中層トロールに関する研究

VI 工業化試験

小林喜一郎・井上直一
（北海道大学水産学部水産機械学教室）（北海道大学水産学部漁法物理学教室）

An Experiment on a Mid-water Trawl

VI. Practical fishing experiment

Kiichiro KOBAYASHI and Naoichi INOUE

Abstract

The purpose in undertaking this project was to make practical test of a mid-water trawl fishery set-up and to develop an efficient trawl gear. Construction of this gear is as follows: the tapering box-shaped net of 63.6m total length, with the mouth 15m in length along one edge, is made of amilan fibre which decreases the resistance of the netting in water, on account of the smaller diameter and yet retains greater strength than other fibres. Four aluminium alloy Phillips planing floats which are all 20cm in diameter and fourty spherical glass floats are lashed to the hand-rope to keep it in a broad upward arch in shape. On the other hand, 120 porcelain sinkers and two depressors having 0.8m² effective area, are used to give a downward thrust to the ground-rope thus assisting in producing not only a maximum opening to the mouth of the trawl net but also in depressing the gear against the uprising of the net caused by the resistance of water.

Two V. D. type otter-boards measuring 2m in length and 1m in height, which are attached to the ends of the sweep lines, spread sufficiently the mouth of the net. Two wire towing warps of 1.6cm diameter and 400m length are employed, in one of them cabtyre cord was inclosed.

The depth of the net in the water could be easily measured by the electric depth indicator installed on the deck, which connects to the electric pressure gauge, fitted to the ground-rope of the net, through the cabtyre cord above mentioned. When a school of fishes appeared on the echo-sounder the vessel is ready to set the gear rapidly to the very depth of this school adjusting the towing warp length after the depth indicator has been consulted.

The speed of the trawler is less than about 3 knots. The smaller trawler "Ryoan Maru" (83 ton 300 HP) tried this gear several times in practice and could catch fairly abundant fishes in the sea near Wakkanai from December, 1957 to the end of April, 1958.

This research proved that the mid-water trawl gear would have possibility of practical application on a commercial scale.

I まえがき

中層トロールに関する研究は，昭和30年31年度に於て，北海道大学水産学部と北海道水産試験場の協同研究に対し，水産庁より農林漁業応用研究費が与えられて，前報[1]までに述た如く一つの中層トロールの形式を選定して，これの基礎試験から海上実験までの一連の試験を完了した。しかし乍ら本格的な漁撈試験を行い得なかつた事と，早急にこれが実用化を図る必要性があつた事等によつて，更に昭和32年度もこの継続研究を希望したのであるが，水産庁からはこれまでの研究結果を基礎として工業化試験を実施するため，水産会社と協同して研究を促進するようにとの勧告があつた。そこで協同研究の対象として日魯漁業函館支社を選び，稚内附近の底曳漁場を実験場とする事によつて工業化試験に着手したものである。その頃にはすでに

カナダの British Columbia 州に於ける鰊中層トロール[2]漁法の成功が伝えられ，その特異な網の構造と，Dual Fin Otter-board と称せられる（以下D.F.式オッターボードと称す）特殊なオッターボードとによつて多大の関心を呼んだ。又デンマークに於ける R. Larsen 式の二艘曳中層トロール[3]はその構造の単純さによつて注目され，更に1956年に於けるソ連冷凍トロール船オーロラ号によるノルウエー海に於ける鰊の中層トロール[4]は驚異的な漁獲を報じ，この漁具漁法が或はオコツク海やベーリング海に進出して来るのではないかという国際的な関心と共に，水産界に大きな影響を与えた。一方我国に於ても日魯，日水，大洋等の各水産会社は秘密裡に研究を進めてはいたが，企業採算の立場から尚小規模の実験に止まつていたようである。また水産庁の高山等[5]は中層トロールに関する種々の実験を行い，例えば一本曳網による中属トロール漁法等を発表してはいるが，小規模で実験範囲に止まつているように思われる。この時に当つてこの工業化試験は中属トロール漁法の実用性を決定すべき役割を荷つていると考えられた。

II 研究経過の概要

中層トロール漁法は漸くその緒についたばかりで尚多くの未解決の問題を含んでいるだけに，今までにあらわれた中層トロールの漁具漁法も多種多様の工夫をこらしており，これが最良であるという形式を決定するまでに到つていない。従つて工業化試験に着手するに当つて，中層トロール漁具漁法の基本形をどのように定めるべきかは，その後の研究を進めて行く上に大きな問題となる。昭和31年までに北大で実施した研究結果の中，オッターボード[1]及びデプレッサー[1]はその機能略満足すべきものがあつたので，一応基本形を北大形式で進める事にしたが，これと併行してカナダ式をも研究する事にした。北大式の網そのものは小型に過ぎ，実際の漁業には不充分であると考えられたので，先ず網の設計から着手したのであるが，その形としてはカナダ式の如き所謂パラシュート型が最も多く使用されている現況から判断してこの形を採用し，尚強度と価格を考慮して先ず次の如き第1号網を試作した。

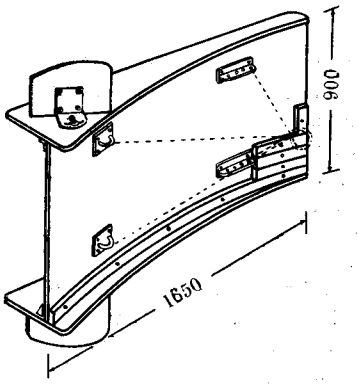


Fig. 1. Port Dual Fin otter-board in towing position (Canada type)

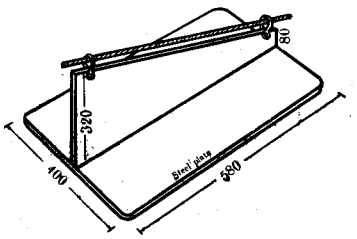


Fig. 2. Depressor (Canada type)

スパンナイロン　20番手　本目結節　10号4寸目（12cm）
6号2.5寸目（7.5cm）20号2寸目（6cm）
タール染　網口10間四方（15m平方）
網丈48.5間（67.4m）

次にこの網に適応すべきオッターボードとデプレッサーを設計するに当つて，網の抵抗を予め知つておく必要があるが，このような巨大な網の抵抗を予測する事は困難であつたから，とりあえず北大式のオッターボード（下縁に重量40kg追加）とデプレッサー（前縁に鉛14kgを追加して安定をよくした）そのままを使用し，他にカナダ式とほぼ同じオッターボード（Fig. 1）とデプレッサー（Fig. 2）を製作し，この2組によつて予備試験を行う事になつた。実験船は日魯漁業底曳船漁安丸（83 ton，300HPジーゼル機関）で，この船にはトロールウインチの設備がないので，船内に手廻しのワイラリールを取付け，更に船尾にはオッターボード吊下げ用のダビット二本を装備した。尚このダビットは底曳漁業を行う際には取外しが可能である。曳網には直径16mm（5分）のワイアロープを各々400m使用した。

（1） 第1次試験（昭和32年9月11日）

折柄の小雨をついて函館港沖合に於て試験を行つたが，結果に於ては失敗であつた。これは網の抵抗が予想外に大きかつた

ために船速が出ず，北大式の場合には重量約90kgのオッターボードは浮上直立する事が出来なかつたためである。結局この網は糸が太く，しかも本目結節を縦曳したために網目の開きが悪く，大きな抵抗をもたらしたものと考えられる。これはカナダ式のオッターボード及びデプレッサーを装置した場合も同様で，重量160kg のオッターボードは沈んだまま展開せず，結局，船，網，オッターボード，デプレッサーが釣合つていない事が観察された。尚念のため旧北大型の網[1]をつけて曳航した場合は，オッターボードは次第に直立し，網は充分展開した。

（2） 第2次試験（昭和32年10月23日，1/10及び1/20模型試験）

ここに於て，網の抵抗を小さくすると共にオッターボード及びデプレッサーを大きくする事が考えられた。抵抗を小さくするために網を小さくする事は，漁獲能率を低下せしめる恐れがあるので，網の大きさはほぼそのままとし，その抵抗を小さくするために，アミラン糸を使用すると共に，その太さも出来るだけ細いものを使用した。一方これを適応すべきオッターボード及びデプレッサーの設計を急ぐ事になり，特に操業上の容易さと，網口附近に集る魚群を威嚇する事を防ぐために，カナダ式の如きD.F.型のオッターボードについて研究を進めることになり，機能，安定良好で展開力が前よりも大きく，且あまり大きな容積をとらぬ様な条件が要求された。デプレッサーについては，その有効面積を前よりやや大きくしたるものを採用したが，オッターボードについては各種の模型を作り還流水槽により試験した結果 Fig. 3 に示す如き複葉型オッターボードが極めて良好な性能を示す事がわかつた。そこで急ぎ網の模型につけて漁具としての性能を研究する事となり，網について1/10及び1/20模型網を，オッターボード及びデプレッサーについては1/10模型を作つた。その中1/10網の構造は次の如くである。

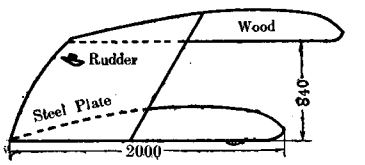


Fig. 3. Plane view of bi-plane type otter-board

アミラン210D　蛙又結節，不染3子24本12cm（4寸目），3子21本12cm（4寸目），9.7cm（3.2寸目）6cm（2寸目）又，オッターボードの構造は，クラークY翼板　10cm×20cm　2枚　水中重量100g，空中重量860g，木製で下縁に重錘として鋼板を取付け，その水中重量を略零にした。

一方デプレッサーの寸法は長さ15cm巾15cm水中重量280g，空中重量320gであつた。この中1/10網については，実物網と全く同じ糸を使つて網の大きさを1/10にしたのであるから，抵抗に関する限り近似的に実物網の1/100であると考えた。

10月23日函館港内に於て実施した1/10及び1/20模型網の試験の結果は，網成良好で，オッターボード及びデプレッサーの機能も充分であつて，満足すべき結果が得られたので，直ちに実物の製作にかかつた。函館の日新造船に於て作つたオッターボード及びデプレッサーは次の如くである。

複葉型オッターボード，全木製　取付金具及び錘の部分には鋼板を用い，翼板は2m×1m2枚，舵0.4m×1m　水中重量50kg　空中重量777kg　1/10模型の100倍の構造である。

デプレッサーは，鋼板ハート翼型に木材で整形したもので，翼巾1.5m　翼長1.5m　水中重量40kg　空中重量210kgで旧北大型のデプレッサー[1]をそのまま大きくしたものである。

（3） 第3次試験（昭和32年11月4日　複葉型オッターボード単独試験）

この中複葉型オッターボードのみ11月4日，漁安丸により単独試験を行つた。長さ15mのペナントワイアにより只1ヶ所で結びつけられたオッターボードは水中に投入された瞬間直立し，速度4節に於ても安定良好で動揺，振動なく，非常に良好な性能を示した。しかし乍ら空中重量が膨大になつたために，漁安丸の如き小型漁船にては船上に於ける取扱いの困難が予想されるという見方が強くなつた。一方これに対して製作された実物網は次の如きものである。（Fig. 4）

アミラン210D　蛙又結節　24本4寸目，21本3.2寸目，2.5寸目，33本2寸目，網丈43.4間（63.6m）網口10間（15m）4寸硝子球14個，ハットフロート4個，瀬戸沈子120個。

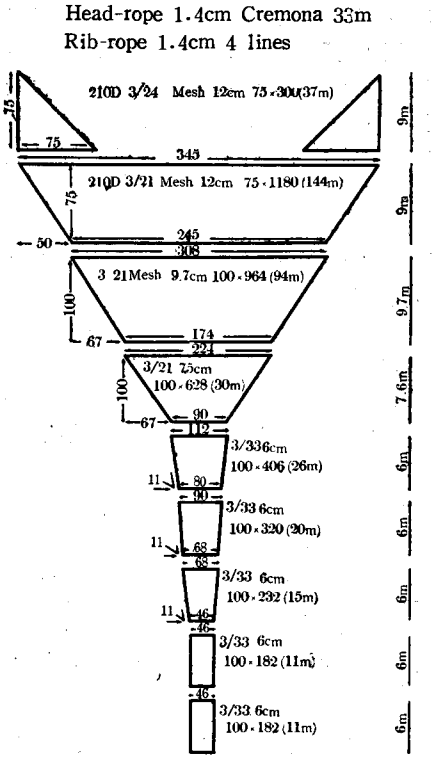


Fig. 4. Development of amilan mid-water trawl net

この網にこの複葉型オッターボード及びデプレッサーを取付けて試験を行えば恐らく良好な結果を得られると予想されたのであつたが，漁安丸による実際操業にあたつては冬期の日本海で波浪高く，且底曳漁業を主とし，中層トロールの実験はその余暇をみて行うため，この両漁具を操作，格納するには甲板が余りにもせまく，且重量物の搭載取付も極めて困難であつたために実験を行うことが出来ずに漁安丸はその翌日稚内に向けて出発した。

（4） 第4次試験 （昭和32年9月～10月稚内）

一方稚内に於ては漁期の切迫と共に漁具の早急な完成が要求された。そこで函館と平行して実験を進捗せしめる事となり，新に1/3の模型網，オッターボード，デプレッサー（この中オッターボードは全木製とした）を作製し，各種の実験を行つた。ここに1/3オッターボードの構造は，長さ1.176m，巾0.577m，クラークY翼形単葉板で，水中重量22kg，デプレッサーは有効面積0.27m²で水中重量約8kgである。

9月27日より10月末日迄はこの1/3模型網と，函館より移送した1/10模型網とについて，日魯漁業船月汐丸及び15曙丸とにより各種の実験を行つた。即ちV.D.式オッターボードについて10回，2艘曳試験6回，オッターボード及びデプレッサーの単独試験を5日間実施し，この規模に於ける網成り，その釣合等について検討を重ねた。尚この試験中は海上電気株式会社より携帯用魚群探知機（50KC）を借用し，網の深さ，網口の開度等を実測して資料の収集につとめた。尚この外に1/5模型網や網丈35m網（木綿網）等についても同様の試験を繰返した。以上の結果からV，D，式オッターボードを用いた方が効率が良効である如く観取された。

（5） 第5次試験（昭和32年11月～33年3月）

11月上旬稚内にアミラン実物網，複葉型オッターボード及び大型デプレッサーが到着したのであるが，前述の理由により，漁安丸による実際操業が困難視されたので，このオッターボードを解体して新に同寸法の単葉型V.D.式オッターボード（Fig. 5）を作製した。その構造は縦2m，高さ1mのクラークY翼型板で，材料には木材を使用し，重量軽減のため肉抜きし，下縁には鋼板をボルト付けして重心を下げ，水中に於て容易に直立し得る如くしたが，ブライドルや，吸水による重量増加があつて試験中水中重量は約30kgに増大した。

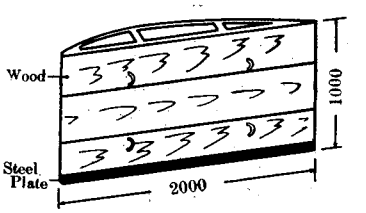


Fig. 5. Starboad V. D. type otter-board

11月10日よりこのアミラン網，V.D.式オッターボード，北大式デプレッサー（有効面積の0.8m²），1/3デプレッサー（有効面積約0.27m²）等を組合わせて漁業試験の準備は完了したのであるが，折柄底曳漁業の最盛期に入り，漁安丸は多忙となり，中層トロールの漁獲試験を実施する暇が少なかつたので，その間各種の模型網，小型網，オッターボード，デプレッサー等につき，夕汐丸及び第十五曙丸等により海上実験を実

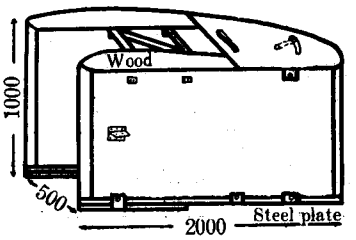
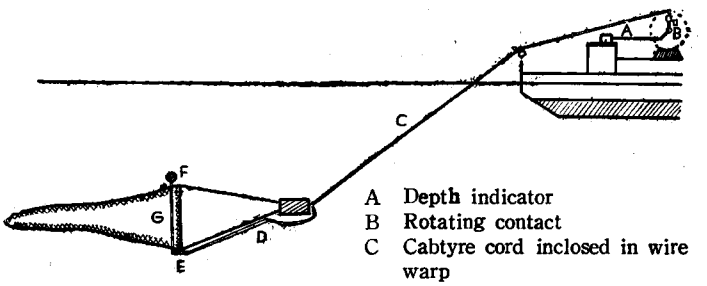


Fig. 6.　Bi-plane type otter-board (reconstruted)

施し資料の収集とその解析を行つた。その中には改良型複葉オッターボード（Fig. 6）も含まれている。また網口開度計（深度計兼用）をも使用して網口の開度や網の深さ等をも測定し得る如くした。その配置はFig. 7に示してある。ついで12月より3月までの間に数回漁獲試験を実施し，或程度の漁獲をあげる事が出来，関係者はこの種中層トロールの成功を確信し得るに到つたのであるが，アミラン網については時折の破網，吹かれのための纏絡等によつて尚改善の余地があり，また試験船の装備については更に大きな改善が望まれた。



A　Depth indicator
B　Rotating contact
C　Cabtyre cord inclosed in wire warp
D　Cabtyre cord
E　Electric pressure gauge
F　Air bag
G　Rubber tube

Fig. 7.　View of depth indicator (With net opening gauge) set on deck and net.

III　漁具構造の詳細

このたびの研究に於て昭和33年3月末までに最終的に到達した漁具の構造を詳述すれば次の如くであるが，これはその間に得られた各種の試験結果を検討し解析して得たものである。しかし漁具の構造や大きさは操業船の装備や大きさによつて非常に制限を受けるものであるから，むしろ操業船の装備を改善することにより，より大型且能率的な漁具が考案されていたかも知れぬ。

（1）　漁具（Fig. 8）

網は，網口正方形のパラシュート型で，四隅に三角形の小袖網を設け上下2本の手網（16mm ワイアロープ，上綱45m，下綱46.5m）によりオッターボード後部背面の上下2箇所に夫々の手綱をシャックルで取付ける。オッターボードは4本のブライドル及びその連結点から上下2本の手綱に到る遊び綱を介して16mmの曳綱（ワイアロープ）に連結される。曳綱は機関室の両側にある捲取ドラムを通り，甲板前方に設置された手廻しのリールに捲きとられる。下手綱と網との付根に13mm，長さ2mのワイアロープにてデプレッサーを吊下げ，更に網口拡大のため必要な時は網口下縁に1/2デプレッサーを1～2個吊下げた。このデプレッサーは網口の展開ばかりでなく，下向きの沈降力を生じ，網全体を沈める作用もする。網口の上方展開は200mm直径のハットフロート[2]を4個，及び120mm直径の硝子球浮子を取付けたが，静止時の浮力は約30kgである。また沈子綱には52gの瀬戸沈子を120個取付けたが，その綜合沈降力は約5kgである。一方北大型デプレッサー1個の沈降力は曳網速力3節で自重を含め約162kgである。又オッターボードの展開力は同様3節で180kgである。ワープは400mで，その片側ロープ内にはキャプタイアコードを封入してあり，電気深度計，網口開度計の導線として用いた。このワイア1m当りの重量は約0.96kgである。

（2）　漁法

投網に当つては，先ずオッターボードを船尾のダビットに吊下げておく。船を微速で前進させ乍ら，船尾より嚢，胴，袖の順序に投網し，網が水中に入ると共にデプレッサーのシャックルを下手綱にかけ滑らせて投入すれば，網口は上下に開くと共に次第に沈降する。更にリールをもどし乍ら手綱をのばし，遊び綱が，ダビットに吊下げたオッターボードのところまで来た時に，この上手綱をオッターボードの後部背面の取付

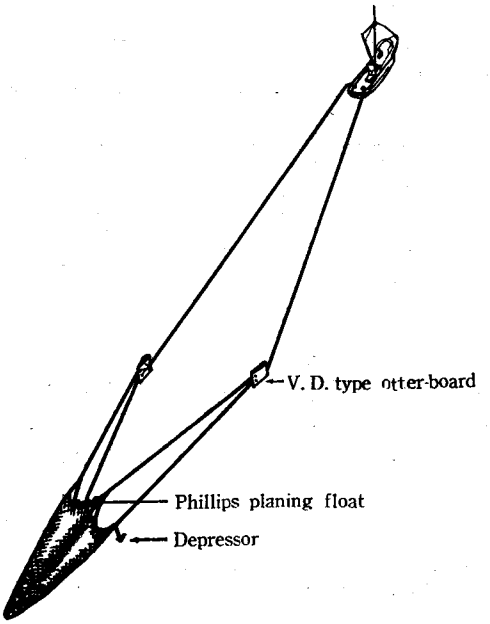


Fig. 8. View of fishing operation of mid-water trawl

ギングにて網をデプレッサーと共に甲板上にあげる。金具にシャックル止めをする。この位置で曳綱をゆるめて遊び綱の連結点と，オッターボードのブライドルの連結点とを結び，次にオッターボードをダビットより離せば，海中に入り，速度の増加と共に次第に左右に展開する。

電気深度計を網口下際に取付け，右舷のキャブタイアコード入りワイアの曳綱を通して船上にてメーターをみながら，曳綱の長さを調節する事により網口を必要深度に曳航する事が出来る。曳網速度は約3節を適当とする。

揚網の場合にはドラムでワープを捲上げると同時に手廻しリールでワイアロープを捲き取る。オッターボードまで捲き上げた時にブライドルの連結点をダビットに吊り止めし，ワープをゆるめてブライドルのシャックルを遊び綱の連結点より切り離せば，ワープと遊び綱は一本となり，オッターは後背面で2本の手綱に連結されたままとなる。次に更にこの手綱をオッターボードよりはずせば，オッターボードは全く切り離されてダビットに吊下る。手綱を更に捲きあげ，綱及びデプレッサーが見えればこれを舷側に廻し，舷門よりリ

IV 海上実験に於ける各種測定値

研究に際し各種の測定を行つたが，その資料の一部を掲げる。

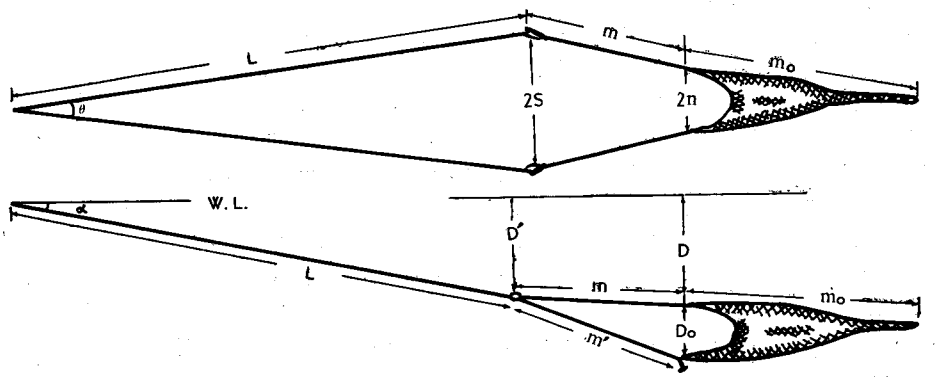


Fig. 9. View of practical fishing experiment (V.D. type)

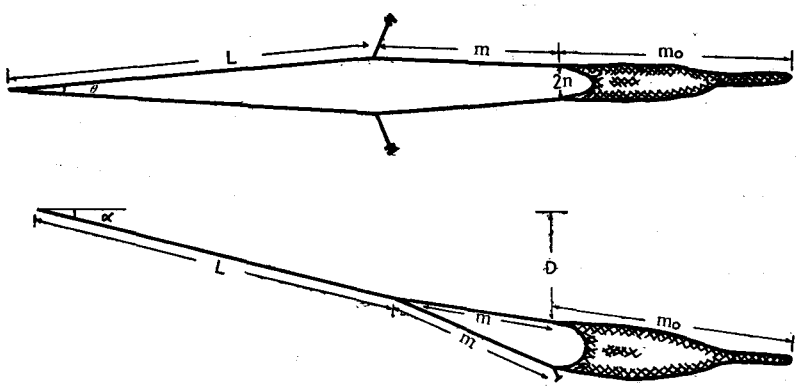


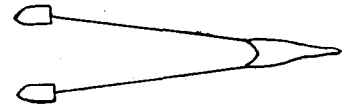
Fig. 10. View of practical fishing experiment (D.F. type)

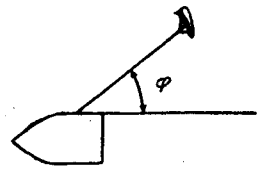
(1) $^1/_{10}$ 模型網に関する試験

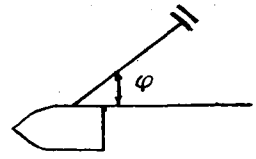
Table 1. 1/10 model experiments of mid-water trawl gear

Bi-plane otter-boards, two depressors					
Length of warp out	(m)	25	25	25	25
Towing speed	(knot)	2.5	3.0	4.5	4.9
Tension of warp	(kg)	34	65	90	97
Cross angle of warps	(θ°)	8	—	—	—
Wire angle	(α°)	11	—	—	—
$^1/_{20}$ model net, $^1/_{10}$ mono-plane V. D. type otter-boards, two depressors					
Length of warp out	(m)	10	10	10	
Towing speed	(knot)	2.5	3.0	4.5	
Tension of warp	(kg)	14.5	23	35	
Cross augle of warps	(θ°)	15	15	15	
Wire angle	(α°)	15	12.5	12.5	
Depressor only					
Towing speed	(knot)	1.9	2.6	3.0	
Tonsion of warp	(kg)	1.0 ~1.5	2.0 ~2.5	3.2	
Wire angle	(α°)	69	65	62	
Mono-plane V. D. type otter-boards, two depressors					
Length of warp out	(m)	15	15	15	30
Towing speed	(knot)	2.0	2.4	3.5	3.3
Tension of warp	(kg)	35	55	70	57
Cross angle of warps	(θ°)	9	12	11	8
Wire angle	(α°)	8.5	7	—	7.5

Two boats towing, two depressors						
Length of warp out	(m)	10	20	20	20	
Distance between two boats	(m)	5	5	5	5	
Towing speed	(knot)	1.6	1.7	2.0	3.1	
Tension of warp	(kg)	5	9	11	13	
Wire angle	(α°)	10	6	7	8	
Mono-plane U. D. type otter-board only						
Towing speed	(knot)	1.6	2.5	2.6	2.7	3.5
Tension of warp	(kg)	1.2	2.6	2.5	2.5	2.8
Dragging angle	(ϕ°)	45	43	45	—	35
Bi-plane D. F. type otter-board only						
Towing speed	(knot)	1.3	1.5	1.7	2.8	
Tension of warp	(kg)	1.5	2.0	2.0	4.5~5.0	
Dragging angle	(ϕ°)	72	60	75	68	



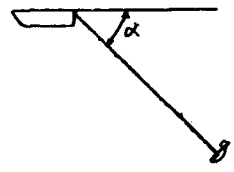


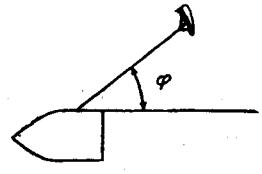


(2) 1/3 模型網に関する試験

Table 2. 1/3 model experiments of mid-water trawl gear

Depressor only					
Towing speed	(knot)	2.3	3.0	3.2	
Tension of warp	(kg)	60	50	60	
Wire ange	(α°)	38	27	—	
Mono-plane V. D. type otter-board only					
Towing speed	(kuot)	1.6	2.3	3.4	
Tension of warp	(kg)	—	130	240	
Draging angle	(ϕ°)	45	45	48	
Wire angle	(α°)	70	63	63	





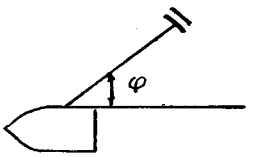
Two-boats towing					
Length of warp out	(m)	40	40	40	
Distance between two boats	(m)	20	22	20	
Towing speed	(knot)	1.6	2.0	2.4	
Tension of warp	(kg)	150 ~175	250	270	
Wire angle	(α°)	15	10	12	
Mono-plane V. D. type otter-boards, two depressors					
Length of warp out	(m)	20	20	20	
Towing speed	(knot)	1.1	1.9	2.3	
Tension of warp	(kg)	300	500	470	
Cross angle of warps	(θ°)	20	25	30	
Wire angle	(α°)	20	—	15	

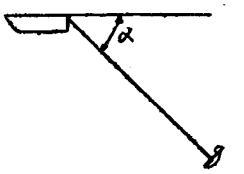
(3) 実物オッターボード及デプレッサーに関する試験

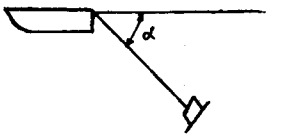
Table 3. Full scale otter-board and depressor experiments

Bi-plane D. F. type otter-board only						
Towing speed	(knot)	1.6	2.6	2.9	3.2	4.2
Tension of warp	(kg)	270	425	525	675	775
Dragging angle	(ϕ°)	60	55	50	60	55
Canada D. F. type otter-board only						
Towing speed	(knot)	2.0	2.4	4.0		
Tension of warp	(kg)	100	150	250		
Dragging angle	(ϕ°)	45	45	49		
Wire angle	(α°)	22	23	35		
Mono-plane V. D. type otter-board only						
Towing speed	(knot)	2.5				
Tension of warp	(kg)	270				
Dragging angle	(ϕ°)	55				

Bi-plane D. F. type otter-board (reconstruction) only								
Towing speed	(knot)	3	3.6	3.1	3.2	2.1	2.3	3.8
Tension of warp	(kg)	200	350	400	400	150	230	500
Dragging angle	(ϕ°)	63	63	63	63	63	63	63
Depressor only								
Towing speed	(knot)	1.5	2.7	3.8	1.5	2.1	3.4	3.6
Tension of warp	(kg)	50~100	100~150	250~400	50	90	150	175
Wire angle	(α°)	66	62	61	52	61	65	47
Canada type depressor only								
Towing speed	(knot)	1.4	2.1	3.6				
Tension of warp	(kg)	45	60	110				
Wire angle	(α°)	44	50	53				



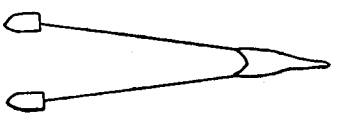




(4) 2艘曳試驗

Table 4. Two boats towing of full scale net with Canada type two depressors

Towing speed	(knot)	0.7	1.3	1.4	1.5	1.5	1.6
Tension of warp	(kg)	180	330	330	400	330	380
Distance between two boats	(m)	20	20	20	20	20	23
Cross angle of warps	(θ°)	5	7	8			7
Wire angle	(α°)	10	7.5	7	6	7	6
Mouth opening gauge	(μA)	58	47	57	47	45	47
Height of mouth	(m)	9.5	7.6	9.3	7.6	7.3	7.6



⑤ 漁 撈 試 験

Table 5. Fishing experiments

Date	Fishing rigion	L (m)	m (m)	m_0 (m)	2n (m)	2s (m)	$\theta°$	D (m)	m′ (m)	$\alpha°$	Speed (knot)	D′ (m)	Do (m)
3, Dec. 1957 10° 10′ A.M.	Amilan fiber net, V.D. type otter-boards' 1/1 dep. 2, 1/3 dep. 3												
	Lat 45°-35′N, Long 141°-40′E	50	45	63.6	10	20	20	16～19	46.5	18	2.0		
3, Dec. 1957 10° 25′ A.M.	Amilan fiber net, V.D. type otter-boards, 1/1 dep. 2, 1/3 dep. 2												
	Lat 45°-35′N, Long 141°-40′E	140	45	63.6	18	37	15	30	46.5	14	2.4		14
27, Dec. 1957 5° 40′ P.M.	Amilan fiber net. V.D. type otter-boards, 1/1 dep. 2, 1/3 dep. 2												
		300	45	63.6		31.5	6	100～105	49	18.5			
29, March 1958	Spun nylon net, V.D. type otter-doarbs, 1/1 dep. 2, 1/3 dep. 1												
		200	30	42	13	28	9	47	—	15	2.4	40	7
24, Dec. 1957 3°20′～5°40′P.M.	Amilan fiber net, D.F. bi-plane otter-boards (reconstructed), 1/1 dep. 1, 1/3 dep. 2												
		100	45	63.6	9	15.5	9	29	49	13	2.4		

Table 6. Amount of catch while fishing experiment

Date	Species	Catch
27, Dec. 1957	Atka mackerel	6
	Sculpin	3
28, Dec. 1957	Atka mackerel	300 kg
16, Mar. 1958	Alaska pollock	19 kg
27, Mar. 1958	Sole	20 kg
	Alaska pollock	6
2, Apr. 1958	Alaska pollock	20 kg
	Herring	6

V 測定値の解析

前項に述た如く，中層トロール漁具の構造を決定するまでに1/20，1/10，1/5，1/3，1/1等の漁具について多くの実験や測定を行つたものであるが，それらの測定値は海上実験の困難性や漁具の不安定性，曳航速度測定の不確実，漁具単独試験の場合と，これらを網に組合わせた場合の性能上の相異等によつてこれらの測定値は量的に必ずしも満足すべきものではなかつた。むしろ多くの実験を繰返す事によつて質的に漁具の選択が出来たとも言う事が出来る。そしてより正確な測定値を得るためには尚多くの測定器具，特に自動記録装置を使つて尚多くの実験を繰返す事が必要である。不充分ではあつたがこれまでに得られた測定値から次の様な解析値を求めた。

（1） デプレッサーの性能 (Table 7)

この結果から見て旧北大型デプレッサーの性能と，1/3模型の性能とはよく一致している。

（2） オッターボードの性能 (Table 8)

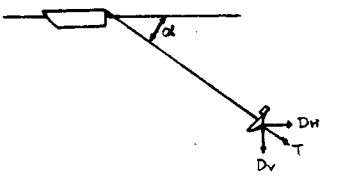
単葉型オッターボードの単独試験は，流れに対する迎え角を一定に保つ事が出来ず，これは必ずしも網に装着した状態をあらわしていない。

（3） 網の抵抗 (Table 9)

網の単独抵抗を測る事は非常に困難である。何故ならば，網にオッターボードやデプレッサーを装着した

Table 7. Performance of depressors

Depressor		Towing speed (knot) 1	2	3	4	Dimmension
1/1 model	T	0.6	1.5	3.1	6.2	15cm in length
	α	15	22	28	35	
	Dv	0.6	1.4	2.7	5.2	15cm in breadth
	DH	0.2	0.6	1.5	3.5	
1/3 model	T	11	30	62	123	8kg weight in
	α	27	27	27	27	
	Dv	9.8	27	56	112	water
	DH	5.6	15.2	31.5	65	
Full scale	T	30	90	180	310	35kg weight
	α	23	25	27	29	
	Dv	27.5	82	162	270	in water
	DH	12.2	38	82	150	
Canada type	T	40	60	90	130	15kg weight
	α	48	50	52	54	
	Dv	27	38	54	70	in water
	DH	30	46	72	106	



時と，しない時とでは網成りが全く異るからである。

（4） 網とオッターボード及びデプレッサーとの釣合

a）その水平方向について （Fig. 11）

網の抵抗	T_3	kg
曳綱にかかる張力	T_1	kg
手綱にかかる張力	T_2	kg（デプレッサーの抵抗を含む）
曳綱の展開角	θ_1	度
手綱の展開角	θ_2	度
オッターボードの間隔	2S	m
網口の開き	n	m
曳綱の長さ	l	m
手綱の長さ	m	m 45m
手綱の延長線上の網の長さ	m_0	m
オッターボードに加わる力	T_0	kg

とすれば

$$T_1 \cos\theta_1 - T_2 \cos\theta_2 = T_0 \cos\theta_0 = T_B \quad \cdots\cdots (1)$$

$$T_1 \sin\theta_1 + T_2 \sin\theta_2 = T_0 \sin\theta_0 = T_S \quad \cdots\cdots (2)$$

$$S = l \sin\theta_1 \quad \cdots\cdots (3)$$

$$2T_2 \cos\theta_2 = T_3 \quad \cdots\cdots (4)$$

$$n = S - m \sin\theta_2 \quad \cdots\cdots (5)$$

この式によつて計算した数値の1例をFig.11に併記した。

Table 8. Performance of otter-boards

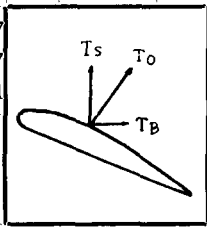
Otter-boards	Towing speed (knot)	experiment otter-board only								With net				Dimmension
		1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	
1/3 model	T_B	15	39	77	143					31	65	162	154	
	Ts	38	77	122	172					37	77	122	184	
	θ_o	68	68	56	50					50	50	50	50	
1/10 mono-plane V. D.	T_B	0.6	1.1	1.6	2.5	0.2	0.5	1.0	1.8	1.3	2.9	4.7	7.3	
	Ts	0.6	1.4	2.2	3.2	0.3	0.9	1.6	2.9	1.5	3.5	5.6	8.7	
	θ_o	45	51	54	51	59	59	59	59	50	50	50	50	
1/10 bi-plane D. F.	T_B	0.2	0.7	1.3	2.3	0.6	1.9	3.5	5.5	1.1	2.6	4.3	6.5	
	Ts	0.6	1.8	3.6	6.3	0.7	2.2	4.2	6.5	1.3	3.1	5.2	7.8	
	θ_o	70	70	70	70	50	50	50	50	50	50	50	50	
Full scale mono V. D. plane.	T_B		31	128	253	38	104	166	264		122			80kg weight in water
	Ts		64	158	306	56	125	198	306		230			
	θ_o		50	50	50	50	50	50	50					
Full seale, bi-plane, D. F.	T_B	82	170	273	391									50kg weight in water
	Ts	131	270	434	622									
	θ_o	55	55	55	55									
Full scale, Canada type, D. F.	T_B	11	29	55	90	21	45	69	97					160 kgweight in water
	Ts	11	29	55	103	21	45	69	77					
	θ_o	45	45	45	41	45	45	45	41					
Full scale, bi-plane (reconstructed) D. F.	T_B	27	72	165	270									0 kg weight in ater
	Ts	54	143	320	540									
	θ_o	63	63	63	63									

Table. 9. Reristance of nets

Towing velocity (knot)	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4
net	1/10 model				1/5 model				1/3 uet				1/1 net			
	measured from two boats towing test															
Resistance of net (kg)	9	18	30	50	193	494	980		258	456	792		156	1094	2060	
net	1/10 model net with mono-plane V.D. otter-boards				1/10 model net with bi-plane D.F. ottor-boards				1/3 net with V.D. otter-boards				1/1 net with U.D. otter-boards			
	measured from one boat towing test															
Resistance of net (kg)	11.2	24	40	57	12.2	17	28	40	150	298	452	616			2600	

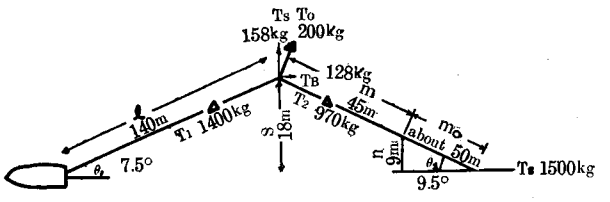


Fig. 11. Plane view of equilibrium of force acting on mid-water trawl

b) その鉛直方向について (Fig. 12)

網を上下に開く力は浮子と沈子及びデプレッサーにより，又漁具をその抵抗に抗勝つて沈める力は，網の重さ，沈子と浮子の差，デプレッサーの下向き沈降力，オッターボードの水中重量，手網及び曳綱の重量等である。今或る曳網速度に於て漁具にかかる全抵抗をR，上記の下向きの力をWなるベエクトルで表わせば，(曳綱の抵抗及び重量は，これをオッターボードにかかると考えて) 曳綱のとる方向は，曳綱が近似的に直線と考えれば

$$\tan\theta=\frac{W}{R}$$

で表わし得るから，網の深度はほぼ計算する事が出来るが，曳綱は必ずしも直線形でなく，又手綱にかかる力の分配やその方向も種々に変るから，鉛直方向の力の釣合いは簡単には求められない。

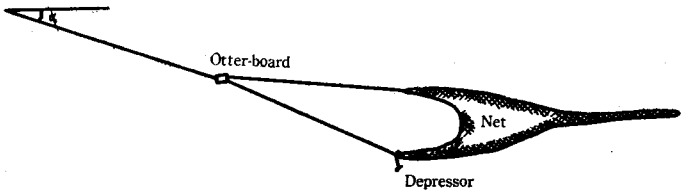


Fig. 12. Profile of mid-water trawl

VI 実験結果の検討

(1) 実験途上に於ける種々な故障

多くの海上実験がそうであるように，本実験に於てもしばしば天候に制約されて予定の進捗がはばまれたが，さらには必要な測定値を得るための適切な計測器の不足と故障が実験の非常な隘路となつた。特に曳綱速度（実験に際しては木片投入とログとを併用した）や曳綱張力（5 ton バネ秤を用いた）の測定には不便を感じ，しばしば測定値に疑問をいだかせる事さえ生じた。次にアミラン網の剛性が不足しているため，吹かれの現象によつて，浮子に纏絡したり，筋綱の捩りによるコットエンドの捩り，或は設計上縮結の一部不良による破網が記録にある通り生じた。アミラン網は中層トロール漁具の最も重要な網抵抗の減少という点に於てはすぐれていたが，吹かれを免かれるためには多少剛性を付与せねばならぬ。これは漁撈試験（5）にある如く，スパンナイロン網を用いれば免れ得たのであるが，スパンナイロンはそのけば立ちのため，相当の抵抗増加があるので，網の大きさを縮める必要がある。漁具の中ではオッターボードとデプレッサーの空中重量が大なる事は操業上非常に困難を感じた。これは操業船の大きさと装備によるものであるが，漁安丸は 83ton で甲板せまく，且底曳漁業を主目的としていたために，両漁具を搭載せねばならなかつた事，オッターボード吊下げ用のダビットを立てて，これにオッターボードを吊下げる作業に約1時間近くを要した事等で，操業上改善すべき点が漁具にも船にもあつた。ダビットについては後日舷側にオッターボード専用のガロースを設ける事により或程度解決したが，尚空中重量200kg 近いオッターボードの取扱いは不便である。電気開口度計（深度計兼用）は片側のワープにキャブタイヤコードを封入する事によつて，船からオッターボード迄は非常に便利に使用出来たが，手綱に沿わせるキャブタイアコードに，捩りがかかり，しばしば断線した。

(2) 中層トロール漁具の各種構造とその比較検討

a) 網の形と大きさ

一艘曳中層トロール網の形は，中層魚が網の上下左右いずれの方向にも平等に逃避する事から考えて，上

下左右対称の網口を持つことが望ましい。しかも材料が少なくて網口面積の最大の構造は円形であるが，手綱をつけ，且デプレッサーを下げるためには正方形パラシュート型が妥当であろう。

次に網口の大きさであるが，これは網の抵抗に比例するから操業船の大きさによつて制限を受ける。本研究に用いた網の抵抗は3節で約2.2tonであつた。従つてこれにオッターボードやデプレッサーをつけた場合には，3.0～4.0 tonの抵抗が生じ，必要馬力も

$$\frac{3000\times1.5}{75} \sim \frac{4000\times1.5}{75} = 60\sim80\text{HP}$$

程度に達するから，網口15m程度の漁具により操業するとすれば，120～200ton，300～500HP の操業船が必要となろう。操業船が小さい場合には網口を小さくする事が必要であるが，これは漁獲能率を著しく下げるから限度がある。曳航速度が3節以下であれば，網口は10m前後が一艘曳中層トロール網の最低限度になるのではなかろうか。

材料については，抵抗を減少せしめる上からはアミランが細くて強いので適当であるが前述の如く剛性不足であるから，例えば樹脂加工等で剛性が付与されればよい。或は無結節スパンナイロンなども考えられよう。

網糸の太さであるが，袖網附近の210D，4寸目は些か細きに過ぎ，強度不足が感ぜられた。もつとも網の仕立に多少難点があつて，袖の付根附近に集中応力が生じたようで，破網がこの点に多かつた。

目合については，漁獲対象によつて変わるが，本研究では，ニシンやホツケのささり易い2.5寸目をなるべく避けて，2寸目を多く採用した，カナダ式に於ては，4.2寸，3.8寸，3寸，1寸1分を多く用いている。目合は網の流通抵抗や，網内の流通速度に大きな影響がある。

網丈は，その長さの増加に比例するような抵抗増加は生じないので，長い方が網口よりの魚群の逃散少く有利である。

b）オッターボードの構造

中層トロール用オッターボードの特色は，それが海底の砂地を辷つて走る一般トロール用オッターボードと異り，水中を走る点にある。砂地を辷るオッターボードは砂が大きな抵抗となつて，流水抵抗による展開力以上の展開力を呈し且安定もよいが，水中を走る場合には安定性も展開力もより鋭敏に影響される。一般構造上からは，展開力が大きく，有害抵抗の小さい事が必要で，この点から翼型が選ばれる。次に展開力は面接に比例するから，網の抵抗に打勝つて網口を必要最大限度に広げるに必要な面積をもたなければならない。しかも後述する如く，網口を上下に開くためのデプレッサーの性能とも適応していなければならない。

水中に於て容易に直立するためには上部に浮力があり，下部には沈降力のある様な構造でなければならない。その上重心をなるべく下げ，安定性のある事が望ましい。但この点を余り強調しすぎると空中重量が増大して操業に困難を生ずる。オッターボードの水中重量があると，それが沈降力となつて漁具を沈めるのには都合がよいが，水中重量が残ると，オッターボードは投入と共に沈み，直立しないから，これを直立させて展開力をつけさせるまでに必要な速度が増大する。これらを多角的に考慮して作製しなければならぬ点に中層トロール用オッターボードの難しさがある。

c）V.D.式とD.F.式オッターボードの特徴と優劣

V.D.式オッターボードは曳綱と手綱との間にオッターボードを取付け，投網，揚網時には遊び綱を介して操業する事は前項に述べた如くであるが，この操作は中々厄介である。これに反してD.F.式のペナントロープにより曳綱より離れて独走する型のオッターボードは，シャックルによつて曳綱を滑らせて投入出来るし，揚げる場合にも，曳綱上を滑らせて任意の位置で揚げる事が出来る。従つて後者の方が前者よりはるかに操業が容易である。V.D.式は後背面2ケ所を手綱で強く引張られているので，オッターボードの流水に対する迎え角はブライドルで設定したままのほとんど一定に保たれるので，展開力は略速度の2乗に比例して増加し，且安定も良好である。また水中重量が残つていても網の抵抗によつて容易に引揚げられるので直立して展開力を生ずるまでの速度増加も，D.F.式に比して少ない。一方D.F.式は常に流れに対して適当な迎え角を与えておかねばならない。そのためには例えば舵の如きものが必要である。しかしこの舵それ

の自体大きな抵抗になるので，速度の変化に対して舵に生ずるモーメントの増加が，オッターボード全体の抵抗増加に追いつけなくて，迎え角が減少する。従つて展開力も減少する恐れがあるから，舵の面積割合，設計，工作等には特に注意が必要である。尚重心は出来るだけ下げて直立し易くする一方，水中重量はなるべく少なくして，船が停止時でも，オッターボードが水中に沈んで行くのを防ぐようにした方がよい。尚オッターボードが網口から遠く離れている事は，魚群を威嚇する事が少なく有利であるという事も考えられる。

d）デプレッサーの構造

デプレッサーはオッターボードと共に，網口を上下，左右に展開する為のものである。その上本研究の場合には浮子側との力の差によつて網をその抵抗に打勝つて沈める作用をかねせしめた。デプレッサーがオッターボードに比して沈降力が大きすぎれば，網口は縦にのびた形となり，デプレッサーが小さすぎれば，網口は横に開きすぎて扁平となる。即ちデプレッサーはオッターボードと相呼応して製作すべきもので，単独には考えられない。本研究に用いたデプレッサーは，その沈降力は速度3節に於てオッターボードの展開力に略匹敵し，特殊な形（ハート形翼板）を利用して速度の略1.7乗に比例して沈降力も増加する如くした。カナダ式のデプレッサーは鋼板構造で，下側手綱に固定されて常に大きな迎角を生ずる如くなつている。しかしその構造上性能は余り良くなく，沈降力も少ない。しかし，これはやはりオッターボードの性能と略適合している事は注目してよい。

e）手綱の長さについて

本研究の漁具構造では，網はオッターボードより下つているから，下側の手綱の長さを上側のそれよりも長くしなければ，網口は鉛直にならない。従つて実際に上手綱は45m，下手綱は46.5m（後で49mに増加）としたが，この釣合は実験によつて定める外ない。本研究でも当初網口の下側が前に出て網成りを損ねていることが分つたので49mに伸ばした。しかしこれも速度が変ると網の位置が上下して，上下の網口が前後する。これをさけるために上綱にスプリングを入れる事も考えられる。

（3） 操業上の問題

本研究に於ける本年の漁場は稚内を根拠とし，その方面の魚種を対象とし，時期も12月より3月までと一応の目標をおいた。即ち11月ホッケ，スケソ，12月ニシン，スケソ，1月小ホッケ，1月～3月スケソ，且夜間水深40m～70mに浮上する魚群をねらつたが，この期間中は，夕方2回，昼間3回の操業に止まり本格的操業は次年度に繰越した。中層トロール漁法としては，海底より10～15m附近に密集し，移動の少ない大魚群を短時間の曳網（15～20分）で漁獲することが望ましいのであつて，散在する小魚群を追つて長時間曳網する事は好ましくない。そこで，魚探によつて見出された魚群に，少しでも早く丁度その深度に網口を広げて曳網する事が必要である。それには投網が容易である事，網成りが安定するまでに時間を要しない事，深度計を見乍ら曳綱をのばして網をその深度にもつて行くのに時間を要しない事，揚網速度を速くなし得る事等の条件が必要であろう。これは漁具の水中に於けるInertiaの問題と考えられよう。これについては今後の研究に待たなければならないが，次年度の実際操業に際しては少くとも精度1～2%の簡単にして機能確実な深度計の完成が焦眉の問題であろう。

VII あ と が き

本研究は昭和32年度に於て，水産庁より補助金を与えられて実施したもので，ここに深甚の謝意を表す。又日魯漁業，北大水産学部の関係各位に対しても厚く御礼を申上げる次第である。

文 献

1) 小林喜一郎 (1956). 中層トロールに関する研究，北大水産彙報 7 (1), 21—30.
————・井上直一 (1958). 中層トロールに関する研究，同誌 9 (1), 59—65.
2) Barraclough W. E. (1955). Canadian mid-water herring trawl. *World Fish.* 4 (8,9,10,11).
3) Glanville A. (1956). The Larsen mid-water trawl. *FAO Fish. Bul.* 9 (3), 113—129.
4) Рыженко М.И. (1957). Лов сельди разноглубинным тралом. Рыбное Хозяйство (5) 14—18.
5) 高山重嶺・小山武夫 (1958). 中層トロールに関する研究，東海区水産研究報告 (19), 27—40.