

模型網実験による各種曳網の標準網型に関する研究

誌名	水産工学研究所研究報告
ISSN	03889718
著者	大沢, 要一 小山, 武夫 野村, 正恒 森, 敬四郎 田原, 陽三 千賀, 和雄
巻/号	8号
掲載ページ	p. 215-233
発行年月	1987年3月

模型網実験による各種曳網の標準網型に関する研究

大沢要一**・小山武夫**

野村正恒*・森 敬四郎***・田原陽三***・千賀和雄***

Study on Standard Net Designs for Various Types of Trawl Nets by Model Experiment

By

Yoichi OSAWA and Takeo KOYAMA

Masatsune NOMURA, Keishiro MORI, Yozo TAWARA and Kazuo SENGA

目 次

1. 緒言	215	3.2 実験方法	223
2. 実験の対象となった実物網の設計と曳網に必要な適正馬力の算定	215	4. 実験結果	224
2.1 曳網の網型を決定する基本的な網の構成要素	215	4.1 九つの網型からなる底曳網の模型網実験結果	224
2.2 網タイプ“a”「中型オッターロール、2枚網」の各部位（パネル）の長さとの計算例	217	4.1.1 網高さ	224
2.3 九つの網型（a~h）の標準設計図の作製	219	4.1.2 網の抵抗	226
2.4 九つの網型と漁具の大きさに適した船の馬力の計算	221	4.2 底曳網以外の中層曳網の実験結果	228
3. 模型網および実験方法	221	4.2.1 中層トロール	228
3.1 模型網	221	4.2.2 ロープトロール	230
		5. 結語	231
		参考文献	231
		Summary	233

1. 緒 言

前稿¹⁾においては各種の曳網の漁具構成要素の違いが網高さおよび網の抵抗に及ぼす影響度を調べた。これらの結果は前稿の「5. 結語」において要約されている。そこで、本稿においてはそれらの事を念頭に入れた上で、実際上の種々の網型について実験を進めることにする。

曳網は実際には目的によって種々な網型があるので、各種の網型の模型実験を行ない、これらの結果から比較検討してそれぞれの網の特徴などを考察することにする。

2. 実験の対象となった実物網の設計と曳網に必要な適正馬力の算定

2.1 曳網の網型を決定する基本的な網の構成要素

図1に示す2枚網、4枚網、6枚網の中のアルファベット文字 a (網の最大胴周一引き伸ばした長さ)、 b (網の全長)、 c (上袖の長さ)、 d (下袖の長さ)、 e (背・腹網の長さ)、 f (魚捕の長さ)、 l (浮子網の長さ)、 m (沈子網の長さ) は曳網の構成上、重要な部位の長さである。

筆者等の一人(野村)は、これまでの底曳網の各種の網型のそれぞれについて幾つかの設計図について統計的な整理を行なって²⁾、前述の各部位の長さを b に対する比の値として平均的にまとめた。これを表1に示す。

底曳網の種類の大部分はこの九つの網型 (a から h ま

* 元東海区水産研究所

** 漁業生産工学部

*** 国際協力事業団

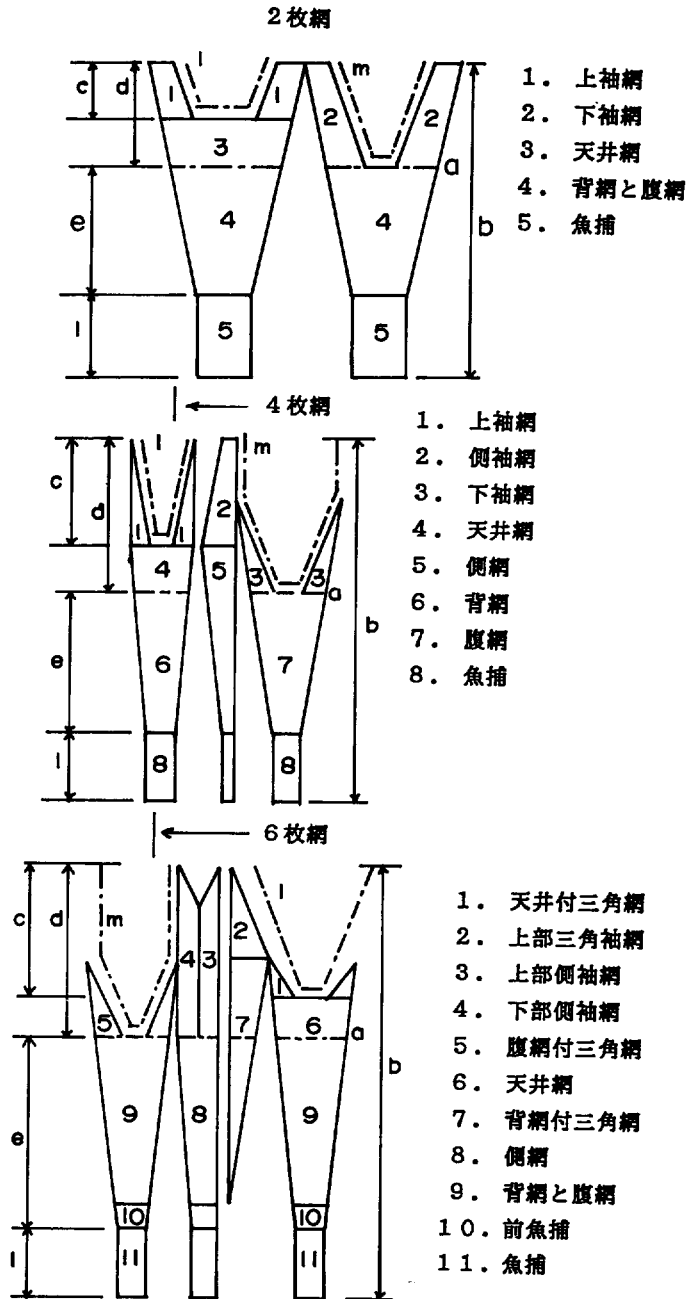


図1 2枚網, 4枚網および6枚網の設計図

Fig. 1 Designs of 2-seam, 4-seam, and 6-seam trawl net

表 1 各種のトロール網から得られた網型の構成要素の寸法

Table 1 Dimension of basic factors in net construction obtained from various types of trawl nets

タイプ	網 型	l/m	l/b	m/b	a/b	c/b	d/b	e/b	f/b	$(d-c)/b$
a	中型オッタートロール, 2枚網	.74	.62	.83	1.07	.27	.40	.41	.21	.11
a'	大型船尾トロール, 2枚網	.71	.60	.83	1.12	.25	.41	.31	.28	.14
b	大型船尾トロール, 4~8枚網	.80	.68	.85	1.06	.35	.46	.36	.18	.10
c	中型オッタートロール, ハイオープンング, 2枚網	.78	.58	.74	1.18	.24	.33	.44	.23	.10
d	中型オッタートロール, ハイオープンング, 4~8枚網	.79	.69	.87	1.02	.35	.47	.33	.21	.12
e	手 繰 網 (小型底曳)	.69	.58	.86	1.06	.28	.58	.33	.08	.28
f	2 そ う 曳 (以 西)	.87	.93	1.19	.61	.54	.65	.27	.10	.11
g	エビトロール (1 統 曳)	.82	.84	1.02	1.22	.40	.47	.36	.17	.15
h	エビトロール (2 統 曳)	.87	.72	.82	1.56	.20	.26	.39	.27	.10

表 2 各種トロール網から得られた a の値とその平均値

Table 2 Measured values and their mean values obtained from various types of trawl nets

資料回数 タイプ	a の 値 (m)									平均値
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	
a	53.2	36.0	42.1	36.4	43.2	47.0	37.4	57.0	51.2	43.8
a'	93.6	53.2	60.0							68.9
b	89.0	74.7	95.5	125.3	75.5					92.0
c	49.6	67.2	52.0	85.8	18.5	53.9				54.5
d	160.8	41.0	43.8	31.4	33.6					62.1
e	11.6	14.1	12.1	13.7	26.4	13.1	14.4			15.0
f	58.1	37.8	44.1	83.7	60.2					56.8
g	21.8	52.7	16.1	20.9						27.9
h	37.7	45.9	39.7	29.0	28.8					36.2

でのアルファベットで示す) で代表されるので、表のこの比の値は網型の特徴を示す要因となる。そこで今後はこの比の値を底曳網の基本的な構成要素と呼ぶことにする。

前稿における実験 14~実験 22 を通じて判明したことは、網の抵抗 R に関して基本的な要素は a (網の最大胴周) と D/L (網糸の太さ/目合) である。そこで、上記の底曳網の各種の網型のいくつかの設計図より計算された a の値とその平均値を表 2 に示した。表から判るように、個々の値はかなり変動があるので、平均値はそれぞれの網型の一応の目安である。

D/L の値についても九つの網型のタイプ (a から h まで) について上述の設計図から読みとって、袖網 (W : Wing), 背・網・腹網 (B : Baiting & Belly), 魚捕 (C : Cod end) および網全体の平均 (Av. : Average) について D/L の値とその平均値を表 3 に示した。

また、背網の部位における網糸の太さ D (mm) とその平均値をやはり上述の設計図から読み取って表 4 に示した。

2.2 網タイプ "a" 「中型オッタートロール, 2枚網」の各部位パネルの長さとの計算例

以上の表 (表 2 から表 4 まで) の値を用い、一例として網型タイプ "a" の各部位の値を試算する。(' は模型網, " は実物網を示す。)

1) $a=43.8\text{m}$, $D''=1.9\text{mm}$, $D''/L''=0.018$ 。ここで仮りに手持ちの網糸としては直径 1.72 mm を 1.90 mm で代用して使用したとしよう。すると $L'' = \frac{D''}{0.018} =$

$\frac{1.72}{0.018} = 95.7\text{mm}$ となるので、背網の前縁の目数は

$\frac{a}{2 \times L''} = \frac{43,800}{2 \times 95.7} = 230$ となる。

2) そこで表 1 を参考にして、これによく似た構成要

表3 各種トロール網から得られた D/L の値とその平均値
 Table 3 Measured values and their mean values of D/L obtained from various types of trawl nets

タイプ 回数	a				a'				b				b'				d				e				
	W	B	C	Av.	W	B	C	Av.	W	B	C	Av.	W	B	C	Av.	W	B	C	Av.	W	B	C	Av.	
1	.027	.028	.028	.027	.017	.022	.054	.027	.020	.027	.051	.026	.004	.005	.045	.009	.030	.039	.045	.034	.030	.030	.036	.030	.030
2	.009	.016	.034	.016	.023	.024	.024	.024	.020	.028	.055	.026	.024	.026	.026	.026	.030	.030	.036	.030	.030	.030	.036	.030	.030
3	.008	.012	.020	.014	.012	.015	.021	.014	.022	.030	.053	.032	.020	.040	.066	.039	.030	.032	.037	.032	.030	.032	.037	.032	.032
4	.020	.020	.060	.020					.017	.030	.062	.030	.020	.030	.040	.029	.030	.035	.037	.036	.030	.035	.037	.036	.036
5	.008	.015	.028	.015					.025	.030	.062	.032	.019	.030	.054	.028	.026	.042	.057	.039	.026	.042	.057	.039	.039
6	.017	.019	.023	.019													.028	.030	.037	.029	.028	.030	.037	.029	.029
7	.015	.015	.015	.015																					
8	.019	.020	.045	.021																					
9	.015	.020	.024	.019																					
Av.	.015	.018	.030	.018	.018	.020	.033	.022	.021	.029	.057	.029	.017	.026	.046	.026	.029	.034	.041	.033	.029	.034	.041	.033	.033
タイプ 回数	f				c				g				h												
W	B	C	Av.	W	B	C	Av.	W	B	C	Av.	W	B	C	Av.	W	B	C	Av.						
1	.022	.025	.052	.027	.013	.020	.038	.019	.027	.029	.049	.032	.026	.043	.029	.026	.026	.039	.028						
2	.020	.025	.040	.020	.011	.013	.040	.018	.014	.020	.036	.018	.026	.039	.028	.026	.026	.039	.028						
3	.020	.039	.045	.035	.015	.020	.026	.019	.025	.025	.037	.025	.027	.044	.030	.027	.027	.044	.030						
4	.018	.030	.051	.028	.011	.015	.036	.017	.020	.026	.036	.027	.021	.047	.024	.021	.021	.047	.024						
5	.030	.036	.050	.035	.017	.017	.090	.027	.020	.026	.036	.027	.020	.020	.021	.020	.020	.029	.021						
6					.010	.012	.025	.017																	
7																									
8																									
9																									
Av.	.022	.031	.048	.029	.013	.016	.036	.019	.022	.025	.039	.026	.024	.040	.026	.024	.024	.040	.026						

表 4 各種トロール網から得られたDの値とその平均値

Table 4 Measured values and their mean values of D obtained from various types of trawl nets

(mm)

回数 網タイプ	1	2	3	4	5	6	7	8	9	平均
a	3.8	1.1	.95	1.5	1.8	1.5	1.8	2.2	2.6	1.9
a'	3.2	3.3	1.8							2.7
b	3.3	3.4	5.0	4.2	3.2					3.8
c	1.1	1.3	1.8	1.5	1.0	.85				1.3
d	1.2	3.0	2.4	1.6	3.6					2.4
e	.8	.7	.8	.8	.8	.9	.8			0.8
f	1.6	2.4	3.0	2.0	2.2					2.2
g	1.6	.9	.9	1.0						1.1
h	1.3	1.3	1.3	1.2	1.0					1.2

表 5 網の各部分における横方向の目数

Table 5 Numbers of meshes in each parts of net counted in horizontal direction

	目数		
	上縁	下縁	長さ
上袖網	33	70	70
下袖網	21	54	107
天井網	390	230	58
背・腹網	230	66	177
魚捕	82	82	115

素として次の値を採用したとしよう。すなわち $l/m=0.70$, $l/b=0.56$, $m/b=0.80$, $a/b=1.04$, $c/b=0.25$, $d/b=0.39$, $e/b=0.40$, $f/b=0.20$, $(d-c)/b=0.13$ とする。

3) ここで網の全長 $b = \frac{a}{1.04} = \frac{43.8}{1.04} = 42.0\text{m}$ となり, 従って $c=10.6\text{m}$, $d=16.2\text{m}$, $e=16.9\text{m}$, $f=8.7\text{m}$, $d-c=5.6\text{m}$, $l=23.5\text{m}$, $m=33.5\text{m}$ となる。

4) 袖網の $D''/L''=0.015$, 背網の網糸の太さにバランスしたものとしてこの部位の網糸の太さを便宜上, 2.28mm としよう。すると, $L'' = \frac{D''}{0.015} = \frac{2.28}{0.015} = 152\text{mm}$ となる。

5) 魚捕では $D''/L''=0.030$, $D''=2.28\text{mm}$ とすると, $L''=76\text{mm}$ となる。

6) この網型のタイプのいくつかの設計図を参考にし、各部の長さはすでに判っているから、これとバランスするような網の各部位の横の目数を決めると例えば表5のようになる。

2.3 九つの網型 (a~h) の標準設計図の作製

これだけの資料が整備されると、設計図を書くときの若干のルール³⁾を遵重して設計図を引くことが出来る。このようにして九つの網型についてその設計図を画いて示したのが図2である。従ってこれらはそれぞれの網型について一応の標準網と考えてよい。

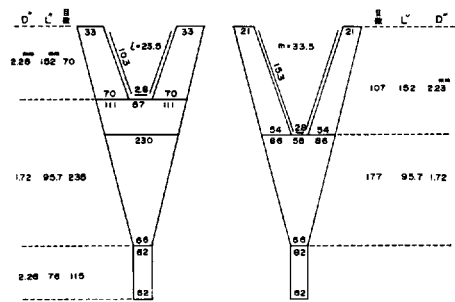


図 2-1 実物網 "a" の設計図

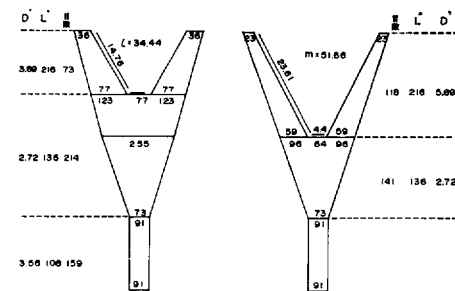


図 2-2 実物網 "a" の設計図

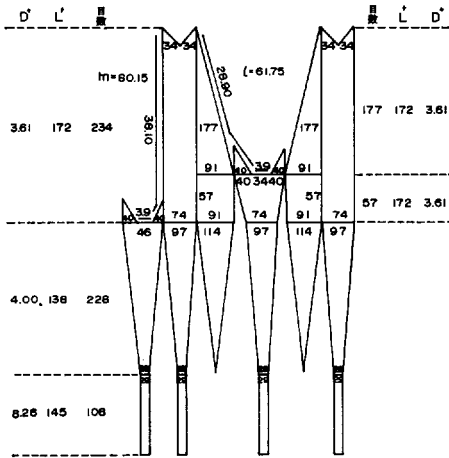


図 2-3 実物網“b”の設計図

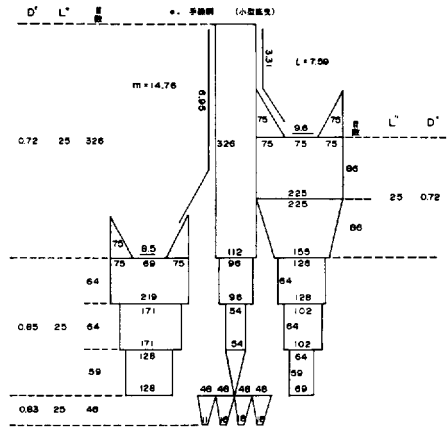


図 2-6 実物網“e”の設計図

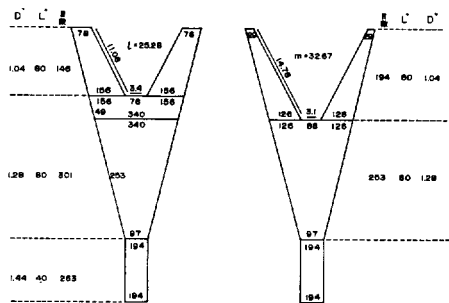


図 2-4 実物網“c”の設計図

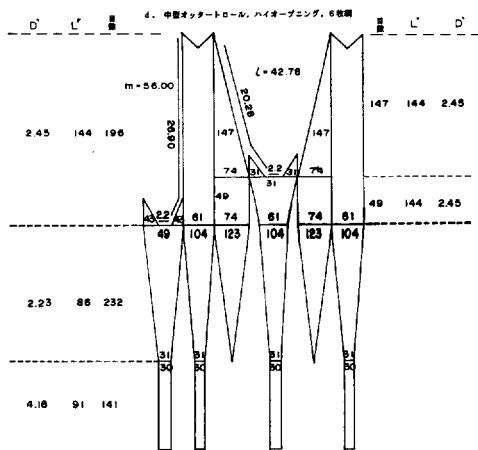


図 2-5 実物網“d”の設計図

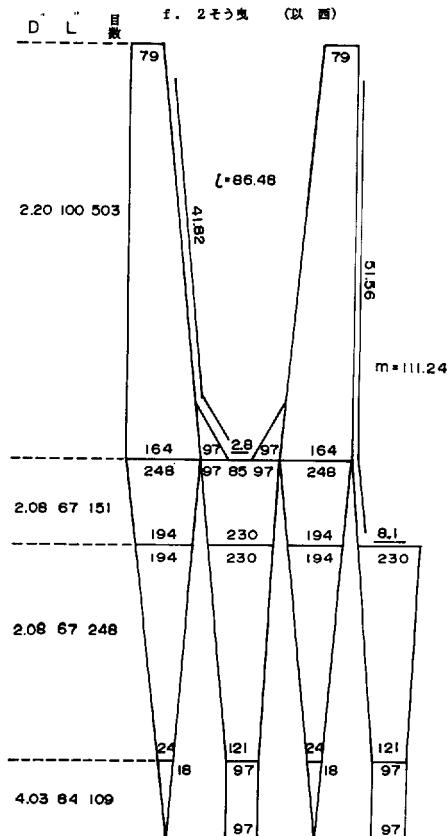


図 2-7 実物網“f”の設計図

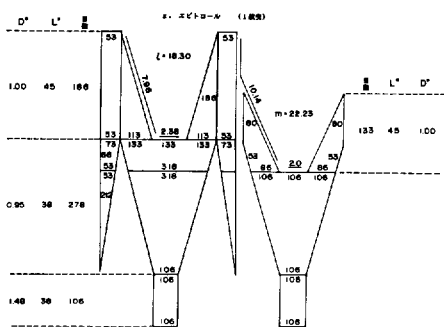


図 2-8 実物網“g”の設計図

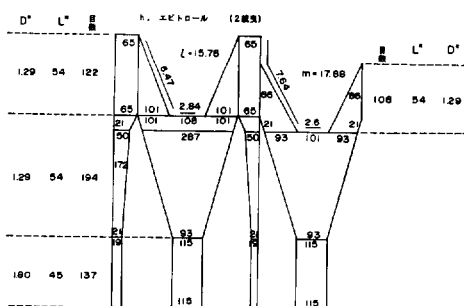


図 2-9 実物網“h”の設計図

図 2 実物網の設計図

Fig. 2 Designs of actual nets

2.4 九つの網型と漁具の大きさに適した船の馬力の計算

必要な船の機関の馬力はそれぞれの網型と網の大きさ(最大胴周 a で代表)が判かると計算で求められる式が示されている⁴⁾。すなわち、 $BHP = a^2 \cdot K \cdot D/L \cdot v^{n+1}$ の式に対し、網型タイプ a の場合は、2枚網、 $v=3$ mile/h なので、 $K=2.81$ 、 $v^{n+1}=1.5^{2.45}=2.69$ 、平均 $D/L=0.018$ だから、BHP は次の式で求めることができる。

$$BHP = 43.8^2 \times 2.81 \times 0.018 \times 2.69 = 260 P.S$$

他の網についても表6に示す係数を用いる。表6の数値を使って BHP を計算した。なお既存の資料からそれぞれの網型の総浮力を出し、沈降力はこの場合、曳行に際し沈子網が浮上しないよう多目にして浮力の2~4倍の範囲で計算し、これら BHP、浮力、沈降力を表7に示した。従ってこの網を曳く漁船はこれらの馬力にふさわしい大きさのものを選べば良い。

3. 模型網および実験方法

3.1 模型網

模型網は田内の比較法則に従って製作された。その計算方法については前稿 2.1 を参照されたい。

表 6 BHP の計算に用いられる係数

Table 6 Coefficients applicable in BHP calculate

網のタイプ	K の値	曳行速度 v	n の値	v^{n+1} の値
a	2.81	1.5m/s	1.45	2.69
a'	2.81	2.0	1.45	5.46
b	2.08	2.0	1.70	6.48
c	2.81	1.5	1.45	2.69
d	2.08	2.0	1.70	6.48
e	1.85	1.0	1.70	1.00
f	0.92	1.5	1.70	2.98
g	2.08	1.0	1.70	1.00
h	5.50	1.0	1.70	1.00

表 7 各網別の BHP、浮力および沈降力

Table 7 BHP, buoyancy of floats and sinking power of sinkers in various types of trawl nets

網のタイプ	BHP	浮力	沈降力
a	260PS	60kg	195kg
a'	1,600	198	677
b	3,308	496	1,494
c	650	42	125
d	987	147	442
e	14	2	8
f	256	251	742
g	42	12	32
h	187	16	41

さて、網型タイプ a について模型網の計算を行なうことにする。ここでは水槽の規模、実験の行ない易さと正確を期して網の最大胴周 $a=1400$ mm とした。実物網の a は $95.7 \times 230 \times 2 = 44022$ mm であるので、スケール比 $\lambda'/\lambda'' = 1400/44022 = 1/31.3$ となる。任意選択として、 $D'/D'' = L'/L'' = 1/7.6$ とした。従って袖網については $L' = 152/7.6 = 20$ mm、 $D' = 2.28/7.6 = 0.3$ mm、 $D'/L' = D''/L'' = 0.015$ となる。実物網の長さの目数は70であるので、模型網の目数は $70 \times 7.6/31.3 = 17$ となる。その他の場所の目数も $7.6/31.3$ を掛けることによって33は8、70は17、21は5、54は13と云うように得られる。

背網については $L' = 95.7/7.6 = 12.6$ mm、 $D' = 1.72/7.6 = 0.22$ mm、 $D'/L' = D''/L'' = 0.018$ とし、実物網に相当する部位の模型網の目数は同じように $7.6/31.3$ を掛けて、235は57、280は68、230は56、66は16と得られる。

魚捕も同様な計算で、 $L' = 10$ mm、 $D' = 0.3$ mm、 $D'/L' = D''/L'' = 0.03$ となり、目数は115は28に、82は20

となる。

実験網の曳行速度は $v'' = v' \sqrt{D'/D''} = v' \sqrt{7.6} = 2.76 v'$ となり、1漣/時=52 cm/sec. であるので、 V'' (漣/時)

$$= \frac{v' \text{ (cm/s)} \times 2.76}{52}$$

で計算される。この網の構成要素

はすでに与えられているので、 $a=140$ cm さえ与えれば他の部位の長さはすぐに求められ、同様に $b=134$ cm, $c=34$ cm, $d=52$ cm, $e=54$ cm, $f=28$ cm, $d-c$

$=28$ cm, $l=75$ cm, $m=107$ cm となる。

これだけの資料が整うと実物網と同じく模型網の設計図を画くことが出来る。このようにして九つの網型についてその模型網の設計図を画いて示したのが図3である。

従って、九つの模型網の各部位の重要寸法は表8に示すようになる。また、表9には、この実験に当って丸括弧の数字で番号を示す手持 (たまたまこれだけの種類し

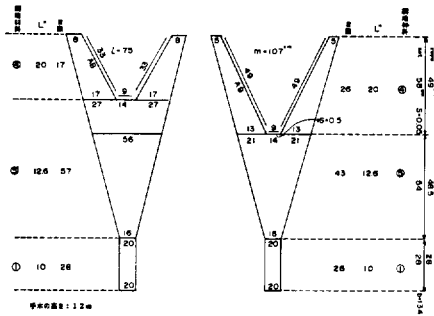


図 3-1 模型網 "a" の設計図

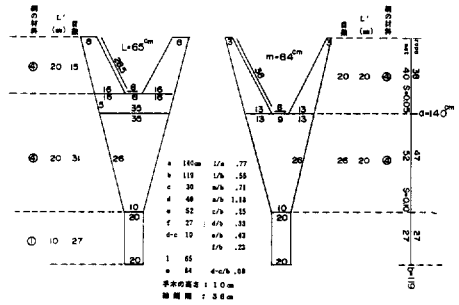


図 3-4 模型網 "c" の設計図

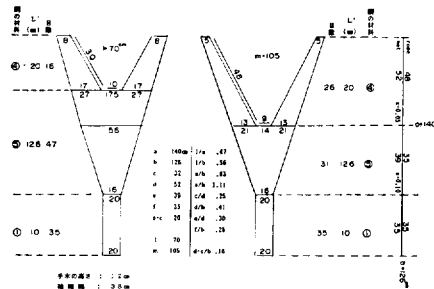


図 3-2 模型網 "a'" の設計図

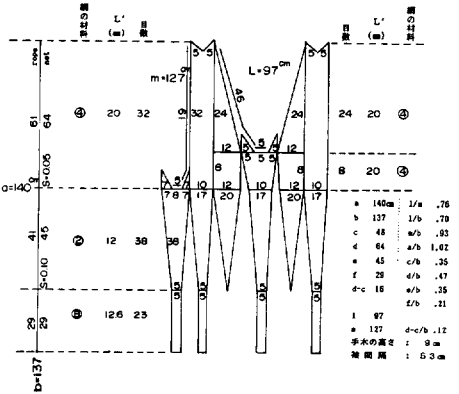


図 3-5 模型網 "d" の設計図

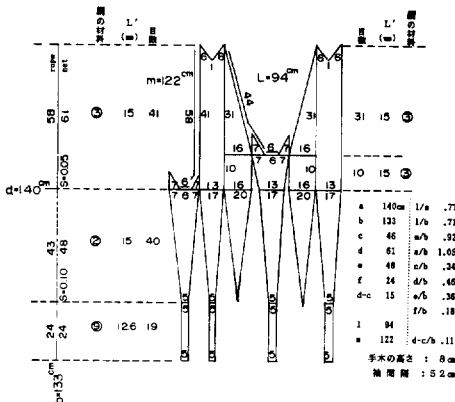


図 3-3 模型網 "b" の設計図

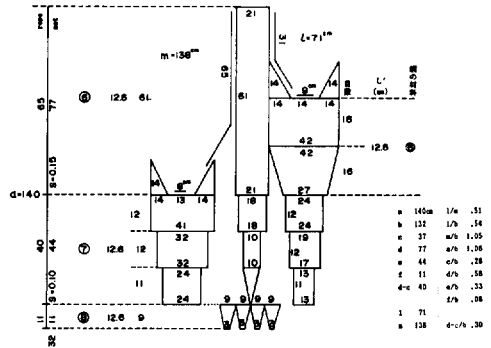


図 3-6 模型網 "e" の設計図

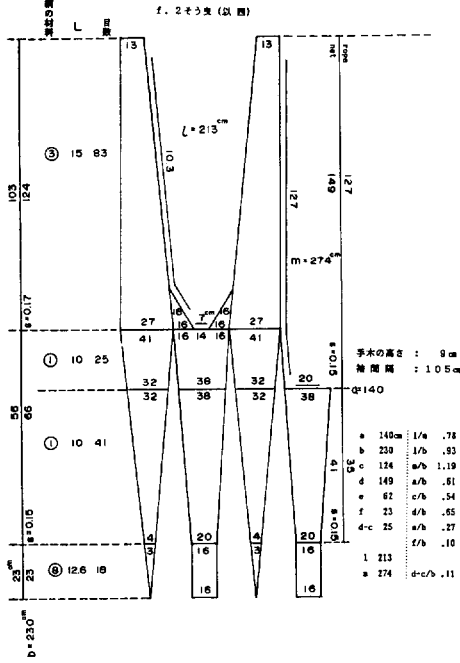


図 3-7 模型網“f”の設計図

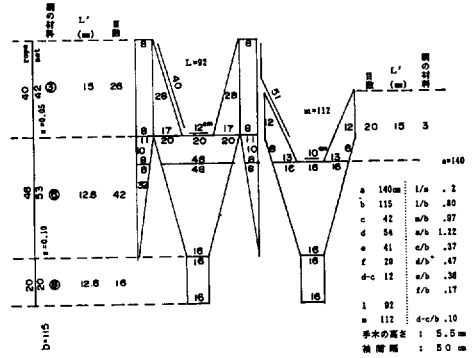


図 3-8 模型網“g”の設計図

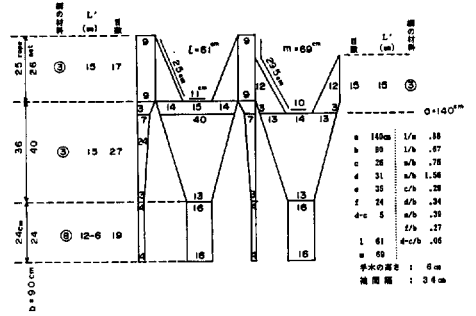


図 3-9 模型網“h”の設計図

図 3 模型網の設計図

Fig. 3 Designs of model nets “a”

表 8 模型網の各部位の重要寸法

Table 8 Main dimension of each parts of model net

(cm)

網のタイプ 各部位	a	a'	b	c	d	e	f	g	h
a	140	140	140	140	140	140	140	140	140
b	134	126	133	119	137	132	230	115	90
c	34	32	46	30	48	37	124	42	26
d	52	57	61	40	64	77	149	54	31
e	54	39	48	52	45	44	62	41	35
f	28	35	24	27	29	11	23	20	24
d-c	18	20	15	10	16	40	25	12	5
l	75	70	94	65	97	71	213	92	61
m	107	105	122	84	127	138	274	112	69

か都合がつかなかった)の模型網の材料について、それらのD, Lの組合せ及びD/Lの値が記載されている。

各種模型網についてはすでにD/Lが計算されているので、その値にふさわしい材料を表9の手持の材料から選んだところ、表10にみられるように、網の部位別の模型材料の割り当て表(表10)ができた。図3の設計図の

中で示した丸括弧の数字はこの表9、表10の数字に対応するものであって、参考のため記入しておいたものである。

最終的にこれら九つの網型の模型網を作製するに当たっての必要な要素を網羅すると、表11に示すものとなる。

3.2 実験方法

表9 模型網における材料の番号と D/L の値Table 9 Symbols of net material and D/L values in model nets

$L \backslash D$	0.25mm	0.325mm	0.36mm	0.40mm	0.53mm	0.74mm
10mm	—	① .032	—	—	—	—
12mm	—	② .027	—	—	—	—
12.6mm	⑤ .020	—	⑥ .028	⑦ .032	⑧ .042	⑨ .058
15mm	—	③ .022	—	—	—	—
20mm	—	④ .016	—	—	—	—

表10 模型網の各部位に用いられた材料番号と目合

Table 10 Symbols of net material and mesh size in each part of model net (mm)

網タイプ 部 位	a	a'	b	c	d	e	f	g	h
袖 網	④ 20	④ 20	③ 15	④ 20	④ 20	⑥ 12.6	③ 15	③ 15	③ 15
背・腹網	⑤ 12.6	⑤ 12.6	② 12	④ 20	② 12	⑦ 12.6	① 10	⑥ 12.6	③ 15
魚 捕	① 10	① 10	⑨ 12.6	① 10	⑧ 12.6	⑧ 12.6	⑧ 12.6	⑧ 12.6	⑧ 12.6

実験方法については前稿の2.2実験方法の中に記載されているので、ここではその説明を省略することにする。

4. 実験結果

4.1 九つの網型からなる底曳網の模型実験結果

実験で得られた測定値から、模型網の数値を実物網のそれにすべて換算して各網型別に網高さ h (m) と流速 v (湊/時)、網抵抗 R (kg) と流速 v (湊/時) の関係を図4に示した。

4.1.1 網の高さ

相互によく似た関係の網について網の高さを比較してみることにする。

1) a 網(中型オッターコントロール, 2枚網)と c 網(中型オッターコントロール, ハイオープンング, 2枚網)の比較

両者の構成要素と曳行速度3湊/時での h の値, R の値を表12に示した。網高さは3湊/時で両者とも2.6mを示している。本来 c 網は網を上下に拡げて半回游性のもも漁獲しようという趣向であるので、 a 網よりも網高さが高い筈であると思われたが、この実験では両者の値は同じであった。この理由は a/b の値からして c 網は a 網より少しやせているためであろうと思われる。

2) c 網(中型オッターコントロール, ハイオープンング, 2枚網)と d 網(中型オッターコントロール, ハイオープンング, 6枚網)の比較

両者の構成要素と曳行速度3湊/時での h の値, R の値を表13に示した。網高さは3湊/時で d 網(6枚網)

は c 網(2枚網)より明らかに高いことから、網枚数の効果が現われていることが判る。

3) a' 網(大型船尾トロール, 2枚網)と b 網(大型船尾トロール, 6枚網)の比較

両者の構成要素と曳行速度3湊/時での h の値, R の値を表14に示した。網高さは3湊/時で b 網(6枚網)は a' 網(2枚網)より明らかに高いことから、網の枚数の効果が現われていることが判る。

4) e 網(手繰網), g 網(エビトロール, 1統曳), h 網(エビトロール, 2統曳)の比較

三者の構成要素と曳行速度2湊/時での h の値, R の値を表15に示した。

三者とも網高さは曳行速度が遅いにもかかわらず他の網に比べ非常に低い。 e 網は特に低く2湊/時で1m内外の高さを示すに過ぎない。この網は沈子網に比べて浮子網が非常に短かく、そのために天井網が突出している。つまり低速においてオッターボードなしに網を或程度拡げて魚を漁獲するため長くて広い天井網を具えている趣向の網である。従って網高さは犠牲にされるので、エビや底棲の魚は獲れるが遊泳力のある魚を獲ることは難しい。

g 網と h 網の比較では網高さはほぼ同じ位で、しかも低い。エビを漁獲するのに網高さは1m内外で充分漁獲可能⁵⁾であるので、この実験での網高さでよいと思われる。 h 網は g 網に比べ最大胴周 a が大きいので横に拡がり易い構成となっている。そして操業上の便宜のため、オッターボードは直に袖網に連結しているのが特

表 11 模型網作製に当って決められた基本要素の寸法
Table 11 Dimension of basic factors in making model nets

網型の符号	D/L の 値			曳網速度 (m/s)	a の値 (最大胴周) (m)	スケールの比 λ'/λ''	日合・糸の太さ比 $D'/D'' = L'/L''$	力の比 F'/F''	浮子網の長さ l (cm)	*1 浮子の数	浮力 (模型網) (gr)	浮力 (実物網) (kg)	沈子網の長さ m (cm)	沈子の数	沈降力 (模型網) (gr)	沈降力 (実物網) (kg)	*3 実験条件 速度の比 V'/V''
	袖網	背網	魚捕全体平均														
a	.015	.018	.030	1.5	43.8	1/31.3	1/7.6	1/7,445	75	29	8.12	60.4	107	75	26.25	195.4	1/2.76
a'	.018	.020	.033	2.0	68.9	1/49.2	1/10.8	1/26,143	70	27	7.56	197.6	105	74	25.90	677.1	1/3.28
b	.021	.029	.057	2.0	92.0	1/65.7	1/11.5	1/49,639	94	36	10.00	496.4	122	86	30.10	1,490	1/3.39
c	.013	.016	.036	1.5	54.5	1/38.9	1/4	1/6,052	65	25	7.00	42.3	84	59	20.65	124.9	1/2
d	.017	.026	.046	2.0	62.1	1/44.4	1/7.2	1/14,193	97	37	10.36	147.0	127	89	31.15	442.1	1/2.68
e	.029	.034	.041	1.0	15.0	1/10.7	1/2	1/229	71	27	7.56	1.7	138	97	33.95	7.8	1/1.41
f	.022	.031	.048	1.5	56.8	1/40.6	1/6.7	1/11,044	213	81	22.68	250.5	274	192	67.20	742.1	1/2.59
g	.022	.025	.039	1.0	27.9	1/19.9	1/3	1/1,188	92	35	9.80	11.6	112	78	27.30	32.4	1/1.73
h	.024	.024	.040	1.0	36.2	1/25.9	1/3.6	1/2,415	61	23	6.44	15.5	69	48	16.80	40.5	1/1.90

*1 1 個の浮子の浮力=0.28 gr

*2 1 個の沈子の沈降力=0.35 gr (空中重量で代行)

*3 $V'/V'' = \sqrt{D'/D''}$ とする

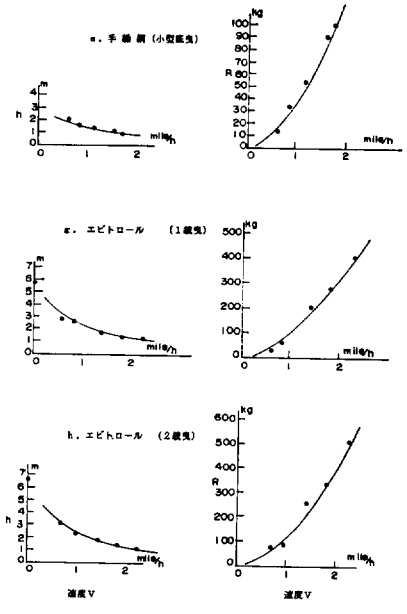
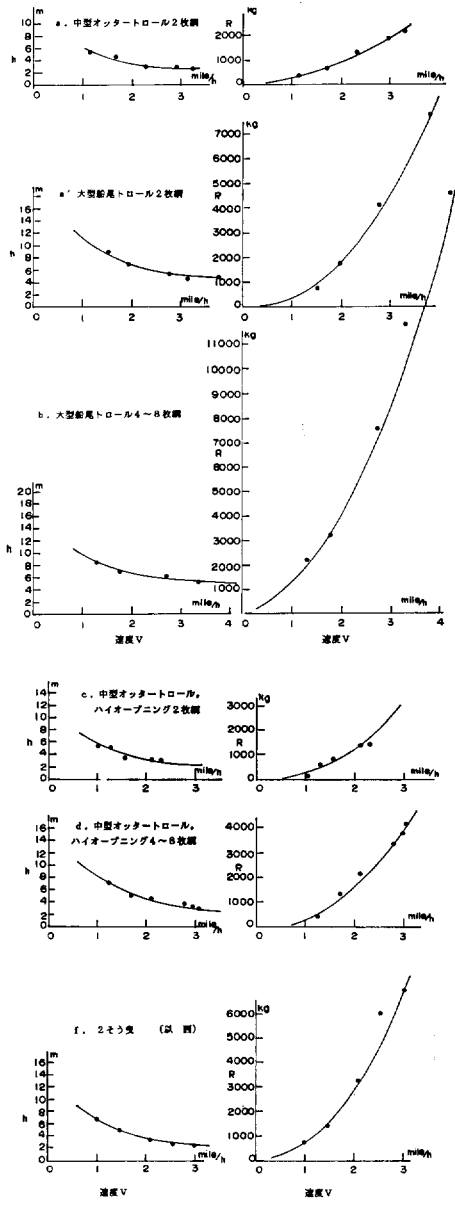


図4 網高さと流速および網抵抗と流速の関係

Fig. 4 Relationship between net height and towing speed and relationship between resistance of net and towing speed

徴である。

5) c網 (中型オッターロール, ハイオープンング, 2枚網) と f網 (2そう曳網) の比較

両者の構成要素と曳行速度3唎/時での h の値, R の値を表16に示した。c網とf網とは最大胴周 a の長さはほぼ同じであるが, 全長 b, 浮子網長 l, 沈子網長 m は f網が c網よりはるかに長い。しかし網高さは同じであった。f網は長い袖網を用いて網の横巾を大きくとって掃海面積を広くとる構造になっていることが判かる。

4.1.2 網の抵抗

前稿の実験1~実験22を通じ,

- ① 実験15においては網抵抗 R は最大胴周 a が一定であると網の全長 b には影響されないこと,

表 12 a網とc網との網構成の比較

Table 12 Detailed comparison with net construction between net a and net c

項目	λ'/λ''	a	b	l	m	a/b	l/b	m/l	h (3唎/時)	R (3唎/時)
a網 中型オッターロール, 2枚網	1/31.3	43.8m	41.9	23.5	33.5	1.07	.63	.83	2.6m	2,000kg
c網 中型オッターロール, ハイオープンング, 2枚網	1/38.9	54.5	46.3	25.3	32.7	1.18	.58	.74	2.6	3,300

表 13 c 網と d 網との網構成の比較

Table 13 Detailed comparison with net construction between net c and net d

項 目	λ'/λ''	a	b	l	m	a/b	l/b	l/m	h (3漚/時)	R (3漚/時)
c 網 中型オッタートロール, ハイオープンング, 2枚網	1/38.9	54.5m	46.3	25.3	32.7	1.18	.58	.74	2.6m	3,300kg
d 網 同上, 6枚網	1/44.1	62.1	60.8	43.0	56.4	1.02	.69	.87	3.2	4,000

表 14 a' 網と b 網との網構成の比較

Table 14 Detailed comparison with net construction between net a' and net b

項 目	λ'/λ''	a	b	l	m	a/b	l/b	l/m	h (4漚/時)	R (4漚/時)
a' 網 大型船尾トロール, 2枚網	1/49.2	68.9	62.0	34.4	51.6	1.12	.60	.83	4.3m	8,800kg
b 網 同上, 6枚網	1/65.7	92.0	87.4	61.7	80.1	1.06	.68	.85	5.0	15,000

表 15 e 網, g 網および h 網の比較

Table 15 Detailed comparison with net construction among net e, net g and net h

項 目	λ'/λ''	a	b	l	m	a/b	l/b	m/b	h (2漚/時)	R (2漚/時)
e 網 手繰網	1/10.7	15.0	14.1	7.6	14.7	1.06	.58	.86	0.9m	120kg
g 網 エビトロール, 1統曳	1/19.9	27.9	22.9	18.3	22.3	1.22	.84	1.02	1.4	350
h 網 同上, 2統曳	1/25.9	36.2	23.3	15.8	17.9	1.56	.72	.82	1.3	400

表 16 c 網と f 網との網構成の比較

Table 16 Detailed comparison with net construction between net c and net f

項 目	λ'/λ''	a	b	l	m	a/b	l/b	m/b	h (3漚/時)	R (3漚/時)
c 網 中型オッタートロール, ハイオープンング, 2枚網	1/38.9	54.5	46.3	25.3	32.7	1.18	.58	.74	2.6m	3,300kg
f 網 2 そう曳 (以西)	1/40.6	56.8	93.4	86.5	111.2	.61	.93	1.19	2.6	7,000

② 実験14では b が一定なら, a/b の値は大きいものほど R が大きくなること,

③ 実験14~実験19においては R/a^2 と v との間には $R/a^2 \propto v^n$ の関係が成立すること

④ 実験20~実験22では $\frac{R}{(D/L) \cdot a^2}$ と v との間には

$\frac{R}{(D/L) \cdot a^2} \propto v^n$ の関係が成立すること,

などが判った。

一般にトロールでは網の抵抗 R は

$$R = \frac{1}{2} C_x \rho \frac{D}{L} S v^n$$

と表わされる⁶⁾。ここで ρ は水の密度, S は網の面積, C_x は抵抗係数である。トロール網の抵抗は b には影響を受けないという上述の結果から, b を考えずに $S = k'a^2$ とおくと

$$R = k \frac{D}{L} a^2 v^n$$

となる。但し, R : 網の抵抗 (kg), a : 最大胴周 (m), v : 曳網速度 (m/sec) とする。

さて, この九つの網型のうち, 網の構成要素が普通の網型に比べ特殊である c 網と f 網とを除いた七つの網型について, 網の構造で2枚網のものと4~8枚網 (この実験では6枚網) のものとの二つのグループに分けて網の抵抗 R について考えることにする。実験値から実物網

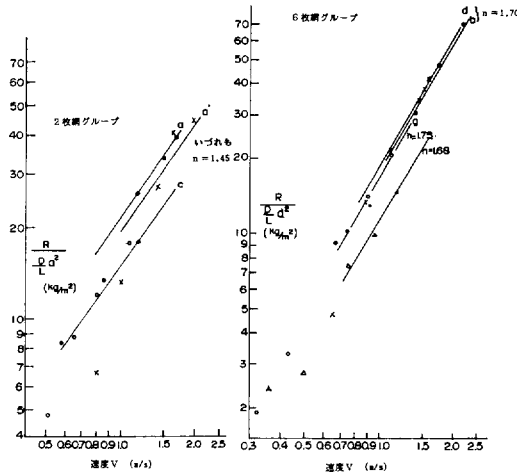


図5 $\frac{R}{(D/L) \cdot a^2}$ と流速の関係

Fig. 5 Relationship between $\frac{R}{(D/L) \cdot a^2}$ and towing speed

の値に換算した上で $\frac{R}{(D/L) \cdot a^2}$ の値を計算して表17に示す。

2枚網と6枚網の二つのグループ別に、 $\frac{R}{(D/L) \cdot a^2}$ と v との関係を求めるため、これらの値を両対数方眼紙上にプロットしたものが図5である。

図を見ると、明らかにどちらのグループも

$$\frac{R}{(D/L) \cdot a^2} \propto v^n$$

で表わされ、2枚網のグループでは $n=1.45$ 、6枚網グループでは $n=1.70$ であることが判明した。前稿の実験14～実験22を通じても同じ値の n が得られている。

$$R = k(D/L)a^2v^n$$

と書くと、2枚網グループでは a 網と a' 網が近似しているため、この両者から $k=27\sim30$ 、6枚グループでは d 網、 b 網、 g 網を一諸にしたときは $k=17\sim19$ となる。著者が数多くの底曳網の抵抗を算定するに当たって基礎とした式は⁶⁾、

$$2 \text{ 枚網では } R = 27.0(D/L)a^2 \cdot v^{1.45}$$

$$4 \sim 8 \text{ 枚網では } R = 20.0(D/L)a^2 \cdot v^{1.70}$$

であるが、この2式はこの実験の結果とも殆んどよく一致しており、上記の式の妥当性が確認されている。

4.2 底曳網以外の中層曳網の実験結果

これまで実験して来た九つの網型は底曳網であるが、

表17 網の抵抗の計算結果

Table 17 Results of calculation on resistance of net

• 2枚網のグループ					
a 網 ($a=43.8\text{m}$, $D/L=.018$ (平均))					
v (m/s)	.58	.86	1.18	1.50	1.68
R (kg)	335	596	1,325	1,839	2,218
$\frac{R}{(D/L)a^2}$ (kg/m ²)	9.71	17.2	38.4	53.3	64.3
a' 網 ($a=68.9\text{m}$, $D/L=.022$)					
v (m/s)	.80	1.00	1.42	1.62	1.97
R (kg)	753	1,778	4,235	7,084	7,869
$\frac{R}{(D/L)a^2}$ (kg/m ²)	7.26	17.0	40.5	67.8	75.3
c 網 ($a=54.4\text{m}$, $D/L=.019$)					
v (m/s)	.51	.65	.81	1.09	1.18
R (kg)	278	569	847	1,373	1,385
$\frac{R}{(D/L)a^2}$ (kg/m ²)	4.9	10.1	15.1	24.4	24.6
• 6枚網グループ					
b 網 ($a=92.0\text{m}$, $D/L=.029$)					
v (m/s)	.67	.91	1.40	1.75	2.17
R (kg)	2,283	3,226	7,594	11,864	17,224
$\frac{R}{(D/L)a^2}$ (kg/m ²)	9.27	13.1	30.8	48.2	70.0
d 網 ($a=62.1\text{m}$, $D/L=.026$)					
v (m/s)	.65	.88	1.10	1.44	1.58
R (kg)	482	1,376	2,185	3,420	4,215
$\frac{R}{(D/L)a^2}$	4.8	13.7	21.8	34.2	48.4
g 網 ($a=27.8\text{m}$, $D/L=.026$)					
v (m/s)	.32	.43	.74	.91	1.12
R (kg)	38	66	208	287	418
$\frac{R}{(D/L)a^2}$ (kg/m ²)	1.9	3.3	10.3	14.2	20.2
h 網 ($a=36.3\text{m}$, $D/L=.026$)					
v (m/s)	.36	.50	.75	.96	1.17
R (kg)	82	96	256	343	509
$\frac{R}{(D/L)a^2}$ (kg/m ²)	2.4	2.8	7.5	10.0	14.9

これ以外の特殊な網型としては中層に遊泳する魚を目的とする曳網がある。

4.2.1 中層トロール

この実験で用いた中層トロール網は、普通に見られる網であって、10枚網から成っている。浮子網長 23.4 m

の実物網について、 $\lambda'/\lambda''=1/30$, $D'/D''=1/10$ の模型網が用いられた。この模型網の設計図を図6に示す。

網の構成要素は $l/m=0.91$, $l/b=0.30$, $m/b=0.32$, $a/b=1.45$, $c/d=0.17$, $e/b=0.64$, $f/b=0.19$, $(d-c)/b=0.03$ となっている。特に e/b が大きい値を示すのは身網の長さが非常に長いためであり、 l/m が1に近く、2本の下部曳網に主錘が1個ずつ付いているなどが中層トロール網の構造的特徴と云えよう。浮力 50 gr 、沈降力を 339 gr とし、浮子網の両先端の間隔を 45 cm (浮子網長の57%) にして実験を行なった。なお、下部曳網に袖端から 43 cm のところに 12.36 gr の重錘を左右に1個ずつ付けた。片側3本のハンドロープは上から 170 cm , 170 cm , 203 cm ($=160\text{ cm}+43\text{ cm}$) とし、その先端を1個所にまとめた。

曳網中の網の姿勢は $v=24\text{ cm/sec}$ で網口の垂直の高さ h は 90 cm を示した。流速を増せば、浮子網の長さは決まっているので浮子網の両先端の間隔はあまり変化はないが、網地は急速に横にふくれ出し、同時に h は急激な減少を示す。そして、 $v=70\text{ cm/sec}$ で 40 cm ほどになる。速度を増すにつれて、網全体は次第に上方に移動し、網の形もそれなりのふくらみで安定する。横から見た網の形を図7に示す。

また、図8には $h\sim v$, $R\sim v$ の関係を示した。図から判るように、流速が 70 cm/sec では下部曳網に付けた主錘付ロープはほぼ一直線となり、その伸びた分だけ腹網

が後方に引っ張られた始好となり、網地下方に余分のしわが生じて来る。この状態では網前方にあるロープは狭まっているので、魚群の駆集にもあまりよい効果はない

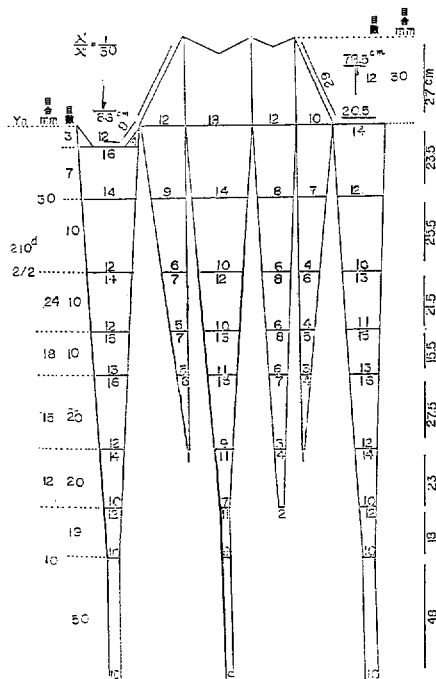


図6 中層トロールの設計図
Fig. 6 Design of mid-water trawl net

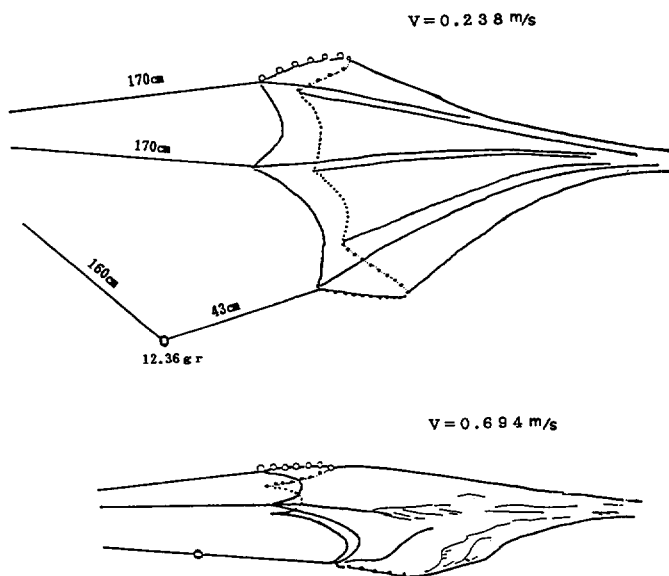


図7 中層トロールの水中形状
Fig. 7 Net shape of mid-water trawl net in water

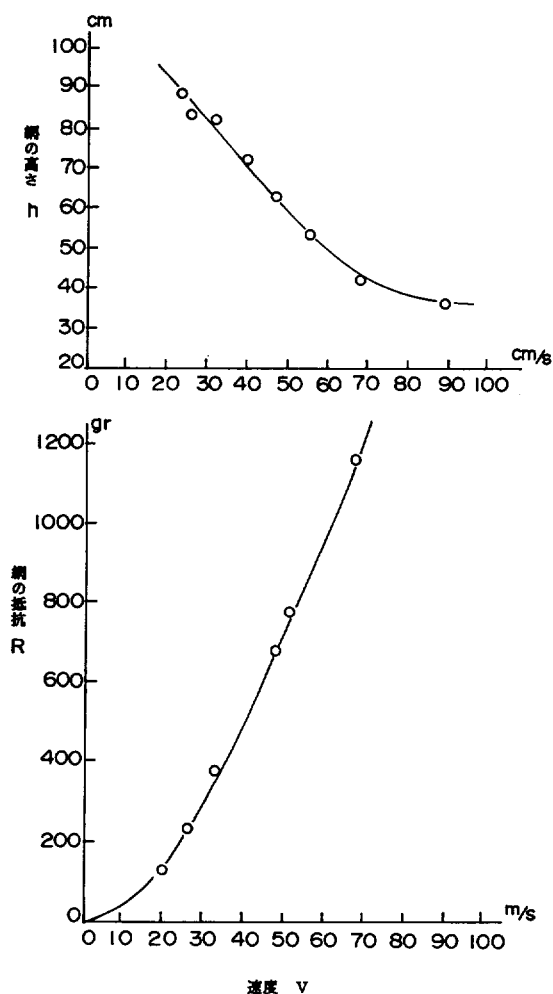


図8 網高さと流速および網抵抗と流速の関係(中層トロール)

Fig. 8 Relationship between net height and towing speed and relationship between resistance of net and towing speed (mid-water trawl net)

ように思われる。

4.2.2 ロープトロール

4枚網の設計からなるロープトロールとは、中層トロールの改良型ともいえるものである。トロール網の前方に袖網の延長に代るものとして何本かのロープを使用する設計のものである。この実験では浮子網長118mの実物網について、その $\lambda'/\lambda''=1/100$, $D'/D''=1/10$ の模型網が用いられた。その模型網の設計図を図9に示す。

網の構成要素は $l/m=1.00$, $l/b=0.56$, $m/b=0.56$, $a/b=1.14$, $c/b=0.29$, $e/b=0.41$, $f/b=0.30$, $(d-c)/b=0$ になった。中層トロールの一種であるので $l/m=$

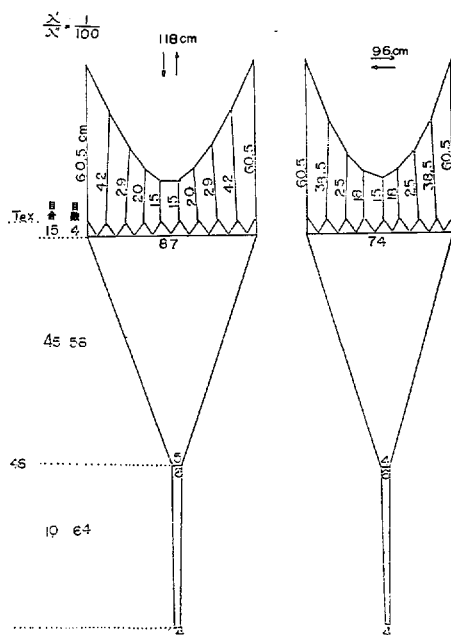


図9 ロープトロールの設計図

Fig. 9 Design of rope trawl net

1.00 が特徴となる。

なお、模型網を製作する場合、模型網と実物網のロープの数を等しくし、材料は同じナイロンを用いた。浮子50 gr, 沈降力33 gr, 浮子網の両先端の間隔を48 cm(浮子網の40%)と39 cm(浮子網の33%)の2種類として実験を行なった。なお、下部曳網に袖端から43 cmのところから24.6 grの重錘を左右1個ずつ取り付け、片側2本のハンドロープは上から170 cm, 203 cm(=160 cm+43 cm)として、その先端を1個所にまとめた。

この網は網口の前方に何本かのロープを適当な間隔で進行方向とはほぼ平行に取り付け、ロープのカバーする面積にあたかも網の延長が袖網として存在していることを想定し、それに代わる効果を期待したものである。網に比較してロープの場合なら流水抵抗が少なくてすむので、魚群に対する駆集効果が期待できるとすれば有効な方法となり得るので、近年ヨーロッパやソビエトなどで使用され始めて来た。この実験では曳網中における網とロープの姿勢およびその安定性を注目して観察した。

曳網中の網の姿勢は $v=24$ cm/sec で網口の垂直の高さ $h=90\sim 100$ cmを示した。流速を増すと h は急速に減少し、 $v=70$ cm/sec で40 cmほど下る。浮子網の両先端の間隔39 cmと48 cmの場合の比較をするため、 $h\sim v$, $R\sim v$ の関係を図10に示す。なお、網の横から見

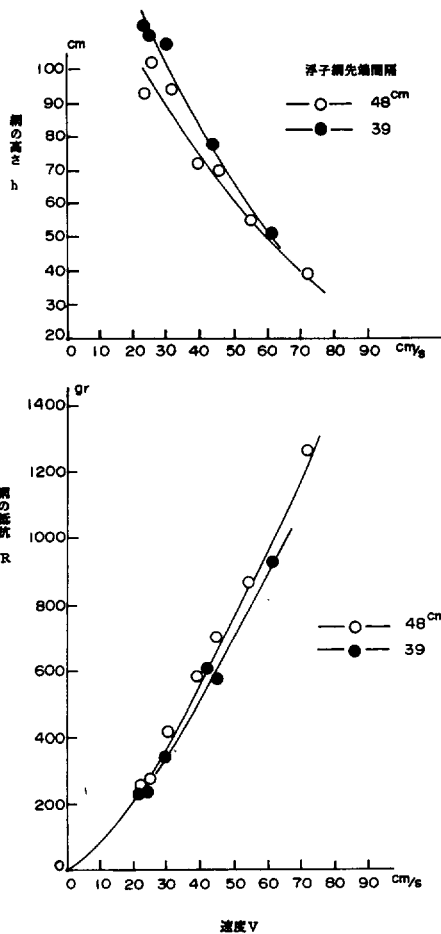


図 10 網高さと流速および網抵抗と流速の関係 (ロープトロール)

Fig. 10 Relationship between net height and towing speed and relationship between resistance of net and towing speed (rope trawl net)

た形を図11に示す。

図を見ると、流速が24 cm/secで網の形は傘を開いたような形で網口を拡げ、網前方のロープ類も相互に程よく緊張して開き、ロープ相互の間隔も適当に開いており、袖網の代用を果たせるような感じを受ける。しかし、魚群が実際にどのような反応を見せるかは判明しない。流速が45 cm/secでは腹網が多少後方に引っ張られる形が出て来る。流速がさらに速くなるとこの傾向はさらに進む。これと同時にロープ類のカバーする面積はだんだん狭くなって来て、その断面積は本来の網の網口の断面積とあまり変らなくなる。ロープの長さ、本数、取

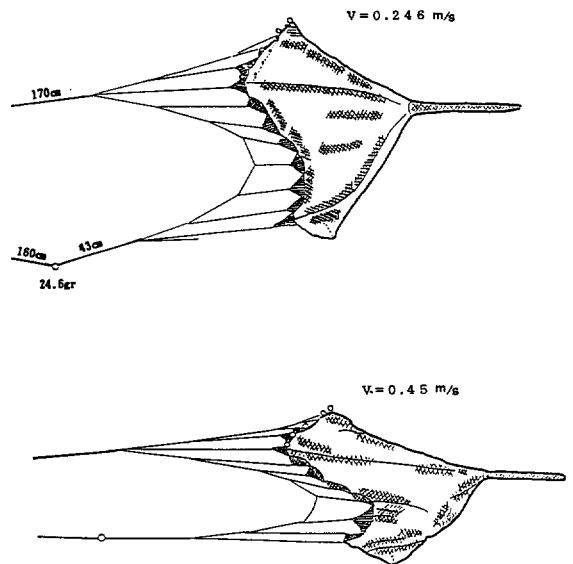


図 11 ロープトロールの水中形状
Fig. 11 Net shape of rope trawl net in water

り付け位置、相互のバランス等によってはロープ全体の姿勢も変わるので、最も適当な値を今後実験的に調べて行く必要があると思われる。この点、中層トロールに関する今回の報告は予備的な実験結果の段階に留まっている。

5. 結 語

組織的に整理した既存の資料を基にして、全体で11種類の曳網の網型について模型実験を行なった。そして、各網型に関する実験結果を相互に比較して、各網型の特徴を浮き彫りにした。

最後に、前稿・本稿における一連の本実験に当っては昭和51年より昭和57年に至る期間、国際協力事業団 神奈川国際水産研修センターに來日、研修された毎年の海外研修員 (沿岸漁具漁法コース) と上原玄之助・浜村一夫氏とに参加・協力をいただいた。また前稿・本稿に使用した原図は小嶋良子氏に製作していただいたものである。ここに改めて関係諸氏に深甚の謝意を表する次第である。

参考文献

- 1) 大沢要一・小山武夫・野村正恒・森敬四郎・田原陽三・千賀和雄：模型網実験による曳網の漁具構成に関する基礎研究，水工研報告 8号，1987

- 2) M. Nomura : Analyzation of the elemental factors of trawl net construction, Fishing Techniques (2), p.126~128, 1981, JICA
- 3) M. Nomura : Explanation of technical terms used in the table, Fishing Techniques (2), p 66, 1981, JICA
- 4) M. Nomura : Calculation of engine horse power, Fishing Techniques (2), p.60, 1981, JICA
- 5) M. Nomura : Formula denoting net resistance, Fishing Techniques, p.58~59, 1981, JICA
- 6) H. Miyamoto : Establishment of a fishing gear research laboratory, FAO, No. TA 2599, 1968

Study on Standard Net Designs for Various Types of Trawl Nets by Model Experiment

By

Yoichi OSAWA and Takeo KOYAMA

Masatsune NOMURA, Keshiro MORI, YOZO TAWARA and KAZUO SENGÅ

Summary

Statistical analysis was made on the elemental factors of trawl net construction and fixed values were given to the elemental factors on nine types of trawl nets as shown in table 1. Nine types of model nets were constructed and experimented to compare the efficiency of them.

Thus, the interesting facts were revealed in repetitive cases.

As for net resistance, two groups were experimentally ascertained. In case of the net which is made of 2 pannels of netting, the net resistance can be denoted as $R=27.0 \cdot (D/L) \cdot a^2 \cdot V^{1.45}$.

In case of the nets which are made of 4~8 pannels of netting, the net resistance can be denoted as $R=20.0 \cdot (D/L) \cdot a^2 \cdot v^{1.70}$.

Here, R is the resistance expressed by kilogram, a is the maximum stretched circumference of net body expressed by meter, D is the diameter of netting cord expressed by milimeter, L is the streched length of a mesh expressed by milimeter and v is towing speed expressed by meter/sec..