



Title	網刺し現象の基礎的研究(第II報): 罹網経過時間の測定方法と予備試験について
Author(s)	梨本, 勝昭; NASHIMOTO, Katuaki
Citation	北海道大學水産學部研究彙報, 17(1), 33-46
Issue Date	1966-05
Doc URL	https://hdl.handle.net/2115/23270
Type	departmental bulletin paper
File Information	17(1)_P33-46.pdf



網刺し現象の基礎的研究 (第II報)*

權網経過時間の測定方法と予備試験について

梨本勝昭**

Fundamental Studies on the Phenomena of Stick in Gill-Netting (II)

The Measuring Method of the Time Elapsed after Sticking in Mesh and the Problem of its Utilization

Katuaki NASHIMOTO**

Abstract

Although gill-nets are generally set on the sea before dusk and hauled on board at dawn the next morning, it is not clearly known at what time the fish became stuck in the mesh of the net. It seems that the most important matter is to learn the time in order to study improvement in fishing implements.

It is already known that, the tension of the net (or load of fish) and the contraction of fish bodies (or elongation of net) change with the passage of time (cf. Fig. 3). The author considered a fundamental procedure would be simply to estimate the time which elapsed during those phenomena. That is, if we could learn the elongation and the tension of the net or the load and the contraction of fish under the condition of sticking in the mesh of the net, we would be able to calculate the length of time after the fish became stuck in the mesh of the net (cf. Fig. 4).

Although there are many kinds of tension meters, one for this purpose could not be found. Then a simple device to be used immediately after the net was hauled on board with stuck fish was considered by the author for measuring the tension and the contraction (cf. Fig. 5), and the problems of its practical useage were investigated.

The tension meter was made up of a thin bag of vinyl, a pressure guage and an air pump. The principle was that of using a deformation of pressure on the vinyl bag to learn the pressure which rose between the twine of the net and the skin of the fish.

The relation between the tension of the net and the pressure in the thin bag, which was inserted between the twine of the net and the skin of the fish, was obtained theoretically from the following formulae

$$P = \frac{T}{R \cdot d \cdot f(\theta')} \quad \left[f(\theta') = \frac{1}{2} \left(1 - \cos \frac{\theta'}{2} \right) \right]$$

R: Radius of fish-bodies curvature d: Diameter of net twine
 θ' : Pressed touch angle T: Tension of net twine
P: Pressure in the thin membrane

* 1964 日本水産学会秋季大会 (於下関) で講演発表

** 北海道大学水産学部漁具物理学教室

If the depth of contraction is constant during the short time, the relation between P and T, might be shown linearly, independently of the width of vinyl bag. Under a very small contraction, $f(\theta')$ was approximately equal to $\frac{1}{2}(1 - \cos \frac{\theta'}{2})$. Under a deep contraction, $f(\theta')$ was complicated and out from theoretical line.

The results from these experiments are summarized as follows:

- (1) The relation between the tension of net and the pressure in the bag was linear under low tension of the net (about 0.4 kg), and the relation changed exponentially at the middle tension range (0.4-0.8 kg); but, the pressure deviated from the exponential line at a higher tension (>0.8 kg).
- (2) The pressure was influenced slightly by the size of fish.
- (3) This pressure was influenced by the depth of contraction of the fish bodies and changed as time elapsed. It was better for the utilization that the width of vinyl membranes was narrower than 1.7 cm.

Because the radius of fish bodies curvature and the pressed touching angle changed delicately with time, the influence from these factors could not be calculated from the theoretical formula. As the depth of the fish contraction may change with time, the estimate of elapsed time will be uncertain. For the accurate measuring of elapsed time after the fish stuck in the net, the curves that indicated the relation between the pressure of the twine of net on the surface of the fish and the tension of the net (cf. Fig. 16) must be investigated.

In this method, the measured error may be 20% of the total estimated length of the time. Further, it is necessary to investigate a better tension meter and a good method to estimate the time, and this measuring on the field will be conducted by the author in the near future.

結 言

刺網の漁具漁法はいろいろな魚種（サケ・マス・ニシン・イワシ等）を対象として使われ、多くの場合夕方近くに投網し朝方になって揚網している。この刺網漁具と魚の関係を解明している多くの研究¹⁻⁴⁾はあるが、魚がどんな時刻頃、どのようにして多く罹網するかはまだ明らかでない。これを明らかにすることは魚群の生態を研究する上にも、又漁具漁法の改良を図る上にも最も重要な緒と考えられる。最近になって刺網の揚網を短時間毎に行ったり、水中テレビ観察⁵⁾等によったりしてこれについての解明が試みられているけれども、更に亦これらとは異なった方法も考えられる。魚の罹網部位における糸の縮力と魚体の縮み長さとの関係曲線及びその時の網糸の張力と伸び長さとの関係曲線の両者が力学的に均衡する点は、魚の罹網してからの時間経過に伴い次第に遷移していく。このことは、前報⁷⁾において筆者の指摘した所である。網糸の張力（魚体の縮力）と魚体の縮み（網糸の伸び）とを魚が網に罹網したままの状態を知ることが出来れば、前記の曲線の均衡点が遷移する線上から逆にたどれば、比較的簡単な方法によって罹網経過時間を推定出来るのではないかという発想がここに得られる。本報では罹網経過時間を推定する為の原理的方法を述べ、二、三の予備的実験の結果と実用性に伴う問題点を報告し、先輩諸氏の御教示や御批判をお願いする次第である。本論に入るに先立ち御指導と御校閲を賜った北海道大学水産学部黒木敏郎教授、同学部佐藤修助教授に深く感謝すると共に実験の資料収集に快く協力くださった北星丸の乗組員各位並びに実験を手伝っていただいた学生諸君に対して深甚の謝意を表するものである。

罹網経過時間推定の方法

魚が網に刺す現象は既に著者⁷⁾や上野⁸⁾が報告しているように、まず最初は魚の持つ游泳慣性力で網目に入り込み、それに従って網糸は伸ばされ、且つ魚体は縮まって行き、網糸には張力、魚体には縮力が生じて来るという形で説明される。そして網目の伸び周長と魚体の縮み胴周長並びに網糸の張力と魚体の縮力がそれぞれ等しく力学的に釣り合った均衡点で魚の罹網は開始される。そのような現象を材料力学的に捉えたのが Fig. 1 である。同図における B_0 点は魚が罹網した最初の基点を示す。力学的に釣り合った点 B は網糸や魚体の持つ力学的な性質に従い、罹網してからの経過時間と共に網糸張力 (= 魚の縮力) の減少する方向に移動する。図に示すようにこの均衡点 B は罹網してからの経過時間 t_1, t_2, t_3, \dots に従って B_1, B_2, B_3, \dots と逐次移動し $B_0 \sim B_t$ 線上を遷移して行くであろう。すなわち網糸張力 (魚の縮力) や網糸の伸び (魚体の縮み) の変化は魚が罹網した経過時間の函数として考えることが出来る。網糸や魚体のこのような力学的な性質を巧みに利用し、魚が網に罹網したままの状態

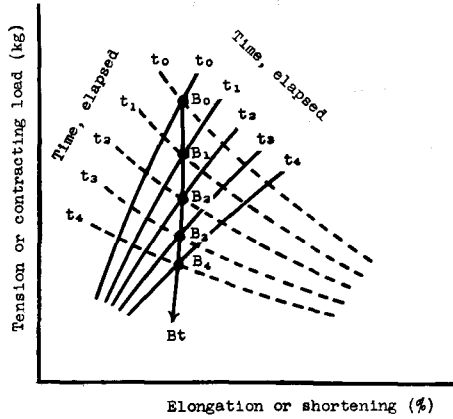


Fig. 1 Dynamical relationship between the tension (contraction) and the elongation (shortening) under the sticking condition

- B_0 : Dynamically equilibrated point at the moment sticking in mesh occurs
- B_1 : Dynamically equilibrated point at $(t_1 - t_0)$ minutes after sticking in mesh
- B_2 : at $(t_2 - t_0)$ minutes after sticking
- B_3 : at $(t_3 - t_0)$ minutes after sticking
- B_4 : at $(t_4 - t_0)$ minutes after sticking
- B_t : at $(t - t_0)$ minutes after sticking
- Solid line: Net Broken line: Fish

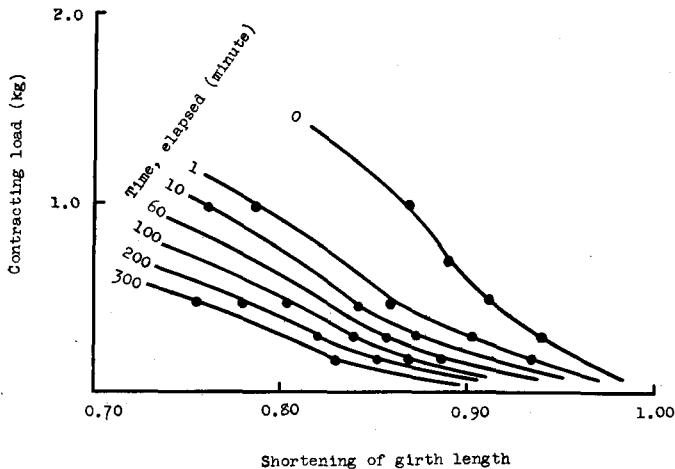


Fig. 2 Stress-strain curves of the fish-body
Living Pink salmon was measured at 40% the ratio of (distance from snout/body length) from snout, just after getting it up into the boat by net.

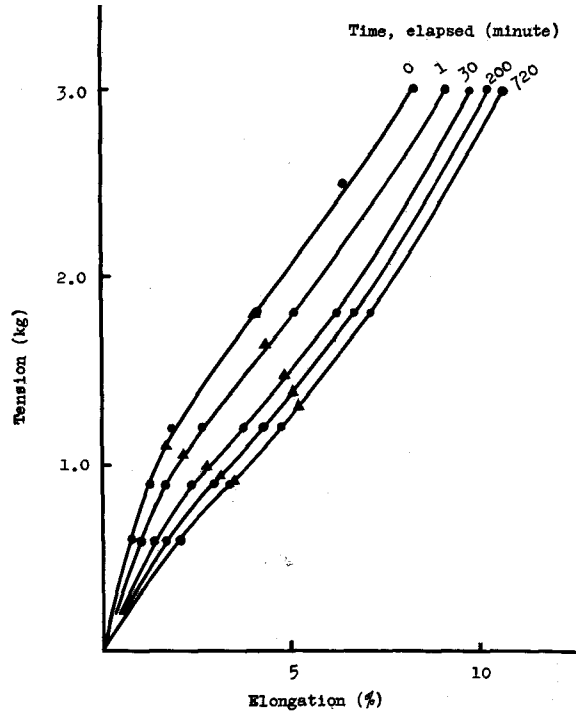


Fig. 3 Stress-strain curves of Nylon monofilament (2000 D)

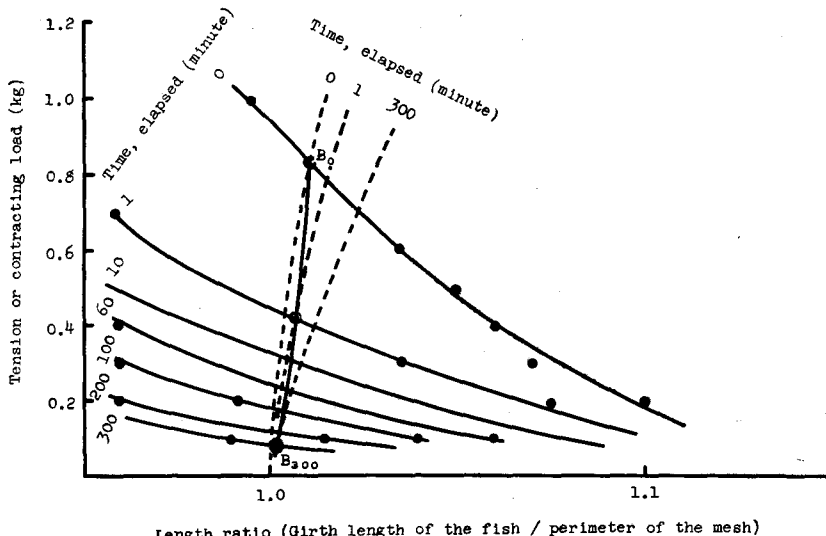


Fig. 4 Stress-strain curves of the fish body (Pink salmon) and net (Nylon monofilament 2000 D) at sticking in mesh

B_0 : Dynamically equilibrated point at the moment of sticking in the mesh
 B_{300} : Dynamically equilibrated point at 300 minutes after sticking in mesh
 Broken line: Nylon monofilament 2000 D, elongated
 Solid line: Pink salmon girth length contracted

の縮み（網糸の伸び）、或いは網糸の張力（魚体の締力）を知ることが出来れば、逆にこれらの曲線上における力学的な均衡点の遷移線上を辿って行くことによって罹網してからの経過時間を探ることが出来る筈である。Fig.1からも明らかなように横軸の網糸の伸び（魚体の縮み）は魚の罹網してからの時間経過に対して、その変化（横軸上の射影長さ）は非常に小さいことが予想され、網糸の伸び（魚体の縮み）の側だけから経過時間を推定する方法では誤差が大きくなり、実用上に多くの困難性が生ずるものと思われる。一方縦軸側について考えると、網糸の張力（魚の締力）の変化幅は罹網経過時間に対して大きく射影されているので相当精度良く経過時間を推定出来るであろう。この方法を用いるに先だって必要なことは基本となる力学的関係曲線を出来る丈正確に求めて置くことである。既に報告したように網糸の直径、剛さ、種類、使用回数等の違いや魚の種類、死魚活魚の差、魚体の部位等によってこの曲線は変化するものなので大いに注意が肝要である。網糸や魚体について実際に測定した具体的な例をFig.2, Fig.3に示す。これらの線図を組合せて前述の曲線（Fig.1）に相当するものを画いたのがFig.4である。この線図を実用上の線図として使い力学的均衡点の遷移線（ $B_0 \sim B_{300}$ ）上を辿って行くことによって罹網経過時間を推定出来ることになる。

網糸張力計の考察

さて、我々は上述の原理的方法を実際に行い得るような網糸張力計を必要とするのであるが、今までに真直な網糸の張力を測定した例^{9,10)}は多くあっても魚の罹網したままで張力を測定した例はほとんど見当たらないので、この目的に沿う網糸張力計を独自に考案せざるを得ない。ここでは船上で揚網中に使用する点、取り扱いや構造が簡単である事等を考慮に入れて、ビニール袋加圧方式の簡易網糸

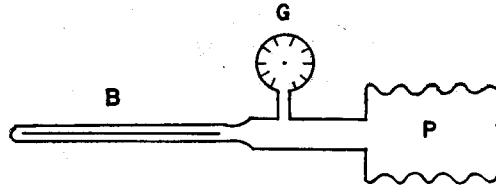


Fig. 5 Schematic illustration of new apparatus for tension measuring

- B: Thin bag made of vinyl membrane
G: Pressure gauge
P: Air pump

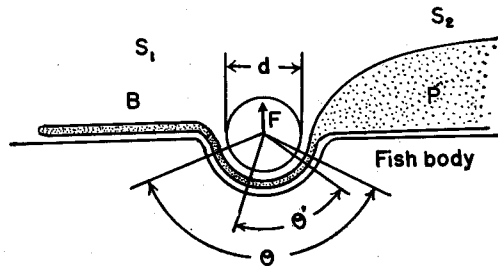
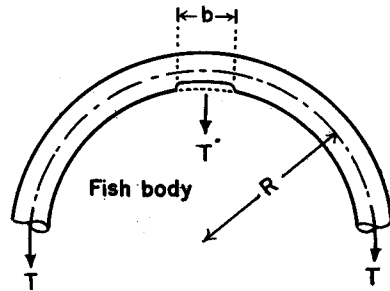


Fig. 6 Positional relationship between net-tension and bag-pressure when the vinyl membrane was inserted under the net twine on the surface of fish body

- B: Thin bag made of vinyl membrane
b: Width of thin bag, B
d: Diameter of the net twine
R: Curvature of the upper portion of fish-body (in sectional view)
T: Tension of the net twine
T': Pressing force on the fish-body
 θ' : Pressure angle of the net to surface of fish-body
 θ : Contracting angle of the fish-body
F: Force lifting up the net twine

張力計を採用した。この張力計の概略は Fig. 5 に示すようにビニール袋、圧力計、空気ポンプから構成されている。網糸と魚体表皮との間にビニール袋を挟み、張力が作用して生ずるビニール袋内の圧力を測定し、これら張力を求めるのが、その原理である。今、曲率半径 R なる魚体が網糸張力 T で締めつけられると幅 b の魚体表皮が圧迫される力 T' は一般に (1) 式で示される (Fig. 6)。

$$T' = \frac{b}{R} \times T \dots\dots\dots (1)$$

[ここで $b \ll R$]

網糸の直径を d 、網糸魚体表皮間に挿入して用いたビニール袋の幅を b 、網糸張力によって生ずる魚体のくびれと力学的に關係する被圧接触角を θ' 、ビニール袋が網糸を上方に持ち上げるに要する力を F 、その時に必要な袋内部の圧力を P とするならば、 F は (2) 式で示される。

$$F = P \cdot b \cdot d \cdot f(\theta') \dots\dots\dots (2)$$

[ここで $f(\theta')$ は θ' の函数]

魚体が網糸で締めつけられている時に網糸魚体表皮間へビニール袋を差し込み、その中に空気を送り込んで行くと、ビニール袋の S_2 側の圧力は上昇して行き、次第に大きくなって遂には網糸を上方に持ち上げてビニール袋の他端 S_1 側にも空気が急に入り込んで行く。この瞬間においては網糸を上方に持ち上げるに必要な力 F と幅 b の魚体表皮が圧迫されている力 T' とは等しくなると考えることが出来るので、(1) 式 = (2) 式と置けば、小さい幅 b には無關係な形で網糸魚体表皮間圧力 P と網糸張力 T との關係を求めることが出来る。

$$P = \frac{T}{R \cdot d \cdot f(\theta')} \dots\dots (3)$$

(3) 式における魚の曲率半径 R 並びに網糸の直径 d は一応測定出来るが、被圧接触角 θ' はくびれの深さや網糸張力によって影響され複雑な変化をするので、一応変数 $f(\theta')$ として考えた。これから判るように網糸魚体表皮間圧力は網糸張力に比例し、網糸の半径並びに被圧接触角によって定まる $f(\theta')$ に反比例する。 $f(\theta')$ は Fig. 7-a に示すように魚のくびれが小さくして網糸の半周が魚体に完全に接触する ($\theta' = \pi$) までは (3') 式の関係が成立すると考えられる。ところがくびれが深くなり網糸の接触がそれ以上に大きく

$$f(\theta') = \frac{1}{2} \left(1 - \cos \frac{\theta'}{2} \right) \dots\dots (3')$$

なると、Fig. 7-b のようになって網糸を上方に持ち上げるに必要な力 F は網糸によって圧迫される力の他に側面から圧せられる力をも加わっ

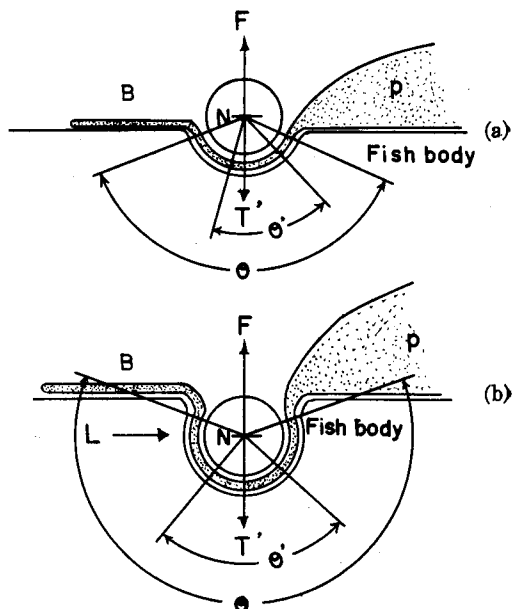


Fig. 7 Conditions of the thin bag inserted between the net twine and the surface of fish-body under weak (a) and strong (b) contractions
 F: Force lifting up the net twine
 T: Pressing force on the fish-body
 L: Force by side pressures
 P: Pressure in the thin bag
 N: Net twine (diameter: d)
 B: Thin bag made of vinyl membrane
 θ' : Pressure angle of the net to the surface of fish-body
 θ : Contracting angle of the fish-body

て(3')式は成立しなくなることが予想される。これらの事から同等の弾性的性質をもった魚について考えると、測定する圧力は等しい網糸張力が作用していても背幅の小さい程、くびれの深さが大きい程大きくなるものと思われる。これらの関係について、実験的に検討した結果を次に述べよう。

簡易網糸張力計の検討

1. 実験材料と方法

実験に供した魚はホッケとサバでその大きさの概要を Table 1 に示す。市販されている魚を用いた為魚の死後履歴等は不明であったが、短時間の弾性特性は Fig. 8 に示す通りである。実験に用いた網糸はアミラン 210D・3×10 (直径 1.0mm), 4×6 (0.9mm), 4×4 (0.6mm), 3×3 (0.5mm) の4種であった。ビニールの幅は魚体曲率半径が大ならば殆ど影響しないが、予備実験では曲率半径に比べ袋の幅が数分の1程度なので幅の影響は無視出来なかった。細い袋の方が魚体と良く密着し理論的にも良いので、この実験では長さ 8.0cm, 幅 1.7cm, 厚さ 0.06mm の袋を用いた。使用した圧力計は市販されている秤量 0.2kg, 1.0kg の2種でこれを水銀のマノメーターで校正した。校正曲線を Fig. 9 に示す。空気ポンプは容量 11 のポリ瓶を使い、送気量によって影響されないように常に一定の送気量(約 4.3cc/sec)で行った。実験は Fig. 10 に示すような簡単な装置を作り、荷重 W を変えることによって任意の締力が得られるように工夫した。先ず魚を台上に置き、魚の適当な位置(吻端からの距離で定める)に網糸を触れさせた後荷重を与える。その直後、網糸と魚体表皮間にビニール袋(先端から 4cm 程度まで)を挿入し、空気ポンプでビニール袋の手前側から徐々に空気を送ると、

Table 1 Fish used for the experiments

Mackerel

Fish No.	Body height (cm)	Body breadth (cm)	Body length (cm)	Body weight (kg)
1	6.5	4.4	33.0	0.44
2	6.7	4.6	36.5	0.54
3	6.5	4.5	34.0	0.51
4	6.1	4.5	34.8	0.46
5	6.3	4.5	32.0	0.45
Average	6.4	4.5	34.0	0.48

Atka mackerele

Fish No.	Body height (cm)	Body breadth (cm)	Body length (cm)	Body weight (kg)
1	7.1	4.0	34.0	0.56
2	6.7	4.0	32.0	0.48
3	7.3	3.7	30.7	0.50
4	7.5	3.4	30.0	/
5	7.3	3.4	29.0	/
Average	7.2	3.7	31.1	0.51

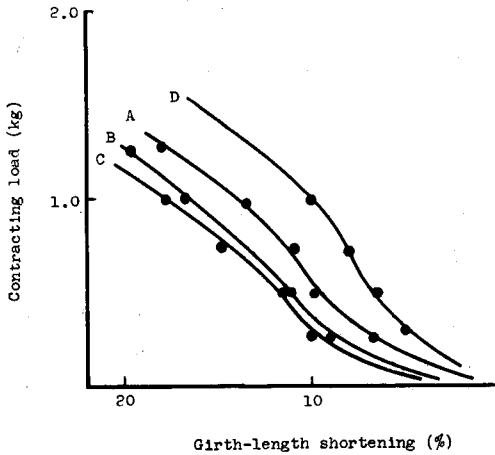


Fig. 8 Relation curves of contraction and load at various positions of fish-body
Positions were measured from snout; % means the ratio of (distance from snout)/(body length).

- A: At 40% (Mackerel)
- B: At 50% (ditto)
- C: At 63% (ditto)
- D: At 44% (ditto)

Curve A, B and C was measured about same Mackerel body; D, about Atka mackerel body.

内圧は次第に上昇する。更に空気を送り続けると、網糸で押えられて空気の流通が出来なかったビニール袋の左先端部分の方へ、網糸が持ち上げられると同時に多量の空気が勢い良く流れ込み、圧力計指示の上昇は一時殆ど止る。その後暫くして、圧力計は再び上昇する。このように上昇しない時の圧力は網糸を上方に持ち上げた時の圧力として考えることが出来るので、この時の圧力を(3)式に示すPとして測定した。この実験では荷重Wを魚体に与えたので、網糸張力としては $W/2$ に考えなければならない。なお実験は空気中で行ったので、魚が直接空気に触れて魚体の弾性度や摩擦性などが時間経過に伴って大きく変化しないように水で浸した布で覆った。

2. 実験結果並びに考察

2-1). 網糸直径の影響

網糸魚体表間圧力と網糸張力との関係は網糸の直径によってどのように影響するかを示したのが Fig. 11 である。この圧力と張力の関係は 0.4kg の張力以下ではほぼ直線的に変化するが、張力が 0.4kg から 0.8kg までは指数的な変化をし、更に高い張力 (0.8kg 以上) になると、その曲線からもふれて直線からかなりはずれる傾向を示した。0.4kg の網糸張力付近から魚体の縮率が大きく変化

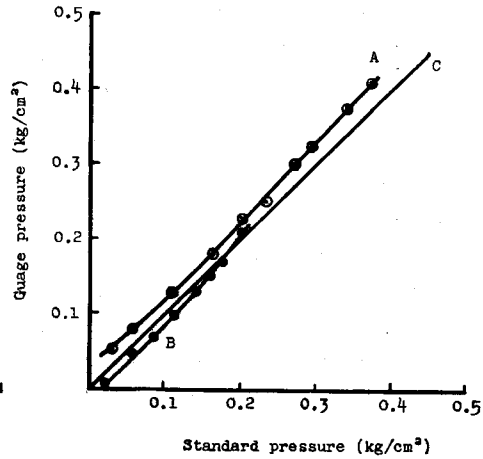


Fig. 9 Calibration curves of pressure gauges
Standard pressure (abscissa) was measured by a manometer of mercury.

- A: 1.0kg pressure gauge
- B: 0.2kg pressure gauge
- C: Standard line (45°-line)

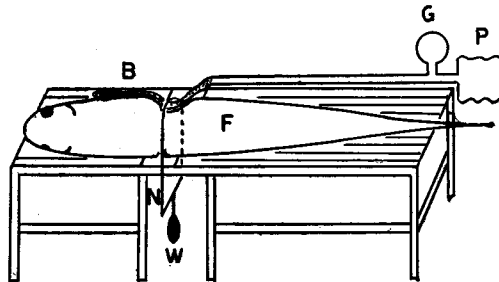


Fig. 10 Apparatus for experimental measuring
B: Thin bag made of vinyl membrane
F: Fish body
G: Pressure gauge
N: Net twine
P: Air pump
W: Weight

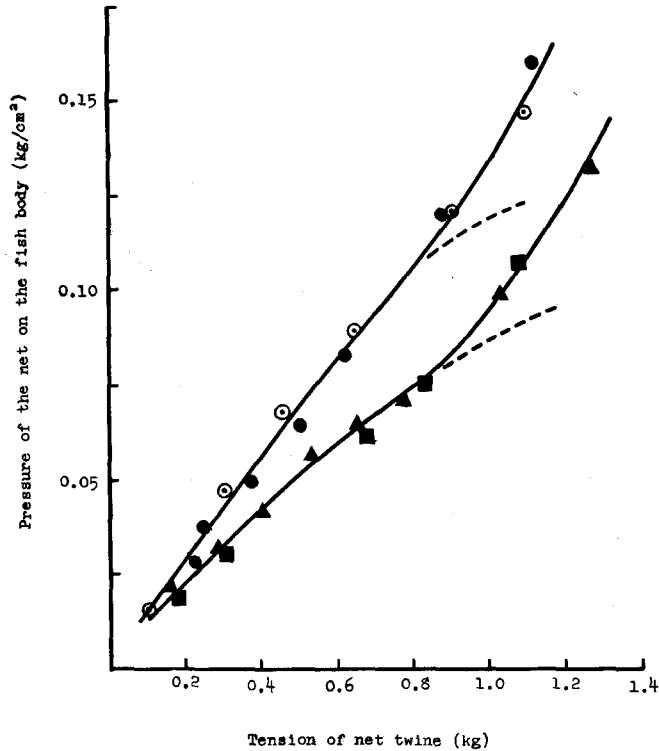


Fig. 11 Relationship between the tension and pressure of the net twine on the surface of fish-body (Mackerel) by various diameters of twine
 Solid circle : 1.0mm diameter of Amilan (3×10)
 Circle dot : 0.9mm Amilan (4×6)
 Solid triangle: 0.6mm Amilan (4×4)
 Solid square : 0.5mm Amilan (3×3)

し (Fig. 8 参照), 魚体と網糸との接触面積が次第に増加した為このような傾向を示すものと思われる。又, 網糸張力が大きくなる (0.8kg 以上) と, くびれの深さが影響して被圧接触角が大きくなり, 且魚体の曲率半径はくびれの為小さくなる。前章で理論的に考えたように (3') 式が成立しない程網糸が魚体に食い込み, これらの影響が現われて直線から外れたものと考えられる。ここで網糸張力が 0 になっても求める圧力が 0 にならないのはビニール袋の剛さが入って来た為であろう。(3) 式でも判るように, 糸の直径が細ければ当然圧力は大きくなり, 太ければ圧力は小となる事は, この図の示す所であるが, 網糸の直径 0.5mm と 0.6mm 並びに 0.9mm と 1.0mm とでは, それぞれの直径による差は明確に現われていない。これは, 網糸の直径が 0.1mm 程度変化してもくびれの深さにはあまり影響しないで, 魚体と網糸の接触面積はほぼ一定になり, その差が測定誤差のレベルに没したからと思われる。網糸の直径を大きく分け 0.5mm 級と 1.0mm 級について見ると, 同じ網糸張力が作用していても明らかに直径の大きさによって求められた圧力は異なり, 直径が大きい場合, 圧力は大きく現われている。これは理論式とは逆のような結果が見られるが, 網糸と魚体の接触面積は網糸の直径によって変ることが推測され, 圧力は網糸直径よりも $f(\theta)$ に大きく影響された結果と考えられる。魚のくびれの深さは実用上測定困難なので, 逆に (3) の理論式に網糸の直径, 魚の曲率

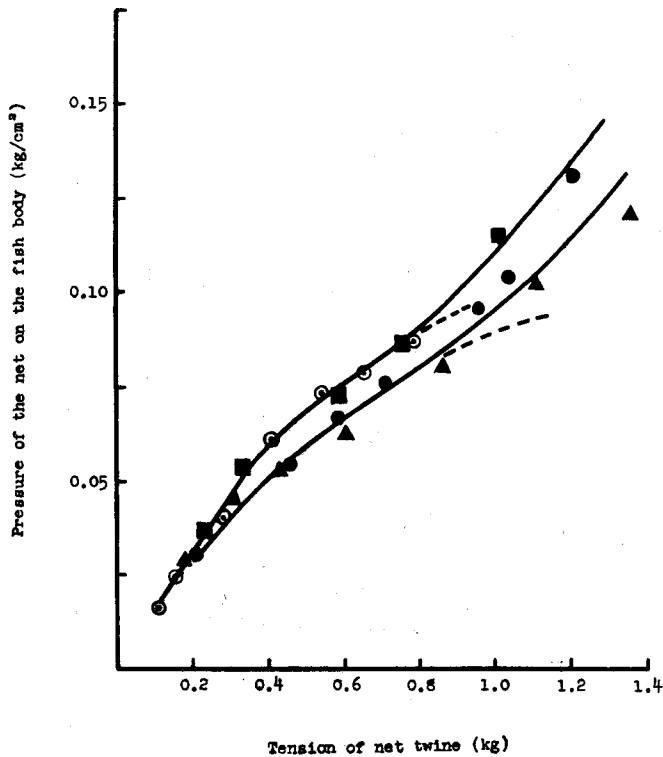


Fig. 12 Relationship between the tension and pressure of the net twine on the surface of fish-body by various radius of fish
 Circle dot : 2.3cm radius of fish (Mackerel)
 Solid circle : 2.6cm (ditto)
 Solid triangle: 3.1cm (ditto)
 Solid square : 3.4cm (ditto)

半径を適用して、見掛上の被圧接触角の函数 $f(\theta')$ を求めてみると網糸直径 1.0mm では 0.22, 0.5mm では 0.67 になって、この角度 θ' は網糸の太さによって明らかに変化していることが判る。このように網糸の直径によって求める圧力と張力の関係は異なって来るが、対称魚種毎に殆ど網糸の直径は決まってくるので、必要な網糸について事前にこれらの関係を求めて置けば、測定後補正することによって網糸張力を正確に求めることが出来よう。

2-(2). 魚の大きさの影響

魚の大きさの違いによる網糸魚体表皮間圧力と網糸張力との関係を示したのが Fig. 12 である。同図からも判るように網糸張力が 0.3kg 以下になると、魚の大きさによる影響は特に明確でない。又、張力 0.3kg 以上の場合、魚の大きさは僅かに影響してくるようであるが、その相互的な関係は顕著でない。網糸のくびれの影響は同一の網糸については一定になると考えられるので、魚（締められている部位の曲率半径）が大きくなれば、求める圧力は理論的には小さくなるはずであるが、この実験からは明らかでない。この原因としては、網糸で締める部位の大きさを交える為にそれぞれ違った魚体を使ったので、魚の弾性度が異なっていたことも考えられるが、又他の要因によるものかも知れない。そこで見掛上の被圧接触角 $f(\theta')$ を求めて見ると、網糸張力 0.5kg, 魚の曲率半径 3.1cm で

は $f(\theta) = 0.5$ となり、曲率半径 2.3cm では 0.53 になって見掛上の被圧接触角はほぼ等しくなっている。更に張力が増すと、この角度は僅かに大きくなる傾向を示すことが判る。このように魚の大きさによって少しづつではあるけれども求める圧力と網糸張力の関係は異なってくるが、理論的に考えられるようなはっきりした関係は見いだせなかった。網刺し機構から考察すると、実用上における測定時の網糸張力は 0.3kg 前後と考えられるので、以上のことはさほど問題にならないであろう。又、或る一定の網目に罹網する魚体部位の大きさは殆ど決まってくる^{11,12)}ので、事前に各種の魚のそれぞれの大きさについて求めて置けば、この方法で網糸張力を正確に求めることが出来ることになる。

2-(3). 魚体のくびれの影響

くびれの深さは網糸の直径、網糸張力、更には経過時間によって変化するので、魚体と網糸間に働く圧力を知って網糸張力を求める場合には一番大きな問題になる。魚が常に等しい網糸張力で締められている時、くびれの深さが一定不変ならば、測定される圧力は時間経過とは関係なく一定になるはずである。ところが Fig. 13 からも判るようにこれらの圧力と張力の関係は時間軸に平行な直線にならないで経過時間が増加すれば求める圧力は大きくなる傾向を示す。この影響は網糸張力が大きい程明確に現われている。これは魚体が完全な弾性体でなく多分に塑性的性質を持つ為、くびれの深さが時間経過に伴って大きくなって行くからであると考えられる。この関係を見掛上の被圧接触角から捉えてみると、魚に締力が作用した瞬時に於いて、張力 0.3kg では 0.42、0.82kg では 0.24 になるが、これが 90 分後になると、それぞれの値は共に 0.12 と変化し、見掛上の被圧接触角は時間経過に伴って大きくなるものと推測されるのに実質的に小さくなっている。これからも明らかのようにくびれが大きくなると、網糸と魚体との接触面積は大きくなって来るが、くびれの深さが大きくなった為に側面の影響を受け力学的に作用する角度は非常に小さくなったものと考えられる。このようにくびれの深さは時間経過に伴って大きく変化し、測定に重大な影響を与えるので、この簡易張力計で網糸張力を求める際には時間経過に伴ってかなり精度が悪くなるものと予想しなければならない。

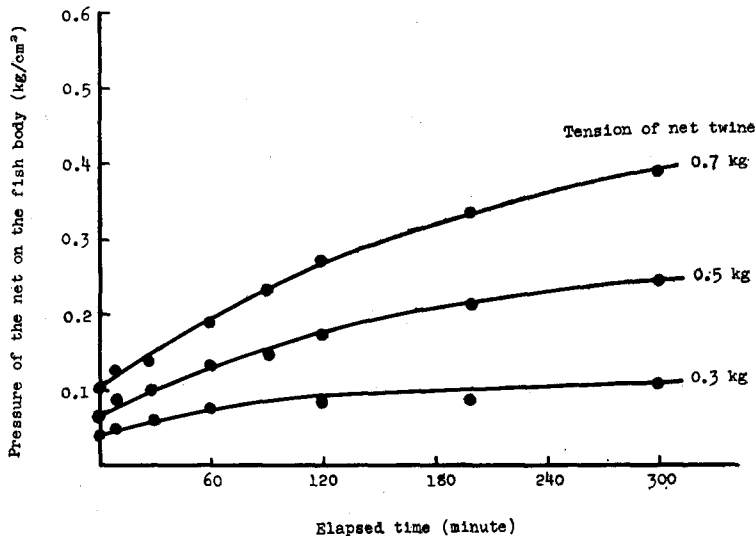


Fig. 13 Pressures of the net on the surface of fish-body (Atka mackerel) changing with elapsed time under various tensions of twine

実用上の検討

実験結果からも明らかなようにここに考案された方式の簡易張力計の読みは、等しい網糸張力が作用していても網糸の直径、魚の大きさによって違った値を示すし、特にくびれの深さによってその読みは大きくふれるので、この方法により罹網経過時間を推定しようとする際にはその精度が問題にな

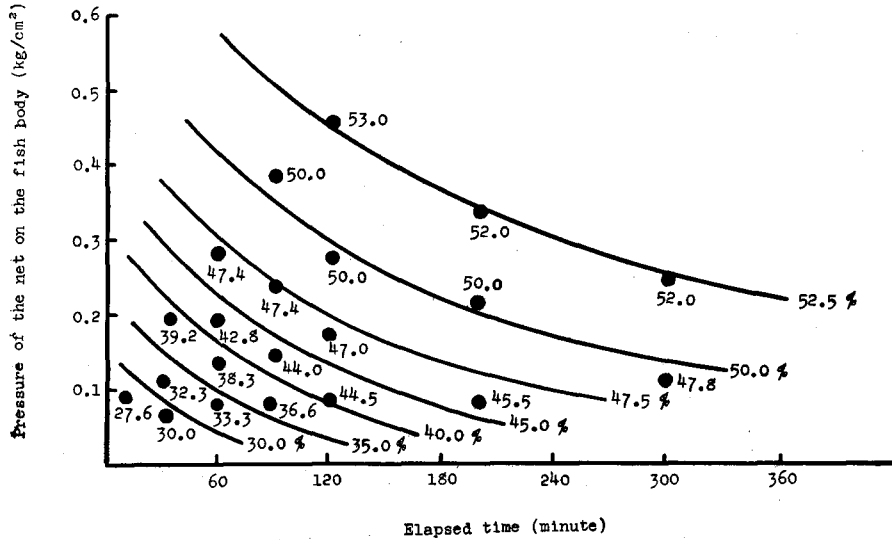


Fig. 14 Relationship between the contraction of fish girth (Atka mackerel) and the pressure by the net twine with elapsed time

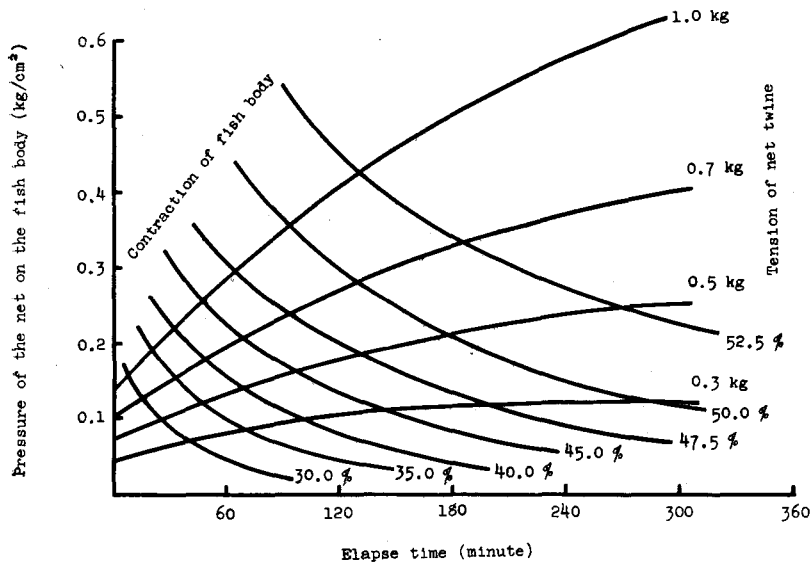


Fig. 15 Fundamental curves for the conjecturing time elapsed, after the fish became stuck in the mesh

ってくる。そこで、この張力計を使い、精度良く罹網経過時間を推定する為には Fig. 14 のようにくびれの深さの変化を経過時間毎に求め、これと Fig. 13 との 2 つの曲線を同一平面上に描いた Fig. 15 のような線図を作製し利用すれば良い。このようなくびれの変化と張力計の読み（圧力）を経過時間毎に捉えた線図を利用することによって張力計の刻みをより正確に経過時間のみ刻みに換算出来るであろう。この時の測定精度を Fig. 15 について考察すると次のようになる。低い網糸張力ではくびれの変化は非常に小さくなって来るので、正確に測定しなければならないが、測定誤差も考慮に入れると、その時間誤差は 20% 程度になる。この簡易張力計を実用するにあたり注意すべき 2, 3 の点を述べよう。網刺し機構等から推定するに実用の張力は 0.3 kg 以下と思われるので、使用する圧力計は秤量 0.2 kg/cm² で充分と考えられる。ビニール袋は魚体と良く密着させる点等を考慮すると、幅が狭く薄いことが要求される。更に罹網経過時間を推定する時の問題点としては次のものが挙げられる。網刺しが成立してから揚網して測定するまでに罹網魚体の部位がづれないことが前提条件であるが、揚網するまでに魚のものがぎや網の動揺によって罹網部位のづれる現象が生ずる。又、魚の刺しが斜めに起っている場合や更には罹網中の死亡等によって弾性度が変化してしまった魚が測定対象になることもあろう。このような悪条件の下では解析が難しく精度の悪くなることが予想される。しかし、これらの問題は、他の方法（魚肉や血液の化学的变化を測る法等）を併用し、網刺し機構を更に究明して行くことによって少しずつ解決されて行くであろうし、推定時間誤差も小さくすることが出来るであろう。船上での揚網作業中、網に絡まったりしている魚のくびれや網糸張力を手早く測定することは、極く短時間ではあろうが揚網を止めたり、遅くしたりする悪影響を生ずる。その他、実施するのには多くの難かしい問題が伴うであろうが、これらを克服して罹網経過時間を正確に推定出来れば、魚群の生態等が判明し、刺網に関する多くの問題点の中いくつかは解決することが出来、ひいては漁具漁法の改良に寄与出来るものと信ずる。

要 約

刺網に魚が罹網している部位の網糸張力（魚体の縮力）や魚体の縮み（網糸の伸び）は罹網経過時間に伴って変化することは既に判っているので、これらの変化を時間の函数として考え、魚が網に罹ったままで網糸の張力並びに魚体の縮率を知って罹網経過時間を推定する原理的な手法について考え、実用上の検討を加えた。この方法では、魚の罹網した状態のままで網糸張力を測定出来る計器が必要であるが、一般にはほとんど見当たらないので、簡単な網糸張力計を考察した（Fig. 5 参照）。張力計の構造はビニール袋、圧力計、空気ポンプから構成されている。その原理は網糸魚体表皮間圧力を知り、これから網糸張力を求めるビニール袋加圧方式を採用した。魚の曲率半径を R、網糸の直径を d、魚体と網糸が接して力に関与する被圧接触角を θ' として、理論的に網糸魚体表皮間圧力 P と網糸張力 T との関係を求めると、(3) 式で示した $P=T/[R \cdot d \cdot f(\theta')]$ となり、使用するビニール袋の幅にはほぼ影響されずに、極く短時間内（くびれの深さが一定であると考えて良い時間内）では、その関係は直線になる（Fig. 11）。くびれの深さが大きくなって網糸と魚体の接触面積が増えて、被圧接触角 $\theta'=\pi$ になるまでは、 $f(\theta')=\frac{1}{2}(1-\cos\frac{\theta'}{2})$ と置くことが出来るが、それより大きくなると $f(\theta')$ は複雑になって見掛上の値は小さくなって来る。理論的に求める圧力は網糸張力に比例して魚の曲率半径、網糸の直径並びに被圧接触角によって決る $f(\theta')$ に反比例すると考えられる。このことから等しい網糸張力が作用していても、同じ弾性度の魚体であっても背幅の小さい魚ほど、又大きさの等しい魚では硬い魚ほど求める圧力は大きくなることが予想された。実験の結果次の事が判った。(1) 網糸張力と圧力の関係は 0.4 kg 以下ではほぼ直線的な変化をする。張力が 0.4 kg-0.8 kg になると直線からはづれて指数的变化をするが、高い張力（0.8 kg 以上）では更にこの曲線からもはづれる

傾向を示す。又、求める圧力は網糸の直径が 0.1mm 程度の違いでは、その差は認められないが、網糸の直径が大きくなると、圧力は大きくなる傾向を示した。(2) 魚の大きさの影響は 0.3kg の網糸張力以下では誤差内に沈み、殆ど認められない。張力が大きくなると、その差は生じてくるがあまり明確でない。(3) くびれの深さによってこれらの関係は大きく影響されて、時間経過と共に指示圧力は大きくなり、網糸張力が大きくなる程顕著に現われる。試作した簡易張力計を使用した結果、ビニール袋の幅は狭い程魚体と網糸が密着して使い易く、又圧力計は網刺し機構等から考えると秤量 $0.2\text{kg}/\text{cm}^2$ で充分であると予想された。魚の曲率半径並びに被圧接触角は網糸張力によって微妙に変化して測定が難かしいので、理論式上からは網糸の直径、魚の大きさの影響は簡単に修正することは出来ない。それで前もって必要な網糸(直径)や魚体についてその関係を求めて置かねばならない。更にくびれの深さの影響は時間によって変化してくるので、ここではくびれの深さ自身も時間の函数として考える必要がある。このような性能を持った張力計によって罹網経過時間を正確に推定する為に必要な線図としては、罹網魚体のくびれの深さ(縮率)と網糸張力の関係並びに網糸魚体表皮間圧力と網糸張力との関係の両者を同一経過時間で捉えて一平面上に描けば良い(Fig. 15)。網糸張力が低くなると、縮率の時間的变化は小さいので読みを正確にせねばならないが、求めた線図を使って測定精度を考察して見ると、誤差は推定時間の 20% の範囲におさまるようである。この張力計を現場で使用する為には、まだ 2, 3 の問題点が残っているので、更に詳細な検討を重ね実用に供し得るよう努力したい。こうして簡単に罹網経過時間を推定することが出来、その資料が蓄積されれば刺網についての多くの問題が解明出来るであろう。

文 献

- 1) 小池 篤・神田献二・小倉通男(1958). 北洋鮭鱒の色彩に関する研究. 日水誌 **24**(1), 5-8.
- 2) 小池 篤(1958). 北洋鮭鱒流網の色彩が罹網尾数に及ぼす影響. 日水誌 **24**(1), 9-12.
- 3) 石田昭夫(1962). 刺網の網目選択性について. 北海道水研報告 **25**, 20-25.
- 4) McCombie, A. M. & F. E. J. Fry (1960). Selectivity of gill nets for lake whitefish, *coregonus clupeaformis*. *Trans. Amer. Fish. Soc.* **89**(2), 176-184.
- 5) 小池 篤(1961). サケ・マス流網の投揚網時刻と魚群の罹網との関係. 日水誌 **27**(5), 221-233.
- 6) 石田正己・佐野典達(1963). 日本水産学会秋季大会(於小樽)で発表. 未印刷.
- 7) 梨本勝昭(1965). 網刺し現象の基礎的研究(1). 北大水産集報 **15**(4), 221-233.
- 8) 上野元一・三島清吉・山本昭一(1965). サケ・マス流網罹網時における網目の伸びと魚体のくびれについて. 日水誌 **31**(8), 606-609.
- 9) 近藤 仁・鈴木 誠(1959). 網地の応力分布(1). 日水誌 **25**(7), 519-524.
———・———(1960). 同上(II). 同誌 **26**(6), 559-564.
- 10) ———・———(1959). 鮭鱒流網の張力測定(1). 日水誌 **25**(5), 346-347.
- 11) 三島清吉・山本昭一(1962). サケ・マス流網の選択性. 北大水産集報 **13**(2), 82-97.
- 12) 田口喜三郎(1961). 網目の大きさと漁獲される魚の体重から見たサケ・マスの適正目合. 日水誌 **27**(7), 645-649.