

底曳網の綱類にかかる張力についての考察（予報）

不 破 茂*¹

Some Considerations on the Tension on Ropes of Drag Net (Preliminary Report)

Shigeru Fuwa*¹

Abstract

To obtain some fundamental suggestion on the net design of trawl net, Author carried out the field experiment. Results obtained are summarized as follows:

- (1) On Danish seine net, the tension on the head rope was about 40% of the net resistance and that on the ground rope was about 60% of the net resistance.
- (2) While Trawl net was dragging, the tension on the head rope was about 20% of the net resistance, the tension on the lacing line was about 20% of the net resistance and the tension on the ground rope was about 60% of the net resistance. And when the trawl net was draged, the tension on the head rope reduced, because of transmitting some of tension to the lacing line.

底曳網が曳行される時、水流により抵抗が生じ網地の各部分にはこれに応じた張力が発生する。これらの網地の張力はすべて集積されてヘッドロープ及びグランドロープの張力となる。ことにヘッドロープにかかる張力はヘッドロープを引き下げようとして浮子による浮揚力と釣合って網口高さを維持している。本研究ではヘッドロープ、グランドロープへかかる張力を知り合理的な漁具設計の指針を得ることを目的として海上実験を行い検討を加えたので報告する。

試供漁具及び実験方法

実験は本学練習船南星丸（75.14トン）によって種子島西方の海域で実施した。漁具は1そう曳網及びトロール網を用いその概要は Fig. 1, 2, Table 2, 3 に示す。トロール網は小型であるが3本ペンネットを使用し、オッターボードは SÜBERKRÜB¹⁾ 型に類似した縦型オッターボードである。1そう曳網には袖先部分の浮子綱端及び沈子綱端に、トロール網には袖先部分の浮子綱端と筋縄端及び三角板の前方にそれぞれ自記式張力計*² を装着して、投網より揚網までの間にそれぞれの綱にかかる張力を測定した。船上においては曳網速力を電磁ログ*³ で、ワープ伏角を分度器で、ワープにかかる張力をワープ張力計*⁴ でトロールウインチ付近の張力をそれぞれ測定した。測定方法の概要を Fig. 3 に示す。左右同一に張力がかかるものと想定しワープ張力は右舷側ワープ張力の2倍をもってワープにかかる全張力とし、また各綱にかかる

*¹ 鹿児島大学水産学部漁具学研究室 (Laboratory of Fishing Gear, Faculty of Fisheries, Kagoshima University, Kagoshima, Japan.)

*² 柳計器製作所, *³ 北辰電機, *⁴ ニチモウ

Table 1. Specification of the Nansei-Maru.

Length (O.A)	25.30m
Breadth	5.70m
Depth	2.55m
Gross tonnage	75.14 ton
Main Engine	4 cycle Diesel
	400 ps × 1200 rpm
Propella Type	C.P.P.
Number of blades	3
Trawl wintch capacity	2 ton × 60 m/min

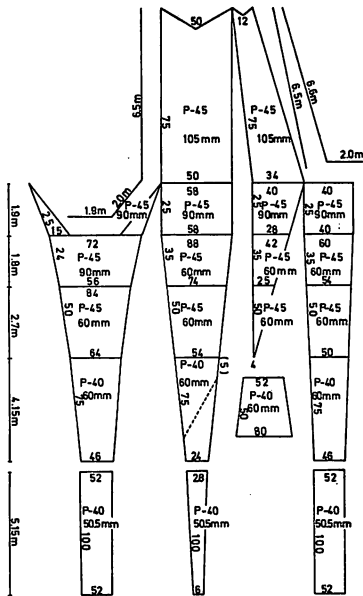


Fig. 1. Net plan of experimental fishing gear (Trawl).

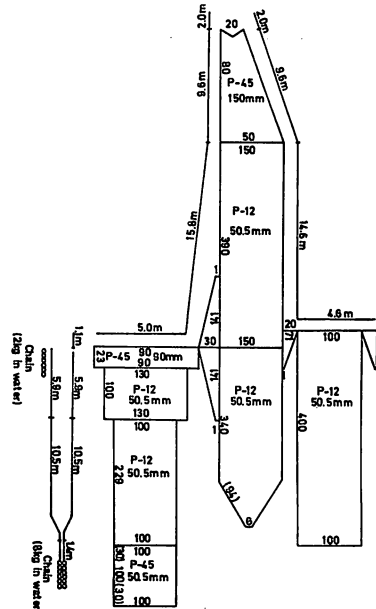


Fig. 2. Net plan of experimental fishing gear (Danish seine).

Table 2. Summary of experimental fishing gear.

Net	Trawl	Danish seine
Head rope length (m)	15.2	53.0
Ground rope length (m)	18.9	55.0
Float total buoyancy (kg)	61.5	11.0
Ground rope weight in water (kg)	79.8	42.0
Diameter of warp (towing rope) (mm)	14	16
Length of towing rope (m)	—	2400
Otter board area (m ²)	1.3 × 0.85	—

張力も右袖側にかかる張力の2倍をもって各網にかかる全張力とした。ワープ伏角は両舷ワープ伏角がほぼ同じであり両者の平均値をとった。

結果及び考察

各網にとりつけた自記式張力計の記録のうち作動が不完全であったトロール網の三角板前方にとりつけた張力計の記録を除いて各々の記録について解折を行った。

1 そう曳網の場合では、浮子網及び沈子網へかかる張力は両者ともに同様な変化を示している。この記録は曳索捲取中に障害物にかかった時の記録であり双方の網に通常の約3~3.5倍の張力がかかっている。記録例からみれば漁具にかかる張力は、投網から寄せ漕ぎまでほとんど張力はかわらないが寄せ漕ぎ開始後急増し以後ゆるやかに減少してゆく。曳索捲取り終了近くになるとそれまでほとんど一定であった張力の値がやや変動する。これは曳索が捲きとられてゆく過程で、曳索の接地部分の長さが短くなり船の動揺等による張力変動を曳索の接地部分で吸収できなくなり網に張力変動が伝搬してきたものと考えられる。(Fig. 4)

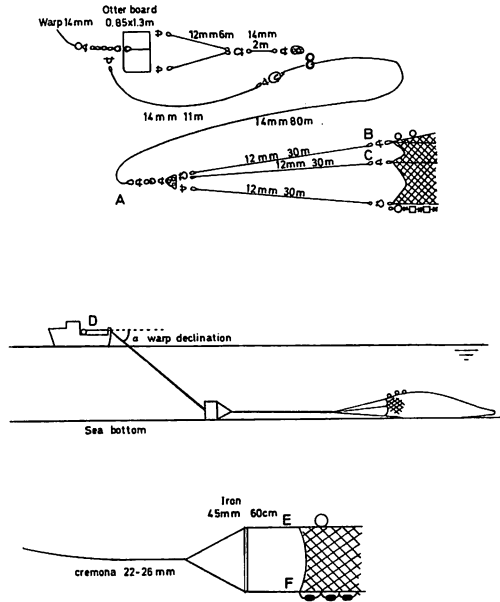


Fig. 3. Rigging of experimental fishing gear, trawl net (above) and danish seine net (below). A, B, C, E, F, show the points of self-recording tension meter were attached and D shows the point of warp tension meter was attached.

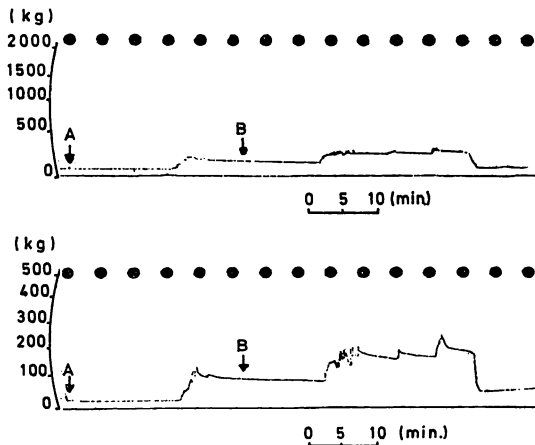


Fig. 4. Recordings of tension meter attached to the danish seine net, tension on the ground rope (above) and tension on the head rope (below). A: Shooting net, B: Start hauling rope.

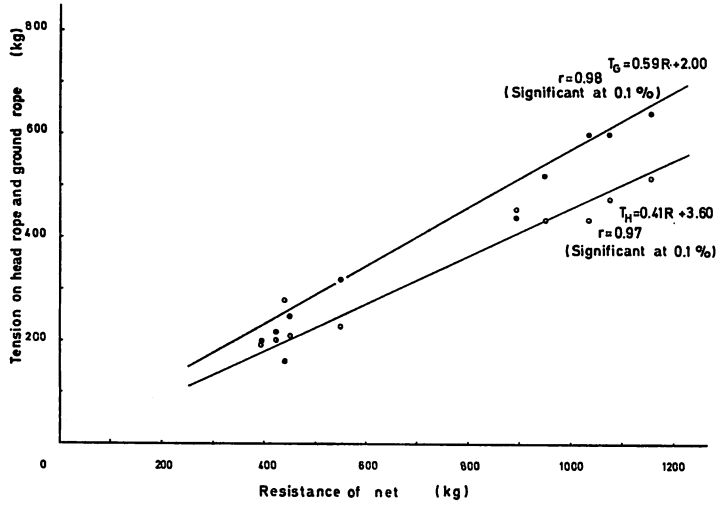


Fig. 5. Relationship between the tension on net and that on the head rope and that on the ground rope.

網抵抗と浮子網にかかる張力及び沈子網にかかる張力との関係は

$$T_H = 0.41R + 3.60$$

$$T_G = 0.59R + 2.00$$

なる実験式で表わされる。このように4枚構成の1そう曳網における操業中の網抵抗の約40%が浮子網へ、約60%が沈子網にかかるといえる。(Fig. 5)

トロール網に取りつけた張力計の記録を Fig. 6 に示す。ワープにかかる全張力を (T)、伏角を α とすると漁具の全抵抗 (R')、網抵抗 (R) は次式で表わされる。

$$R' = T \cos \alpha$$

$$R = R' - D - D'$$

D = オッターボードの抵抗, D' = ワープの抵抗

使用したオッターボードは縦型オッターボードであり SCHÄRF²⁾ によればその最大有効迎角は14~15度付近にありその抵抗係数は約0.3となる。操業時には最も展開力の優れる状態に調整してあるのでその抵抗係数を0.3とするとオッターボードの抵抗 (D) は下式で表わされる。

$$D = 1/2 C_D v^2 S \rho$$

C_D : 抵抗係数, v : 曳網速度 (m/sec), S : 面積 (m^2), ρ : 海水密度 ($105 kg \cdot sec^2/m^4$)

またワープの抵抗 (D') は下式で表わされる。

$$D' = 1/2 C_D' v^2 d \rho$$

C_D' : 抵抗係数, v : 曳網速度 (m/sec), d : ワープの直径 (m), l : ワープの長さ (m) ρ : 海水密度 ($105 kg \cdot sec^2/m^4$)

ここで抵抗係数 (C_D')、レイノルズ数及びワープが流れとなす角 (φ) により変るが曳航中のワープのレイノルズ数の範囲ではワイヤーの流れとなす角と抵抗力との関係については DIEL³⁾ の実験結果がありこれを用いて抵抗係数を求め水中におけるワープの形状を直線として計算し

Table 3. Specification of net resistance.

Towing speed (m/sec)	Resistance of trawl net (kg)	Tension on Head rope		Tension on Lacing line		Tension on Ground rope (calculated)	
		(kg)	(%)	(kg)	(%)	(kg)	(%)
1.29	1269	280	(22.1)	210	(16.5)	779	(61.4)
1.29	1177	280	(23.8)	230	(19.5)	667	(56.7)
1.19	1190	280	(23.5)	220	(18.5)	690	(58.0)
1.19	1144	212	(18.5)	140	(12.3)	702	(69.2)
1.29	1536	300	(19.5)	300	(19.5)	936	(61.0)
1.29	1536	306	(19.5)	300	(19.5)	936	(61.0)
1.19	1377	360	(26.1)	280	(20.3)	737	(53.6)

Table 4. Result of field trial with Nansei-Maru.

Length of warp (m)	Towing speed V (m/sec)	Warp declination α (deg.)	Total tension of warps T (kg)	Trawl drag (horizontal component)		Resistance of otter board (calculated) D (kg)	Resistance of trawl net ($R'-D'-D$) R (kg)
				R' (kg)	D' (kg)		
260	1.29	22.0	1500	1391	64	29×2	1269
280	1.29	22.5	1500	1303	68	29×2	1177
280	1.19	21.5	1400	1298	58	25×2	1190
280	1.19	22.0	1350	1252	58	25×2	1144
270	1.29	22.0	1800	1660	66	29×2	1536
270	1.29	22.0	1800	1660	66	29×2	1536
270	1.19	22.0	1600	1483	56	25×2	1377

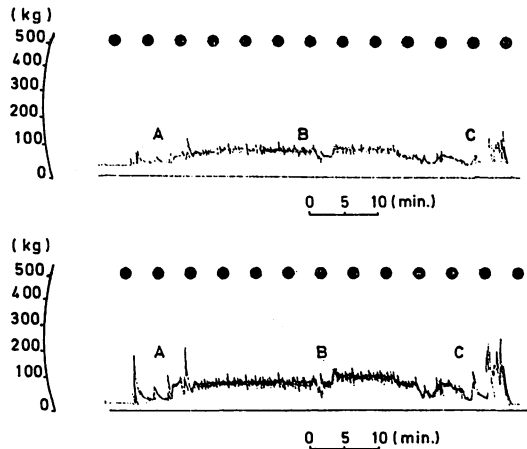


Fig. 6. Recording of tension meter attached to trawl net, tension on the lacing line (above) and that of the head rope (below). A: shooting net, B: dragging net, C: hauling net.

た. このようにして求めた実験結果を Table. 3 に示す.

トロール網に取りつけた張力計の記録からいずれの記録においても, 投揚網時には短時間で

はあるが大きな張力がかかっており、その傾向はヘッドロープにおいて顕著であって曳網時の2~3倍にも達している (Fig. 6). これは網が水面近くにあり浮子の浮揚力とグランドロープの沈降力とにより垂直方向に大きく展開しており、投網時に船は全速に近い速度で航走し流水抵抗が大きいため及び揚網時にあってはハンドロープがトロールウインチに捲かれることで網に大きな抵抗がかかるものである。また投網時にはブレーキを使用してオッターボードを十分に展開せしめるが、この時にも短時間であるが大きな張力を示し小山⁴⁾らが測定したものと同様の記録と考えられる。

通常曳網状態におけるヘッドロープ、筋縄にかかる張力は約 10 kg の振幅をもったほぼ一定の値を示している。投揚網時には筋縄の張力はヘッドロープにかかる張力の約 60%，曳網時には約 80% であって、投揚網時には張力の多くがヘッドロープにかかっているが、曳網時にヘッドロープにかかる張力が筋縄へ移行されてヘッドロープにかかる張力が減少しているといえる。この両者の関係は

投揚網時において

$$T_L = 0.61 T_H + 9.04$$

曳網時において

$$T_L = 0.80 T_H + 5.38$$

なる実験式で表わされる。(Fig. 7, 8)

通常曳網状態におけるヘッドロープ、筋縄、グランドロープにかかる張力を示したものが Table 4 である。この表よりヘッドロープには全抵抗の約 20%，筋縄へ約 20%，グランドロープへ約 60% という割合で分割されている。ヘッドロープ及びグランドロープにかかる張力について小山⁵⁾らは 184 尺トロール網の模型実験を行ないその結果いずれの場合もヘッドロープにかかる張力がグランドロープにかかる張力の 1.0~2.5 倍となると報告している。この理由としてヘッドロープがグランドロープよりも短いために網の主張力がヘッドロープにかかるためであるとしている。本研究でとりあげたトロール網ではヘッドロープの長さ

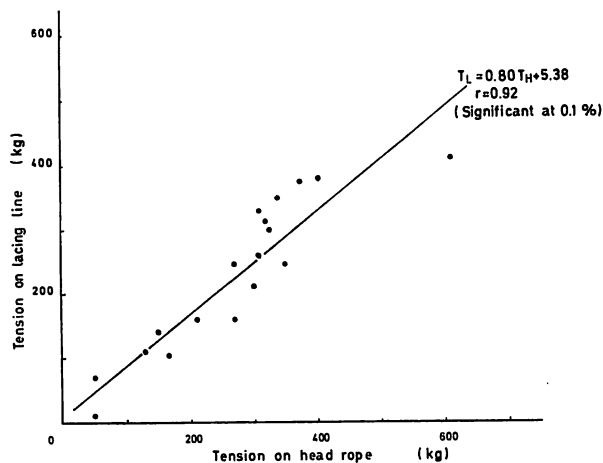


Fig. 7. Relationship between the tension on the head rope and that on the lacing line in shooting and hauling of trawl net.

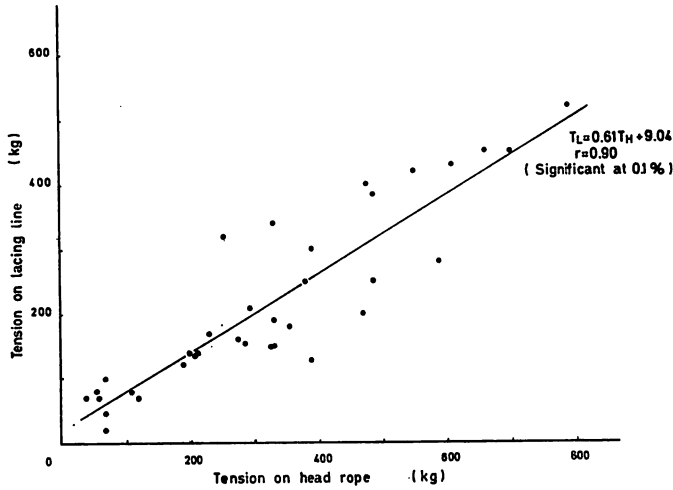


Fig. 8. Relationship between the tension on the head rope and that on the lacing line in dragging of trawl net.

ロープの長さはほぼ同じであり、またヘッドロープに対する縮結とグランドロープに対する縮結はほぼ同一に設計されているのに対して、上述の漁具ではヘッドロープに対する縮結はグランドロープに対する縮結の約 60% になっておりこの差に起因するものかもしれない。網に対する縮結と張力の問題については更に今後検討されるべきものと考えられる。

曳網時における網口高さとはヘッドロープにかかる張力との間には相互の関係がみられて網口高さにはヘッドロープにかかる張力が関与する割合は大きいものと考えられる。今後はこの点についても更に実験を行ない検討を加えたいと考える。(Fig. 9)

本実験においては網抵抗値を計算により求めたがこの結果と KUSUMAN et al⁶⁾ による模型実験結果を比較すると実測値は約 30~35%大きくなりこの値が接地抵抗に相当するものと推察される。この点に関して更に実験を加えて検討したいと考える。

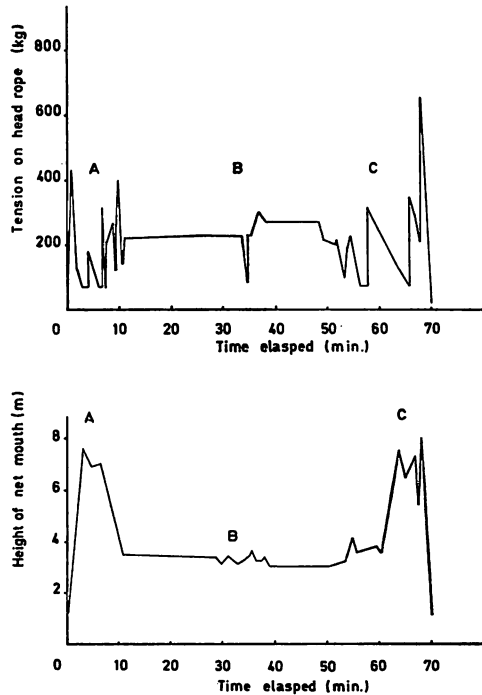


Fig. 9. Diagram of tension on head rope (above) and height of net mouth (below). A: shooting net, B: dragging net, C: hauling net.

要 約

底曳網の網類へかかる張力を知るために海上実験を行ない次のような結果を得た。

(1) 1 そう曳網においては浮子網にかかる張力は全抵抗の約40%, 沈子網にかかる張力は全抵抗の約60%となる。

(2) トロール網においてはヘッドロープにかかる張力は全抵抗の約20%, 筋縄へは約20% グランドロープへかかる張力は約60%となる。曳網状態ではヘッドロープにかかる張力は筋縄へ移行されヘッドロープにかかる張力は減少している。

終りに本研究の御指導及び原稿の御校閲を賜った本研究室教授肥後伸夫博士並びに海上実験に際し御協力頂いた本学練習船南星丸柿本亮船長外乗組員各位に深甚の謝意を表します。

文 献

- 1) SÜBERKRÜB, F. (1959): Otter board for pelagic trawling. "Modern Fishing Gear of the World," 1, 359-360 (Fishing News Books Co., London).
- 2) SCHÄRFE, J. (1959): "Modern Fishing Gear of the World," 1, 245-247 (Fishing News Books Co., London).
- 3) DIEL (1928): Engineering aerodynamics, 280.
- 4) 小山武夫・桜井五郎・隅川芳雄 (1968): 船尾トロールの投揚網時における ワープ 張力の測定結果. 日水誌, 34(10), 903-906.
- 5) 小山武夫・岩井元長・横地竜男・前川治 (1964): 大型トロール網模型実験. 東海区水研報, 38, 125-134.
- 6) KUSMAN, M. and FUWA, S. (1978): Studies on Trawl Net. *This Mem*, 27, 155-165.