

中層トロール網漁具開発研究

(指定調査研究総合助成事業)

山崎 繁・安達二郎・田中伸和

由木雄一・石田健次

本調査は日本海における未利用未確認の中層資源の実態を明らかにし、これの開発利用を計ることを目的とする。計画当初、極前線以北に分布するスケトウダラを対象魚種として考えを進めてきたが、ソ連・北朝鮮の200浬領海宣言のため、この計画は大きく変更せざるを得なくなった。このため200浬ライン以南に分布するすべての未確認魚種を漁獲するため、すなわち小型から大型までの魚類を漁獲すべく、網規模が大きく低速度で曳網する網と、網規模は小さくとも高速度で曳網できる網を基本に計5種類の網を試作し、調査を実施した。3ケ年の調査を通じ、中層トロール網漁具の物理的性状と漁撈技術および中層資源の分布と生態について若干の知見を得たのでここに報告する。

この調査の遂行にあたり、終始、ご指導、ご協力をいただいた東京水産大学・平山信夫教授、水産工学研究所・矢島信一郎長、小山武夫室長、新潟県水産試験場・荻部信二部長、建原敏彦研究員、ニチモウ株式会社に心から感謝する。また海上での作業、この報告とりまとめにおいてご協力いただいた浅中正祿、新崎陽一郎、野田勝延、浜野一次郎、波田野正勝、瀬山文雄、高尾忠夫、野津春美、江川賢一、新家浅夫、梢江哲夫、浜上伸夫、梢江重雄、幸場弘、中村忠俊、和泉孝一、中村初男、藤江大司、谷野一枝、川神訓代、和田美佐子、藤江英子、庄原勝子諸氏にあわせて感謝する。

I 漁 具

調査および調査方法

1. 調査期間、調査海域および使用船舶

昭和52年6月～昭和54年12月に調査を実施した。その海域は北緯34度50分，北緯39度，東経131度，東経134度30分の各点で結んだ線がかこまれた海域である。操業は試験船島根丸（船尾トローラー）を使用し，のべ103回，漁具測定は10回実施した（表1に島根丸主要寸法，付表に操業記録を示す）。

表1 島根丸主要寸法

全長 (m)	幅 (m)	深さ (m)	主機関型式	定格 出力 (PS)	定 格 回 転 数 (rpm)	総トン数	プロ ペラ 型式	トロールウインチ 容 量
34.6	6.5	2.8	MTU MB 820Bb-1 高速4サイ クルディー ゼル	770	1200	139.06	3翼 可変	油圧式 5T×60M/min (主ドラム) 8T×30M/min (センタードラム)

2. 使用トロール網漁具

使用トロール網はⅠ型網，Ⅱ型網，超大型低速網，改Ⅰ型網，大型網の5種類で図1～図5にその概略を示す。また図6にペンネント類とハンドロープの寸法および漁具構成の概略を，図7にオッターボードの構造を示す。

昭和52年度に用いた網はスケトウダラを対象としたⅠ型網と，サンマ二艘表層曳網を改造したⅡ型網である。昭和52年度の調査結果から中層トロール網で漁獲された魚種が体長4～25cmの遊泳力の小さな小型魚であることがわかったので，昭和53年度はそれの大量漁獲を目的とし，目合が小さく網規模の大きな超大型低速網と，Ⅰ型網の目合を小さく改造した改Ⅰ型網を用いた。昭和53年度の調査で改Ⅰ型網は好結果を示したが，超大型低速網は求めている曳網速度が得られず網成りが不良であった。そのため超大型低速網の網規模をやや小さくし，目合は大きく改造し，これを大型網として曳網速度の増大を計った。昭和54年度はこの大型網と昭和53年度に改造した改Ⅰ型網を併用した。

オッターボード，手網およびペンネント類はすべての網に対して同一のものを用いた。

3. 漁 具 測 定

各網の測定は海上の平穏なときを選び下記の7項目について実施した。またⅡ型網と超大型低速網の2種の網については，模型網（縮尺 $1/25$ ，速度比 $1/2$ ，張力比 $1/2500$ ）をニチモウ株式会社で試作し水槽実験をおこなった。

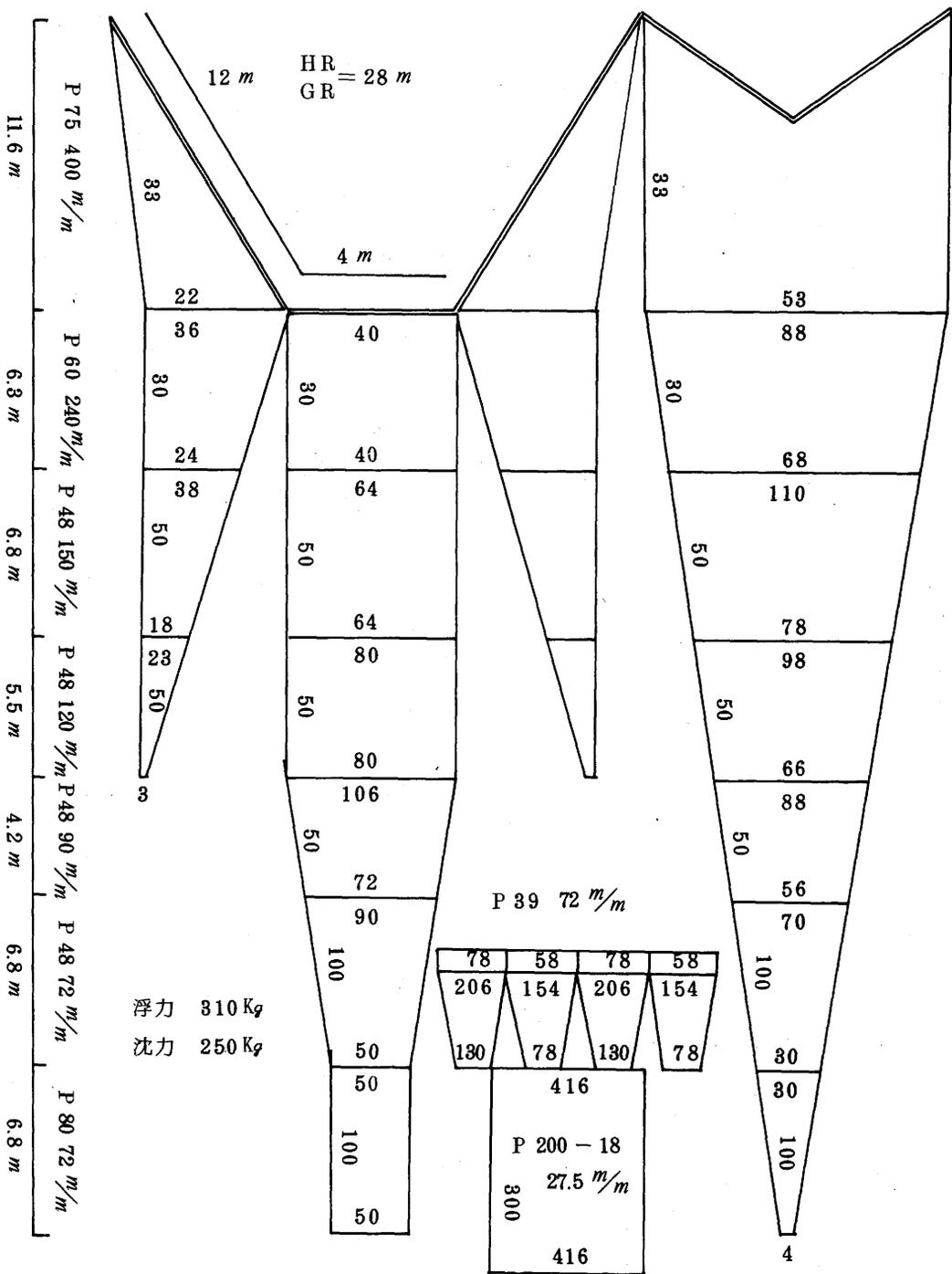


图 1 I 型 網

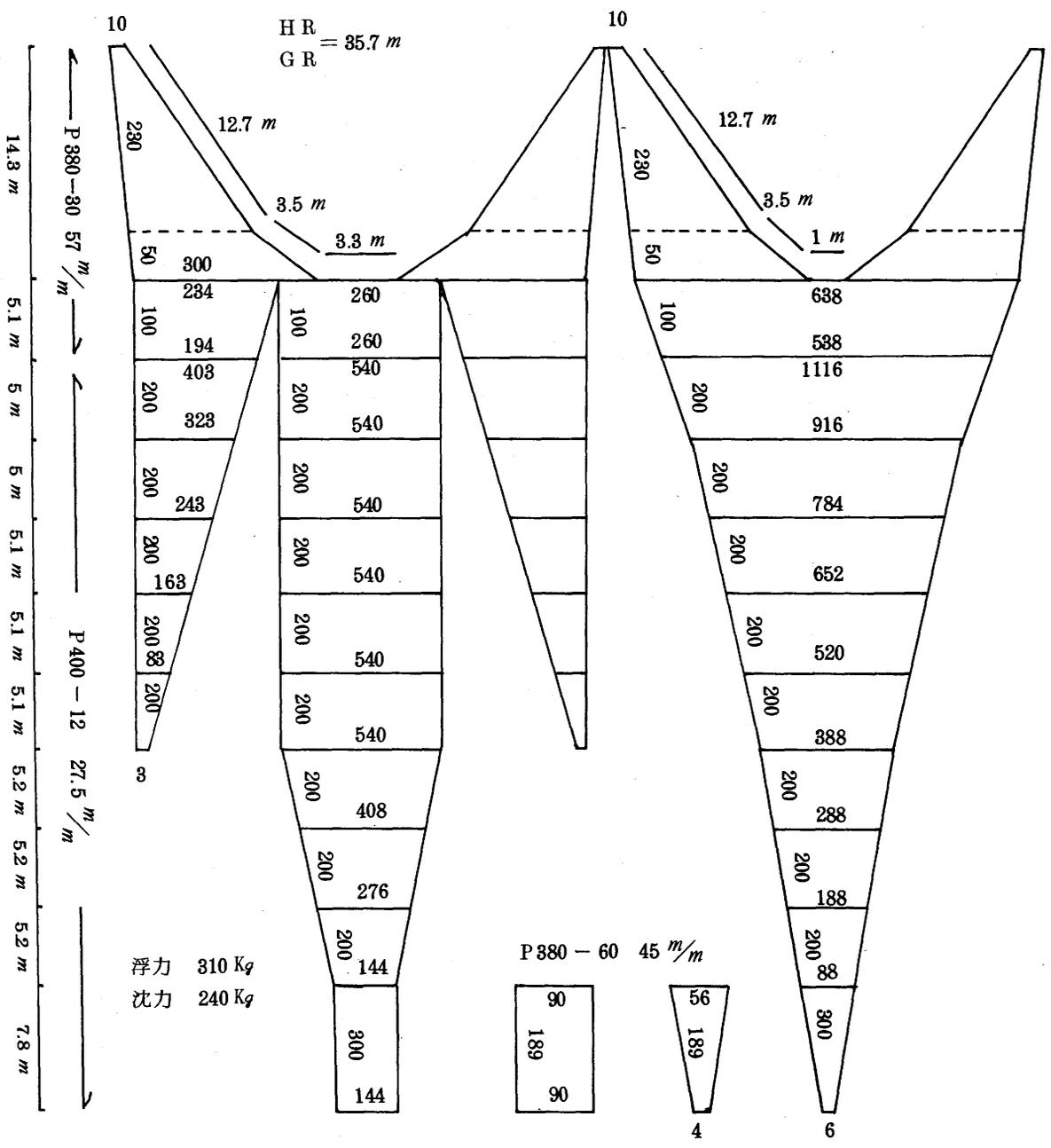


图 3 超大型低速网

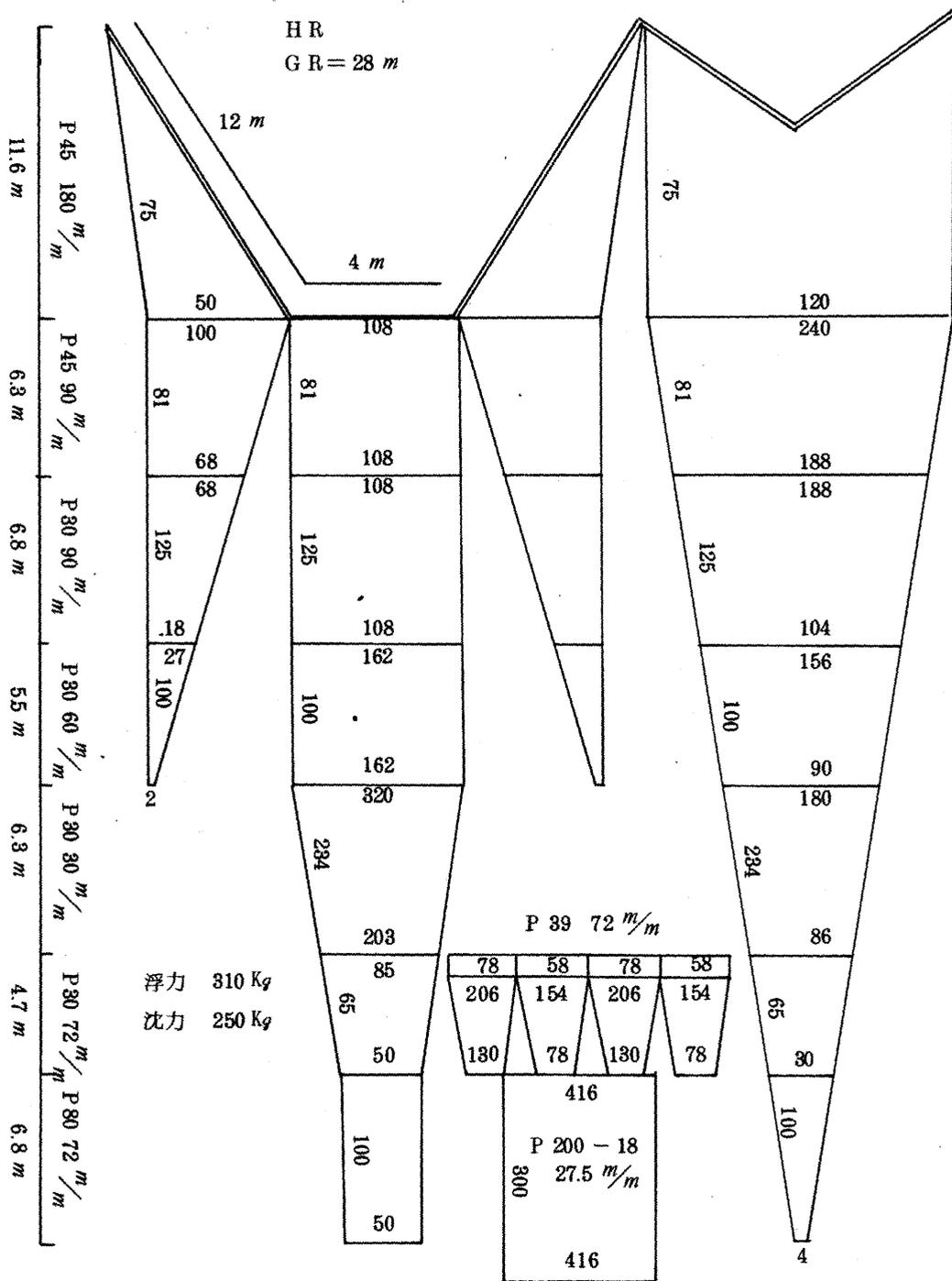


图 3 . 改 I 型 網

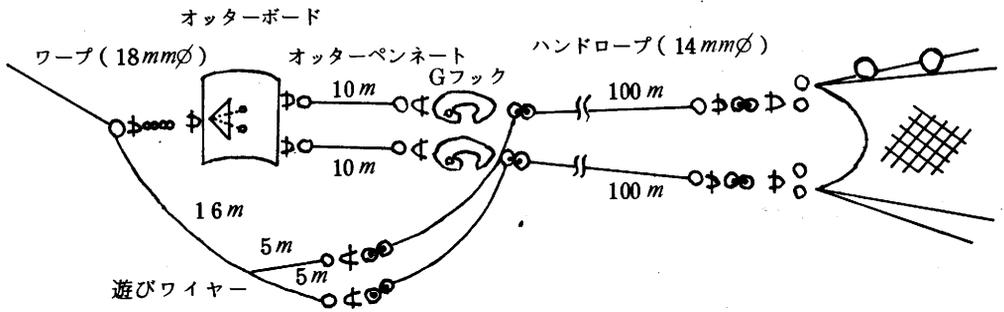
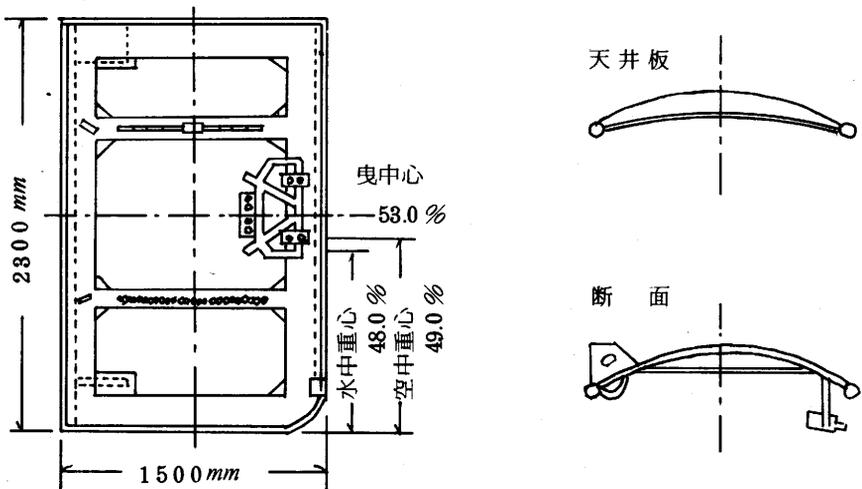


図 6 ペンネート類およびハンドロープの寸法



オッターボードの面積 345 m^2

水中重量 280 Kg

図 7 オッターボードの構造

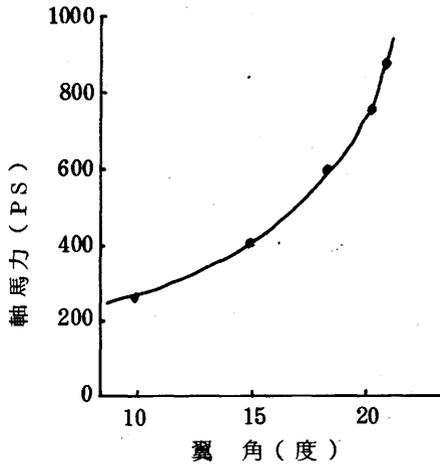


図8 翼角と軸馬力の関係

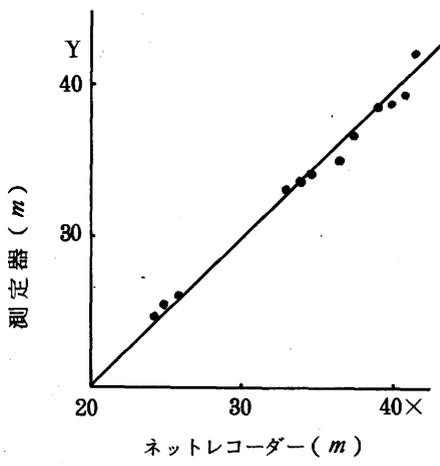


図9 二方法によるオッターボード
間隔測定値の比較

し、その値から推算した。しかし、この方法ではワープの開角が小さい場合の測定誤差が大きく、測定値にばらつきがみられたので次の二方法を試みた。すなわち、オッターボードにネットレコーダーの送波器をとりつけ、モニターの記録からその間隔を読みとった。また自作した測定器により、トップローラーから2 m先のワープの間隔(l_1)と、トップローラー部分のワープの間隔(l_2)を測定し、ワープの長さが l のとき、オッターボードの間隔(LOB)を、

$$LOB = \{ l (l_1 - l_2) / 2 \} + l_2 \text{ として推算した。}$$

○ 軸馬力
トローラー(島根丸)主機関の海上試運転成績結果から翼角と軸馬力の関係を求め(図8)、曳網時の翼角から軸馬力を推定した。

○ 曳網速度
ノットメーター(0~8 Knot目盛)を水面下約3 mに沈めその値を読みとった。この値は対水速度である。

○ 全張力
ワープの張力をロードセルで測定し、左右ワープの測定値の合計を全張力とした。

○ ワープの伏角
左右ワープの伏角を角測器で測定しその平均値を用いた。

○ 胴網口高さと同中央水深
ヘッドロープの中央にネットレコーダーの送波器をとりつけ、モニターの記録から胴網口高さと同ヘッドロープの中央部の水深を測定した。さらに胴網口高さの $1/2$ と同ヘッドロープ中央水深との和を網中央水深とした。

○ オッターボード間隔とワープの開角
オッターボードの間隔は、I型網、II型網についてはワープの開角を角測器で測定

このネットレコーダーと測定器の二方法によるオッターボードの間隔を比較したものが図9である。これをみると、ネットレコーダーによる値と測定器による値との関係は、ほぼ $Y = X$ の直線に近似している。したがって改I型網、超大型低速網、大型網のオッターボードの間隔およびワープの開角は、測定器の読みとり値とトップローラーの間隔から推算した値を用いてある。

○ 網軸先間隔

トロール網曳網時のワープ、手綱類をそれぞれ直線とみなし、手綱の延長線が網の中心線と、コードヘッド付近で交わるものとする。図10より左右袖網の先端の間隔(W)は、

$$W = LOB \cdot LN / (LH + LN) \dots\dots\dots (1) \text{ とあらわせる。}$$

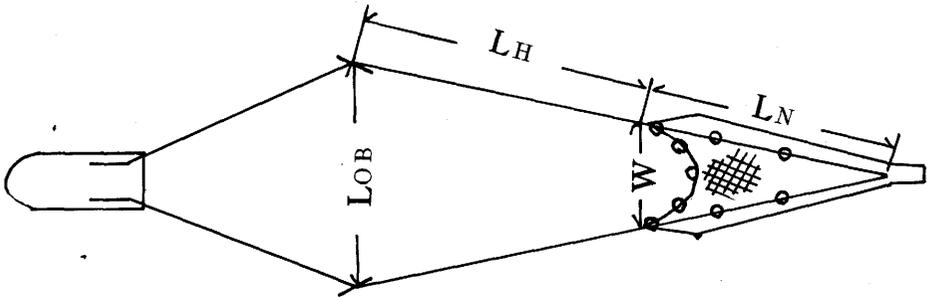


図10 曳網時の左右袖先間隔 W

前述の方法で求めたオッターボードの間隔を用いると(1)式から網袖先間隔が求められるが、これによる網袖先間隔と模型網の実験結果との間にはかなりの差がみられた(表2)。そこで袖網の先端にネットレコーダーの送波器をとりつけ、モニターの記録から網袖先間隔の測定を試みた(これを実測値とする)。この実測値と(1)式から求めた値との関係を図11に示す。これをみると、やはり両者の値にはかなりの差が認められるが、ほぼ

$$Y = 7.2 + 0.53 X \dots\dots\dots (2)$$

の直線で近似させることができる。網袖先間隔に実測値を測定して用いれば問題はないのであるが、そうすると網口高さの測定ができないため、また改善前の網の測定資料も利用するため、ここでは網袖先間隔として、(1)式から求めた値をさらに(2)式で補正して用いることにした。図12は網袖先間隔について(1)式から求めた値と、それを(2)式で補正した値とさらに模型実験の結果による値をそれぞれ比較したものである。

表2 網袖先間隔測定値（超大型低速網）

(1)式から求めた結果		
ワープ長 (m)	曳網速度 (Knot)	網袖先間隔 (m)
100	1.8	5.1
	2.1	5.3
	2.2	5.1
200	1.6	6.7
	1.9	6.3
	2.1	6.9
300	1.5	7.6
	1.7	8.4
	1.8	8.4
400	1.1	7.8
	1.3	8.6
	1.4	8.6

模型網測定結果		
ワープ長 (m)	曳網速度 (Knot)	網袖先間隔 (m)
100	1.5	7.4
	2.0	8.8
200	1.5	9.0
	2.0	10.3
	2.5	11.0
300	1.5	12.5
	2.0	12.5

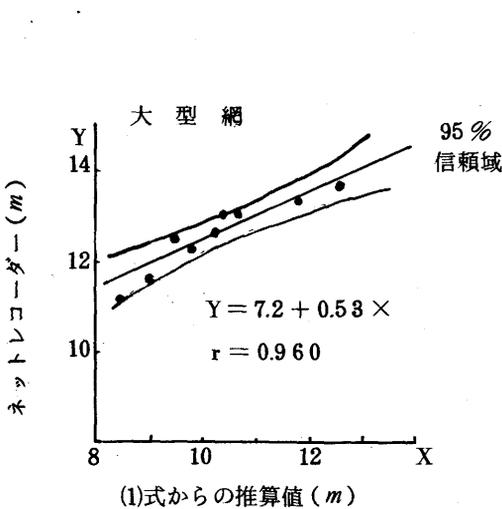


図11 二方法による網袖先間隔測定値の比較

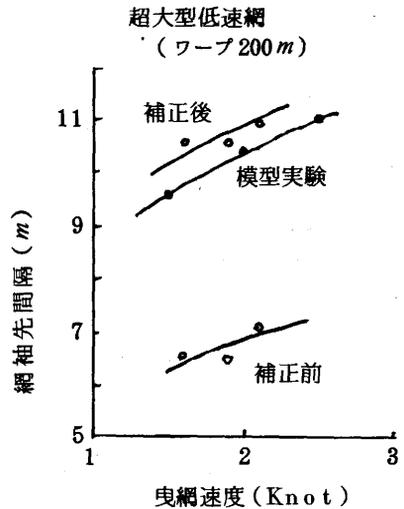


図12 網袖先間隔の補正前後の比較

考 察 お よ び 結 果

各中層トロール網漁具の測定結果を表3-a~3-cに示す。

表 3 - a 中層トロール網漁具測定結果

網	ワープ長 (m)	翼 角 (度)	曳網速度 (Knot)	全張力 (ton)	網 中 央 深 水 (m)	胴 網 口 高 さ (m)	オッターボ ード間隔 (m)	網 袖 先 間 隔	
I 型 網	100	14	4.0	4.9	37	10	42	13.2	
	150	10	3.0	3.9	52	11.5	38	12.7	
		12	3.5	4.2	51	10.5	51	14.5	
		14	3.9	4.7	45	10	56	15.3	
	200	10	2.7	3.5	66	11.5	42	13.3	
		12	3.3	4.6	55	10.5	32	11.8	
		14	3.8	5.4	32	9.5	35	12.3	
	250	10	2.7	4.0	78	11	56	15.3	
		12	3.1	4.5	55	10	60	15.9	
		14	3.6	5.6	40	9	60	15.9	
	300	10	2.7	3.8	100	11	51	14.5	
		12	3.0	4.3	85	10	66	16.8	
		14	3.6	5.2	55	9	72	17.6	
	350	12	3.6	3.7	120	10	47	14.0	
		14	3.9	4.1	90	9	65	16.6	
		16	4.3	4.5	64	8	65	16.6	
	400	12	3.8	4.0	110	10	60	15.8	
		14	4.3	4.9	85	9	66	16.8	
		16	4.6	5.2	84	8.5	67	16.8	
	II 型 網	100	10	3.0	2.8	17	6.0	21	10.0
		200	10	2.6	2.6	45	7.0	49	13.7
			12	3.5	3.0	30	7.0	56	14.7
			14	3.5	5.5	15	6.5	56	14.7
		300	10	2.5	2.7	80	6.8	51	14.0
12			3.0	2.9	63	6.5	56	14.7	
14			3.4	4.7	35	5.9	56	14.7	
400		10	2.3	2.3	133	6.8	60	15.1	
		12	3.0	3.6	93	6.2	56	14.7	
	14	3.5	4.8	59	5.7	60	15.1		

表 3 - b 中層トロール網漁具測定結果

網	ワープ長 (m)	翼 角 (度)	曳網速度 (knot)	全張力 (ton)	網 中 央 深 水 (m)	胴 網 口 高 高 (m)	オッターボ ード間隔 (m)	網 袖 先 間 隔 (m)
超 大 型 低 速 網	100	10	1.8	5.9	29	17	14.5	9.9
		12	2.1	7.3	25	16	14.7	9.9
		14	2.2	8.4	19	15	14.5	9.9
	200	10	1.6	6.0	62	16	18.8	10.8
		12	1.9	7.2	56	15	17.6	10.6
		14	2.1	8.6	48	15	19.6	10.9
	300	10	1.5	6.0	110	20	21.5	11.3
		12	1.7	7.6	96	19	23.6	11.7
		14	1.8	8.8	77	18	23.4	11.7
	400	10	1.1	6.4	145	20	21.8	11.4
		12	1.3	7.5	125	19	24.0	11.8
		14	1.4	8.7	104	18	24.0	11.8
改 I 型 網	100	10	2.3	5.4	37	18	23.6	10.7
		12	2.7	6.3	26.5	16.5	24.8	10.8
		14	3.0	7.7	17.5	15	27.4	11.2
	200	10	2.2	5.5	76.5	17	33.3	12.0
		12	2.6	6.9	60	15.8	34.8	12.4
		14	2.9	7.8	47.5	14.8	35.9	12.4
	300	10	2.1	5.5	117	16	36.2	12.5
		12	2.5	6.6	97.5	15	37.8	12.7
		14	2.9	7.8	79	14	39.8	13.0
	400	10	1.9	5.6	154	16	40.1	13.2
		12	2.5	6.2	127.5	15	41.0	13.2
		14	2.8	7.5	107	14	42.3	13.3

表 3 - c 中層トロール網漁具測定結果

網	ワープ長 (m)	翼 角 (度)	曳網速度 (knot)	全張力 (ton)	網中央 水深 (m)	胴網口 高さ (m)	オッターボ ード間隔 (m)	網袖先 間隔 (m)
大 型 網	100	10	2.0	5.6	35.5	19	19.3	10.4
		12	2.3	6.8	26	17	21.9	10.9
		14	2.5	7.9	19.5	16.8	22.2	10.9
	200	10	1.9	5.9	73	18	27.9	11.6
		12	2.3	6.9	56	16	28.6	12.0
		14	2.5	8.3	45	15.5	29.8	12.5
	300	10	1.7	5.9	112	18	31.0	12.3
		12	2.1	7.1	92	16	32.0	12.6
		14	2.4	8.4	73.5	14.5	32.9	13.0
	400	10	1.5	5.7	144	17.5	33.5	13.0
		12	1.8	6.9	122.5	15	37.5	13.5
		14	2.3	8.0	106	14	39.6	13.7
500	10	1.5	5.6	198.5	17	31.5	12.5	
	12	1.8	6.8	167.5	15	33.7	12.9	
	14	2.2	8.1	137	14	40.8	14.0	
600	14	2.1	8.1	169	13.5	46.8	15.0	

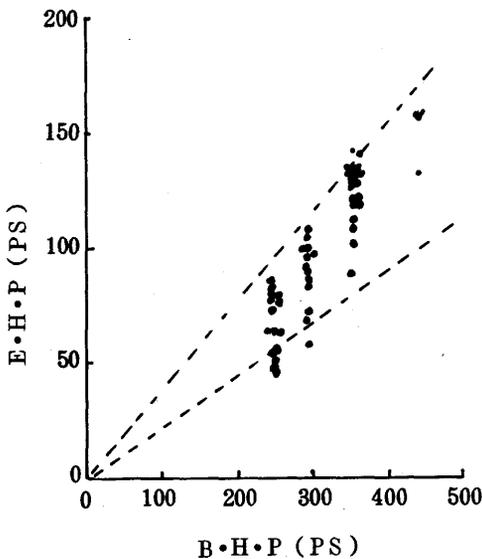


図 13 B・H・PとE・H・Pの関係

1. 軸馬力と曳網有効馬力、推進効率

漁具をある速度で曳網するために必要な馬力、これを曳網有効馬力 (E・H・P) とすると、これと曳網速度 (V m/sec)、漁具の全抵抗 (R' Kg) との関係は次のようにあらわせる。

$$E \cdot H \cdot P = \frac{R' V (Kg \cdot m / sec)}{75 (Kg \cdot m / sec)}$$

これより各曳網時における E・H・P を求め軸馬力 (B・H・P) との関係を見たものが図 13 である。これを見ると、値にかなりばらつきがみられるが軸馬力と曳網有効馬力は

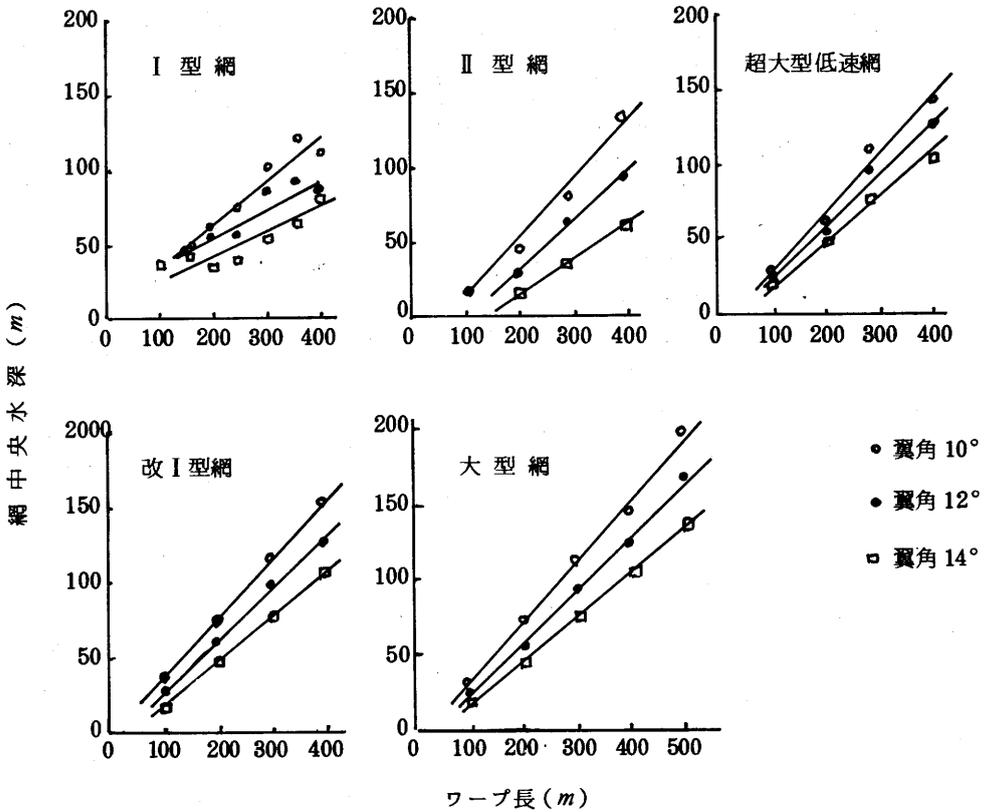


図 14 翼角，ワープ長に対する網中央水深

ほぼ比例関係にあるといえる。そして、その比例定数は0.25～0.35の値となっている。ここではE・H・Pの値に漁具の曳網力だけを考え、船体の抵抗馬力は含まれていない。したがって実際の推進効率はこの0.25～0.35の値よりやや大きくなることが予想される。

2. 網中央水深

操業時に網を所定の水深にもってゆくためには、ワープ長および翼角をどのように保てばよいかの問題になる。各網について、その関係をみたものが図14である。これによるとどの網も、その網中央水深はワープの延長にともなうほぼ直線的に大きくなっている。また翼角が大きいほど、すなわち曳網速度が大きいときほど網中央水深は小さくなっている。(このことから実際の操業時には、水深の大きな変化に対してはワープ長、小さい変化に対しては翼角をそれぞれ変化させて、網水深の調整をおこなった。)

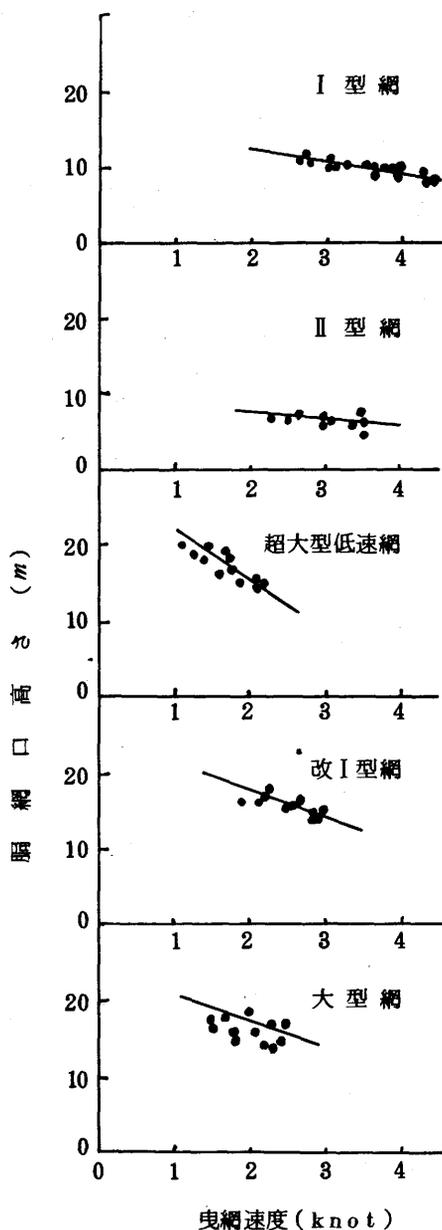


図 15 曳網速度と胴網口高さ

3. 胴網口高さ

図 15 に各網についての曳網速度に対する胴網口高さの関係を示す。トローラーの能力により、曳網速度の幅がどの網も 1.0～2.0 Knot しかなく、その前後の曳網速度に対する関係は未知であるが、測定速度範囲においては、胴網口高さは曳網速度の増大にともないほぼ直線的に減少していることがわかる。また、その減少傾向は、後述の網の抵抗と関係があり、抵抗の大きい網ほど、曳網速度の増大にともなって胴網口高さは急激に減少している。

4. オッターボード間隔

図 16 に各翼角、ワーブ長に対するオッターボード間隔の関係を示す。これをみると、I型網についてはその値にばらつきがみられるがその他の網については、オッターボード間隔はワーブの延長にともない対数曲線的に増加している。また同時に翼角の増大、すなわち曳網速度の増大にともなって、オッターボード間隔は大きくなっている。

5. 網袖先間隔

袖網先端の間隔をどの程度に保つことが望ましいかは、それぞれの網の目的および設計により異なるため一定の基準はないが、普通トロール網については網袖先間隔がヘッドロープの長さの 50～60% の値をとるとき漁獲がもっとも良好で、網の設計もほぼその程度の開きを基準とされているという。そこで

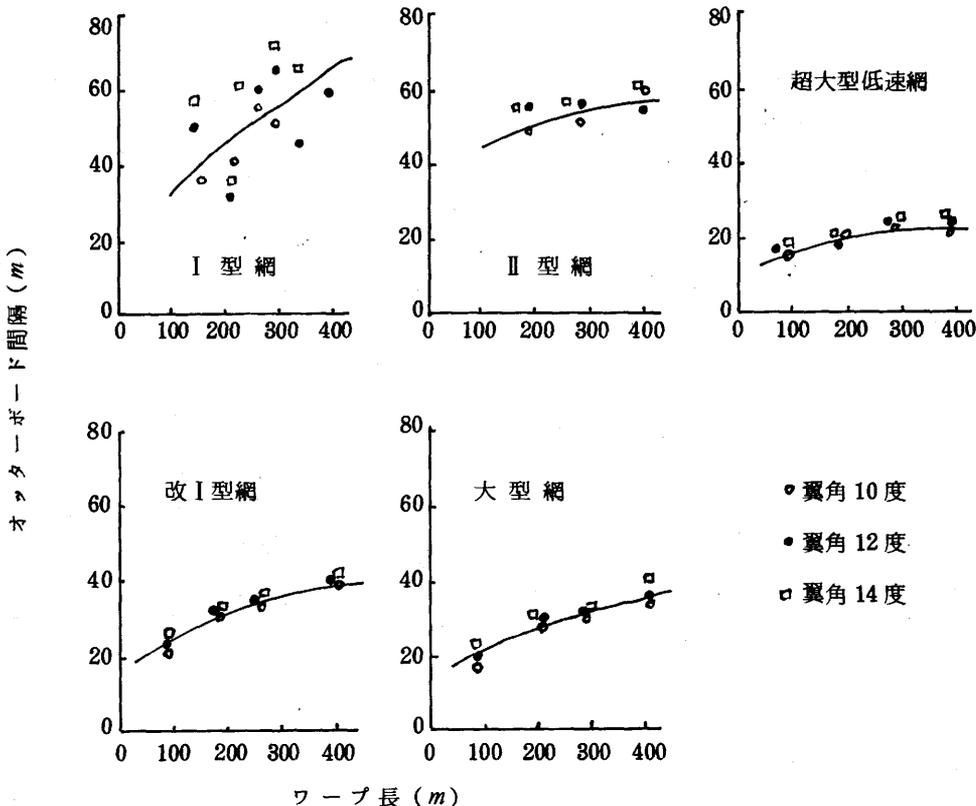


図 16 各翼角，ワープ長とオッターボード間隔

測定結果から各網について、ヘッドロープの長さに対する網袖先間隔の百分比を求めその関係を図 17 に示した。これを見ると、I型網は40～60%の値となっているが、他の網はほぼ40%前後の低い値となっている。これは後述のオッターボードの展開力が非常に小さいという結果からほぼ納得できる値である。すなわち、トローラーの能力以上の網抵抗のため曳網速度が得られず、オッターボードがその効力を十分に発揮していないことによるものと考えられる。ここでII型網の値が28～33%と特に低いものとなっているが、これは図2の網の概略からもわかるように他の網に比べ袖網が長く、その結果ヘッドロープが長くなっていることによるもので、この値をそのまま他の網と比較することはできない。いずれにしても袖網先端の開きが50～60%の値よりかなり低いものであることがわかった。これはもちろん網抵抗によるものであるが、同時に中層曳という特殊漁法のため、網の開きより高さを得ることに重点がおかれたためと考える。

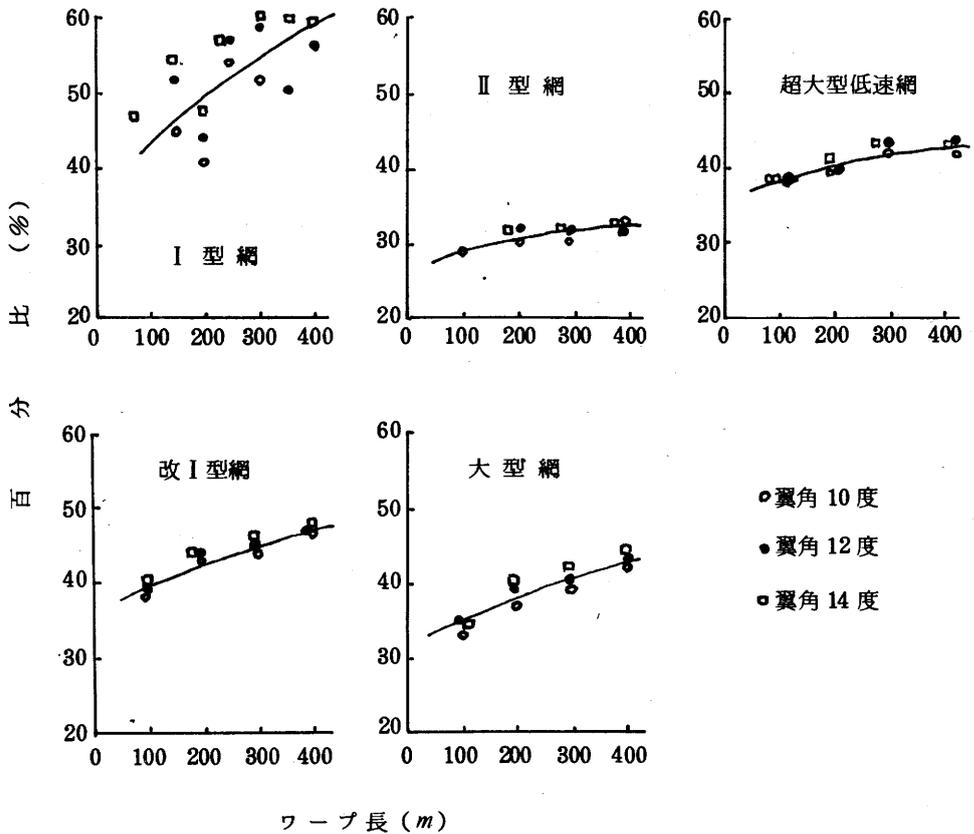


図 17 網袖先間隔のヘッドロープの長さに対する百分比

6. トロール漁具全抵抗

トロール漁具の全抵抗 R' は、全張力を T 、ワープの伏角を a とすると近似的に次のようにあらわされる。

$$R' = T \cos a$$

この式からトロール漁具の全抵抗を求めたものを表 4 に示し、さらに曳網速度との関係を図 18 に示す。これをみると、トロール漁具の全抵抗は曳網速度のほぼ 2 乗に比例しているといえる。

7. オッターボードの展開力

トロール網にかかる流水抵抗 R はトロール漁具の全抵抗 R' からワープ、手綱、オッターボードの流水抵抗およびオッターボードの水中重量による抵抗をそれぞれ差引いたものと考えられる。曳網時にワープ、手綱が直線をなしているとする、ワープ、手綱の流水抵抗 D_1 、 D_2 は次のように

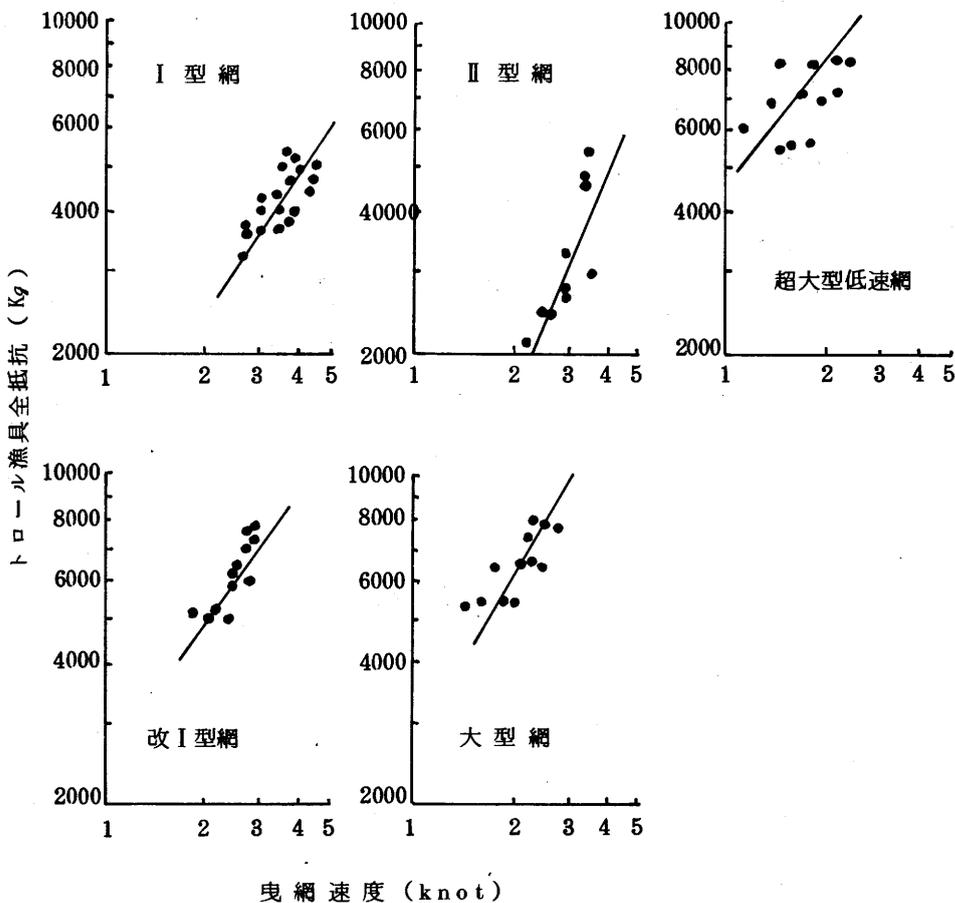


図 18 曳網速度とトロール漁具全抵抗

あらわせる。

$$D_1 = \frac{C_D'}{2} V^2 L \cdot d$$

$$D_2 = \frac{C_D'}{2} V^2 L_H \cdot d_H$$

但し、 ρ は海水の密度 ($105 \text{ Kg} \cdot \text{sec}^2/\text{m}^4$)、 V は曳網速度 (m/sec)、 L と L_H はそれぞれワープの長さ と 手綱の長さ (m)、 d と d_H はワープ と 手綱の直径 (m) とする。また C_D' は抵抗係数で D I E L の実験結果からワイヤーの傾斜角と抵抗係数の関係図 19 より求めた。

次にオッターボードの流水抵抗 D_0 は

$$D_0 = \frac{C_0}{2} V^2 S$$

とあらわせる。

表4 トロール漁具全抵抗, トロール漁具各部の抵抗およびオッターボード
展開力, 曳網濾水量

網	ワープ長 (m)	翼角 (度)	曳網速度		ワープ 伏角 (度)	ワープ 開角 (度)	漁具全抵抗 R' (Kg)	OB間隔 (m)	胴網口 高さ (m)	
			(knot)	(m/s)						
I 型 網	100	14	4.0	2.1	9.9	11.0	4827	42	10.0	
	150	10	3.0	1.54	22.5	6.6	3603	38	11.5	
		12	3.5	1.8	17.0	9.1	4016	51	10.5	
		14	3.9	2.0	12.5	10.0	4589	56	10.0	
	200	10	2.7	1.4	21.5	5.5	3256	42	11.5	
		12	3.3	1.7	19.0	4.0	4349	32	10.5	
		14	3.8	2.0	12.5	4.5	5272	35	9.5	
	250	10	2.7	1.4	21.0	6.0	3734	56	11.0	
		12	3.1	1.6	18.0	6.5	4280	60	10.0	
		14	3.6	1.9	14.0	6.5	5437	60	9.0	
	300	10	2.7	1.4	22.5	4.5	3511	51	11.0	
		12	3.0	1.4	20.5	6.0	4028	66	10.0	
		14	3.6	1.9	14.0	6.5	5046	72	9.0	
	350	12	3.6	1.9	20.1	3.5	3475	47	10.0	
		14	3.9	2.0	17.5	5.0	3910	65	9.0	
		16	4.3	2.3	13.5	5.0	4376	65	8.0	
	400	12	3.8	2.0	19.9	4.0	3761	60	10.0	
		14	4.3	2.2	16.5	4.5	4698	66	9.0	
		16	4.6	2.4	15.0	4.5	5023	67	8.5	
	II 型 網	100	10	3.0	1.5	14.5	4.9	2711	21	6.0
		200	10	2.6	1.3	17.0	6.5	2486	49	7.0
			12	3.5	1.8	12.5	7.5	2929	56	7.0
			14	3.5	1.8	9.5	7.5	5425	56	6.5
		300	10	2.5	1.3	19.0	4.5	2553	51	6.8
12			3.0	1.5	15.5	5.0	2795	56	6.5	
14			3.4	1.8	11.0	5.0	4614	56	5.9	
400		10	2.3	1.2	22.0	4.0	2133	60	6.8	
		12	3.0	1.5	17.0	3.7	3443	56	6.2	
	14	3.5	1.8	13.0	4.0	4677	60	5.7		

胴網口 横間隔 (m)	β (度)	ワープ 抵抗 $2D_1$ (Kg)	手網抵抗 $4D_2$ (Kg)	OB流水 抵抗 $2D_0$ (Kg)	OB自重に よる抵抗 $2D$ (Kg)	トロール網 抵抗 R (Kg)	OB展 開力 L (Kg)	曳網濾 過水量 (m^3/S)
10.2	7.5	38	68	559	95	4067	735	168
10.0	6.6	80	28	301	198	2996	398	139
10.7	9.6	74	44	411	157	3350	612	159
11.0	10.7	62	58	507	118	3844	771	173
10.3	7.5	82	22	249	191	2712	346	130
9.7	5.3	100	30	366	172	3681	331	136
9.9	5.9	84	44	507	118	4519	446	148
11.0	10.7	100	22	249	187	3176	509	133
11.2	11.6	104	30	325	165	3656	630	141
11.2	11.6	106	42	458	131	4700	800	150
10.7	9.6	134	22	249	198	2908	345	129
11.6	12.9	132	25	285	184	3402	614	137
11.9	14.3	126	42	458	131	4289	747	160
10.5	8.6	238	37	468	181	2561	307	157
11.5	12.7	216	45	507	161	2981	515	163
11.5	12.7	206	60	671	127	3312	569	166
11.2	11.6	302	41	507	179	2732	420	176
11.6	12.9	274	53	614	152	3605	605	180
11.6	13.2	292	63	730	140	3798	650	186
8.0	3.2	28	25	285	136	2237	182	57
7.3	9.2	50	20	214	157	2045	313	52
7.2	10.8	68	40	411	118	2292	415	71
7.2	10.8	54	40	411	92	4828	820	66
7.3	9.7	88	19	214	172	2060	282	51
7.2	10.8	90	25	285	144	2251	341	55
7.2	10.8	88	37	411	105	3973	584	60
6.9	11.8	126	15	183	195	1614	249	44
7.2	10.8	134	23	285	156	2845	388	53
6.9	11.8	140	34	411	123	3969	582	56

網	ワープ長 (m)	翼角 (度)	曳網速度		ワープ 伏角 (度)	ワープ 開角 (度)	漁具全抵抗 R' (Kg)	OB間隔 (m)	胴網口 高さ (m)
			(knot)	(m/s)					
超大型低速網	100	10	1.8	0.9	13.8	3.1	5730	14.5	17.0
		12	2.1	1.1	12.0	3.1	7140	14.7	16.0
		14	2.2	1.1	8.0	3.1	8318	14.7	15.0
	200	10	1.6	0.8	17.3	2.2	5729	18.8	16.0
		12	1.9	1.0	15.0	2.0	6955	17.6	15.0
		14	2.1	1.1	11.0	2.3	8442	19.6	15.0
	300	10	1.5	0.8	19.0	1.5	5673	21.5	20.0
		12	1.7	0.9	17.3	1.9	7256	23.6	19.0
		14	1.8	0.9	14.5	1.9	8520	23.4	18.0
	400	10	1.1	0.6	20.5	1.3	5995	21.8	20.0
		12	1.3	0.7	18.5	1.5	7112	24.0	19.0
		14	1.4	0.7	14.5	1.5	8423	24.0	18.0
改型網	100	10	2.3	1.2	20.5	5.7	5058	23.6	18.0
		12	2.7	1.4	16.0	6.0	6056	24.8	16.5
		14	3.0	1.5	12.0	6.8	7532	27.4	15.0
	200	10	2.2	1.1	22.0	4.2	5100	33.3	17.0
		12	2.6	1.3	17.3	4.5	6588	34.8	15.8
		14	2.9	1.5	13.5	4.6	7584	35.9	14.8
	300	10	2.1	1.1	22.3	3.1	5089	36.2	16.0
		12	2.5	1.3	19.3	3.3	6229	37.8	15.0
		14	2.9	1.5	15.3	3.4	7524	39.8	14.0
	400	10	1.9	1.0	23.0	2.6	5155	40.1	16.0
		12	2.5	1.3	20.3	2.7	5815	41.0	15.0
		14	2.8	1.4	18.5	2.8	7112	42.3	14.0
大型網	100	10	2.0	1.0	19.5	4.5	5279	19.3	19.0
		12	2.3	1.2	16.0	5.2	6537	21.9	17.0
		14	2.5	1.3	13.5	5.3	7682	22.2	16.8
	200	10	1.9	1.0	22.0	3.5	5470	27.9	18.0
		12	2.3	1.2	17.25	3.6	6590	28.6	16.0
		14	2.5	1.3	14.5	3.7	8036	29.8	15.5
	300	10	1.7	0.9	23.5	2.6	5411	31.0	18.0
		12	2.1	1.1	18.7	2.7	6725	32.0	16.0
		14	2.4	1.2	16.0	2.8	8075	32.9	14.5
	400	10	1.5	0.8	24.5	2.1	5187	33.5	17.5
		12	1.8	0.9	20.5	2.4	6463	37.5	15.0
		14	2.3	1.2	16.7	2.6	7663	39.6	14.0

胴網口 横間隔 (m)	β (度)	ワープ 抵抗 $2D_1$ (Kg)	手網抵抗 $4D_2$ (Kg)	OB流水 抵抗 $2D_0$ (Kg)	OB自重に よる抵抗 $2D$ (Kg)	トロール網 抵抗 R (Kg)	OB展力 開 L (Kg)	曳網濾 過水量 (m^3/S)
9.3	1.2	10	8	103	130	5479	217	112
9.3	1.3	12	13	153	114	6848	275	129
9.3	1.3	10	13	153	77	8065	319	121
9.8	2.1	21	6	81	159	5462	215	99
9.7	1.8	25	10	127	140	6653	230	114
9.8	2.3	23	12	153	105	8119	336	127
10.0	2.7	32	6	81	172	5380	206	126
10.2	3.1	36	8	103	159	6950	314	137
10.2	3.0	33	8	103	136	8240	263	130
10.0	2.7	26	4	46	184	5735	208	94
10.2	3.2	31	5	62	169	6895	290	107
10.2	3.2	26	5	62	136	8194	343	101
9.3	3.4	28	16	183	184	4647	406	158
9.3	3.6	27	22	249	148	5610	506	169
9.5	4.2	25	27	285	114	7081	716	168
9.8	5.6	56	12	153	195	4684	431	144
10.0	5.8	56	18	214	159	6141	583	161
10.0	6.1	52	11	285	127	7109	693	174
10.0	6.2	77	10	153	197	4652	401	138
10.1	6.6	90	17	214	175	5733	522	155
10.2	7.0	84	23	285	143	6989	661	168
10.3	7.0	91	10	127	201	4726	417	129
10.3	7.3	130	17	214	182	5272	484	158
10.3	7.6	143	20	249	169	6531	619	159
9.4	2.3	18	11	127	176	4947	319	140
9.7	2.9	20	16	183	148	6170	465	155
9.6	2.9	19	19	214	127	7303	550	165
9.7	4.2	44	10	127	195	5094	367	137
10.1	4.3	44	15	183	156	6192	450	152
10.5	4.5	41	17	214	136	7628	568	166
10.2	4.9	60	8	103	205	5035	350	130
10.5	5.1	62	12	153	170	6328	450	145
10.7	5.2	59	14	183	148	7927	566	146
10.7	5.3	69	6	81	211	4820	328	118
10.8	6.3	64	8	103	184	6104	482	115
10.8	6.8	83	14	183	154	7169	609	143

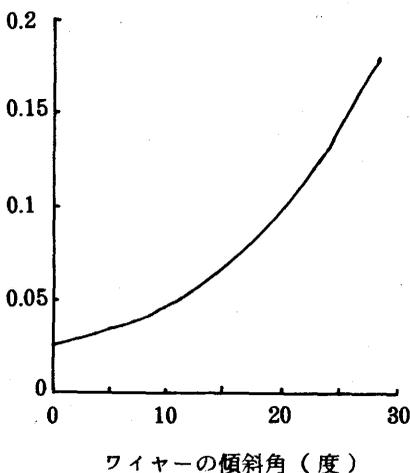


図 19 ワイヤーの抵抗係数 (DIEL)

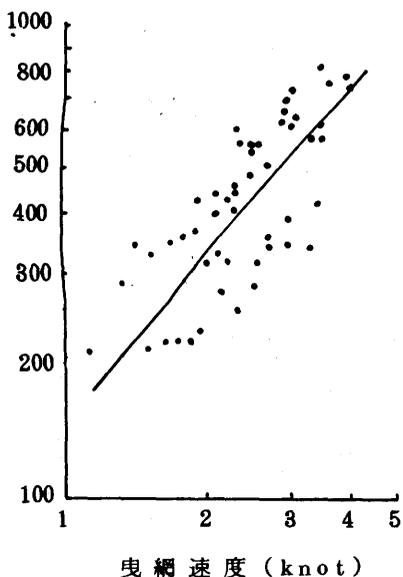


図 20 曳網速度とオッターボード展開力

但し は海水の密度 ($105 \text{ Kg} \cdot \text{sec}^2 / \text{m}^4$)
 V は曳網速度 (m / sec), S はオッターボードの面積 (m^2), CD はオッターボードの抵抗係数で、その値はオッターボードが展開力最大迎角のとき、縦型で $0.3 \sim 0.4$ で、ここでは 0.35 の値を用いた。またオッターボードの自重によってワープに負荷される力の R' 方向の分力 D は、ワープの伏角を a (度), オッターボードの水中重量を G (Kg) とすると次のようにあらわせる。

$$D = G \sin a \cdot \cos a$$

以上からトロール網以外の漁具の各部の抵抗を求め、トロール漁具全抵抗からそれを差引いてトロール網の流水抵抗 R を求めた (表 4)。

次に左右ワープの開角の $1/2$ を θ , 手網の延長線が網の中心線となす角を β , 全張力を T , 全述のトロール網の抵抗を R とすると、1枚のオッターボードの展開力 L は次のようにあらわせる。

$$L = \frac{T}{2} \sin \theta + \frac{R}{2} \tan \beta$$

この式から求めたオッターボードの展開力を表 4 に示し、図 20 に曳網速度との関係を示す。これをみるとオッターボードの展開力は曳網速度のはほぼ 2 乗に比例していることがわかる。次に表 4 からこのオッターボードの展開力 L とトロール網の抵抗 R の比 L/R をみると、I 型網が $0.09 \sim 0.208$ (平均 0.157), II 型網が $0.081 \sim 0.181$ (平均 0.162), 超大型低速網が $0.035 \sim 0.045$ (平均 0.040) 改 I 型網が $0.087 \sim 0.101$ (平均 0.092)

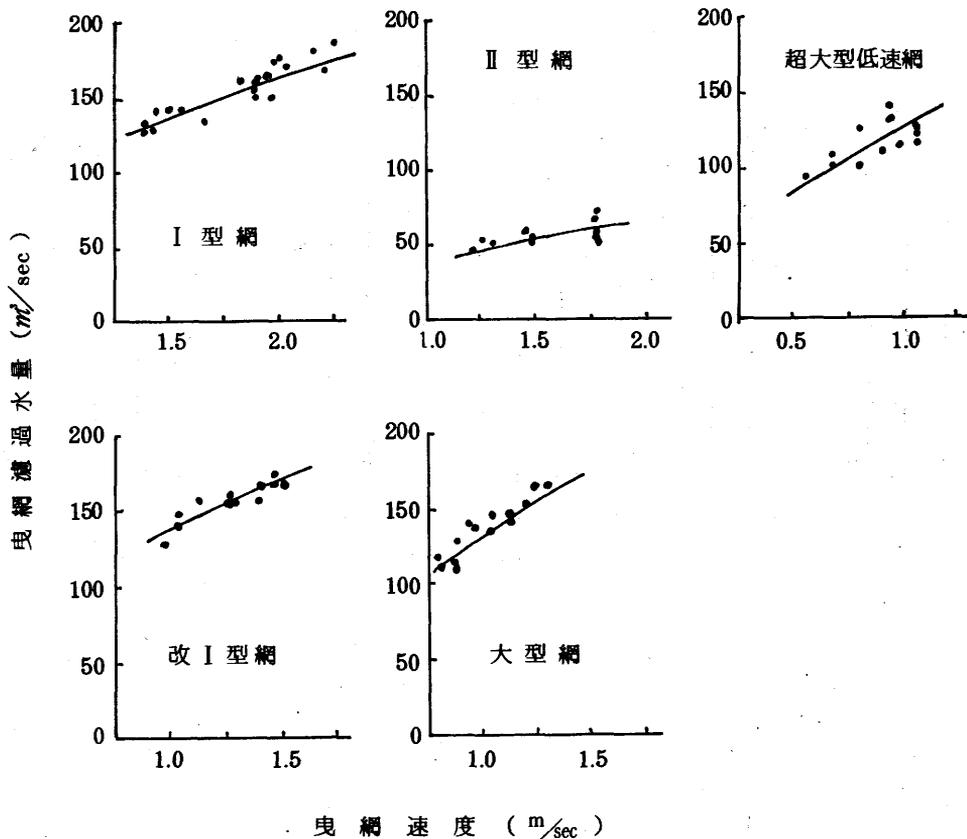


図 21 曳網濾過水量

大型網が0.065~0.085(平均0.074)となっている。小山は1枚のオッターボードの展開力は、トロール網の抵抗の約0.18~0.2倍になるように設計するのが網成りの上からは望ましいとしている。こうしてみると、I型網とII型網以外の網はオッターボードの展開力を考えるといずれも網抵抗が大きすぎるということになる。超大型低速網の場合は特にその傾向が著しいといえる。

8. 曳網 過水量

胴網口断面を、網口中央高さ $2a$ (m) と網口横間隔 $2b$ (m) を径とする楕円形と考えると、胴網口断面積 S (m²) は

$$S = \pi ab \quad \text{となる。}$$

さらに曳網濾過水量(ここでいう濾過水量は曳網時の胴網口断面積に曳網速度をかけたものである)

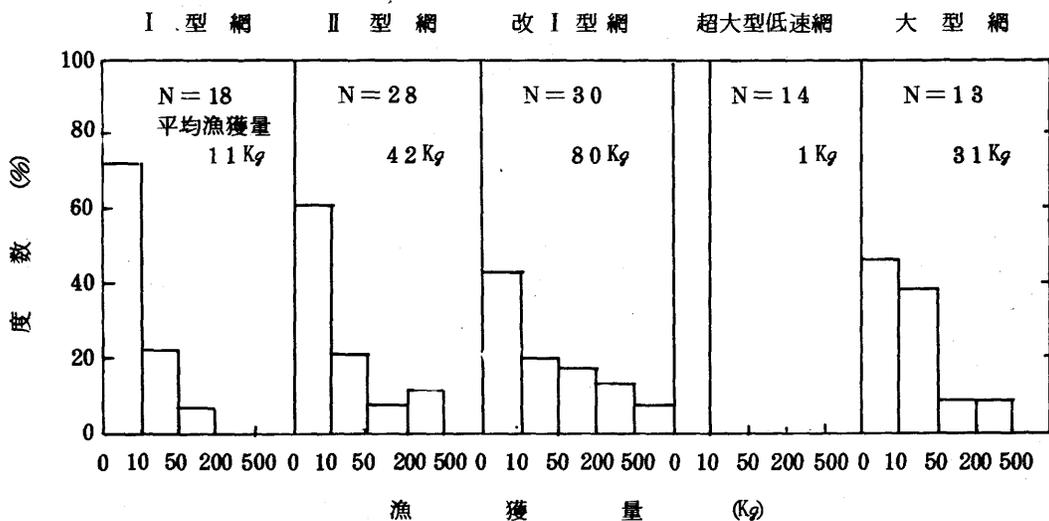


図 22 各網の一曳網当り漁獲量

は $V S (m^2/sec)$ となる。この関係を表 4 に示し、曳網速度と曳網濾過水量の関係をみると図 21 のようになる。すなわち曳網濾過水量は曳網速度の大きさに比例し、その関係はほぼ対数曲線の傾向を示す。ここで同一ワーブ長の場合を考えてみると、各網とも曳網速度(ここで測定した範囲での速度)が変化しても胴網口断面積 S に大きな差はみられない。また同一速度の場合を考えてみても、ワーブの延長にともなう胴網口断面積の変化は小さいものである。したがって、中層トロール網漁具をある速度で曳網し、ある程度の網致りが得られているとすれば、胴網口断面積はほぼ一定の面積となり、曳網濾過水量の大小は曳網速度によるところが大きいと考えられる。

9. 漁獲量からみた網の特性

以上、各中層トロール網の物理的性状および特性についての概略が明らかになったので、これと実際の操業における各網の漁獲状況とを比較してみた。図 2 2 に各網の一曳網当り漁獲量とその平均漁獲量を示す。ここで、各網について操業時期、操業回数、対象魚種が異なるものをそのまま比較することには無理な面もあるが、一つの方法として図 2 2 より各網の漁獲性能を判断すると、改 I 型網(平均漁獲量 8.0 Kg)がもっともよく、II 型網(平均漁獲量 4.2 Kg)、大型網(平均漁獲量 3.1 Kg)が次によく、つづいて I 型網(平均漁獲量 1.1 Kg)、超大型低速網(平均漁獲量 1 Kg)の順となっている。魚種別の漁獲量についても多少の差はあるが、ほぼ同様な傾向が認められた。こ

れから総合的に判断すると、中層で確認されたキュウリエソ、ホタルイカ、ホタルイカモドキ、ウマズラハギ、ハタハタ、ヤリイカ等の比較的遊泳力の小さい小型の魚種を漁獲する場合には、トラローラーの能力のちがいにより異なるが、少なくとも曳網速度が2.5～3.0 knot、網口高さが15 m前後、網袖先間隔が10～15 m程度で曳網できる網を考えればよいということがいえそうである。

II 生 物

資 料 と 方 法

1. 生 物 調 査

トラロール網による漁獲物は各操業毎、魚種別に計量し、船上でパンチングをおこない、一部の魚体についてホルマリン固定もしくは凍結して実験室にもちかえり、体長と体重の測定をおこなった。また魚群探知機、ネットレコーダーを用い、各魚種の分布状況およびトラロール網への入網状況を観察した。さらにトラロール網で漁獲されたウマズラハギの標識放流も実施した。

2. 海 洋 観 測

中層トラロール網操業周辺海域の水温をDBTを用いて10 m層間隔で観測した。またネットレコーダーによる操業水深の測温もあわせて実施した。

結 果 と 考 察

昭和52年6月～昭和54年12月の間に図23に示す海域で、のべ103回の調査を実施した結果、中層で表5にみられるような多数の生物が漁獲された(付表に操業記録、付図1・2に主な魚種の写真を示す)。これをみると主な魚種はキュウリエソ、ホタルイカ、ホタルイカモドキ、ウマズラハギ、ハタハタ、ヤリイカである。中層トラロール網で漁獲された魚体は底曳網によるものよりその損傷は少ないように思われるが、長時間曳網した場合(1回の曳網時間は約2～4時間)、また大量に漁獲があった場合にはキュウリエソ、ホタルイカ等の小型魚の損傷は著しかった。なお、ツノナシオキアミ、ニホンウミノミは改I型網の魚どり部に、もじ網の内張りをはってDSLを曳網したときのものである。

1. 主 な 魚 種 の 分 布

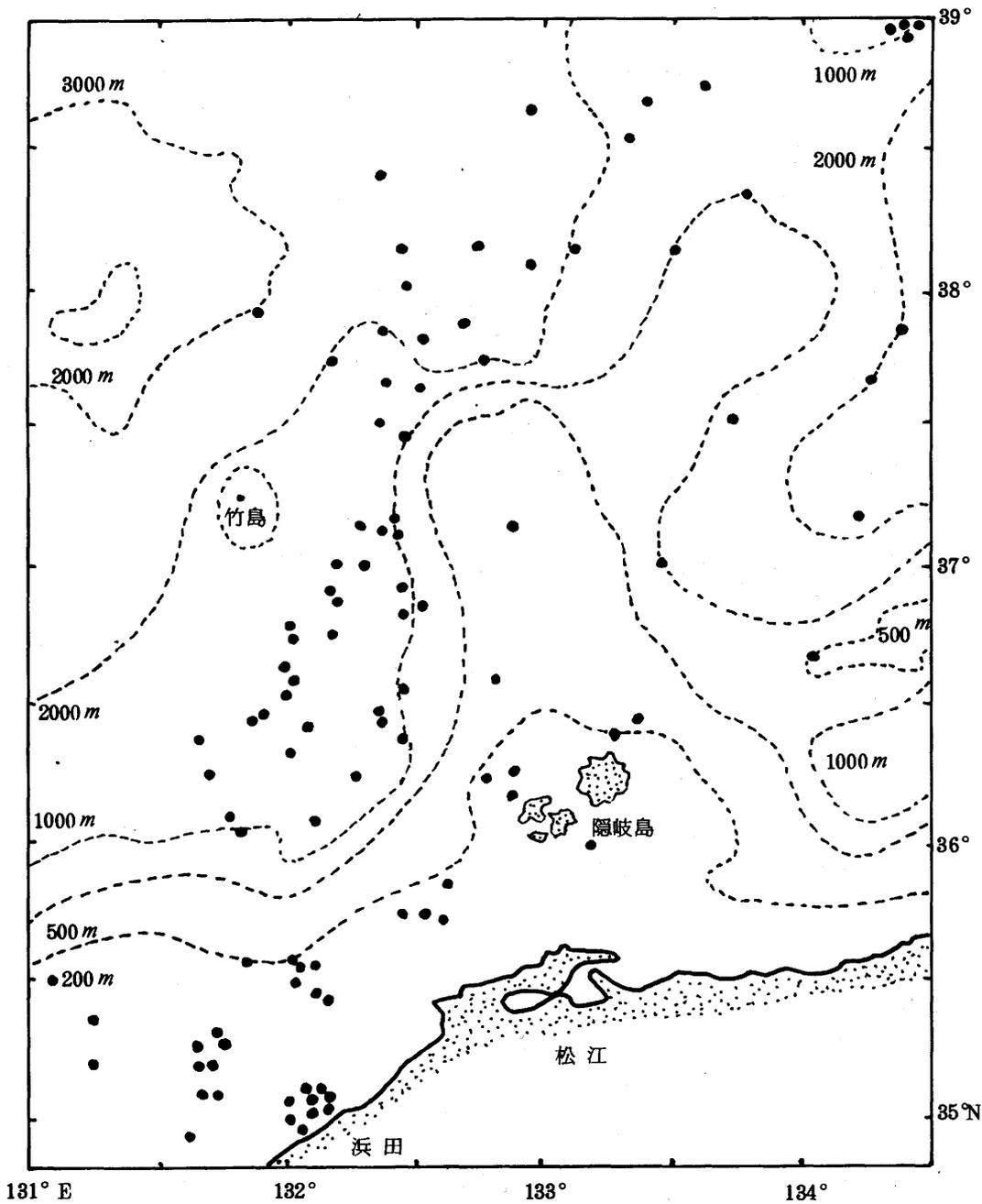
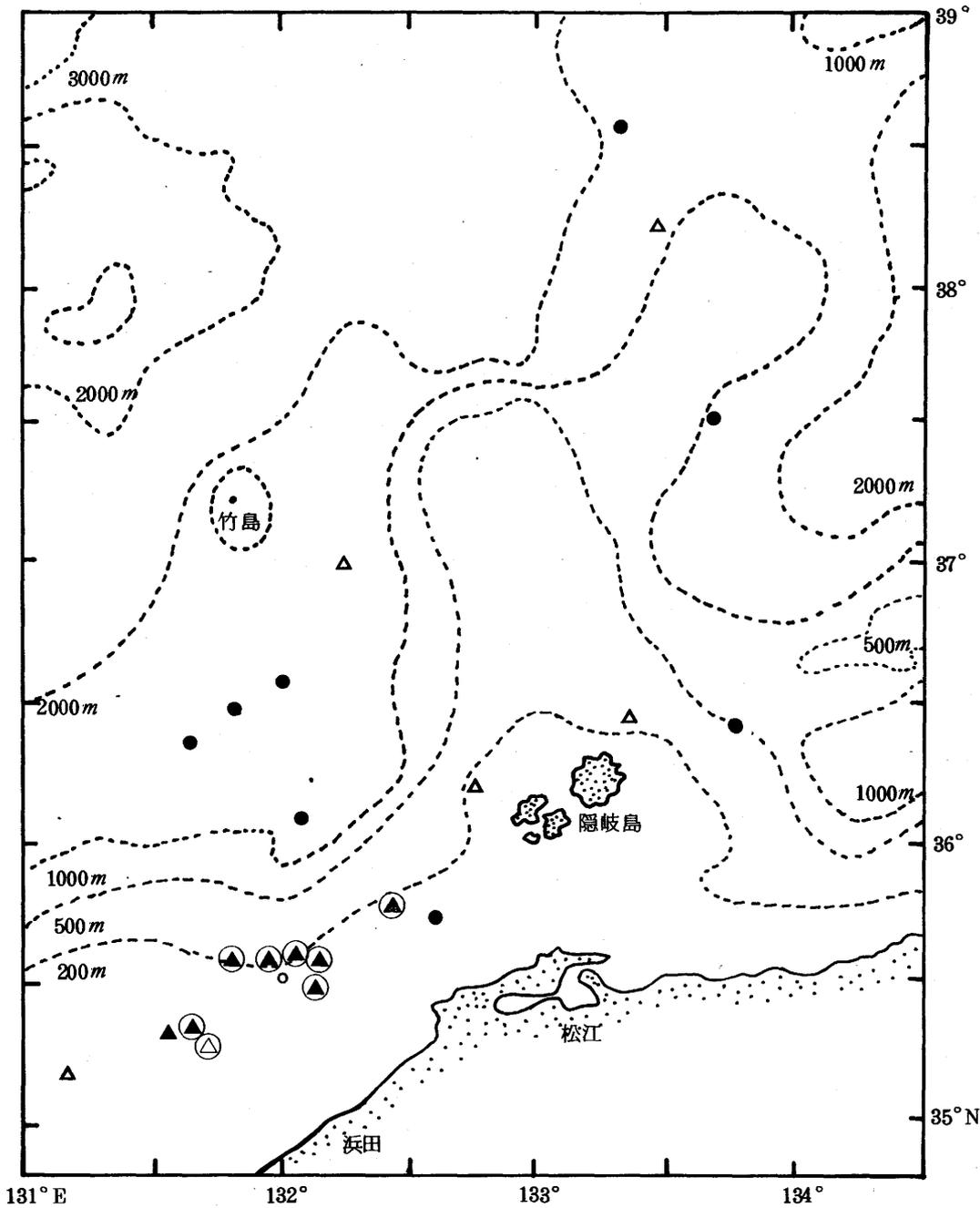


図 23 操 業 海 域

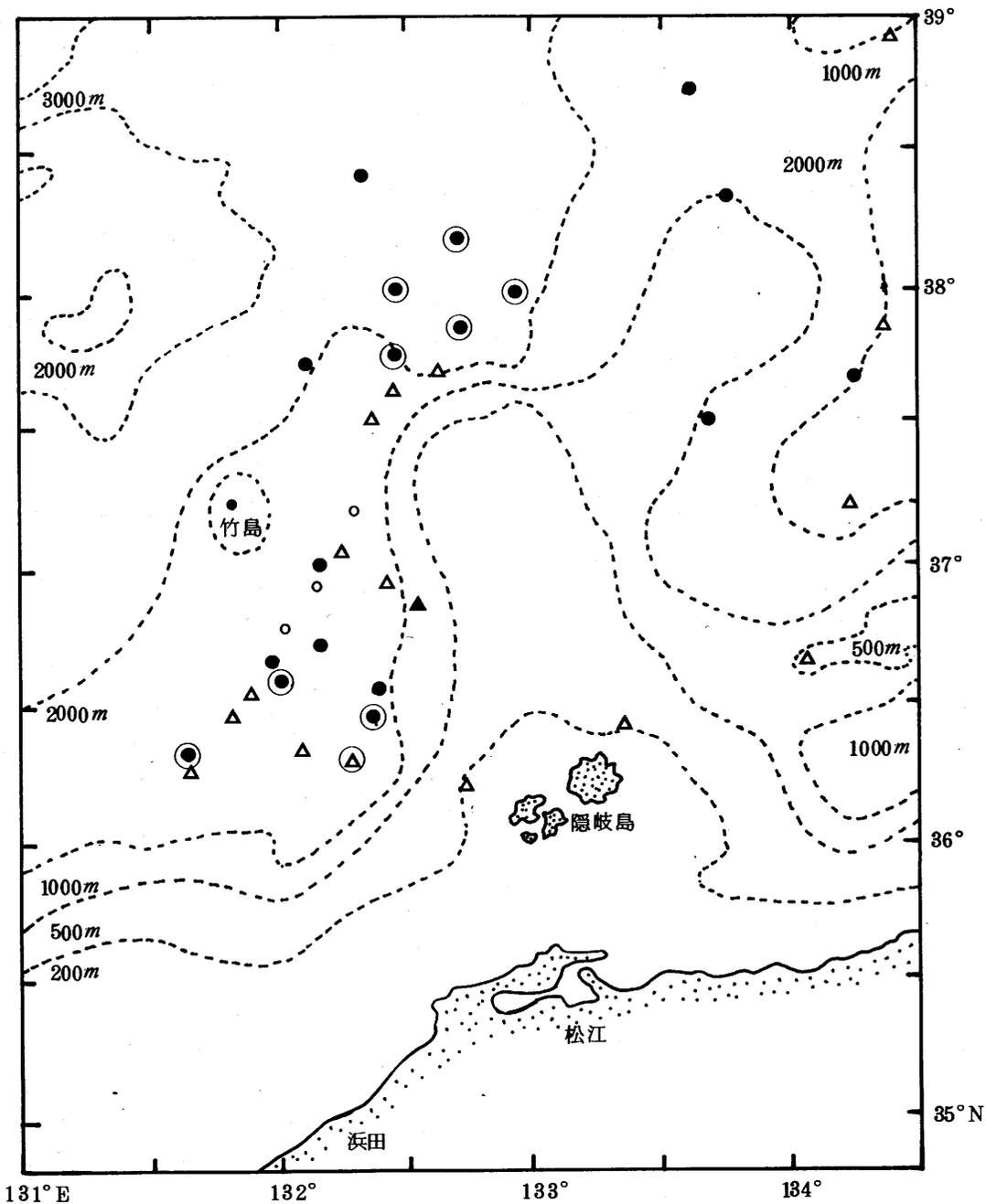
表5 中層トロール網による漁獲物

和名	学名	漁獲量	漁獲回数
キュウリエソ	<i>Maurolieus japonicus</i> Ishikawa	750 kg	23
ホタルイカ	<i>Watasenia scintillans</i> (Berry)	41 kg	29
ホタルイカモドキ	<i>Enoploteuthis chunii</i> Ishikawa	90 kg	36
ウマズラハギ	<i>Navodon modestus</i> (Gunther)	2,475 kg	43
ハタハタ	<i>Arctoscopus japonicus</i> (Steindachner)	70 kg	18
ヤリイカ	<i>Doryteuthis bleekeri</i> (Keferstein)	430 kg	8
マイワシ	<i>Sardinops melanosticta</i> (Temminck & Schlegel)	15 kg	6
スルメイカ	<i>Todarodes pacificus</i> Steenstrup	12 kg	11
スケトウダラ	<i>Theragra chalcogramma</i> (Pallas)	5 kg	3
ビクニン	<i>Liparis tessellatus</i> (Gilbert & Burke)	98 尾	2
サンマ	<i>Cololabis saira</i> (Brevoort)	3 尾	3
マダラ	<i>Godus morrhua macrocephalus</i> Tilesius	3 尾	1
マフゲ	<i>Fugu vermiculare porphyreum</i> (Temminck & Schlegel)	4 尾	2
ドスイカ	<i>Gonatus</i> (<i>Berryteuthis</i>) <i>magister</i> Berry	2 尾	2
マサバ	<i>Pneumatophorus japonicus</i> (Houttuyn)	1 尾	1
ブリ(モジャコ)	<i>Seliola quinqueringuata</i> Temminck & Schlegel	1 尾	1
カタクチイワシ	<i>Engraulis japonica</i> (Houttuyn)	1 尾	1
カワヤツメ	<i>Entosphenus japonicus</i> (Martens)	1 尾	1
オキアジ	<i>Caranx helvolvs</i> (Forster)	1 尾	1
ツノナシオキアミ	<i>Euphausia pacifica</i> Hansen	5 kg	2
ニホンウミノミ	<i>Parathemisto japonica</i> Bouallius	0.5 kg	1



○ 1. 2. 3. 月 ● 4. 5. 6. 月 △ 7. 8. 9. 月 ▲ 10. 11. 12. 月
 ○ 1 曳網当り 30 kg以上の漁獲量を示す。

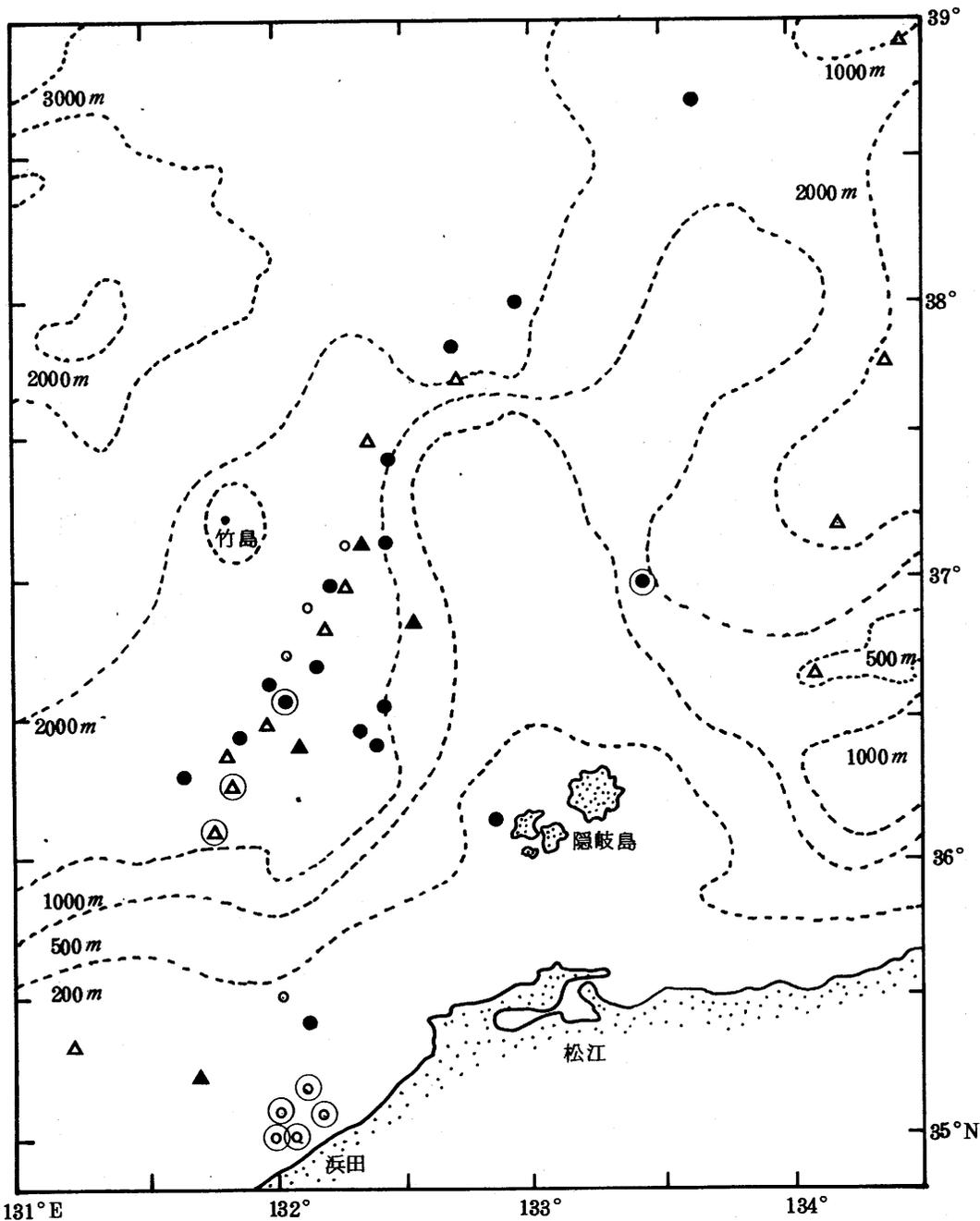
図 24. キュウリエソの分布海域



○ 1. 2. 3 月 ● 4. 5. 6 月 △ 7. 8. 9 月 ▲ 10. 11. 12 月

○ 1 曳網当り 7kg 以上の漁獲量を示す

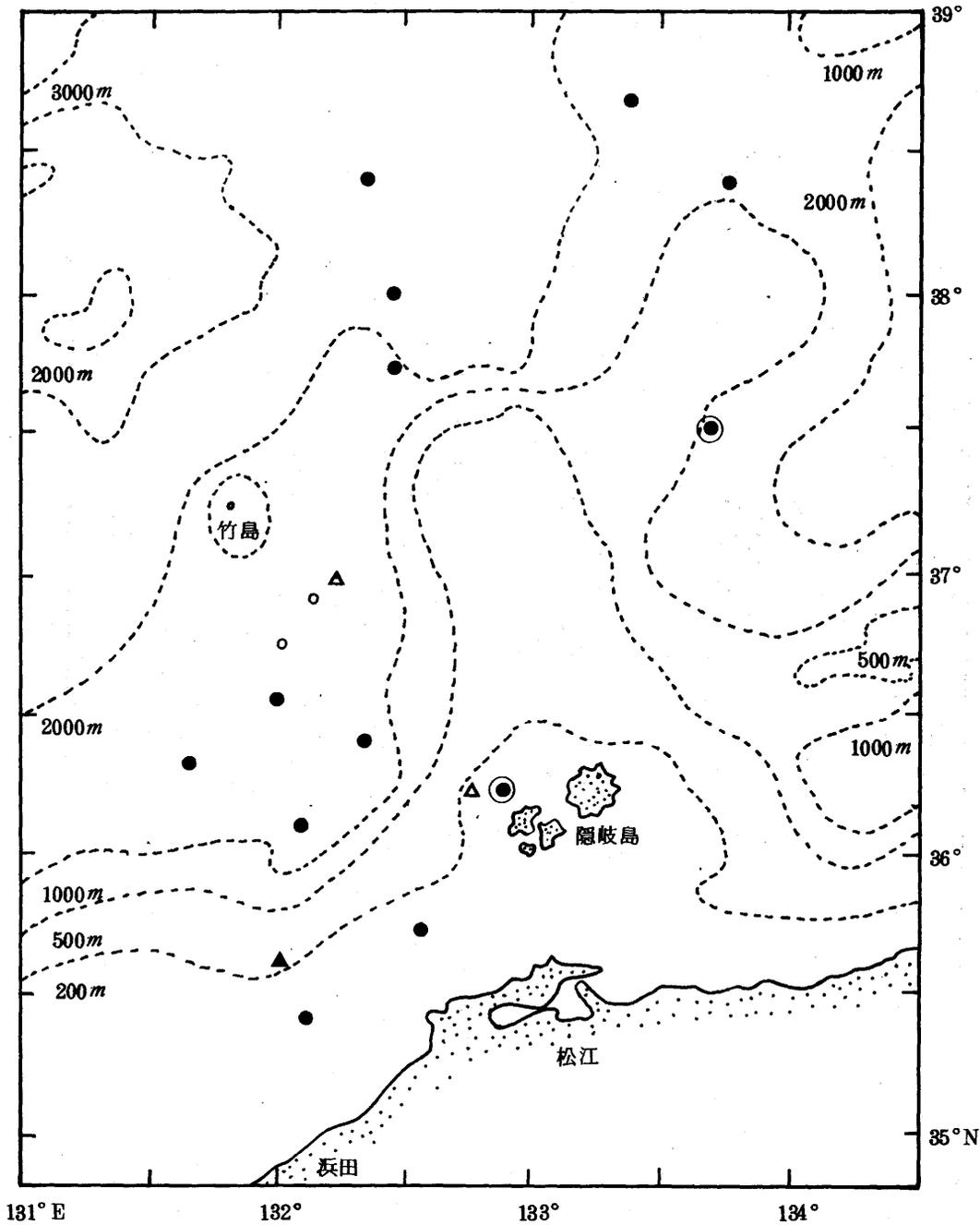
図 25. ホタルイカ, ホタルイカモドキの分布海域



○ 1. 2. 3 月 ○ 4. 5. 6 月 △ 7. 8. 9 月 ▲ 10. 11. 12 月

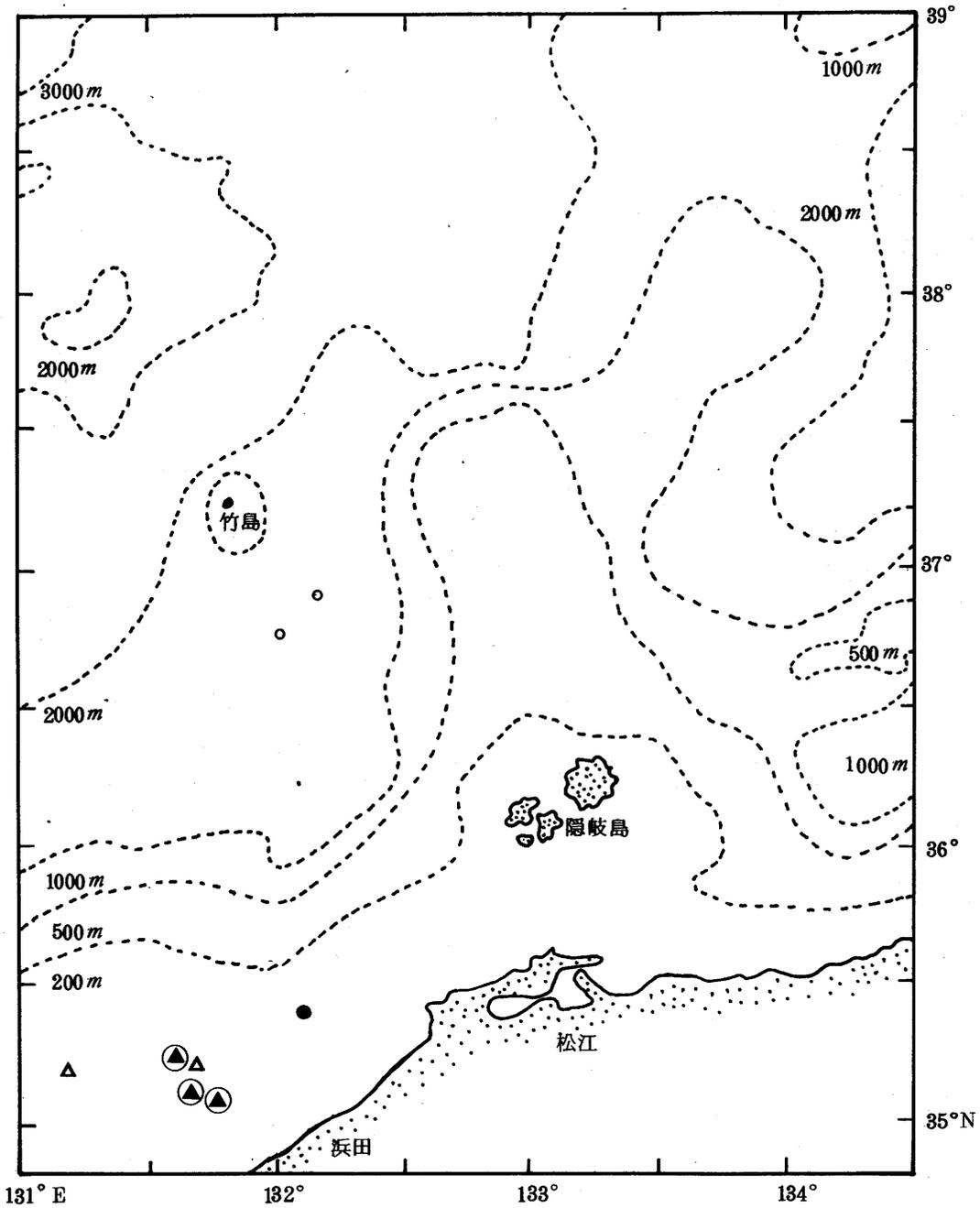
○ 1 曳網当り 100kg 以上の漁獲量を示す

図 26. ウマズラハギの分布海域



- 1. 2. 3 月 ○ 4. 5. 6 月 ▲ 7. 8. 9 月 ▲ 10. 11. 12 月
 ○ 1 曳網当り 20 kg以上の漁獲量を示す

図 27. ハタハタの分布海域



○ 1. 2. 3 月 ○ 4. 5. 6 月 △ 7. 8. 9 月 ▲ 10. 11. 12 月
 ○ 1 曳網当り 50 kg 以上の漁獲量を示す

図 28. ヤリイカの分布海域

図 24～28 に中層トロール網で漁獲された主な魚種の季節別の漁獲地点を示す。

図 24 によると、キュウリエソは沿岸から沖合にかけて終年みられ、特に 6～10 月に 120～180 m 深海域での漁獲が多かった。キュウリエソについては、ネットレコーダーの記録から相当量の漁獲があると思われるのに実際の漁獲量はわずかというような事が何度かあった。そこでトロール網の魚とり部に 18 mm の内張りをはって操業を試みた。結果は一曳網当り漁獲量が 10～150 kg (平均漁獲量 81 kg) とほぼネットレコーダーの記録から納得できる漁獲量となった。キュウリエソを漁獲した回数が 23 回、そのうち内張りをはっての操業が 8 回である。以上のことを考慮にいと、図 24 のキュウリエソの分布の様相は、ややかわったものになるかもしれない。

ホタルイカとホタルイカモドキは、ほとんどの場合同時に漁獲されるため、その分布は時期的な多少のちがいはあるとしてもほぼ共通していると思われる(漁獲回数 38 回のうち同時に漁獲されなかったのは 8 回で、そのほとんどが 7 月下旬～8 月にみられた)。図 25 によると、ホタルイカとホタルイカモドキは終年みられるが 200 m 深以浅の海域ではみられなかった。特に漁獲が多かったのは 1000 m 以深の海域で、時期は 6 月～8 月である。

図 26 によるとウマズラハギは沿岸から沖合にかけて広く分布し終年みられる。特に 3～9 月に漁獲が多かったが 3 月頃は沿岸に、6～9 月は 1000～2000 m 深の沖合海域に分布しているように思われる。

図 27 によるとハタハタも終年みられ、広く分布しているが 6 月の漁獲が多かった。

図 28 をみるとヤリイカは他の魚種に比べ漁獲された回数は少ないが 11・12 月に 120～140 m 深の海域で多量に分布しているのが確認された。

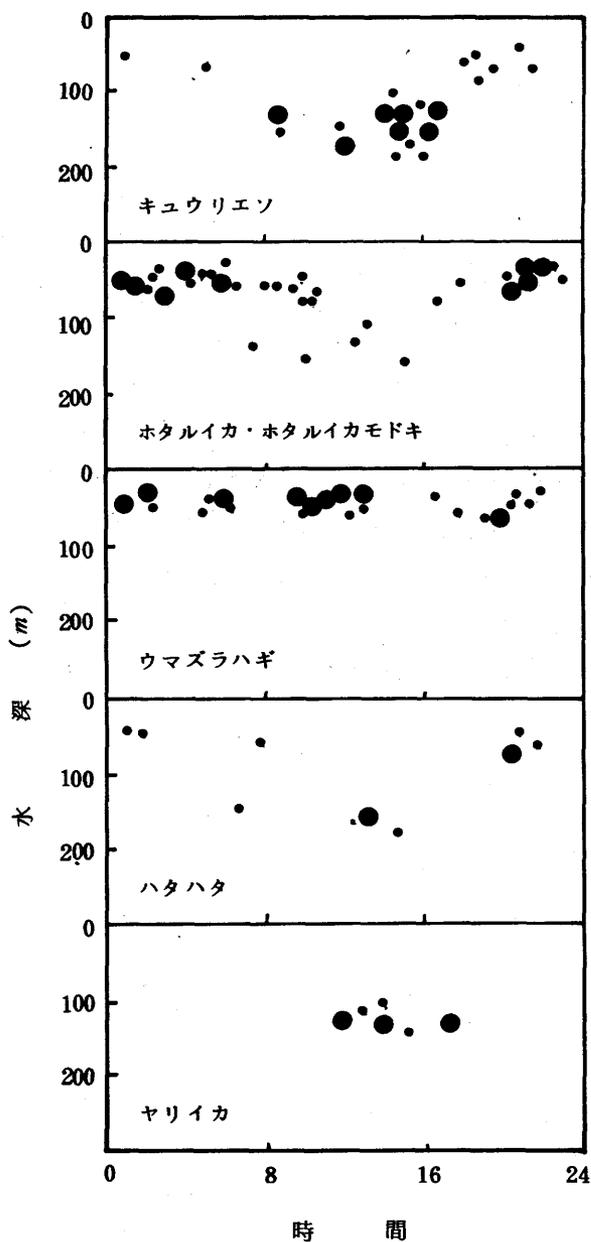
2. 主な魚種の漁獲水深

図 29 は主な魚種の漁獲水深をみたものである。これをみると、キュウリエソ、ホタルイカ、ホタルイカモドキおよびハタハタは昼間は深層を遊泳し、夜間は表層に浮上するというような垂直移動をおこなっていることがわかる。このような日周期運動は主に索餌のための浅深移動と推定されるが、ホタルイカとホタルイカモドキは夜間表層に浮上したときの漁獲がよく、逆にキュウリエソは昼間深層に遊泳している時の漁獲がよかった。ウマズラハギはこのような日周期運動はみられず 35～60 m 層で終日漁獲された。ヤリイカは主に海底から 5～10 m の底層に分布していた。

3. 主な魚種の体長組成

図 30～35 に中層トロール網で漁獲された主な魚種の体長組成を示す。

図 30 によると、キュウリエソの体長範囲は 2.5～5.5 cm でモードは各月ともほぼ 4.0～4.5 cm



●はキュウリエソが30kg以上、ホタルイカ・ホタルイカモドキが7kg以上、ウマズラハギが100kg以上、ハタハタが20kg以上、ヤリイカが50kg以上の漁獲があったことを示す。

図 29. 各魚種の時間別漁獲水深

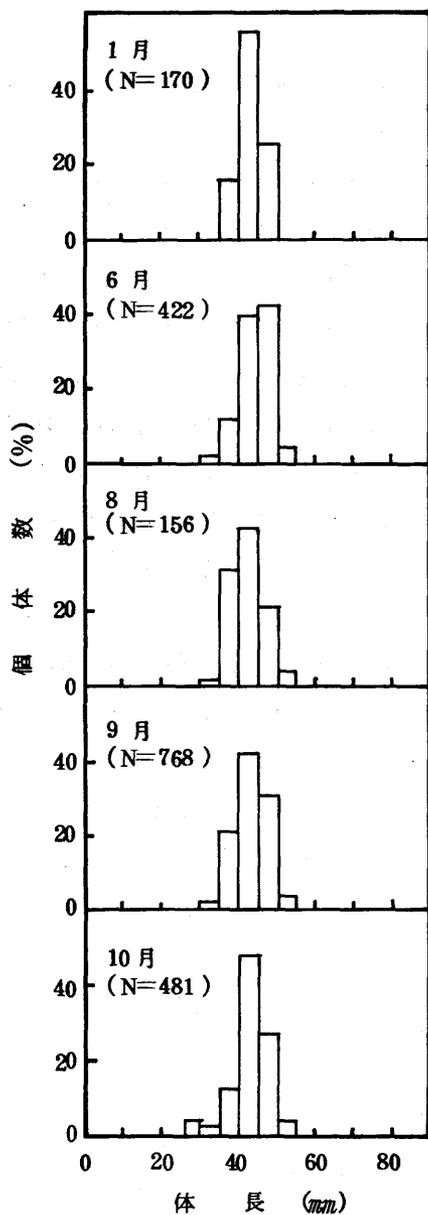


図 30. キュウリエソの月別体長組成

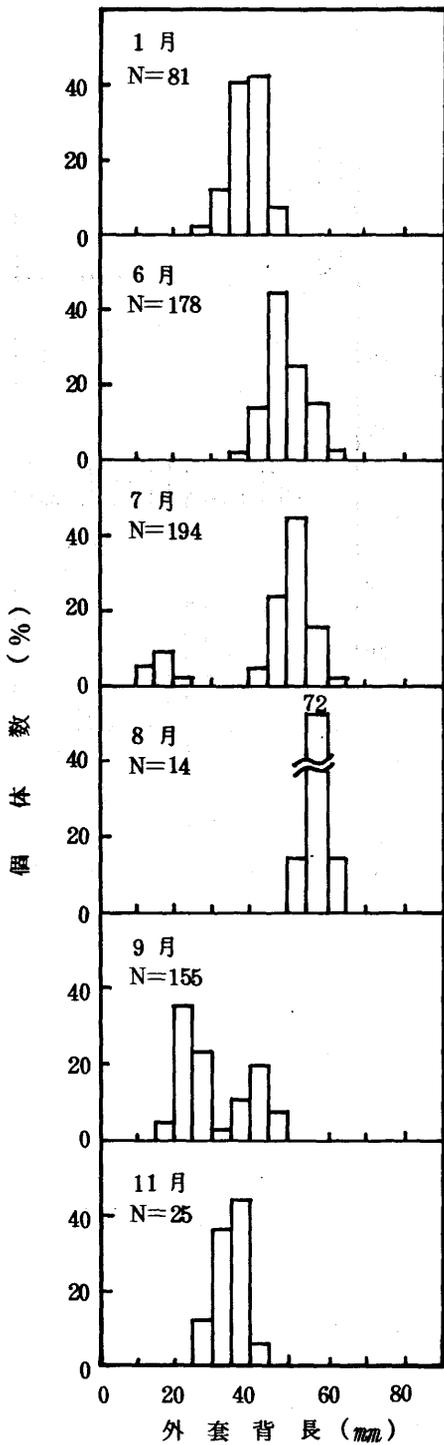


図 31. ホタルイカの月別外套背長組成

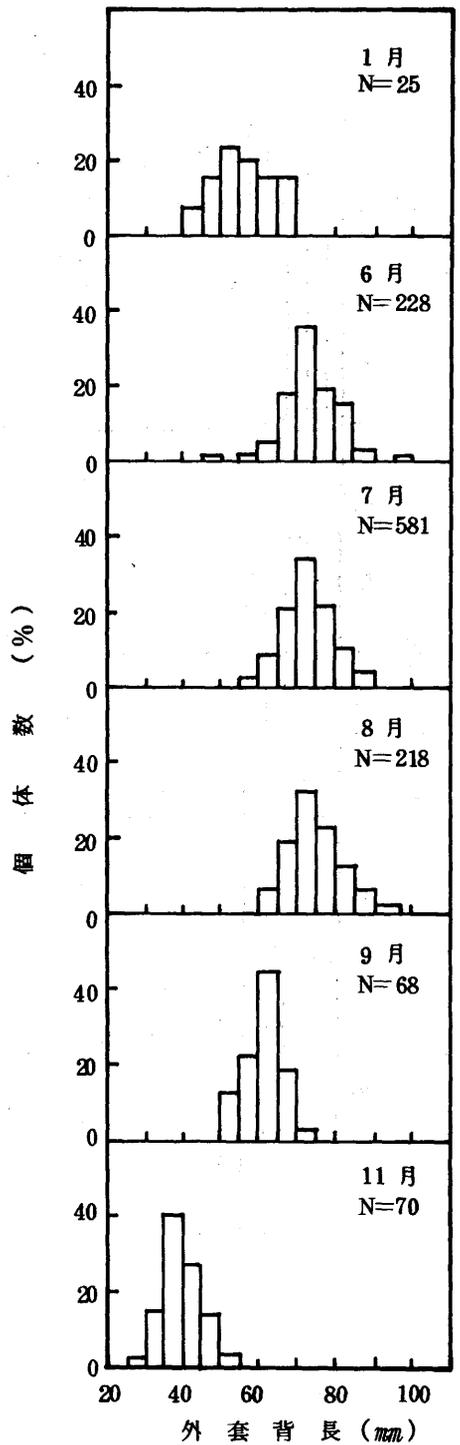


図 32. ホタルイカモドキの月別外套背長組成

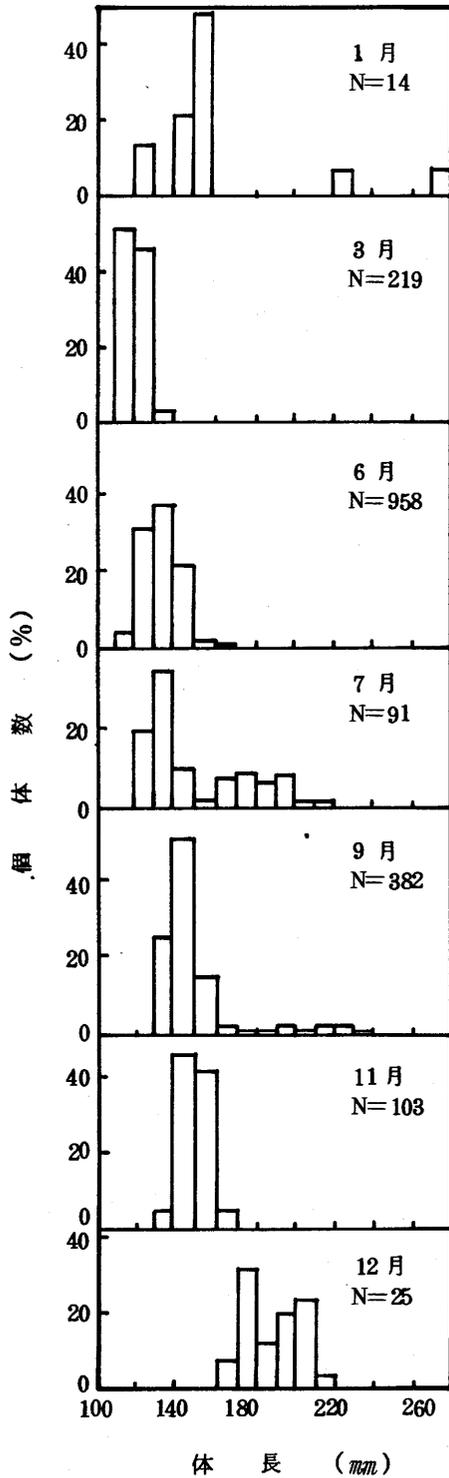


図 33. ウマズラハギの月別体長組成

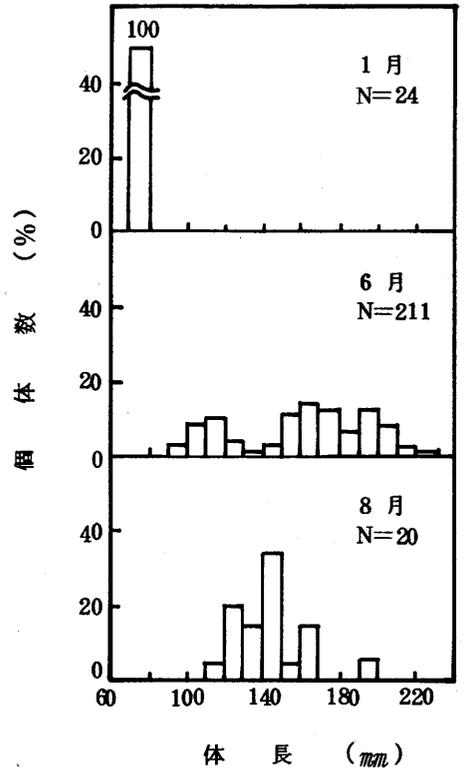


図 34. ハタハタの月別体長組成

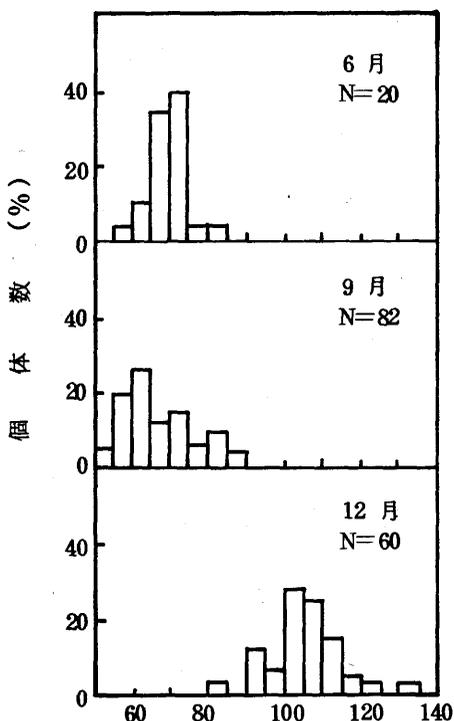


図 35. ヤリイカの月別外套背長組成

にみられ、月変化がほとんどみられない。これは網目規制によるものと考えられるが 9, 10 月にわずかではあるが体長 3.0cm 以下の魚体もみられる。

図 31 によると、ホタルイカの外套背長範囲 1.0~6.5cm で 7 月と 9 月にモードが 2 つみられる。6 月の魚体を観察すると、そのすべてが雄でほとんどが成熟していた。9 月のモードの大きい方の魚体はすべて雌で、そのほとんどが成熟していた。

図 32 によると、ホタルイカモドキの外套背長範囲は 2.5~10.0cm で、6 月と 9 月におこなった観察によると、6 月の性成熟の最小型は雄が 6.9cm、雌が 7.1cm、9 月は雄が 5.2cm、雌が 5.8cm であった。

図 33 によると、ウマズラハギの体長範囲は 11.0~28.0cm で、そのほとんどが 17cm (全長 19cm) 以下の当才魚である。12 月に 17.0~22.0cm のものが漁獲されているが、これは海底から 10cm の底層でヤリイカと混獲されたときのものである。

図 34, 35 はそれぞれハタハタの体長組成と、ヤリイカの外套背長組成である。ハタハタの体長範囲は 7.0~24.0cm、ヤリイカの外套背長範囲は 5.0~13.5cm であった。

4. 主な魚種の体長と体重の関係

図 36 はキュウリエソの体長と体重の対数をプロットしたもので、その関係はほぼ直線となる。したがってキュウリエソの体長 L (mm) に対する体重 W (g) の相対成長回帰式は次のようにならわすことができる。

$$\text{キュウリエソ} \quad W = 1.218 \times 10^{-5} L^{3.023}$$

同様にホタルイカとホタルイカモドキの外套背長 ML (mm) に対する体重、ハタハタとウマズラハギの体長に対する体重の回帰式をそれぞれ図 37~40 から求めると次のようになる。

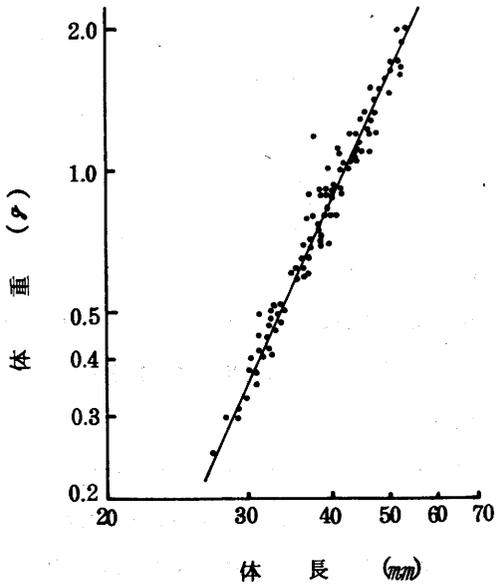


図 36 キュウリエソの体長と体重

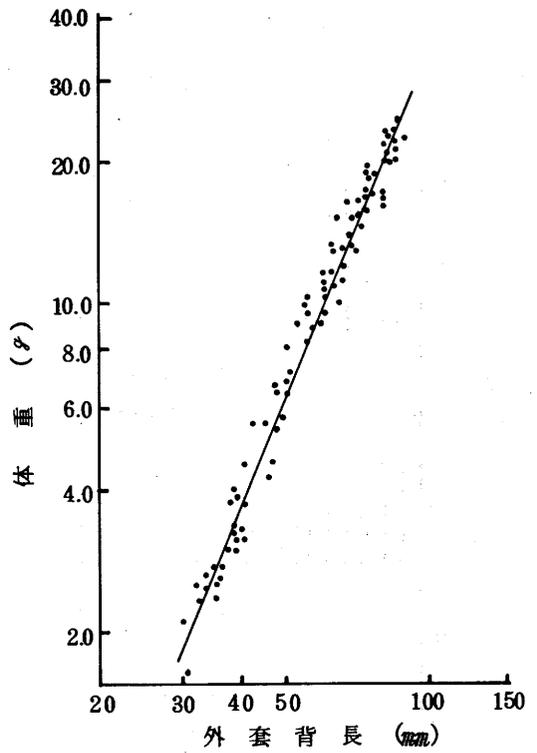


図 38. ホタルイカモドキの外套背長と体重

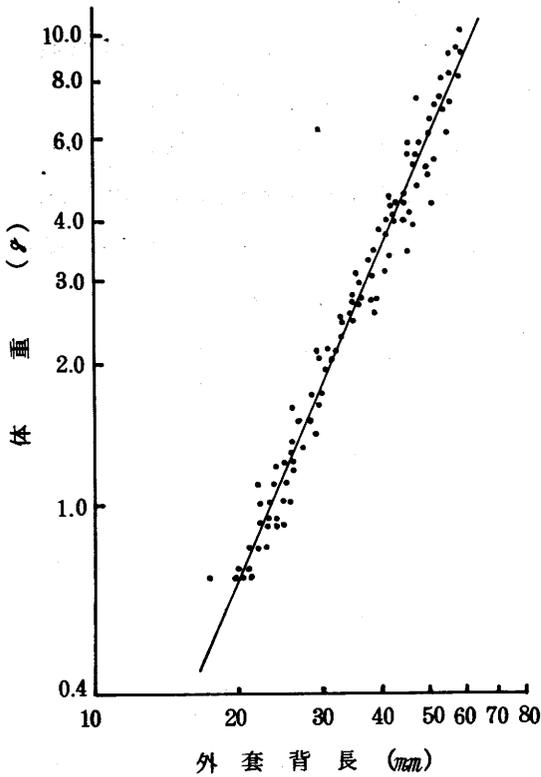


図 37. ホタルイカの外套背長と体重

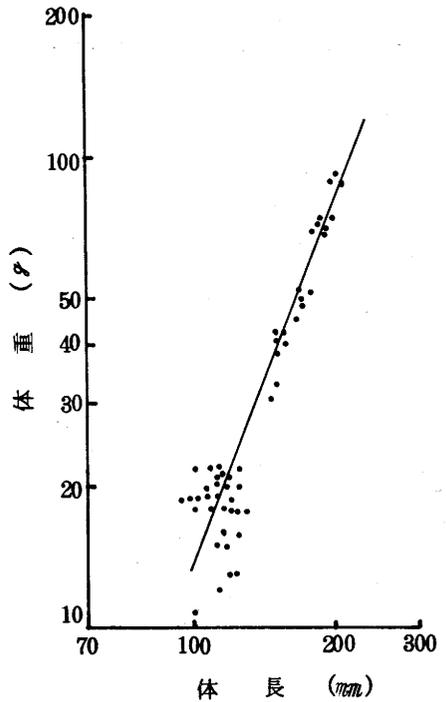


図 39. ハタハタの体長と体重

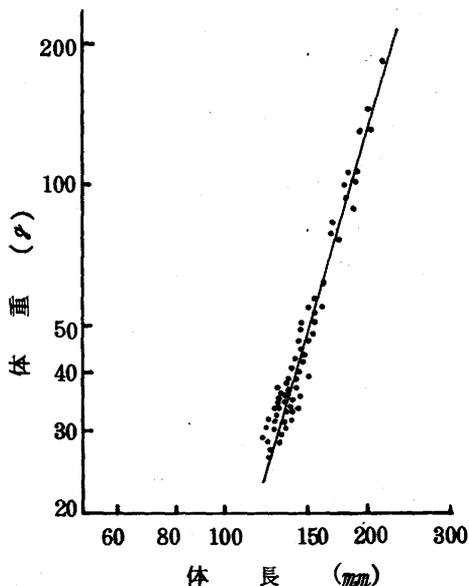


図 40. ウマズラハギの体長と体重

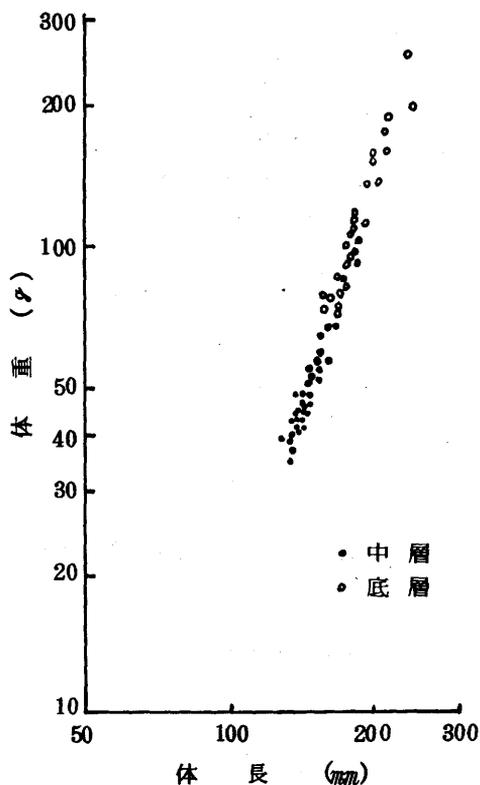


図 41. 中層と底層で漁獲されたウマズラハギの体長と体重の関係

ホタルイカ	$W = 8.297 \times 10^{-4}$	$ML^{2.263}$
ホタルイカモドキ	$W = 3.399 \times 10^{-4}$	$ML^{2.521}$
ハタハタ	$W = 1.495 \times 10^{-5}$	$L^{2.933}$
ウマズラハギ	$W = 1.660 \times 10^{-7}$	$L^{3.916}$

図 41 は昭和 54 年 6 月中旬に中層（島根丸中層トロール）で漁獲されたウマズラハギと、底層（明風、底曳）で漁獲されたウマズラハギを比較したものである。これを見ると、中層のウマズラハギの体長範囲は 130～159mm（平均 140mm）で、底層のものは 147～202mm（平均 173mm）となっている。このようにウマズラハギは魚体の小さなものと大きなものと、それぞれ中層と底層というような棲み分けをおこなっている。すなわち、中層に分布するウマズラハギは成長し、ある年令（体長からほぼ 1 才前後と推定する）に達するとその生息場所を底層に移すのではないかと思われる。

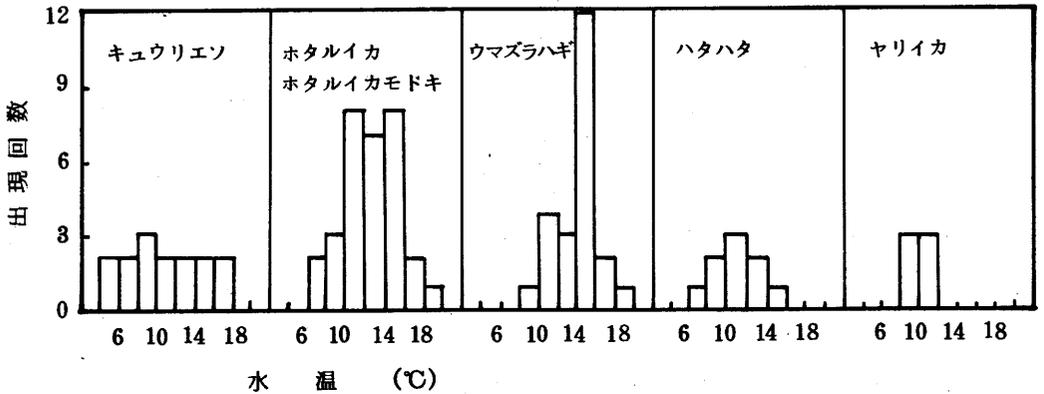


図 42. 各魚種の遊泳層の水温

5. 主な魚種の生息水温

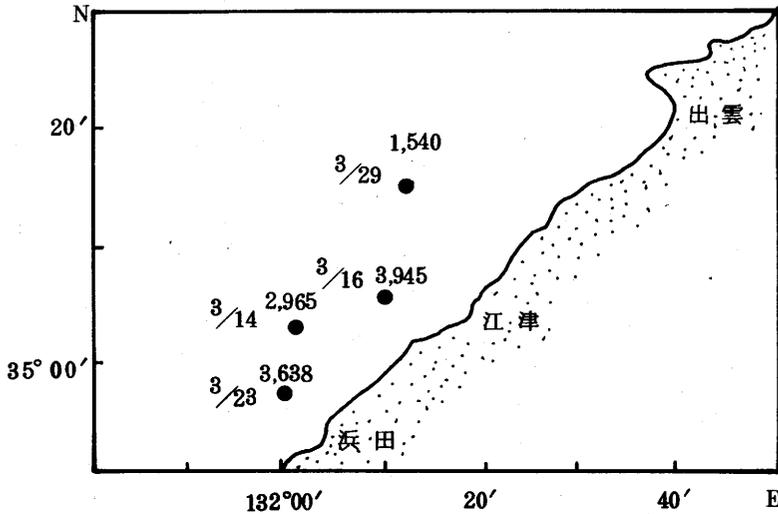
図 42 は中層トロール網で漁獲された主な魚種の遊泳層の水温をみたものである。各魚種とも 5～20℃前後の広範な分布をしていると思われるが、この図より一般的な生息水温を推測するとキュウリエソが 5～18℃、ホタルイカとホタルイカモドキが 7～18℃、ウマズラハギが 8～19℃、ハタハタが 6～16℃程度であると考えられる。ヤリイカは漁獲された回数は少ないがキュウリエソやウマズラハギと混獲されていることから、他の魚種とあまりかわらないと推測する。

6. ウマズラハギの標識放流

昭和 54 年 3 月、図 43 に示す海域で中層トロール網で漁獲したウマズラハギの標識放流を実施した。放流総尾数は 12,088 尾、供試魚の体長は 11～14.5 cm (平均 12.5 cm) である。現在のところ再捕の報告はまったくない。

7. 各魚種の魚群探知機の記録

付図 3-1～3-6 に各魚種の魚群探知機の記録を示す。実際には、海中を遊泳する魚群と、魚探の記録にあらわれるそれとはその形状は異なるが、魚探の記録にあらわれる各魚種の特徴についてみると、キュウリエソは付図 3-5、3-6 のように小さな山がいくつも連なったような反応である。ウマズラハギは付図 3-2、3-5 にみられる霧状の反応と、付図 3-3 にみられる大きなかたまり状の反応とがあり、かたまり状の反応のときの漁獲がよかった。ホタルイカとホタルイカモドキは付図 3-1 のように DSL や他の魚種と一緒に反応にあらわれるため魚探の記録からその判別はできかねる。



(図中 数字は 月/日 放流尾数)

図 4.3. 標識放流海域

Ⅲ 結 論

昭和52年～54年の3カ年の調査で、中南海西部海域の中層資源として、キュウリエソ、ホタルイカ、ホタルイカモドキ、ウマズラハギ、ハタハタ、ヤリイカ等が確認された。現在すでに沖合底曳等で大量に漁獲されているヤリイカは別として、特にキュウリエソ、ウマズラハギの資源量は相当なものであると推測する。またそれらの魚種を中層トロール網で漁獲する技術についても、不十分な面もあるが大体確立できたと考える。したがって漁業調整上の問題は別にして、また中層トロール網漁業にこだわらないで考えてみると、開発の可能性としてはキュウリエソ、ウマズラハギが第一にあげられる。次に量的にはやや少ないがホタルイカ、ホタルイカモドキ、ハタハタがあげられる。しかし、これらの魚種は一般に市場における経済性的問題をはじめとし、ウマズラハギの主体が小型魚(当才魚)であることによる利用度の低さ、さらにキュウリエソ、ホタルイカ、ホタルイカモドキが食物連鎖上での低次の被食者であること等多数の問題が残されている。したがってこれらの魚種の開発研究をすすめる上で重要なことは、資源の有効利用および資源管理を考え、海洋におけるその生物学的地位、および生態系の機構ひいては再生産関係を明らかにしなければならない。これらの諸問題の解決は中層トロール網による日本海の中層資源開発の方向性からも重要で

あるとともに、漁撈上、研究上不可欠のものであると考える。

文 献

- 小山武夫：大型トラローラーにおける数種のトラロール漁具についての実験結果とその考察
東海水研報第 43 号（1965）
- 小山武夫：船尾トラロールについての実験的考察，東海水研報第 77 号（1974）
- 肥後伸夫：底曳網の漁獲性能に関する基礎的研究，鹿児島大学水産学部紀要第 20 巻
第 2 号（1971）
- 昭和 52 年度指定調査研究総合助成事業，中層トラロール網漁具開発研究，島根県水産試験場
（1978）
- 昭和 53 年度指定調査研究総合助成事業，中層トラロール網漁具開発研究，島根県水産試験場
（1979）
- Dr · J · Scharfe：西独の一隻曳中層トラロール漁法
- 和田光太：実用トラロール漁法（1976）
- 土井長之：水産資源力学入門，日本水産資源保護協会（1975）
- 沖山宗雄：日本海におけるキュウリエソの初期生活史，日水研報（23），21-53
（1971）
- 川口哲夫：日本海におけるキュウリエソに関する研究-1，魚郡探知機に記録されるキュウリ
エソ群映像と日周期活動，昭和 46 年度日本水産学会発表論文（1971）
- 西村三郎：1955 年春季能登半島近海におけるキュウリエソの産卵ならびに卵・仔魚の生態，
日水研報（5）：61-75（1959）
- 池原宏二：新潟県沿岸におけるウマズラハギの産卵と成長に関する 2・3 の知見
日水研報第 27 号（1976）
- 加藤昌・下村敏正：日本海特有の D. S. L. についての 2・3 の知見，日本研報（7）：
67-83（1959）