



Title	網刺し現象の基礎的研究(V) : 罹網時に作用する摩擦力の推定について
Author(s)	梨本, 勝昭; NASHIMOTO, Katsuaki
Citation	北海道大學水産學部研究彙報, 19(2), 123-131
Issue Date	1968-08
Doc URL	https://hdl.handle.net/2115/23354
Type	departmental bulletin paper
File Information	19(2)_P123-131.pdf



網刺し現象の基礎的研究 (V)*

權網時に作用する摩擦力の推定について

梨 本 勝 昭**

Fundamental Studies on the Phenomena of Sticks in Gill-netting (V)

The friction force on sticking in mesh

Katsuaki NASHIMOTO

Abstract

The mesh selectivity can be influenced by the elasticity of the thread of the nets and a type of fish-body, the friction coefficient of thread against fish-body surface. The author examined and measured the friction coefficient between the skin of the fish and the thread of the net, and estimated the friction force in the case of the fish stuck in the mesh.

In the experiment, Atka mackerel, Rainbow trout and ten kinds of net (Nylon 6 monofilament, Nylon 6 spun yarn etc.) were used. The experimental results obtained were as follows: The friction coefficient was constant, having no concern with the diameter of the thread, the radius of the curvature of fish body and the contacting length of thread, but this coefficient was affected by the conditions of fish (living or dead) and kind of net thread.

In living Rainbow trout, value of the kinetic friction coefficient of Nylon 6 monofilament and Nylon 6 spun yarn were 0.26 and 0.29 respectively.

The friction force (F_m) in the case of the fish stuck in the mesh was obtained theoretically from the following formulae,

$$F_m = 2 \pi \mu T$$

where, T ; tension of the legs of the mesh in which the fish was stuck
 μ ; friction coefficient

When the value of μ was decided in the experiment, and T was measured from the elongation of the mesh perimeter under the sticking condition, the friction force could be estimated by the formulae. For example; about Chum salmon (weight 2.5 kg), the values of F_m which were calculated in this way on the two kinds of net (Nylon 6 spun yarn, Nylon 6 monofilament) were about 0.72 and 0.63 times of weight of fish-body respectively, and these values decreased with elapsed time (cf. Fig. 7). The constrictive force may be estimated by the relation between this force (F_m) and the swimming power of the fish. The force was calculated as 2.8 times of body-weight in Nylon 6 spun yarn and it was about 3.1 times in Nylon 6 monofilament.

* 1963年日本水産学会年会で発表

** 北海道大学水産学部漁具設計学講座

(Laboratory of Fishing Gear Design, Faculty of Fisheries, Hokkaido University)

緒 言

刺網の漁獲は前報で報告¹⁾したように魚体は最大游泳慣性力で網面に作用し、魚体断面はくびれると共に網目は拡がって罾網が起り、力学的にこの作用力と摩擦力、くびれ力とが均り合った点で網目に保持されるものと考えられる。網糸材料の弾性特性や網糸魚体表皮間に作用する摩擦は罾網の刺し深さを左右して漁獲条件や脱落条件に関係し、上野²⁾、西山³⁾が報告しているように網目選択性にも大きく影響してくることが推定される。そこで本報では罾網時に作用する摩擦係数を実験的に測定して、魚体が網目に保持される時の摩擦力を推定し、罾網時の魚体保持力について検討した。本論に入るに先立って終始御指導を賜った東京大学海洋研究所黒木敏郎教授、北海道大学水産学部佐藤修助教授に深く感謝する。

推 定 方 法

刺網に罾網した部位の断面形状は Fig. 1 に示したように楕円と見做されるが、近似的には半径の異なる二つの円の組み合せた形として考えられる。この図において、魚の罾網断面の短軸の長さ(体幅の半分)を a 、長軸の長さ(体高の半分)を b とすれば、魚体表皮 AB, BC における曲率半径 R_A, R_B は近似的に (1), (2) 式のように現わすことが出来る。

$$R_A = \frac{a^2}{b}, \quad R_B = \frac{b^2}{a} \tag{1}$$

今、罾網目の脚張力を T 、網糸が魚体表皮と接触する幅(最大で網糸の直径程度と考えられる)を d とすれば、表皮 AB, BC が単位面積あたりに受ける表皮法線方向の力 f_A, f_B は (2) 式で示される。

$$f_A = \frac{T}{R_A \cdot d}, \quad f_B = \frac{T}{R_B \cdot d} \tag{2}$$

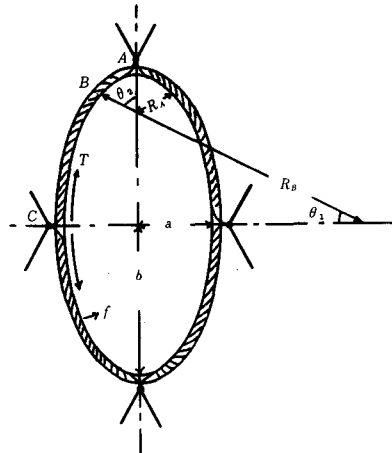


Fig. 1. Explanation of the relation between the sectional form of the fish-body and the tension of the leg of mesh in which the fish was stuck

- R_A, R_B ; radius of the curvature of fish body surface in the sectional form
- T ; tension of the leg of a mesh in which the fish was stuck
- a ; half breadth of the fish
- b ; half height of the fish
- θ_1, θ_2 ; touched angle of thread of net
- f ; pressure force on the fish body

また、表皮 AB, BC の接触長さを l_A, l_B とすれば、魚体の $1/4$ 断面表皮が垂直に受ける総力 F は、

$$F = f_A l_A d + f_B l_B d \quad (3)$$

となるから、 F は次式で示される。

$$F = \left(\frac{l_A}{R_A} + \frac{l_B}{R_B} \right) T \quad (4)$$

ここで l_A, l_B は、

$$l_A = \theta_1 R_A, \quad l_B = \theta_2 R_B \quad (5)$$

これらの関係を (4) 式に代入すれば、(6) 式が得られる。

$$F = (\theta_1 + \theta_2) T \quad (6)$$

罹網時に作用する摩擦係数を μ とすれば、 F と直角方向に魚体表皮が受ける全摩擦力 F_m は (7) 式として示される。

$$F_m = 4 \mu (\theta_1 + \theta_2) T \quad (7)$$

θ_1, θ_2 は魚体の体型によって変化するが、Fig. 1 から判るように体型が変化しても近似的に $(\theta_1 + \theta_2) = \pi/2$ と見做してよい。従って (7) 式は次のようになる。

$$F_m = 2 \pi \mu T \quad (8)$$

この式から判るように罹網時に作用する摩擦力は魚体の体型には関係なく、罹網目の脚張力、魚体表皮と網糸間の摩擦係数が判れば推定出来ることになる。

摩擦係数の決定

(1) 実験材料, 方法

実験魚には死んだホッケ (平均体長 35cm) と生きているニジマス (平均体長 31cm) を、また網糸は Table 1 に示すような 10 種類を用いた。網糸の直径の影響や魚体の罹網断面の大きさなどの影響を知るために Fig. 2(A) に示すような装置を使用した。その概略は支持台とその上にローラー (動摩擦力 10g 以下) で支えられ自由に移動出来る魚体固定台とから構成されている。実験はまずこの固定台上に魚体を置きずれないように固定する。次にカーソルを用いて任意の張力 (10~1500g) で網糸を張って魚体表皮上に接触させた後固定台を引くように荷重を与える。このようにして網糸が表皮上を滑り始める時の力並びに滑り続けるに必要な最少の力を測定した。なお、加重することによって起こる魚肉のくびれを防止するために硬い部位を用い、接触附近の表皮が常に水平になるようにし、表皮を湿らして行った。

摩擦係数の算出は荷重を W 、網糸と魚体表皮の接触長さを l 、その幅を d 、見掛上の摩擦力を F 、摩擦係数を μ とすれば、一般に $F/(l \cdot d) = \mu W/(l \cdot d)$ として考えられるが、ここでは d は小さく測定困難であったので、摩擦係数 μ は $\mu = (F/l)/(W/l)$ として求めた。また、活魚のニジマスを用いて体軸の方向 (頭から尾の方向、尾から頭の方向) による影響を調べるために Fig. 2(B) に示すような装置を用いた。その概略は魚を吊して荷重を与えることによって魚体を一定の力で両面から締めつけるようにした。なお、この実験は魚体を水の中に入れて行った。摩擦係数 μ の算出は摩擦力 F を測定し、荷重の角度修正を行なって魚体表皮が垂直に受ける力 W' を求め、 $\mu = F/W'$ として計算した。

(2) 結果

ホッケの死魚を使ってアミラン網糸の直径を変えてその影響を調べたのが Fig. 3 である。網糸直径が 0.65, 0.74, 1.07mm と変化しても荷重と動摩擦力の関係はほぼ一定の直線関係になり、摩擦係数は網糸の直径や接触面積には影響されないで一定になることが判る。次に同じくアミラン網糸を用いて魚体の見掛上の曲率半径 (網糸と、魚体表皮が接触する断面) の大きさによる影響について調べた

Table 1. Thread of net used for experiment

No.	A kind of thread	Diameter of thread (mm)
1	Nylon monofilament No. 12 (Nylon 6 monofilament)	0.55
2	Pylen 3000 D (Pylen monofilament)	0.67
3	Amiran 3/9 (Nylon 6 spun yarn)	0.95
4	Amiran 3/12 (Nylon 6 spun yarn)	0.68
5	Amiran 3/15 (Nylon 6 spun yarn)	0.74
6	Amiran 3/24 (Nylon 6 spun yarn)	1.07
7	Cremona 3/12 (Polyvinyl alcohol spun yarn)	0.64
8	Ulon 3/15 (Polyvinyl alcohol spun yarn)	1.20
9	Span P. P 3/18 (Polypropylen spun yarn)	1.25
10	Tetron 3/15 (Polyester spun yarn)	0.92

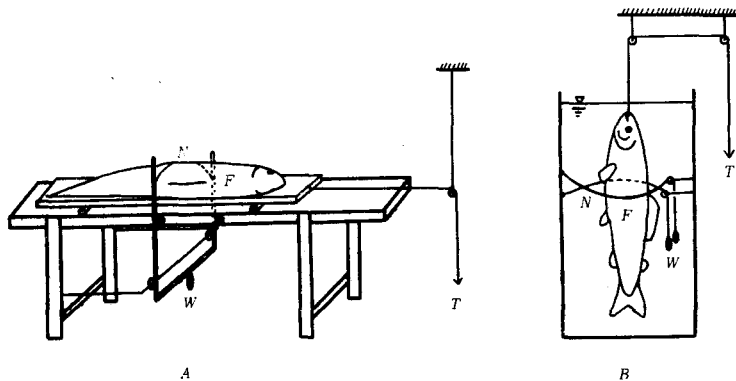


Fig. 2. Schematic illustration of the apparatus to measure a friction coefficient

- N* : thread of the net
- F* : fish body
- W* : weight
- T* : friction force

結果を Fig. 4 に示す。魚の見掛上の曲率半径が 2.5, 4.0, 6.8cm と変化し、網糸と魚体表の接触長さが荷重増加に伴って約 1.5~2.0 倍になるが、比較的小さな荷重 (450g/cm 以下) では魚体の大きさや接触長さに影響されずに動摩擦と荷重との関係は一定になることが判る。大きい荷重ではこの直線からはづれ高い値を示すが、魚肉のくびれの影響が入ったためと考えられる。この摩擦と荷重との関係を使ってそれぞれの網糸とホッケ死魚の表皮との動摩擦係数を求めた結果を Table 2 に示す。クレモナとアミラン網糸では同じ値 0.60 になるが、ナイロンテグス網糸はこの両者よりはるかに小さな値 0.32 になった。

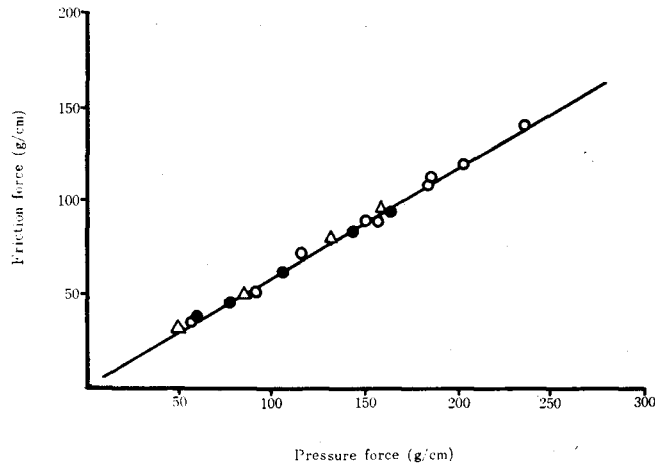


Fig. 3. Relation between the force of kinetic friction and the pressure force of net-thread (Nylon 6 spun yarn) on the skin of fish (died Atka mackerel), [about the various diameter of the thread]

Open circle : 0.65 mm diameter of thread
 Solid circle : 0.70 mm diameter of thread
 Open triangle: 1.07 mm diameter of thread

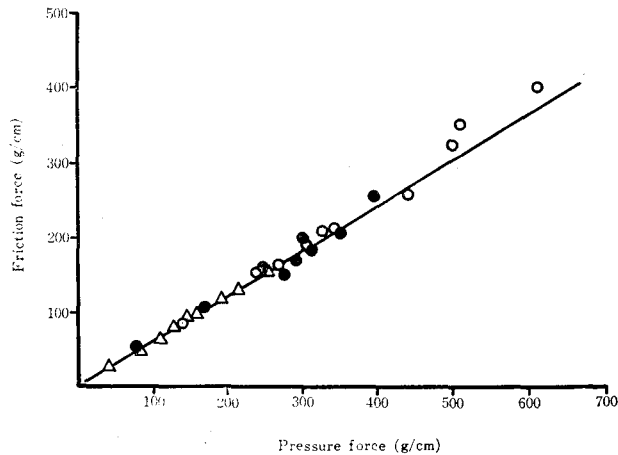


Fig. 4. Relation between the force of kinetic friction and the pressure force of net-thread (Nylon 6 spun yarn) on the skin of fish (died Akta mackerel), [about the various radius of the curvature of fish-body]

Open circle : 2.5 cm radius of fish-body
 Solid circle : 4.6 cm radius of fish-body
 Open triangle: 6.8 cm radius of fish-body

Table 2. The values of friction coefficient between the various net-threads, and the skin of fish (dead Atka mackerel)

No.	A kind of thread	Value of the kinetic friction coefficient
1	Amiran	0.60
2	Nylon monofilament	0.32
3	Cremona	0.60

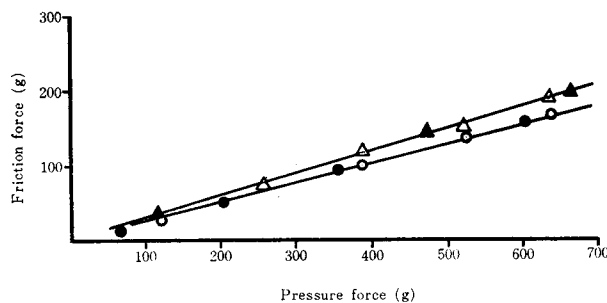


Fig. 5. Relation between the friction force and the pressure force of net-thread (Nylon 6 monofilament) on the skin of fish (living Rainbow trout) in the directions of fish body

Open circle ; kinetic friction when the thread was moved from head to tail,
 Solid circle ; kinetic friction when the thread was moved from tail to head,
 Open triangle; static friction when the thread was moved from head to tail,
 Solid triangle; static friction when the thread was moved from tail to head

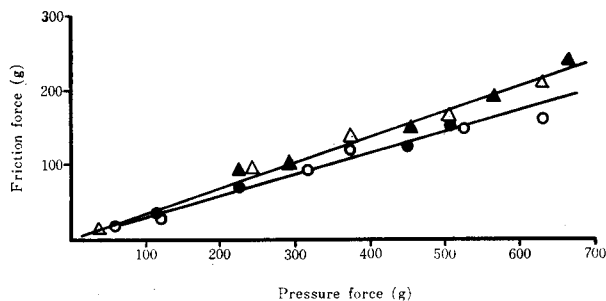


Fig 6. Relation between the friction force and the pressure force of net-thread (Nylon 6 spun yarn) on the skin of fish (living Rainbow trout) in the directions of fish body

Open circle ; kinetic friction when the thread was moved from head to tail,
 Solid circle ; kinetic friction when the thread was moved from tail to head,
 Open triangle; static friction when the thread was moved from head to tail,
 Solid triangle; static friction when the thread was moved from tail to head

次にニジマス活魚の体軸方向による影響をアミラン、ナイロンテグス網糸を用いて調べた結果を Fig. 5, Fig. 6 に示す。測定値はかなり振れるが、摩擦力と荷重との関係はほぼ一定になり、体軸の前・後方向によって差がないことが判る。また静摩擦力は動摩擦力より 1.15 倍程度大きく現われている。それぞれの網糸について測定したニジマス活魚の表皮との摩擦係数を Table 3 に示す。撚糸はテグスより大きい値になる。また、同じ撚糸でも表面のげば立ちによって多少変動している。特に同じテグスでもナイロンとパイレン網糸では僅かに差が見られる点や撚糸の中でウーロンが一番小さくなっていることなどは表面の樹皮加工の差によって生じたものと思われる。また、摩擦係数の絶対値はホッケ死魚で求めた値より非常に小さくなっている。これは魚体表皮粘液によって網糸魚体表皮間の摩擦が潤滑面の摩擦になったためと考えられる。このことから魚種間に大きな差はないことが予想される。以上の結果、魚が網目に刺し込み罹網する時に作用する魚体表皮間の摩擦係数は同じ網糸の種類では一定になり網糸の直径、罹網断面の大きさ（魚の罹網位置）によって変らないものと判断出来る。

Table 3. The values of friction coefficient between the various net-threads and the skin of fish (living Rainbow trout)

No.	A kind of thread	From head to tail		From tail to head	
		Kinetic friction Coefficient	Static friction Coefficient	Kinetic friction Coefficient	Static friction Coefficient
1	Amiran	0.29	0.34	0.30	0.34
2	Nylon monofilament	0.26	0.30	0.25	
3	Pylen	0.23	0.28		
4	Cremona	0.39	0.48		
5	Span P. P	0.39	0.48		
6	Tetron	0.38	0.47		
7	Uron	0.31	0.38		0.39

検 討

罹網時の網目脚張力は梨本²⁾、上野⁴⁾が報告しているように約体重の 1/3 程度と推定される。また、ニジマス活魚を使って摩擦係数を決定することが出来たので、(8) 式を用いシロサケ (体重約 2.5kg) がアミラン網、ナイロンテグス網に罹網して、網目に保持されている時の静摩擦力を試算すると、前者では体重の約 0.63 倍、後者では約 0.72 倍となり、両者とも罹網経過時間に伴って Fig. 7 に示すように減少して行き、揚網時では 100g 前後になるものと思われる。この静摩擦力はその方向によって魚の抜けることや落ちることを阻止する力として作用し、魚体を網目に保持する力として考えられる。魚体の網面作用力は今田⁵⁾、宮崎⁶⁾によれば約体重の 3~4 倍程度と推定される。罹網した瞬時にはこの作用力と網目に魚体を保持している静摩擦力、くびれ力とが力学的に均り合っているものと仮定して、この時のくびれ力を推定すると、ナイロンテグス網は約体重の 2.9 倍、アミラン網では約体重の 2.8 倍になり静摩擦力より約 3 倍も大きくなっている。このことは網目に魚体が保持されているのは主にくびれの力によるものと推定される。

一方、魚体が網目に全周接触してから刺し止るまでは罹網目脚張力の増加に伴って動摩擦力が生じて、刺しの深さを左右する抗力として作用することが推定される。そこでシロサケ (体長 56.6cm) が適正目合 (160mm) の網で漁獲される時の刺し深さと罹網目脚張力の関係を用いて、刺し時の動摩擦力を推定したのが Fig. 8 である。動摩擦力は刺し深さと共に指数函数的に増加する傾向を示す。この関係

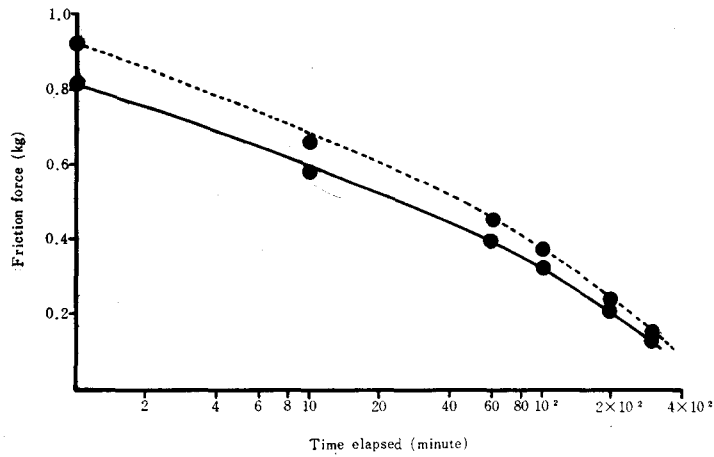


Fig. 7. Changes of friction force with elapsed time after the fish stuck in the mesh
 Broken line: Nylon 6 spun yarn (Amiran)
 Solid line : Nylon 6 monofilament 6 (Nylon)

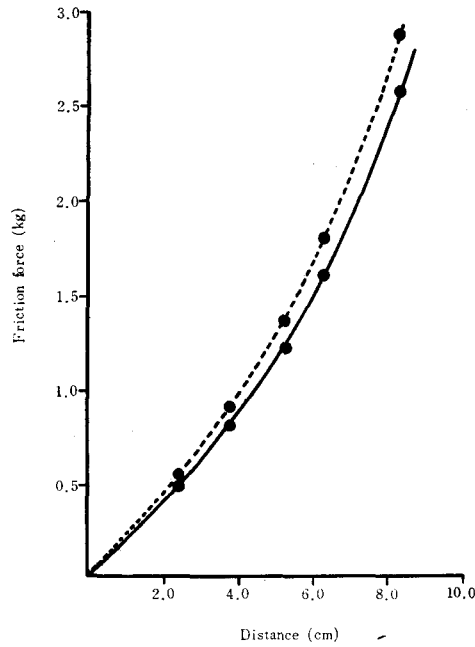


Fig. 8. Changes of friction force with the depth in which the fish (Chum_salmon body length 56.6 cm) is stuck
 Broken line: Nylon 6 spun yarn (Amiran)
 Solid line : Nylon 6 monofilament (Nylon)

を用いて魚体が刺し止るまでに動摩擦によって費やした仕事量はナイロンテグス網では 3.6kg-cm, アミラン網糸では 4.1kg-cm となる。この摩擦力の差は異なる網糸材料で伸び特性が同じであっても既に報告^{2), 3), 4)} されているように漁獲体長が異なってくるのが推定される。すなわち前者は後者よりも大きな体長を漁獲することになる。また、網目に保持されている時の静摩擦力の大きさは魚体の保持条件につながり漁獲効率を左右する一要因と考えられるが、これだけからでは推論を進めることが出来ないで更に罹網時の力学的解析が必要である。

要 約

刺網の罹網時に作用する網糸魚体表皮間の摩擦係数を実験的にホッケ死魚、ニジマス活魚を用い測定し、摩擦力の推定を行なった。測定結果、摩擦係数は網糸の種類によって異なって来るが、網糸の直径、罹網断面の大きさ、網糸の接触長さには関係なく一定になった。その絶対値は表皮粘液のために死魚と活魚では異なるようであるが、魚種による大きな差はないものと思われる。ニジマス活魚の動摩擦係数はアミラン網糸では 0.30, ナイロンテグス網糸では 0.26, 静摩擦係数は前者では 0.34, 後者では 0.30 になった。魚体の罹網断面を楕円として考え罹網目の脚張力を T , 摩擦係数を μ とすれば、罹網時に作用する摩擦力 F_m と脚張力の関係は次式のようになる。

$$F_m = 2\pi\mu T$$

体重 2.5kg のシロサケがアミラン網、ナイロンテグス網に罹網し、魚体が網目に保持されている時の静摩擦力を試算すると、前者では体重の約 0.63 倍、後者では約 0.72 倍になり罹網経過時間とともに減少して行くことが推定される。この静摩擦力は魚体の保持力として作用すると考えられる。更にこの時に作用するくびれ抗力を試算すると、アミラン網では体重の約 2.8 倍、ナイロンテグス網では体重の約 2.9 倍になる。

文 献

- 1) 梨本勝昭 (1965). 網刺し現象の基礎的研究 (I). 北大水産彙報 15(4), 221-233.
- 2) 上野元一・三島清吉・山本昭一 (1965). 流網網地材料による魚群の選択性について. 同誌 16(3), 143-153.
- 3) 西山作蔵・山本昭一 (1964). サケ・マス流網の漁具改良に関する研究. 同誌 15(1), 34-41.
- 4) 上野元一・三島清吉・山本昭一 (1965). サケ・マス罹網時の網糸の伸びと魚体くびれについて. 日水誌 31(8), 606-609.
- 5) Herbert A. Larkins (1963). Comparison of Salmon Catch in monofilament and multifilament gill-nets(I). *Commercial Fisheries Review* 25(5), 1-11.
- 6) ——— (1964). Ditto (II). *Ibid.* 26(10), 1-7.
- 7) 今田光夫 (1962). 釣漁具による損傷の発生とその軽減措置について. 北海道区水産研究所資料.
- 8) 官崎千博 (1963). 網糸切れに関する問題. 水産庁資料.