

シーアンカーの性能基準に関する水槽実験

山本徳太郎*・吉野泰平*・菅井和夫*

Experiments On Characteristics of Sea Anchors

By

Tokutaro YAMAMOTO Taihei YOSHINO and Kazuo SUGAI

Abstract

It is well known that sea anchors are effective for enhancing the safety in sea by keeping the bow of small ships toward wind in stormy seas or reducing the drifting speed of life rafts in heavy wind, however, there are no means yet for specifying those sea anchors.

The authors carried out the towing tests on various kinds of sea anchors in the tank. They also carried out the drifting tests on a fishing boag model and a life raft with several kinds of sea anchors. By analysing the experimental results, the data for standardization of the sea anchors were prepared.

1. まえがき

小型漁船、救命艇、救命いかだ等が荒天に遭遇した場合にシーアンカーを用いて船首を風上に立てて海難を防いだり、或いは遭遇現場からの漂流を抑えて発見救助までの時間を短縮するなど、シーアンカーの有用なことはよく知られている。近時、化学繊維の進歩にともない、シーアンカーは大きさの割に軽量で取り扱いやすいものが製作されるようになった。我が国においては船舶安全法により総トン数200トン未満の漁船、救命艇、端艇および救命いかだに対してシーアンカーの備え付けが義務づけられているが、一部端艇のシーアンカー(吹き流し型)を除いてはシーアンカーの明確な仕様が示されてなく、シーアンカーの選定に苦慮する状態である。

こうした実状を踏まえ、著者らはシーアンカーの性能基準作成の資料を得、また、シーアンカーの普及に役立てることを目的として昭和55～57年度にわたり、型式、形状、大きさの異なる17個のシーアンカー単独曳航試験ならびにシーアンカーを装着した漁船模型及び

救命いかだの漂流試験を行った。本資料はその実験結果をまとめたものである。

なお、この研究は(財)日本舶用品検定協会の共同研究として実施したものである。

2. 供試シーアンカー

供試シーアンカーは現用品の実物、試作品の原寸模型、及び縮尺模型など合せて17個で、型式、形状、寸法等を表-1及び図-1～10に示した。また、シーアンカーの主要材料を表-2、3に示す。これらシーアンカーを型式別に分けると吹き流し型4個、パラシュート型13個に大別され、パラシュート型は更に傘体の布の展開した形により正4角形2個、正12角形2個、円形6個、半球形(半球形に脹らみを持たせて縫製してあるもの)1個、十字形2個に分類される。用途別にみると救命いかだ用(11個)、救命艇用(3個)、小型漁船用(3個)となっている。これらのシーアンカーはNo. 55-3, 56-6, 57-A, B, C以外は排水口径又はスロット(傘体の中心から放射状に設けた隙間)の長さを調節できるようになっており、単独曳航試験に際しては排水口径又はスロット長さを全開、 $\frac{1}{2}$ 開、全閉の3段階に変えて用いた。

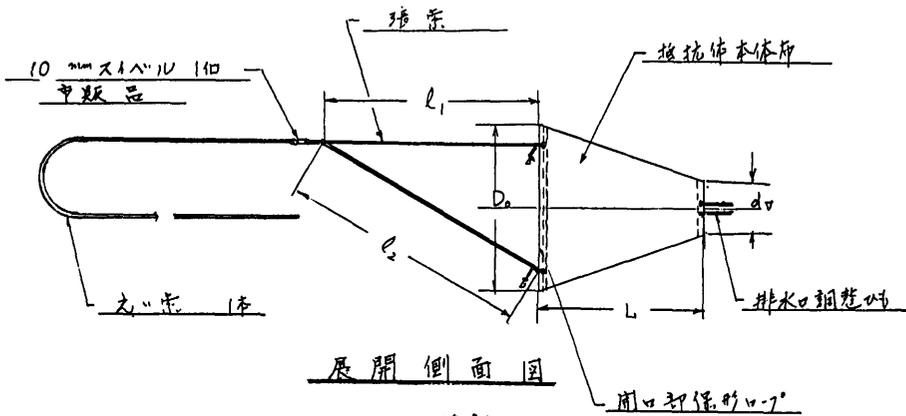
*運動性能部

原稿受付：昭和59年7月3日

表-1 供試シーアンカー形状寸法一覧表

シーアンカー		模型実物の区分	用途	開口部面積 Sp (m ²)	表面積 So (m ²)	直径 Do (m)	抵抗体長さ L (m)	排水口径 d _v (m)			張架数 N (本)	張架長さ ℓ (m)	1本の長さ W (m)	総重量 Wt (g)		
55-1	吹流し型	現用品	いかり用	0.071	0.188	0.3	0.3	0.075	0.04	0	4	0.23 0.31 ₂₎	0.27	0.236	80	
55-2				0.196	0.527	0.5	0.5	0.13	0.065	0	4	0.62 0.91 ₂₎	0.665	0.393	155	
55-3				0.363	1.562	0.68	1.2	0.1 × 0.1			4	1.00	0.534	10.000		
56-6	ネット付	実物大模型	いかり用	0.1256	0.663	0.4	0.8	0.12			4	0.825	0.314			
55-4	バラシユニット型	実物大模型	いかり用	(0.142)	0.349	0.834 ₂₎	(0.266)	0.07	0.035	0	4	1.00	0.59	170		
55-5				(0.236)	0.581	1.078 ₂₎	(0.344)	0.09	0.045	0	4	1.30	0.76	220		
55-6				(0.159)	0.374	0.706	(0.225)	0.07	0.035	0	12	0.85	0.183	175		
55-7	平面円形	模型 ₃₎	濃縮用	(0.264)	0.622	0.911	(0.290)	0.09	0.045	0	12	1.10	0.236	225		
55-8				(0.029)	0.071	0.300	(0.096)	0.07	0.04	0	12	0.43	0.093	55		
55-9				(0.096)	0.238	0.550	(0.175)	0.1	0.05	0	22	0.76	0.091	110		
55-10	半球形	模型 ₃₎	濃縮用	(0.497)	1.227	1.25	(0.398)	0.1	0.05	0	42	1.50	0.093	265		
57-A						0.696	0.99		0.084			8	1.13	0.35		
57-B						1.45	1.49		0.127			8	1.63	0.52		
57-C	十字形	模型 ₃₎	濃縮用		2.57	1.90		0.18			10	2.17	0.54			
56-1						0.392	0.784	1.11	(0.555)	0.22	0.11	0	12	1.33	0.185	
56-2						0.872	0.995 ₂₎			0.05 ₂₎	0.025	0	12	1.20	0.325	
56-3				0.872	長1.028 径0.939 ₂₎			0.05 ₂₎	0.025	0	12	長1.32 径1.23 ₂₎	0.336			

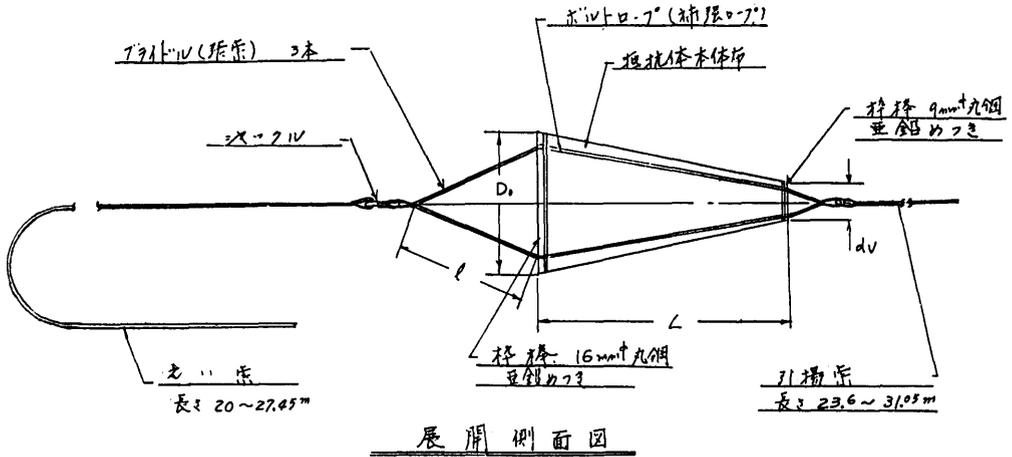
- 1) 対角線の長さを示す。
- 2) 上部、下部の張架の長さを示す。
- 3) 実物の1/4.75の模型を示す。
- 4) スイベルを含む抵抗体の長さ、各翼の長さを示す。
- 5) 対角線の長さを示す。
- 6) 長は左右翼方向、短は上下翼方向の長さを示す。
- 7) 各スロットの長さを示す。スロット数は4個。
- 8) 長は上翼用、短は下翼用及び下翼用の長さを示す。
- () 内の数字は、本体が半球形の場合に比べ抵抗係数。



No	Do (m)	L (m)	dv (m)	ℓ ₁ (m)	ℓ ₂ (m)	N	(条件) ℓ ₁ + ℓ ₂ = 1.4 (m)
55-1	0.3	0.3	0.075	0.23	0.31	4	0.27
55-2	0.5	0.5	0.13	0.62	0.71	4	0.665

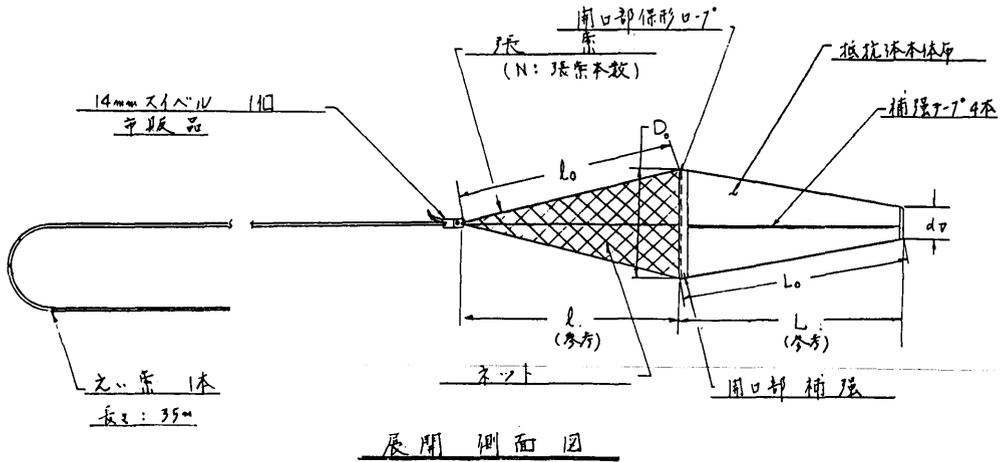
[注] N: 張架(基礎) 総本数を示す。
 1) 張架の長さと同じ長さの鋼管の場合

図-1 No 55-1, No 55-2, 吹流し型



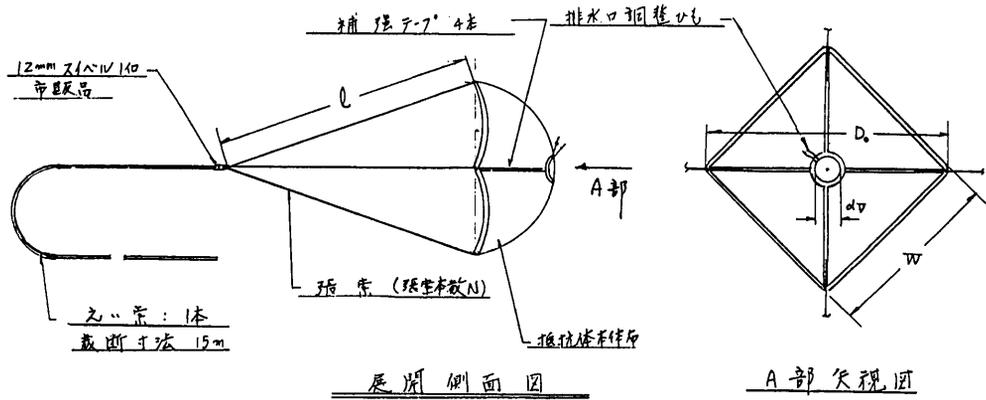
No	D ₀ (m)	L (m)	l (m)	d _v (m)
55-3	0.68	1.2	1.00	0.1 × 0.1

図-2 No 55-3, 吹流し型



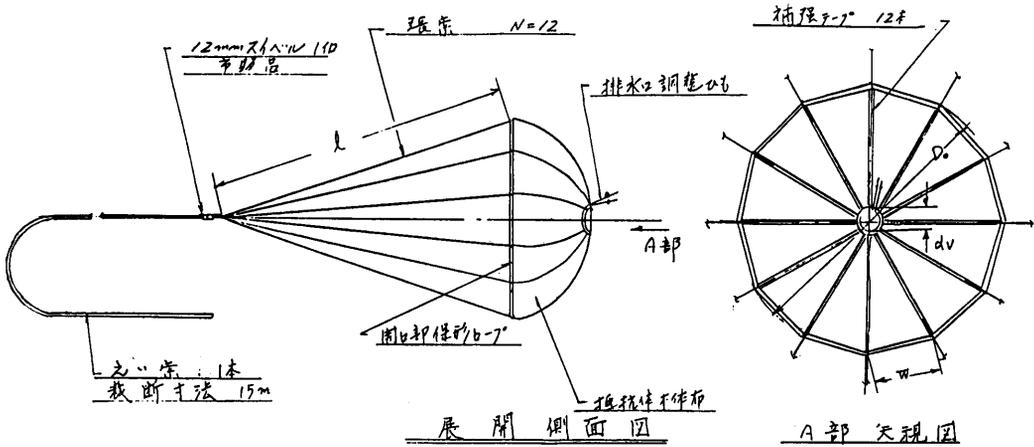
No	D ₀ (m)	L (m)	l (m)	L ₀ (m)	l ₀ (m)	d _v (m)	N (本)
56-6	0.4	0.8	0.8	0.812	0.829	0.12	4

図-3 No 56-6, 吹流し型ネット付



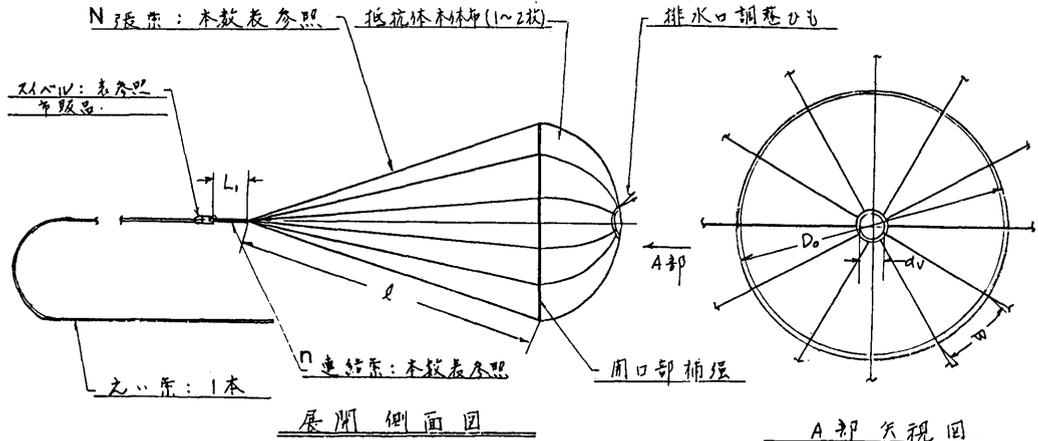
No	w (m)	l (m)	dv (m)	N	D ₀ (m)
55-4	0.59	1.0	0.07	4	0.834
55-5	0.76	1.3	0.09	4	1.078

図-4 No 55-4, No 55-5, 正4角形, パラシュート型



No	D ₀ (m)	W (m)	l (m)	dv (m)	N
55-6	0.706	0.183	0.85	0.07	12
55-7	0.911	0.236	1.10	0.09	12

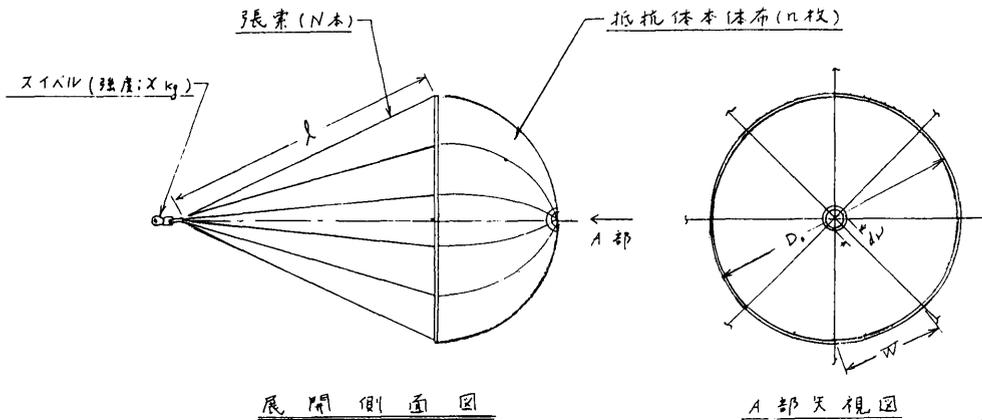
図-5 No 55-6, No 55-7, 正12角形, パラシュート型



No	D ₀ (m)	W (m)	l (m)	dv (m)	L (m)	スライヴ (mm)	n (本)	N (本)
55-8	0.300	0.093	0.43	0.07	0.12	12	1	12
55-9	0.550	0.091	0.76	0.10		14	2	22
55-10	1.25	0.093	1.5	0.10		14	4	42

A部欠视图
図は197°55-8の12本の張糸付の抵抗体を示す

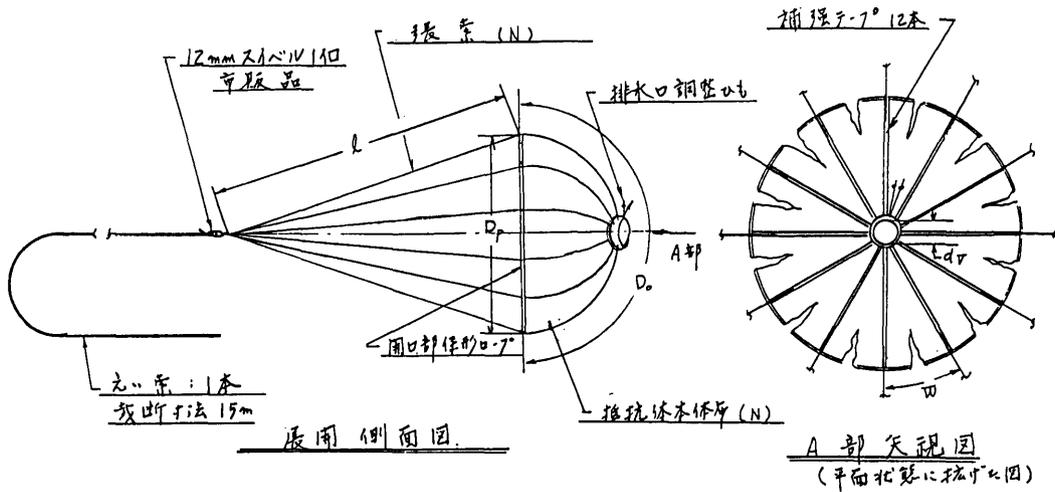
図-6 No 55-8, No 55-9, No 55-10
円形パラシュート型



No	D ₀ (m)	W (m)	l (m)	dv (m)	X (kg)	N (本)	n (枚)
57-A	0.99	0.35	1.13	0.084	3.000	8	2
57-B	1.49	0.52	1.63	0.127	3.000	8	4
57-C	1.90	0.54	2.17	0.18	1.000	10	2

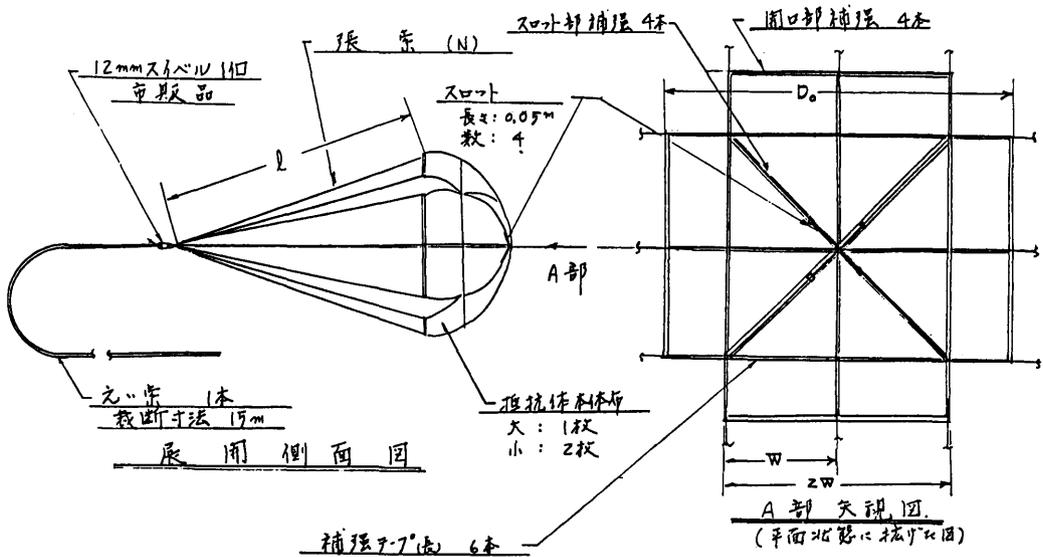
A部欠视图
図はタイプAの8本の張糸付の抵抗体を示す。

図-7 No 57-A, No 57-B, No 57-C
円形パラシュート型



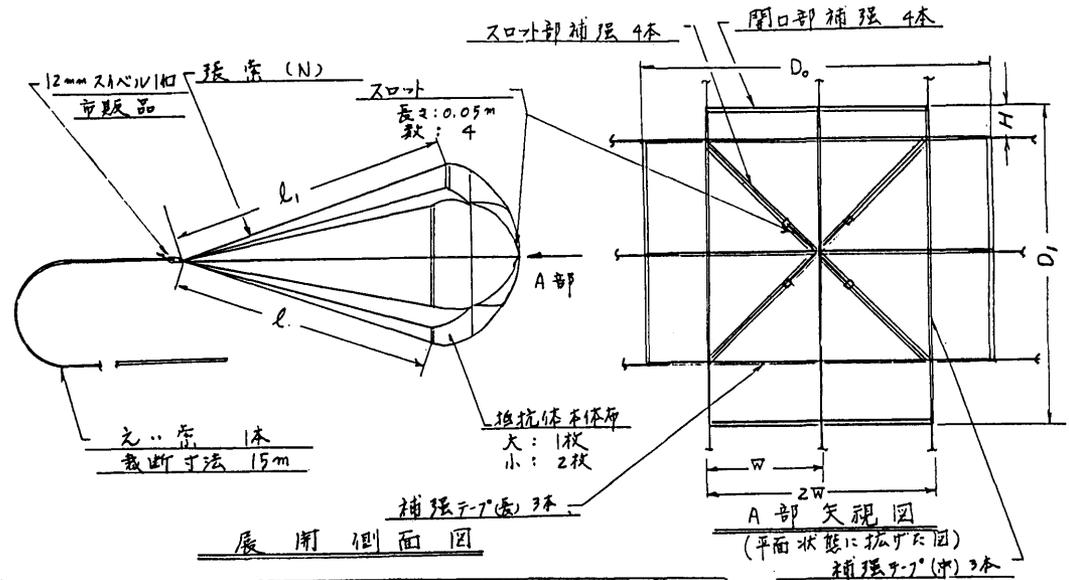
No	D ₀ (m)	D _p (m)	W (m)	l (m)	d _v (m)	N
56-1	1.11	0.707	0.185	1.33	0~0.22	12

図-8 No 56-1, 半球形パラシュート型



No	D ₀ (m)	W (m)	2W (m)	l (m)	N
56-2	0.995	0.325	0.651	1.2	12

図-9 No 56-2, 十字形パラシュート型



No	D ₀ (m)	D ₁ (m)	H(m)	W(m)	2W(m)	l ₁ (m)	l(m)	N	
								(長)	(短)
56-3	1.028	0.939	0.089	0.336	0.672	1.32	1.23	3	9

図-10 No 56-3, 十字形パラシュート型

表-2 シーアーカー材料表その1

シーアーカー No	材料・部品名	使用区分	組織	重量 (kg)	抗張力 (kg)	引張強さ (kg)	割断寸法 (cm)	備考
				タテ	ヨコ	タテ	ヨコ	
55-1	ナイロン布(A)	抵抗体本体	平織	120g/m ²	90kg	90kg	11.0kg	11.0kg
55-2	4mmナイロン線(打止せ)	張索	丸織	75g/m	200kg	—	—	—
	10mm スイベル	えい糸用	—	—	800kg	—	—	市販品
55-3	4号綿帆布	抵抗体本体	平織	79g/m ²	140kg	100kg	—	—
	16mmナイロン線(打止せ)	張索	丸織	168g/m	1380kg	—	—	—
	開口部	開口部	—	—	—	—	—	—
55-4	ナイロン布(B)	抵抗体本体	平織	130g/m ²	84kg	84kg	9.0kg	9.0kg
55-5	4mmナイロン線(打止せ)	張索	丸織	12.5g/m	250kg	—	—	—
	7mmナイロン線(打止せ)	えい糸	丸織	16.5g/m	680kg	—	—	—
	12mm スイベル	えい糸用	—	—	800kg	—	—	市販品
55-6	ナイロン布(B)	抵抗体本体	平織	130g/m ²	84kg	84kg	9.0kg	9.0kg
55-7	2.5mmナイロン線(打止せ)	張索	丸織	4.5g/m	100kg	—	—	—
	7mm ナイロン線(打止せ)	えい糸	丸織	16.5g/m	680kg	—	—	—
	12mm スイベル	えい糸用	—	—	800kg	—	—	市販品
55-8	ナイロン布(C)	抵抗体本体	平織	41g/m ²	215kg	215kg	1.6kg	1.6kg
55-9	2mm ナイロン線(打止せ)	張索	丸織	14g/m	50kg	—	—	—
55-10	7mm ナイロン線(打止せ)	えい糸	丸織	16.5g/m	680kg	—	—	—
	12mm スイベル	えい糸用	—	—	800kg	—	—	市販品
	16mm スイベル	えい糸用	—	—	1200kg	—	—	市販品
56-1	ナイロン布(B)	抵抗体本体	平織	130g/m ²	84kg	84kg	9.0kg	9.0kg
56-2	2.5mmナイロン線(打止せ)	張索	丸織	4.5g/m	100kg	—	—	—
56-3	7mm ナイロン線(打止せ)	えい糸	丸織	16.5g/m	680kg	—	—	—
	12mm スイベル	えい糸用	—	—	800kg	—	—	市販品

表-3 シーアーカー材料表その2

シーアーカー No	材料・部品名	使用区分	組織	重量 (kg)	抗張力 (kg)	引張強さ (kg)	割断寸法 (cm)	備考
				タテ	ヨコ	タテ	ヨコ	
56-4	ナイロン布(D)	抵抗体本体	平織	120g/m ²	115kg	115kg	3cm	—
	ナイロン7mm プレドローブ	張索	丸織	28g/m	750kg	—	—	—
	ドームガロン	えい糸用	—	—	10 ton	—	—	特殊鋼ベロメーション
56-5	ナイロン布(E)	抵抗体本体	平織	200g/m ²	135kg	135kg	10.0kg	10.0kg
	ナイロン布(F)	抵抗体本体	平織	265g/m ²	175kg	140kg	9.0kg	9.0kg
	ナイロン布(G)	張索	丸織	40g/m	800kg	—	—	—
	シヤツフル	えい糸用	—	—	3ton	—	—	JIS BB 24
	スイベル	えい糸用	—	—	—	—	—	市販品
56-6	ナイロン布(B)	抵抗体本体	平織	130g/m ²	84kg	84kg	9.0kg	9.0kg
	4mm ナイロン線(打止せ)	張索	丸織	6g/m	250kg	—	—	—
	ナイロンネット	張索	丸織	90mm	—	—	—	—
	8mm ナイロン線(打止せ)	えい糸	丸織	35g/m	1100kg	—	—	—
	14mm スイベル	えい糸用	—	—	1200kg	—	—	市販品

3. シーアンカー単独曳航試験

3.1 試験方法

シーアンカー単独曳航試験は、曳航時のシーアンカーの低抗値と傘体の挙動を調べる試験で、上下、左右に回転できるジンバル式支持台（図-11）に取付けられた張力計（容量20kg及び100kg）を曳航点の高さが水面上20cmになるように曳引台車に取付け、張力計の先端にシーアンカーの曳索を繋いだ。曳索の長さはシーアンカーの大小に係わらず4mとし、図-12に示すようにスイベルを介してシーアンカーの張索が繋がれている。張力計支持台の回転軸にはポテンショメータが付けられており、シーアンカーの浮沈および左右の変位角度が計測できる。シーアンカーの曳航速度は0.2~2.0 m/s まで0.2 m/s 間隔を基準とした。単独曳航試験は静水中の試験を主としたが、一部のシーアンカーについては波長(λ) 1, 2, 3 m, 波高(Hw) 8~20cmの規則波中の曳航試験も行っている。

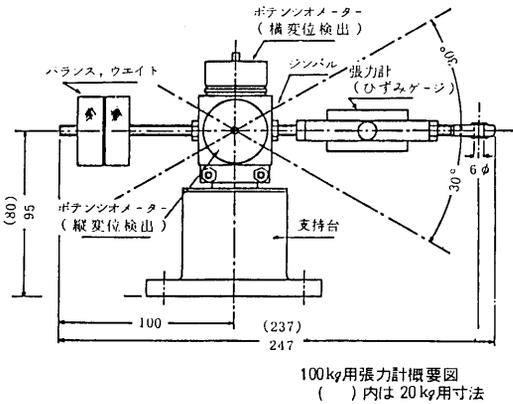


図-11 張力計概要図

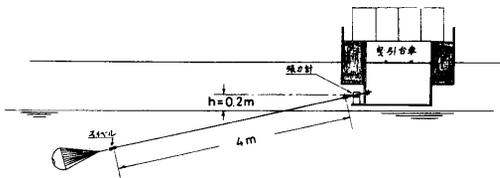


図-12 シーアンカー曳航概要図

3.2 単独曳航試験結果

3.2.1 シーアンカーの振れ廻り

長さ4mの曳索を介して曳航されるシーアンカーは直進することは少なく、多くの場合上下左右に移動する。この動きを曳航点から見ると上に凸或いは下に凸の円弧状、横に扁平な階円形、横8字形など色々な動き方をする。この様な動きはシーアンカーの型式、形状の違いばかりでなく、曳航速度や排水口の大きさによっても変化する。しかし、スイベルを中心とした傘体の回転運動はほとんど無く、最大の場合でも±90°程度であった。これには曳索として組紐を用いているため、張力変化による燃戻しが生じないことも役立っている。図-13および表-4に曳航時のシーアンカーの振れ廻り角度の最大値を示した。表中、()の附してあるものは傘体が水槽の壁、又は底に接触したものである。この試験結果に見られるように、シーアンカーの振れ廻り角度は一般的に曳航速度の上昇とともに減少する傾向が見られる。また、振れ廻りの周期は速度の上昇につれて短くなる傾向がある。シーアンカーの振れ廻り角度をシーアンカーの型式別にみると全般的には吹き流し型が小さく安定した曳航状態を示す。特にNo.56-6の吹き流し型は優れた安定性を示した。このシーアンカーは吹き流しの開口径に対する長さの割合が他より大きいばかりでなく、張索部に設けられたネットが安定性を高めているものと思われる。No.55-1, 55-2の吹き流し型は4本の張索のうち、上側の2本が下側の2本より少し短いのが正規の形であり、上下方向の安定性が左右方向より優れていることが判る。このシーアンカーの張索長さを等しくすると(No.55-1, 55-2)上下方向の安定性は悪くなる。パラシュート型シーアンカーの中では正4角形のシーアンカーが比較的安定しており、正12角形と十字形のシーアンカーの振れ廻りが大きい。円形パラシュート型シーアンカーについて傘体と振れ廻り角度との関係を見ると、傘体の大きなものの方が振れ廻り角が大きい。これは、振れ廻りに対する曳索や張索の低抗が小さい傘体ほど大きな割合を占めることによると考えられるほかに、小型のシーアンカー(No.55-8, 9, 10)は大型シーアンカー(No.57-A, B, C)に較べ、傘体の大きさに対する張索本数が多く、傘体廻りの水流に差異が生じるためと考えられる。しかし、詳細は明らかでない。No.56-2, 56-3の十字型シーアンカーは傘体面積は等しく形もほぼ同形であるが、No.56-3には上端に浮子、下端には重さ約200gの沈子が

付いている。そのためNo. 56-3は低速曳航時には浮上せず、浮上したと見られる曳航速度はスロット全開時には0.8 m/s、半開時には1.2 m/s、全閉時に1.4 m/sであり、スロットを開いた場合の方が浮上しやすい。高速曳航時の両者の振れ廻り角度には明瞭な違いは見られず、浮子および沈子の効果は明らかでない。振れ廻り角度に対する排水口の大きさの影響はシーアンカーの形や大きさによって異なるが、全般的には排水口が大きい方が安定性は良くなる傾向が見られる。

以上、シーアンカーの振れ廻りについて述べたが、これはシーアンカーを曳引台車で曳航したため、シーアンカーだけが単独に変位を生じる。シーアンカーが実際に使用される場合には曳航点となる船や救命いかだも変位するので、左右方向の相対的な振れ廻り角度は上記計測値より小さくなるものと推定される。

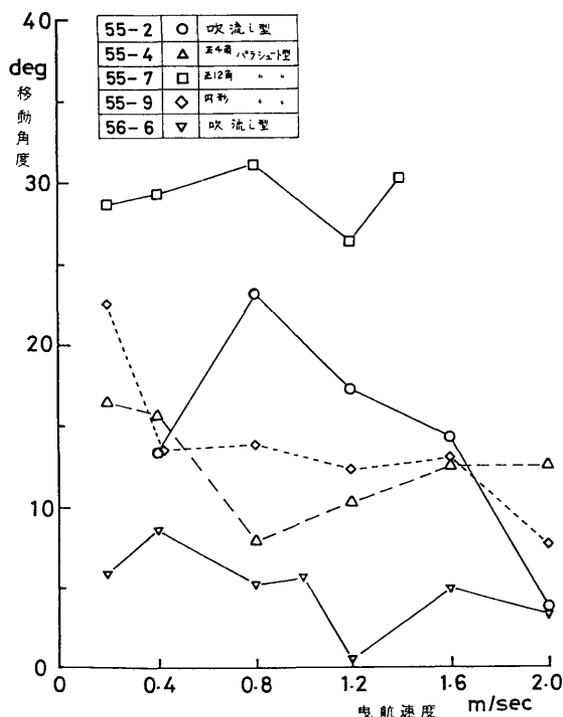


図-13 シーアンカー振れ廻り角度

表-4 シーアンカーの最大振れ廻り角度

No	呼称	型式	形状その他	振れ廻り角度 (deg)				
				横方向 (片舷)		上下方向		
				$V_s=0.4 \text{ m/s}$	1.6 m/s	0.4 m/s	1.6 m/s	
1	55-1	吹流し型	$l_1 < l_2$	17.5	15.5	3	3	
			$l_1 = l_2$	23	14.5	9	14	
2	55-2	吹流し型	$l_1 < l_2$	23	17	8	7	
			$l_1 = l_2$	21	12	10	17	
3	55-3	吹流し型		—	10.5	—	14	
4	56-6	吹流し型	ネット付	8	5	10	5.5	
5	55-4	パラシュート型	正4角形	20.5	11	12	10	
6	55-5		正4角形	18	11	15	12	
7	55-6		正12角形		22	28	25	14
8	55-7				32	30	29	28
9	55-8		円形		15	17	14	8
10	55-9				22	14	20	12
11	55-10				13.5	—	18	—
12	57-A				30	31	30	(34)
13	57-B				33.5	—	31	—
14	57-C				(29)	—	(33.5)	—
15	56-1		半球形		28.5	21	24	8
16	56-2		十字形		30	29	28	24
				沈子	(19)	25	(35)	18

V_s : 曳航速度 l_1 : 上側張索長 l_2 : 下側張索長
()内は条件が水陸型又は水陸底に接触した時の値

3.2.2 シーアンカーの張力

シーアンカーの張力は曳航速度や振れ廻りによって変化する。今回の曳航試験のように曳航点を水面上20cmの高さに置き、長さ4 mの曳索を介して曳航した場合、シーアンカーの張力が大きく、かつ安定した値を示すのはシーアンカーが曳航の中心線上にあり、しかも傘体が水面に出ない程度の浅い位置にある場合であり、この報告では各シーアンカーの標準低抗値として上記の様な場合の張力を採用した。図-14~32には供試シーアンカーを0.2~2.0 m/sの速度で曳航した場合の張力と低抗係数を示した。低抗係数は次式によって表わしている。

$$\text{吹流し型の低抗係数} \quad C_{sp} = 2R / \rho V_s^2 S_p$$

$$\text{パラシュート型の低抗係数} \quad C_{so} = 2R / \rho V_s^2 S_o$$

ここに S_p : 吹流し型開口部正面面積

S_o : パラシュート型傘体布面積

R : 低抗値 ρ : 水の密度

V_s : 曳航速度

パラシュート型シーアンカーの低抗係数の算出に当たって傘体の布面積を用いた理由は、正4角形、十字形などのシーアンカーの曳航時の開口面積或いは正面投影

面積の推定が困難であること、傘体の布面積と正面投影面積とはほぼ比例すると考えられること、シーアンカーの大きさを決める際に布面積を用いる方が便利であると思われることなどの理由による。図-14~32には各シーアンカーの排水口面積を変えて曳航した場合の張力及び低抗係数（吹流し型は C_{sp} 、パラシュート型は C_{so} ）も併せて示した。表-5 に曳航速度0.4, 0.8, 1.6 m/s に対する各シーアンカーの平均的な低抗係数を示した。この試験結果を見ると、低抗係数は曳航速度の上昇とともに減少する傾向が見られ、また傘体の大きさと低抗係数との関係を円形パラシュート型で見ると、大型の方が小型のものより大きな値を示している。排水口径の大きさが低抗係数に及ぼす影響は全般的には排水口を大きくすると低抗係数が減少するものが多いが、No. 55-4, 5 No. 55-8 のように低抗係数が増加するものもあり、適当な大きさの排水口は低抗を増す効果がある。吹き出し型シーアンカーの低抗係数について比較して見ると、No. 56-6 は No. 55-1, 55-2 に比べ低抗係数は小さくなっている。その理由として、No. 56-6 は吹流しの開口径に対する長さの割合が大きいことのほか、張索部に設けられたネットの影響もあると推定される。No. 55-1' と55-2' は共に原型のNo. 55-1 及び55-2 の上側と下側の張索長さを等しくしたもので、低抗は原型よりも増加している。パラシュート型シーアンカーの低抗係数を傘体の形について比較すると、正4角形及び半球形のもの小さく、正12角形のもの大きい傾向が見られる。従来のシーアンカーの研究に於てはパラシュート型シーアンカーの低抗係数を開口面積で無次元化して表わした例が多い。そこで参考までに、今回の供試シーアンカーのうちNo. 55-5（正4角）No. 55-7（正12角）No. 55-9（円形）の排水口全閉時の低抗値を、各傘体が半球形状に開くものと仮定して求めた正面投影面積で無次元化した低抗係数を図-33に示した。表-4のシーアンカーの振れ廻り角度と表-5の低抗係数とを対比して見ると、低抗係数の大きなシーアンカーは振れ廻り角度も大きくなっている傾向が見られる。シーアンカーの位置が曳航方向から外れるとその張力は低下する図-34に見られるように、方向が 30° 外れると張力は理想的な曳航状態の値の60%程度にまで減少する。従って、シーアンカーの性能としては張力の大きさばかりでなく、安定性についても考慮する必要がある。

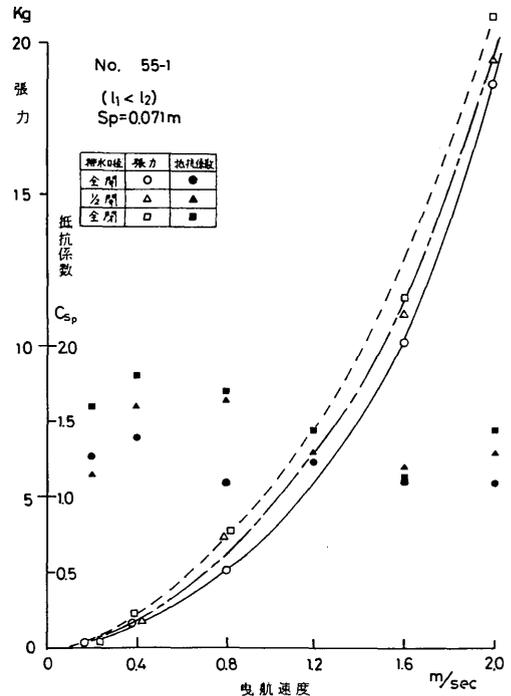


図-14 No 55-1 ($l_1 < l_2$) シーアンカーの張力と低抗係数

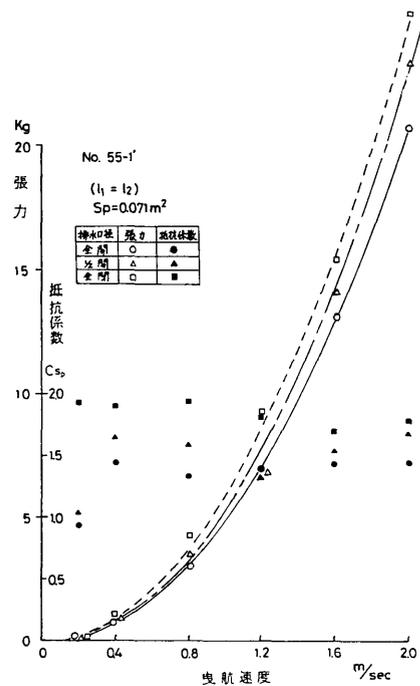


図-15 No 55-1' ($l_1 = l_2$) シーアンカーの張力と低抗係数

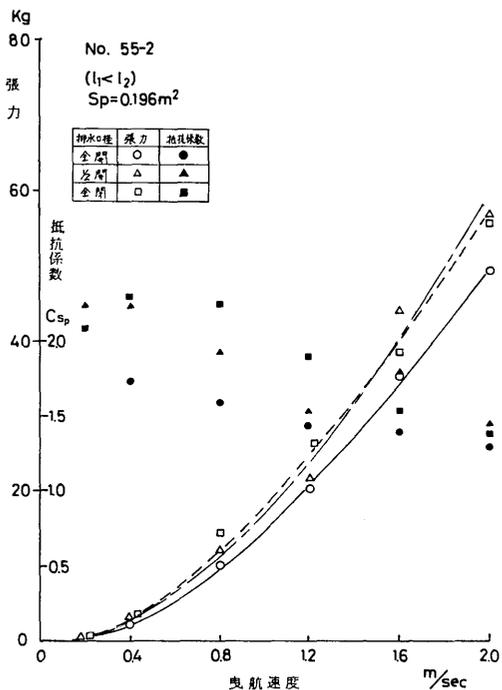


図-16 No 55-2 ($l_1 < l_2$) シーアンカーの張力と抵抗係数

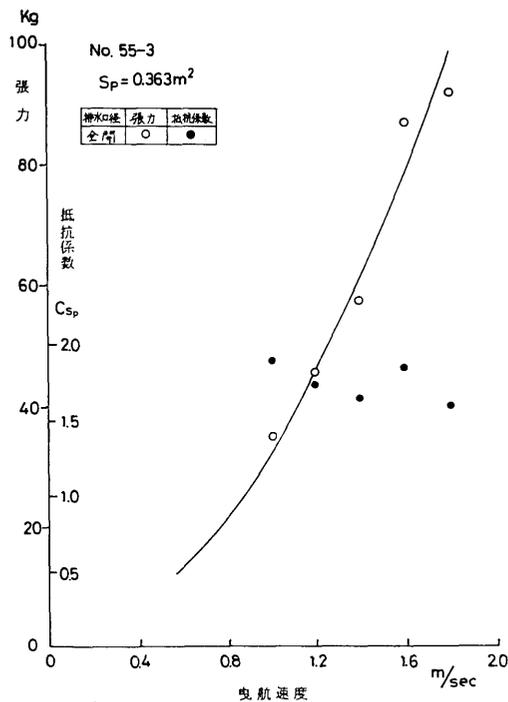


図-18 No 55-3 (吹流し形) シーアンカーの張力と抵抗係数

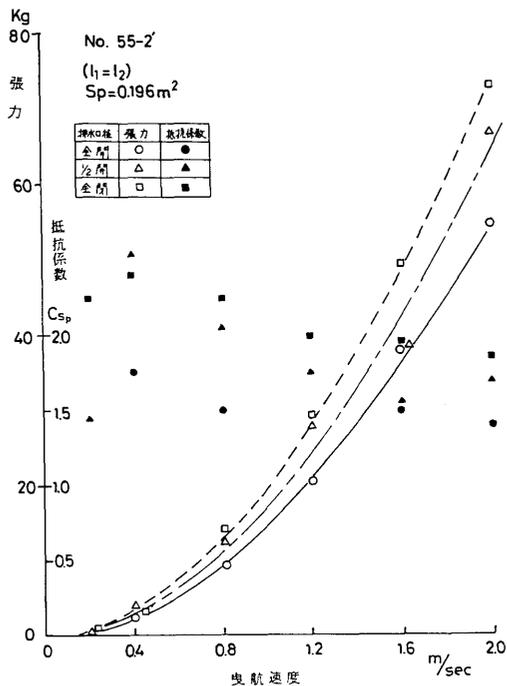


図-17 No 55-2' ($l_1 = l_2$) シーアンカーの張力と抵抗係数

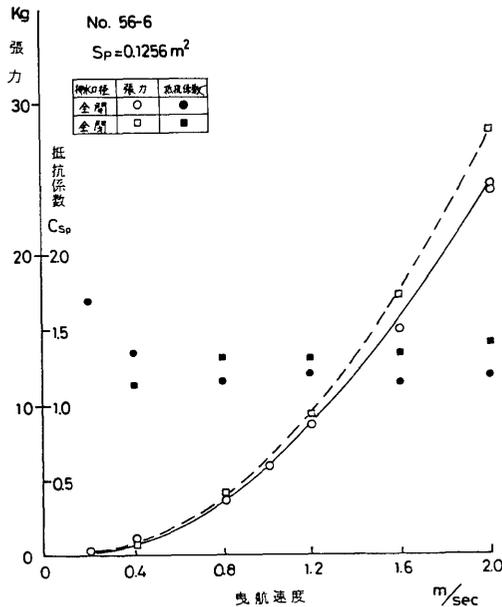


図-19 No 56-6 (吹流し形ネット付) シーアンカーの張力と抵抗係数

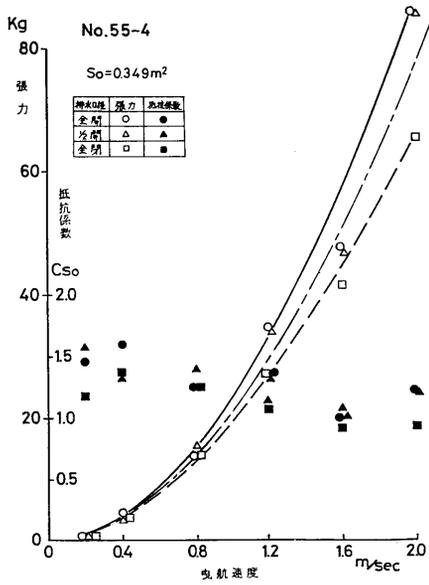


図-20 No 56-4 (正4角形) シーアンカーの張力と低抗係数

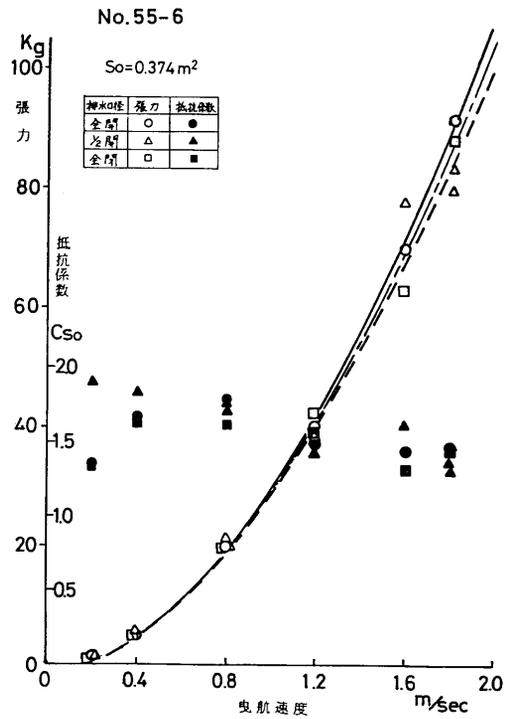


図-22 No 55-6 (正12角形) シーアンカーの張力と低抗係数

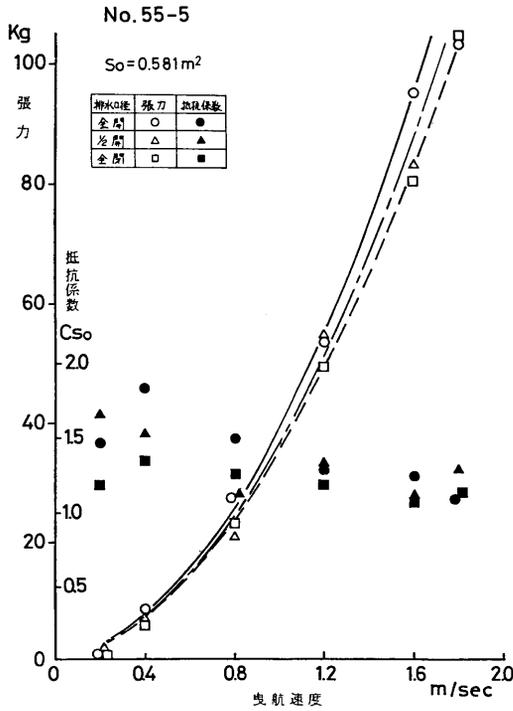


図-21 No 55-5 (正4角形) シーアンカーの張力と低抗係数

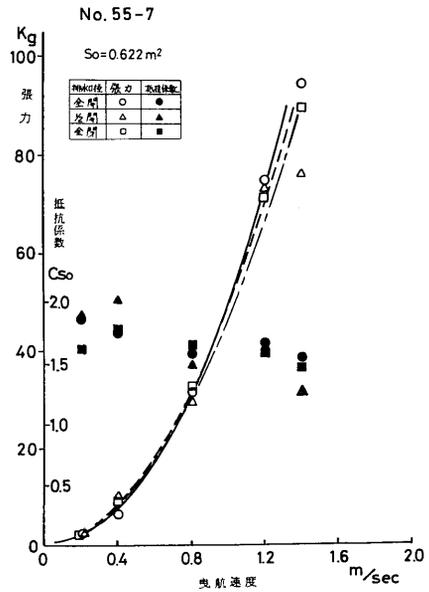


図-23 No 55-7 (正12角形) シーアンカーの張力と低抗係数

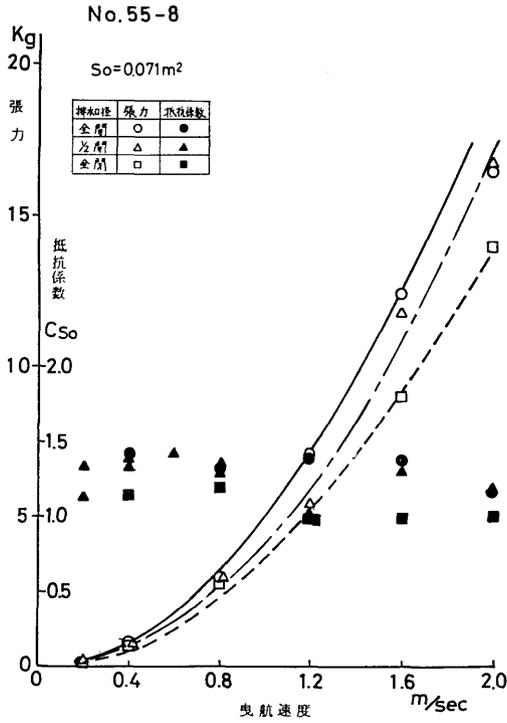


図-24 No 55-8 (円形) シーアンカーの張力と抵抗係数

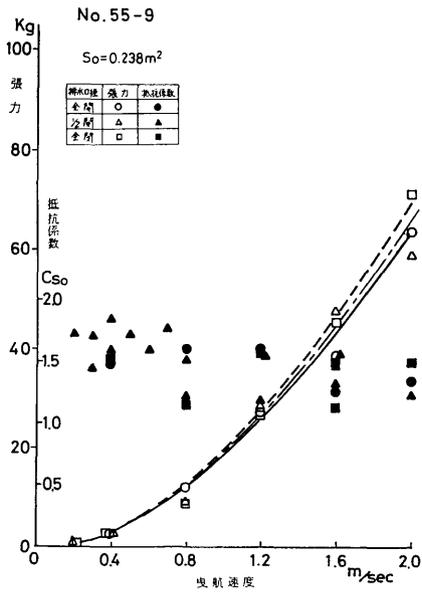


図-25 No 55-9 (円形) シーアンカーの張力と抵抗係数

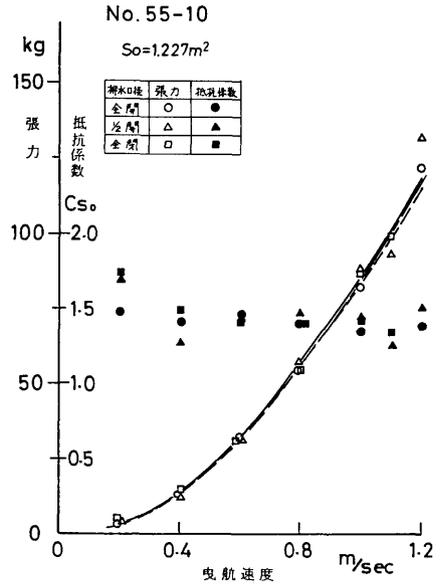


図-26 No 55-10 (円形) シーアンカーの張力と抵抗係数

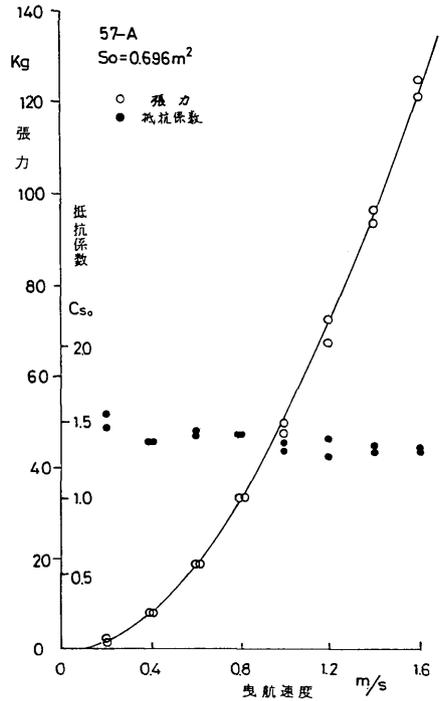


図-27 No 57-A (円形) シーアンカーの張力と抵抗係数

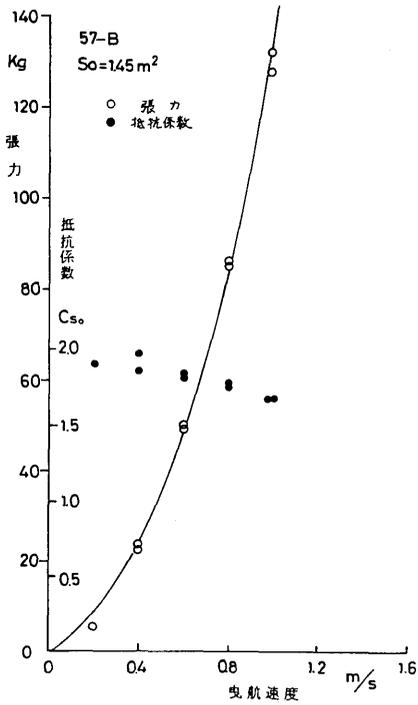


図-28 No 57-B (円形) シーアンカーの張力と抵抗係数

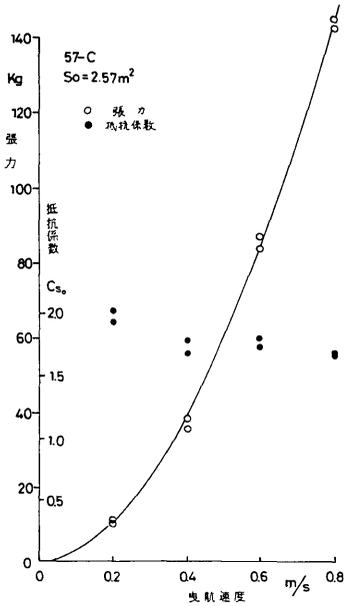


図-29 No 57-C (円形) シーアンカーの張力と抵抗係数

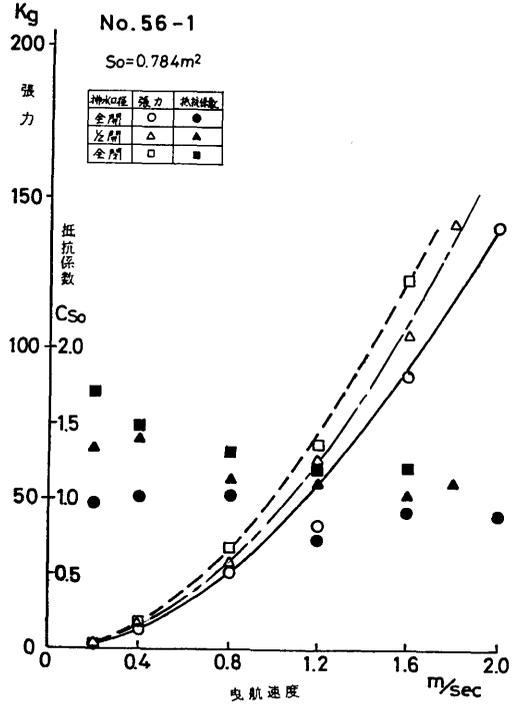


図-30 No 56-1 (半球形) シーアンカーの張力と抵抗係数

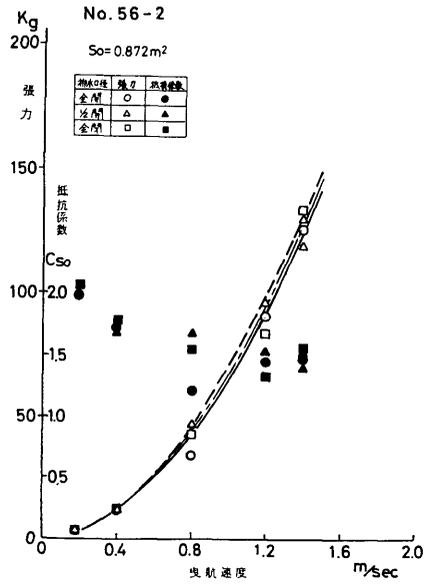


図-31 No 56-2 (十字形) シーアンカーの張力と抵抗係数

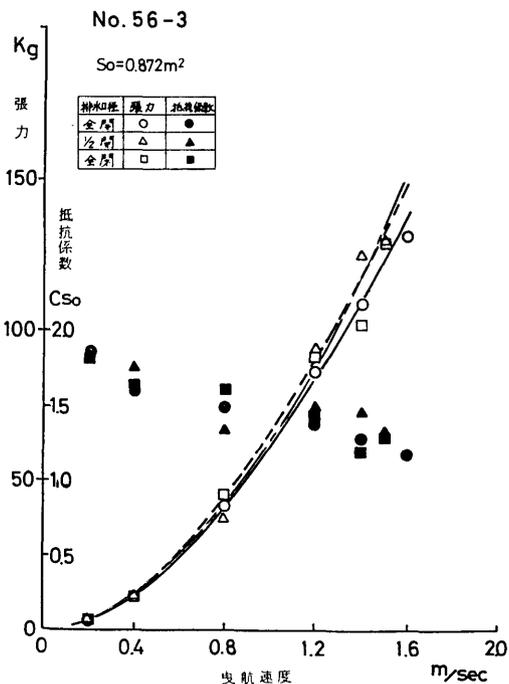


図-32 No 56-3 (十字形, 浮子, 沈子付) シーア
ンカーの張力と抵抗係数

表-5 シーアンカーの抵抗係数一覧表

シーアンカー			抵抗係数				
No	呼称	型式	形状その他	$V_s = 0.4 \text{ m/s}$	$V_s = 0.8 \text{ m/s}$	$V_s = 1.6 \text{ m/s}$	
1	55-1	吹流し型	$l_1 < l_2$	1.6	1.5	1.3	
			$l_1 = l_2$	1.7	1.65	1.6	
			$l_1 < l_2$	2.1	1.9	1.6	
2	55-2	型	$l_1 = l_2$	2.2	2.0	1.7	
3	55-3		ネット付	—	1.9	1.7	
4	56-6			1.35	1.2	1.2	
5	55-4	パラシュート型	正4角形	1.4	1.3	1.0	
6	55-5		正12角形		1.5	1.3	1.15
7	55-6				1.7	1.7	1.45
8	55-7		円形		1.8	1.6	1.4
9	55-8				1.35	1.3	1.2
10	55-9				1.6	1.5	1.4
11	55-10				1.45	1.4	1.4
12	57-A				1.45	1.4	1.3
13	57-B				1.9	1.75	—
14	57-C			1.85	1.7	—	
15	56-1	半球形		1.3	1.25	1.05	
16	56-2	十字形		1.7	1.5	1.4	
17	56-3	十字形 浮子 沈子付		(1.6)	1.5	1.2	

V_s : 曳航速度 l_1 : 上部張索長 l_2 : 下部張索長
 C_{sp} : 開口面積による抵抗係数
 C_{so} : 傘体布面積による抵抗係数

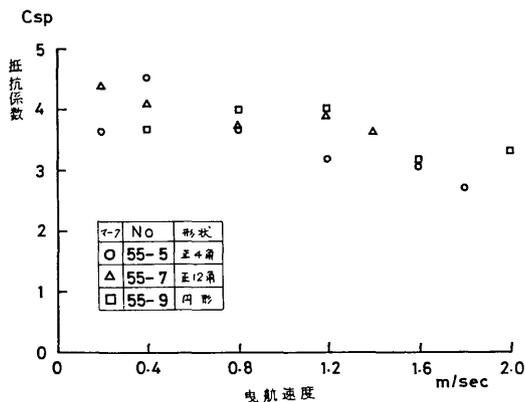


図-33 正面投影面積で無次元化した
パラシュート型の抵抗係数

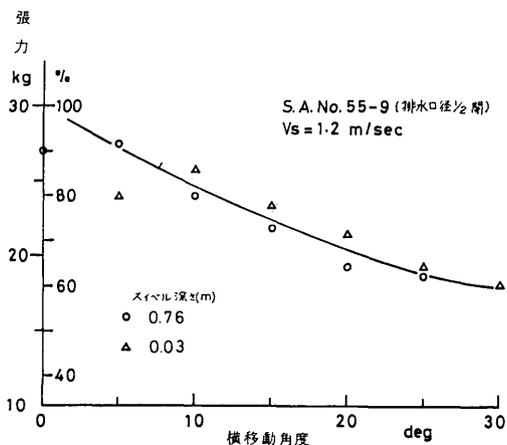


図-34 シーアンカーの変位角度による張力の減少

3.2.3 波による張力変動

波浪中を曳航されるシーアンカーの張力は傘体が波面に近い場合には静水中での張力を中心に波との出合周期で変動する。今回の波浪中曳航試験は追波状態で行ったため、傘体が波の谷にある時には張力が大きくなり、波頂の下になった場合には小さくなる変動を示した。図-35はNo. 55-9 (円形パラシュート型) が波面近くを曳航された場合の張力変動を示したもので曳航速度が高いほど変動振幅が大きくなっている。しかし、平均張力に対する変動振幅の割合は曳航速度の上昇とともに減少しており、波長3m、波高20cmの場合の曳航速度0.8及び2.0 m/sの時の変動振幅(全振幅)の割合はそれぞれ45%および33%となっている。

シーアンカーの波による張力変動は傘体が沈下して波面から遠ざかるにしたがって減少する。図-36にNo. 56-3 (十字形パラシュート型) が緩やかに沈下して行く過程でのシーアンカーの深さ (スイベル位置) に対する張力変動を示した。図に見られるように、波面近くでは15kgあった張力変動は $\frac{1}{2}$ 波長 (1 m) の深さでは2 kgとなり、 $\frac{1}{2}$ 波長 (1.5m) まで沈下すると波による張力変動はほとんど見られなくなっている。シーアンカーの曳索に最も厳しい張力が加わるのは水中に投入されたシーアンカーが展開する時であると思われたが、試験の結果を見ると展開時の張力は曳航中の最大張力と余り変わらず、衝撃的な張力変化は無かった。これは今回行った程度の曳航速度では傘体の展開速度が急激でないこと、また、長さ4 mの曳索が急な張力変化を和らげたものと思われる。

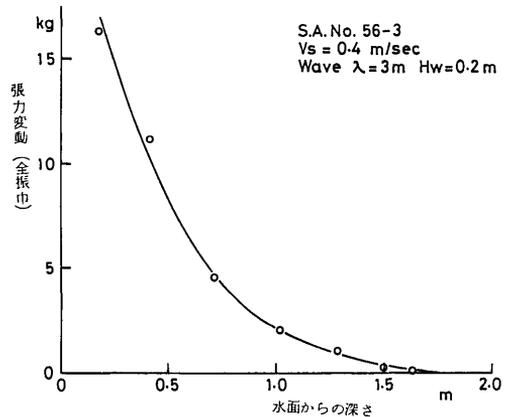


図-36 波面からの沈下による張力変動の減少 (単独曳航)

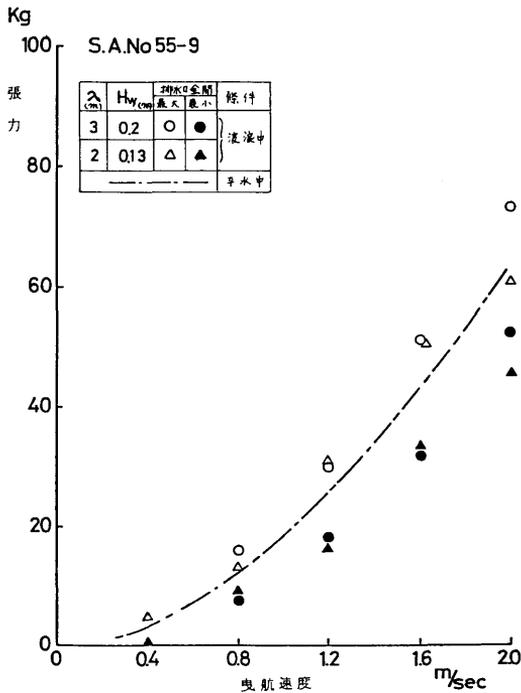


図-35 波浪中の張力変動 (単独曳航)

4. 救命いかだ及び漁船模型の漂流試験

4.1 試験方法

4.1.1 救命いかだの漂流試験

動揺試験水槽には最大風速15m, 吹出口寸法3 × 0.45mの送風台車があり, 曳引台車と連結して1 m/s以内の任意の速度で走行できる。漂流試験はシーアンカーを付けた救命いかだに風を当てながら漂流させ, 漂流速度に合せて送風台車を追従させる形で行った。試験に用いた救命いかだは6人用甲種膨張式救命いかだの現用品で, 底の周縁には4個の安定水のうが付いており, 底面積は3.9m²である。写真-1及び図-37に外観ならびに主要寸法を示した。救命いかだの漂流試験に用いたシーアンカーはNo. 55-2 (吹き流し型) 56-1 (半球形) 56-2, 3 (十字形) および55-7 (正4角) で, 何れも救命いかだ用の実物大模型であり, 排水口は $\frac{1}{2}$ 開の状態とした。シーアンカーは4 mの曳索を介して救命いかだの長軸の一端に取付けた張力計に繋がれている。試験時の乗員は6名 (定員) 及び2名とし, 送風口と救命いかだの距離は7 m, いかだ位置の風速は5, 7.5及び10mの3種類である。試験は主に静水中で行ったが, No. 56-1, 56-3については波長3 m, 波高15cmの風波併存状態の試験も行った。計測項目は風速, 漂流速度, シーアンカーの張力のほか, 救命いかだとシーアンカーの相対位置を計測したが, 相対位置は試験距離が短かった為にデータは得られていない。

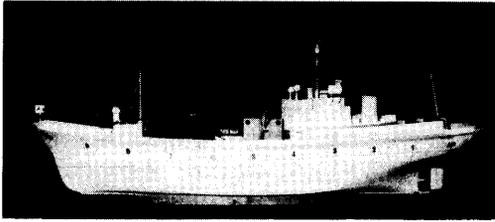


写真-2 漁船模型船

4.2 試験結果

4.2.1 救命いかだの漂流試験結果

供試救命いかだにシーアンカーを付けずに風を当てて漂流させるとほぼ横風を受ける向きで漂流する。この救命いかだにシーアンカーを付けるとシーアンカーの大きさ或いは風速によって船首（張力計を付けた方を船首とする）を風に立てるようになり、場合によっては風の方向を中心に船首を左右に振りながら漂流するようになる。表-6 に漂流中の救命いかだの船首が最も風下に向いた時の方向を向い風を0°、追風を180°として示した。この表から救命いかだにシーアンカーを付けると船首が風に立ちやすいことが判る。また、波の存在は船首を立ちにくくすることが判る。図-39, 40に荷重人員6名及び2名の場合の救命いかだの漂流速度と風速との関係を示した。漂流速度は風速にほぼ比例し、シーアンカーを付けない場合の漂流速度は荷重6名の場合は風速の約4%, 2名の場合は5%程であるが、シーアンカーを付けると漂流速度は小さくなり、大型のシーアンカーになるほどその効果があり、No.56-2シーアンカーを用いると漂流速度はほぼ1/2に抑えられていることが判る。両図には風波併存時の漂流速度も記入されている。波（波長3m, 波高15cm）が併存すると風速が低いうちは漂流速度は増すが、風速が大きい場合には逆に漂流を抑えている様子が見られる。図-41はパラシュート型シーアンカーの大きさと漂流速度の関係を示した図で、シーアンカーの大きさはシーアンカーの布面積と救命いかだの床面積の比で表わし、漂流速度は風速との比で表現している。この図から救命いかだの漂流速度を1/2に抑えるに必要なパラシュート型シーアンカーの大きさは、いかだの床面積のほぼ20%の布面積のシーアンカーとなることが判る。図-42, 43には漂流時のシーアンカーの張力と漂流速度との関係を乗員6名及び2名の場合について示してある。同一漂流速度における

張力が大きいシーアンカー程大きいのが、これは同一漂流速度における風速が大型のシーアンカーを用いるほど強く、従って救命いかだが受ける風力が大きいことによる。両図には風波併存時の計測値も示してある。波が併存すると同じ漂流速度に対する張力は増加し、その増加量は乗員が少ない場合の方が目立って大きくなっている。図-44に波長3m, 波高15cmの波が併存する場合の張力変動の大きさを示した。張力変動は平均張力に対する割合で示してある。変動割合は片振幅で90%に達し非常に大きいようであるが、この場合の平均張力は2~3kg程度であり、絶対値としてはそれほど大きな値ではない。シーアンカーNo.56-1について乗員数の影響を見ると、乗員数が多いと張力変動が増加している。

表-6 漂流中の救命いかだの方位変化（乗員6名）

シーアンカー No	風速 m/sec	方位 角 deg		
		5	7.5	10
なし	なし	78	84	87.5
55-2 (0.527)	なし		48.8	54
55-7 (0.622)	なし	15	37.5	32
56-1 (0.784)	なし	45	25	26.5
56-1 (0.872)	A=3m Hw=15cm	60	60	60
56-2	なし	50	45	35

()内は布面積 m²

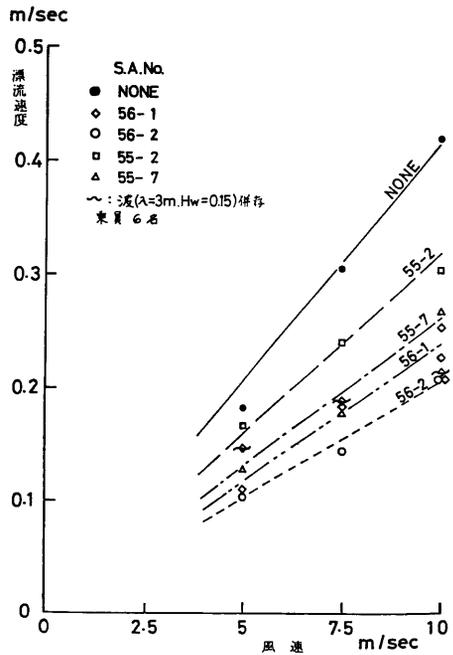


図-39 救命いかだの漂流速度（乗員6名）

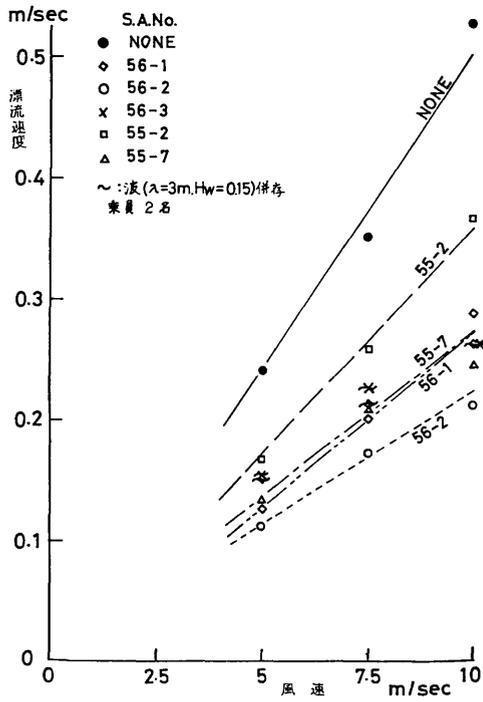


図-40 救命いかだの漂流速度 (乗員 2名)

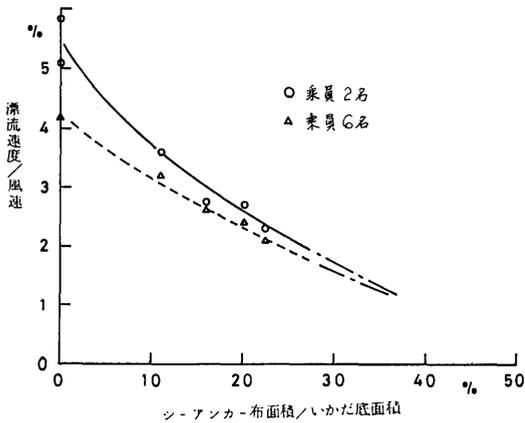


図-41 救命いかだの漂流速度とシーアンカーの大きさ

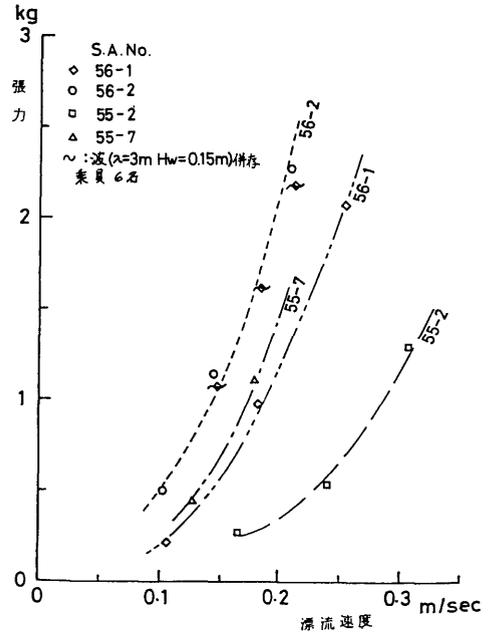


図-42 救命いかだの漂流時のシーアンカー張力 (乗員 6名)

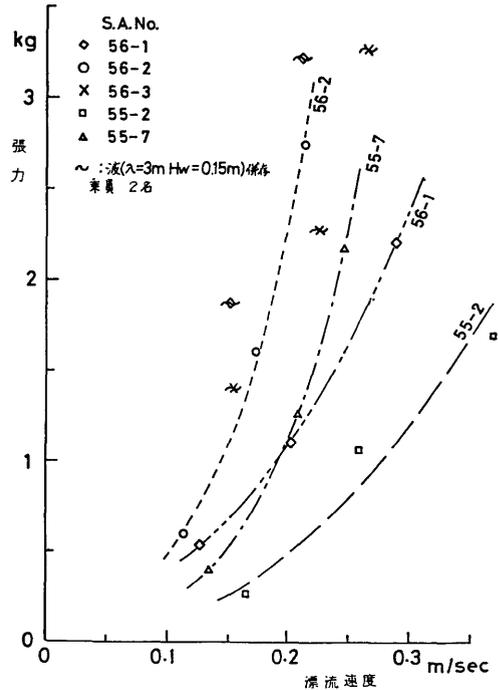


図-43 救命いかだの漂流時のシーアンカー張力 (乗員 2名)

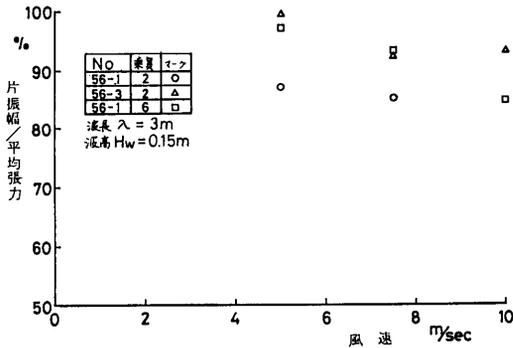


図-44 救命いかだの漂流時のシーアンカー張力変動

4.2.2 漁船模型の漂流試験結果

シーアンカーを付けない供試模型船に風を当てて漂流させると、模型船は船首を横風よりやや風下に向けた状態で漂流する。この模型船にシーアンカーを付けて漂流させると、シーアンカーの大きさや風速などによって異なるが船首を風に立てるようになり、また、漂流速度も小さくなる。その様子を図-45及び図-46に示した。図-45は風速と漂流速度との関係を示す図で、供試シーアンカーNo. 55-8, 9, 10は何れも円形パラシュート型であり、傘体の布面積比は約1:3.3:17.3になっている。図に見られるように漂流速度は風速にほぼ比例して増加し、シーアンカーが大きいほど漂流速度は小さくなる。図中には波が併存する場合の計測値も記入されており、波が併存すると弱風時には漂流速度を増し、強風時には漂流速度を小さくしていることが判る。図-46は漂流時の風に対する船首の向きを示した図で、向い風を0°, 追い風を180°として表わしてある。また、シーアンカーを付けて漂流する船体は張力の変動やシーアンカーとの相対位置の変化などにより船首方向は常に変化し、No. 55-9, 10のような大型シーアンカーを用いた場合には一時的に完全に風に立つ場合もあるが、図に於ては船首が最も風下に流された時の値を用いている。図に見られるように、シーアンカーが大きいほど、また、風が強いほど船首が風に立ちやすいことが判る。しかし、No. 55-10の試験結果に見られるように大型のシーアンカーを用いても風速6 m/s以上の風速に対する船首方向は30°辺

りで頭打ちになる傾向が現れており、従って船首方向を更に風上に向けて保持するには非常に大きなシーアンカーが必要になると推察される。この図には波が併存する場合の計測値も記入されており、波が併存すると静水中より船首は風に立ちやすいことが知られる。図-47は円形パラシュート型シーアンカーの大きさと模型船の漂流速度との関係を示した図で、シーアンカーの大きさは傘体の布地の直径と船の長さ(Lpp)との比で表わし、漂流速度は風速との比で表わしてある。この図から、円形パラシュート型シーアンカーを用いて漂流速度を1/2に抑えるには傘体の布地直径を船の長さの30%程度にすればよいことが判る。また、シーアンカー径を30%以上に大きくしても漂流を抑止する効果は余り上らないことが知られる。図-48には漂流中の風速とシーアンカー張力との関係を示した。図中には波が併存する場合の計測値も記入されており、波の存在により平均張力が増加し、増加量は風速とは余り関係がないようである。図-49に漂流速度と張力との関係を示した。図に見られるように、大型のシーアンカーは少しの漂流速度の上昇に対しても大きな低抗力を発揮して漂流速度を抑止作用が大きいことが判る。この図から判断するとNo. 55-10程度の大きさのシーアンカーを使用すると最大漂流速度は0.1 m/s、No. 55-9程度のシーアンカーでは0.3 m/sと推定される。図-50は風波併存時に漂流する時の張力変動の大きさを示した図で、張力変動は平均張力に対する割合で表わしてある。変動割合は平均張力の100%にも達して非常に大きい平均張力は0.2~0.6kg程度の小さなものであり変動振幅の絶対値は小さい。

ここでシーアンカーを付けて漂流する模型船の漂流に対する低抗のうち、シーアンカーが負担する割合がどの程度であるかをNo. 55-9及びNo. 55-10について検討してみる。図-51にNo. 55-9, 10シーアンカーを漂流速度に近い極く低速で単独曳航した場合の張力を示してある。この単独曳航時の張力と図-49に示した模型船漂流時のシーアンカー張力との差は漂流中の船体の水中部分の抵抗であり、漂流時の張力と単独曳航時の張力との比が漂流時のシーアンカーが分担する低抗の割合と見られる。No. 55-9について漂流速度0.15, 0.2, 0.25 m/sの時のシーアンカーの分担割合はそれぞれ45%, 49%, 56%となり、No. 55-10シーアンカーの0.05, 0.075, 0.1 m/sにおける分担割合はそれぞれ30%, 42%, 90%となる。すなわち、すなわち、漂流抑止力に対するシーアンカーの分担割合は漂

流速の上昇とともに急激に増加し、強風下で大型シーアンカーを用いた場合の漂流抑止力はその大部分をシーアンカーが負担していることが推察される。図-52はシーアンカーを付けた模型船を風と規則波が併存する中で漂流させたときの船体の縦揺れ、横揺れ、及び相対水位の応答を波（風）に対する船首方向に対して示した図である。縦揺れと横揺れ角度は波傾斜との比で表わし、相対水位変動は変動の全振幅と波高との比で表わしてある。船首方向 90° （横波）の計測値はシーアンカーが展開していない時の値である。図に見られるように計測値は非常に散らばっている。これは船首方向が常に変化し定常状態が持続しないこと、風速（漂流速度）の異なる試験の計測値が混っていること等によるものである。図中の動揺や相対水位応答を示す実線や破線は応答の傾向を示す程度のものである。シーアンカーが展開するまでの船は横波を受ける状態で漂流し、傘が開くと曳索に張力が現われて船首は次第に波風に立ってくる。その過程において応答変化の激しいのは横揺と S. S 5 の相対水位変動である。横揺れの応答の大きさは横波から 30° 程度波に立ることにより約 $\frac{1}{2}$ に減少している。S. S 5 の相対水位の横波中の応答は $0.75 \sim 0.95$ を示している。S. S 5 に於けるブルワーク高さは 10cm で、これを波高比に換算すると $0.77 \sim 1.25$ となってブルワーク・トップにまで達しており、事実、試験中の観察では波高 10cm 、 13cm では海水打込が起きている。しかし、船首が 30° 風上に立つと相対水位の応答は横波の場合の $\frac{1}{2}$ 程度になり、海水打込の心配は無くなる。船首部 S. S 9 のブルワーク高さは水面上 25cm あり、何れの方角の波に対しても海水打込は生じないことが判る。以上のように、風波中を漂流する小型船にシーアンカーを用いる効果は漂流速度を抑止するとともに、船首を波に立ることにより海水打込を防ぎ、横揺れを減少させることに大きな効果があると言える。

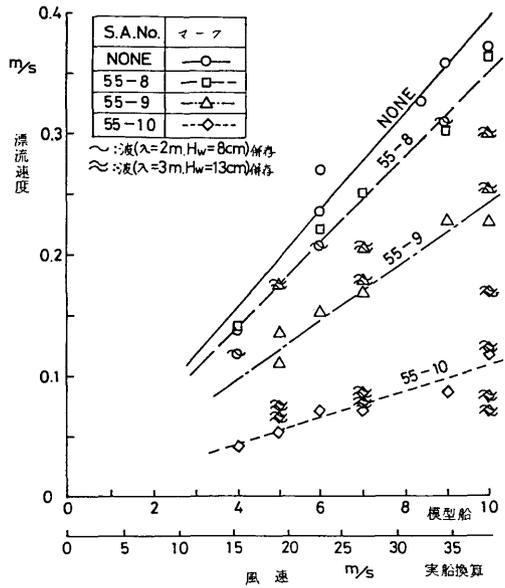


図-45 漁船模型船の風速と漂流速度との関係

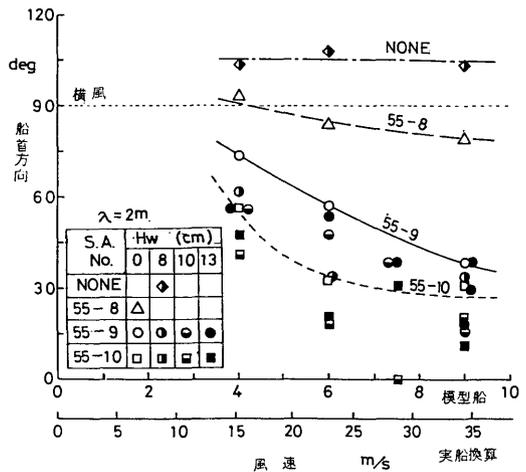


図-46 漁船模型船の向風角度と風速との関係

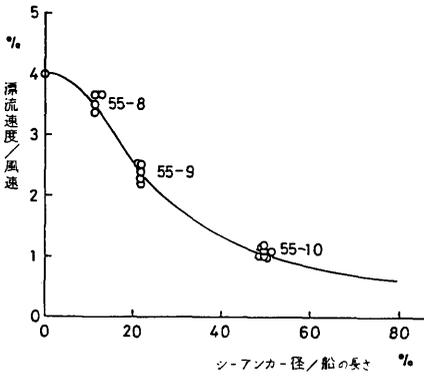


図-47 漁船模型船の漂流速度とシーアンカーの大きさ

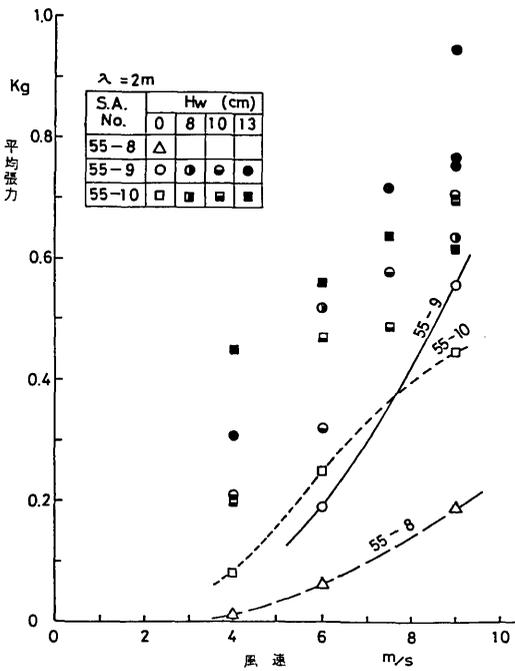


図-48 漁船模型船漂流中の風速とシーアンカー張力との関係

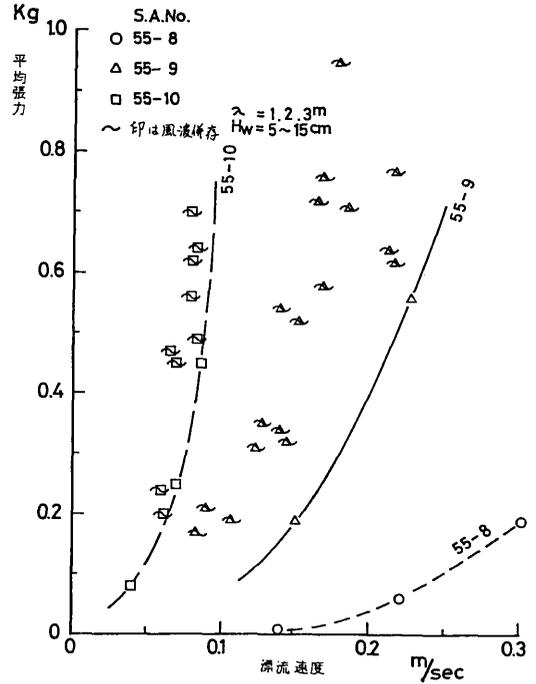


図-49 漁船模型船の漂流速度とシーアンカー張力との関係

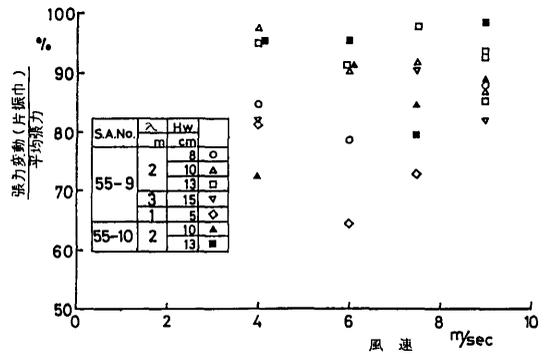


図-50 漁船模型船、漂流時のシーアンカー張力変動

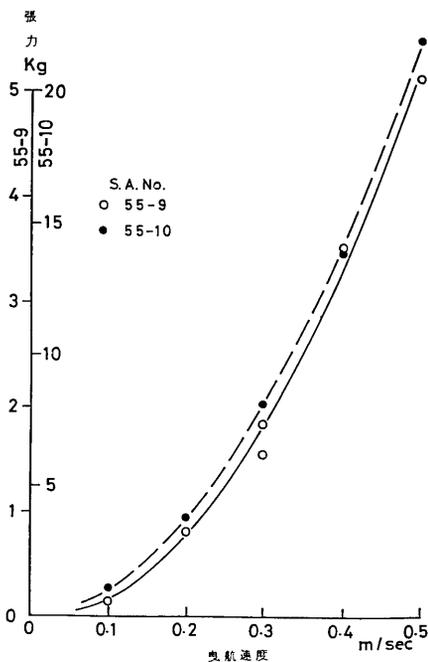


図-51 低速曳航時のシーアンカー張力 (No 55-9, No 55-10)

5. あとがき

現用シーアンカー、実物大模型、縮尺模型を含め、吹き流し型、パラシュート型(円形、4角形、十字形)など、形状や大きさの異なる17個のシーアンカーを静水中ばかりでなく波浪中で曳航し、曳索の張力、張力変動、傘体の振れ廻り等を調べ、吹き流し型については開口面積で無次元化した低抗係数を求め、パラシュート型については製作或いは選定の便利さを考慮して傘体布面積で無次元化した低抗係数を求めた、また、曳航中の傘体の振れ廻りによる曳索の張力変動についても調査した。更に、一部のシーアンカーについてはこれを救命いかだ及び漁船模型に装着して風や波の中を漂流させ、シーアンカーが船や救命いかだの船首を風上に立てる効果、ならびに漂流速度を抑止する効果を調べた。

この試験は現用品のシーアンカーを主体としたために系統的なデータは得られなかった。また、漁船模型及び救命いかだにシーアンカーを付けて漂流させた実験結果からみると、シーアンカーの単独曳航試験の曳航速度の低速部が缺けたうらみがある。しかし、実験した曳航速度に対する低抗係数の変化の傾向から、更に低速部分の低抗係数を推定しても大きな誤りは生じないものと思われる。また、低速曳航時の傘体の振れ廻りについても、振れ廻りの速さは緩やかにはなっても振れ廻り角度は余り変らないと推定されるので、この試験結果はシーアンカーを選定する目安とするのに充分役立つと思う。

シーアンカーの性能に関するまとまった研究報告としては、(社)日本海難防止協会が行った「シーアンカーの使用標準に関する研究」(日本海難防止協会報告書、昭和33, 34年度)があり貴重な参考資料となった。

本稿を終るに当り、研究資料、供試シーアンカーの提供など、種々御便宜を載いた、(助)日本船用品検定協会の戸村了三氏、藤倉航装(株)の西牟田兼雄氏をはじめ「シーアンカーの性能基準に関する調査委員会」の委員の方々、ならびに実験に際し貴重な御教示を載いた船舶技術研究所、海洋開発工学部、高石敬史部長に厚く謝意を表します。

参考文献

- 1) 志波久光 “シーアンカーおよびハンドログ” 船舶 第21巻第7号 昭和23年
- 2) (社)日本海難防止協会 “シーアンカーの使用標準に関する研究” 中間報告 昭和43年度

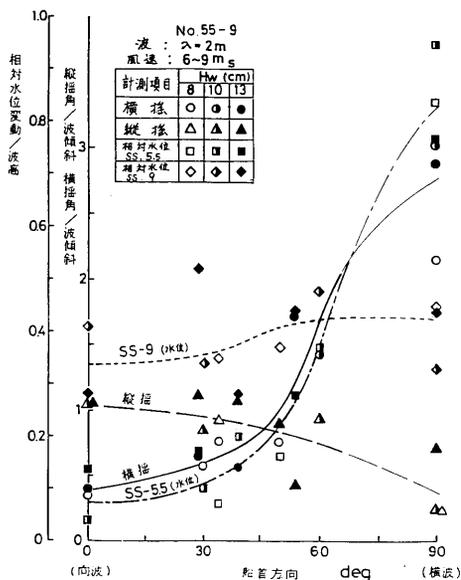


図-52 漁船模型船漂流時の船体動揺と相対水位

- 3) 社日本海難防止協会 “シーアンカーの使用標準に関する研究” 完了報告 昭和44年度
- 4) Y. Takaishi, “Experimental Technique for Studying Stability of Ships Achieved in the Ship Research Institute” International Conference on Stability of Ships and Ocean Vehicles, Glasgow, 1975.
- 5) 高石敬史 “漁船の荒天時操船に対するシーアンカーの効果” 船舶技術研究所報告 第7巻第3号 昭和45年3月
- 6) 吸川 清 “膨脹式救命いかだ用シーアンカーの有効な型状に関する実験” 日本航海学会論文集 64号 175頁 昭和56年1月
- 7) 吉野泰平他 “シーアンカーの性能に関する水槽試験” 船舶技術研究発表会第38回 昭和56年12月 61頁
- 8) 財日本舶用品検定協会 “シーアンカーの性能基準に関する調査研究報告書 昭和57年3月