

魚類の桿体視物質量と成熟に関する研究

長谷川 英一*・長縄 明子**

Studies on the relation between volume of visual pigment in the rods and maturity of fish

Eiichi HASEGAWA* and Akiko NAGANAWA**

Abstract: In order to investigate the relation between volume of visual pigment in the rods and maturity and the relation between fish behaviour to the light and maturity, we made the experiments with Japanese anchovy, cobaltcap silverside, pacific saury and mosquito fish. The quantitative analysis of visual pigment was made by the retinaloxime method. Each kind of fish were measured body weight and gonad weight, and calculated gonad somatic index (GSI). The indication of the behaviour of fish to the light was the following rate to the moving light screen. More maturity mosquito fish tended to more less following rate, but have nothing to do with the volume of visual pigment. And the GSI of other kind of fish were unrelated to the volume of visual pigment.

1. はじめに

魚類の成熟と対光行動の関係については、サンマ漁業における灯付きの良し悪しと成熟との関係(相沢, 1963), マイワシ *Sardinops melanostictus* を対象とした集魚灯利用旋網漁業で調べられている魚の浮上度と成長段階との関係(大渡他, 1953), カダヤシ類 *Gambusia* sp. とメダカ類 *Cyprinodon baconii* の走光性と雌雄間あるいは産卵成熟期などとの関係(BREDER, 1959)などが報告されている。

山村・武藤(1962)はサンマ *Cololabis saira* の眼球

内のビタミンA量(R: CH₂OH, R: CH₂COOR')を測定し、成熟期におけるビタミンAの偏在を確認した。その結果から、産卵成熟期には卵の成熟のために栄養素である体内のビタミンAが消費され、相対的にみると網膜内のビタミンAが減少するので、光受容能力が減退すると考えられるとした。このビタミンAのアルデヒド型であるレチナールとタンパク質オプシンとが結合したものが視物質であり、これは光受容器である視細胞中に存在する。視覚はこの視物質が光の作用によって化学変化を起こし、細胞内に受容器電位が発生することがその機序になっている。

本研究では、アルデヒド型ビタミンA(R: CHO)であるレチナールを測定し、種々の魚の視物質量と成熟度との関係を調べるとともに対光行動の成熟度による違いについても調べた。

2. 材料および方法

1) 視物質量と成熟度

1992年4月伊豆諸島海域において、夜間集魚灯で集魚し釣獲したカタクチイワシ *Engraulis japonica* 29尾、同年6月熊野灘で集魚灯利用施網で漁獲されたマイワシ9尾、1993年4月から6月にかけて三重県英虞湾内で集魚灯を利用し採捕したギンイソイワシ *Hypoatherina*

* 三重大学生物資源学部漁撈学研究室, 〒514 三重県津市上浜町1515

Laboratory of Fishing technology, Faculty of Bioresources, Mie University, Uehama-chou, Tsu, Mie, 514 Japan

現所属: 水産庁水産工学研究所魚群制御研究室, 〒314-04 茨城県鹿島郡波崎町海老台。

Laboratory of Fish Behaviour Control, National Research Institute of Fisheries Engineering, Ebidai, Hasaki Kashima, Ibaraki, 314-04 Japan

** 愛知県春日井市役所, 〒486 愛知県春日井市鳥居松町5-44

Kasugai City Office, Aichi Prefecture, Toriimatsu-machi, Kasugai, Aichi, 486 Japan

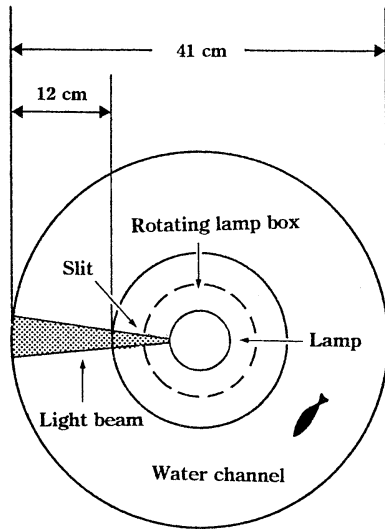


Fig. 1. Plane view of the experimental apparatus used to induce the optomotor reaction of fish.

tsurugae 15尾, 1992年12月および翌1993年1月に熊野灘で流網により漁獲したサンマ29尾を供試魚とした。

これらはいづれも雌の個体であり, 各個体の全重量 (Wg), 生殖腺重量 (GWg) を測定し, GSI $\{(GW/W) \cdot 100(\%) \}$ を求めた。

視物質の抽出は SUZUKI and MAKINO-TASAKA (1983) の方法に従った。各供試魚の眼球を摘出し, 角膜とレンズを取り除いた網膜にヒドロキシルアミンを加えレチナルオキシムを作成する。さらにジクロロメタン, 蒸留水, nヘキサンを加え 4°C, 3000rpm で5分間冷却遠心を行い, 得られる上澄み液をエバポレート後移動相 (nヘキサン/エーテル) 0.3ml で溶解しサンプルとした。1回の分析にはこの内 50 μ l を使用した。以上の操作は全て 0.1lx 以下の暗赤色光下で行った。

視物質量はモル数として産出した。すなわち, HPLC で得られたクロマトグラムから吸光度を算定し, 360nm でのヘキサン中レチナルオキシムおよびオールトランス型レチナルオキシムの分子吸光係数*を用いてモル数に換算した。また, この視物質量は1眼球から抽出されるサンプル液1ml 当たりの値とした。

2) 対光行動と成熟度

三重県津市近郊の河川で四つ手網を用いて採捕したタツブミノ *Gambusia affinis* を供試魚とした。これを三

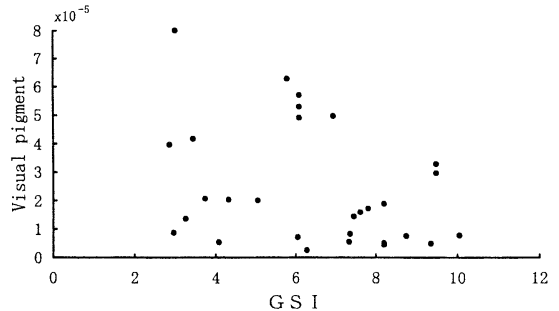


Fig. 2. Relation between GSI (gonad-somatic index) and visual pigment content (mol/ml/eye) in Japanese anchovy *Engraulis japonica*.

重大学生物資源学部漁撈学研究室の実験室内で常温で飼育しながら実験に供した。

対光行動の実験装置を Fig. 1 に示す。水深15cmの円形水路の中心に60Wの緑色灯 (三信電気製) を吊るし, スリットの入った黒塗りの円筒を下方からこの緑色灯を覆うようにセットする。この円筒はモーターにより回転するのでスリットから漏れる光は縦縞模様の移動光幕となる。この装置は安・有元 (1993) の移動光幕装置とほぼ同様の構造であるが, スリット付きの光源ランプを入れた箱に直接モーターを取り付けた構造になっている。このときの水路壁面の照度は 0.01lx, 移動光幕部の照度は 0.1lx であった。

供試魚1尾を円形水路内で1時間暗順応させた後, 緑色灯を点灯し水路壁面を回転する移動光幕に対する追従反応行動を観察した。移動光幕の速度は毎分6回転であり, 供試魚が同様の速度で同方向に回転遊泳した場合の反応率を100%として1分ごとに10分間, 計10回の測定を行いその平均値を求めた。

成熟度との関係を見るため, 雌成熟魚 (抱卵している個体), 雌未成熟魚 (抱卵していない個体), 雄に分けてその反応率の差異を調べた。また, これらの個体の視物質量も上記と同様の方法で調べた。

3. 結果と考察

1) 視物質量と成熟度

各供試魚ごとの視物質量とGSIの相関図を Fig. 2~5 に示す。4魚種とも視物質量は個体によって差が大きい。

SUZUKI *et al.* (1986) はアメリカザリガニをバイオトロンの中で飼育して視物質の量的および組成変化を温度条件と光条件を変えて調べ, 8週間の視物質量は10°C 10 L14Dで 55 ± 19 pmol/eye, 25°C 15L9Dで 178 ± 40 pmol/eye と報告している。また, MAKINO *et al.* (1985) はウシ

*大阪大学名誉教授原富之博士からの私信による。

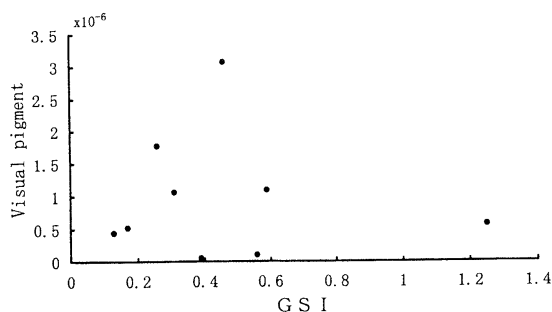


Fig. 3. Relation between GSI (gonad-somatic index) and visual pigment content (mol/ml/eye) in sardine *Sardinops melanostictus*.

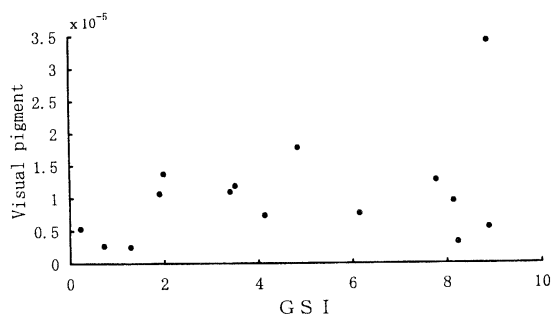


Fig. 4. Relation between GSI (gonad-somatic index) and visual pigment content (mol/ml/eye) in cobaltcap silverside *Hypoatherina tsurugae*.

ガエル視物質の網膜中の分布を2~18cmの体長の個体で調べ、視物質量が成長につれ増加し2~30nmol/retinaで変動していることを計測した。すなわち、視物質量は種によって、また、同一種であっても体長や環境でかなり異なるものと考えられる。

各魚種のGSIと視物質量の相関関係は、カタクチイワシ $r=0.324$ 、マイワシ $r=0.164$ 、ギンイソイワシ $r=0.359$ 、サンマ $r=0.029$ となりいづれも低い値であり、少なくとも負の相関は得られなかった。

カタクチイワシは春から秋にかけて長期に亘る産卵期をもち、その間のGSIは3~4にモードをもつことが知られている(靄田, 1992)。本研究に供したカタクチイワシは4月下旬に採捕されたものであり、産卵期内の個体群であると考えられる。小達(1979)によると、サンマの熊野灘における産卵盛期は1月と4月であり、本研究で用いたサンマもこの時期の個体群である。ギンイソイワシもGSIが8以上の個体が含まれ成熟度別の視物質量的変化傾向を反映しているものと考えられる。マイワシは6月に熊野灘で漁獲されたものであり、産卵期

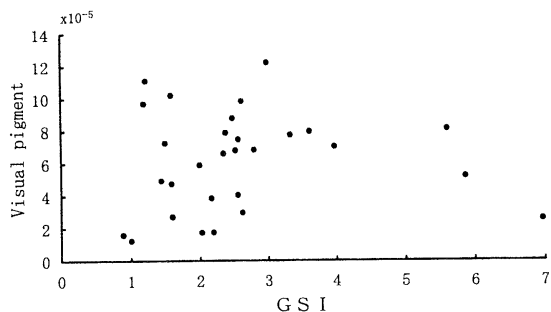


Fig. 5. Relation between GSI (gonad-somatic index) and visual pigment content (mol/ml/eye) in pacific saury *Cololabis saira*.

を終了しGSIの低い個体群のみから得られた結果である。マイワシについては、視物質量との相関を調べるためにはさらに成熟個体のサンプルを調べる必要がある。しかし、成熟していると考えられる個体を含む魚種に関しては各供試魚とも視物質量とGSIとの相関はないものと考えられる。すなわち、成熟そのものの視物質量への影響は認められない。

哺乳動物を用いてビタミンAの欠乏の影響を調べた研究がある。DOWLING and WALD (1958) はビタミンA欠乏状態のシロネズミの網膜中の視物質量は正常のものより少なく、視感度も著しく低下することを調べた。また、美濃(1969) はラットにおけるビタミンA欠乏の進行状況を調べ、肝臓ビタミンAの消失が先行し、ついで、血液中のビタミンAが消失し、最後に網膜中の視物質など各組織中のビタミンAが減少することを観察した。鈴木(1987) はマウスを用いて同様の実験を行い、肝臓ビタミンAは一ヶ月後に痕跡量となったが眼内レチナル量は対照群に近いレベルを維持し、約二カ月後に急激な減少が起きたと報告している。しかし、この場合でも眼内レチナルを完全に涸渇させることは容易ではないとしている。

すなわち、成熟にともないビタミンAの摂取が全くなくなるようなことがもしあれば、やがて網膜中の視物質が減少し視覚機能に影響を及ぼすこともあると考えられるが、成熟という過程が直接的に視物質量に、さらに視覚機能に影響することはないであろう。

2) 対光行動と成熟度

移動光幕に対する追従反応行動の実験結果をTable 1に示す。雄の平均反応率は約35%であり、その最小値は2%、最大値は75%と個体差が大きいものとなった。雌の成熟個体の反応率は一様に低く2%程度である。

Table 1. Rate of optomotor reaction of Mosquito fish

	Male	Female (Mature)	Female (Immature)
	75.00	1.25	7.08
	14.58	2.50	4.17
	47.50	1.67	7.08
	48.75	5.42	6.67
	2.08	2.92	8.75
	35.00	0.83	14.17
	1.67	1.25	25.00
	15.83	0.83	7.08
	42.50		5.42
	57.08		27.08
N	10	8	10
Ave.	34.00	2.08	11.25
S.D.	24.63	1.54	8.24

unit; %

この結果の分散の違いをF検定によって検定したところ有意な差がみられたので、WELCHの方法を用いて平均値の差の検定を行った。検定の結果、3者間には5%の危険率で有意な差があり、移動光幕に対する追従反応行動は成熟によって異なることが示された。

さらに、Table 2にみられるように、雌の成熟魚の視物質量の平均値は高いものの個体差が非常に大きく、成熟した個体で視物質量が減少する傾向は認められない。なお、雌雄の網膜組織を顕微鏡レベルで観察したところ顕著な差はみられなかった。

有元ら(1979)は視覚目標を移動光束とした場合と光以外の視覚刺激であるテプスクリーンを用いた場合の反応を比較し、ともに視覚運動反応に基づくものであるとしている。かれらは走光性を示さない魚に対しても移動光に対する追従反応を認めている。このことから本実験で認められたタップミノール成熟魚の追従反応行動の鈍化は走光性の鈍化のためではないと考えられる。

成熟度と視物質量に相関関係が認められなかったことと考え併せると、産卵成熟期における灯付きの良し悪しにビタミンA量が関与するという定説は再検討を要すると思われる。

謝辞

供試魚の採集に当たりご協力いただいた三重県錦漁業協同組合糸川京治氏、三重大学生物資源学部付属練習船勢水丸石倉勇船長始め乗組員の方々そして付属臨海実験所木村清志助教授に感謝いたします。また、視物質の実

Table 2. Visual pigment content in Mosquito fish

	Male	Female (Mature)	Female (Immature)
	1.17	2.87	1.05
	0.87	2.95	0.76
	0.86	0.65	0.89
	0.67	1.83	0.08
	0.54	1.96	0.64
	0.36	0.47	1.27
	1.18	0.47	0.79
		0.42	0.73
N	7	8	8
Ave.	0.81	1.45	0.78
S.D.	0.31	1.09	0.35

unit; 10^{-6} mol/ml/eye

験手法に関しご教示いただいた大阪大学名誉教授原富之博士に御礼申し上げます。

文献

- 相沢幸雄(1963): サンマ群の灯付状態と漁獲・魚群との関係. 東北区水研報, **23**, 85-92.
- 安 永一・有元貴文(1993): 移動光幕に対するウグイの反応. うみ, **31**, 31-36.
- 有元貴文・柴 宏有・井上 実(1979): 魚の視覚運動反応と漁法IV. 移動光束に対するニジマスの行動. 東水大研報, **66**, 23-35.
- BREder, C.M. (1959): Studies on social groupings on fishes. Bull. American Museum of Natural History, **17**, 257-270.
- DOWLING J.E. and G. WALD (1958): Proc. Nat. Acad. Sci., **44**, 648.
- MAKINO-TASAKA, M., T., SUZUKI, K. NAGAI and S. MIYATA (1985): Spatial Distribution of Visual Pigment and Dopamine in the Bullfrog Retina. Exp. Eye Res. **40**, 767-778.
- 美濃 真(1969): 新ビタミン学, 日本ビタミン学会編, 51.
- 小達 繁(1977): 北太平洋におけるサンマの分布. 北水産, 北洋研業績集, **92**, 353-381.
- 大渡 敦・古野清孝・古野清賢(1953): 魚群探知機の記録から見たイワシ群の生態. 日水誌, **18**, 669-674.
- 鈴木龍夫(1987): 動物のビタミンA₁・A₂視物質変換系. 昭和61年度科学研究費補助金研究成果報告書, 11-20.
- SUZUKI, T. and M. MAKINO-TASAKA (1983): Analysis of retinal 3-dehydroretinal in the retina by high pressure liquid chromatography. Analyt. Biochem., **129**, 111-119.

SUZUKI, T., K. ARIKAWA and E. EGUCHI (1985): The Effects of Light and Temperature on the Rhodopsin-Porphyrin Visual System of the Crayfish, *Procambarus clarkii*. Zool. Sci., **2**, 455-461.

轟田義成 (1992) : カタクチイワシの成熟・産卵と再生

産力の調節に関する研究. 水工研研報, **13**, 129-169.
山村弥太郎・武藤清一郎 (1962) : サンマの灯付に関する研究-I. ビタミンAとの関連性について. 東北水研研報, **21**, 57-62.

1995年5月19日受領

1995年11月28日受理