

イカ釣りテグスの光学的特性*

中村 善彦**・宮崎 多恵子**・松生 洽**

Optical characteristics of monofilament nylon gut in squid angling fishery*

Yoshihiko NAKAMURA**, Taeko MIYAZAKI** and Kanau MATSUIKE**

Abstract: In squid angling fishery, the angling rate changes not only by jig but also by angling gut. Squids have so excellent visual sense that the difference in angling rate is considered to be caused by changes in the optical characteristics of angling gear. In this study, the reflected luminance of angling gut was measured at different diameters, and with different operating histories and qualities. Both transparent and dark nylon monofilament guts were selected as experimental material. Their histories were unused, 3 days and 7 days. The reflected luminance increased as the diameters of angling gut increased; angling gut quality also caused changes. In the case of angling guts with histories, the standard deviation and variation of the reflected luminance was a few times larger than that of unused angling gut.

1. 緒言

イカ釣り漁業における釣獲率はイカ角の色や材質ばかりでなく、テグスの太さや汚れにも影響される。このことに関して、小倉ら(1976)は太さや使用履歴の異なるテグスの釣獲率について比較検討した。この場合、イカ角は同じ条件とし、その影響が釣獲率に現れないようにした。その結果、太いテグス(50~40号)、中太テグス(30~26号)および細いテグス(25~20)の間には釣獲差が認められ、とくに太いテグスの間では顕著な差が認められた。同じく、未使用テグスと使用履歴を有するテグスの間には有意な釣獲差が認められた。また、イカ釣り漁船における聞き取り調査によると、イカ釣りテグスは以前に比べて細い、14号から35号のテグスが使用され、取り替え周期も早くなっている。

これらのことから、イカ釣り漁船では釣獲率を高めるために細目のテグスを使い、交換を早くしているものと理解された。このように、テグスの太さや使用履歴に伴って釣獲率が変化するのに、テグスにどのような物理的変

化が生じたのかについては十分に解明されていない。漁具付近における魚の行動は主に視覚にもとづくこと(Blaxter *et al.*, 1964)や、イカが脊椎動物のように優れた視覚を持っていること(原, 1968)は良く知られており、釣獲差はテグスの光学的特性に起因するものと考えられた。

そこで、本研究ではテグスの反射輝度を太さ、品質および使用履歴別に測定し、テグスの光学的特性を明らかにすることを試みた。さらに、測定結果に基づいてイカのテグスに対する識別限界について検討した。

2. 方法

2-1 実験装置

テグスの反射輝度を測定した装置の概要をFig. 1に示す。反射輝度は水中の明るさを一定に保って測定するため、テグスの測定位置すなわち輝度計の位置を固定し、テグスの測定箇所を順次移動できるように工夫した。実験に用いた水槽の仕様は、長さ300 cm、幅60 cm、深さ60 cmであり、水槽前面は観測用に透明なアクリル板とし、前面を除いた内部は黒色に塗装した。リールR₁、R₂、測長計Mおよび滑車F₁~F₆から構成される糸繰り装置を製作し、水槽に取りつけた。照明には10

*1989年12月20日受理 Received December 20, 1989.

**東京水産大学, 〒108 東京都港区港南 4-5-7
Tokyo University of Fisheries, Konan4-5-7,
Minato-ku, Tokyo, 108 Japan.

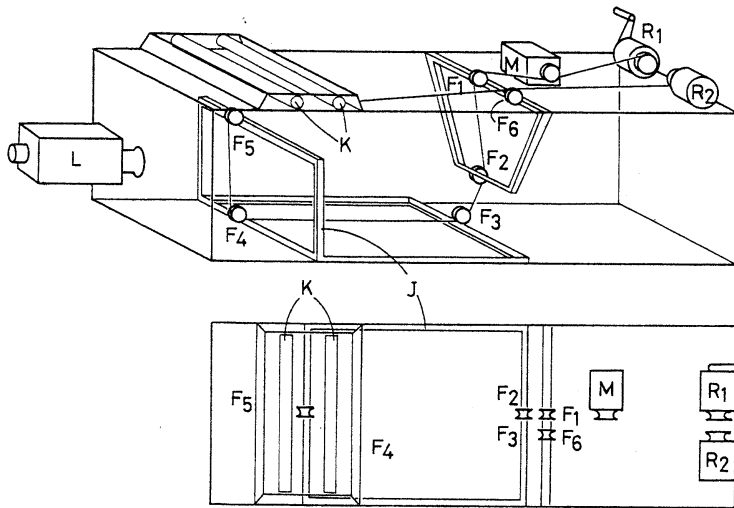


Fig. 1. Diagram illustrating the experimental tank (300×60×60 cm) and equipment used in this study.
R: Reel. M: Length. F: Guide roller. K: Light. L: Luminance meter.

Wの蛍光灯2基を用い、測定するテグスを挟むように水槽直上に取り付けた。水槽内の測定部（水面下15 cm）における下方向照度は光束消散係数が 0.1 m^{-1} において、約300 lxであった。なお、照度の測定には空中では 1M^{-3} 、海中では水中分光照度計をそれぞれ用いた。水槽の水には濾過海水（光束消散数 0.1 m^{-1} ）を用いた。

供試テグスは、ナイロン単繊維のナチュラルと呼ばれる透明テグスおよび透明テグスを染めて暗透明にしたテグスの2種類で、それぞれについて未使用のテグスおよび既に操業に用いたテグスを用いた。テグスの使用履歴はイカ釣漁船、康佑丸が3日間および7日間操業に用いたものである。テグスの太さは現在よく使用されている26, 28および30号とし、未使用で透明なテグス T_n については、太さによる違いを測定するため、10, 20, 30, 35, 40および50号とした。各テグスの号数と太さ(mm)の関係は標準的にはTable 1に示す通りである。また、テグスの種類および使用履歴は次の記号で表した。

未使用テグス 3日使用テグス 7日使用テグス

透明テグス T_n $T_s 3$ $T_s 7$
 暗透明テグス P_n $P_s 3$ $P_s 7$
 反射輝度 (cd/m^2) の測定には輝度計 (Topcon, BM-

Table 1. Monofilament conversion table.

Gut number	10	20	24	26	28	30	40	50
Diameter(mm)	0.5	0.7	0.8	0.84	0.87	0.9	1.0	1.2

5, 重心波長 555 nm)を用い、水槽前面のアクリル板にレンズを接して設置した。輝度計と供試用テグスとの距離は糸繰り装置のアンクル部Jを移動することによって調整した。ここでは輝度計から供試テグスまでの距離を測定距離とした。また、輝度計の測定径は 0.2° とし、測定距離が5 cmの場合は近接レンズを用いた。

2-2 測定方法

反射輝度の測定は次の手順で行った。1)イカ釣り具からイカ角および錘を取り除き、長さが80 cmのテグスを各太さごとに6本を接合した。供試テグスの両端には誘導用のテグスを接続した。2)誘導用のテグスと供試テグスを一度リール R_2 に巻き取り、滑車Fおよび測長計Mを通してリール R_1 に誘導した。3)リール R_1 のハンドルを廻し、テグスを R_1 に巻き取ることで、供試テグスの測定箇所を上端から下端までまんべんなく移動し、順次、反射輝度を測定した。1回の巻取り量は測長計Mの4分の1回転とし、これは長さで約14 mmであった。

測定は未使用のテグスについては各太さごとに、それぞれ14 mm間隔で、20点ずつ行った。使用履歴を有するテグスについては、1本について約70点の測定を6本のテグスについて行った。なお、測定回数が未使用テグスで少ないのは反射輝度の変化が小さく、安定していたことによる。測定は空气中、清澄な海水中（光束消散係数 0.1 m^{-1} ）および濁った海水中（ 0.5 m^{-1} ）において、テグスまでの距離を5 cmおよび50 cmに変えて、テグスの種類、太さおよび使用履歴を変えて行った。

Table 2. Mean luminance (cd/m^2), standard deviation (cd/m^2) and variation of transparent nylon monofilament gut at different diameters.

	Number (Diameter in mm)					
	10(0.5)	20(0.7)	30(0.9)	35(0.95)	40(1.0)	50(1.2)
Mean luminance	0.225	0.235	0.257	0.259	0.256	0.266
Standard deviation	0.012	0.012	0.009	0.009	0.010	0.015
Variation	0.053	0.051	0.035	0.034	0.039	0.056

Table 3. Mean luminance (cd/m^2), standard deviation (cd/m^2) and variation of dark nylon monofilament gut at different diameters.

	Number		
	26	28	30
Mean luminance	0.130	0.132	0.133
Standard deviation	0.010	0.011	0.012
Variation	0.077	0.083	0.090

3. 結果と考察

3-1 テグスの太さと反射輝度の関係

Fig. 2 は、清澄な海水中（光束消散係数 0.1 m^{-1} ）において、テグスの太さを変えた場合の反射輝度を、未使用の透明 Tn テグスおよび暗透明 Pn テグスについて示したものである。測定距離は 5 cm である。各シンボルマークは、同じ太さのテグスについて 14 mm 間隔で 20 個所を測定し、平均したものである。縦の太い線は標準偏差を示したものである。

同図から、同じ太さのテグスにおいても反射輝度は変化し、テグスの太さが増すと反射輝度が強くなることが

判った。特に、Tn テグスの 10 号と 50 号の間では顕著な差が認められた。また、Tn テグスの反射輝度は Pn テグスの約 2 倍であり、品質によってかなり異なることが判った。テグスの太さ D (mm) と反射輝度 L (cd/m^2) の間には $L=AD+B$ の関係が成立し、Tn テグスの場合には $A=0.063$, $B=0.195$ であり、Pn テグスでは $A=0.055$, $B=0.084$ が得られた。同図からテグスの太さが 1 mm 増した時の反射輝度の増加は、両者ともほぼ同じ傾向を示した。

Tn テグスおよび Pn テグスの反射輝度の平均、標準偏差および変動係数を整理し、それぞれ Table 2 および Table 3 に示す。Tn テグスの標準偏差は、50 号でやや大きくなるが、どの太さにおいてもほぼ、 $0.01 \text{ cd}/\text{m}^2$ と変動が小さい。Pn テグスの標準偏差についても同様のことが認められた。ただし、Tn テグスと Pn テグスでは平均輝度が異なるので、変動係数を用いて比較すると、Tn テグスでは $0.03\sim 0.06$ であり、Pn テグスでは $0.08\sim 0.09$ になり、後者でやや大きい変動が認められた。

以上は水槽内の明るさが 300 lx で、かなり明るい環境における結果である。漁場において、スルメイカは

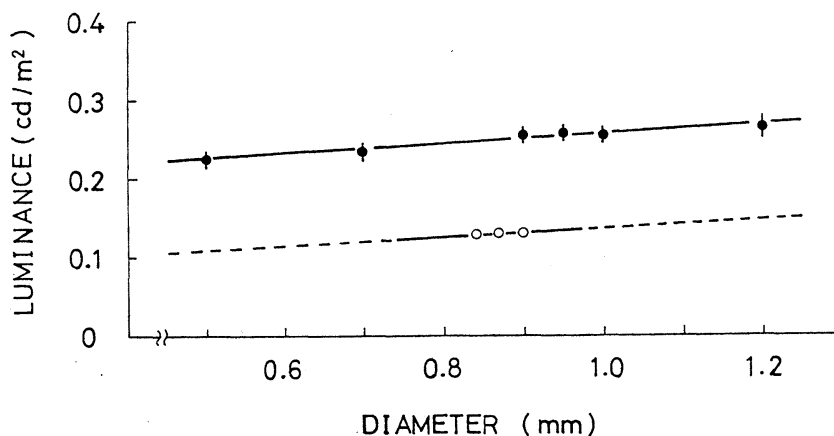


Fig. 2. Reflected luminance for different diameters of nylon monofilament gut. Symbols ● and ○ stand for transparent and dark gut, respectively.

Table 4. Calculated luminance (cd/m^2) of the transparent gut for different diameters in turbid water of 0.3 m^{-1} with underwater brightness of 0.01 lx at a distance of 1 m apart.

Gut number	20	30	50
Luminance	6.13×10^{-6}	6.6×10^{-6}	6.95×10^{-6}

10^{-2} lx 程度の明るさまで感知しうるものと推察されている (柴田, 1967)。そこで、釣獲差の認められたテグスについて、低照度下における反射輝度 L (cd/m^2) を次式を用いて求めた。

$$L = L_0 \exp(-\alpha r) \quad (1)$$

ただし、 L_0 は距離 0 m における反射輝度 (cd/m^2) であり、ばらつきがあることから平均輝度に標準偏差を加えた値を用いた。 α は海中の光束消散係数 (m^{-1}) であり、 r は水平距離 (m) である。

ここで、海水中の明るさは 10^{-2} lx 、光束消散係数は柳川ら (1978) の結果からはば中間の値 0.3 m^{-1} を用いた。また、スルメイカの釣り具に対する反応距離は 1 m とした (添田, 1956; 小倉ら, 1976)。なお、水中の明るさが変化した場合、反射輝度は条件が同じであれば直線的に変化するものとした。Table 4 は未使用透明テグス 20, 30 および 50 号の反射輝度を試算したものである。同表から、テグスの反射輝度の差を 20 号と 50 号について求めると約 $10^{-6} \text{ cd}/\text{m}^2$ 、20 号と 30 号では $10^{-7} \text{ cd}/\text{m}^2$ であった。ここで、釣獲差はテグスの太さ 20 号

と 50 号の間で顕著であった (小倉ら, 1976) ことから、前者における輝度差 $10^{-6} \text{ cd}/\text{m}^2$ は識別出来るが、後者における輝度差 $10^{-7} \text{ cd}/\text{m}^2$ は前者ほど明確には識別できないものと推察された。

3-2 テグス使用履歴に伴う反射輝度の変化

Fig. 3 は使用履歴がそれぞれ 3 日および 7 日の暗透明テグス Ps 3, Ps 7 の清澄な海中における反射輝度の測定例を 26 号テグスについて示したものである。測定距離は 5 cm である。測定は供試テグスについて、イカ角や錘を結んだ部分を除いて、上から下まで全体について行った。同じ品質で同じ太さの未使用 Pn テグスの測定例も同時に示した。

同図より、反射輝度は Pn テグスで最も小さく、使用履歴が増えるに従って増すことが判った。反射輝度の最大値は Pn, Ps 3 および Ps 7 テグスでそれぞれ 0.15 , 0.46 および $0.47 \text{ cd}/\text{m}^2$ であり、Ps 3 テグスでは Pn テグスの 3 倍以上大きい。一方、最小値は Pn テグスで $0.11 \text{ cd}/\text{m}^2$ 、Ps 3 テグスでは $0.12 \text{ cd}/\text{m}^2$ でありほとんど変わらないが、Ps 7 テグスでは $0.19 \text{ cd}/\text{m}^2$ に増した。Ps 3 テグスの最大輝度は最小輝度の約 4 倍であり、同一テグスでありながら変化が大きい。Table 5 は同テグスの平均輝度、標準偏差および変動係数を使用履歴別に示したものである。標準偏差は Ps 3 テグスで最も大きく Pn テグスの約 5 倍であり、Ps 7 テグスでは約 4 倍であった。また、変動係数は Ps 3 テグスでは Pn テグスの約 4 倍、Ps 7 テグスでは約 2 倍であった。

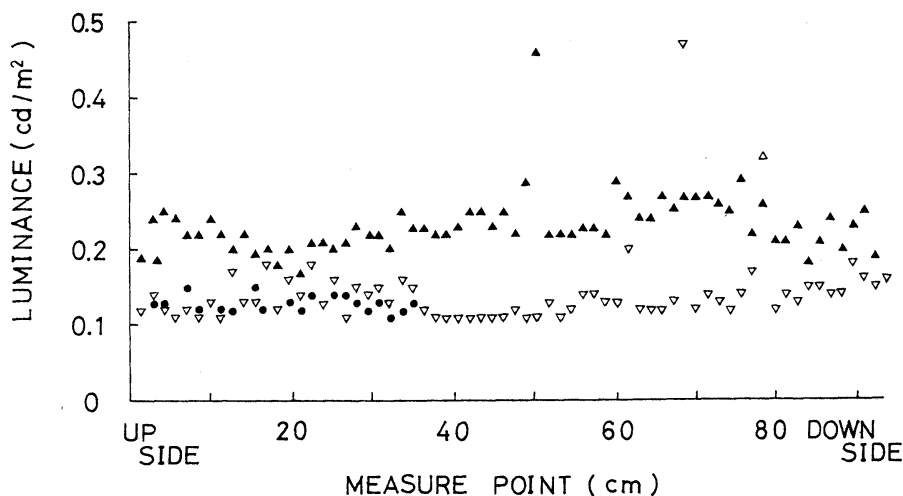


Fig. 3. Reflected luminance distribution for dark nylon monofilament gut of 0.84 mm diameter for different operating histories in fishing. Symbols ●, ▽ and ▲ stand for the operating histories of unused gut, 3 days and 7 days, respectively.

Table 5. Mean luminance (cd/m^2), standard deviation (cd/m^2) and variation for the dark gut of 0.84 mm diameter after changing history operated in fishing.

	History		
	Unused	3 days	7 days
Mean luminance	0.130	0.140	0.233
Standard deviation	0.010	0.047	0.039
Variation	0.077	0.336	0.167

Table 6. Mean luminance (cd/m^2), standard deviation (cd/m^2) and variation of the dark gut for different diameters after changing the history.

Number		History		
		Unused	3 days	7 days
26	Mean luminance	0.129	0.148	0.225
	Standard deviation	0.010	0.048	0.031
	Variation	0.078	0.324	0.138
28	Mean luminance	0.132	0.143	0.237
	Standard deviation	0.010	0.023	0.036
	Variation	0.076	0.161	0.152
30	Mean luminance	0.133	0.179	0.255
	Standard deviation	0.012	0.101	0.053
	Variation	0.090	0.565	0.208

以上は暗透明テグス 26 号の測定結果の一部であるが、太さの異なるテグスの平均輝度、標準偏差および変動係数については使用履歴および太さ別に Table 6 に示した。平均輝度は前述と同様に、いずれの太さにおいても Pn, Ps 3 および Ps 7 テグスの順で大きくなった。Ps 3 テグスでは Pn テグスにくらべて標準偏差や変動係数が大きく、反射輝度がばらついていることが判った。また、反射輝度の最大値は Ps 3 テグス 26 号において $1.27 \text{ cd}/\text{m}^2$ が観測されており、最小値の 10 倍以上であった。

Table 7 は透明テグスの平均輝度、標準偏差および変動係数を使用履歴及び太さ別に示したものである。どの太さにおいても、3 日 Ts 3 および 7 日使用 Ts 7 テグスの平均輝度は Tn テグスの平均輝度より大きい、三者の違いは小さい。しかし、暗透明テグスの場合と同様に Ts 3 および Ts 7 テグスでは反射輝度のばらつきが大きい。さらに、26 号テグスの測定結果を例にとりて詳細に観察すると、Tn, Ts 3 および Ts 7 テグスの反射輝度の最大値はそれぞれ $0.24, 1.41$ および $0.68 \text{ cd}/\text{m}^2$ であり、二者、三者で増した。これらは最低値 $0.21, 0.17$ および $0.16 \text{ cd}/\text{m}^2$ のそれぞれ 1.1, 8.3 および 4.3 倍に

Table 7. Mean luminance (cd/m^2), standard deviation (cd/m^2) and variation of the dark gut for different diameters after changing the history.

Number		History		
		Unused	3 days	7 days
26	Mean luminance	0.193	0.210	0.192
	Standard deviation	0.008	0.070	0.083
	Variation	0.041	0.333	0.432
28	Mean luminance	0.194	0.213	0.204
	Standard deviation	0.005	0.188	0.176
	Variation	0.026	0.188	0.176
30	Mean luminance	0.194	0.222	0.223
	Standard deviation	0.008	0.052	0.095
	Variation	0.041	0.234	0.426

なった。また、同テグスの標準偏差は、使用履歴に伴って、それぞれ未使用テグスの 7 倍、8 倍に増した。おなじく、変動係数は使用履歴に伴って 8 倍、10 倍に増した。これらの傾向は 28 号および 30 号テグスの場合においても認められた。

以上から、使用履歴を有するテグスでは未使用テグスと比較して反射輝度の標準偏差が数倍大きいことが判った。使用履歴を有するテグスの大きな反射輝度はイカ角などによる傷から生じたものである。一方、最低値はイカの墨の付着など汚れによるものであり、これらが原因となって反射輝度のばらつきが大きくなったものと考えられる。

使用履歴を有するテグスの反射輝度のばらつきはイカ釣り機による上下運動を伴うと、一定の水平方向からは時間的に変化して見える。このような反射輝度の短時間の変化をちらつき的一种と考え、輝度比や明暗周期について検討した。ここでは平均輝度 L_m のテグスから標準偏差 σ の輝度が上乘せされ反射するものと考え、 σ/L_m を輝度比とした。

輝度比は Table 6 および 7 に試算した変動係数に等しく、Pn, Ps 3 および Ps 7 テグスでそれぞれ $0.08 \sim 0.09, 0.16 \sim 0.57$ および $0.14 \sim 0.21$ であった。また、Tn, Ts 3 および Ts 7 テグスでは、それぞれ $0.03 \sim 0.04, 0.19 \sim 0.33$ および $0.18 \sim 0.43$ であり、いずれも二者および三者で一者の 2 倍以上に増大した。特に透明テグスではその違いが顕著であった。これらは魚の明暗弁別閾値 0.02 (ANTHONY, 1981) より大きく、イカの場合でも弁別出来るものと考えられた。以上から、未使用テグスと使用履歴を有するテグスの釣獲差については、輝度

比が2倍以上大きいことに、イカが嫌忌性を示したものと考えられる。断続光の嫌忌性効果については60倍以上の照度比で発現すること(マアジ; 小池, 1989)も報告されており、さらに検討する必要がある。

ちらつきの周期については、1本のテグスの反射輝度をプロットし、峰から峰までの間隔を求め、イカ釣機の巻き揚げ速度を50 m/minとして試算した。未使用テグスと使用履歴を有するテグスでは、それぞれ5~6回/secおよび0.9~1.4回/secが卓越しており、後者は前者に比べて周期が小さい傾向が認められた。断続光の周期については、1.36~0.62回/secで嫌忌効果が強いこと(小池, 1989)が報告されており、使用履歴を有するテグスの周期はこの範囲に該当していることから、嫌忌効果が考えられる。

このようなテグスの反射輝度の微量の変化に対して、釣獲差が現れることについてはさらに研究を進め、明らかにする必要があると考える。

4. 要約

1) テグスの反射輝度は太さによって異なり、細いテグスでは小さく、太くなると増大した。とくに、10号テグスと50号テグスの間ではその差が顕著にあらわれた。

2) 使用履歴を有するテグスの大きな特徴は反射輝度の標準偏差や変動係数が未使用テグスに比較して数倍大きいことである。使用履歴を持つテグスにはイカの墨による汚れ、イカ角による深い傷および擦れによる傷が種々の形態で認められた。傷口からは強い光が生じており、汚れた部分からは弱い光が観察された。その結果、平均輝度は未使用テグスのものと変わらないが、反射輝度のばらつきは増大した。

3) 使用済みテグスのちらつきの輝度比は未使用テグスに比べて2倍以上であった。また、周期は未使用テグスで5~6回/sec、使用済みのテグスで0.9~1.4回/

secであった。

謝 辞

本研究を行なう当たり、供試テグスの収集にご協力頂いた香住町の駒居秀則氏、康佑丸乗組員の皆様、計測に協力頂いた浅羽昇氏および山崎直敏氏に感謝の意を表す。

文 献

- ANTHONY, P. D. (1981): Visual contrast thresholds in cod *Gadus morhua*. L.J. Fish Biol., 19, 87~103.
- BLAXTER, J. H. S., B. B. PARRISH and W. DICKSON (1964): The importance of vision in the reaction of fish to driftnets and trawls. In Modern Fishing Gear of the World 2. London. p. 529~536.
- 原 富之 (1968): 頭足類の網膜の感光性色素. 動物学雑誌, 77 (4), 99~108.
- 小池 隆 (1989): 断続光に対するマアジの行動反応に関する研究. 三重大学生物資源学部紀要, (2), 23~53.
- 小倉通男 (1975): イカ釣り漁業における釣り具の有効利用と漁獲効果. イカ・タコ資源の開発とその利用. 水産庁.
- 小倉通男・磯打 勉・有元貴文・名角辰郎・玉木哲也 (1976): イカ釣漁業の研究—IV 水中観察によるスルメイカの行動とイカ角の動き. 昭和51年度日本水産学会秋期大会講演要旨集, p. 111.
- 柴田恵司 (1967): 魚探機に現れた記録の解析. 対島周辺イカ漁業調査, 魚探による水産資源研究協議会報告 III. 日本水産資源保護協会, p. 28~33.
- 添田潤助 (1956): スルメイカの生態並びに繁殖に関する研究. 北海道水産研究所報告, 14, 1~23.
- 柳川三郎・柏 俊行・井上 清 (1978): 大和堆漁場の形成機構に関する研究 I. 海洋構造. うみ, 16, 23~35.