

## 鮪延縄の敷設水深とその動態

誌名	水産工学研究所研究報告
ISSN	03889718
著者	下崎, 吉矩 大澤, 要一 丹羽, 洋智
巻/号	9号
掲載ページ	p. 289-301
発行年月	1988年3月

## 鮪延縄の敷設水深とその動態

下崎吉矩\*・大澤要一\*・丹羽洋智\*

## 目 次

1. 緒言	289	3.2 幹縄の敷設水深とその変動	293
2. 研究方法	289	3.2.1 敷設水深の変動	293
2.1 水深計の取付	290	3.2.2 敷設水深とその推定	294
2.2 敷設水深の推定のための簡易計算	290	3.2.3 ケミカルチューブによる1鉢の中の変動調査	297
2.3 深さ計による幹縄の深度記録の解折法	290	4. 総合的考察	297
3. 結果ならびに考察	291	参考文献	298
3.1 沈降速度	291	Summary	299
3.1.1 全データについての比較	291	付 録	300
3.1.2 幹縄の沈降速度と環境	292		

## 1. 緒 言

鮪延縄漁業においては、延縄の敷設水深を対象魚群の游泳水深に適合させることが、高効率漁獲の最大の要因の一つであって、漁業者はこの問題に特に深い関心を持つ。延縄の敷設水深やその動態については従来既に多くの研究が行われており、その方法としては、(1) 懸垂線など数学的に曲線を仮定して推定する方法<sup>1),2)</sup>、(2) 魚群探知機を用いて計測する方法<sup>3),4),5)</sup>、(3) ケミカルチューブや自記式深さ計を用いる方法<sup>6),7),8)</sup>などがある。また、(4) それらの方法による推定値と深さ計の実測値間の誤差についての検討<sup>9),10),11)</sup>などの研究もある。

魚探機や水深計を用いた敷設水深の把握は、漁獲機構や漁獲効率の解折には有益であるが、その把握は計測の結果に由来するもので、期待する水深への延縄の敷設には直接には有益にならない。しかし、懸垂線などのシミュレーションによって得た水深が、長時間保持されることがわかれば魚群の游泳層に合せて、その解折水深の得られる投縄が有効に行えるようになるのであろう。

我々はこの視点に立って、5種の相異なる幹縄よりなる

表1 幹縄の直径および見掛比重

幹 縄	直 径 (mm)		比 重
	幹 時	湿 時	
N・T	5.35	5.32	1.26
V	5.77	6.05	1.28
V・T	6.13	6.30	1.33
D	6.15	6.18	1.36
T・F	5.64	5.68	1.38
W	4.10	4.12	7.80

(註) N・T, V・D, T・F, Wについては表2参照  
延縄が敷設中にとる水深とその動態を明かにするために、昭和42年から45年にかけて行われた照洋丸の試験結果を解析した。

## 2. 研究方法

水産庁調査船照洋丸が昭和42年から45年までの間に行った鮪延縄操業試験では、鉢方式のビニロン縄100鉢と、リール式の合織縄4種類とワイヤ縄100鉢の計200鉢が1操業に使用された。これら5種類の各幹縄の仕立・仕様は既に報告された照洋丸による鮪延縄操業合理化の研究一Ⅲに示した通りである<sup>12)</sup>。試験中の幹縄の直径ならびに見掛比重は表1に示すとうりであった。使用した5種の幹縄の中の1鉢の所定の位置に自記式水深計1個を取付けて、敷設中の水深の変化を調べると共に、補助的に

## \* 漁業生産工学部

この報告の取纏めに際し種々御教示いただいた東海区水産研究所資源部原一郎技官ならびに海洋部松本孝治技官に対し厚くお礼申し上げる。

chemical tube も利用した。

投縄に際して、各種幹縄毎に10鉢単位で、幹縄の投入時間、船の航行速度を正確に測定し、毎回操業毎に、幹縄種類毎に短縮率を求めた。この短縮率を用いて、上条<sup>12)</sup>が開発した敷設中の幹縄の深さの簡易算出法により、その短縮率の下における、枝縄のつけ根に当る幹縄の水深を推定し、水深計によって測定された水深と比較検討した。

2.1 水深計の取付

各種幹縄への水深計の取付けは隣接する各種幹縄の境の鉢から3鉢目の鉢とし、図1に示すように、4本づけの場合はその鉢の第2番目の枝縄に自記式水深計を、4番目に Chemical Tube を取り付け、7本づけの場合には第4番目の枝縄に自記式水深計を、第7番目の枝縄に chemical tube をとりつけた。各水深計は幹縄と枝縄のつけ根から凡そ1m下のところに取付け、そこから先の枝縄の部分は省いた。また、各水深計は水中での見掛け比重が各幹縄のそれと同等になるように、浮子を用いて調節を図った。鉢縄では水深計は第32鉢目と第52鉢目につけられた。なお、昭和41年度から44年度までの延縄の材料別幹縄の配列は図2に示す通りであった。

2.2 敷設水深の推定のための簡易計算法の検討

敷設した延縄の水深を推定するのに、吉原<sup>1)</sup>は延縄が水中で懸垂線をとるものとして、幹縄の水深  $y$  は  $y = h_b + l(\sqrt{1 + \cot^2 \varphi_0} + \sqrt{(1 - 2j/n)^2 + \cot^2 \varphi_0})^{*1}$  (ただし、 $\varphi_0$  は  $1/\cos \varphi_0 = \cosh(kl/a)$ ,  $1/\cos \varphi_0 = \cosh(k \cdot \tan \varphi_0)$  の両式より求む) によって求めることを示した。盛田<sup>7)</sup>によると、止水中では幹縄は懸垂線を描くと考えてよいようであるから、吉原の方法によって各操業試験における幹縄の深度計算を行っても論議を進めることは可能であるものと考えられる。

しかし、我々の試験のようにには毎日に、延縄材料毎に短縮率がごとごとく異ってくる場合には、その度に  $\varphi_0$  の計算を行ってから  $y$  を算出する作業は煩わしいので、 $\varphi_0$  の計算の不要な上条の方法<sup>12)</sup> による方がより有用と考えられる。

2.3 深さ計による幹縄の深度記録の解析法

昭和41年度から44年度までの4年間の測深記録を幹縄の材料別に分析した。深度の記録を、幹縄投入から引揚

\*1)  $h_b$ : 浮縄の長さ  $j$ : 1鉢の枝縄の端からの番号  
 $l$ : 1鉢の幹縄の長さ  $\varphi_0$ : 浮縄と幹縄の結着点における幹縄と水平線のなす角で短縮率  $k$  より求める。

$n$ : 1鉢の房(枝間にある幹縄)の数

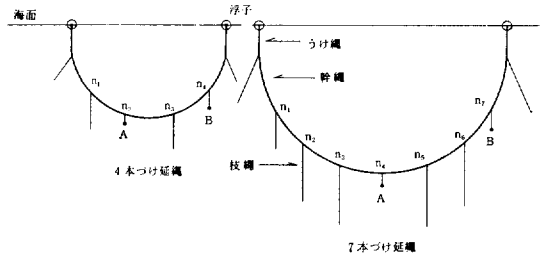


図1 深度計の取付方法

A: 自記式深さ計  
 B: Chemical tube

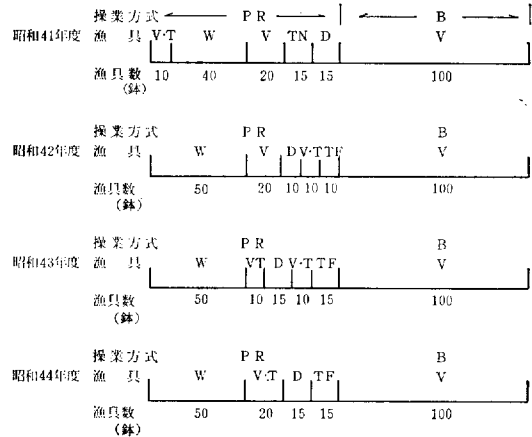


図2 操業における延縄幹縄種類別の敷設配列

B: 鉢縄式操業 PR: パワーリール式操業 V: ビニロン幹縄 D: PP8クロス(ダンライン)幹縄 T·N: テトロン・ナイロン混燃幹縄 V·T: ビニロン・ポリエステル(テトロン)混燃幹縄 F·T: ポリエステルF幹縄 W: ステンレスワイヤ幹縄

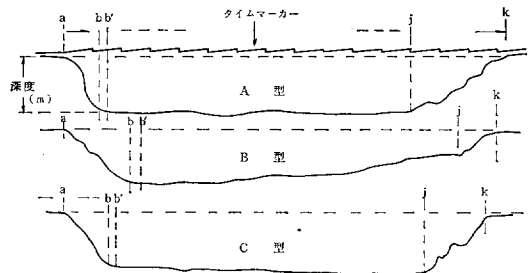


図3 深度記録の例示 (T, F)

a: 深度計投入点 b: 幹縄の定深度到達点  
 j: 引揚の影響下に入った点 k: 引揚完了点

は幹縄の沈降が停止して一定の形態を保持したとみられる最初の点であり、 $j$  点は揚縄工程中幹縄がその張力の影響を受けるようになったと看做される点である。

幹縄深さの敷設中の動態を三つに区分し、その一つを沈降速度とし、 $b$  点における深度を  $a-b$  間の時間で除したものとした。 $b-j$  間を 8 等分して  $d$  から  $j$  までの各等分点における 9 点の深度の平均を平均深度とした。記録の後半に至って、深度が比較的急速に小さくなって終る部分がある ( $j-k$ ) が、これは幹縄の揚縄張力の

まで、模式的にみると図 3 にみられるようである。 $b$  点影響を受ける部分であろう。

幹縄の投入から引揚げまでの深度記録を図 4 に示すように類型化し、 $b$  から  $j$  まで 8 等分した各点の深度をとり、それによって各幹縄毎に沈降速度、敷設水深からの影響度の特徴を調べると共に深度の敷設中の変遷についても比較検討を行った。

### 3. 結果ならびに考察

#### 3.1 沈降速度

縄の沈降速度が釣獲性に関係するか否かに漁業者は深い関心を持っているが、古くて新しい課題である。ここでは、幹縄の材料の種類別にその沈降速度に差異がどの程度生じたかについて検討する。

##### 3.1.1 全データについての比較

幹縄の沈降の状況は深さ計の記録の  $a-b$  の部分に表われる。図 3 は  $T, F$  について代表的な形を例示したが、他の種の縄についても同様である。沈降する縄が沈降を停止する一応の目安は、1 鉢分の縄全体が浮子による張力を受けるようになって遂に停止する  $b'$  点であるが、実際には停止の前に徐々に大きくなる張力を受けて円曲な線を描くようになるので、その曲線に最も近似する直線が、縄の沈降曲線と交わる点であり、これを  $b$  として沈降速度を算出した。

このように算出した 3 年度 (昭 41—43 年度) にわたる縄の種類毎の沈降速度をに表 2 に示す。枝縄の手許の所謂枝網は原則として、それがとりつけられる幹縄と同じものとした。表 2 によると、沈降速度は平均値の大きさに関する限りでは、その見掛比重に準じて大きく、速度と比重の順位の相関係数も  $\rho=0.986$  と非常に高い。表 1 と表 2 の縄の比重と沈降速度とを参照すると、大きい

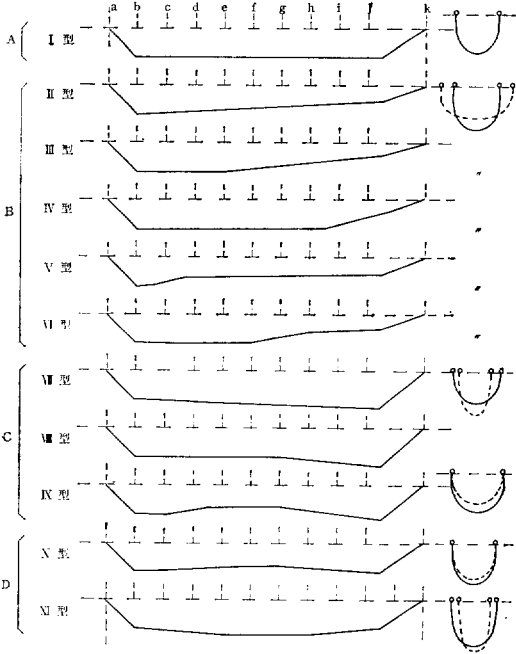


図 4 敷設中の幹縄深度の経時変動タイプと潮によるふかれ例

表 2 操業試験で得られた各種幹縄の沈降速度

(単位:  $m/min$ )

幹 縄	$V_B$	$V_{PR}$	$V \cdot T_{PR}$	$D_{PR}$	$F \cdot T_{PR}$	$W_{PR}$	順位相関係数
$\bar{x}$	8.6	8.9	9.1	9.8	9.8	19.0	
$n$	21	22	29	18	14	44	
$s$	2.7533	2.8969	2.5109	3.0644	2.9242	6.8848	
$R$	13.9-4.1	12.8-4.2	14.0-5.4	17.6-5.7	16.5-5.8	37.7-8.2	
沈降速度の順位	5.5	5.5	4	2.5	2.5	1	$\rho=0.986$
比重の順位	5.5	5.5	4	3	2	1	

(註)  $V_B$ : 鉢縄ビニロン

$V \cdot T$ : PR 方式ビニロン, ポリエステル混燃

$TF$ : PR 方式ポリエステル F

$\bar{x}$ : 沈降速度平均値,  $n$ : 繰返し数,  $s$ : 標準偏差,  $R$ : 範囲

$V_{PR}$ : PR 方式ビニロン

$D_{PR}$ : PR 方式 pp. 8 クロス鉛芯入り

$W_{PR}$ : PR 方式テンレススワイヤ

もの程沈降速度は大であるように見える。しかし  $t$  検定による平均値の差の検定によってははっきりした差異は表われていない。すなわち、 $V_B$ ,  $V_{PR}$ ,  $V \cdot T_{PR}$ ,  $D_{PR}$ ,  $T \cdot F_{PR}$  の各幹縄間には5—10%の危険率では何れも差異があるとはいえないという結果であった。しかし  $W_{PR}$  は他に比して圧倒的に大で、それらよりも凡そ倍の速度で沈降したことが確められた。

$W_{PR}$  以外の縄の間に沈降速度の差異がはっきりしないのは、各操業ステーションにおける潮流や波浪等の変動により各縄の沈降速度の分散が大きくなったことによるであろう。表2において標準偏差  $s$  は何れも平均値の1/4 付近の値をとっており、各縄の沈降速度の範囲は最

表3 敷設中の幹縄の深度変動タイプの出現率

(単位: %)

幹縄 深度 タイプ	$V_B$	$V_{PR}$	$V \cdot T_{PR}$	$D_{PR}$ , $T \cdot F_{PR}$	$W_{PR}$	平均
A	29	37	35	43	44	38
B	53	40	35	38	19	37
C	0	12	12	13	28	14
D	18	10	18	6	4	11

大と最小の比が3倍に達する程である。即ち、各種の縄について沈降速度の変動は予想外に大きかったことが知られる。

3.1.2 幹縄の沈降速度と環境

幹縄の深度は図3にみられるように、海潮流や風浪などの環境と無関係ではあり得ないであろう。図3はその代表的なものをについて例示したが、この例をみただけでもその3例の中で同じ材料幹縄でありながら、沈降速度に可成り大きな差異のあることが推定できる。実際には幹縄深度の記録形は可成り複雑であるが、これらを類型化すると図4のように纏めることが出来た。沈降速度の大きさは、この類型化されたパターンと無関係ではないと考えられる。即ち、I型は終始深度に変動が少ない場合で、潮や風の動きが比較的ゆるやかで同じ向きをもつ場合であろう。II→VI型は延縄の敷設方向に対する風や潮の向きの影響によって浮子間隔が次第に広くなり、縄の深度が次第に浅くなった場合であろう。VII, VIII, IX等の型は、潮の方向と縄のなす角が比較的小さくて、風は潮下の方でより強く同じ向きに吹いている場合で縄は次第に深くなっていった場合であろう。また、X, XIなどの型は、むしろ、縄の敷設方向に対して風や潮が直

表4 深度の変動型と縄の沈降速度階級の出現状況

幹 縄	深度変化の型	沈降速度 (m/min)						
		29-25	24-20	19-15	14-12	11-9	8-6	5-4
$V_B$	A(I)				2	3	1	
	B(II, III, IV, V, VI)					1	5	3
	C(VII, VIII, IX)					2	1	
	D(X, XI)							
$V_{PR}$	A(I)				4	5	5	
	B(II, III, IV, V, VI)					1	9	4
	C(VII, VIII, IX)					2		
	D(X, XI)							
$V \cdot T_{PR}$	A(I)			1	2	3	1	
	B(II, III, IV, V, VI)				1	3	8	4
	C(VII, VIII, IX)				2	2		
	D(X, XI)					1	1	
$D_{PR}$ $T \cdot F_{PR}$	A(I)			1	2	5	7	2
	B(II, III, IV, V, VI)				1	2	5	4
	C(VII, VIII, IX)				3		1	
	D(X, XI)					1		
$W_{PR}$	A(I)	3	6	9	4			
	B(II, III, IV, V, VI)			1	1	5	2	
	C(VII, VIII, IX)	2	5	2	2			
	D(X, XI)					1		

角に当たる場合に多いかも知れない。そこで、I 割を A 型、II→VI 型を B 型、VII, VIII, IX 型を C 型、X, XI 型を D 型とグループ別けして、幹縄の種類毎にそれらの出現率をみると、表 3 のようであった。その A, B, C, D グループの出現率をみると、全体として A 型と B 型の出現率はほぼ等しく、それらは敷設型の大部分を占めるが、比重の大きい漁具では A 型の出現率が大きく、B 型は逆に比重の小さい方に多い傾向がみられる。また、C 型と D 型についても A, B 型の場合と同様に比重の大きいものの方に D 型よりも C 型が多くみられるようである。

この変動型と沈降速度の関係をみると、表 4 に示すようである。何れの種類の手縄でも、沈降速度は A 型の場合に大きい場合が多く、次いで C, D 型で、B 型の場合に最も小さいことがうかがわれる。A, B, C, D の各型毎に沈降速度を算出すると、表 5 ようになる。

A 型はゆるやかな潮の中に敷設されていたとみられる場合で、縄材料別にみると、 $V_B$ ,  $V_{PR}$ ,  $V \cdot T_{PR}$  の三者間には沈降速度に差異はみられないが、これら 3 者と  $D_{PR}$  と  $T \cdot F_{PR}$  を込みにしたものとの間には差異があり ( $t = 2.78$ ,  $t_{0.05} = 2.101$ )、後者は前者より凡そ 20—25% 程度速く沈降するようである。 $W_{PR}$  はこれらの中では最も速く沈降し、前 3 者の凡そ 2.2 倍、 $D_{PR} + T \cdot F_{PR}$  の 2 倍程度の速さで沈降する。流れが可成りあるとみられる B 型の場合も、A 型の場合程に明瞭な差異はないが、傾向としては同様であり、C, D 型の場合も、同様とみられる。

したがって、延縄の幹縄では、その太さに余り大きな違いがない限り、同じような環境の影響を受ける場合には、沈降速度はほぼ比重の大きさに準じて大と考えてよさそうである。

記録タイプ別にみると、どの種の幹縄も A 型は B 型よりも明確に速く沈降し ( $t_V = 3.63$ ,  $t_{VT} = 3.61$ ,  $t_{TF,D} = 2.18$ ,  $t_W = 3.75$ ,  $t_{VB} = 2.74$ )、見掛上は C, D 型も B 型の場合よりも速いことがうかがわれる。

即ち、鮎延縄の沈降速度は海洋の環境の影響を受けても遅速を生ずるようで、最もゆるやかな影響を受けるとみられる A 型の場合に最も速く、最も強い影響を受けることが多いとみられる B 型の場合に遅く、C, D の型の場合はその中間になるものとみられる。

3.2 幹縄の敷設水深とその変動

幹縄の敷設水準は、止水中には懸垂線をなし、その時その形は縄の短縮率によって決まること、盛田<sup>7)</sup>や葉室<sup>8)</sup>等によって確かめられている。しかし、実際の操業では前述のように敷設された延縄は、その敷設中に可成り大きく変動することは葉室<sup>8)</sup>、その他の人々によって既

に指摘されており、本稿でも 3.1.2 項に述べたような変動形態をとることが指摘された。

したがって、延縄深度のその変動の中で、どの点における深度をとるかによって、延縄の深度に大幅な相異が生ずることになる。そこで実操業において延縄の深度はどの程度変動するかを、今回の昭和 41 年度から 43 年度までの計測記録からしらべてみた。変動の測度として、一回の操業における各延縄材料種毎に、2.1 項の記述にもとづいて取付た深さ計の記録を図 3, 4 の  $b-j$  までの各点の深度における最大深度  $D_{max}$  と最小深度  $D_{min}$  の差を各縄の敷設時間  $t_i$  で除したもので、即ち  $(D_{max} - D_{min}) / (D_m \cdot t_i)$  (%) を用いた。 $t_i$  で  $(D_{max} - D_{min})$  を除したのは縄の種類によって、毎操業回毎に敷設時間に甚だしい差異があるからで、これによって縄深度の変動を 1 時間単位でみることに統一したつもりである。変動が必ずしも常に時間に比例するかどうか問題はあがあるが、7~8 時間以内で論ずる限りは、何もしないよりは有用であるものと考え、このようにした。

3.2.1 敷設水深の変動

敷設された延縄の 1 操業中の深度の変動型は図 3, 4 にみられるようで、3.1.2 項に述べたように変動型の群別けによる A, B, C, D 型の出現割合は表 3 の通りであることは既に述べたが、これらの類型別の縄種別変動は表 6 に示すとおりであった。ただし、延縄の性質上、データの比較的類似した値をもつ  $V_B$  と  $V_{PR}$  とは

表 5 幹縄の深度変動タイプと沈降速度

(単位: m/min)

縄の種類		A	B	C	D	全体
$V_{PR}$	$\bar{x}$	9.3	7.3	—	—	8.6
	$s$	1.6519	1.856	—	—	2.7533
	$n$	9	7	—	—	21
$V_B$	$\bar{x}$	9.4	7.3	7.3	—	8.9
	$s$	1.4661	1.100	—	—	2.8969
	$n$	9	6	1	—	22
$V \cdot T_{PR}$	$\bar{x}$	9.3	7.5	9.1	8.6	9.1
	$s$	1.6416	1.3098	1.6332	1.9732	2.4693
	$n$	8	14	4	29	29
$T \cdot F_{PR}, D_{PR}$	$\bar{x}$	11.6	7.8	10.8	10.6	9.8
	$s$	2.1601	2.9280	3.1209	—	3.0644
	$n$	12	9	3	1	32
$W_{PR}$	$\bar{x}$	20.8	14.3	19.9	18.7	19.0
	$s$	4.5790	3.7928	5.0917	—	6.8848
	$n$	20	7	11	2	44

表6 延縄の敷設深度の変動 (単位: %)

		$V_B,$ $V_{PR}$	$V \cdot T_{PR}$	$D_{PR},$ $T \cdot F_{PR}$	$W$
A型	$\bar{x}$	2.4	2.3	2.2	2.2
	$n$	13	9	12	18
	$s$	1.5352	2.0816	1.5502	1.285
B型	$\bar{x}$	7.7	6.1	5.2	5.6
	$n$	14	23	11	8
	$s$	4.8622	4.9610	3.6785	3.7931
C型	$\bar{x}$	5.2	6.4	5.2	5.4
	$n$	1	4	4	12
	$s$		2.128	0.6460	4.2610
D型	$\bar{x}$	6.1	3.4	3.8	4.7
	$n$	1	5	2	4
	$s$		1.8248	0.7150	1.7225

込みにし、 $D_{PR}$ と $T \cdot F_{PR}$ も込みにして、それぞれ同じ縄として扱った。

A型の変動は凡そ1時間当りに2%余で、縄の種類によって余り大きな違いはみられない。傾向としては比重の小さいものの方がやや大きいかにみえる。縄の敷設時間は3—11時間で、平均は7時間程度であるから、A型の深度変動は平均すると、14—15m程度であったかとみられる。

これに対して、B型の変動は6~7%と大きく、1時間につき53m以上も変動し、その変動幅も大きく、平均の敷設時間中の変動は35—50mに達するものと推察される。この型でも変動の大きさは比重の小さいもの程大きく、比重の大きい縄は変動が小さいと考えてよいである。表6で比重の大きい $W_{PR}$ の変動が比較的大きいが、これは $W_{PR}$ が常に一連の敷設縄の末端におかれたため、風や潮の影響を他種の縄より多く受けることになったことによるかも知れない。 $V_B$ については同じ影響を考慮するために末端の鉢をデータから省略した。(  $W_{PR}$ はその使用鉢数が少なかったためデータを省略しなかった。)

C型、D型については出現例が少ないので明瞭な解析が出来ないが、C型の変動はB型並みに大きいのではないかとおもわれる。 $W_{PR}$ については他の種の縄よりもC型で変動が割合に大きいのは縄が端末に位置したこと他に、比重が大きいためとり易い一つの型であるかも知れない。

### 3.3.2 敷設水深とその推定

延縄の水深は敷設中に種々の形で変動するので、どの点での水深を、その縄の水深とすべきかを予め定義しておいて、それに基づいて水深を定める必要があるである

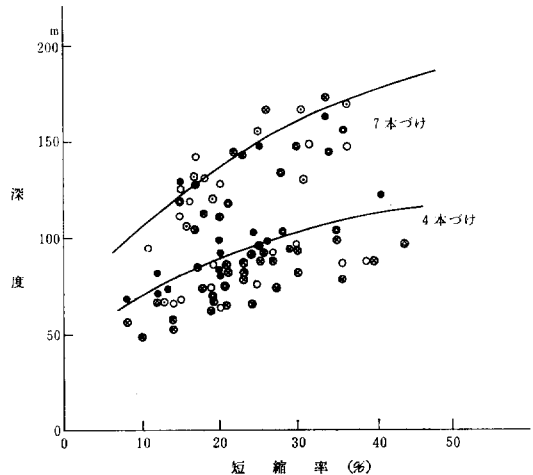


図5 測定基準水深と推定水深 (4本づけおよび7本づけ)

- :  $V \cdot T_{PR}$
- ⊗ :  $V_B \& V_{PR}$
- ⊙ :  $T \cdot F_{PR}$
- :  $W_{PR}$
- ⊕ :  $D_{PR}$

う。投入された縄が海中で両端を浮子で支えられて張り、沈降が停止した点(図3-b')における水深は、敷設中に海潮流や風浪などの影響が余り顕著でなければA型の変動型がとられ、水深の変動は非常に少しである。しかも、敷設延縄も、水深型としての出現率が40%近くであることを考えると、どの型の変動がとられた縄であるにせよ、b'点をその縄の水深の基準とすることが適当であるように思われる。

(1) 延縄の基準深度 上記のように定めた深度を一応基準深度と呼ぶこととして、昭和41年度から43年度にかけて行われた試験操業で測定された、各種材料延縄の最深部に当る部位(図1のA)の基準深度を図5にプロットした。

短縮率 $k_0$ は1鉢の幹縄の長さ $l$ 、浮子間の距離を $L$ とすると $k_0 = (l-L)/l$ (%)とした。 $L/l$ を使用する場合も多ようであるが、語感としてなじまないので $(l-L)/l$ を用いることとした。

4本づけの縄では、短縮率およそ10%から40%までの範囲で、ほぼ30mの幅で短縮率にほぼ比例して増大していることが知られる。そして比重の大きい縄のものは図の上層に、小さいものは下層に多くみられるようである。これに対して7本づけでは、短縮率に対する材料縄別の拡がりは4本づけとほぼ同じであるが、同じ短縮率における深度の大きさの傾向は必ずしも4本づけの場合程にははっきりしているとはいえないようである。

(2) 懸垂線推定深度と基準深度との比較 図5の2本

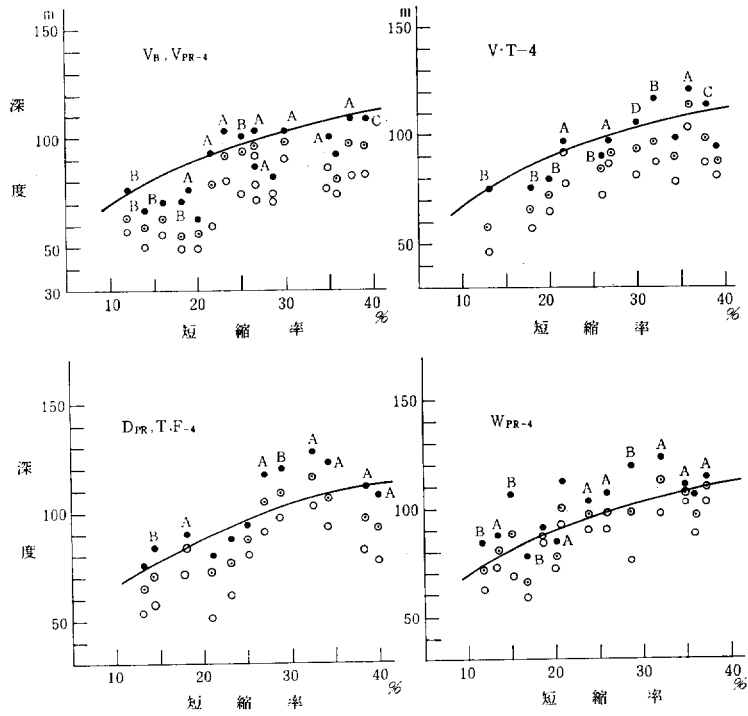


図 6 4本づけ幹縄の敷設水深

● : 最大水深, ● : 平均水深, ○ : 最小水深

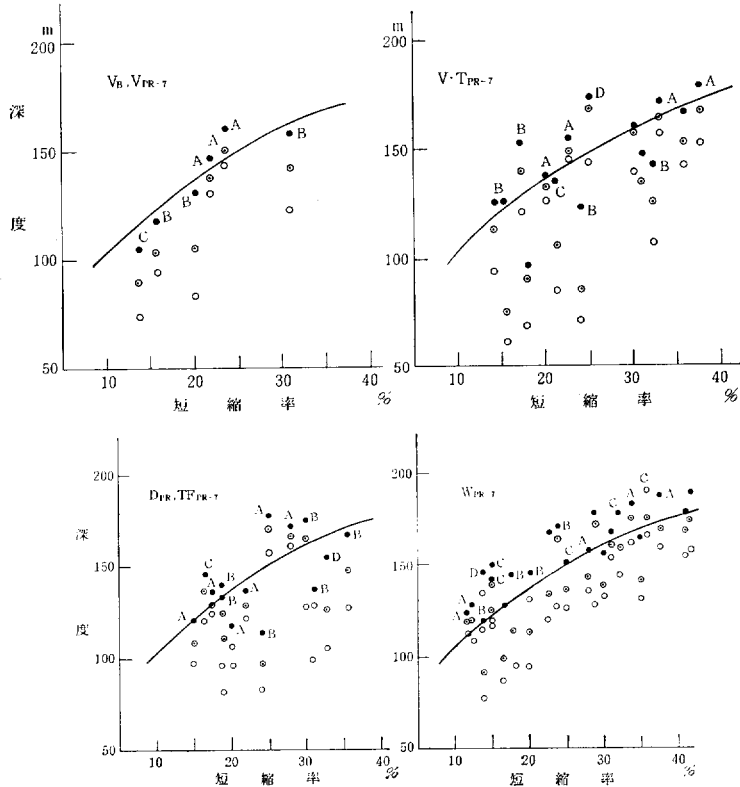


図 7 昭和42, 43年度7本づけ延縄の短縮率と深度

● Max    ● Mean    ○ Min



の曲線は、この試験に用いられた縄の4本づけ縄と7本づけ縄の懸垂線推定深度曲線で、うけ縄の長さをFとするととき  $M = F + \lambda l_0$  によって求めた点Mを結んで得られた曲線である。 $\lambda l_0$  は付録に述べた方法によって求めることが出来る。

4本づけについてみると、W縄はほぼこの線のまわりにあり、それからの偏差は±10m程度である。その他の縄はこの線以下にあって、比重の小さいもの程それからの偏差が大きくなり、その大きさは短縮率の大きさに関係なく30m前後であった。このことは短縮率の小さい縄は深度が小さく、深度の小さいものは深度の大ききの割には大きな変動を受けている場合が多いものとみることが出来る。

7本づけの縄でもW縄は推定曲線に最も近接してあり、比重の小さい  $V_B$ ,  $V_{PR}$  はこの曲線の上下に最も遠く点在している。このことは比重の大きい縄は環境の影響を余り強く受けないで敷設されており、比重の小さい縄はその逆の傾向をもって敷設されていることが多いことを意味するものであろう。

(3) 各種縄の敷設水深 各種の縄についてその敷設中の水深の最大値(●印)、最小値(○印)と平均値(◎印)とをプロットして図6, 7を得た。図中の曲線は懸垂線推定曲線である。またA, B, C, Dは前項に述べた深度の変動型である。

4本づけと7本づけの両方について示したが、その両方の場合について殆んど同じ傾向がみられる。即ち、 $V_B$ ,  $V_{PR}$  縄では、敷設中の平均の水深は総て推定曲線の下側にあり、最大測定値を示すものも、これを上まわることは稀であることを示している。そして環境のために本来あるべき深度よりも40—45%程度も浅くなっているものが多くみられる。 $V \cdot T_{PR}$  や  $D_{PR}$ ,  $T \cdot F_{PR}$  縄では平均値が推定曲線に接近し、中にはこれを超えるものも出てくるが、大部分はその下方にある。最大深度がこの線を超えるものは全体の半数程度、最小深度はこの線より30m以上も浅いものが大部分を占める。しかし、 $W_{PR}$  縄では平均深度がこの推定曲線の両方に比較的近接して存在し、最大水深はその上方に、最小水深は下方に共に比較的小さい変動幅で分布していることが知られる。

以上のことから、ワイヤ縄のような比重の大きい縄の敷設水深は、一般の短縮率の下では懸垂線推定の計算値に可成り近いところで比較的安定的に敷設されているとみてよいものと考えられる。 $D_{PR}$  や  $T \cdot F_{PR}$  などの縄はその推定計算値にまたがってはいるが、全体としてはややそれ以下の深度で敷設されている場合が多く、しかも、その変動は  $W_{PR}$  縄の1.5—2.0倍にも達し、若干不

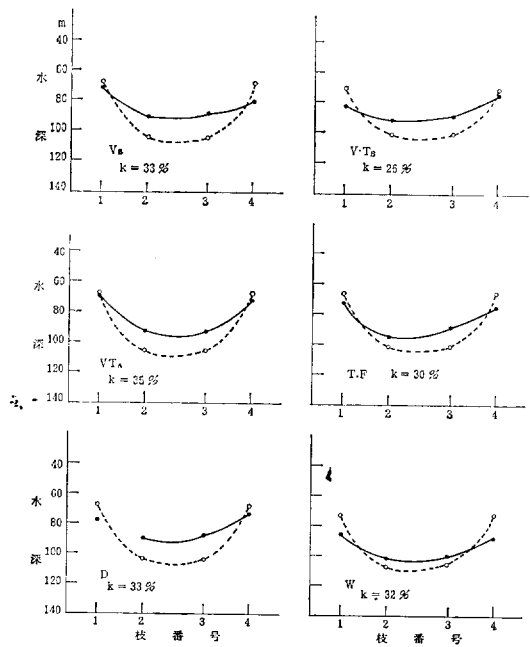


図 8-1 枝番別深度 (S. 44年度 St. No. 6)

● : 実測値  
○ : 計算値  
k : 短縮率

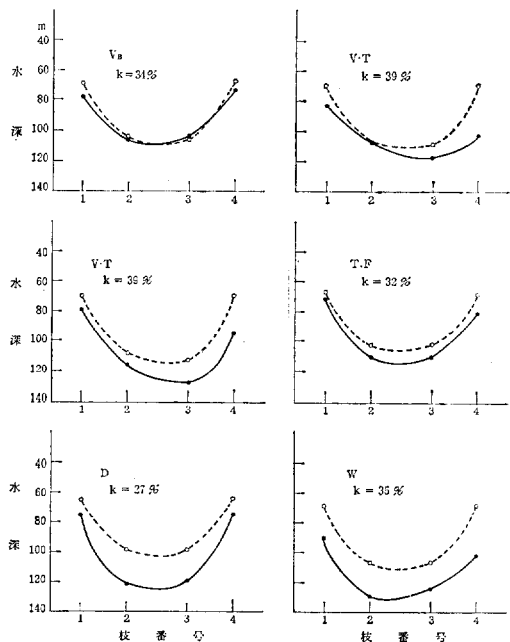
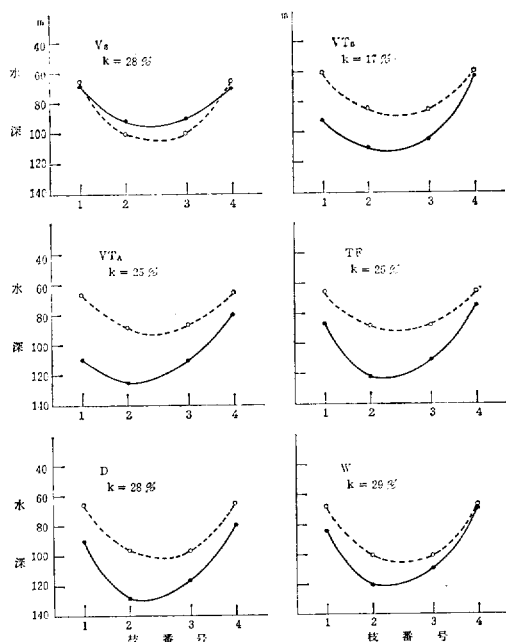


図 8-2 枝番別深度の変動 (昭44年度 St. No. 10)

● : 実測値  
○ : 計算値  
k : 短縮率



8-3 枝番別深度の変動 (昭44年度 St, No 15)

● : 実測値  
○ : 計算値  
 $k$  : 短縮率

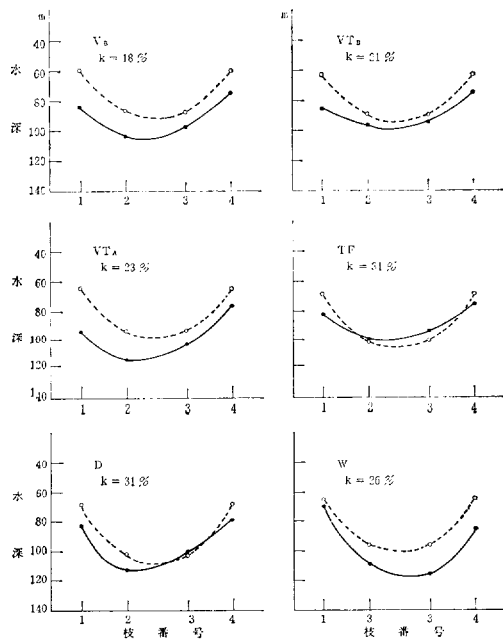


図 8-4 枝番別深度の変動 (昭44年度 St, No 26)

● : 実測値  
○ : 計算値  
 $k$  : 短縮率

安定である。ビニロン縄のように比較的軽い敷設水深は計算値よりも少くとも20%以上は浅く、しかもその変動が可成り大きいとみなければならないであろう。

全体としてみると、軽い質材のものは環境の影響を受け易いということであるが、計算値よりも大きい深度が初期値の基準深度においても発生するのは、その時点で既に潮や風の影響を受けて、浮子間隔  $L$  が小さくなった場合であろう。図5に示されているような比重の小さいものでも計算を上まわった値はこのことを示すものであろう。

### 3.2.3 ケミカルチューブによる1鉢の中の変動調査

昭和44年度には、ケミカルチューブを、各種縄の4本づつ1鉢の各枝のつけ根につけた測定を行った。調査した鉢は各種縄とも1鉢分で、*St. 6*, *St. 10*, *St. 15*, *St. 26*の4ステーションにおいて実施した。

測定結果と、計算値とを *St.* 別、縄種別に図8 (1-4) に示す。

図8-1は  $W$  縄の他は両端は計算値に近く中央部が計算値より可成り浅い。ケミカルチューブの値は縄のその部分の敷設中の最大深度を表わすものであることを考えると、全体として縄のふかれは可成り大きかったケースとおもわれる。図8-2の場合は *St. 6* の場合に較べると測定値と計算値の差は大きくないが、実測値は深度の最大値であるから、多少ふかれているものと考えられる。 $D$  縄や  $W$  縄ではふかれは殆んどないかも知れない。図6はこのような場合推定の参考になるであろう図3-1 (*St. 15*) の場合はこの4例の中では最もふかれの少ない場合であろう。図8-4 (*St. 26*) の場合はそれらの中間に当るものとおもわれる。

## 4. 総合的考察

沈降速度も敷設水深も、延縄の投入直後から揚縄完了まで、縄自体の特性によって環境の影響をそれぞれに強く受ける。したがって操業試験の結果から精度の高い推定を得ることは容易でない。しかし、多数の自記深度記録を解析することによって、延縄の敷設の動態を明らかにしていくことは可能である。

今回の解析の結果、次のことが判明した。

- 1) 同じ材質の延縄でも、海洋環境 (風・潮流) の違いにより、その沈降速度は大きく変動する。
- 2) 同じカテゴリーの海洋環境下では、幹縄の太さにあまり違いがない限り、その沈降速度はほぼ幹縄の比重の大きさに比例して大きくなるものとみられる。
- 3) 海洋環境別に見た各種延縄の敷設深度の変動値は表4に示す通りである。A型の変動型では敷設深度の変

動は小さいが、B型の変動型ではかなり大きくなる。

4) 延縄の懸垂線推定深度と基準深度との関係を調べてみると(図5)、短縮率が10~40%の範囲内では、比重の大きいワイヤー縄の基準深度は推定深度曲線に近接して分布するが、比重の小さい縄ほど、それからの偏差が大きくなる傾向が見られる。

5) 短縮率が10~40%の範囲では、比重の大きいワイヤー縄は懸垂線推定深度の計算値にかなり近い地点にはほぼ安定的に敷設されており、ポリプロピレン8クロス鉛芯入り縄とポリエステル縄は全体として懸垂線よりやや浅い位置に敷設されることが多く、その変動はワイヤー縄の1.5~2.0倍にも達し、ワイヤー縄に較べるとやや不安定である。比重が最も小さいビニロン縄の敷設水深は懸垂線推定深度の計算値より少くとも20%以上浅くなっており、しかもその変動はかなり大きい。

#### 参考文献

- 1) 吉原友吉：マグロ延縄の漁獲分布、垂直分布、日本誌、16(8)、pp. 370—374、1951.
- 2) 上条清光：鮪延縄の釣針の深さの簡易算出法、鮪漁業、3、pp. 32~37、1962.
- 3) 西村 実：マグロ用魚群探知機の研究、鮪漁業、76、pp. 1~8、1961.
- 4) 西村 実：New Zealand 北東海域におけるマグロ用魚群探知機の実験、漁船技術、15、pp. 91~109、1961.
- 5) 河口喬太郎・平野正勝・西村 実：魚群探知機によるマグロ延縄形状の測定、鮪漁業、4、pp. 16~20、1962.
- 6) 葉空親正・石井謙治：自記式鮪延縄用深さ計による鮪延縄漁具の水中における形状その他についての二三の考察、漁船技報、11、pp. 39~119、1958.
- 7) 盛田友弼・藤田親男・田ノ上豊隆：マグロ延縄の縄成りについて、鹿大水紀要、4、pp. 8~11、1955.
- 8) 中込 淳：キハダ、メバチ、クロカワのカロリン、マーシャル諸島付近における游泳層の季節的变化についてⅠ—Ⅲ、日本誌、23(9)、24(3)、24(3)、pp. 518~522、169~172、173~175、1958、1959.
- 9) 柴田恵司：魚群探知機に表われた記録解析の試み—Ⅰ、鮪延縄の水中形状についての二三の知見、長大水紀要、13、pp. 9~17、1962.
- 10) 柴田恵司・矢田殖朗：魚群探知機に現れた記録解析の試み—Ⅲ、鮪延縄の水中形状変化の力学的考察及び釣深度のコントロールについて、長大当紀要、15、pp. 49~57、1963.
- 11) 中込 淳：マグロ延縄における釣鉤水深の実測値と計算値との比較、日本誌、27(2)、pp. 119~123、1963.
- 12) 上条清光：材料及び仕立てによるマグロ延縄の漁獲性能の相異について、鮪漁業、8、pp. 43~46、1963.
- 13) 下崎吉矩・齊藤良司・下島甫・清水信夫・小林誠基・寺下厚：照洋丸による鮪延縄操業合理化の研究Ⅲ—昭和42、43、44年度の操業試験概要一、水産工学研究所技報 漁業生産、2、pp. 13—65、1984.

## Behavior of Tuna Long-Line Under the Sea

By

Yoshinori SHIMOZAKI, Yohichi OHSAWA and Hirotomo NIWA

### Summary

The depth distributions of a main line of tuna long-lines laid under the sea were determined in a series of tuna long-line operations using self-registering depth meters and chemical tubes. main lines of five sorts of materials having different specific gravity and tenacity were used for respective 15-50 unit set for the experimental long-lining. The depth meters were set up at the joints of branch lines of a fixed set in every group of the main line.

The depth distributions measured with the depth meters accorded comparatively well with those calculated theoretically regarding the main line laid under the sea which forms a catenary curve when the current is slack or motionless. However, the variance of the depth in one day of a laid long-line became remarkable according to the magnitude of velocity of the sea current and in inverse proportion to the specific gravity of the materials of those main lines.

付 録

敷設された延縄のモデル計算

上条<sup>12)</sup>は敷設された幹縄の深度を求めるのに次のように考えた。

幹縄は海中で、浮縄に支えられて懸垂をなすものとし、その1鉢について、 $x, y$ 軸に対して諸元は付図1-1に示すような関係にあるものとする。幹縄上の一点 $P$ の座標を $P(x_i, y_i)$ とすると、 $D_i$ を次のように求める。

$$y = a \cosh \frac{x}{a} \dots\dots\dots(1)$$

とすると、

$$l_i = a \sinh \left( \frac{x_i}{a} \right) \dots\dots\dots(2)$$

であり、

$$y_i^2 - l_i^2 = a^2 \dots\dots\dots(3)$$

となる。曲線上の任意の点の接線が $x$ 軸となす角を $\varphi$ とすると、 $\frac{dy}{dx} = \tan \varphi$ で、 $P$ 点で考えると、

$$\tan \varphi_i = \sinh \left( \frac{x_i}{l_i} \tan \varphi_0 \right) \text{であるから、} \frac{x_0}{l_0} = k \text{とおくと}$$

とき、 $\tan \varphi_0 = \sinh k \tan \varphi_0$ である。したがって

$$k \tan \varphi_0 = \log c \dots\dots\dots(4)$$

(4)式より

$$\cos \varphi_0 = \frac{2c}{c^2+1} \dots\dots\dots(5)$$

かつ、(4)、(5)式より

$$\sin \varphi_0 = \frac{c^2-1}{c^2+1} \dots\dots\dots(6)$$

となる。 $P$ 点で考えると  $a = l_i \cot \varphi_i$  であるから、これと(3)式とから

$$y_i = l_i \frac{1}{\sin \varphi_i} \dots\dots\dots(7)$$

$$D_i = \frac{l_0}{\sin \varphi_0} - \sqrt{l_i^2 + l_0^2 \cot^2 \varphi_0} \dots\dots\dots(8)$$

である。ここで、 $l_i = n l_0$ 、 $D_i = \lambda l_0$  とおけば

$$\lambda = \frac{1}{\sin \varphi_0} - \sqrt{n^2 + \cot^2 \varphi_0} \dots\dots\dots(9)$$

となる。更にこの(9)式に(4)、(5)式を代入すると  $\lambda$  は

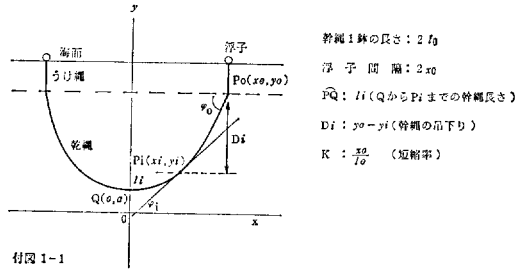
$$\lambda = \frac{c^2+1}{c^2-1} - \sqrt{n^2 + \left( \frac{2c}{c^2-1} \right)^2} \dots\dots\dots(10)$$

と表わすことができる。

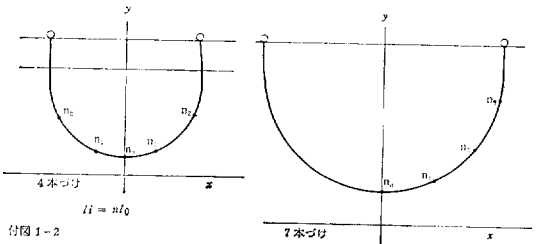
ここで、 $\varepsilon = c^2$  において(10)式について整理すると、

$$\{(\lambda-1)^2 - n^2\} \varepsilon^2 - 2(\lambda^2 - n^2 + 1)\varepsilon + (\lambda+1)^2 - n^2 = 0 \dots\dots\dots(11)$$

(11)式を  $\varepsilon$  について解くと、



幹縄1鉢の長さ:  $2 l_0$   
 浮子間隔:  $2 x_0$   
 $P_i Q$ :  $l_i$  ( $Q$ から $P_i$ までの幹縄長さ)  
 $D_i$ :  $y_0 - y_i$  (幹縄の吊下り)  
 $K$ :  $\frac{x_0}{l_0}$  (短縮率)



付図 1 海中において浮縄に支えられた幹縄

$$\varepsilon = \frac{(\lambda \pm 1)^2 - n^2}{(\lambda - 1)^2 - n^2} \dots\dots\dots(12)$$

となる。(12)式の  $(\lambda \pm 1)^2 - n^2$  の  $(\lambda - 1)^2 - n^2$  を捨て、 $\frac{\varepsilon(\lambda+1)^2 - n^2}{(\lambda-1)^2 - n^2}$  を採って (4)式とより

$$k = \sqrt{\frac{(\lambda+1)^2 - n^2}{(\lambda-1)^2 - n^2} \left\{ \frac{(\lambda+1)^2 - n^2}{(\lambda-1)^2 - n^2} - 1 \right\}^{-1}} \log \frac{(\lambda+1)^2 - n^2}{(\lambda-1)^2 - n^2} \dots\dots\dots(13)$$

を得る。

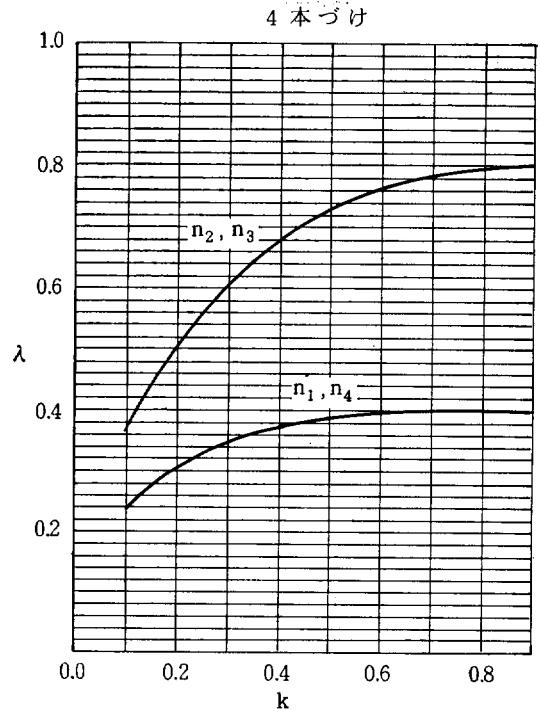
$k = \frac{x_0}{l_0}$  で既知の値であるから  $n$  が知られれば  $\lambda$  を求め

ることが出来、 $\lambda$ が求めれば  $D_i = \lambda l_0$  より  $P_i$  点における幹縄の深さを求めることが出来る。

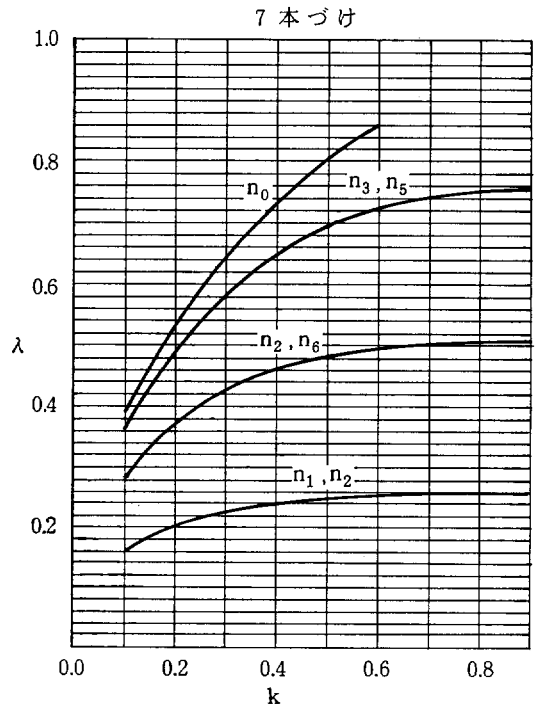
$l_i = n l_0$  において、 $i$  を枝縄の  $x$  軸から第  $n$  番目を表わす数とすると、 $\frac{l_i}{l_0}$  で、 $l_i$  は鉢の末端から  $l_0/2$  の点を原点として測った幹縄の  $P_i$  点までの長さである。付図 1-2 で枝縄が奇数の場合には  $\widehat{n_0 n_1}$ ,  $\widehat{n_1 n_2}$ ,  $\widehat{n_2 n_3}$ ,  $\widehat{n_3 n_4}$  ……など枝縄間のそのそれぞれの区間の長さは  $N$  本づけの場合には  $2l_0(N+1)$  となる。 $\widehat{n_0 n_1} = l_1$ ,  $\widehat{n_0 n_2} = l_2$ ,  $\widehat{n_0 n_3} = l_3$  とすると、 $n_1 = l_1/l_0$ ,  $n_2 = 2l_1/l_0$ ,  $n_3 = 3l_1/l_0$  ……として求めることとなる。枝縄つけ数が偶数の場合には  $l_1$  のみが  $l_0/(N+1)$  で、 $l_2, l_3$  ……等は  $l_1 + 2l_0/(N+1)$ ,  $l_1 + 4l_0/(N+1)$  ……などとして求められる。

したがって、 $n$  に対応する  $\lambda$  を枝縄のつけ数別に求めておけば常に推定水深を簡便に求めることが出来る。

ここまでの記述において使用した短縮率は  $\frac{L}{l}$  を使用したが、付表の短縮率は本文とあわせるため  $R = \frac{l-L}{l}$  とした。



付図 3-1



付図 3-2