HOKKAIDO UNIVERSITY

Title	カツオ・マグロ旋網の締結時における網形状について
Author(s)	劉, 燈城; 佐藤, 修; 梨本, 勝昭; 山本, 勝太郎
Citation	北海道大學水産學部研究彙報, 35(4), 234-242
Issue Date	1984-11
Doc URL	http://hdl.handle.net/2115/23865
Type	bulletin (article)
File Information	35(4)_P234-242.pdf

Instructions for use

Hokkaido University Collection of Scholarly and Academic Papers : HUSCAP

北大水産彙報
35(4), 234-242. 1984.

カツオ・マグロ旋網の締結時における網形状について

劉　燈城・佐藤　修・
梨本　勝昭・山本勝太郎

Configuration of Leadline of Purse Seine During Pursing

Don Chung LIU*, Osamu SATO**, Katsuaki NASHIMOTO**
and Katsutaro YAMAMOTO**

Abstract

A simple experimental method was used in an attempt to realize the configuration of the leadline during pursing. The model net, a 1/500 scale of a 300-ton class tuna seine, was made of silk and the experiment was carried out in air.

Three uniform types, namely 14 g/m (A), 24.3 g/m (B) and 56.5 g/m (C), along with another three combined types of leadline, were used in the experiments. The moving path and open area of the leadline, as well as the entire volume encircled by the net, were calculated according to the configuration of the net. In addition, an equation was derived to predict the probability of fish escaping.

The results obtained from the experiments are as follows:

1) For the uniform types of leadline, no obvious changes were found to occur in the open area in relation to the pursing length ratio. For the combined types, however when the pursing length ratio remained constant, the open area became smaller as the weight of the central part of the leadline increased.

2) Comparing the total volume of the net (V_T) with the open volume of the leadline (V_O), the non-encircled rate ($R_E = V_O/V_T$) decreased along with the weight of the leadline. Under the condition where the average weight was constant, it was found that a great deal of weight in the central part of the leadline produced a small value for the non-encircled rate.

3) We might conclude from the results mentioned in 1) and 2) that a design in which the central part of the leadline is heavy is considered to be a design with a high catching efficiency.

4) It was estimated that for each type of leadline, the probability of fish escaping had the constant value of 0.23 before pursing the net. When the pursing length ratio increased up to 0.80 (but 0.70 for the CCC type) the theoretical probability was reduced to zero.

施網漁業においては，従来から網裾の沈降速度の大小が漁獲の成否を大きく左右するものと考えられて来た。この網裾の沈降速度に関しては，今まで様々な方向[1,2]から研究され検討されている。しかし，近年台湾においては，流木やパヤオに付いたカツオ・マグロ魚群を対象とする旋網

* 台湾省水産試験所
(*Taiwan Fisheries Research Institute*)
** 北海道大学水産学部漁具設計学講座
(*Laboratory of Fishing Gear Engineering, Faculty of Fisheries, Hokkaido, University*)

の操業で，魚群を完全に包囲し遮断効果がほぼ十分と認められている場合でも，環綱の締結中に網口や網裾から魚群が逃げてしまい，漁獲できないことが度々起っている。このようなカツオ・マグロ魚群を漁獲の対象とする場合には網裾の沈降速度も重要であるが，環綱締結中の網の形状変化の方がむしろ漁獲の成否に直接影響するものと考えられる。即ち環綱締結中の魚の対網行動は，漁獲を左右する大きな要因の一つであるので，これらを十分究明することが必要であるが，また，同時にこれに対応する締結中の網裾の運動軌跡および網の形状変化について解明することも必要と考えられる。すでに，宇野[3]，井上[4]，Vinograkov[5]，飯高[6]，千種ら[7]，田原ら[8]は旋網の環綱の締結に伴う形状変化を測定し，締結の状態によって網形状は変化する事を指摘している。しかし，網口や網裾の開きの状態などは，水中での詳細な観察が難かしく，十分解明されていないのが現状である。本研究では，単純化した模型網を用いて空中で実験を行ない，まず環綱の締結開始から締結終了までの網裾の運動軌跡と網の形状を測定し，環綱の締結状態とこれらの諸関係について究明した。さらに，網裾の開き口の面積変化および旋網で包囲される体積を求めた。また，網裾の開き口より魚が逃逸する確率について，簡単な確率模型を設定し試算した。

材料および方法

実験は非常に単純化した模型網を用いて空中で行なった。模型網は，台湾省水産試験所試験船海富号（300 噸，1,100 馬力）で使用しているカツオ・マグロ用旋網[9]（網長 1,548 m，網丈 218 m，沈子綱の平均重量 2 kg/m，浮子と沈降力の比 4.2)を 1/500 に縮小して用いた。さらに，網目の変形を無視した最も単純化した場合を想定し，網地に代えて柔らかい絹布を用いた。模型の旋網は直径 0.9 cm の鉄棒を用いて作製した直径 100 cm，高さ 60 cm の円柱の枠を用いて形状を保った。沈子綱には単位長さ当りの重さの異なる三種のチェーンを用いた。また，浮子綱には浮子の代わりに錘を用いて上述の枠を介して上向きの力を作用させるようにして網の形状を保持した。単純化した模型網の概要を図 1 に示す。また，実験装置および模型網のそれぞれの諸元を図 2 に掲げる。旋網の締結時の環締の速さは網の形状にはほとんど影響しないことが知られているので，実験は網裾が充分に沈降した状態から開始し，ほぼ一定速度で環綱の締結を行ない，環綱を一定の長さ毎に締結した直後における全体の網の形状および網裾口の形状などをそれぞれ測定した。すなわち，本実験では環綱を 20 cm 締結する度に網の形状を上面，正面，側面から 35 mm カメラを用いて同時撮影し，併せて図 2 に示すような基準面から網裾の高さ P′, L′, C′, R′ および L′ と R′ の間隔，C′ と P′ の間隔についてそれぞれ計測した。実際の測定時には，沈子綱は 14 g/m (A)，24.3 g/m (B)，56.5 g/m (C) の三種類のチェーンを用いた。なお，ここでは便宜的に 14 g/m のチェーンを A 型，23.4 g/m のチェーンを B 型，56.5 g/m のチェーンを C 型と呼ぶことにする。浮子綱には 15 cm 間隔に吊り糸をつけて鉄枠の外側を介して重さ 9.2 g の錘をつけた。従って，浮上

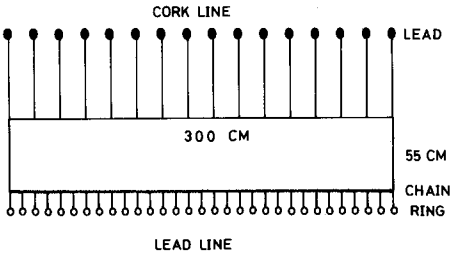

Fig. 1. Schematic plan of model net.

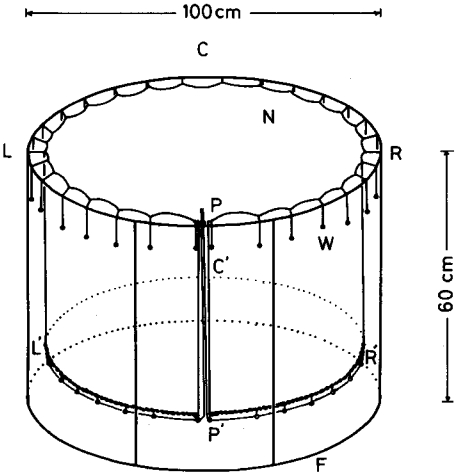

Fig. 2. Dimensions and arrangement of the experimental apparatus.
C, central point of corkline; L, left quarter point of corkline; R, right point of corkline; P, pursing point; C′, L′, R′ and P′, indicate the corresponding points in that of leadline; N, cloth; F, frame; W, weight.

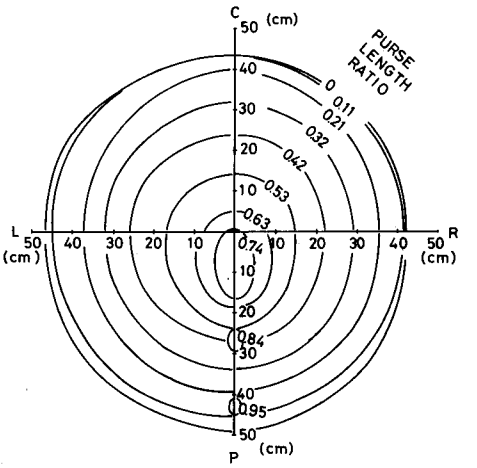

Fig. 3. Shape of the leadline (from top view) during pursing under condition of various pursing length ratios.

力と沈降力の比は 4.6, 2.7, 1.2 になっている。測定ではさらに沈子綱の全長を三等分し，沈子綱の重さの配置を前述の A, B, C のチェーンを用いて変えて A•A•A, B•B•B, C•C•C, A•B•A, B•A•B, A•B•C の 6 種の組合せを作り実験を行なった。

結果および考察

本実験では網の代わりに絹布を用いて単純化し，また測定観察のしやすさから空中で実験を行なった。従ってその結果は，模型網を使った水中での実験の結果，あるいは実際操業中の場合に比べて若干異なる結果を生ずる恐れもあるが，環綱の締結時のおおよその網の形状を把握する上では大きな問題はないものと考えられる。また，締結時のワイヤーの環締速度やこれに作用する張力によって静止中の網の形状はさほど変化しないことが分っているので[4]，本研究では主に網の形状が締結の状態によってどのように変化するのかを調べた。

網裾の軌跡： 環綱締結中の上面，正面および側面からそれぞれとらえた網裾の運動軌跡の 1 例を図 3, 図 4, 図 5 に示す。図 3 は上面よりとらえた網裾口の開きの様子であり，図中の円周の数字は環綱の締結率（環綱の締めた長さと環綱全長との比の値）を表わしている。図 3 から明らかなように環綱締結中の網裾の開き口形状は締結率が変わってもほぼ楕円形を呈することが分かる。図 4 は正面から見た（図 2 の P−P′ よりとらえた）網裾の運動軌跡で縦軸は網裾が十分沈降した時の網裾を基準にして測った高さを，横軸は網裾 L′, R′ 点間の距離を示し，O 点は中間点を示す。従って，実線は環綱締結中の L′, R′ 点の運動軌跡を示すことになる。一方，破線はそれぞれ環綱締結進行中の網の外形状を表わす。図 5 は側面から見た（図 2 の R−R′ よりとらえた）網裾の運動軌跡を表わし，縦軸は図 4 と同じであり，横軸は P′, C′ 点間の距離を表わす。ある程度

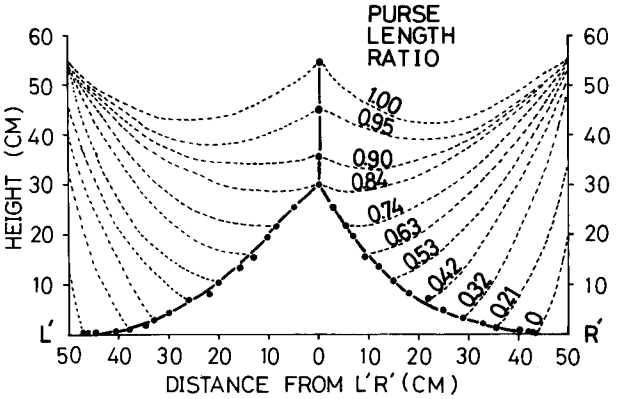

Fig. 4. Tracks of L′ point and R′ point (from front view) during pursing.
●, measuring point ; ------, outline of the net ; ——, tracks.

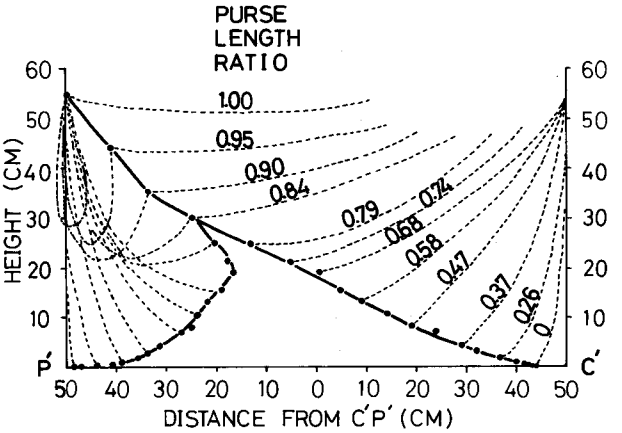

Fig. 5. Tracks of C′ point and P′ point (from side view) during pursing.
●, measuring point ; ------, outline of the net ; ——, tracks.

環綱の締結が進むと浮子綱C点は網枠から大きく離れて約8cm程度沈む現象が生じたことが分かる。この現象は水中実験と異なる点である。実際の操業では環綱の締結中にはC点が除々にP点に近づくと，LR間の距離がだんだん大きくなることが分かっているが，本実験では単純化して空気中で行なったためにLR間の距離が終始一定となっているので，このような現象が生じたものと考えられる。黒丸，実線および破線は図4と同様の表現方法を用いた。図4と図5に示した網の形状はすべて網裾が完全に沈降しきった状態から環綱の締結を開始したものであり，実際の操業では網の沈降中に環綱の締結を開始することがしばしば行なわれているので，実際の旋網の環綱の締結状態とは若干異なると考えられる。しかし，おおよその形状をとらえるにはそれほど大きな問題はないであろう。

網裾の開き口の面積と体積： 旋網操業時には垂直方向すなわち網の両裾部分の開き口と，水平方向すなわち網裾になった開き口との二つの開口部がある。勿論，いづれも操業時では漁獲に影響する重要な要因であるが，垂直方向の開き口は水平方向の開き口より遙かに面積が小さくなる。

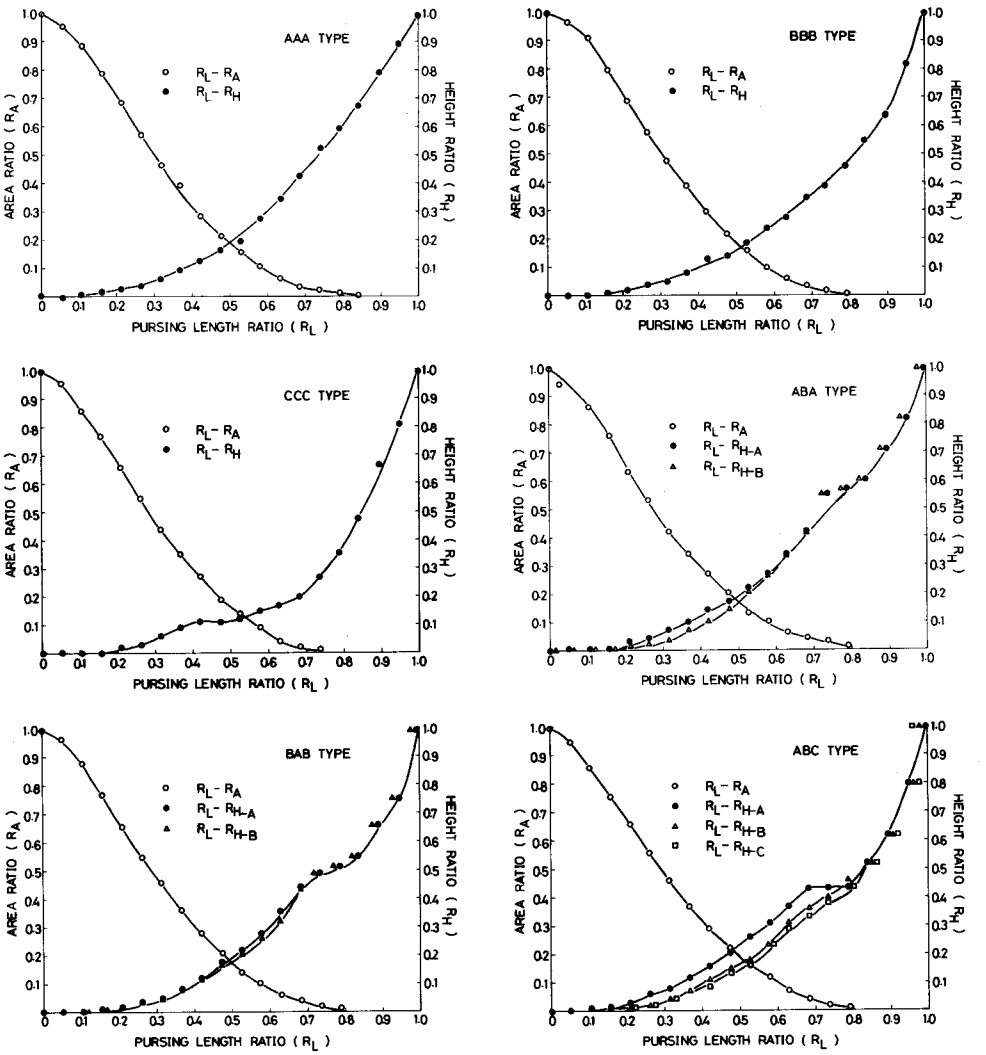

Fig. 6. Relation between pursing length ratio (R_L), area ratio (R_A) and leadline height ratio (R_H) under various arrangements of lead line weight

また，魚の対網行動を考慮しても網裾の開き口は漁獲に大きく影響するものと考えられる。従って，ここでは水平方向の開き口についてのみ注目し，取上げることにした。網裾の開き口の形状は前述したように環綱の締結が進行するとともにほぼ楕円型になることが認められるので，開き口の面積 A_R は環綱の締結率 R_L との関数として次式のように表わされる。

$$A_R=\frac{1}{4}\pi \cdot LR(R_L) \cdot CP(R_L) \qquad (1)$$

なお，$LR(R_L)$ は網裾の開き口の短軸の長さ，$CP(R_L)$ は長軸の長さである。ここで，沈子綱の重さの配列を変えて作製した模型網別に環綱の締結率と網裾の開き口面積および高さとの関係をとらえて整理し，それぞれ無次元化して示したのが図 6 である。図から明らかなように面積率 R_A

Table 1. The coefficients of A and γ as shown in equation (2) for various combinations of leadline weight.

Type of model net	Coefficient	
	A_0	γ
A・A・A	1.65	−4.82
B・B・B	1.98	−5.58
C・C・C	1.71	−5.29
A・B・C	1.88	−5.45
A・B・A	1.76	−5.39
B・A・B	1.90	−5.56

Table 2. The coefficients of B and β as shown in equation (3) for various combinations of leadline weight.

Type of model net		Coefficient	
		B_0	β
A・A・A		0.01	4.88
B・B・B		0.01	4.48
C・C・C		0.01	4.40
A・B・C	(A)*1	0.02	4.34
	(B)*2	0.01	5.32
	(C)*3	0.01	4.82
A・B・A	(A)*1	0.02	4.23
	(B)*2	0.01	5.50
B・A・B	(A)*1	0.01	5.16
	(B)*2	0.01	5.01

*1 observation point lead line A
*2 observation point lead line B
*3 observation point lead line C

と締結率 R_L, 高さ率 R_H と締結率 R_L の関係は次式のような実験式で示すことができる。

$$R_A = A_0 e^{-\gamma R_L} \tag{2}$$

$$R_H = B_0 e^{\beta R_L} \tag{3}$$

但し（2）式と（3）式中の A, γ, B, β は係数である。なお，面積率 R_A は環綱締結時の網裾の開き口の面積と締結前の網裾の開き口面積との比で，また高さ率 R_H は環綱締結時の網丈と締結前の網丈との比でそれぞれ表わした。模型の網別に A_0 と γ, B_0 と β 求め整理した結果を表 1，2 に示す。沈子綱の重さの配置を一様にして平均的な重さだけを変えた A•A•A, B•B•B, C•C•C の三つの型の模型網では R_A と R_L の関係は沈子綱の重さが増加してもほとんど三者の間には差が見られない。なお，沈子綱の重さの配置を一様にした A•A•A 型の網と部分により配置を変えた A•B•A 型の網とでは，単位長さ当りの平均重量はそれほど差はないが，係数 A_0, γ の値は A•B•A 型の網の方が，A•A•A 型の網より大きくなっている。また，沈子綱の重さの配置を一様にした B•B•B 型の網と沈子の配置を変えた B•A•B 型，A•B•C 型の網とでは係数 A_0, γ にほとんど差が認められない。このことは同じ環綱の締結率でも A•B•A 型の網はどの型の模型網より網裾の開き

Table 3. The total volume (V_T), opening volume of leadline (V_O) and the non-encircled rated (R_E) of the net under various combinations of leadline weight.

Type of model net	A•A•A	B•B•B	C•C•C	A•B•C	A•B•A	B•A•B
V_T (l)	374	366	379	373	373	375
V_O (l)	41.8	34.4	23.6	35.8	35.2	36.9
R_E (%)*	11.2	9.4	6.2	9.6	9.5	9.9

* $R_E = V_O/V_T$

口面積は小さくなることを意味している。なお，模型網 A•B•A 型のように沈子量を配列した網は現在よく使用されている沈子配列の型であり，この点からも理解できる。一方，R_H と R_L の関係からは模型網別に求めた B_0 と β の値は沈子量の増加に伴なって若干小さくなる。これは同じ環綱の締結率でも沈子量が増加すると網裾の高さは低くなる傾向を示す。つまり，高さ率と環綱締結率との関係は沈子綱の重さや沈子量の配列によって若干影響してくるものと理解できる。次に沈降しきった状態から始まり，そのときの外接体積を V_T とし，環綱の締結の進行に伴なって網裾の開き口部分は変化するが，V_T の中で網地が通過しなかった部分の体積 V_0は，

$$V_0 = \int_0^h A(H)dh \qquad (4)$$

として示される。ただし，H は網裾の基準面からの高さを，$A(H)$ は網裾の開き口の断面積を示す。実験的に求めた V_o および V_T を用い，$R_E(=V_o/V_T)$ を求め整理した結果を表 3 に示す。沈子の配列を一様にし，重さを変えた A•A•A, B•B•B,および C•C•C の型の模型網では，沈子綱の重さが重くなる程 R_E の値は小さくなる。すなわち，C•C•C 型の模型網では網で囲んだ全体の 6.2%，A•A•A 型の網では 11.2% の水の体積が網裾の口より通過してしまい捕捉できないことになる。さらに，模型網 A•A•A 型を沈子綱の配列を変え中央部だけ重くした A•B•A 型の網の場合，R_E は 11.2% から 9.5% と小さくなるのに対して，B•B•B 型の網のように沈子綱の中央部を軽くすると逆に R_E は 9.4% から 9.9% への大きくなる。しかも，A•B•A 型と B•A•B 型の網では前者

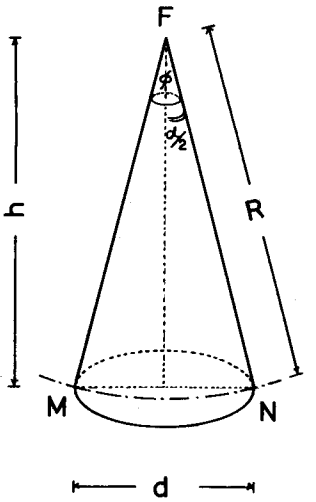

Fig. 7. Positional relation of escaping fish from leadline during pursing.
F, fish position; R, radius; α, plane angle; ϕ, stereo angle; d, observed diameter of opening lead line; H, distance of lead line from sea surface.

の方が全沈子重量は小さいのに，R_E は小さくなることを見ても，R_E を小さくするためには，沈子綱の中央部を重くすることが有効であることが分かる。

魚の逃逸確率の試算： 網の中に囲んだ魚は水面に一様に分布し，魚は網裾の開き口だけから逃避するものと仮定して次のような確率模型を設定した。水面近くを遊泳している魚と網裾の開き口との諸関係を模式的に示したのが図 7 である。水面から網裾までの深さを h，魚の位置 F と開き口で作られる立体角を ϕ，網裾の開き口面積と等面積の円の直径を d,平面角 MFN を α とすれば，F 点での魚の逃逸確率 $P(E)$ は，立体角の比として次式で示すことができる。

$$P(E)=\frac{\phi}{2\pi}=\frac{2\pi R^2(1-\mathrm{COS}\frac{\alpha}{2})}{2\pi\ R^2} \qquad (5)$$
$$=\left(1-COS\frac{\alpha}{2}\right)$$

今，魚は水面近くに一様に分布していると仮定したので，F 点を網で囲まれた表面全体について考えれば良いことになる。環綱の締結開始から締結完了までの間では，網で囲まれた水面の面積はほぼ変わらないと見なすことができるので，(5) 式は任意な環綱の締結状態における表層近くの魚の逃逸確率を近似的に代表すると考えることができる。そして，環綱の締結が進行している状態毎に図 4 に示したような環綱締結率と網裾の開き口や高さとの諸関係を使って，水面から網裾までの深さ h，および網裾口の見掛の直径 d を求め，平面角 α を算出し，各網別に試算した逃逸確率を表 4 に示す。環綱の締結初期では魚の逃逸確率はいづれの模型網とも約 23% となり，締

Table 4. Fish escaping probability calculated from equation (5) under various combinations of leadline weight.

R_L*	Type of model net					
	A・A・A	B・B・B	C・C・C	A・B・C	A・B・A	B・A・B
0	0.236	0.231	0.236	0.233	0.233	0.233
0.053	0.231	0.232	0.231	0.225	0.226	0.235
0.105	0.219	0.219	0.218	0.216	0.209	0.216
0.158	0.207	0.202	0.201	0.200	0.196	0.200
0.210	0.194	0.186	0.182	0.179	0.177	0.183
0.263	0.176	0.166	0.165	0.163	0.155	0.162
0.316	0.149	0.152	0.146	0.145	0.133	0.140
0.368	0.139	0.132	0.126	0.130	0.118	0.126
0.420	0.116	0.116	0.100	0.114	0.102	0.110
0.474	0.098	0.092	0.079	0.094	0.089	0.085
0.526	0.074	0.078	0.059	0.079	0.070	0.070
0.579	0.065	0.062	0.041	0.068	0.064	0.064
0.632	0.053	0.043	0.026	0.051	0.052	0.053
0.684	0.045	0.034	0.005	0.035	0.052	0.046
0.737	0.046	0.022	0.000	0.023	0.058	0.043
0.789	0.011	0.008		0.016	0.021	0.027
0.842	0.000	0.000		0.000	0.000	0.010
0.895						0.000

* pursing length ratio

結率が進むに従って逃逸確率は次第に小さくなる。ここで試算した網では，比較的初期の環綱締結時にはC•C•C型とA•B•A型の二つの模型網では逃逸確率が他の型の網より小さくなっていることが分かる。一方，環綱の締結率が約80%（C•C•C型の模型網では約60%）になるとほとんど魚は網裾から逃げることができないものと考えられる。環綱の締結を開始してから締結率が約30%くらいまでは使用した模型網ではB•A•B型，A•B•C型の両者の模型網が逃逸確率は若干小さくなる傾向を示すが，締結率が30%以上に進むとC•C•C型の模型網が著しく逃逸確率が小さくなる傾向を示す。沈子綱の重さによって沈降速度の増加をもたらす効果のあることは知られており，ここで試算した逃逸確率が小さくなり漁獲確率が高まる結果が得られたことは大変興味あることである。今後，魚の対網行動と併せて，沈子綱の沈子量，配置などについて検討を進めて行く予定である。

文　　献

1) Iitaka Y. (1965). Studies on the Mechanical Characters of the Purse Seine in Relation to its Fishing Efficiency. Memoris. Fac. Agri. of Kinki Univ., **2**, 1-74.
2) 小長谷庸夫（1971）．巾着網の設計理論に関する基礎研究．三重大水産紀要，**8**, 219-293.
3) 宇野道夫（1935）．模型実験によりて知らるる巨済島鯖巾着網の形状と環括綱にかかる張力．日水誌，**4**, 147-152.
4) 井上　実（1954）．イワシ巾着網の模型実験．日水誌，**19**, 942-946.
5) Vinograkov, N.N. (1955). Purse Seining of Herring (in Russian).
6) 飯高勇之助（1956）．日向灘イワシ巾着網模型実験—IV．日水誌，**22**, 389-392.
7) 千種正則・片岡昭吉・高瀬増男・角田精一・広瀬　誠（1957）．巾着網の形状に関する研究—I．農水講研報，**6**, 285-290.
8) 田原陽三・野村正恒・森敬四郎・大沢要一・久村欽一（1967）．巾着網の漁具特性に関する研究—I．東海水研報，**49**, 11-39.
9) 劉　燈城（1981）．大型鰹鮪圍網々具之設計研究．台湾省水産試験所研究報告，**33**, 95-108.