HOKKAIDO UNIVERSITY

Title	網刺し現象の基礎的研究(VII)：罹網魚の保持力について
Author(s)	梨本, 勝昭
Citation	北海道大學水産學部研究彙報, 19(4), 279-287
Issue Date	1969-02
Doc URL	http://hdl.handle.net/2115/23372
Type	bulletin (article)
File Information	19(4)_P279-287.pdf

Instructions for use

Hokkaido University Collection of Scholarly and Academic Papers : HUSCAP

網刺し現象の基礎的研究 (VII)*
罹網魚の保持力について

梨　本　勝　昭**

Fundamental Studies on the Phenomena of Stick in Gill-netting (VII)
The holding force of net in sticking of fish-body

Katsuaki NASHIMOTO

Abstract

For the thoretical calculations of the mesh selectivity and the fishing rate, it must be the most important matter that we investigate mechanisms of which the fish was held in a mesh for many hours.

The author analyzed the dynamics relation between the mesh and the fish-body of sticking in the net, investigated the holding force of the fish and clarified these mechanisms.

The dynamic force about the fish stuck in the net have been changed the friction force and the constrictive force. Then the work done by these forces were calculated on the Pink salmon (body length 45.6 cm) sticking in the net of an optimum mesh size, and the values of the work done by the kinetic friction force and the constrictive force were 2.0 kg·cm and 14.3 kg.cm respectively. As the latter was 7 times of the former, the depth of which it was stuck in the mesh was seemed to be influenced mainly by the constrictive force. Because the static friction force of the mesh decreases with elapsed time or this force becomes 1/10 of the weight of the fish at 200 minutes after inserting, it seems that the fish will be held in a mesh mainly by the constrictive force for many hours.

The relative fishing rate would be calculated on the assumption that the constrictive force will be in proportion to the volume of which the net leg got over the fish-body. In the case of Pink salmon (body length 45.6 cm), the relative effencies were estimated at the various positions of the fish-body by this way (cf. Fig. 9). Although these curves were changed by the kinds of net, the fish and the fatness of the fish, knowing those factors, accurately results can be draun.

緒　　言

網目に魚体が最大游泳慣性力で作用し，網糸は伸び，魚体はくびれて行き，罹網が進むことは前報[1]で報告したが，魚体はどのようにして長時間に亘って網目に保持され船上まで揚げられるのかを深く考察した例は少ないようである。これらを知ることは刺網の漁獲効率や網目選択性曲線を理論的にとりあつかう上にも重要な要因を解明することになるであろう。本報では罹網時に作用する網糸と魚体間の力学的関係を解析して，魚が網目に保持される機構やその保持力について検討した結果を報告する。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並びに北海道大学水産学部佐藤修助教授に深く感謝する。

---

* 1968年日本水産学会秋季大会で発表

** 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*)

保持機構の理論的考察

網目に魚体が触れてから網糸は魚体表皮上を滑り，そのため魚肉はくびれて罹網が起こると考えられ，魚体が網目に全周接触してから刺し止るまでに魚の罹網断面形状は刺し深さ X_0, X_1, X_2, X_3 と共に Fig. 1 のように変化し，罹網目の伸び並びに魚体胴周の縮み変化は Fig. 2 のようになるであろう。この図において，刺し深さが増加するとともに罹網目の脚張力並びに魚体が締めつけられている力は T_0, T_1, T_2, T_3 と変化し，力学的に均衡している点 B_0, B_1, B_2, B_3 線上を遷移して，罹網が進み刺し込んで行くものと考えられる。この時の刺し深さに伴う罹網目脚張力 T_1-T_0, T_2, -T_0, T_3-T_0 と魚肉のくびれによって起こる罹網断面の減少した面積 S_0, S_1, S_2, S_3 は Fig. 3 のように求めることができる。罹網時に作用する摩擦力 M は前報[3] で報告したように罹網目脚張力を T，摩擦係数を μ とすれば次式のようになる。

$$M = 2\pi\mu T \tag{1}$$

そこで前図で求めた罹網する時の網目脚張力を利用し，刺し深さに伴って作用する動摩擦力，静摩擦力は算出することができる。今，魚体が網面に垂直に作用する力を F，罹網する時の刺し深さを x，摩擦による力を $2\pi\mu T(x)$，くびれによる力を $f(x)$ とすれば，次式が成立するであろう。

$$Fx = \int_0^x 2\pi\mu T(x)\,dx + \int_0^x f(x)\,dx \tag{2}$$

魚体のくびれをのりこえるのに必要な仕事は魚肉の硬さによって異なってくるので，魚体のくびれのりこえ定数を k，この時のりこえたくびれ量を $V(x)$ とすれば，くびれによる仕事は $kV(x)$ と置ける。

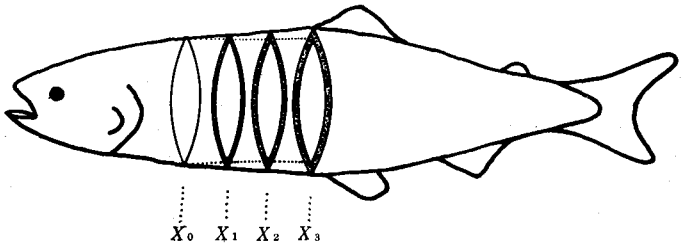


Fig. 1. Sectional shapes of the fish-body as it was stuck in a mesh X_0, X_1, X_2, X_3; sticking depth of the fish

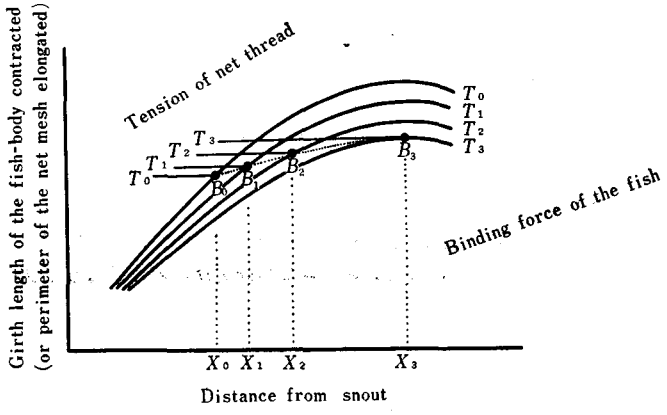
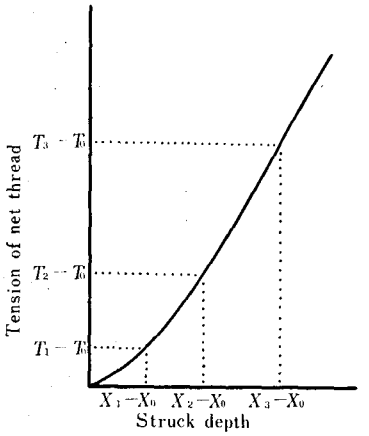


Fig. 2. Girth length of the fish-body or perimeter of the net leg for sticking depths when the fish was stuck in a mesh by various binding forces

これを (2) 式に代入すれば (3) 式が得られる。

$$F \cdot x = \int_0^x 2\pi\mu T(x)\,dx + \int_0^x k\,V(x)dx \tag{3}$$

羅網する時に作用する動摩擦による仕事は Fig. 3 で求めた網目脚張力を利用し，(1) 式から刺し深さ毎に算出して，これを積分することによって Fig. 4 のように求められる。羅網する時の作用力並びに刺し深さはそれぞれ知ることができるので，この時魚体のくびれによって行われる仕事は (3)



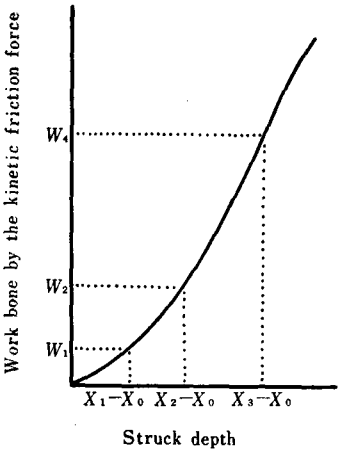


Fig. 4.

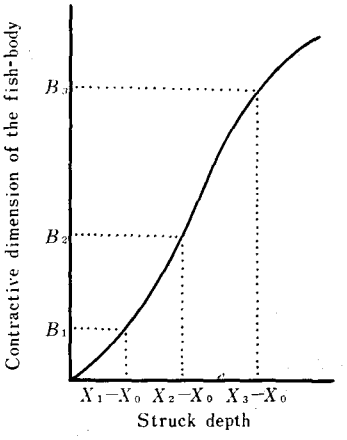


Fig. 3.

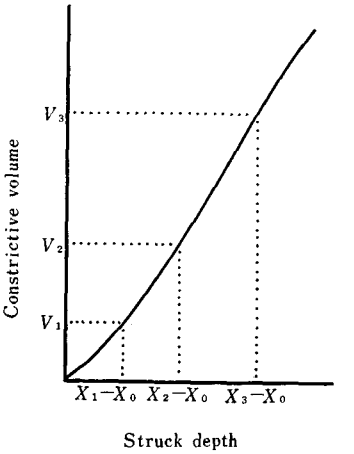


Fig. 5.

Fig. 3. Relation between the tension of the net leg and the decreased sectional dimension of the fish body with the depth at which the fish was stuck in the mesh
Upper figure; tension of the net leg
Lower figure; decreased sectional dimension of the fish-body

Fig. 4. Relation between the work done by the kinetic friction force and the depth at which the fish was stuck in the mesh

Fig. 5. Relation between the constrictive volume and the depth at which the fish was stuck in the mesh

式から推定される。ここで，魚体のくびれのりこえ定数 k は魚肉の硬さなどによって決まる係数で，魚体部位，魚種などにより異なって来ることが予想される。網糸が刺し止るまでにのりこえた魚体のくびれ量は Fig. 3 を利用し積分することによって Fig. 5 のように求められ，これから k は推定できるであろう。罹網する時に作用する摩擦力やくびれ力は魚体が網目に保持されるまでは罹網の深さを阻止する力として作用するが，魚体が刺し止ってからは網目から落ちたり，抜けたりするのを防止する力，すなわち魚体の保持力として作用するものと考えられる。

実際資料に基く考察

体長 45.6cm，体重 1.18kg のカラフトマスが目合 105mm のナイロンテグス(12号)網に罹網した時の網目周長の伸びと魚体の断面周長変化を示した力学線図を Fig. 6 に掲げる。これから，魚体表皮が網糸に全周接触してから刺し込む距離と罹網目脚張力並びに魚体の胴周長変化から罹網断面の減少した面積を求めたのが Fig. 7 である。罹網が成立した時の網目脚張力は梨本[1]，上野[3] が報告しているように体重の 1/2～1/3 程度と考えられるので，Fig. 7 から網目に魚体が全周接触してから約 4.6cm 刺し進んで罹網が成立することが判る。この時，刺し深さが増加するとともに魚体のくびれ量は Fig. 8 のように，また魚体の摩擦による仕事は Fig. 9 のように求めることができる。罹網する時の魚体作用力は宮崎[4]，梨本[5] によれば体重の約3倍程度の力が考えられるので，この値を使って (3) 式から罹網する時の仕事量を求めると 16.3kg·cm になる。また，Fig. 9 を利用して，4.6cm 刺し進んで罹網した時の摩擦による仕事を試算すると 2.0kg·cm になる。更にこれらの値を (2) 式に代入してくびれによる仕事を算出すると 14.3kg·cm になり，魚体のくびれのりこえ定数 k は 0.66kg/cm^3 になる。この時に作用する摩擦による仕事はくびれによる仕事の 1/7 となるので，罹網の刺し深さを大きく左右するのは主にくびれの力によるものと推定される。更に罹網成立時では前報[2] で報告したように魚体の保持力としては体重の約0.63倍の静摩擦力が作用するが，罹網した経過時間とともに罹網目脚張力は次第に減少して行くので，この摩擦力は Fig. 10 のようになって 200 分後では体重の約 1/10 となることが予想される。この程度の力では魚体を網目に保持できないであろう。すなわち魚体が網目に長時間に亘って保持され漁獲できるのは罹網時にのりこえたくびれが保持力として作用するためと考えられる。

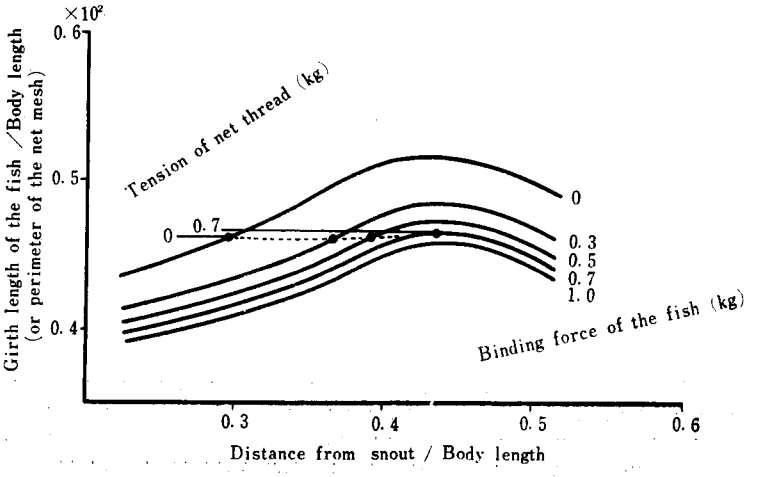


Fig. 6. Girth length of the fish-body (Pink salmon B.L. 45.6 cm) and perimeter of the net leg (Nylon 6 monofilament # 12) when the fish was stuck in the mesh under the various binding forces

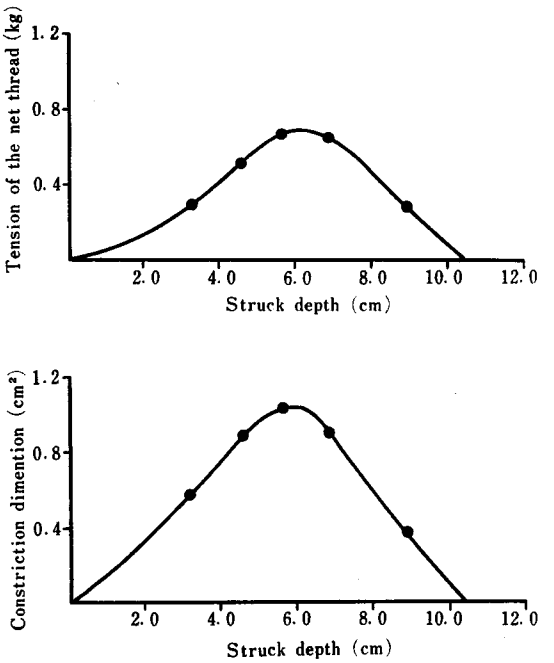


Fig. 7. Relation between the tension of the net leg (Nylon 6 monofilament #12) and the decreased sectional dimension of the fish-body (Pink salmon B.L. 45.6 cm) with the depth at which the fish was stuck in the mesh

Upper figure; tension of net leg

Lower figure; decreased sectional dimension of fish-body

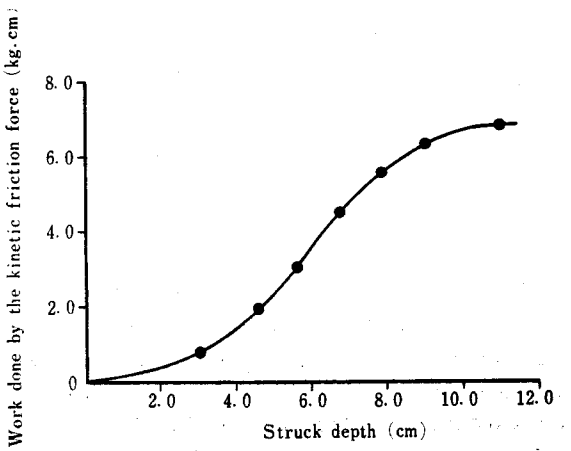


Fig. 8. Relation between the work done by the kinetic friction force and the depth at which the fish was stuck in the mesh

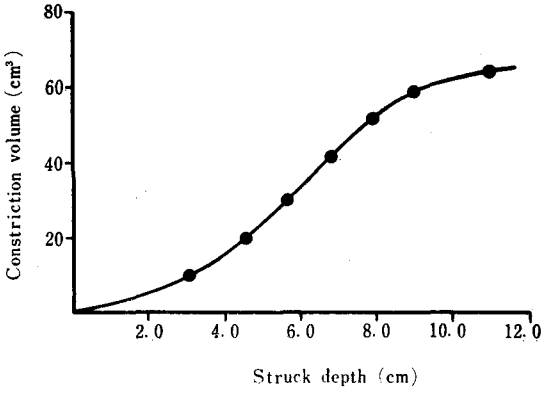


Fig. 9. Relation between the constrictive volume and the depth at which the fish (Pink salmon B.L. 45.6 cm) was stuck in the mesh

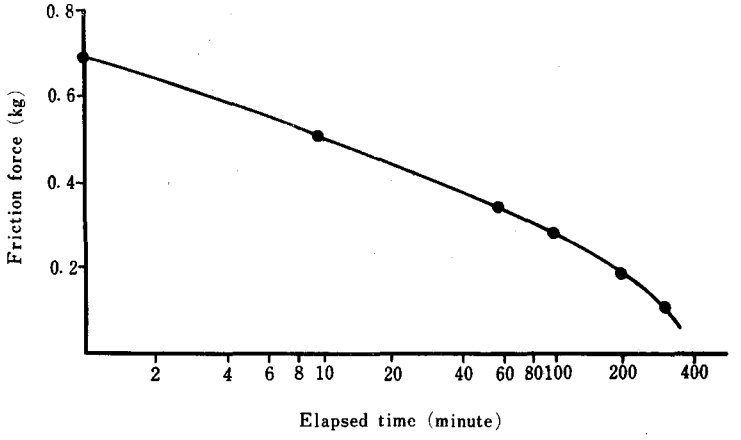


Fig. 10. Changes of static friction force with elapsed times after the fish (Pink salmon B.L. 45.6 cm) was stuck in the mesh (Nylon 6 monofilament # 12)

検　　討

罹網する時に網糸がのりこえたくびれは罹網成立後，網目に魚体を保持する力として大きく作用することが推定された。このくびれ量の大きさが魚体の保持力を左右する大きな要因と考えられる。今，一定体長の魚体が目合の異なる網にそれぞれ罹網した時の魚体部位(全周接触位置) とのりこえたくびれ量はそれぞれ異なって来るであろう。そこで，くびれのりこえ定数 k はどの魚体部位でも一定になるものとすれば，魚体保持力はこのくびれ量に比例するものと考えられる。ここでは体長 45.6cm のカラフトマスについて描いた Fig. 6 の力学線図を用いて目合の異なる網にそれぞれ罹網した時の罹網部位毎にのりこえたくびれ量を求めた結果を Table 1 に示す。各目合について算出したくびれ量が最大となる罹網部位，網目の大きさが，適正部位，適正目合と考えることができるであろう。Table 1 から前者では魚の吻端から 0.300，後者では約 105mm となることが判る。ここで，罹網した時にのりこえたくびれ量が最大となる目合の保持効率は最も良くなるものと考えて，これを 1 とすれば，

Table 1. Constrictive volumes of the various position of the fish (Pink salmon B.L. 45.6 cm) when stuck in the mesh

Mesh size (mm)	Mesh size/body length	Distance from snout of the fish/body length	Constrictive volume (cm^3)	Ratio of constrictive volume to maximum it
75	0.165	0.065	0.7	0.03
80	0.176	0.112	1.5	0.07
90	0.197	0.145	4.3	0.20
95	0.209	0.170	19.8	0.91
100	0.220	0.235	20.5	0.94
105	0.230	0.300	21.7	1.00
110	0.241	0.346	13.6	0.63
115	0.252	0.375	7.7	0.36

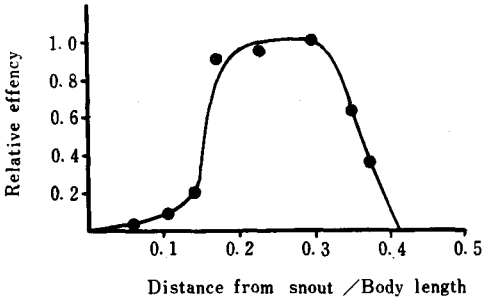


Fig. 11. Curve of relative effency calculated from the constrictive volumes of various positions of the fish (Pink salmon B.L. 45.6 cm) when stuck in the mesh

魚体の各罹網部位における相対的保持効率はこのくびれ量の大きさの比として求めることができるであろう。Table 1 に示したくびれ量の比が相対的保持効率を示すものとして罹網部位について描いたのが Fig. 11 である。この曲線は鰓部位附近で変曲点を持っていることが判る。この部位より前方(頭部)では効率が悪く，これより後方では急に効率が良くなる傾向を示す。ここで求めた曲線は罹網部位と相対的保持効率を示すとともに刺網の刺しによる漁獲特性を現わしている。また，この曲線の横軸を Table 1 に示した体長に対する罹網目の比に置きかえることによって多くの人々[6)-13)]によって求められているような網目選択性曲線と同じような形として，刺し漁獲による保持効率曲線を求めることができる。この曲線の形状は魚体の肥満度や体型，また魚体や網糸の弾性特性などによって異なって来るが，その特性は魚種，網糸材料毎にかなり正確に知ることができ，網糸材料による漁獲効率や漁獲特性などを比較検討する上で重要な曲線となるであろう。カラフトマス，シロサケがナイロンテグス(12号)網に罹網した時のくびれ量が最大となる罹網部位（全周接触を起こす時の吻端からの距離）とその時の目合（4脚長の長さ）を求め，これらの全長に対する比を Table 2 に揚げる。魚体の肥満度によって差が認められ，肥満度が大きくなると適正目合に対する体長の比は増加する傾向がうかがわれる。しかし，罹網部位についてはその傾向を示さない。この比は網糸材料によっても変動し，特に伸びが大きくなるとこれらの比は小さくなることが予想される。石田[14),15)]などが網目選択性曲線から適正目合を推定しているようにこの比が一定になることを利用し漁獲する体長に対する適正目合を求めることができるであろう。次にカラフトマスを用いて全周接触してから刺し止るま

Table 2. Mesh size and position of the fish where constrictive volume becomes maximum when fish (Pink salmon and Chum salmon) was stuck in the mesh

A. Pink salmon

Body length (cm)	Body weight (kg)	Fatness of the fisg-body (g/cm)	Distance from snout of the fish/body length	Perimeter of the mesh/body length
41.2	0.92	0.0132	0.248	0.492
46.2	1.16	0.0117	0.230	0.520
43.5	0.95	0.0116	0.310	0.470
44.2	1.05	0.0122	0.240	0.488
45.6	1.18	0.0124	0.232	0.439
44.0	1.05	0.0124	0.236	0.434
43.2	0.96	0.0119	0.280	0.495
45.0	1.03	0.0113	0.297	0.483
45.7	1.29	0.0129	0.298	0.517
45.0	1.22	0.0134	0.260	0.521

B. Chum salmon

Body length (cm)	Body weight (kg)	Fatness of the fish-body (g/cm)	Distance from snout of the fish/ body length	Perimeter of the mesh /body length
55.6	2.10	0.0122	0.290	0.523
56.6	3.20	0.0177	0.270	0.527
57.5	2.65	0.0140	0.277	0.529
52.5	1.75	0.0121	0.258	0.466
54.3	2.15	0.0135	0.290	0.498

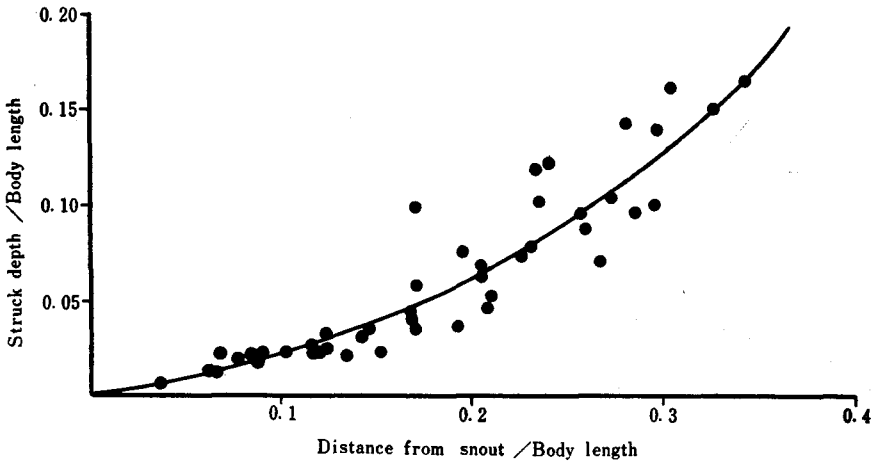


Fig. 12. Relation between the struck depth and the position of the fish (Pink salmon B.L. 45.6 cm) when stuck in the mesh

でに進んだ距離を求めたのが Fig. 12 である。これから適正部位に罹網した魚体は体長の約 1/10 程度刺し進んで網目に保持され，罹網した魚体が刺し止る部位は魚体の重心近くであることが推定される。ここでは刺しによる漁獲特性だけを求めることができたが，刺網による漁獲は網絡現象も考えられるので，これらの特性をも同時に知ることによって，今まですでに漁獲資料から求められて来た網目選択性曲線[6)-13)]や漁獲効率，更には脱落機構を理論的に解明することができるであろう。この曲線はこれらを解明するための重要な端緒となるものと考えられ，次の機会に考究解析する所存である。

要　　約

罹網時に作用する網糸魚体間の力学的関係を解析して，網目に魚体が長時間に亘って保持される機構を解明し，魚体が網目に保持される力について考察した。魚が網目に全周接触してから刺し止るまでに行う仕事は網糸が魚体表皮上を滑る摩擦仕事と魚肉のくびれをのりこえる仕事とに費される。体長 45.6cm のカラフトマスが適正目合（約 105mm）の網に罹網した時の魚体の仕事量を試算すると，摩擦による仕事は 2.0kg·cm，くびれによる仕事は 14.3kg·cm となり，刺し深さを大きく左右するのはくびれによる力と考えられる。また，罹網成立時では魚体を保持している静摩擦力は約体重の 0.63 倍の力が作用するが，罹網経過時間とともにこれは減少して，200 分後では約体重の 0.1 倍以下になるので，魚体が網目に長時間に亘って保持されるのもくびれの力が主として作用するものと推定された。一定体長の魚体が目合の異なる網に罹網した時，のりこえたくびれ量が魚体の保持率に比例するものと考え，体長 46.1cm のカラフトマスを使い，魚体の罹網部位毎にくびれ量を求め魚体の保持率曲線を求めた。また，くびれ量が最大となる罹網部位と網目との関係をカラフトマス，シロサケについて求めた。

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), 221-223.
2) ——— (1968). 同上 (V). 同誌 **19**(2), 123-131.
3) 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糸の伸びと魚体のくびれについて. 日水誌 **31**(8), 606-609.
4) 宮崎千博 (1963). 網糸切れに関する研究. 水産庁資料.
5) 梨本勝昭 (1969). 網刺し現象の基礎的研究 (VI). 北大水産彙報 **19**(4), 273-278
6) Hadson, C. W. (1933). Futher experiments on the selective action of commercial drift nets. *J. du conseil*, **8**(3). 344-354.
7) Farran, G. P. (1936). On the mesh of herring drift-nets in relation to the condition factor of the fish. *Ibid.*, **11**(1), 43-52.
8) Holt, S. J. (1957). A method of determination gear selectivity and its application. *Joint. Sci. Meet. Pap. ICNAP. ICES. FAO.*, 815, 1-21.
9) McCombie, A. M. & Fry, F. E. J. (1960). Selectivity of gill nets for lake whitefish, *Coregonus clupeaformis. Trans. Amer. Fish. Soci.*, **89**(2), 179-184.
10) 石田昭夫 (1961). サケ・マス刺網の体長に対する選択性. 北水試月報 **18**(3), 12-13.
11) ——— (1962). 刺網の網目選択性曲線について. 北水研研究報告 **25**, 20-25.
12) Burd, A. C. (1963). On the selection by the drifter fleets in the east anglian herring fishery. *J. du Conseil*, **28**(1), 91-120.
13) Kitahara, T. (1968). On the sweeping trammel net (kogisasiami) fishery along coast of the San'in district-(III). *Jap. Sos. Sci. Fish.*, **34**(9), 756-763.
14) 石田昭夫 (1962). 刺網のカラフトマスに対する網目選択性曲線とその漁獲物組成への二，三の応用. 北水試月報 9(3), 85-90.
15) McCombie, A. M. (1961). Gill-net selectivity of lake whitefish from Boderich-Bayfield area Lake Huron. *Trans. Amer. Fish. Soc.*, **90**(3), 337-340.