

## 布設されたマグロ延縄の挙動

山口裕一郎・小林 裕・陣野哲朗・石倉 勇・内田 誠

三重大学水産学部

### Studies on the Movement of Set Tuna Long-line

Yuichiro YAMAGUCHI, Hiroshi KOBAYASHI, Tetsuro JINNO,  
Isamu ISHIKURA and Makoto UCHIDA

Faculty of Fisheries, Mie University

In the experimental cruises to the southern area of Japan on the T.V. Seisui-maru, we measured the horizontal and vertical movement of the tuna long-line in the water.

The speed and direction of horizontal movement of the long-line was determined by the periodic variation of the long-line's setting position.

The results obtained are as follows;

1) Speed of the horizontal movement is from 5cm/sec. to 97cm/sec., and the alteration of the moving speed and direction are rapid.

2) Record of the depth meter attached to the end of the branch-line is varied mainly by the shortening rate of the main-line. The depth meter moved up and down between 20 meters and 30 meters per 30 minutes in the water.

3) Depth of hooks 9.0km away from the ship were changed by the strong hauling power of the line hauler.

4) When the height of the wave reached about 4 m, the hooks began to move up and down between 0.3m and 0.5 m.

Key words : movement of tuna long-line

マグロ延縄漁法は多数の枝縄を幹縄につけて水中に布設し、釣針に魚がかかるのを待つ漁法である。

遊泳中の魚は動く餌に対して活発な摂餌行動をとることが知られているが、浮延縄の釣針は浮標によって水中に吊り下げたままであり、曳縄や手釣りのように釣針を積極的に動かすことが出来ない。このことはこの漁法の大きな問題点とされている。

布設された延縄の漂移や幹縄の吹かれ現象については、柴田ら(1963)、山口(1966)など多

くの報告がある。しかし布設された延縄が、揚取されるまでの間にどのような動きをしているかについて、経時的に検討した報告は殆んどない。

著者らは布設後の深延縄の挙動を計測した結果、いくつかの知見を得たので報告する。

### 実験方法

実験は本学部練習船勢水丸によってFig. 1に示す漁場で、Table 1に示す構成の11本釣深延縄漁具50鉢を用いて、Table 2のように9回実施された。

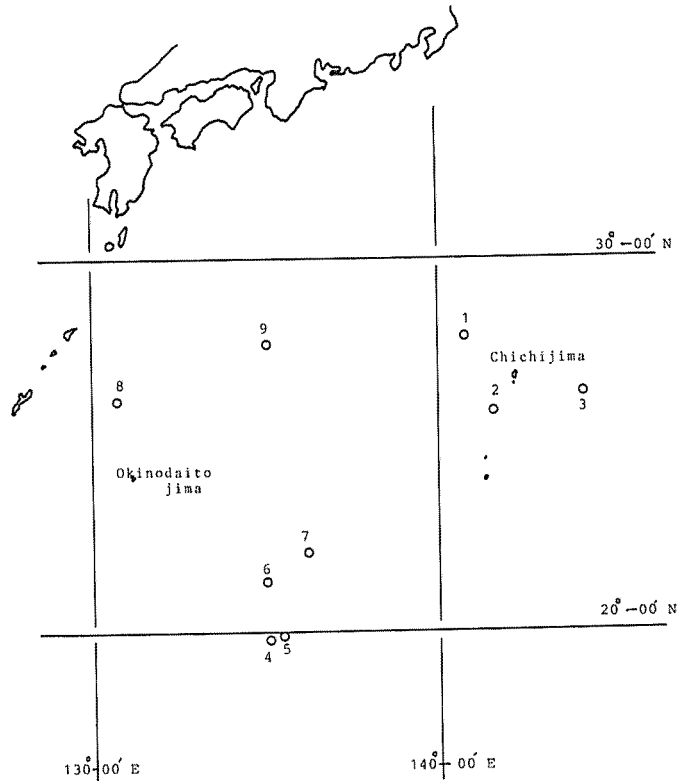


Fig. 1. Location of test sites for tuna long-line fishing experiment.

Table 1. Gauge and length of long-line used in this experiment

	Gauge	Length	Numbers
Main-line	Mansen # 13	50m × 12	1
Branch-line	Mansen # 7	15m	11
Sekiyama	Ronyaa 3.5mm φ	10m	11
Turimoto wire	# 28 × 3 × 3	3 m	11
Hook	3.6 sun		11
Buoy	Raitak LLM-4 30cm φ		2

投縄は早朝から開始され、所要時間は平均1.6時間であった。12時頃から揚縄を開始し、揚縄に要した時間は平均4.3時間であった。実験2と3は、延縄の挙動を長時間にわたって観察したのち翌日揚収した。

揚縄は泉井式ラインホーラー18型によって行なわれ、巻揚能力は毎分272 mの速度で0.2トンであった。

本実験では各鉢の番号は投縄された時の順番によって1から50までとし、各鉢毎の枝縄の番号も同様に1から11までつけた。

Table 2. Data for the experimental fishing

Exp. No.	Date	Setting the line		Round made along the line			Hauling the line			Wind		
		Time	Lat.N	Long.E	Time	Lat.N	Long.E	Time	Lat.N	Long.E	Direction	Force (m/sec)
1	15th-Nov. 1983	0358	28°-02'0	141°-08'0	0632	27°-48'3	141°-12'1	1155	27°-48'2	141°-08'9	NE	4 ~ 7
		0632	27-48.3	141-12.3	0821	28-01.5	141-07.5	1608	28-01.4	141-02.2		
2	16th "	0457	26-04.8	141-40.8	0734	25-51.0	141-47.0				NE	1 ~ 4
		0651	25-51.0	141-47.0	0845	26-03.1	141-43.0					
				1408	26-02.0	141-42.5						
				1519	25-49.2	141-46.0						
17th "				0702	25-49.0	141-48.6	1245	25-46.7	141-49.1	NNW	0 ~ 1	
				0811	26-00.0	141-50.2	1647	25-58.5	141-50.8			
3	18th "	0459	26-14.1	144-11.5	0800	26-05.7	144-11.6				NNE	2 ~ 5
		0607	26-05.2	144-11.3	0846	26-14.5	144-11.8					
				1409	26-05.3	144-16.0						
				1452	26-12.8	144-16.5						
19th "				0738	26-00.8	144-21.9	1144	26-00.4	144-22.9	E	4 ~ 7	
				0824	26-08.2	144-20.8	1620	26-06.6	144-24.2			
4	14th-Nov. 1985	0326	19-57.6	135-23.3				1200	19-40.8	135-11.1	NE	6 ~ 7
		0539	19-42.8	135-17.1				1634	19-52.3	135-14.9		
5	15th "	0329	19-52.1	135-43.0				1156	19-48.0	135-41.8	NNE	7 ~ 8
		0450	19-59.9	135-43.1				1611	19-52.9	135-41.1		
6	16th "	0325	21-32.1	135-16.1	0746	21-37.0	135-20.8	1156	21-28.5	135-18.1	NE	9 ~ 10
		0436	21-39.1	135-20.3	1049	21-29.2	135-17.0	1611	21-31.6	135-22.2		
7	17th "	0323	22-01.0	136-24.7	0746	22-10.7	136-23.3	1153	22-00.5	136-22.6	NNE	8 ~ 9
		0437	22-10.5	136-24.6	1045	22-00.5	136-23.2	1615	22-11.1	136-19.1		
8	28th "	0336	26-25.3	130-43.5	0748	26-35.5	130-45.6	1225	26-23.8	130-43.7	NE	12 ~ 15
		0519	26-35.4	130-45.0	1115	26-24.4	130-43.5	1645	26-31.4	130-44.6		
9	30th "	0322	27-45.2	134-36.9	0440	27-53.0	134-35.2	1154	27-44.2	134-32.2	ESE	9 ~ 10
		0440	27-53.6	134-35.9	0606	27-44.7	134-35.0	1615	27-48.8	134-31.4		

投縄・揚縄の航跡と、布設後から揚縄までの間に行なった縄まわりの航跡を、ロラン自動受信装置に連動した航跡自画機に記録させ、これによって延縄の水平移動を計測した。

海中に布設された幹縄の形状は短縮率によって変わる。本研究では長さ $L$ の幹縄を水平距離 $l$ に布設したときの $K = l/L$ の $K$ で短縮率をあらわした。したがって $K$ 値が小さい程幹縄はたるめて布設されたことになる。

実験中は勢水丸のロラン自動受信による船位が連続的に求められているので、漸長図上に記入された航跡上の距離によって布設された50鉢の幹縄について投縄時の平均短縮率を算出した。これを初期平均短縮率 $K_{im}$ とする。縄まわり中は船を出来るだけ浮標に添って一定の速力で走らせ、隣接する2個の浮標を船の正横にみた瞬間の経過時間を求め、ログによる船速から2浮標間の距離を測定した。この距離を1鉢分の幹縄長で割って、各鉢ごとの短縮率 $K_n$ を算出した。また揚縄時の航走距離から後期平均短縮率 $K_{fm}$ を算出した。

漁具を布設してから揚取するまでの間に釣針に刺した餌がどのような挙動をするかを知るため、各実験で2個の自記式水深計BS-04型(柳計器)を枝縄先に結びつけた。1個は中央の6番枝縄に、他はより浮標に近い3番か1番の枝縄につけた。これらの水深計には耐圧小浮標をつけて水中重量をゼロにし、自重によるカタナリーの変形を防いだ。

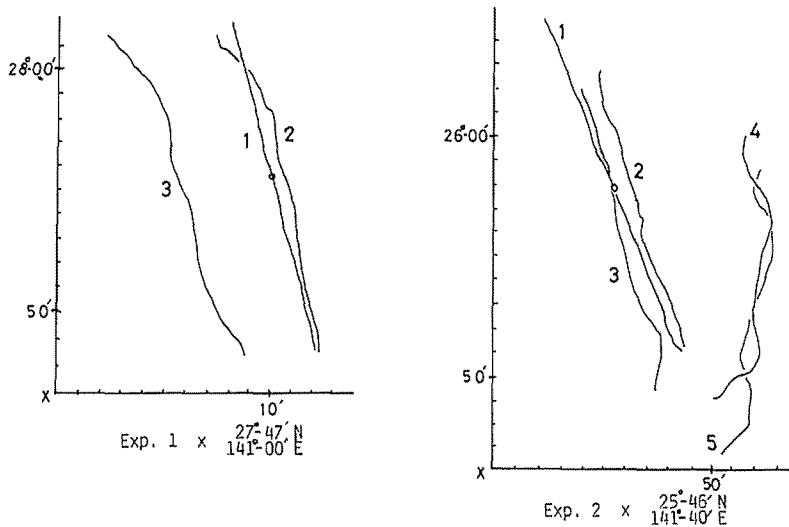
揚縄には各枝縄毎に漁獲魚の調査を行なった。

## 結果と考察

漁具が布設されてから揚取されるまでの間に海中でどのような運動をするかは、釣針に刺した餌と漁獲対象魚の関係を考えるうえできわめて重要なことである。

### 延縄の水平移動について

各実験ごとに記録した延縄の対地的水平運動をFig. 2に示す。図中の数字は延縄が移動した順番を示し、漁場によってはかなり複雑な運動をしていることがわかる。延縄は9回とも概ね南北方向に布設されているので、各図から延縄の北端・中央・南端の経時的な移動方向と移動距離を求



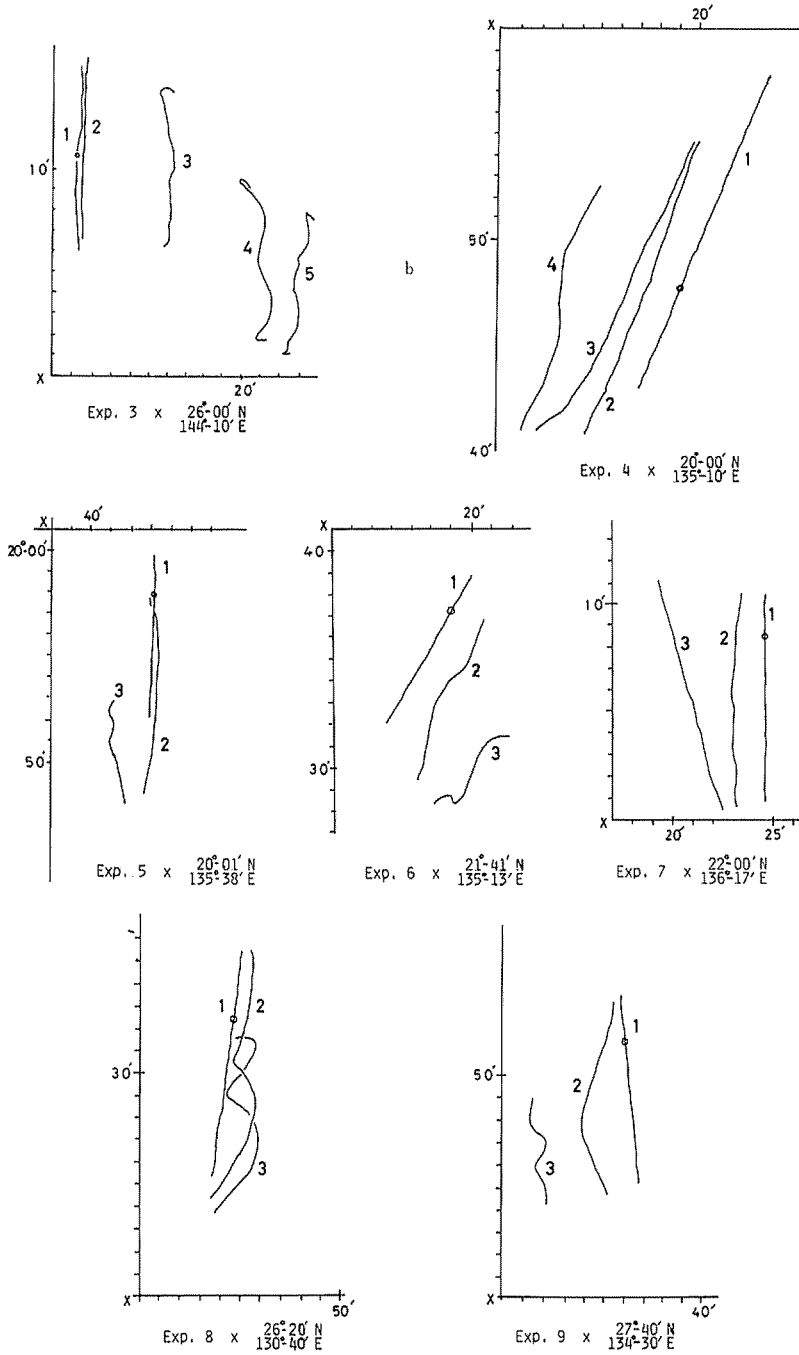


Fig. 2. Horizontal movement of set long-line, long-line was moved in numerical order.

Mark ○ indicates position where two depth-meters were hung.

Table 3. List of movements of experimental long-line, evaluated from Fig. 2

Exp. No.	Position of long-line	North part		Middle part		South part	
		Direction	Speed	Direction	Speed	Direction	Speed
1	1 ~ 2	230°	10.3cm/sec	140°	51.4cm/sec	153°	41.2cm/sec
	2 ~ 3	270	30.9	263	36.0	265	25.7
2	1 ~ 2	129	30.9	142	51.4		
	2 ~ 3	201	10.3	193	15.4	213	15.4
	3 ~ 4	107	20.6	100	20.6	100	10.3
	4 ~ 5	160	10.3	193	15.4	170	20.6
3	1 ~ 2	29	5.1	12	20.6	13	15.4
	2 ~ 3	113	36.0	110	41.2	94	30.9
	3 ~ 4	142	15.4	135	15.4	130	20.6
	4 ~ 5	115	20.6	120	15.4	120	15.4
4	1 ~ 2	228	41.2	230	97.7	230	92.6
	2 ~ 3			270	10.3	272	41.2
	3 ~ 4	255	36.0	250	41.2	272	56.6
5	1 ~ 2	188	36.0	180	30.9	183	30.9
	2 ~ 3	200	30.9	220	30.9	230	25.7
6	1 ~ 2	165	30.9	165	20.6	150	20.6
	2 ~ 3	165	36.0	155	41.2	145	66.9
7	1 ~ 2	278	15.4	240	15.4	260	10.3
	2 ~ 3	278	20.6	285	25.7	260	46.3
8	1 ~ 2	92	10.3	90	5.1	180	5.1
	2 ~ 3	188	20.6	175	20.6	155	36.0
9	1 ~ 2			250	66.9	252	30.9
	2 ~ 3	223	25.7	230	10.3	260	25.7

め、各移動区間毎の平均移動速度を算出した (Table 3)。

計測した延縄の漂移は対地的な水平移動で、布設現場の各水深層の水の動きと漁具各部の水中抵抗によって決まる複雑な力関係の総合された結果である。

Table 3によると、実験1では初期の1~2の間、中部は140°へ51.4cm/sec.、南部は153°方向へ41.2cm/sec.で動き、その後の2~3の間にそれぞれ方向を270°から265°に急転し、速度を36.0~25.7cm/sec.に落している。北端部の7鉢の動きはこれらと異なり、はじめ230°方向へ10.3cm/sec.で動いたのち、2~3では速度を30.9cm/sec.に増して中・南部と略同じ270°へ移動している。

実験2と3は布設時間が長く、延縄の動きは複雑であった。

実験2では1~2で北部は129°へ30.9cm/sec.、中部は142°へ51.4cm/sec.で動き、2~3では

全部の延縄が略南々西へ方向を急転し速度を約1/3にゆるめている。3～4では再び方向を $100^{\circ}$ ～ $107^{\circ}$ にかえ、速度を約2倍に増している（南部は減速）。4～5ではまた南方に方向をかえて速度を落している（南部は増速）。このような変動によって延縄は4、5で大きく折れ曲った。

実験3では1～2の間、中部と南部が $12^{\circ}$ ～ $15.4\text{cm/sec}$ .で、北部が $29^{\circ}$ ～ $5.1\text{cm/sec}$ .で動き、2～3では $94^{\circ}$ ～ $113^{\circ}$ へと $90^{\circ}$ 近く方向を変え、速度を約3倍に増速した。次の3～4では速度を半減して南東方向へ動き、終りの4～5では、略そのまゝの速度で方向だけを再び $115^{\circ}$ ～ $120^{\circ}$ へと変えている。このような変動によって延縄は4で大きく折り曲げられた。

実験4の初期の移動速度は本研究で観測された中で最も早く、中でも中・南部では $92.6\text{cm/sec}$ .から $97.7\text{cm/sec}$ .であった。延縄の移動方向は西から南西で速度だけが中頃に遅くなっている。特に中部の速度は2～3で1～2の約1/10に減じている。このため4では中部が東方に残され、弓なりに曲った形となった。

実験5では1～2で南に移動したのち、2～3では西向きの $200^{\circ}$ ～ $230^{\circ}$ へ方向を変えている。速度は $35.0\text{cm/sec}$ .～ $36.0\text{cm/sec}$ .で殆んど変わっていない。

実験6では移動方向は殆んど変わらず、中部と南部の移動速度だけが大きく変わっている。そのためか延縄が2から曲がりはじめ、3では北部がとり残されてS字形に変形した。

実験7では移動方向は殆んど変わらず、移動速度だけが2～3で増速している。延縄の形は直線状のまゝで移動し、布設距離が次第に伸びている。

実験8の運動は複雑で、延縄南部の初期の移動方向が中部及び北部と $90^{\circ}$ も違う。また北部の初期の速度が中・南部の2倍もある。このため延縄の形は2でゆるやかに曲がり始めて「3」形をとり、その後南に移動しながら屈曲度をたかめている。

実験9では延縄の移動方向は殆んど変わらず、中央部の移動速度だけが大きく変化している。このためまず中央部が「く」形に突出し、その後中央部がとり残された双丘状の曲線となった。

これらの結果はいづれも投縄・揚縄と縄まわりの航跡だけによって求めたので、実際の運動過程はより変化にとんだものであろうと考える。速度も平均値であり、一部ではより速い速度であったことが考えられる。

このように考察すると、延縄を構成する幹縄と浮縄は、その自重と浮標の浮力、布設された水の動きと漁具の水中抵抗等の諸要素で釣り合った形をとりながら、環境水塊の動きの変化に応じて複雑な挙動をしていることがわかった。

かりに釣針付近の水が動かないとすれば、延縄の水平運動はそのまま釣針の対水運動となつて、その速度は多くの場合 $10.0\text{cm/sec}$ .から $40\text{cm/sec}$ .と考えてよからう。

釣針付近の水の動きがあっても、その動きが延縄の運動と同じでないかぎり、釣針は水中を移動することになる。場合によっては両者の動きが逆方向のことも考えられ、釣針の近くの水中からみれば計測結果を越えるはげしい対水運動がおこっていることもあるであろう。また枝縄はその上端を幹縄に結ばれているだけで、その下端は他の部分より自由に動くことが出来ると考えられる。したがって幹縄が動きを変えるときなどには、釣針はかなり複雑な挙動をしているものと推測される。

枝縄の水中抵抗は幹縄のそれとは大きく異なるため、水平方向に移動中の幹縄から吊り下げ・枝縄は当然垂直にたれ下らず、吹き流された形をとっているものと考えられる。したがって枝縄各部の重量配分や、釣針への餌の刺し方などを工夫すれば、餌の水中挙動をより活発にすることも不可能ではないと考える。

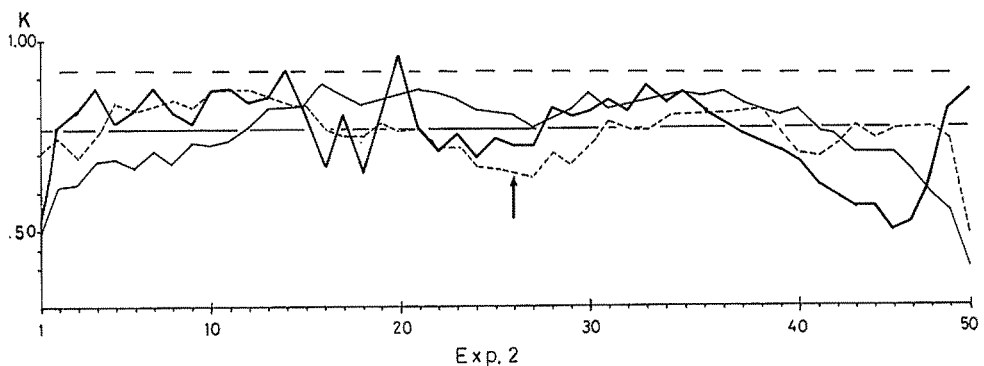
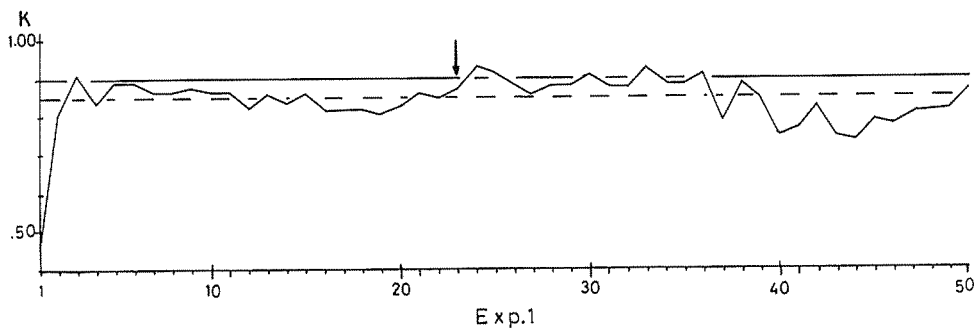
### 幹繩の短縮率について

縄まわり中に計測した1鉢毎の幹繩短縮率 $K_n$ 値の分布状況をFig. 3に示す。各図は左側を延繩の北端とし、各鉢の番号を横軸に示した。図中の破線は初期平均短縮率 $K_{im}$ 値を、またこれに平行な細い実線は後期平均短縮率 $K_{fm}$ 値である。

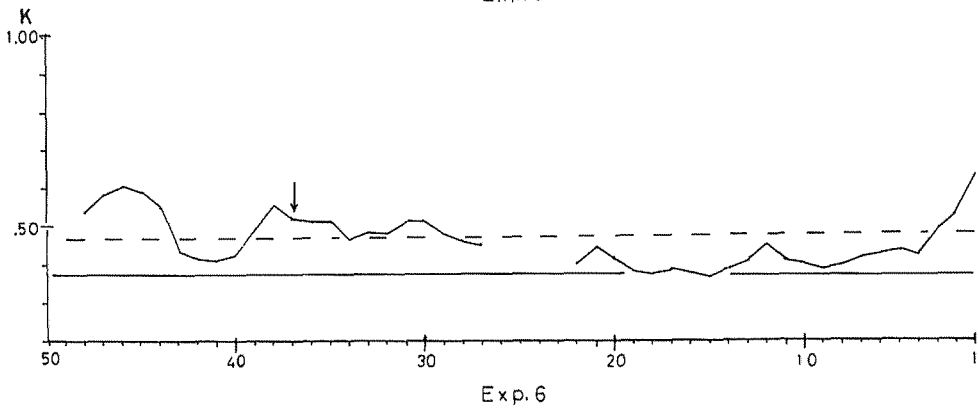
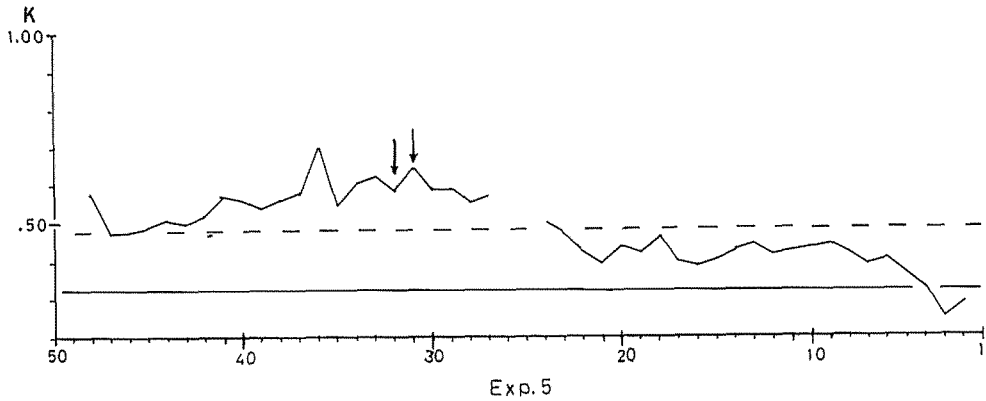
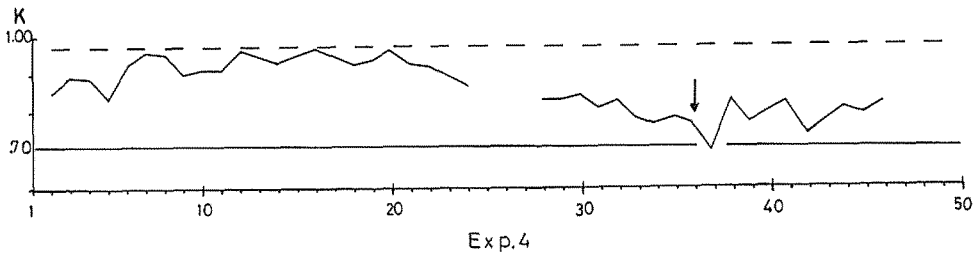
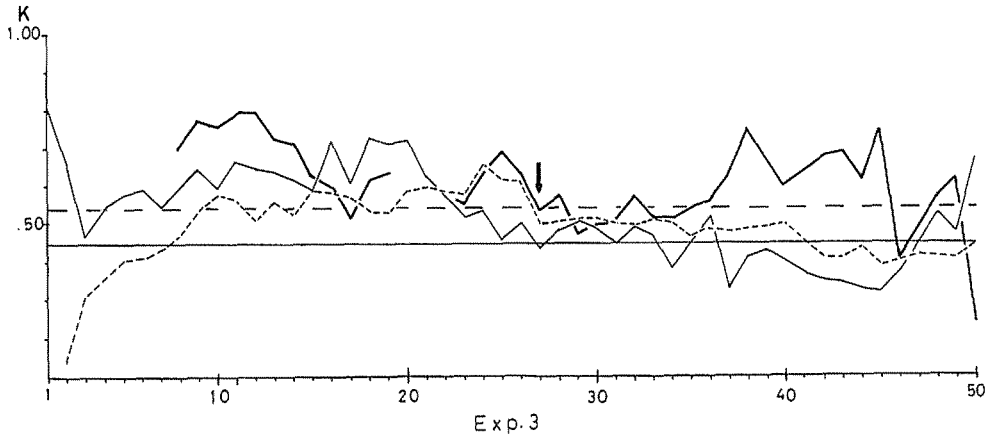
図でわかるように実験4は最も張り繩として布設され $K_{im}$ 値は0.97であった。また最もたるみ繩として布設されたのは実験6で $K_{im}$ 値は0.47であった。その他の実験では0.90から0.48の $K_{im}$ 値で布設されている。したがって本研究の延繩は実験4, 2, 1が張り繩として、実験5, 6がたるみ繩、実験8, 7, 3は中間の状態で布設されたといえる。

縄まわりによって測定した各鉢毎の短縮率 $K_n$ 値の分布をみると、各実験とも概ね $K_{im}$ 値を中心として波状に上下し、延繩各部の短縮率が均一でないことがわかる。

実験4では投縄作業の前半で延繩が極端な張り繩となったため、中途から船の速力を減じた。その結果が図上にあらわれ、縄まわりによって計測した $K_n$ 値の分布が延繩の半分で異なっている。この張り繩の部分では各鉢の $K_n$ 値は略一定に分布し、このような張り繩になると各鉢の $K_n$ 値







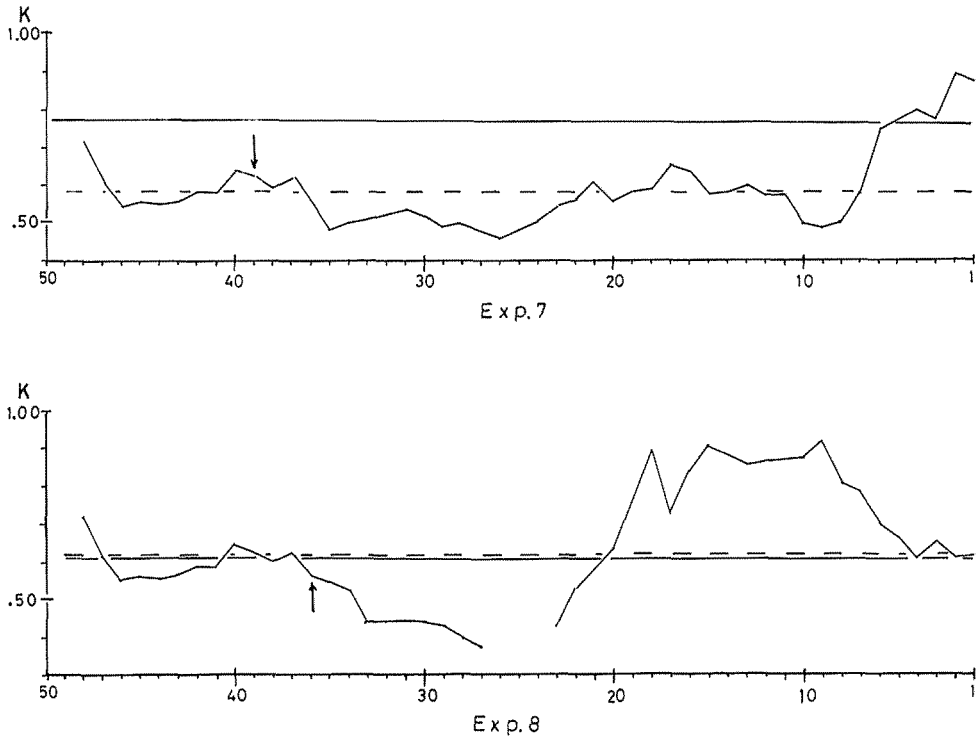


Fig. 3. Distribution of shortening rates ( $Kn$ ) on each basket (No. 1~No. 50).

Ordinate : ( $Kn$ ) value.

Abscissa : Disposition of each basket. North end of the long-line was arranged on left side.

The ( $Kn$ ) value was given by  $Kn = \ell/L$ ,

where

$\ell$  : Horizontal distance measured between buoy and buoy.

$L$  : Length of main-line used on 1 basket, always 600 meters in this experiment.

The initial mean shortening rate  $Kim$  (---) was given by  $Kim = \ell'/L'$ ,

where

$\ell'$  : Horizontal distance measured in the course of Seisumaru's shooting line operation.

$L'$  : Total length of main-line used on 50 baskets, always 30,000 meters in this experiment.

The final mean shortening rate  $Kfm$  (—) was given by  $Kfm = \ell''/L'$ ,

where

$\ell''$  : Horizontal distance measured on course of Seisumaru's hauling line operation.

In Exp. 2 and 3 fluctuation of  $Kn$  value on each basket was observed

----- 1st measurement, ———— 2nd measurement, ————— 3rd measurement.

→ Indicate position where two depth-meters were hung.

はなかなか変わりにくいことを示している。ただ北端部の10鉢は北端から次第にたるみ繩に変わっていることがわかる。

**布設後の短縮率の変化について**

揚縄を翌日に行なって縄まわりをくり返し実施した実験2と3におけるKn値の変動を検討すると、延縄各部のKn値は時間の経過につれてその値を大きく変えていることがわかる。Kn値の変動中は延縄の両端部で大きく中央部で小さい傾向があり、50鉢の延縄が3区分されてそれぞれのKn値を変え、2ヶ所に変動中の小さい節があることがうかがわれる。より長大な延縄ではどのようなになるか興味深い。

投縄時の延縄布設距離と使用した幹縄の全長から算出した初期平均短縮率Kimと、揚縄時の航走距離から算出した後期平均短縮率Kfmを比較するとTable 4のようになる。表から実験7と1ではK値が増え、延縄が布設後次第に張ってきていることがわかった。実験6, 3, 2, 5, 4ではKfm値がKim値より小で、布設後延縄が次第にたるんでいることがわかった。

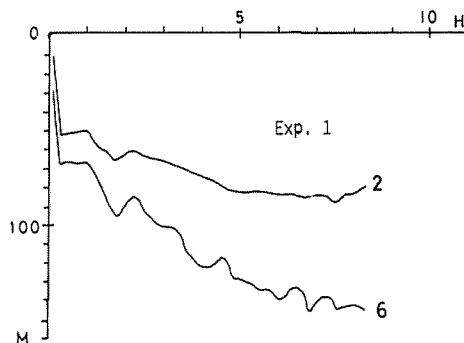
Table 4. Variation of mean shortening rate

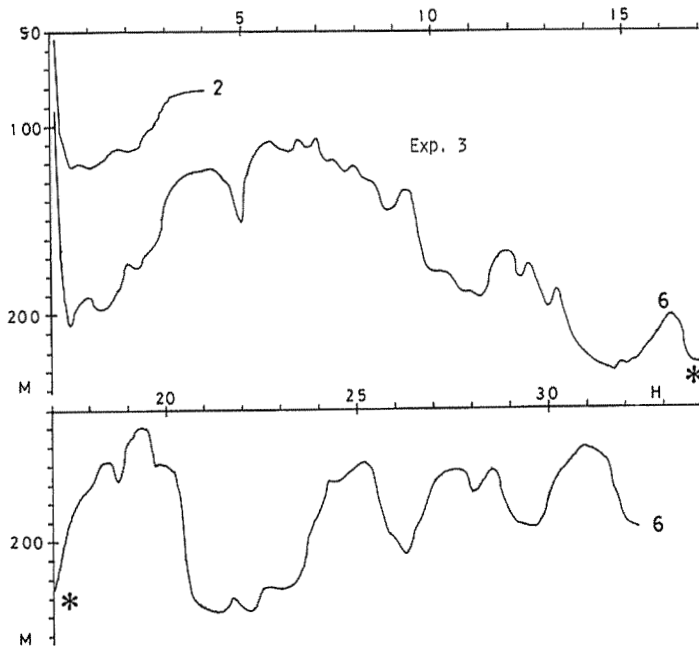
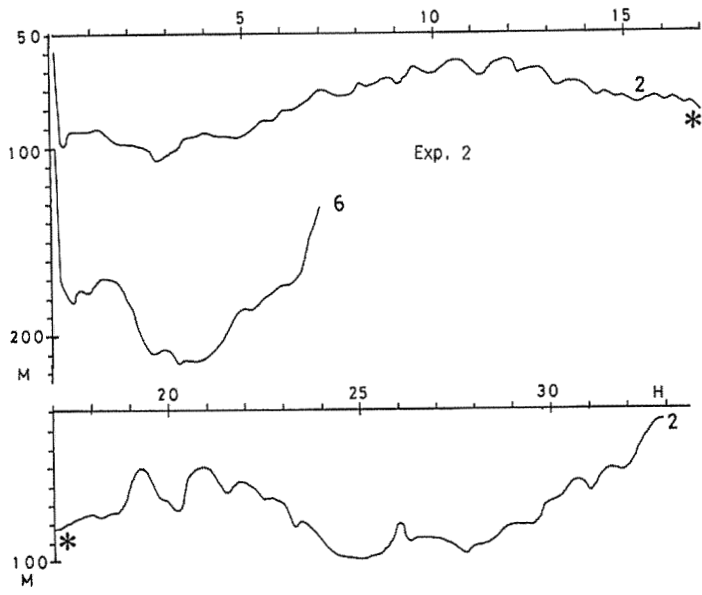
Exp. No.	Kim		Kfm	Variation
7	0.58	<	0.77	0.19
1	0.86	<	0.90	0.04
8	0.62	≐	0.61	0.01
6	0.47	>	0.38	0.09
3	0.55	>	0.45	0.10
2	0.90	>	0.77	0.13
5	0.48	>	0.32	0.16
4	0.97	>	0.70	0.27

このことは布設時のKim値と関係なく、布設後に延縄が張り繩となったり、たるんだりしていることを示し、漁具を布設した水域の水の動きが拡散型か収斂型かによって決まるものと考えた。本研究では付近の海水の流動状況を調査していないので、このことについての検討が出来ない。

**自記式水深計の上下運動について**

Fig. 4 は各実験で枝縄先に結びつけて沈められた水深計が投縄後から揚縄までの間に記録した





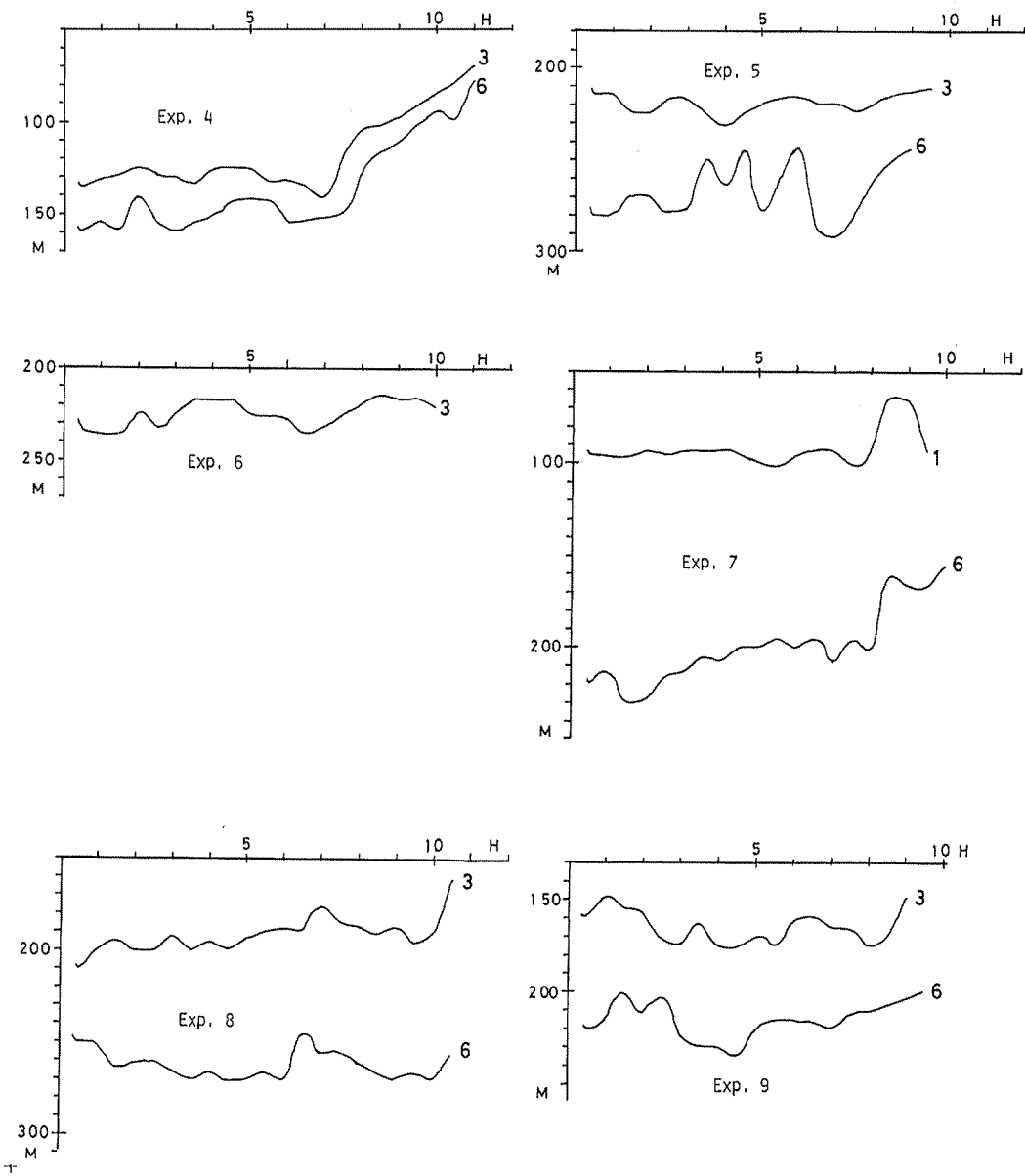


Fig. 4. Record of up-and-down movement of depth-meter. Figures indicate branch number where depth meter was tied.

Ordinate : Depth in meter.

Abscissa : Time required after the long-line was set(hour)

水深変化である。曲線の右端に示す数字は水深計を結びつけた枝縄の番号である。実験2の6番枝縄と実験3の2番枝縄につけた水深計は途中で故障し、揚縄までの記録が得られなかった。

これらの水深計が結びつけられた枝縄の位置をFig. 2の各図では延縄布設線上に○印で示し、Fig. 3の各図では矢印で示した。

Fig. 4によって水深計が投縄後の沈降を止めてからの水深変化をみると、各水深計は1~3時間の周期でその深さを変えている。図から浅い枝縄につけた水深計より深い枝縄につけた水深計の方が水深変化がひんぱんに起り、またその変動巾が大きいことがわかった。このことは海中に布設された幹縄の自由度が一様でなく、中央部が最も容易に変形されやすい(山口1974)ためであろう。

6番枝縄につけた水深計の上下動は、はげしい時で30分間に30mから20mを垂直移動し、その平均速度は1.1cm/sec.から1.7cm/sec.であった。実験3の6番枝縄につけた水深計は30分間に70mも下降し、その平均速度は3.9cm/sec.で最も早い沈降であった。水深計は水圧式であるため、記録された運動は垂直方向だけの資料である。したがって真の運動は多くの場合この速さよりかなり早いものとする。

これらの記録は山口(1974)の報告にみられるような、近くに魚がかかった時の水深計の上下運動とはその周期や形が違っている。

これらの挙動が環境水の運動による漁具の変形によるものであるとすると、布設された延縄の水平運動がはげしく変化する時には、これに結びつけられた水深計は当然変化にとんだ記録を残しているものと考えた。

水深計は概ね50鉢の延縄の中央部につけられたので、Table 3によって各実験における延縄中央部の移動方向と速度の変動状況をしらべ、水深計の上下動のはげしかった実験2, 3, 5と、上下動の少なかった実験1, 7, 8を比較した(Fig. 5)。

この図をみると水深計の上下運動のはげしさと延縄の水平移動のはげしさと直接的な関係が

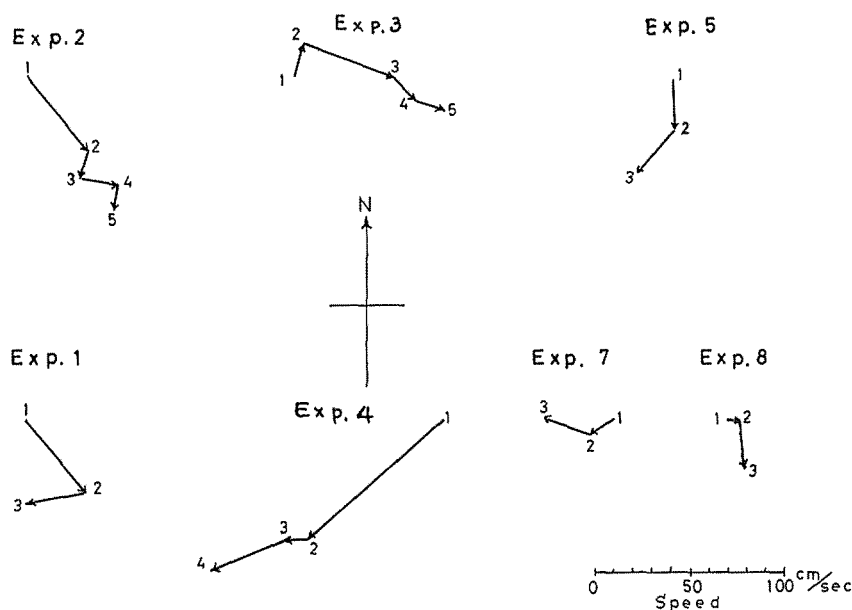


Fig. 5. Horizontal movement of center part of each long-line.

ないようであった。特に延縄が強く南西方向に流されていた実験4の水深計が余り大きな上下動を記録していない。

そこで水深計の垂直方向への動きやすさは、幹縄の短縮率の変化に左右されているのではないかと考え、各実験における短縮率の変化状況との関連を検討した。

各実験の投縄時の初期平均短縮率 $K_{im}$ と揚縄時の後期平均短縮率 $K_{fm}$ をくらべ、短縮率の変化傾向をしらべたTable 4をみると、 $K_{fm}$ 値が $K_{im}$ 値より小さくなった、即ち幹縄が次第にたるんでいった実験は3, 2, 5であり、逆の場合が実験1, 7である。実験8は $K$ 値の変化が0.01であるから、たるんだ部に入れずに考えると、水深計の上下運動がはげしいか否かは布設後の幹縄の $K$ 値の変化によって決められるようである。

幹縄をたるめて入れても、その $K$ 値が大きくなっている間は、幹縄全体が絶えず緊張しつづけ、これらに結びつけた枝縄は動きにくい。またはじめに張り縄に布設された幹縄でも $K$ 値が小さくなりはじめると、たるんだ分だけ幹縄が変形出来る余裕が生じ、その結果として枝縄が動きやすくなるのであろう。

そこで次に、より具体的な観察をこゝろみるため、水深計をつけた鉢の $K_n$ 値の変動と水深計の挙動を検討した。即ち各鉢の $K_n$ 値の測定を3回行なった実験2と3の結果(Fig. 3)から水深計をつけた鉢の $K_n$ 値の変化を求め、次に水深計が投入されてから各 $K_n$ 値が測定されるまでの経過時間を求め、Fig. 4によって、その前後の水深計の挙動を検討した。

実験2では水深計のついた26鉢目の $K_{26}$ 値は投縄後3.2時間と9.8時間、25.5時間後に計測され、計測された $K_{26}$ 値はそれぞれ0.65, 0.80, 0.75であった。実験3では投縄後2.8時間、8.8時間、26.4時間に $K_{27}$ 値が計測され、計測された $K_{27}$ 値はそれぞれ0.50, 0.43, 0.54であった。

これらの結果をふまえて、水深計の深度変化と $K_n$ 値の変動傾向の関連を検討すると、実験2では水深計布設後3時間から10時間にかけては $K_{26}$ 値が次第に大きくなり幹縄が緊張しつづける時期であり、Fig. 4に示される水深計の上下運動がはげしくない。また布設後10時間から25.5時間にかけては $K_{26}$ 値が0.80から0.74と変わり幹縄は次第にたるんで行く期間であり、水深計の上下運動が活発であった。

実験3では水深計布設後2.8時間から8.8時間にかけて $K_{27}$ 値は0.50から0.43に変わり、水深計の上下動は比較的活発であった。布設後8.8時間から26.4時間にかけても水深計は何回も大きな上下動をしているのに、この時の $K_{27}$ 値は0.43から0.54へとむしろ $K$ 値を大きくしている。この3回目の測定は2回目から17.6時間も過ぎた後の測定であったので、この間に幹縄の $K_{27}$ 値が何回も変わっていることが考えられる。今後 $K_n$ 値測定の間隔を短かくして、精細な検討をこゝろみたい。

以上の検討から、延縄全部の平均短縮率によって検討した前述の現象が、各鉢毎の幹縄についても起っていることが明らかになった。幹縄の $K_n$ 値の変化は、幹縄が布設された水塊の動きが発散型であるか収斂型であるかによって決まると考えられ、水深計が結びつけられた延縄中央部の水平運動だけで枝縄の挙動との関係を探ろうとしたさきの検討は、幹縄の動きが水塊の動きそのものでないことと共に、この点で十分な検討とは云えない。今後は布設した延縄周辺の水の動きを正しく測定しながら、その中での延縄の挙動を検討しなければならない。

#### 投縄直後の水深計の沈降速度について

船尾から海中に投入された水深計は先に投縄されて沈降中の幹縄に引き込まれて深さを増して行く。

水深計の記録から、水深計の沈降が止って深さが安定するまでに経過した時間と到達水深を求めて、沈降中の平均沈降速度を算出したところ、11本釣深延繩を用いた本実験では43.8cm/sec.から10.3cm/sec.であった。

縦軸に沈降速度をとり、横軸に投縄時の布設距離から求めた延繩の初期平均短縮率をとってプロットしたところ、Fig. 6のようになった。

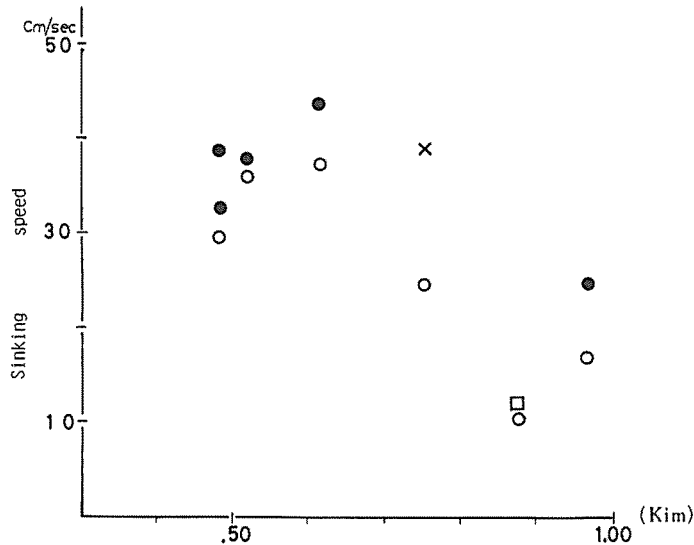


Fig. 6. Sinking speed of depth-meter.

Ordinate: Speed cm/sec.

Abscissa: Shortening rate of main-line measured at setting of line (Kim).

Each depth-meter was tied on No. 1 (x), No. 2 (□), No. 3 (●), and No. 6 (○) branch-line respectively.

図から水深計の沈降速度は枝繩別の差はなく、布設時の幹繩の短縮率によってきままっているようであった。

極端な張り繩に布設された場合である Kim 値 0.97 と 0.86 を除くと、水深計の沈降速度は 44.0 cm/sec. から 22.0 cm/sec. となる。この速度は餌魚の体長を 20.0 cm としたとき、毎秒餌魚体長の 1.2 から 2.2 倍の速度であり、餌魚の平常の遊泳速度に近い。

餌を刺した釣針は水深計より水中抵抗が小さいから、実際の餌はこの値よりかなり早い速度で沈下すると考えられる。投縄中の釣針にはよく魚がかかるといわれているのはこのことに関連があるようで、興味深い結果であった。ただこの運動が期待出来るのは長くても 30 分であることが惜まれる。

#### 揚縄作業中にみられる水深計の挙動

Fig. 4 の各図によって各実験における水深計が揚取される前の動きをみると、揚取前 1 ~ 2 時間前から浮上傾向をたどっている場合が多いことがわかった。



揚縄開始時刻から水深計が揚取されるまでの経過時間を各実験毎に求めてみたところ、図上にみられる水深計の浮上開始時刻は、勢水丸が延縄を揚取しはじめた時と略一致していた。このことはラインホーラーによって幹縄を強力に巻き上げると、張力が先方の幹縄に伝わって水深計を結びつけた幹縄の短縮率を変えていることを物語っている。水深計の浮上は30分間に5 mから10 mで、平均浮上速度は0.3cm/sec.から0.6cm/sec.ときわめて遅かった。しかし20鉢以上も離れた先方の釣針をラインホーラーの巻揚作業で動かすことが出来ることは、興味深い結果であった。

実験7ではゆるやかに浮上中の1番枝縄につけた水深計が、揚取前40分から急に深さを増している。この水深計は39鉢目の幹縄につけられていて、一番終りに揚げられる50鉢目の延縄とは10鉢しか離れていなかった。水深計の揚取前40分になった時、先方に残された延縄が船の方に引き寄せられる現象が起り、幹縄の緊張状態がとかれて急激にK<sub>39</sub>値が小さくなって水深計が沈んだものと考えられる。

一般に揚縄作業はラインホーラーの巻揚速度にあわせて船の速度を調節し、先方の幹縄になるべく強い張力を与えないようにしながら実施される。このように操船すれば20鉢以上も先の幹縄につけた水深計が浮上するようなことはない。本研究における水深計の記録でも、実験1, 3, 6のように揚縄開始からの浮上傾向がみられない場合もある。これらの実験は風や海流の影響と揚縄コースの関係から、勢水丸の揚縄操船がスムーズに行なわれ、先方の幹縄にラインホーラーの張力が伝わらなかったためであろうと考える。

盛田(1969)はラインホーラーによって延縄を巻き揚げ中、幹縄にかかる張力を計測した結果、通常の張力は40kgから60kg前後であるが、幹縄の結び目がサイドローラーを通過する時などには、瞬間的に100 kgにも及ぶ急張があると報告している。もし先方の延縄を緊張させて揚縄していれば、このような急激な張力の変動は当然先方の幹縄に伝わると考えられるので、浮上中の延縄の釣針にも複雑な動きが期待出来る。

また揚取前に釣針の布設深度を徐々に変えることは、巾広い水深範囲にわたった釣獲の可能性を期待出来ることを意味し、注目すべき結果である。より強力な幹縄を使い、船によって幹縄を緊張・弛緩させるこゝろみはどうであろう。

#### 波浪による水深計の挙動

実験8の3番枝縄につけた水深計の記録をみるとFig. 7に示すような規則的な上下動がみられた。図は160倍に拡大したものであるが、水深計は図上のA, B, C, D, Eで7~10秒おきに浮上し、浮上速度は60cm/sec.から100cm/sec.であった。浮上した水深計は略そのまゝの深さで4~5秒とどまり、その後ゆるやかに沈下したのち、次の浮上までの間に略2秒の周期で上下動をくり返している。

実験9の3番枝縄につけた水深計にも、所々にこれと似た上下動の記録がみられたが、他の水深計にはこのような記録がなかった(Fig. 8)。

実験8は風速が12m/sec.から15m/sec.という荒天の中で行なわれ、しばしば大浪が船内に突入するような海況で、波高は略4 m、波浪の周期は7~8秒であった。また実験9の揚縄中の風速も9~10m/sec.で、実験8に近い海況であった。他の実験は何れもはるかに穏やかな海況のなかで行なわれた。

1鉢の延縄は直径30cmの浮標2個を使って吊り下げられ、荒天中にも浮標が水面下に沈むことがなかったこと、水深計の上下動記録が揚取までの長時間にわたって連続的に続いていることなどから、Fig. 7のAからEに示された水深計の浮上は波浪による枝縄の引きあげ結果と考えた。次の引き

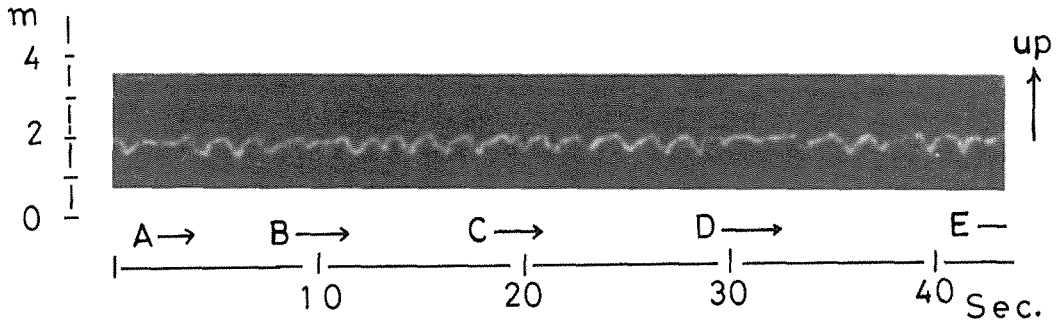


Fig. 7



Fig. 8

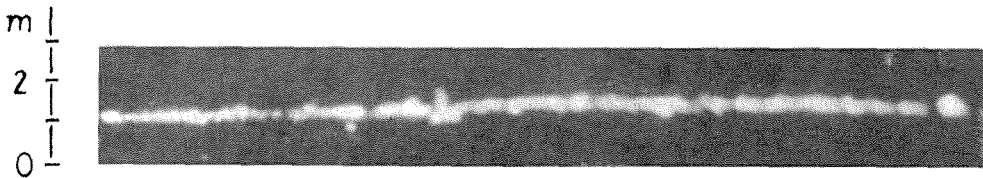


Fig. 9

Fig. 7~9. Record of the microscopic movement of depth-meter, enlarged by the microscope of 160 magnifications.

Fig. 7 : Up-and-down movement of depth-meter caused by rough sea waves.

Fig. 8 : Usual record of depth-meter without up-and-down movement.

Fig. 9 : Record of microscopic shaking of depth-meter caused by quick pulling of branch-line and probably on its descent from the main-line.

あげまでの間に起っている短い周期の運動は水深計のゆさぶられ運動のあらわれではないかと考える。また釣針に刺した餌は水深計より水中抵抗が小さいので、餌の挙動は水深計より早いものと考えられる。

このような波浪による釣針の挙動は、水中の魚からはそのまま餌の動きとみられるはずで、たとえその動きがわずかであっても釣獲にいい影響を及ぼすものと考えられる。荒天のとき魚がよく釣れるといわれるのはこのためと考える。今後浮標を計画的に上下して、さらに精細な計測をこころみたいと考えている。

#### 原因不明な水深計の微小挙動

本研究で使用した水深計にはFig. 9に示す微小な水深変動の記録がしばしばみうけられた。この変動は波の高低に関係なく、また規則的、連続的でない。水深計をつけた幹繩の近くに魚がかかっていない時にも出現していることから釣獲魚の逃避行動の影響でもない。

本研究によると幹繩は水中でかなり変化の多い挙動をしていることが明らかになったので、こ

これらの微小変動は幹縄の状態が急激に変化した時の枝縄の動きによるものではないかと考えた。水深計の性能から、上下動が記録として入手出来るのは略20cm以上の垂直移動があったときまでと考えられる。

このように考えると海中に布設された釣針は本実験の水深計に記録されない程度の小巾な挙動をくり返していることも推察される。

田内(1963)は海中に布設された延縄の動きを理論的に述べた中で、水の動きで誘発された幹縄の運動と、これに結びつけられた枝縄の釣針は互に違った運動をとり、水中の魚の眼からみると餌がうごめいているようにみえるであろうと述べている。Fig. 9の水深計の動きはFig. 4の水深計の動きと同様に、魚からは水中を動くように見え、釣獲に有利な挙動といえよう。

漁獲魚数の枝縄別分布について

9回の実験で漁獲された魚種は18種におよび、総漁獲尾数は178尾であった。揚縄時の調査によってこれらの魚がどの枝縄の釣針にかかったかを整理したところTable 5に示すようになり、両はじの枝縄によって釣れた魚の数が他の枝縄より少ない傾向がうかがわれた。

Table 5. List of fish caught, classified by catch branch-line

No. of the hook	Exp. No.										Total
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	
1		3	4	0	0	0	0	1	0	3	11
2		3	2	2	0	1	0	1	1	1	11
3		4	3	4	2	1	1	3	0	0	18
4		1	9	5	1	0	1	1	1	2	21
5		4	9	5	0	0	0	2	0	1	21
6		3	4	7	1	1	0	1	1	1	19
7		2	1	6	1	0	1	2	2	2	17
8		4	1	4	0	1	1	1	3	4	19
9		4	6	2	0	1	0	4	1	2	20
10		3	4	2	0	0	0	5	0	1	15
11		2	2	1	0	0	0	0	0	1	6
Total		33	45	38	5	5	4	21	9	18	178

一般に浅い枝縄の漁獲は少ないといわれ、枝縄別の漁獲差については多くの研究報告がある。カジキ類はメバチなどに比べて浅い枝縄に多くかかることなどから、対象魚の遊泳層によるという説もあるが、盛田(1969)は枝縄の配置を種々に変えた延縄を用いて実験した結果から、各釣針の釣獲差は魚群の鉛直的密度差ではなく、主として幹縄形状にもとづく各枝縄と幹縄との配置上の形状の差によると報告している。

山口(1974)は模型実験で幹縄各部の力学的自由度をしらべた結果によって、浅い枝縄は深い枝縄より自由度が小であるため、浅い枝縄の釣針は深い釣針より釣獲機能がおとるのではないかと報告している。

本研究の結果によれば、浅い枝縄につけられた水深計は布設後の垂直移動巾が深い枝縄につけた水深計より狭いことが明らかであり、浮標に近い幹縄につけられた枝縄の釣針は中央の釣針よ

り釣獲の機会が少なかったことが推測される。また深い枝縄につけられた水深計の方が浅い枝縄の水深計よりはるかに変化に富んだ挙動をしていることから、深い枝縄と浅い枝縄では釣針の対水運動に差があり、このことが釣獲魚数の差となっていることも考えられる。

幹縄のK値の変化傾向にもとづく釣針の動きが多いと思われる実験2, 3, 5と、動きの少ない実験1, 7, 8とを比べ、漁獲魚数に差があるか否かは興味深いことであるが、Table 5からはその差があるとはいえない。このことは、これらの実験が互にその時期と漁場を異にして行なわれたため、各漁場における対象魚の分布状況が同一でなかったためと考えられる。今後実験を重ねれば、有意な差が得られるものと考えられる。

### お わ り に

本研究は11本釣深延縄を、環境の違った漁場で様々の短縮率に布設して、延縄各部の挙動を追跡した結果、投縄時・布設中・揚縄時における釣針の水中運動について予想を上回る複雑な挙動が測得された。

これらの挙動は計測方法の関係で、水平方向と垂直方向から別々に観測され、釣針の挙動を3次元的に追跡していない。また縄まわりの回数が少なく各鉢毎の短縮率の経時的連続的な変動を検討するための資料が少なかったこと、水深計の精度と水中抵抗の問題、ロランやログの誤差の問題等多くの検討事項が残されている。適切な実験計画をたてた上で、今後総合的な再検討をこゝろみたいと考える。

### 文 献

- 盛田友式, 1969. マグロ延縄漁具に関する研究. 鹿大水紀要, 18:145~215.  
柴田恵司・矢田殖朗, 1963. 魚群探知機に現われた記録解析の試み-III, 鮪延縄の水中型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.  
田内森三郎, 1963. 演習漁業物理学, 恒星社厚生閣, 47~49.  
山口裕一郎, 1966. 切断した延縄の搜索法, 昭和40年度マグロ漁業研究協議会資料:294~298.  
山口裕一郎, 1974. マグロ延縄漁法の釣獲機序に関する研究, 三重県大水紀要, 9(3):511~605.