

魚類上生体の緩電位

誌名	日本水産學會誌
ISSN	00215392
著者名	田畑,満生 丹羽,宏 田村,保
発行元	日本水産學會
巻/号	37巻6号
掲載ページ	p. 487-490
発行年月	1971年6月

農林水産省 農林水産技術会議事務局筑波産学連携支援センター
Tsukuba Business-Academia Cooperation Support Center, Agriculture, Forestry and Fisheries Research Council
Secretariat



魚類上生体の緩電位

田畑満生・丹羽 宏・田村 保

(1970年12月11日受理)

On a Slow Potential from the Epiphysis Cerebri of Fishes

Mitsuo TABATA, Hiroshi NIWA,
and Tamotsu TAMURA*

Negative, slow and graded potential was recorded from the pineal organ of two fishes, ayu, *Plecoglossus altivelis*, and rainbow trout, *Salmo gairdneri irideus*. Some characteristics of the potential were examined and the following results were obtained.

1. The response to test light (20 lux) occurred, in succession to the momentary potential drop. This potential drop (7~26 mV in ayu and 10~30 mV in rainbow trout) was thought to be the membrane potential of the cell.

2. In both fishes, response amplitude increased linearly with log intensity of light and reached the maximum amplitude at about 30 lux.

3. In rainbow trout, the latency was maximum (380 msec) at 0.01 lux and minimum (50 msec) at 300 lux, (mean values of 4 fishes). It decreased linearly with log intensity of light.

This slow potential seems to originate from a pineal photoreceptor cell, but further investigations are necessary for a definite conclusion.

魚類上生体の光感受性は、行動反応および体色素胞の収縮拡張などの現象により、古くから知られていた¹⁾ことであるが、DODT²⁾は金属微小電極を用いて電気生理学的に、ニジマス上生体の光感受性を直接的に証明した。その後MORITA³⁾、HANYU *et al.*⁴⁾は詳細な検討を加えている。それによると、暗所におかれたニジマス上生体の神経節細胞からは、絶えずインパルスの放電 (20/sec) がみられ、光刺激により抑制されるという。

一方、HANYU *et al.*⁵⁾は、ガラス微小電極を用いて、アユ、ニジマス、ギギ上生体より、光刺激で過分極を示す緩電位を導出し、この電位のスペクトル感度等について報告している。

著者らはこの緩電位において、刺激の強さと電位の関係、潜時等を測定したので、ここに報告する。

実験方法

アユ *Plecoglossus altivelis* (15~20 cm)、およびニジマス *Salmo gairdneri irideus* (20~25 cm) の成魚を用いた。これらの魚を MS 222 の 5000 倍液で麻酔し、フラキシニルを筋肉注射 (0.01~0.03 cc/尾) して不動化し、鰓に呼吸水を環流した。両魚種とも上生体背方に色素胞が乏しく、いわゆる Pineal window を形成し、光透過が容易な構造をしている。解剖顕微鏡下でこの部位の頭皮、頭蓋骨および軟骨を注意深く除去して、上生体を露出する。

3 M KCl を充したガラス微小電極 (電極抵抗 20~50 M Ω) を、マイクロマニピュレーターで徐々にこの上生体に刺入して、電位を導出した。いくつかの実験では、上生体を摘出し、スライドガラス上におき、上と

* 名古屋大学農学部水産学教室 (Fisheries Laboratory, Faculty of Agriculture, Nagoya University, Chikusa, Nagoya)

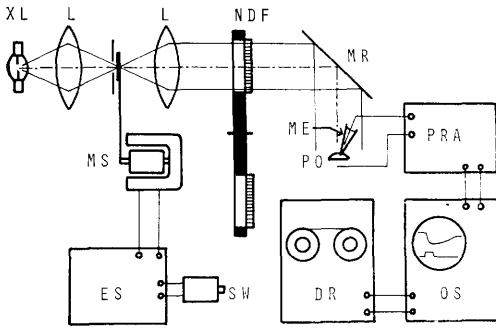


Fig. 1. Diagram of apparatus for stimulating and recording from fish pineal organ (PO). XL, Xenon lamp; L, Lens; NDF, Neutral density filter; MR, Mirror; MS, Magnetic shutter; ES, Electric stimulator; SW, Switch; ME, Micro electrode; PRA, Preamplifier; OS, Oscilloscope; DR, Data recorder.

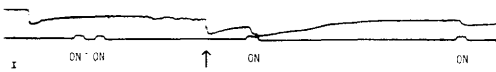


Fig. 2. Upper tracing; Potential changes with electrode stabbing in pineal organ. Lower tracing; Light stimulus marking (20 lux). An arrow shows the membrane potential. Vertical line shows 10 mV.

膜電位の大きさは、アユでは 7~26 mV、ニジマスでは 10~32 mV であつた。

刺激の強さと電位との関係 静止膜電位が短時間に緩かに減少し、普通 0 レベルより低いとこで安定するのを確かめて一連の実験を試みた。刺激は前の反応が充分旧に戻つてから次のを与え、10~11 段階の刺激終了後も刺激前と膜電位に差のほとんどない資料を用いた。

アユ (19 例)、ニジマス (18 例) とも順次光刺激を強くしていくと、電位は光刺激の強さの対数とともに、ほぼ直線的に増大し、30 lux 付近で飽和してしまうものが多く、それ以上強い光刺激に対しては電位の増大はみられず、逆にわずかに減少の傾向を示した (Figs. 3, 4)。しかし、電位の飽和以上の強い光刺激に対しては、飽和している時間、および刺激終了後の回復時間が刺激の強さとともに延長するのがみられた (Fig. 3 の 100 lux, 300 lux に対する反応参照)。

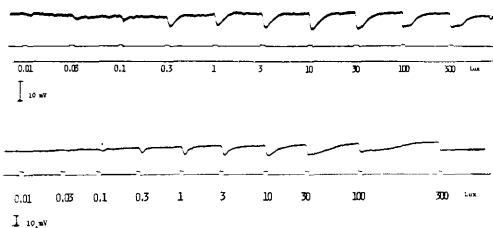


Fig. 3. Potential changes of a single unit in the pineal organ of ayu (Upper) and rainbow trout (Lower) at 10 different levels of light intensity. Stimulus durations are 300 msec.

同様に電位を導出した。

光源にはクセノンランプ (500 W) を用い、平行光線にして上生体に照射した。最大照度は 700 lux で、これを中性フィルターで、300, 100, 30, 10, 3, 1, 0.3, 0.1, 0.03, 0.01 lux まで約 1/2 log unit で 11 段階に減光した。

刺激時間は 300 msec で、弱光から強光へと順次照射した。また、テスト光には豆ランプ (20 lux) を用いた。

導出された電位は、カソードフォロア前置増幅器からオシロスコープに導き、同時に磁気記録装置で記録し、後再生して写真記録とした。Fig. 1 に装置を示す。

結 果

膜電位について 電極を徐々に上生体へ刺入していくと、電位の下降が数度みられる。各電位の下降直後それぞれテスト光を照射して応答がなければさらに電極刺入を続けていく。この操作をくり返していくと、電位の下降直後、テスト光に対して過分極性の緩電位が現われる (Fig. 2)。この緩電位の出る直前には、必ず電位の下降を伴い、両者は密接な関連をもつ。すなわち、電位の下降は細胞内刺入の際の膜電位であり (Fig. 2 の矢印)、応答は細胞内からのものであると考えられる。

電位が丁度飽和する時の最少照度は前記のように約 30 lux であるが、その値にはかなりの変異がみられ、アユでは 1 lux (1 例) から 300 lux (2 例)、ニジマスでは 3 lux (4 例) から 300 lux (2 例) までの幅がみられた。

潜時 光刺激の始点から緩電位の生じはじめる点までを潜時とし、ニジマスを材料として、

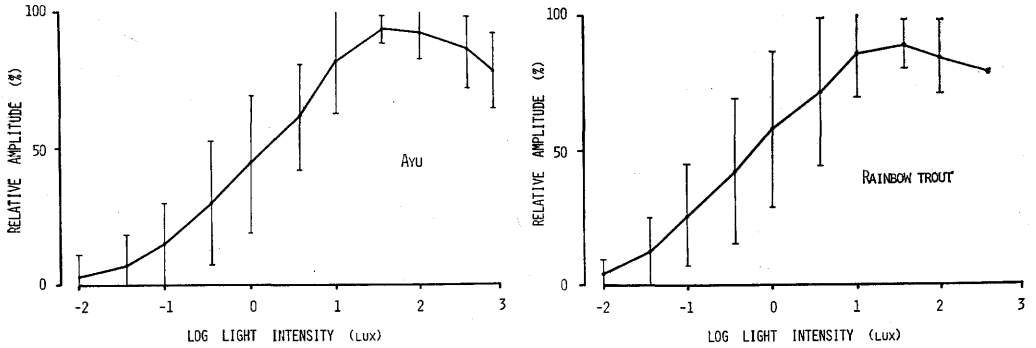


Fig. 4. Relative amplitude of potential changes as a function of logarithm of light intensity. Vertical lines show the standard deviation. Potentials are maximum at about 30 lux.

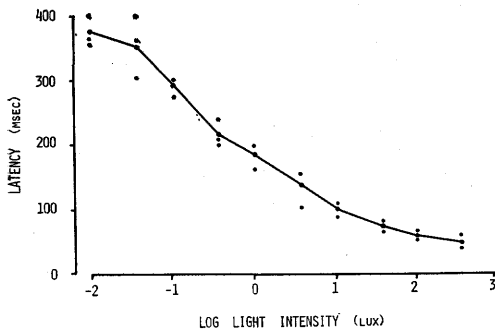


Fig. 5. Latency as a function of logarithm of light intensity in rainbow trout.

0.01 lux から 300 lux までの 10 段階の光刺激を与え、潜時と刺激の強さの関係を求めた。その結果は Fig. 5 のように、潜時は光刺激の強さの対数とともにほぼ直線的に減少した。0.01 lux の時、約 380 msec, 300 lux の時、約 50 msec であった。

考 察

上記の緩電位は上生体中の 1 個の細胞の細胞内電位と考えられる。それは前述のように応答が生ずる直前に必ず膜電位 (Fig. 2 矢印) が見られるということに主としてよるが、さらに応答が現われた後、ごくわずかな電極の動きに対しても、膜電位は速に 0 にもどり、応答が見られなくなる。これは細胞外に電極先端が出たためと考えられる。これらのことから、この緩電位は細胞内に由するものと考えられるのである。

この緩電位は常に過分極の方向で、電位の大きさは光刺激の対数とともにほぼ直線的に増大し、約 30 lux で最大 (多くは 5~10 mV, まれに 25 mV) に達する。これ以上の強い光刺激に対しては、電位は 30 lux 前後の時と同じか、あるいはわずかに減少した。また潜時は刺激の強さの対数に逆比例して減少することが見られた。

この緩電位は常に過分極の方向で、電位の大きさは光刺激の対数とともにほぼ直線的に増大し、約 30 lux で最大 (多くは 5~10 mV, まれに 25 mV) に達する。これ以上の強い光刺激に対しては、電位は 30 lux 前後の時と同じか、あるいはわずかに減少した。また潜時は刺激の強さの対数に逆比例して減少することが見られた。

上記のような諸性質は、脊椎動物網膜の桿体から導出される受容器電位^{6,7)}と類似した点が多い。すなわち、カエルの桿体受容器電位では、常に過分極で、強いフラッシュに対して、5 mV 前後の応答を示すが、まれには 20 mV にも及ぶことがあり、また、光刺激後の電位変化の減衰が非常にゆつくりしている等の点が類似している。

上生体の緩電位も受容器電位であるかと思われるが、これを的確に証明するには electrode marking 法⁹⁾等による詳細な検討が必要である。

要 約

- 1) Ayu, ニジマス上生体より、ガラス微小電極で緩電位を導出し、電気生理学的に検討した。
- 2) 緩電位の大きさは光刺激の強さの対数とともに直線的に増加し、約 30 lux で飽和する。
- 3) 潜時は光刺激の強さの対数とともに、ほぼ直線的に減少する。
- 4) この緩電位は細胞内電位であると思われる。

- 5) しかしいかなる細胞かは証明できなかつたが、光受容器に由来することも考えられる。

文 献

- 1) K. von FRISCH: *Sitzungsber. Ges. f. Morph. u. Physiol. in München*, **27**, 16~18 (1911).
- 2) E. DODT: *Experientia*, **19**, 642~643 (1963).
- 3) Y. MORITA: *Pflügers Arch. Gesamte Physiol. Menschen Tiere*, **289**, 155~167 (1966).
- 4) I. HANYU and H. NIWA: *Rev. Can. Biol.*, **29**, 133~140 (1970).
- 5) I. HANYU, H. NIWA, and T. TAMURA: *Vision Res.*, **9**, 621~623 (1969).
- 6) J. TOYODA, H. NOSAKI, and T. TOMITA: *Vision Res.*, **9**, 453~463 (1969).
- 7) 富田恒男: 生体の科学, **21**, 1~24 (1970).
- 8) A. BORTOFF: *Vision Res.*, **4**, 627~635 (1964).