

オッターボードの研究

多翼型オッターボードの性能について

今井健彦・小山重美*

Studies on the Otter Board

Performance of the Multi-plane Otter Board

Takehiko IMAI, Shigemi OYAMA*

Abstract

Studies on midwater otter boards which are mainly composed of Wing board (Larsson's Phantom trawl), Dualfin board (British Columbian trawl), Hydrofoil otter board (Süberkrüb) and Bie-plane otter board (Kobayashi), are comparatively recent development.

This paper deals with the performance of multi-plane otter board, whose structure is similar to that of a paravane-shearing-board.

The model experiments were carried out on sea and at circular tank. The model was made with galvanized iron-plate (0.48 mm in thickness), dimension of the model being 23.4 cm in length, 21.7 cm in width, and 225 g in weight, respectively.

The results obtained are as follows;

1. The critical attack angle of the multi-plane otter board was determined to be 25.5 degrees.
2. Through the results of fig. 6 the relationship between lift-force and towing-speed, and, between drag-force and towing speed may be expressed in the following empirical formulas.

$$L=42.7V^{1.99}$$

$$D=34.4V^{2.05}$$

3. The ratio of lift and drag in the multi-plane otter board was ascertained to be 1.28, which shows the intermediate value between the upright type otter board ($C_L/C_D=1.85$), and the ordinary one ($C_L/C_D=0.8$).

中層曳網のオッターボードの研究は比較的歴史が浅く、戦後一艘曳中層トロール漁法が着目され開発された。代表的なものとして、Phantom Trawl の Wing board¹⁾、British Columbian trawl の Dual-fin board²⁾、Süberkrüb の Hydrofoil otter board³⁾、小林等の複葉型オッターボード⁴⁾等があり、その性能について発表され、あるものは実用化されている。アイスランドの Breidfjord trawl⁵⁾、ソビエト連邦共和国の中層トロール⁶⁾では底曳と同型のオッターボードが用いられており、我国でも操業の煩雑さを避けるために底曳と兼用のオッター

* 鹿児島大学水産学部漁学研究室 (Laboratory of Fishing Technology, Faculty of Fisheries, Kagoshima University)

ボードが研究されてきた。一方高山等⁷⁾は底曳用オッターボードを中層曳に用いた場合について海上実験し、オッターボードの性能を示す揚力係数 C_L と抗力係数 C_D の比が中層曳網の場合小さくなることを報告している。

著者等は掃海に用いられている展開器に着目し、多翼型オッターボードの模型を作製して、実験的にその性能について検討したので報告する。

実験装置と実験方法

1. 模 型

模型実験に用いた多翼型オッターボードは、現在掃海に用いられている展開器と似た構造のものである。模型(全長 23.4cm, 全幅 21.7cm)は縮尺1/6とし、厚さ 0.48mm の亜鉛メッキ鉄板で作製した。Fig. 1 に示す通りアスペクト比5.07の翼型平板 4枚を60度の内方傾斜をもった平板に等間隔にはんだ付けした。総重量225g(水中重量 194g)、翼の弦長 21cm, 幅 3.8cm で各翼は40.5度の角度をもつ。前端と後端はブライドルチェン(長さ 25.5cm, 環数49個, アルミ製)で連結し, 上下のブライドルチェン間に曳索取付金具(アルミ製)を釣用のスナッフックで取付けた。尚曳索は手釣用のみち糸(ナイロン編糸, dia 1.25mm)を用いた。

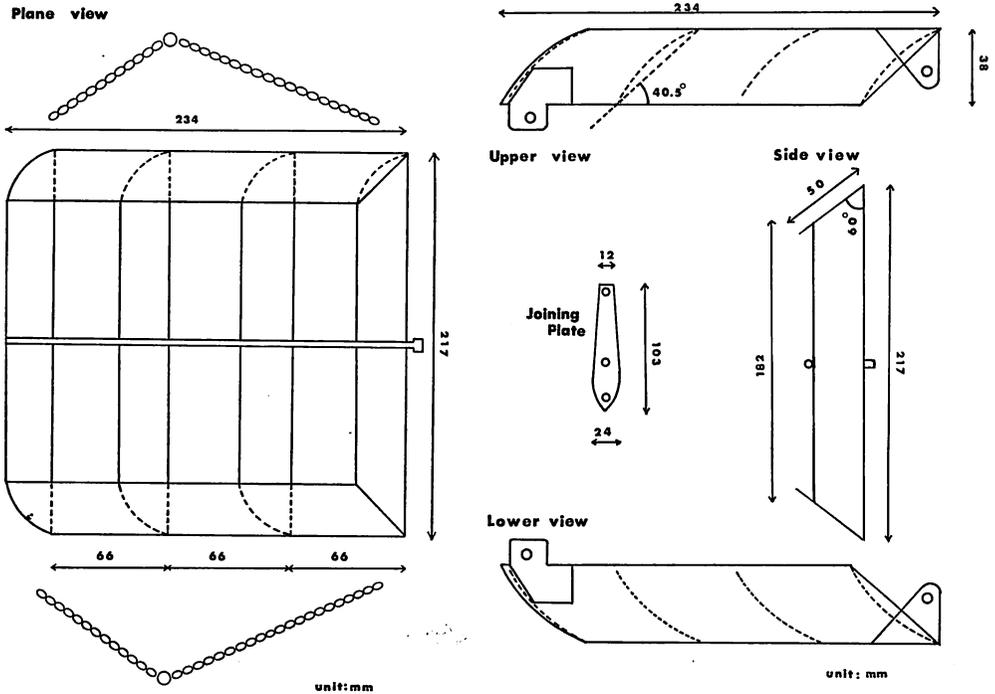


Fig. 1. Schematic drawing of multi-plane otter board.

2. 海上における予備実験

鹿児島湾内の透明度の高い場所を選び、小型艇を用いて曳航実験をおこなった。曳航速度

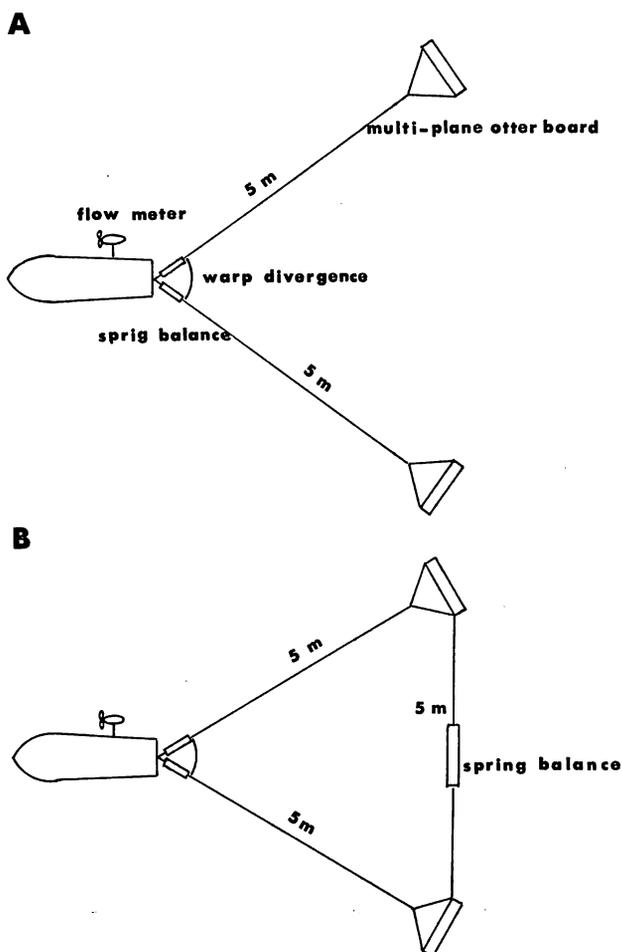


Fig. 2. Schematic rigging of towing experiment of the multi-plane otter board on sea.

の測定には CM 2 型流速計（東邦電探 KK）を用いた。実験装置を Fig. 2 A に示す。実験初期はオッターボード上部中央に発泡ビニール製の浮体を取りつけたが、ある速度以上に達するとオッターボード自体が海面に浮上するので浮体は装着せずに実験した。浮上抑止のため下部に重錘（最大 400g）を付加したが、曳航速度 0.8m/sec 以上になると海面に浮上した。展開力の測定には両オッターボード後端部を縛止する索の中間にバネ秤を入れ測定した。この索を装着すると曳航速度 1.4m/sec でもオッターボードは浮上しなかった。最終的には重錘も除去して実験した。この場合曳索及びオッターボードの展開抑止索の長さはいずれも 5m とし、曳索の末端に 4kg のバネ秤、展開抑止索に 2kg のバネ秤を用い、大型分度器で展開角、伏角を測定した。実験装置を Fig. 2B に示した。

3. 回流水槽における模型実験

前述の予備実験により水槽実験の可能性が確認されたので、その特性を求めるために本学

部回流水槽で実験を行なった。ブライドルチェーン上の曳索取付金具の取付位置を移動すれば張力 T 、揚力 L 、抗力 D が平衡して、オッターボードはある迎角を成して安定する。このようにして迎角を変え、一定流速での揚力、抗力を求め、種々の迎角に対する揚力係数 C_L を導き、作図により C_L が最大となる時の迎角を臨界迎角とした。曳索の張力 T はバネ秤 (4kg) で、展開角 θ と、見かけの迎角 α は水槽底に引かれた野線との交角を写真により測定した。尚曳索は水面と平行になるように設置した。

多翼型オッターボードの流速に対する特性を知るために、迎角、展開角を一定として揚力、抗力を求めた。両オッターボードの後端中央に取りつけた展開抑止索は流線に直交するように設定し末端を台秤 (2kg) に導いた。(Fig. 3 参照) 曳索、展開抑止索は滑車により導いたが、曳索、展開抑止索、吊索及び滑車の抵抗は無視して処理した。

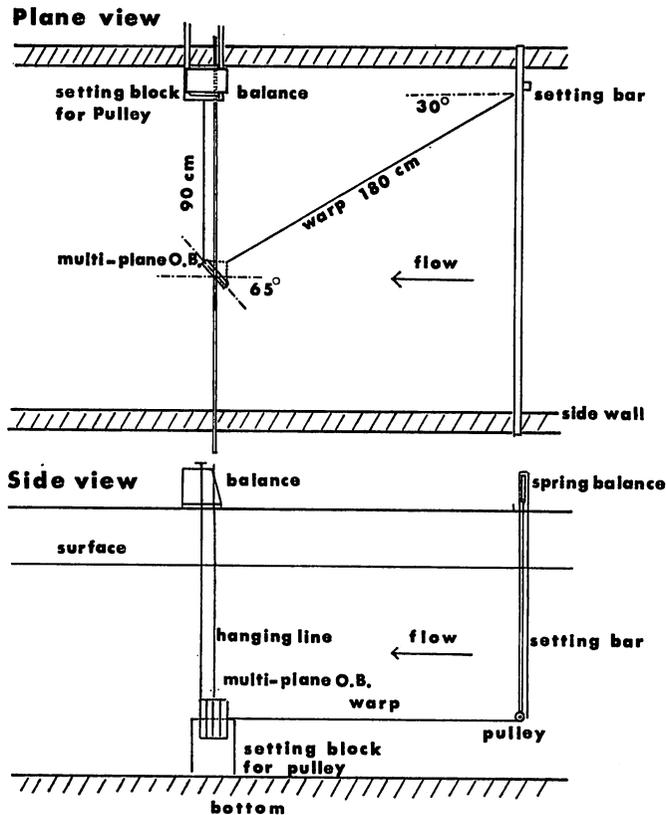


Fig. 3. Schematic representation of the experimental equipment for multi-plane otter board at experimental circular tank.

実験結果

1. 予備実験

前述の方法で曳航速度0.4から 1.4m/sec までの11段階に互り曳索の展開角、伏角、張力

およびオッターボードの展開力を測定した。曳航速度は 1.4m/sec までとしたが、オッターボードは浮上しなかった。実験海域の海況は、南東風、風力 2、波浪 1 であった。実験結果を Table 1 に示す。

Table 1. Result of preliminary experiments on sea.

towing speed (m/sec)	warp divergence (degree)	warp declination (degree)	warp tension (gram)	otter boards spread (meter)	otter board lift (gram)
0.4	55	70	600	4.6	100
0.5	50	70	800	4.2	150-250
0.6	55	70	1000	4.6	250-350
0.7	55	75	2000	4.6	400
0.8	54	77.5	2300-2500	4.5	500
0.9	54	80	2500-2800	4.5	750-800
1.0	56	80	4000	4.7	900
1.1	60.5	75	—	5.0	1100
1.2	60	77.5	—	5.0	1300
1.3	57.5	80	—	4.8	1500
1.4*	57.5	80	—	4.8	1800

* damaged bridle chain

曳索と展開抑止索は同長 (5m) としたので展開角は 50~60.5 度となり、伏角は 70~80 度を示し、計算で求めたオッターボード間隔は 4.2~5.0m となった。このように速度変化による浮上又は沈下は少なく、安定した状態を保ち得た。尚本実験は臨界迎角を求める前の予備実験であったので迎角が適当とは言えず、揚力に比べ抗力が大きくなった。

2. 臨界迎角の決定

常用の曳網速度と回流水槽の能力から、流速 0.7m/sec (フルードの相似則より実物換算流速 3.3 ノット) とし、曳索取付金具を移動しながら曳索の張力 T 、展開角 θ 、見かけの迎角 α を測定した。揚力 L 、抗力 D 、揚力係数 C_L 、抗力係数 C_D 等は次に示す式により求めた。(Fig. 4 参照)

$$L = T \cdot \sin \frac{\theta}{2} \quad \dots\dots(1)$$

$$D = T \cdot \cos \frac{\theta}{2} \quad \dots\dots(2)$$

流体密度を ρ 、投影面積を S 、流速を V とすると翼理論から

$$L = \frac{1}{2} \cdot C_L \cdot \rho \cdot S \cdot V^2 \quad \dots\dots(3)$$

$$D = \frac{1}{2} \cdot C_D \cdot \rho \cdot S \cdot V^2 \quad \dots\dots(4)$$

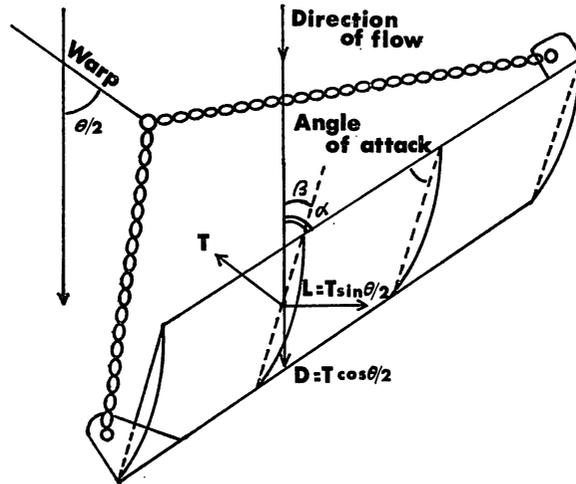


Fig. 4. Illustration of warp tension T , lift-force L , drag-force D , apparent attack angle α , attack angle of plane β , and warp divergence $\theta/2$.

となり(1), (3)式より

$$C_L = \frac{2 \cdot T \cdot \sin \frac{\theta}{2}}{\rho \cdot S \cdot V^2} \quad \dots\dots(5)$$

同様に, (2), (4)式より

$$C_D = \frac{2 \cdot T \cdot \cos \frac{\theta}{2}}{\rho \cdot S \cdot V^2} \quad \dots\dots(6)$$

が導かれる。翼の取付角度を40.5度としたので、翼の迎角 β は見かけの迎角 α より求めることが出来る。

Table 2. Result of experiment to determine the critical attack angle of plane, at circular tank.

Chain number	Warp divergence (degree)	Warp tension (gram)	β (degree)	L (gram)	D (gram)	C_L	C_D	C_L/C_D
18	26	1300-1350	54.5	580.9	1190.9	0.64	1.32	0.48
19	28	1350-1400	52.5	645.6	1214.0	0.71	1.34	0.53
20	38	1450-1500	39.5	908.2	1162.3	1.01	1.29	0.86
21	50	1350	26.5	1034.1	867.8	1.14	0.96	1.19
22	52	1400	25.5	1103.2	861.8	1.22	0.95	1.28
23	60	1000	10.5	866.0	500.0	0.96	0.55	1.75
24	64	900	6.5	808.9	394.6	0.90	0.43	2.10
25	62	600	3.5	529.7	281.7	0.59	0.31	1.90
26	55	500	1.5	409.6	286.8	0.45	0.32	1.40

$$\beta = \alpha - 40.5 \quad \dots\dots(7)$$

実験結果を Table 2 に示す。多翼型オッターボードの揚力係数 C_L 、抗力係数 C_D と迎角 β の関係を Fig. 5 に示した。この図から揚力が最大となる臨界迎角 β を求めると25.5度となる。

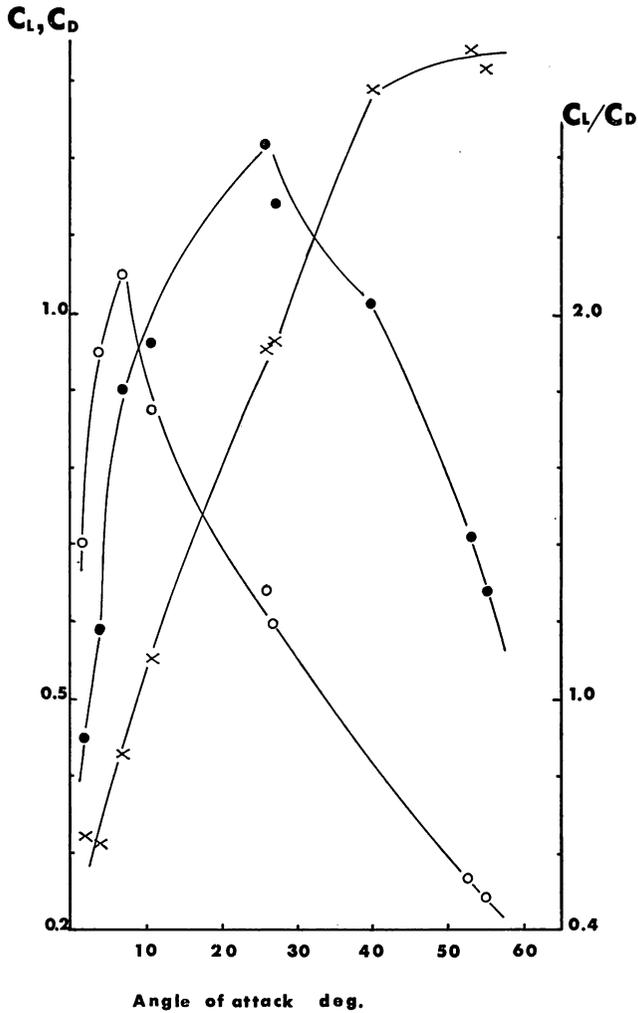


Fig. 5. Relationship among attack angle of plane, lift-coefficient and drag-coefficient.

● : lift-coefficient × : drag-coefficient ○ : ratio of lift and drag

3. 各流速での性能実験

前述の実験で一定流速における臨界迎角は25.5度と決定出来たので、常用迎角を24.5度とし各流速段階についての性能実験を回流水槽で行なった。展開角 $\frac{\theta}{2}$ が30度となるように展開抑止索を設けた。曳索と展開抑止索は同一平面上にあり、展開抑止索は流線に直交するよ

うに設定したので、揚力 L は台秤で測得出来る。従がって抗力 D は測得した張力 T 、揚力 L から次式により計算出来る。

$$D = \sqrt{T^2 - L^2} \quad \dots\dots(8)$$

流速約 20~100cm/sec の範囲で、約 5cm/sec きざみに流速を変えた場合の実験結果を Table 3 に示す。測定値の再現性を確かめるために、ほぼ同一の流速で同一実験を繰返した。Fig. 6 は測定値を田内の比較法則により実物換算し、両対数グラフにプロットしたものであ

Table 3. Measured values of flow speed, lift-force and drag-force of multi-plane otter board; and the full scale value by converted means of Tauti's similitude law.

Measured value of the model					Converted value to full scale				
flow speed (cm/sec)	warp tension (g)	lift-force (g)	drag-force (g)	ratio of lift-force and drag-force	towing speed (m/sec)	speed (kn)	warp tension (kg)	lift-force (kg)	otter board drag (kg)
20.8	60	40	44	0.91	0.50	0.99	12.96	8.64	9.50
26.0	90	70	56	1.25	0.64	1.24	19.44	15.12	12.10
30.5	110	100	72	1.39	0.75	1.45	23.76	21.60	15.55
35.2	190	140	128	1.09	0.86	1.68	41.04	30.24	27.65
40.4	260	200	166	1.21	0.99	1.92	56.16	43.20	35.86
45.5	330	300	137	2.19	1.11	2.17	71.28	64.80	29.59
51.0	390	350	172	2.04	1.25	2.43	84.24	75.60	37.15
55.4	480	380	293	1.30	1.36	2.64	103.68	82.80	63.29
60.2	520	400	332	1.21	1.47	2.87	112.32	86.40	71.71
65.8	680	490	471	1.04	1.61	3.13	146.88	105.84	101.74
69.8	740	570	471	1.21	1.71	3.32	159.84	123.12	101.74
74.2	800	640	480	1.33	1.82	3.53	172.80	138.24	103.68
79.3	950	745	589	1.27	1.94	3.78	205.20	160.92	127.22
85.2	1080	840	678	1.24	2.09	4.06	233.28	181.44	146.45
91.9	1180	905	757	1.20	2.25	4.38	254.88	195.48	163.51
99.9	1350	1030	872	1.18	2.45	4.76	291.60	222.48	188.35
102.9	1630	1160	1145	1.01	2.52	4.90	352.80	250.56	247.32
20.8	60	40	44	0.91	0.50	0.99	12.96	8.64	9.50
25.2	100	80	60	1.33	0.62	1.20	21.60	17.28	12.96
30.5	150	120	90	1.33	0.75	1.45	32.40	25.92	19.44
35.2	200	150	132	1.14	0.86	1.68	43.20	32.40	28.51
40.4	280	210	185	1.14	0.99	1.92	60.48	45.36	39.96
44.9	350	260	234	1.07	1.10	2.14	75.60	56.16	50.54
50.3	430	330	275	1.20	1.23	2.39	92.88	71.28	59.40
55.4	520	420	306	1.37	1.36	2.64	112.32	90.72	66.10
60.7	580	450	365	1.23	1.49	2.89	125.28	97.20	78.84
65.8	660	480	452	1.06	1.61	3.13	142.56	103.68	97.63
69.8	780	570	532	1.07	1.71	3.32	168.48	123.12	114.91
75.8	910	680	604	1.13	1.86	3.61	196.56	146.88	130.46
80.2	1060	780	717	1.08	1.96	3.82	228.96	168.48	154.84
85.2	1150	900	715	1.26	2.09	4.06	248.40	194.40	154.44
90.7	1300	950	887	1.07	2.22	4.32	280.80	205.20	191.59
97.1	1520	1130	1016	1.11	2.38	4.62	328.32	244.08	219.46
106.1	1650	1210	1121	1.08	2.60	5.05	356.40	261.36	242.12

り、揚力（丸印）と流速、抗力（三角印）と流速の関係を示している。最小自乗法で回帰直線を求め、次の実験式を得た。

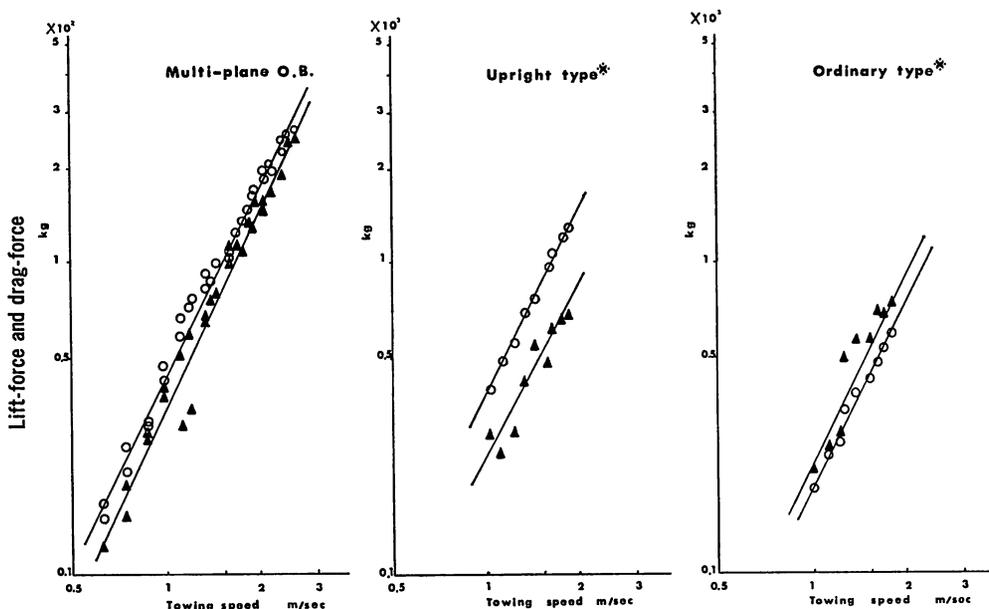


Fig. 6. Relationship between lift-force and towing speed, and that between drag-force and towing speed under midwater trawling.

* Quoted from Takayama⁷⁾ et al.

○ : lift-force
▲ : drag-force

$$L = 42.7V^{1.99} \text{ (kg)} \quad \dots\dots(9)$$

$$D = 34.4V^{2.05} \text{ (kg)} \quad \dots\dots(10)$$

即ち多翼型オッターボードの揚力および抗力は曳網速度のほぼ2乗に比例し、実測した揚力と抗力の比は平均1.22であった。

考 察

多翼型オッターボードは、アスペクト比5の揚抗比が大きな翼板を4枚並べた構造である。高山等⁷⁾が海上実験で求めた円弧翼縦型と平板横型オッターボードの中層曳網時の性能と比較すれば、揚力係数は縦型に近く、抗力係数は横型より大きく、常用迎角での揚抗比は縦型の1.85と横型の0.8の中間の1.28となり、揚抗比に関しては必ずしも性能の優れた型とは言えない。(Fig. 6 参照) これは抗力が著しく大きいため、4枚の翼型平板を連結している上下の平板が流れに対して60度の内方傾斜をもつために造渦抵抗が大きく作用したものである。然しこのような構造は上反角をもつ翼としても働き、曳航中オッターボードの安定に役立っているものと考えられる。本実験がオッターボード後部に網等の抵抗をもたせるこ

となく、一本の展開抑止索で安定を得ることが出来たのも、この型の特徴と言える。この性質はオッターボードの安定を重視する漁法にとっては注目すべきであり、曳縄えの応用等曳網以外の漁法について有効と思われる。尚オッターボードの安定性については測定方法を見出し得ず、実験値は得られなかった。

引続いて縮尺1/2の模型(全長70.5cm,全幅67.2cm)を作製し、常用迎角24.5度を与え、本学部練習船南星丸(G.T. 45ton, 200p.s.)で曳航したが、オッターボードの強度に余力がなく、曳航速度調整を失敗したために破損し、有効な測定値は得られなかった。

今回試作した多翼型オッターボードは曳網に有効とは言えないが、アスペクト比の高い安定の悪いオッターボードの安定を得る方法を示唆しており、今後の研究により改良を加えて行きたい。

要 約

掃海に用いられる展開器に似た構造の多翼型オッターボードの性能について模型実験を行った結果、次の知見を得た。

- (1) 試作した多翼型オッターボードの臨界迎角は25.5度であった。
- (2) オッターボードの安定を考慮し常用迎角を24.5度とした場合の流速 V に対する揚力 L , 抗力 D の関係は次の実験式で表わされる。

$$L = 42.7V^{1.99}$$

$$D = 34.4V^{2.05}$$

- (3) オッターボードの性能を示す揚力係数 C_L と抗力係数 C_D の比は1.28であり、高山等⁷⁾が求めた円弧翼縦型オッターボード ($C_L/C_D=1.85$) 及び平板横型オッターボード ($C_L/C_D=0.8$) の中間であり、曳網用には適さないが、オッターボードの安定性を重視する他の漁法には有効である。

この研究は五洋水産株式会社村田栄三郎氏の曳航連続魚釣漁法より示唆を得て行なったもので、同氏の御協力に深く御礼申し上げる。また研究の実施に当り、本学部肥後伸夫博士をはじめ、実験及び資料整理に御協力頂いた同講師川村軍蔵氏、同助手不破茂氏、田畑静夫氏、斛田陽子嬢に深甚の謝意を表する。

参 考 文 献

- 1) Karl-Hugo Larsson (1959): Scandinavian Experience with Midwater Trawling "Modern Fishing Gear of the World" pp. 344-346.
- 2) W. E. Barraclough and A. W. H. Needler (1959): Development of a New Herring Trawl for use in Midwater on the Bottom "Ditto" pp. 351-356.
- 3) F. Süberkrüb (1959): Otter board for Pelagic Trawling "Ditto" pp. 359-360.
- 4) 小林喜一郎・井上直一 (1959): 中層トロールの研究 VI 工業化試験, 北大水産報, Vol 10-1, pp. 15-30.

-
- 5) B. B. Parrish (1959): Midwater Trawls and their Operation "Modern Fishing Gear of the World" pp. 333-343.
 - 6) B. Kutakov, N. Kudryavtev and V. Savrasov (1971): Midwater Trawling "Trawling and New Method of Continuous Fishing" pp. 1-32.
 - 7) 高山重嶺・小山武夫 (1961): トロールに関する研究 VI, 東海区水研報 A-154, pp. 297-309.