

## クロマグロの光感覚特性の解明

松本太郎

(養殖グループ)

近畿大学大学院農学研究科・博士研究員

クロマグロは乱獲による天然資源の減少が懸念されており、天然クロマグロを用いない完全養殖のための人工種苗生産に対する関心が近年高まっている。現在、近畿大学水産研究所は世界で唯一完全養殖による人工種苗生産を行っているが、種苗の産業的量产化には多くの課題が残されており、仔魚から稚魚期における生残率向上が急務となっている。種苗生産過程における重要な問題のひとつは、夜間に頻発する稚魚の網または水槽壁への衝突または接触による大量死である。夜間に衝突死が頻発すること、また夜間の電照飼育によって生残率が向上することから、クロマグロの光感覚が衝突・接触による大量死メカニズム解明の鍵になっていると考えられる。衝突・接触による大量死が頻発するのは孵化後40日齢前後であることから、視覚機能の発育に伴う変化がクロマグロ稚魚の生残率に大きく影響すると思われる。そこで本研究では、クロマグロ稚魚の暗所視感度、分光感度、時間分解能等の視覚機能の発育に伴う変化を網膜電図(ERG)によって測定し、視覚特性を比較し、クロマグロ稚魚の発育に伴う視覚機能の変化を調べ、大量死発生との関係を検討した。

### 材料および方法

クロマグロ稚魚の暗所視感度、分光感度、時間分解能は、網膜電図(ERG)を測定して求めた。ERGは、金属製シールドボックス(Fig.1)内で魚を麻酔・不動化した状態で経口還流し、実験が終

わるまで生きた状態で測定した。光源には12種類の異なるピーク波長(369-652nm)をもつ発光ダイオード(LED)を用い、刺激光を眼に照射した。銀線電極を網膜表面と頭頂部に刺し、電極に生じた電位変化を増幅器、A/D変換器を通してコンピュータに記録した。記録した波形のon反応(b波)の高さを反応強度の指標とした。

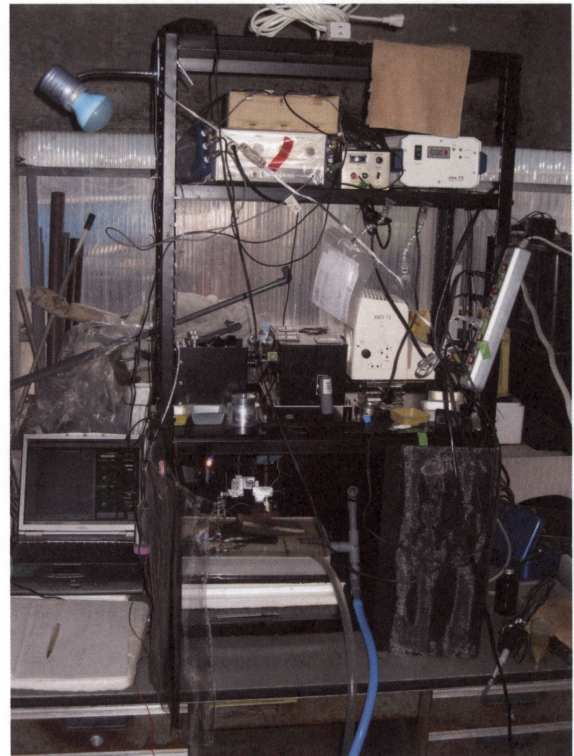


Fig.1. Metal shield box for electroretinogram (ERG)

暗所視感度測定 503nmのLEDを用いて強度の弱い順に0.5s光を照射し、それぞれのERG電圧を記録した。電圧と光の強さのデータを最小2乗法によりNaka-Rushtonの関数(Naka & Rushton, 1966)にフィッティングしてシグモイド曲線の中点の光の強さK、V-logI曲線の中点における傾きnを求め、感度が最大値の5%になると

きの光の強さ  $\log_{10} 0.05$  を求めた。

**分光感度測定** 12 種類の異なるピーク波長 (369-652nm) をもつ LED を用い、それぞれの波長の光の強度を ND フィルターによって減光し、光の弱い順に 0.5s ずつ刺激し、ERG を測定した。分光感度曲線は、ERGb波の電圧が等しくなるときの光の強度の逆数を相対値化して作図した。

**時間分解能測定** 網膜レベルの時間分解能の指標として、フリッカー光の周波数の増加に伴う ERG 電圧の低下の度合いを調べた。

Duty 比 50:50 のパルスジェネレータにより発生させ、503nm の発光ダイオードを 2Hz から 25Hz の間で、周波数が低い順に 1 分以上の間隔をおいてそれぞれ 5 秒間ずつ点滅させ、ERG を記録した。それぞれの周波数で ERG 波形から電圧を測定して平均値を解析に用いた。光の強さは 3 段階 ( $6.49, 52.9, 737 \times 10^{11}$  quanta/cm<sup>2</sup>/s (0.82, 6.55, 91.6 lx 相当)) に設定した。

ERG 電圧とフリッカー光の周波数との関係は指数関数にフィットすることがネズミで報告されている (Sauvé, Pinilla & Lund, 2006)。そこでわれわれは ERG 電圧と周波数の関係を指数関数  $y = a \cdot \exp^{-bx}$  にフィットさせ、減衰の大きさの指標として指数関数の次数  $b$  の値と 2Hz のときの電圧を基準として電圧が 5% になるときの周波数を求めた。

#### 結果と考察

クロマグロ稚魚の暗所視感度は発育に伴って緩やかに増加する傾向があった。これは、発育に伴う眼径の増加に伴う集光効率の向上によ

ると考えられる。したがって、発育初期の稚魚ほど暗所視感度が低く、暗黒下で生簀網などがよく見えていないと考えられる。分光感度のピーク波長は発育に伴って短波長側へ移行する傾向が観察された。このような発育による分光感度ピークの短波長側への移行は、発育に伴う生息水深および海域の変化による水中光環境の変化に対応しているためと考えられる。しかしながら、時間分解能は発育に伴った一定の傾向が観察されなかった。したがって、クロマグロ稚魚は発育初期に暗所視感度が低い状態で、遊泳速度が発育に伴って大きくなることから、衝突死のリスクを高めていると考えられる。

今後の課題は、魚種間の視覚特性の比較と概日リズムに關与する光受容器官である松果体の特性解明である。機材や技術などは整いつつあり、来年度電気生理学および分子生物学的に松果体の機能が解明されることが期待できる。松果体への光刺激によって概日リズムをコントロールし、遊泳速度の制御などに応用する研究を今後行いたい。

#### 参考文献

- 1) Naka KI and Rushton WA. S-potentials from colour units in the retina of fish (Cyprinidae). *J Physiol (Lond)* 1966; 185:536-555
- 2) Naka KI and Rushton WAH. An attempt to analyse colour reception by electrophysiology. *J Physiol (Lond)* 1966; 185:556-586
- 3) Sauve Y et al. Partial preservation of rod and cone ERG function following subretinal injection of ARPE-19 cells in RCS rats. *Vision Res* 2006; 46:1459-1472