

水産業の工業化を見据えた基礎研究



実施担当者 浦和実業学園高等学校
教諭 橋本 悟

1 はじめに

浦和実業学園高等学校生物部では、2010年より養殖魚の飼育指導を実施している。そのきっかけは、「家庭菜園を楽しむように養殖魚を育てたい」という生徒たちの夢を叶えるためであった。装置の準備や稚魚の入手については、NPO 日本養殖振興会代表の斉藤浩一氏よりご協力をいただいた。それにより2013年3月には、育てたヒラメやクエを寿司にして試食会を開くに至った。育てた魚を試食する様子は、NHK 首都圏ニュースでも紹介された。その後、近畿大学家戸敬太郎教授、北里大学高橋明義教授らによって指導を受ける機会を経て、緑色光を用いて水産業を工業化させることを目標とする研究活動へと発展させていった。これまでの主な研究成果としては、ヒラメ *Paralichthys olivaceus* の成長促進効果、マダイ *Pagrus major* の色揚げ効果などをあげることができる。今回は、それら成果を中心に報告する。

2 研究成果

2-1 緑色光照射によるヒラメの成長促進効果

高橋明義教授らは、マツカワガレイ *Barfin flounder* に緑色光を照射すると、冷温下における食欲増進および成長促進の効果があることを発見した。そこで、本校では、マツカワガレイ に生態に近いヒラメを用いて実験を実施し、同様の効果を確認した。それを踏まえて、以下の実験を進めた。そしてさらにヒラメ飼育の経済性を重視した実験へと発展させた。

I 緑色光照射時間の短縮

緑色光の照射時間は、給餌前10分とした。緑色光の波長は500nm、光量子束密度は、 $220\mu\text{mol}/\text{m}^2/\text{s}$ 。実験には、5cm程度に成長した稚魚13個体をそれぞれの水槽で飼育した。給餌には、固形飼料を用いて1日一回、摂食行動が停止するまで与えた。体重の測定は、実験開始時と90日後の二度実施した。結果は、図1に示した。ヒラメの成長速度は、緑色光を10分程度照射した場合においても、8時間照射した場合と同程度であり、ヒラメ飼育における光熱費の節約が可能となった。

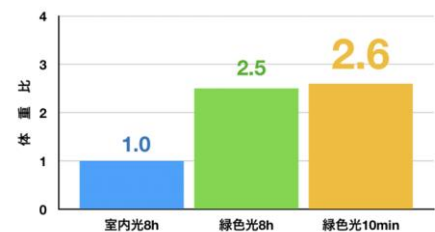


図1 飼育開始から90日後の光照射時間ごとの体重変化

II 水深 10 cmでのヒラメ飼育

29 cm×38 cm×12 cmの黒色プラスチック製のかごの底にプラスチック板を敷き詰めた中で、5 cm程度に成長した稚魚 10 個体をそれぞれの水槽で飼育した。水深は、10 cmとした。他の条件における水深は 45 cmとした。緑色光照射時間は 8 時間とした。給餌方法や体重測定に関しては、上記 I に準じた。また結果は、図 2 に示した。浅い水深でも成長促進効果を得られたことで、飼育空間の有効利用や人工海水の使用量を軽減することが可能となった。

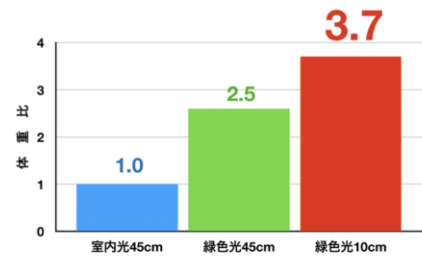


図 2 飼育開始から90日後の水深ごとの体重変化

III 汽水での飼育

ヒラメは、汽水域でも生存が可能なが知られている。飼育においても長期的に汽水での管理が可能であれば、IIの結果と併せて人工海水の使用量を軽減することが可能となり、経済効果は大きくなる。そこで塩分濃度を 0.4%まで低下させた状態で、上記 II に準じた実験を実施した。ヒラメに対する水合わせは、点滴法を採用した。ヒラメは、実験開始から 20 日程度は順調に生育しているように見られたが、その後体表面に図 3 に示すような褐色の斑点が目立ちはじめた頃より、突然死が生じるようになった。実験期間中のヒラメの生存状況については、図 4 に示した。



図 3 ヒラメに生じた斑点

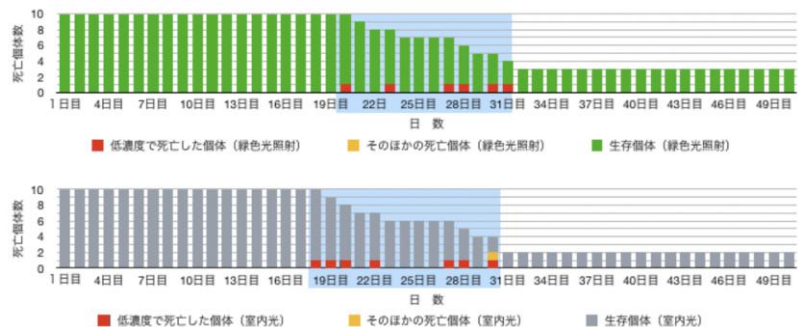


図 4 汽水管理下におけるヒラメの生存数

30 日までに約 80%の個体が死亡したが、生き残った個体はその後生育を続け、60 日を経過した頃から緑色光を照射した個体の成長が目立ち始めた。また、生き残った 1 個体には特有の斑点が発生していたが、図 5 に示したように徐々に回復していった。結果を受けて、急激な濃度変化を避け、段階的に濃度を低下させることで、ヒラメの死亡率を軽減できる可能性の有無について実験を進めたところ、体表の斑点の発生は抑えられ、死亡個体も生じなかった。

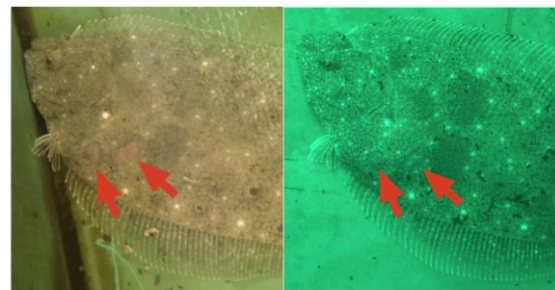


図 5 生じた斑点の治癒

2-2 光単一環境におけるマダイの色揚げ効果

マダイは、鮮やかな赤い体色と「メダタイ」との語呂合わせから需要が多く、養殖も各地養殖場で盛んに行われている。しかし、図 6 に示すように、養殖したマダイの体色は、黒ずんでしまうことが多い。そこで、マダイの色揚げに関しては、様々な角度から研究されてきた。

養殖のマダイが黒ずんでしまう原因としては、日焼け、鮮度の悪い餌を与えたこととされており、①遮光用の蓋の設置、②出荷前に天然のマダイの生息域まで移動させて発色を促す、③餌を発酵させることによりメラニンの生成を抑制する、④ゲノム編集による体色の固定などの対策が取られてきた。しかし、いずれも決定的な解決には至っていない。

本校生物部では、養殖マダイの体色の黒ずみの原因は、保護色発現の結果であるとの仮説を立てた。例えば、光の届かない深海では、ヌタウナギをはじめ多くの魚種の体色が白い傾向にある。これは、暗黒の世界では体色によって外敵から身を守る必要がないことを意味している。そして、やや浅い緑色光や青色光の届く水深 15m までの水域では、魚の体色は赤くなる傾向にある。これは、青色と緑色光を吸収し体色を黒くすることで、保護色とするためである。では、なぜはじめから体色を黒色化しないのか。

マダイの体表の赤色成分はアスタキサンチンで、甲殻類の摂取を通して体表面に蓄積する。それに対し、黒い色はメラニンで、チロシンを前駆物質として生合成されたものである。2種の色の成分を用いる場合、赤色素を選択した方が経済的である。やや水域に生息するマダイが、赤色を呈するのはそのためである。

さて、浅い水域で観察される魚類の体色は黒いものも多く見受けられる。浅い水域では、白色光が差し込むため、体色をあらかじめ黒色化して自身の身を外敵から保護せざるを得なくなったのではないだろうか（図7）。

上記仮説を検証するために、光単一環境を自作してマダイの体色の変化を観察した。今回は、図8に示すような赤・緑・青の各光が単一に水槽内に届くよう水槽の周囲を各色のフィルターで覆う装置を考案した。水槽は、自作のオーバーフロー水槽を用い、水温は 25℃に調節した。給餌は、1日一回の手撒きとした。色の評価法については、無料のソフト「色の辞典」を使用した。また、測定部位は、色が均一な尾びれの部分の色調を測定した。結果を図9、図10に示した。また、体色の評価を簡略化するため、図11には CMYK カラーモードの割合を示した。図12に示したマダイは、様々な光環境のもとで管理したものである。水槽ごとの個体の体色全体の色合いを観察すると、青色環境下で管理した個体は、赤色環境下で管理した個体と比較して黒色化が進んでいないことが確認できる。しかし、青色環境下で管理した個体と天然個体とを比較すると、若干赤色の発色が進んでいない。上述した色調の評価結果については、黒の割合が少なかった。



図6 天然の個体(左)・養殖した個体(右)

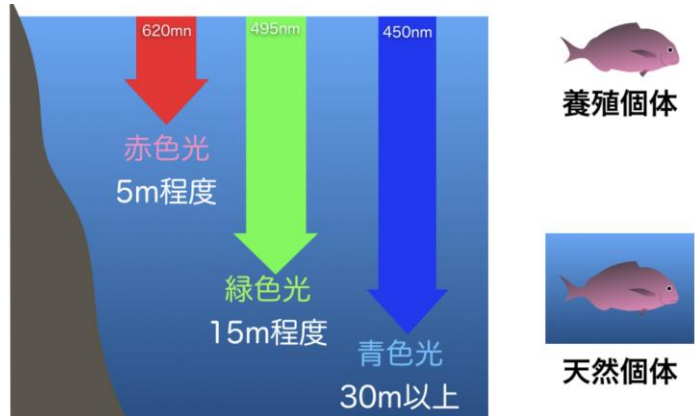


図7 水深に伴う養殖個体と天然個体の体色の違い

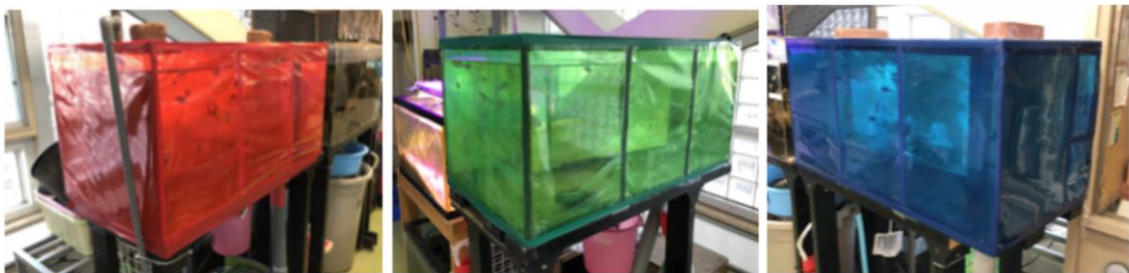


図8 考案した装置

今回の結果から、緑色光または青色光環境のもとで管理したマダイが鮮やかな赤色を呈した場合は、光環境を整えるといった単純な管理方法で成果が得られる可能性が高まった。今後は、実験の精度を高めるために、図 12 に示したような環境を整えて、実験を進めている。また、色調の個体差を把握するために、調査する個体数を増加させるとともに、評価方法についての再検討や標本の作製などを進めたい。

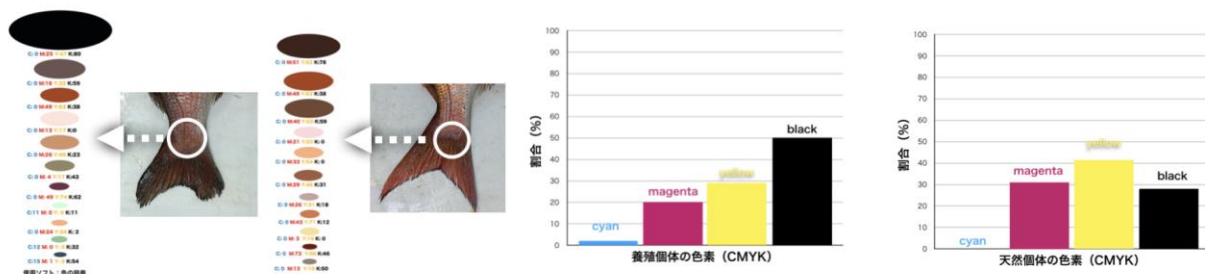


図9 養殖個体の色調 図10天然個体の色調 図11養殖個体と天然個体のCMYKカラーモードの割合

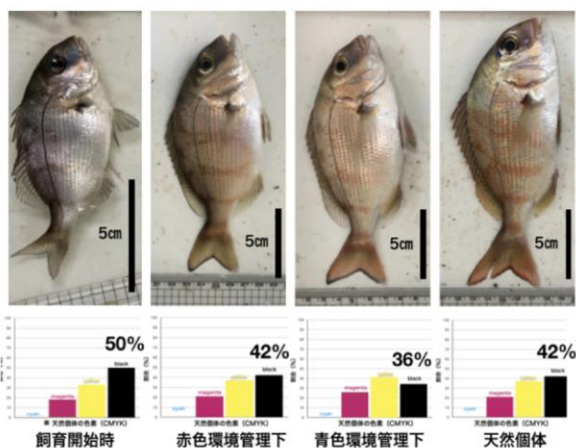


図12各波長の光を照射して飼育したマダイと各々のCMYKカラーモードの割合



図13改良型の飼育装置
1 暗黒・2 赤色・3 青色・4 LED白色光

3 まとめ

ヒラメでは、緑色光照射のもとで低水温・浅い水深・低濃度の海水中でも成長促進効果が見られた。マダイについては、光による成長促進効果は確認できなかった。しかし、青色光照射下飼育条件において体表が赤みを帯び、赤色光照射条件において体表が黒みを帯びる傾向を確認できた。

謝 辞

本教育活動を実施するにあたり、器具作成指導から実験材料の調達に携わってくださったNPO 日本養殖振興会齊藤浩一代表、研究に関する基礎をご指導くださった北里大学高橋明義教授、水澤寛太准教授、魚類の飼育に関するご指導をくださった近畿大学家戸啓太郎教授、本研究を進めるにあたり支援をしてくださった中谷医工計測技術振興財団に深く感謝申し上げます。

参考文献

- 熊井英水 (2000) 新装版 海産魚の養殖, 文昇堂, 114
- 山野目健, 高橋明義 (2009) 光環境と魚類生理マツカワの無眼側黒化から成長促進へ, 比較内分泌学 vol. 35, No. 133, 93-98