

## 水中観察による網漁具の動態に関する研究—I<sup>\*1</sup>

### 水中テレビ撮影による小型トロール網

柿本 亮・肥後 伸夫・折田 昭一・稲元 忠弘  
坂口 盈志・折田 修・村田 幸男

## On the Behavior of Net Fishing Gear ascertained by Diving Observations - I

### In case of a small sized Trawl Net

Makoto KAKIMOTO<sup>\*2</sup>, Nobio HIGO<sup>\*3</sup>, Shouichi ORITA<sup>\*2</sup>, Tadahiro INAMOTO<sup>\*2</sup>  
Mitsushi SAKAGUCHI<sup>\*2</sup>, Osamu ORITA<sup>\*2</sup> and Yukio MURATA<sup>\*2</sup>.

### Abstract

The aim of this study is to ascertain the behaviour of Net fishing gear submerged in the water as well as that of the fish schools against the gear, by means of diving and camera snap shooting.

Basing on the 12 times repeated experiments on board the training ship of our Faculty, named NANSEI MARU (83 ton, 400 P. S) the present study was carried out in October, 1984 and in May, 1985 at the sea-front which is 38~62 m deep and situated on the ocean lying west of Tane island.

The behaviours of Net fishing gear under the trawling condition and those of the fish schools on the point of entering the gear were snapped by the low illumination diving television cameras attached both at the otter board and at the Net mouth. The results obtained were as follow :

(1) The figure of the otter board at the commencement of the towing, showed a slight slanting one, turned a little inwardly at the horizontal view and awkwardly at the vertical view, being influenced by the drawing force coming from the upward and insidely directed workings of the towing line ; the Net trawling velocity being 2 knots, without any amount of wavering motion, being stable as thoroughly as possible. Net mouth was kept open regularly, wavering was reduced to almost zero. The hanging chains attached the fishing line became detached 5~10cm from the sea bottom, showing the figure expected to appear on the design.

A big amount of smoking mud was brought up out of the hanging chains, the iron balls attached both at the fishing line and otter board, which prevented the fish schools from escaping out of the net-mouth, thus promoting the catching effect of the trawl net.

---

<sup>\*1</sup> 昭和60年10月, 日本水産学会秋季大会において口頭発表した。

<sup>\*2</sup> 鹿児島大学水産学部練習船南星丸 (Training ship "Nansei Maru" Faculty of Fisheries, Kagoshima University, 4-50-20 Shimoarata, Kagoshima, 890, Japan)

<sup>\*3</sup> 鹿児島大学水産学部漁具学研究室 (Laboratory of Fishing Gear, Faculty of Fisheries, Kagoshima University, 4-50-20 Shimoarata, Kagoshima, 890, Japan)

(2) In the experiments carried out in May of 1985, the number of the fish observed was nine near the otter board, and fifty in the vicinity of the net mouth, respectively. Almost all the fish kept themselves swimming 30~50cm in front of the fishing line of the net mouth, showing the same direction as that of the Net, for a long time. Of these fish, such big sized ones with fork length about 70cm as Thick lip bream *Plectorhynchus pictus* and Rock bream *Oplegnathus fasciatus* made tumbling motions just above the fishing line of the net mouth, and then transferred themselves into the Net while the small sized fish were threatened by the tail movements of the big sized ones to be induced into the interior of the Net.

本研究は水中における網漁具の動態と魚介類の対網行動を潜水観察及び測器による観察若しくは計測により明らかにし、魚介類の入網機構を解明することを目的として推進するものである。今回は昭和59年と60年の両年度、種子島西方海域において、本学練習船南星丸（83トン、400 P.S）によりトロール網の水中テレビ撮影を行い、拡網板となるオッターボード（略称 O.B）と網の動態及び魚群の対網行動の解明を試みたのでその結果について報告する。

## 研究 方 法

昭和59年10月18~19日及び昭和60年5月30~31日、種子島西方約5浬、水深38~62mにおいて計12回の曳網実験を行った（Fig. 1, Table 1, 2）。

実験海域は略平坦、底質は砂質、海底面には砂蓮が形成されているが、所によっては高さの低い小型の岩石群よりなる天然礁が散在している。昭和59年10月の実験では海底面に波長約80cmの発達した砂蓮が形成されており、その凹部には繁茂した褐藻類のアントクメ属がみられた。昭和60年5月の実験では、上述の砂蓮と海藻はみられなかったが、小さい岩石群よりなる天然礁の存在を確認した。

実験網は6枚構造網で、仕立上りの長さは浮子網15.2m、沈子網18.9m、袖網6.5m、袋網15.7m、各網の目合は袖網105mm、天井網90mm、身網54~60mm、網にかかる力は浮子方の浮揚力61.5kg、沈子方の沈降力79.8kgの漏斗網付きの小型トロール網である（Fig. 2）。この網は一般に用いられている着底網ではなく、肥後らが北洋底魚漁場での禁止魚混獲防止用に開発したチェーン垂下式の微離底網<sup>1), 2), 3)</sup>と同一の離底装置をもつ網で、曳網中における沈子網に当るフイッシングライン（略称 F.L）の離底高さが10cmとなるように設計した。このトロール網は径14mm、水深の3倍長のワープ、高さ1.3m、巾0.8mの湾曲型の O.B、長さ80mの手網及び長さ30mのネットペンメントにより連結されている（Fig. 3）。

実験方法は O.B 及び網の動態と魚群の入網状況を水中 TV カメラにより撮影すると共に、曳網と網の各部における張力、網口高さ及び O.B の動態について計器による測定を行った（Fig. 3）。

水中 TV カメラによる撮影実験は、まず O.B については水中カラー TV カメラ（OVS-300F-N 型、特殊映像器機KK）をワープに2箇所シャックル付けし、コードをずらしながら O.B に接近させて撮影した（Fig. 4~5, Plate I）。なお O.B は画面をより鮮明にするため白色塗装を施した。網口付近の撮影には水中白黒 TV カメラ（OVS-315M-N

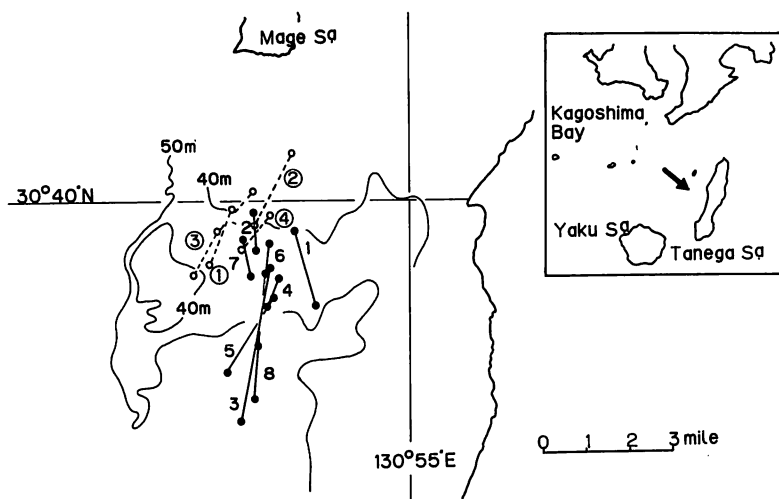


Fig. 1. Contour map showing the track of TV camera-observations off Tanega Island.

○-----○ : Observation on 1984  
●-----● : Observation on 1985

Table 1. Result of the towing experiment on 1984.

( October 18, 1984 )

Towing No.	Throwing net		Towing net	Hauling net		Observation by TV camera Parts Start time End time (hour : min.)	Weather Wind direction/ force Tidal current depth/ direction/ speed (m°/Kt)	Note
	Start Point Time (hour : min.) Depth	End Point Time (hour : min.) Depth		Start Point Time (hour : min.) Depth	End Point Time (hour : min.) Depth			
①	30°-36'6N 130°-51'7E 12 : 07 44.5m	12 : 22	180° 140m	30°38'6N 130°-50'7E 12 : 55	13 : 00	O. B 12 : 22 12 : 46	b NE 5	
②	30°-40'2N 130°-50'8E 14 : 12 40m	14 : 19	195° 120m	30°-38'5N 130°-49'6E 15 : 14	15 : 24	Net mouth 14 : 36	c NE 5	

( October 19, 1984 )

③	30°-39'7N 130°-50'5E 08 : 10 39m	08 : 21	201° 140m	30°-38'5N 130°-49'8E 08 : 56	09 : 10	Net mouth 08 : 12 09 : 09	c NE 4	
④	30°-39'5N 130°-51'3E 09 : 41 38m	09 : 48	237° 140m 38-39m	30°-38'9N 130°-50'5E 10 : 21	10 : 30	O. B 09 : 53 10 : 11	c NE 4	

Table 2. Result of the towing experiment on 1985.

(May 30, 1985)

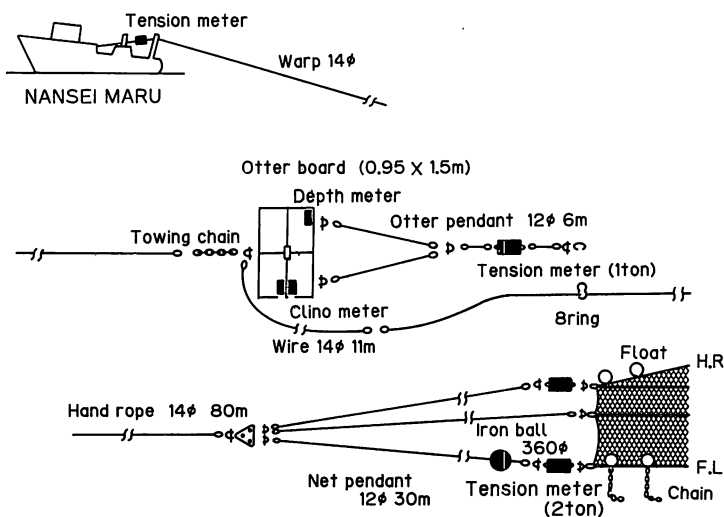
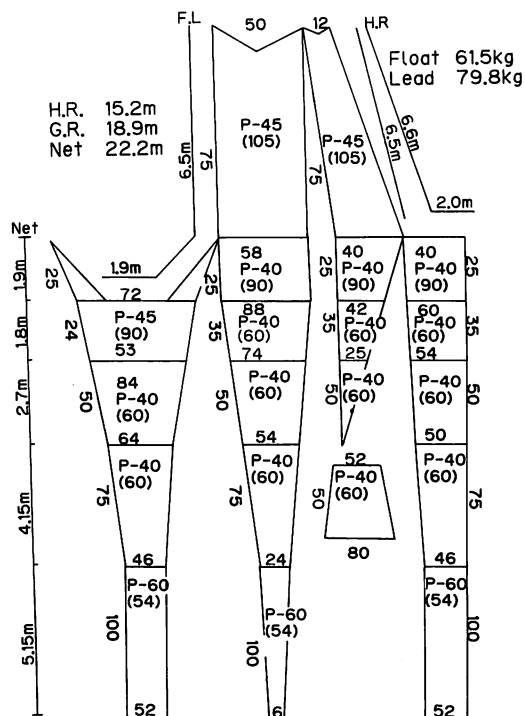
Towing No.	Throwing net		Towing net	Hauling net		Observation by TV camera	Weather	Note
	Start Point Time (hour: min.) Depth	End Point Time (hour: min.) Depth	C. Co Warp Depth	Start Point Time (hour: min.) Depth	End Point Time (hour: min.) Depth	Parts Start time End time (hour: min.)	Wind direction/force Tidal current depth/direction/speed (m/°/Kt)	
1	30°-39'8N 130°-51'9E 09 : 11 42m	30°-39'3N 130°-52'1E 09 : 23 43m	175° 140-160m 46-52m	30°-37'7N 130°-52'5E 10 : 12 57m		OB 09 : 40 10 : 16	r NE 3 5/045/0.3	
2	30°-39'7N 130°-50'5E 10 : 54 44m	30°-39'3N 130°-50'6E 11 : 00 44m	178° 160m 44m		— 11 : 14 —	OB 11 : 05	c NE 2 5/090/0.3	Stopped because of bad sea bed
3	30°-38'5N 130°-51'3E 12 : 22 43m	30°-38'1N 130°-51'3E 12 : 29 49m	175° 175m 49-59m	30°-35'3N 130°-50'5E 13 : 45 59m		OB 12 : 34 13 : 30	c NE 2 20/100/0.1	
4	30°-38'2N 130°-51'5E 14 : 38 50m		180° — —		— 15 : 00 —	Net moth 14 : 39 15 : 12	c NE 2 —	TV Camera was out of order
5	30°-38'2N 130°-51'4E 15 : 27 50m	15 : 41 51m	190° 160-145m 51-62m	62m 16 : 14	30°-36'1N 130°-50'2E 16 : 28 —	Net mouth 15 : 30 16 : 22	c NE 5	

(May 31, 1985)

6	30°-39'0N 130°-51'1E 08 : 13 45m	30°-38'0N 130°-51'1E 08 : 32 48m	180° 145-150m 48-50m	30°-37'0N 130°-50'1E 09 : 01 50m	30°-36'7N 130°-50'1E 09 : 15 56m	Net mouth 08 : 14 09 : 12	bc NE 1 5/090/0.5 20/040/0.5	
7	30°-39'2N 130°-50'5E 09 : 36 43m	30°-38'7N 130°-50'7E 09 : 47 45m	180° 150m 43m		30°-38'4N 130°-50'8E 10 : 08 43m	Net mouth 09 : 37 10 : 00	bc NE 1 5/080/0.3	Lot of stones on the bottom
8	30°-38'4N 130°-51'1E 10 : 22 47m	30°-37'9N 130°-51'3E 10 : 33 47m	180° 150m 47-57m	30°-11'8N 130°-51'1E 11 : 29 58m	30°-35'6E 130°-50'8E 11 : 41 60m	Net mouth 10 : 24 11 : 40	bc East 1 5/110/0.4 20/090/0.5	

型)を網口の浮子網中央部と船尾を連結するクレモナロープに網口より2 m離して縛着し、投網と同時に海中に投入し撮影した (Fig. 5, Plate I). なお両 TV カメラの最低被写体照度は前者が40 Lux., 後者が1 Lux. である.

O.Bの実験については曳網速力を0.7ノットから3ノットまで種々変速し、本体の姿勢や付属具の曳網やチェーンの状態及び魚群の行動等について撮影を行った. また網の実験につ



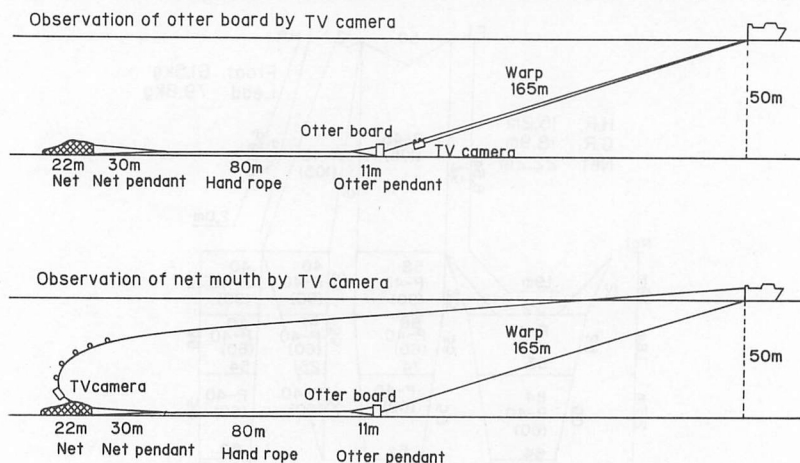


Fig. 4. Arrangement of TV camera attached trawl gears.

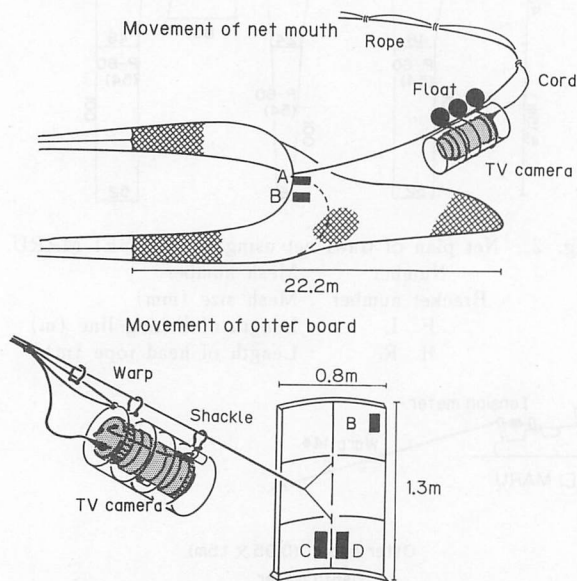


Fig. 5. Arrangement of TV camera attached the otter board and the net mouth.

A : Headline height meter

B : Depth meter

C, D : Clino meter

いては TV カメラを網口の後方直上より網口付近と袖網付近を主として撮影し、投網直後から着底までの各部の網成りや、曳網中における袖網、網口及び袋網の拡網状態、F.L の形状、袖網の先端部に装着された360mm径の鉄球 (Fig. 3, Plate I), F.L に縛着された垂下チェーン等の沈子の着底状況及び魚群の入網状況等について撮影を行った。

諸計器による実験は、O.B に自記式の傾斜計と深さ計を装着し、種々の曳網条件下における O.B の動態について計測を行った。またワープ、オッターペンネット、ネットペンネ

ントに夫々張力計を、網口に網高さ計及び深さ計を装着し、網の動態について計測を行った (Fig. 3, Plate I). この結果については肥後、山田が担当しており、次報において報告する予定である。

なお今回の実験は、TV の接続コードが300mと長いものであったが、漁具の動態撮影に好都合な浅海域は底曳禁止区域であり、また魚群の対網行動の撮影に好都合な好漁場は80m以深の海域であったためワープ長や曳網速力をかなり制限した実験内容となった。

## 実験結果

### 1. 漁具の動態

#### (1) オッターボード (O.B) の動態

水中 TV にみる O.B 本体の動態は、まず曳網速力1.7～2.5ノットでは、正立に近い形で海底上を走行していることが認められた (Plate II). カメラを更に近付けると、O.B は下部の踏金の後方で接地し、蛇行することなく一直線に滑走している (Plate II-A). 本体の姿勢は曳網方向に対して後方と内方に夫々僅かながら傾斜しており、ほとんど動揺しない。O.B の付属具のトーイングチェーンとオッターペンネントはいずれも緊張しており、曳網にかかる張力は O.B を介してワープから手綱に定常的に伝えられていることを示している。また遊びワイヤーは弛み、その大部分は O.B の側方で海底面に接して曳かれている。O.B の後方には、その踏金の接地により、大量の砂煙が舞い上がり、その高さは海底面上約1～2 mにも及んでいる (Plate II-B).

曳網速力を変化させたときの O.B の動態は、まず2.5ノットから3ノットに増速すると、踏金と海底との接触面は徐々に減少し、3ノットで完全に離底した (Plate II-C). このときの O.B の姿勢は内方傾斜がやや大となり、左右へのふれも加わり、やや不安定な状態となる。減速した場合では1.2ノットで踏金の全面が海底面と接触し、少し蛇行運動を始め不安定となる。1.5ノットより減速すると、内方に次第に傾斜し始め、0.7ノットで完全に内方に倒れ、横倒しの状態で曳かれた (Plate II-D～F). その際の砂煙は渦を巻き相当量に及ぶ。海底面に砂蓮が形成されている場合の O.B の走行姿勢は、平坦な海底面とほとんど同一であるが、高速曳行の場合に小刻みの離底の繰返し動作がみられるようである。また高さ30～50cmの岩石の密集した天然礁を通過する場合は、O.B の踏金の前部がそり状になっているため、岩石面との衝突、跳躍、接地を繰り返しながらも海底面上をうまく通過してゆく状態が観察出来た。

#### (2) 網の動態

投網から着底に至る迄の網成りは、両袖網は接近し袋網は十分に拡網した状態で、略水平に近い形を保ちながら沈降している (Plate III-A). 着底後の網成りは曳網速力が次第に加速されてゆくに従って、袖先間隔は徐々に広がり、やがて通常の拡網状態となる (Plate III-C, D). 曳網時の網成りをみると、先ず袖網部では、袖先部に装着した鉄球は常時着底し相当量の砂煙を発生させている (Plate III-E). 実験当日海上は風力4、波高2～2.5mであったが、袖網部の上下動は全くなく安定していた。袖先から網口にかけての F.L は、僅かに

離底しているもののほとんど上下動はみられず、懸垂曲線に似たスムーズな曲線を形成していることがわかった (Plate IV-A). この F.L に縛着されている垂下用チェーンは揃って平行に吹かれ、互に絡むこともなく 5~10cm 離底している状態が確認された (Plate IV-B). 揚網後、チェーンの摺れの長さを測定した結果、その離底高さは設計通り 10cm 以下であった。なおこの垂下チェーンの着底部分からも砂煙が発生していた。網口付近の網成りは十分に拡網し、網口高さは約 2 m で、浮子方の動揺は全くみられない (Plate III-F). 天井網は理想的に拡網し、網目は方形状をなしている (Plate IV-C). 袋網部の網成りは網口に近い部分は大きく拡網しているものの、網口より 3 段目の袋網中部付近からコッドエンドにかけては先細の所謂縮網の現象がみられる (Plate III-B). 平坦な砂質の海底面上を曳網される場合の網はこのように極めて安定し、十分に拡網した状態であるが、海底面に岩石が密集した天然礁上を通過する場合は様相が一変する。即ち網口の網成りはかなり不規則に動揺し不安定となる。特に F.L 付近では F.L が不規則に上下動し、小型の岩石群が無数に舞い上がり、相当量の砂煙が網口付近を包む状態となる (Plate IV-D~F). しかし長さ 30~40cm のやや大型の岩石群に遭遇すると、F.L は垂下チェーンの利点を活かして岩石群の入網を阻止しており、離底状態を維持出来るようである (Plate IV-E, F). しかし高さが 1 m 以上もあるような大型の岩石に遭遇すると、F.L は弓で矢をつがえたように突っ張り、最終的にはその岩石を入網させる結果となった (Plate IV-D).

## 2. 魚群の対網行動

漁獲試験は昭和59年10月に4回、昭和60年5月に8回の計12回実施し、水中 TV カメラにより O.B 付近と網口付近における魚群の行動を撮影した。漁獲内容は、魚種が体長 70cm のコロダイを始め、カイワリ、エソ類、サメ類、エイ類、ヒメジ、セミホーボー等約 20 種、総尾数約 200 尾、総重量約 60 kg で、このうちカイワリは約 1/2 の尾数にのぼり最も多かった (Table 3). TV に大写しになった魚種はコロダイ、イシダイ、エソ、カイワリ、ガンギエイ、セミホーボー、サカタザメで、この他魚種不明の小型魚が画面に現れた。なお上述のイシダイは揚網時に網外に逸出した。

### (1) オッターボード (O.B) 付近における魚群行動

TV の画面に写し出された O.B の周辺は狭い範囲であるので、小型魚の小数尾について観察するに止まった。魚種はヒメジ、エソ類で、観察尾数は計 9 尾であった。これらの魚群は O.B がかなり接近した段階で逃避行動をとり、O.B の進行方向に対して略直角方向に泳ぎ去る場合が多い (Fig. 6). この逃避行動をとる場合の O.B からの距離は 0.2~1 m である。O.B に対するこれらの魚群の逃避方向は、図示するように、O.B の進行方向に対して網のある内側の方向に 2 尾、外側の方向に 7 尾で、このうち 3 尾については、O.B の前方において、内側から外側にむかって逃避している。

### (2) 網口付近における魚群行動

TV の画面に登場した魚種のほとんどは網口の沈子網である F.L の前面に出現したものである。Fig. 7 はその概要を模式的に描いたものである。昭和59年10月の実験では、セミホー



Table 3. Result of caught fish by the trawling.

Year	Catch of fish	Fork length (cm)	Total weight(kg)	Number
1984	<i>Pseudupeneus chrysopleuron</i>		3.8	5
	<i>Ostracion tuberculatus</i>		0.9	7
	<i>Lactoria diaphanus</i>		5.1	41
	<i>Saurida tumbil</i>		1.0	2
	<i>Pterois lunulata</i>		0.9	2
	<i>Erosa erosa</i>		0.4	2
	<i>Microcanthus strigatus</i>		0.3	2
	<i>Priacanthus macracanthus</i>		0.2	1
	<i>Diodon holacanthus</i>		4.5	12
	<i>Fistularia petimba</i>		0.05	1
	<i>Balistes conspicillum</i>		0.45	3
	Squids		0.6	3
	Flat fishes		1.0	2
	<i>Fistularia villosa</i>		1.4	1
	<i>Chilomtcterus affinis</i>		2.4	2
	<i>Scolopsis inermis</i>		5.5	10
	Rays		2.3	3
	<i>Dactyloptena orientalis</i>	23~25	0.9	2
	<i>Heterodontus japonicus</i>		4.0	1
1985	<i>Caranx equula</i>	7~27	12.4	111
	<i>Sebastiscus marmoratus</i>	27~34	1.1	2
	<i>Pterois lunulata</i>	14	—	1
	<i>Parapterois heterurus</i>	17	—	1
	<i>Halaelurus burgeri</i>	35~45	5.3	22
	<i>Gymnothorax kidako</i>	70~120	8.2	3
	<i>Goniistius zonatus</i>	34	0.85	1
	<i>Saurida undosquamis</i>	20~47	6.4	17
	<i>Trachinocephalus myops</i>	15~45	3.5	8
	Squids	7~38	—	5
	Rays	18~48	4.9	13
	<i>Paralichthys olivaceus</i>	25	0.09	1
	<i>Upeneus bensasi</i>	11~18	0.64	6
	<i>Plectorhynchus pictus</i>	70	5.0	1
	<i>Diodon holacanthus</i>	17	0.2	1
	<i>Lactoria diaphanus</i>	12~23	1.0	6
	<i>Canthigaster rivulata</i>	12~18	0.2	2
	<i>Stephanolepis cirrhifens</i>	10	—	1

ボー、ガンギエイ、エソ類、ヒメジ、カイワリが姿をみせたが、このうち前二者の行動をかなり鮮明に捉えることが出来た (Plate V-E, F)。また昭和60年5月の実験では、コロダイ、イシダイ、サカタザメ、エソ類、カイワリの大・中型魚約50尾の他、魚種不明の多くの小型魚の行動を観察することが出来た。これらの魚種の対網行動を魚種別にみると、まずガンギエイは網口の F.L の直前から前方約2 mまでの空間を海底すれすれに、網の進行方向と同方向にそ泳する。前後方向への繰返し遊泳が多く、左右への所謂 zigzag 運動は少ない。網速度がそ泳速度を上廻り、やがてその尾部が F.L にふれると1.5 m/sec 以上の早い泳ぎで

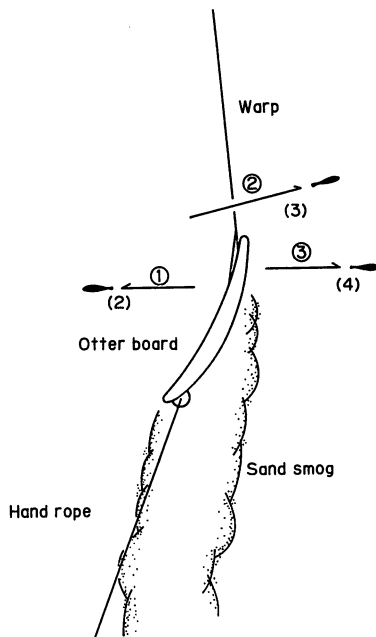


Fig. 6. Behaviour of the fish schools near the otter board.

— : Direction of swimming of fish

①~③ : Towing number

Bracket number : Fish number

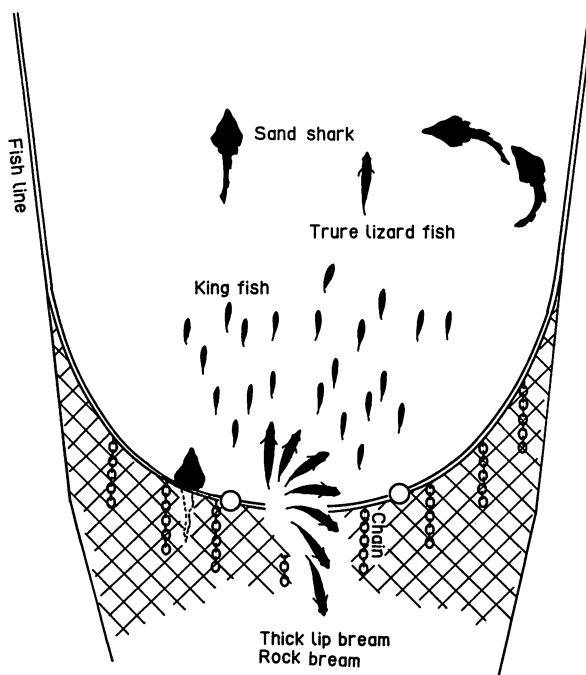


Fig. 7. Behaviour of the fish schools in front of the net mouth.

前方に泳ぎ出るが、F.L. の前方20～50cmの場所で定位する場合が多いようである (Plate V-E). セミホーボーは zigzag 運動が多いが、ガンギエイと同様に F.L. の前方で若干の間隔をおいて定位する傾向が強く尾鰭が F.L. にふれると、胸鰭を一杯に広げ、前方に泳ぎ出る。なおこのセミホーボーは約8分間泳いだのち、袖先方向へ逸出した (Plate V-F). サカタザメは2尾出現し前向きのまま前後方向の繰返し遊泳を行った後、尾部の方から F.L. と海底との間の高さ10cm内外の隙間に潜入し、頭部を前方にむけたままの姿勢で次第に圧流され、やがて腹網の下に姿を消した (Plate V-A). 離底した腹網の下方に潜入して網外に逸出する一つの型であろう。このサカタザメもガンギエイと同様に尾鰭に F.L. がふれると前方に突出する行動をとるが、他の魚種と同様、F.L. から20～50cm前方において定位する場合が多くみられた。コロダイ及びイシダイは体長が70cm余りの大型魚であるが、30数分間に亘り、網口付近で大きくゆっくりした動作で、前方に泳ぎ出しては次第に後退する運動を繰り返す行動をみせた (Plate VI-A～D). この場合、前方にそ泳する場合は、袖網に添って前方に出ることが多い。網口において前方を向いたまま圧流される動作は他の魚種と比較して極めてゆるやかで、かなり短い時間で F.L. 上に達する。網口の F.L. の直上に尾部が達すると、ひねり反転して、頭部を魚捕部に向け入網する (Plate VI-E). しかしこの2尾は再び袖網の奥部付近に現れ、前述の運動を繰り返す。カイワリ、エソ、ヒメジ等の小型魚は F.L. の前方略20cmから2mにかけて山型に密集し、網の進行と同一の方向にそ泳運動を行なう (Plate V-B～D). この魚群はそ泳速度、個体間隔が略同一で、網口前の狭い空間で成群性の強い行動をとるようにみえる。またその個体間隔は個体の体巾の  $\pi$  倍値に略等しく、魚群行動における  $\pi$  効果現象<sup>4)</sup>とみられる。これらの小型魚は長時間そ泳した後、前方にエソのような中型魚が出現することによって、急速に網口付近に後退を余儀なくされ、遂には網内に入網した (Plate V-B). この小型魚の入網については考察の項でも述べる。

### (3) 袖網付近における魚群行動

揚網開始から O.B 収納に至る間、水中 TV カメラは袖網部の中袖から袖先にかけて撮影を行っている。その画面によると、揚網開始で袖網は急速に狭まり、両袖網は2m前後の間隔で揃ってう、網速度のある間は袖先の鉄球及び垂下チェーンから夥しい砂煙が舞い上がる。しかし O.B 収納作業の段階で網の進行が停止したとたん、前述の大型魚のコロダイやイシダイを始め約20尾のカイワリ群が、1団となって網口付近から両袖網の間を早い泳ぎで抜け袖先部より網外に逸出した (Plate VI-B). このうちコロダイは中袖部より U ターンして再び網口にむかい入網した。イシダイは網外に逸出した後、再び網に接近し、微速で前進する網の先袖部から約30cm離れて同一方向に、ほとんど等速でそ泳した。網が離底し始めると両袖先の間にはいり、しばらくそ泳した後姿を消した。この行動は慣れの行動とみられるが、これまでみられなかった興味ある現象であるので今後更に検討してゆきたいと考える。

## 考 察

底曳網の動態と魚群の行動との関係を同時に検討する研究については、従来から種々の方法が用いられている。我が国では潜水による直接観察<sup>5), 6)</sup>の他、魚群探知機<sup>7)</sup>や実験水槽<sup>8)</sup>に

よる研究がある。外国でも直接潜水による観察を始め、リモートカメラ、リモート TV による実験が1957年以来数多く行われ、多くの報告がなされている。最近ではアバーディーン研究所のスタッフによる水中 TV を用いての一連の実験があり詳細な報告が行われ注目されている<sup>10), 11), 12), 13), 14)</sup>。

今回の実験は上述の研究より規模の小さいものであるが、水中 TV カメラを漁具の近くに装着した後、曳網速力と曳網の長さを調節したり、潮流を利用して種々の角度から撮影するといった手作業の方法を採用したものである。

O.B の実験は TV カメラをワープに添わせながら接近させて撮影し、また網口での実験は、網口付近に TV カメラを縛着し、網と一緒に海中に投入し、曳網と TV コードを一緒に船尾より操作すると言ったかなり強引とも言える方法をとったが、いずれも出来るだけ注意を払い慎重に対応した。

O.B の動態は2ノット以上に達すると、後方と内方に多少傾斜しているもののほとんど動揺せず、正立の状態で、略一直線に海底面上を滑走することがわかった。横型の O.B は大きく蛇行し、また不規則な動揺をされると言われるが<sup>15), 16)</sup>、縦型のこの O.B では蛇行は全くみられず、むしろ楕円型の O.B のような安定さえみせた。また1ノットという低速に減速して始めて安定を失い倒れることから、横型の O.B に比し、その拡網力はかなり大きいことがわかった。なお砂煙は相当量発生して後方まで及ぶことから、これまでの報告<sup>12)</sup>にあるように、砂煙は魚群の入網に役立っているものと考えられる。

網の動態については、離底網であるため多少の動揺があるものと予想していたが、実験の結果では動揺はみられず安定していることを確認した。また F.L に縛着している垂下チェーンは設計通り離底し、ほとんど動揺はみられない。袖先に装着した鉄球はよく接地し、かなり大量の砂煙を発生させている。この砂煙の流れは O.B の場合と同様に魚群の網口への誘導に役立っているものと考えられる。網の拡網状態については、網口直上の天井網では網目は略方形形状をなし、理想的に拡網している。しかし袋網の中部から魚捕部にかけては急激な縮網現象がみられる。なお網が岩石の密集した天然礁を通過した際、O.B は踏金がそり状をなしているため跳躍しながら通過し、また網は垂下チェーンを装着していた為、小さな岩石上を乗り越え、破網することなく曳網することが出来た。

魚群行動については、TV カメラを網口の斜め後方の上方より網口付近を撮影出来るようにセットし実験を行った。その結果、観察尾数は少ないが、イシダイ、コロダイ等の大型魚からヒメジ、カレイ、エイ等の小型魚に至るまでの体型の異なる多くの魚種について観察することが出来た。これらの魚群の行動は、共通点はみられるものの、魚種と体型によって異なる点も多いようである。まず共通している点は、多くの魚群は網口の F.L の前方5～6 m から約20cm迄の空間にかけて密群を形成し、網と同一方向にそ泳する。また曳網速力が約2ノットとかなり遅いため、ほとんどの魚が5分以上持続してそ泳するが、これまでの発表<sup>12), 14)</sup>にあるように、やがて網に対して相対的に後退し始め、F.L から約20cm前方で、しばらくの間定位するような形をとる。しかし多くの魚種はその尾部が F.L に觸れたとたん、網口前2～5 m の付近まで再び進出する。このようにほとんどの魚が F.L の前方において、略一定の距離をおき、しばらくの間、定位しようとする動きをみせる。この距離は反応距離と言われ一般に30～50cmの長さであるが今回の実験でも同様の値となった。網口の前において

はこのように前後方向への繰り返し行動をとるが、この行動に加えて種々の形の zigzag 運動も行うようである。この遊泳運動は魚種により、また体型によって異なるようで、大型魚はゆっくりとした動きであるのに対し小型魚は小刻みのはげしい動きをみせる。またイシダイ、コロダイは袖網にそって動き、サメ類は網口の前面を大きく左右に移動する。またカイワリは網口の前面の中央部に密度が高い。カイワリ、ヒメジ等の小型魚は網口前において、このように成群性の強い群としての泳ぎをみせるが、その入網は前方に出現した中型魚の後退しながらの魚体の動き、特に大きく左右に揺れる尾鰭の動きによって威嚇され強制的に入網させられる現象が認められた。この一連の魚群行動は小型魚群の入網の一つの型とみられ興味深い現象であるので、今後、水槽等でモデル実験を行い、その解明に当たりたいと考える。

このようにトロール網に遭遇した魚群は、O.B の動き、音、振動、砂煙により、また手網及びネットペンネットによって順次網口前方に誘集されて、次第に密度を高めた後、魚種や体型によって夫々特徴づけられたそ泳運動を行いながら、より大型魚に更に威嚇されたり、また魚群密度が更に高くなることに起因する自由遊泳空間の喪失等の制約を受けることで定位出来なくなり、魚捕部に入網してゆくことが考えられる。なお揚網にうつり網速度が減速すると、網口付近の魚群は1団となって、狭められた両袖網間を抜け、袖先部より網外に逸出する現象がみられた。この現象は曳網終了の段階において、短時間でも高速曳網して網口前の魚群を魚捕部に強制入網させることが必要であることを示唆しているものと考えられる。今回の実験は前述したように、実験海域の水深が深過ぎたため曳網の長さを3倍以上にとることが出来ず、また曳網速力を3ノット以上（通常は3.0～3.5ノット曳網）にとることが出来なかったため、十分な結果を得られなかった。次回の実験では撮影方法も再検討し、この研究の展開を計る所存である。

## 要 約

1984年10月と1985年5月、種子島西方海域の水深38～62 m の海域において、本学練習船南星丸（83トン、400 P.S）により計12回の曳網実験を行った。実験方法は低照度用水中テレビカメラをオッターボード及び網口付近に装着し、曳網中における漁具の動態と魚群行動を撮影した。その結果は次の通りである。

(1) オッターボードの姿勢は、曳網速力2ノットで内方と後方に傾斜し、動揺も少なく最も安定した状態となる。網口は正常に拡網しほとんど動揺しない。沈子網に装着した垂下用チェーンは約10cm離底し、設計通りの値を示した。オッターボード、鉄球及び垂下用チェーンからは大量の砂煙が発生し、魚群の網口からの逸出を防止し、その入網効果を発揮している。

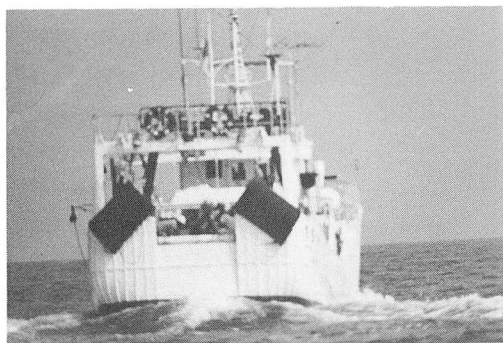
(2) 1985年5月の実験において観察出来た魚群は、オッターボード付近で9尾、網口付近で約50尾であった。ほとんどの魚群は網口の沈子網の前方30～50cm付近において網と同方向に長時間に亘って遊泳する。このうち体長70cmのコロダイとイシダイは網口の沈子網の直上において反転入網する。また小型魚は前方を泳ぐ中型魚の尾部の動きに威嚇され入網した。

この研究は南星丸を中心とする一連の研究の成果である。その推進に当たり実験網及び実験

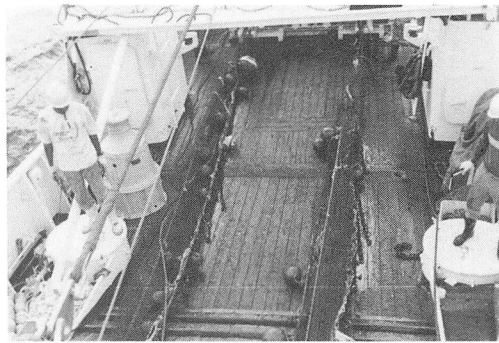
装置の作製について多大の御協力をいただいた鹿児島大学水産学部文部技官田畑静夫氏に対し深甚なる謝意を表すると共に、実験の遂行に当り積極的に参加していただいた漁具学講座大学院生の寺田和彦、大毛雄三、西野英人及び4年生の倉田九豪、小林 茂、松浦洋人、八木泰浩、山田敬介、山本禎一郎の諸君に対し厚くお礼申し上げる次第である。

## 文 献

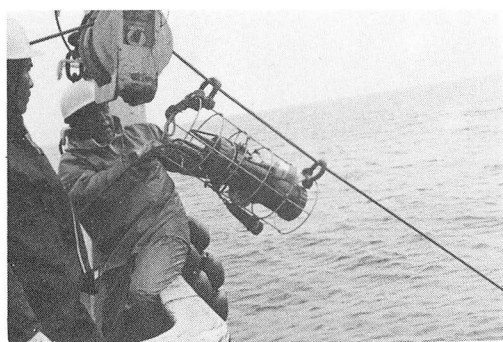
- 1) 肥後伸夫・上水樽豊己 (1979) : 離底曳き用底曳網の実用化に関する研究 - (予報), 鹿児島大学水産学部紀要, **28**, 119~129.
- 2) 肥後伸夫 (1982) : 垂下式チェンによるトロール漁法, 日本水産学会漁業懇話会報, **18**, 21~24.
- 3) 肥後伸夫・辺見富雄・柿本 亮・不破 茂 (1983) : 微離底曳網の実用化に関する研究, 鹿児島大学水産学部紀要, **32**, 173~192.
- 4) 肥後伸夫 (1968) : 魚の遊泳運動における  $\pi$  効果現象 - I, 日水誌, **34**(4), 319~323.
- 5) 三浦定之助 (1925) : 第3回手繰網試験報告
- 6) 宮崎千尋 (1957) : 小型機船底曳網の研究, 三重県大産学部紀要, **2**(3), 98~220.
- 7) 野々田得郎 (1958) : 魚群探知機の記録からみた片口鰯群の生態について - (予報), 三重県大産学部紀要, **3**, 247~249.
- 8) 大島泰雄 (1950) : 曳網の中における魚群の活動, 日水誌, **23**(1), 41~50.
- 9) Blaxter, Parrish, Dickson (1964) : The importance of vision in the reaction of fish to drift nets and trawls, M. F. G. -2, 533~536.
- 10) J. Main, G. I. Sangster (1979) : A Study of Bottom Trawling Gear on both Sand and Hard Ground. Scottish Fisheries Research Report, **26**, 1~15.
- 11) J. Main, G. I. Sangster (1981) : A Study of the Sand Clouds Produced by Trawl Boards and their Possible Effect on Fish Capture, Scottish Fisheries Research Report, **20**, 1~20.
- 12) J. Main, G. I. Sangster (1981) : A Study of the Fish Capture Process in a Bottom Trawl by Direct Observations from a Towed Underwater Vehicle, Scottish Fisheries Research Report, **23**, 1~23.
- 13) J. Main, G. I. Sangster (1982) : A Study of a Multi-Level Bottom Trawl for Species Separation Using Direct Observation Techniques, **26**, 1~17.
- 14) J. Main (1983) : A Study Comparing Light and Heavy Ground Gear, Scottish Fisheries Research Report, **27**, 1~17.
- 15) 葉室親正 (1959) : “漁具測定論”, (槇書店, 東京) P. P 213~216.
- 16) 和田光夫 (1973) : “実用トロール漁法”, (成山堂, 東京), P. P 105~119.



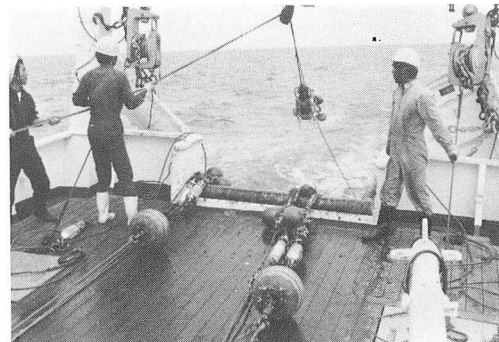
A



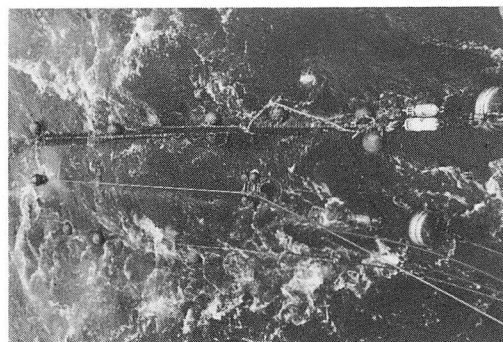
B



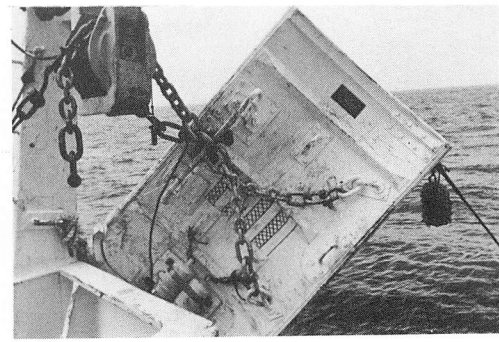
C



D



E



F

Plate I. Arrangement of TV camera.

A : NANSEI MARU

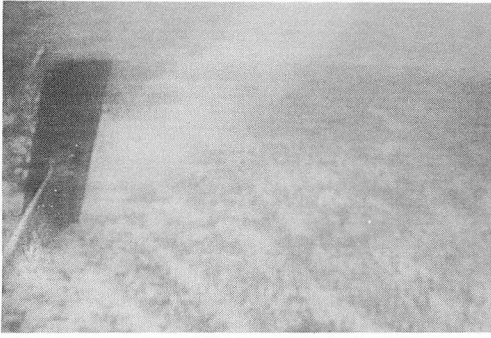
B : Trawl net

C : TV camera for the observation of the otter board

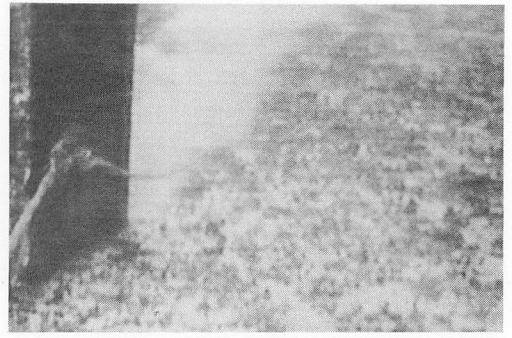
D : TV camera for the observation of the net mouth

E : Throwing net

F : Throwing otter board



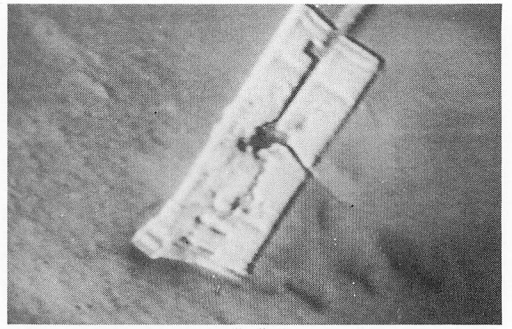
A



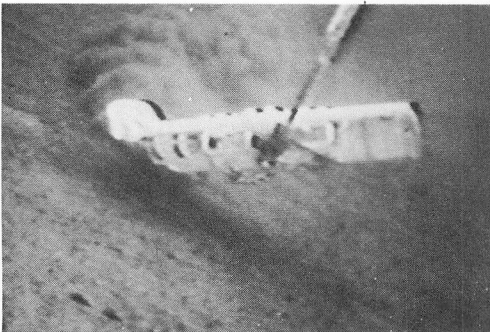
B



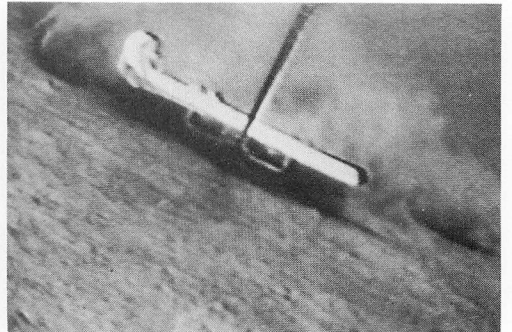
C



D



E



F

Plate II. Behaviour of the otter board observed by TV camera

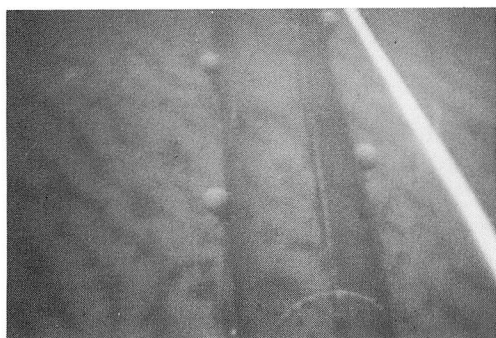
A. B : Otter board

C : Off bottom ( Speed up to 3 knot )

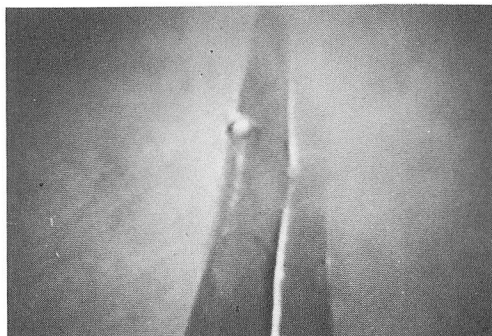
D : On bottom

E. F : Fall ( Speed down to 0.8 knot )





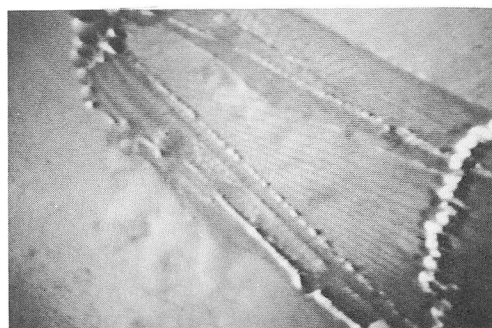
A



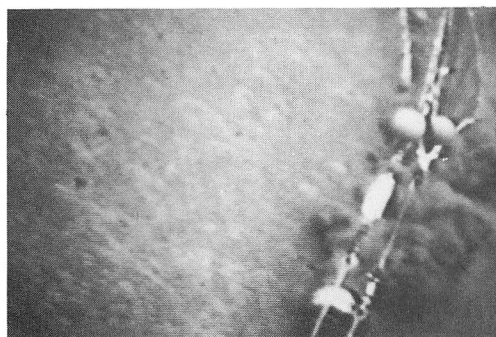
B



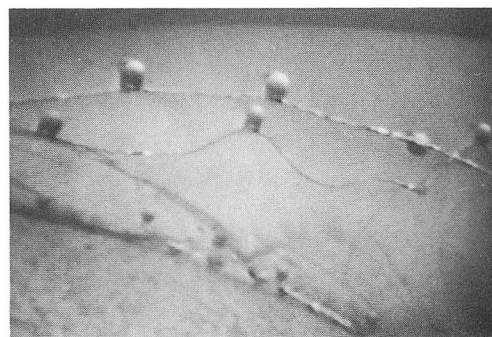
C



D



E



F

Plate III. A : Shinking condition ( Baiting )  
 B : Shiking condition ( Cod end )  
 C : Landing condition of trawl  
 D : Start trawling ( Wing )  
 E : Wing tip and steel sphere  
 F : A front viw of the net mouth

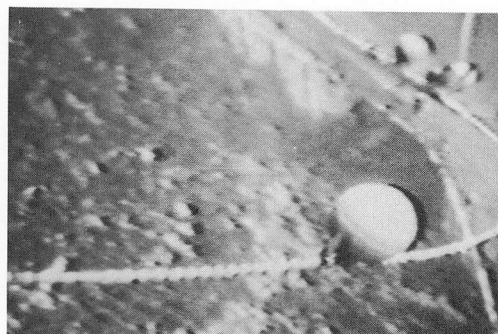
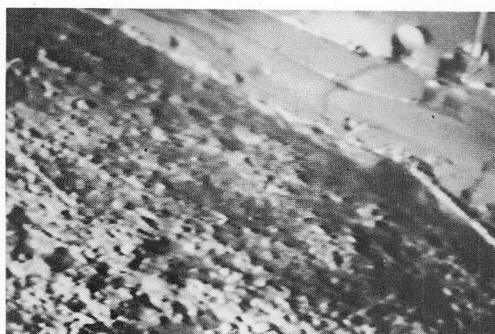
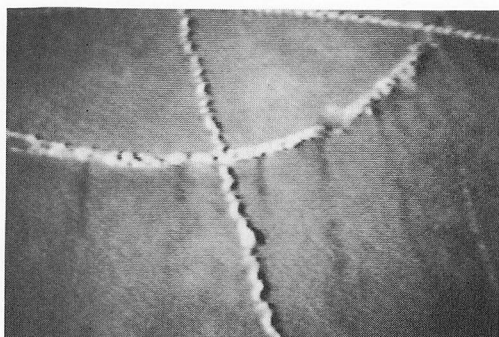
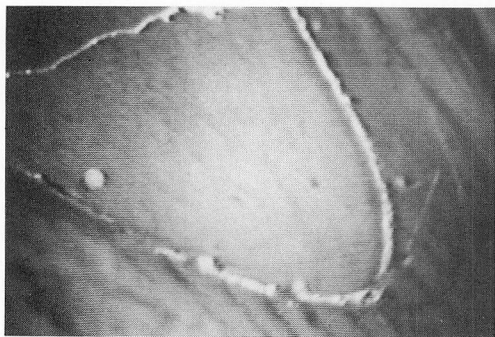
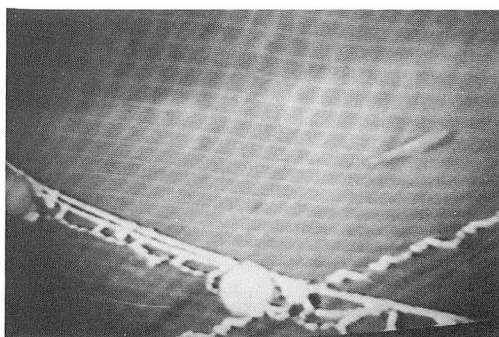


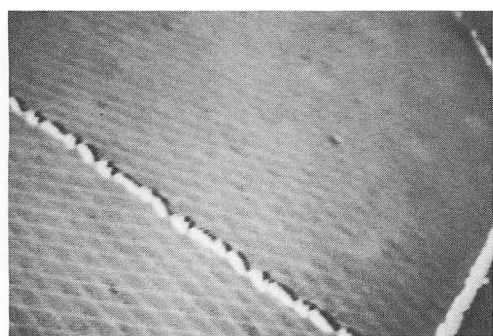
Plate IV.    A : Fishing line                      B : Hanging chain  
               C : Net mesh of square part   D~F : Shooting net on reef



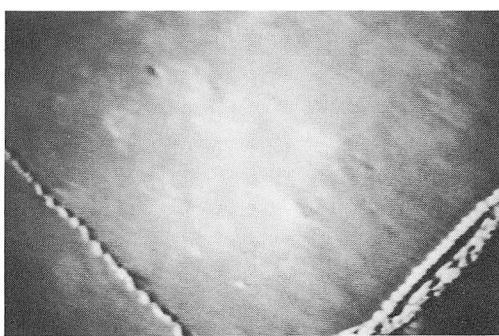
A



B



C



D



E



F

Plate V. Behaviour of the fish school in front of the net mouth.

A : *Rhinobatos schlegeli*      B : *Saurida undosquamis*

C : *Caranx equula*              D : *Upeneus bensasi*

E, F : *Raja kenojei*, *Dactyloptena orientalis*



A



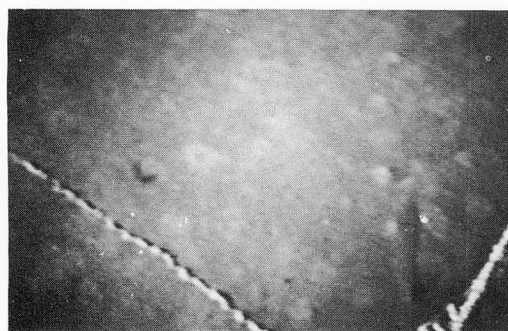
B



C



D



E



F

Plate VI. Behaviour of the fishes in front of the net mouth.

A, B : *Oplegnathus fasciatus*, *Plectorhynchus pictus*

C : Slow down of swimming

D : Veered swimming direction

E : Turned to the net mouth

F : *Rhinobatos schlegeli*