

令和 6 年 6 月 6 日現在

機関番号：11101

研究種目：挑戦的研究（萌芽）

研究期間：2021～2023

課題番号：21K19131

研究課題名（和文）近赤外光を利用した寒冷地における陸上養殖，種苗生産の省エネ技術研究

研究課題名（英文）Research on energy-saving techniques for land-based aquaculture and seedling production in cold regions utilizing near-infrared light.

研究代表者

桐原 慎二（Kirihara, Shinji）

弘前大学・地域戦略研究所・特任教授

研究者番号：60519594

交付決定額（研究期間全体）：（直接経費） 4,900,000円

研究成果の概要（和文）：陸上養殖の省エネ技術開発を目的に，調温海水を循環させた水槽中のヒラメ，キツネメバルに近赤外線を照射し，魚体と水槽水の温度差や体重増加量を調べた。この結果，温度差は近赤外線照射と同時に増加し1 前後に達したが，照射しない対照区では変化がなかった。近赤外線を照射した稚魚の体重増加量は，キツネメバルでは対照区との有意差($p<0.05$)がなかったが，ヒラメでは飼育19日目以降から有意差が認められた。さらに，表皮の反射スペクトルを解析した結果，両種とも近赤外線の吸収が確かめられた。これから，近赤外線を飼育魚に照射することで，表皮から吸収され魚体温が上昇し，ヒラメでは成長が促進される可能性が考えられた。

研究成果の学術的意義や社会的意義

水には比較的吸収されにくいメラニンやヘモグロビンにはよく吸収される近赤外線を，水中の魚類に照射することで魚体温が上昇することやヒラメでは成長が促進されることが確かめられた。また，近赤外線カメラやスペクトルメーターを用いた観察から，魚体表皮での近赤外線の吸収が確かめられた。寒冷地にある魚類の陸上養殖や種苗生産では，低温による成長や活力の低下防止，親魚の成熟促進のためなどに多額の光熱費をかけて飼育水を加温している施設がある。本研究を通じて飼育水を加温することなく魚体温を昇温させる省エネ手法を示すことができた。今後，陸上養殖のコスト削減のほか調温が困難な海面養殖の生産性向上への応用も期待できる。

研究成果の概要（英文）：For the purpose of developing energy-saving techniques for land-based aquaculture, olive flounder (*Paralichthys olivaceus*) and fox rockfish (*Sebastes vulpes*) in tanks with temperature-controlled seawater were irradiated with near-infrared rays to investigate the temperature difference between the fish body and the tank water, the amount of weight gain. As a result, the temperature difference increased concurrently with near-infrared irradiation, reaching approximately 1°C, while no change was observed in the control group without irradiation. cultivation onwards. Furthermore, analysis of the epidermal reflection spectra confirmed absorption of near-infrared rays in both species. These results suggest that irradiating cultured fish with near-infrared rays may have increased the fish's body temperature by absorption through the epidermis, consequently promoting the growth of olive flounder.

研究分野：水産科学，応用藻類学

キーワード：陸上養殖 種苗生産 省エネ技術 近赤外線 魚体温度 ヒラメ キツネメバル

1. 研究開始当初の背景

寒冷地にある魚類の陸上養殖や種苗生産では、成長促進、斃死防止、親魚の成熟促進などを目的に飼育水を加温する施設がある。加温にはボイラやヒーターが用いられることが多いが、その場合、設備費や多額の光熱費を要している。また、河川水を利用したサケ *Oncorhynchus keta* の種苗生産や掛け流し式養殖、海面養殖では、飼育水の加温が経済的理由から困難である。一方、近赤外線は、水には比較的吸収されにくい、ヘモグロビンなどの血中色素やメラニンにはよく吸収されるため、魚体に照射することで飼育水を加温することなく魚体を直接温められる可能性がある。このことに注目し、本研究の担当者は、これまで近赤外線の照射によって水中の肉片や死魚が概ね理論値どおり昇温すること、サケの受精卵や稚魚の発眼率や成長が向上することなどを確かめており、関連する発明で特許を出願してきた(特許第 6535864 号, 特開 2023-053100)。

2. 研究の目的

種苗生産施設での飼育水の加温に係る省エネ技術の開発を目的に、近赤外線による魚体温の昇温について効果を検証し、機序を検討した。具体的には、寒冷地においても種苗が生産されるヒラメ *Paralichthys olivaceus* とキツネメバル *Sebastes vulpes* の稚魚を対象に、調温海水を循環させた水槽水中で近赤外線を照射し、魚体温の変化と成長を調べた。また、両種稚魚の表皮おける反射スペクトルを測定し、近赤外線の吸収を比較した。

3. 研究の方法

青森県栽培漁業振興協会が生産し、(公財)環境科学技術研究所にある 15°C の調温海水を循環させた水槽で飼育したヒラメ、キツネメバル稚魚を供試した。

(1) 近赤外線を照射したヒラメ、キツネメバルの魚体温変化

2022 年 12 月にフェノキシエタノールを用いて麻酔した標準体長が 10 cm 前後の 6 個体 (供試魚 a-f) 及び 15 cm 前後の 2 個体 (同 g, h) のヒラメ稚魚、標準体長が 10 cm 前後の 6 個体のキツネメバル稚魚 (同 i-n) を実験に供した (表 1)。供試魚 a-f, i-n については、口から消化管を貫通させ魚体中央部の脊椎骨付近に熱電対を挿入したのち、各々 3 個体ずつ 2 列になるよう結束バンドでプラスチック製網板に固定した (図 1)。供試魚 g, h については 1 個体ずつ 2 列に網板に固定し、魚体中央とそれより頭部、尾部寄りの 3 部位の脊椎骨近傍に体表から熱電対を挿入した。水中ポンプ (EHEIM Universal Pump 1260) と 5°C に設定した海水調温器 (ゼンスイ ZR-75E) を取り付け 50L の海水を循環させた水槽に、供試魚上面の水深が 5cm になるように垂下した (図 1)。各供試魚の 1 列の直上に近赤外線 LED 灯 (EnergyPower S8100 波長 850nm 12W) を 1 基据えた。水槽の水温測定のため、供試魚近傍にも熱電対を垂下した。熱電対をロガー (Graphtec GL220) に接続し、魚体と水槽水との温度差 (以下、温度差) を 0.1°C の精度で 1 秒ごとに記録した。供試魚 a-f については、その 1 列に近赤外線を 10 分または 20 分間隔で 3 回照射し実験区とし、他方は対照区として 80 分間温度差を求めた。その他の供試魚については、1 列ごとに交互に近赤外線を 30 分間ずつ照射し、100-110 分間温度差を記録した。

表 1 供試魚の標準体長と体重.

種	供試魚*	標準体長 (cm)	体重 (Wet-g)
ヒラメ	a	12	10.2
	b	9	8.4
	c	10.1	9.7
	d	9.7	9
	e	9.1	9.2
	f	9.4	8.9
	g	16.3	54.8
	h	14.5	39.6
キツネメバル	i	10.7	32.6
	j	10.7	32.9
	k	10.4	28.5
	l	9.8	25
	m	10.5	29.2
	n	10	24.1

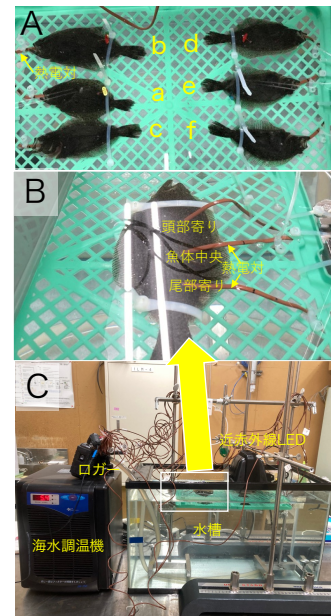


図 1 実験に供したヒラメ供試魚 (A, B) 及び水槽の外観 (C).

(2) 近赤外線を照射したヒラメ、キツネメバルの成長
背鰭付近にタグピンを打ち込み個体標識した標準体長が 7-8 cm のヒラメ稚魚、5 cm 前後のキツネメバル稚魚を実験に供した。飼育水の温度を 15°C から 1 日に 1°C ずつ低下させ、10°C に到達した 3 日後の 2021 年 12 月 6 日に濾過装置 (EHEIM Classic2260) と 10°C に設定した海水調温器 (ゼンスイ ZR-75E) を 2 基ずつ取り付けた 2 組の 200L 水槽に角カゴ (セキスイ メロウタイム 360mm × 480mm × 165mm) を 2 個ずつ垂下し、1 組の水槽の角カゴにはヒラメ稚魚を 20 個体ずつ、他の水槽の角カゴにはキツネメバル稚魚を 21 個体ずつ収容した (図 2)。各水槽の一方の角カゴ直上にあつて水面から 10 cm の高さに 3 基の近赤外線 LED 灯 (EnergyPower S8100 波長 850nm 12W) を据え、実験を通じて近赤外線を照射し実験区とした。他方の角カゴ直上には LED 灯と同じサイズの黒色の箱を据え対照区とした。実験開始から 123 日後に当たる 2023 年 4 月 8 日まで概ね週に 5 回計 83 回、両区のヒラメ供試魚に 1.0-2.7g ずつ、キツネメバル供試魚

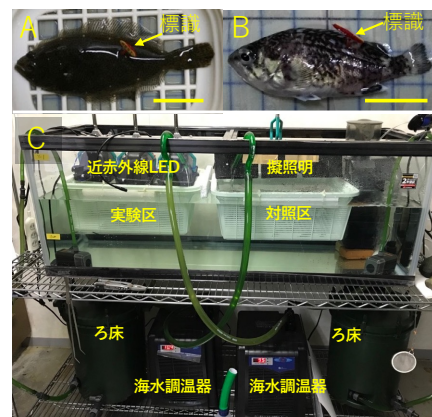


図 2 近赤外線照射魚の成長実験に供したヒラメ稚魚 (A)、キツネメバル稚魚 (B) 実験水槽 (C) の外観。バーは長さ 2cm を表す。

には 0.5-2.5g ずつ両区等量の配合飼料(日清丸紅餌料 EPF2)を給餌した。残餌は給餌直前に水網で除去した。2021年12月25日, 2022年1月24日, 2月17日, 3月11日, 4月8日に供試魚の標準体長と体重を測定し, 個体ごとに標準体長と体重の増加量を求め, t検定の2群間比較により両区間の有意差を検定した。日記水温計(Onset TidbiT v2)を用いて15分ごとに水槽水の水温を, 週ごとに計18回水槽水を採取し TOC計(SHIMAZU TOC-V)とイオンクロマトグラフィー(Thermo Scientific ICS2100)を用いて全有機炭素(TOC)と無機態窒素の濃度をそれぞれ測定した。

(3) ヒラメ, キツネメバル表皮による近赤外線反射

標準体長が 8-9 cm前後の各々5個体のヒラメ及びキツネメバルの稚魚を実験に供した。2023年11月に供試魚の頭部付け根部の脊椎を鋏で切断し, ペーパータオルで表面の水分を拭い高演色LED(KYOCERA CSL-S50B)照射下でデジタルカメラを用いて, 近赤外線LED(EnergyPower S8100 波長 850nm 12W)照射下でマルチスペクトルカメラ(Monarch II EVK UNS54000)を用いて魚体の画像を撮影した。各供試魚の撮影には同じ光学系, 露光時間を用いた。そのうち, ヒラメの有眼側及び無眼側, キツネメバルの左側面の表皮をピンセットとメスを用いて剥離摘出しスライドガラス上に平坦になるよう貼り付け, 反射スペクトル測定試料とした(図3)。各試料の中央部にハロゲンランプ(日本ピーアイ COLDSPOT PIS-UHX)光を入射角が45度になるよう照射し, その正反射光をスペクトルメータ(MIGHTEX 社製 HRS series)で受光し反射スペクトルを求めた(図4)。同様の方法で求めた標準反射板(Zenith polymer SG3051)の反射スペクトルに対する各試料の反射スペクトルから波長 0.25nm ごとに反射率を計算した。このうち, 波長 850-851nm の反射率を Turkey HSD 法により試料間で多重比較検定した。なお, ヒラメ無眼側の試料については, いずれも黒化していない部位にハロゲン光を照射した。

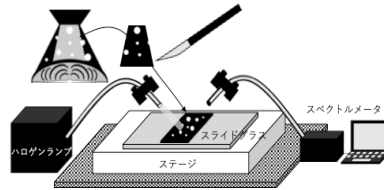


図4 表皮の反射スペクトル測定模式図

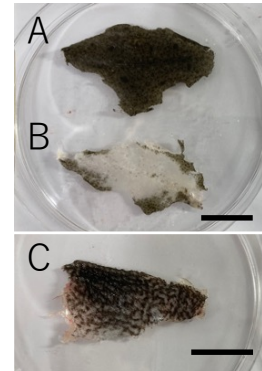


図3 ヒラメ有眼側(A)及び無眼側(B), キツネメバル(C)の表皮の剥離抽出試料。バーは長さ2cmを表す。

4. 研究成果

(1) 近赤外線を照射したヒラメ, キツネメバルの魚体温変化

① ヒラメ稚魚の魚体温変化

対照区とした供試魚 d-f の温度差は, 平均 0.30°C (SD 0.07) - 0.39°C (SD 0.09) の範囲にあって, 明瞭な傾向を示さなかった(図5, B)。これに対して, 実験区とした供試魚 a-c の温度差は, 3回の近赤外線の照射時にいずれも拡大し(図5, A), 1-3回目に各々 0.6°C - 1.0°C , 0.5°C - 1.3°C , 0.6°C - 1.4°C の範囲で最大値を示した。それらの温度差は, 近赤外線の照射停止後に縮小し, 照射停止直後に比べ10分後には 0.4 - 0.6°C の範囲で低い値を示した。

近赤外線を30分間ずつ交互に照射した供試魚 g, h の温度差は, 魚体中央, 頭部及び尾部寄りの3部位とも概ね同様の変化を示し, 照射開始から10分前後までは直線的に拡大し, その後, 緩やかに拡大した(図6)。魚体中央, 頭部及び尾部寄りの3部位の温度差は, 供試魚 g では各々 0.5°C , 0.7°C 及び 0.9°C , 供試魚 h では各々 0.9°C , 0.9°C 及び 0.8°C で最大値を示した。各部位の温度差は, 近赤外線の照射停止から概ね10分後にかけて直線的に縮小し, 照射停止直後に比べ10分後には供試魚 g で 0.4 - 0.6°C , 供試魚 h ではいずれも 0.5°C 低い値を示した。照射停止から10分以降には温度差に明瞭な変化が見られなくなった。

② キツネメバル稚魚の魚体温変化

近赤外線を30分間ずつ交互に照射した供試魚 i-k 及び l-n の温度差は, 近赤外線照射から10-15分後にかけて直線的に拡大し, 供試魚 i-k で 0.5°C - 0.8°C , 供試魚 l-n では 0.8°C - 0.9°C で最大値を示した(図7)。その後, 照射を停止するまでの間に温度差の拡大が緩やかになった。温度差は, 近赤外線の照射停止後から10-15分後にかけていずれの供試魚とも縮小し, 停止直後に比べ10分後には, 供試魚 i-k で 0.4°C - 0.6°C , 供試魚 l-n ではいずれも 0.4°C 低い値を示した。

③ 近赤外線照射による魚体温の上昇速度

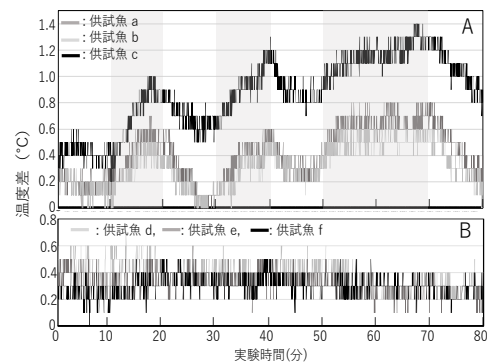


図5 ヒラメ供試魚 a-f の魚体温と水槽水の温度差の変化。着色部分は近赤外線照射時間。

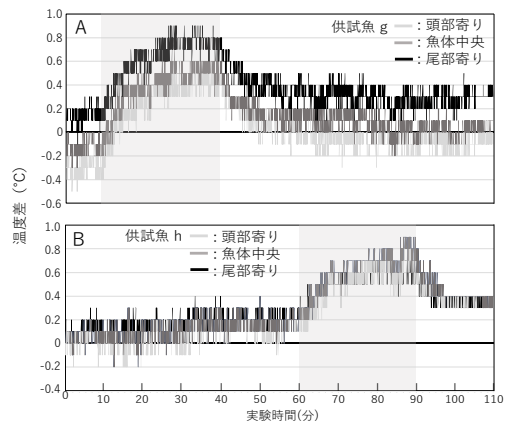


図6 ヒラメ供試魚 g, h の魚体温と水槽水の温度差の変化。着色部分は近赤外線照射時間。

温度差が直線的に拡大した近赤外線照射開から 10 分間について照射時間(分)と温度差(°C)の単回帰式を求め(表 2), 各式の回帰係数をこの間の温度差の拡大速度とみなして比較した。拡大速度は, 供試魚 a-c の 1-3 回目の照射で各々 0.030-0.058°C/min, 0.034-0.047°C/min, 0.019-0.036°C/min の範囲にあって, 照射回数を経るに従い低下する傾向が見られた。拡大速度は, 供試魚 g, h の魚体中央で各々 0.047°C/min, 0.042°C/min であり, 供試魚 a-c の 1 回目の照射結果の範囲にあった。したがって, 体重 10g 前後, 50g 前後のヒラメ稚魚の間で, 拡大速度には顕著な差異が認められなかった。また, 供試魚 g, h の頭部寄り, 魚体中央, 尾部寄りの拡大速度に部位による明瞭な差異がみられなかった。供試魚 i-n の拡大速度は, 0.014-0.027°C/min の範囲にあって, 供試魚 a-h の 1 回目の照射結果より低い値を示した。したがって, 本結果からは, 近赤外線の照射による魚体温の上昇速度は, ヒラメ稚魚に比べキツネメバル稚魚では遅い結果が示された。

(2) 近赤外線を照射したヒラメ, キツネメバルの成長

① 水温と水質

ヒラメ及びキツネメバル飼育水槽の水温は実験を通じて各々平均 10.5°C(SD 0.23)及び 10.6°C(SD 0.26)であった。TOC, NO₃-N 濃度は, 両水槽水とも 3 月まで各々 2.7mg/L 前後, 50-70mg/L 前後まで増加した。NO₂-N, NH₄-N はいずれも検出限界以下であった。

② ヒラメ稚魚の成長

供試魚の斃死は, 対照区にのみ実験 15 日目と実験終了直前に 1 個体ずつ観察された。供試魚の標準体長と体重の平均値は, 実験開始時に実験区で各々 7.8cm(SD 0.63), 6.8g(SD 1.4), 対照区で 7.5cm(SD 0.59), 7.1g(SD 1.6)であったが, 実験終了時に実験区で 9.0cm(SD 0.49), 9.8g(SD 1.7), 対照区で 8.8cm(SD 0.49), 9.2g(SD 1.6)となった(図 8)。標準体長は, 実験を通じて実験区, 対照区が各々平均 1.3 cm, 1.4 cm 増加したが, 両区間の増加量に有意差($p<0.05$)がなかった。一方, 体重増加量の平均値は, 実験区では実験 19 日, 49 日, 95 日及び 123 日目に各々 0.3g(SD 0.76), 1.4g(SD 0.80), 2.4g(SD 1.3)及び 3.0g(SD 1.5)となつて, 対照区の -0.29g(SD 0.40), 0.69g(SD 0.61), 1.7g(SD 0.8)及び 1.9g(SD 1.1) に対して有意($p<0.05$)に高い値を示した。実験 19 日目には実験開始時に比べ体重が減少した供試魚が認められ, その割合は, 実験区の 45.0%に対し, 対照区では 78.9%となり, 対照区で高い値を示した(図 9)。また, 実験終了時の体重増加量の最大値と最頻値区間は, 実験区では 7.1g と 2.5-3.0g の区間にあったのに対して, 対照区が各々 4.5g と 1.0-1.5g の区間にあって, 実験区が対照区に比べ高い値を示した。

③ キツネメバル稚魚の成長

供試魚の斃死は, 対照区に 1 個体みられた。供試魚の標準体長と体重の平均値は, 実験開始時に実験区で各々 5.2cm(SD 0.27), 4.4g(SD 0.55), 対照区で 5.2cm(SD 0.39), 4.4g(SD 0.62)であったが, 実験を通じていずれも増加し, 実験終了時には実験区で 6.5cm(SD 0.40), 8.7g(SD 1.8), 対照区で 6.3cm(SD 0.28), 8.6g(SD 1.1)となった(図 10)。供試魚は, 実験を通じて標準体長が実験区, 対照区で各々平均 1.3 cm, 1.0 cm 増加し, 体重が各々平均 4.3g, 4.1g 増加したが, それらの増加量に両区間での有意差($p<0.05$)は認められなかった。実験 19 日目には実験開始時に比べ体重が減少した供試魚が実験区, 対照区で各々 19.0%, 4.8%の割合で認められ, 実験区で高い

(3) ヒラメ, キツネメバル表皮による近赤外線の反射

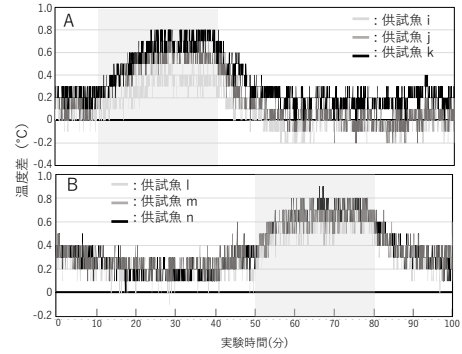


図 7 キツネメバル供試魚の魚体温と水槽水の温度差の変化。着色部分は近赤外線照射時間。

表 2 近赤外線を 10 分間照射したヒラメ, キツネメバル稚魚の照射時間(分)と魚体と水槽水の温度差(°C)の回帰式。

種	供試魚*	照射回数	照射部位	回帰係数	切片	決定係数
ヒラメ	a	1回目	魚体中央	0.0578	0.423	0.772
		2回目	魚体中央	0.0473	0.676	0.838
		3回目	魚体中央	0.0361	0.925	0.657
	b	1回目	魚体中央	0.0403	0.220	0.649
		2回目	魚体中央	0.0366	0.184	0.689
		3回目	魚体中央	0.0317	0.422	0.616
	c	1回目	魚体中央	0.0301	0.166	0.588
		2回目	魚体中央	0.0336	0.122	0.707
		3回目	魚体中央	0.0185	0.375	0.390
	g	1回目	魚体中央	0.0467	0.155	0.778
		1回目	頭部寄り	0.0473	0.004	0.770
		1回目	尾部寄り	0.0449	0.244	0.782
h	1回目	魚体中央	0.0417	0.118	0.754	
	1回目	頭部寄り	0.0461	0.187	0.835	
	1回目	尾部寄り	0.0316	0.242	0.729	
キツネメバル	i	1回目	魚体中央	0.0177	0.845	0.706
	j	1回目	魚体中央	0.0211	0.246	0.765
	k	1回目	魚体中央	0.0265	0.255	0.844
	l	1回目	魚体中央	0.0140	0.346	0.457
	m	1回目	魚体中央	0.0136	0.446	0.458
	n	1回目	魚体中央	0.0161	0.453	0.600

*、表 1 を参照

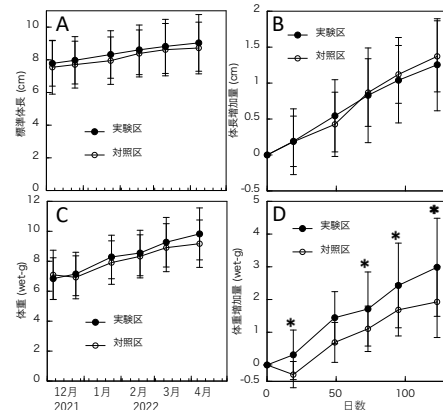


図 8 ヒラメ供試魚の標準体長(A), 体長増加量(B), 体重(C), 体重増加量(D)の変化。縦棒は標準偏差。*は有意差($p<0.05$)を表す。

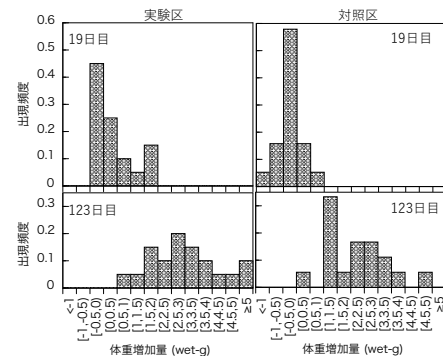


図 9 実験 19, 123 日目の実験区(左)と対照区(右)のヒラメ供試魚の体長増加量の出現頻度。

4.8%の割合で認められ, 実験区で高い

高演色 LED 及び近赤外線 LED 照射下で撮影した供試魚の画像を(図 12)に示した。近赤外線照射下でヒラメの有眼側は、高演色照射下で白斑点が見られた部位を含め、魚体全体が黒色を呈した。これに対して、無眼側は、近赤外線照射下で背鰭、腹鰭やそれに接する黒化部位では黒色を呈したが、黒化していない部位では白色または灰色を呈した。キツネメバルでは、高演色照射下で観察された黒斑や白斑が近赤外線照射下でも確認できた。標準反射板に対する各試料の波長別の反射率を図 13 に示した。ヒラメ有眼側試料の反射率は、波長 450nm 域において 23%の最大値を示した 1 試料を除き、波長 450-800nm 域で 10-18%の範囲にあって明瞭な傾向を示さなかった。これに対して無眼側試料の反射率は、波長 450-500nm 域において 25-43%で最大値を示し、波長が 500nm を超えるに従って次第に減少した。キツネメバル試料の反射率は、ヒラメのそれに比べ個体差が大きく、波長 450-800nm 域において反射率が 26-28%前後または 37%前後にあって明瞭な傾向を示さない試料、480nm 域で最大値を示し波長域が長くなるに従い減少する試料、それとは逆に波長が長くなるに従い増加する試料など多様であった。これらのうち、近赤外域に当たる波長 850-851nm における反射率は、ヒラメ有眼側、無眼側、キツネメバルの各試料で各々平均 12.0%、18.7%、26.8%を示し、多重比較検定の結果、ヒラメ有眼側試料がキツネメバル試料に比べ 5%水準で有意に低い値を示した(図 14)。

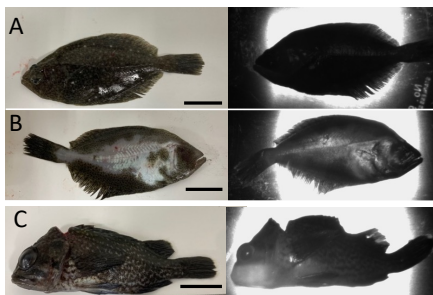


図 12 ヒラメの有眼側(A)及び無眼側(B)、キツネメバル(C)の高演色下(左)、近赤外線下(右)の画像。バーは長さ 2cm を表す。

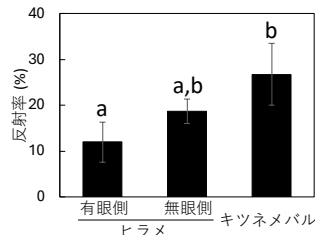


図 14 ヒラメ、キツネメバルの表皮試料の波長 850-851nm の反射率。異符号間は Turkey HSD 検定で 5%水準での有意差を示す。

(4) まとめ

麻酔したヒラメ、キツネメバル稚魚の脊椎付近の魚体温は、近赤外線の照射時に周囲の水温に対して上昇したが、照射停止と同時にそれらの上昇が解消され、また、照射しない場合顕著な変化がなかった(図 5-7)。近赤外線の照射と水中の稚魚の芯部温度との間に明らかな関係が認められたことから、近赤外線は水中の魚体を加温する作用があり、照射によって飼育水を加温することなく魚体温を昇温させられると考えられた。

ヒラメ、キツネメバルの飼育稚魚に近赤外線を照射し成長を比較した結果、ヒラメでは照射による有意な体重増加が認められた(図 8, 9)。このことから、近赤外線が低水温期におけるヒラメ種苗の成長促進に利用できる可能性が示唆された。これに対して、キツネメバル稚魚では照射による有意な成長差がみられなかった(図 10, 11)。この理由には、飼育稚魚の上方から近赤外線を照射したため(図 2)、異体類であるヒラメに比べキツネメバル稚魚では投影面積が小さく受光量が少なかった可能性のほか、キツネメバルでは近赤外線照射による魚体温の上昇の程度や速さがヒラメに比べ低かったこと(図 7, 表 2)、表皮の近赤外線域の反射率がヒラメのそれに比べ大きかったこと(図 12-14)から、両種の近赤外線の吸収特性の違いが影響した可能性も考えられる。近赤外線照射による魚体の昇温や成長促進の効果について、種間較差が推察されたことから、種苗生産への近赤外線利用には、対象とする種ごとに近赤外線の吸収特性を含めた有効性を評価、検証すべきと考えられた。

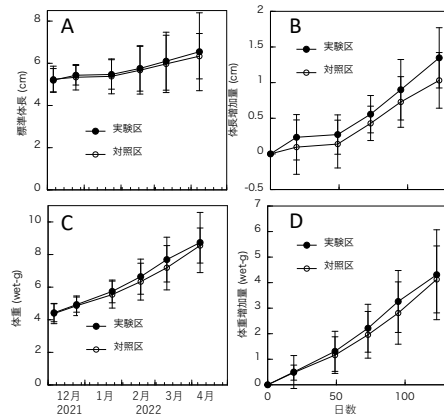


図 10 キツネメバル供試魚の標準体長(A)、体長増加量(B)、体重(C)、体重増加量(D)の変化。縦棒は標準偏差。

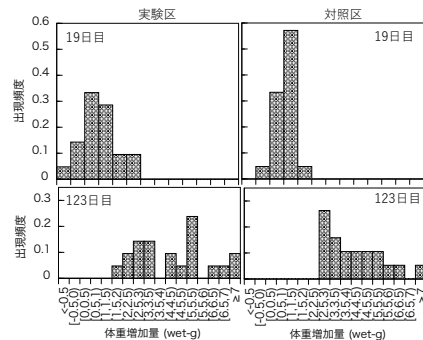


図 11 実験 19, 123 日目の実験区(左)と対照区(右)のキツネメバル供試魚の体長増加量の出現頻度。

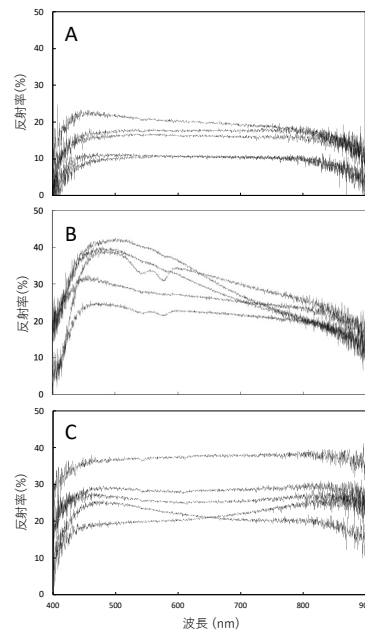


図 13 ヒラメ有眼側(A)及び無眼側(B)、キツネメバル(C)の表皮試料の反射スペクトル。

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計0件

〔学会発表〕 計2件（うち招待講演 0件 / うち国際学会 0件）

1. 発表者名 桐原慎二・石川義朗・小畠秀和
2. 発表標題 近赤外線を用いた省エネ種苗生産技術の開発 近赤外線照射稚魚の成長.
3. 学会等名 日本水産学会
4. 発表年 2023年

1. 発表者名 小畠秀和・石川義朗・桐原慎二
2. 発表標題 近赤外線を用いた省エネ種苗生産技術の開発 魚類の光吸収特性と体温変化.
3. 学会等名 日本水産学会
4. 発表年 2023年

〔図書〕 計0件

〔産業財産権〕

〔その他〕

-

6. 研究組織

	氏名 (ローマ字氏名) (研究者番号)	所属研究機関・部局・職 (機関番号)	備考
研究分担者	小畠 秀和 (Kobatake Hidekazu) (10400425)	同志社大学・研究開発推進機構・教授 (34310)	
研究分担者	石川 義朗 (Ishikawa Yoshio) (90715484)	公益財団法人環境科学技術研究所・環境影響研究部・研究員 (81103)	

7. 科研費を使用して開催した国際研究集会

〔国際研究集会〕 計0件

8 . 本研究に関連して実施した国際共同研究の実施状況

共同研究相手国	相手方研究機関
---------	---------