ヒラメ稚魚の無眼側の体色異常に及ぼす 飼育密度と飼餌料の影響

高橋 庸一

(1993年12月14日受付)

Influence of Stocking Density and Food at Late Phase of Larval Period on Hypermelanosis on the Blind Body Side in Juvenile Japanese Flounder

Yoh-ichi Takahashi^{*1, 2}

The influence of stocking density and food on hypermelanosis on the blind body side was investigated at the final phase of larval period in Japanese flounder *Paralichthys olivaceus*. Four stocking densities, 1,000, 5,000, 10,000, and 30,000 fish/m³ and two types of food, commercially produced artificial diet and *Artemia* nauplii, were tested. 27 days-old larvae (11.5 mm in total length) accommodated in the 100 l experimental tanks were reared under the above density and food conditions until age 42 days (about 20 mm TL). Pigmentations on the blind and ocular body sides of harvested juveniles were classified into 4 types of coloration.

Higher stocking density and the artificial diet reduced the occurrence of normally colored fish (% NC) on the blind side. Stocking densities appeared to have no effect on % NC on the ocular side, while feeding of *Artemia* nauplii resulted in a lower % NC. These results suggest that current methods of mass-production of seedling should be improved to prevent hypermelanosis of the blind body side in Japanese flounder.

キーワード: ヒラメ, 無眼側, 体色異常, 飼育密度, 飼餌料

ヒラメ *Paralichthys olivaceus* 人工種苗の有眼側体色異常(白化)の防除については、これまで多くの研究が行われてきた。¹⁻⁷⁾ これらの成果が量産現場へ応用されたことに加え、現場サイドでの親魚の養成技術開発による卵質の向上や、種苗の飼育技術の向上などにより、有眼側の体色異常は、実用面ではほとんど問題なく防除できるようになってきた。⁷⁾

一方、人工種苗には無眼側の体色異常、いわゆる黒化も高い頻度で出現する。⁸⁾ この異常は、放流した人工種苗の標識⁹⁾ *³として利用されているが、黒化の防除を目的として行われた試験⁹⁾ *⁴は少なく、ほとんどが有眼側体色異常の防除試験の一部として報告されているに過ぎない。^{7, 10)} しかし、ヒラメ成魚の無眼側に出現する色素は、商品価値の低下をもたらすなど、経済面での問題が大きく、早急な防除対策の確立が望まれている。本報告では、飼育密度と飼餌料に焦点を絞り、種苗生産期にお

ける浮遊期後期の飼育方法が無眼側の体色異常出現に与える影響を検討した。

実験方法

実験区の設定 実験区は、飼育密度と飼餌料を変えた5区を設定した(Table 1)。飼育密度の試験として、試験開始時の仔魚の収容密度を変えた低密度区、対照区(中密度区)、および高密度区の3区を設けた。対照区の収容密度は、種苗生産時において着底直後(発育ステージHb~I¹¹⁾)の標準的な飼育密度とされている10,000尾/m³とした。低密度区および高密度区の収容密度は、効果を明確にするために、それぞれ1,000尾/m³および30,000尾/m³とした。

餌料試験として、主として配合飼料を与える配合飼料区と、アルテミア幼生を与える生物餌料区の2区を設けた。配合飼料区では、餌料系列を密度試験と同じにし、

*1 日本栽培漁業協会小浜事業場 (Japan Sea-Farming Association, Obama Station, Obama, Fukui 917-01, Japan).

*2 現所属: 日本栽培漁業協会八重山事業場 (Present address: Japan Sea-Farming Association, Yaeyama Station, Ishigaki, Okinawa 907-04, Japan).

*3 太平洋海域ヒラメ班: 平成3年度 放流技術開発事業報告書, pp. 岩 1-33 (1992).

*4 青海忠久: 異体類人工種苗の体色異常の発現に関する研究. 平成元年健康育苗育成技術開発委託事業報告, 1-12 (1989).

Table 1. Comparison of survival rate and total length of *P. olivaceus* juveniles

Experimental lots and tank No.	Initial No. of fish (per m ³)	Survival rate (%)	Total length (mm) Mean $\pm$ SD
Low density			
No. 1	100 (1,000)	90.0	20.3 $\pm$ 2.7
No. 2	100 (1,000)	96.0	21.6 $\pm$ 3.3
Total	200	93.0	21.0 $\pm$ 3.1
Middle density (Control)			
No. 1	1,000 (10,000)	85.8	18.7 $\pm$ 2.9
No. 2	1,000 (10,000)	87.9	19.3 $\pm$ 2.6
Total	2,000	86.9	19.0 $\pm$ 2.8
High density			
No. 1	3,000 (30,000)	89.4	17.9 $\pm$ 1.8
No. 2	3,000 (30,000)	80.0	18.4 $\pm$ 2.5
Total	6,000	84.7	18.2 $\pm$ 2.2
Artificial diet			
No. 1	500 (5,000)	29.6	18.1 $\pm$ 2.0
No. 2	500 (5,000)	95.0	19.9 $\pm$ 3.2
Total	1,000	62.3	19.1 $\pm$ 2.8
Food organism			
No. 1	500 (5,000)	91.2	19.7 $\pm$ 2.4
No. 2	500 (5,000)	95.0	19.4 $\pm$ 2.2
Total	1,000	93.1	19.5 $\pm$ 2.3

NS: Not significant. *: $p < 0.05$, **: $p < 0.01$, ***: $p < 0.001$.

密度試験の一部としても設定した。このため、餌料試験では仔魚の収容密度を 5,000 尾/m³ とした。なお、各実験区とも 2 水槽ずつ設け、それぞれ No. 1, No. 2 とした。

供試魚 供試魚は、1993 年に行った種苗生産の過程で得られたもので、全長 10 mm から開始した配合飼料への餌付け¹²⁾を終了した段階で試験に供した。なお、種苗生産は、日本栽培漁業協会宮津事業場で得られた受精卵を用い、4 月 7 日に 50 m³ 水槽へふ化仔魚 246 万尾（飼育密度 6.15 万尾/m³）を収容して飼育を開始したもので、種苗生産方法の詳細は既報^{12, 13)}に準じた。

飼育方法 飼育には、透明 100 l ポリカーボネイト水槽 10 面を用いた。水槽は屋内に設置し、水槽上部の天井を寒冷沙（遮光率 95%）で覆った。換水は濾過海水により行い、仔稚魚の成長に合わせ 4~6 回転/日まで適宜増加させた。水温は、18°C を維持するように 150 W の石英管ヒーターにより加温した。試験期間における各実験区の平均水温と積算水温の範囲は、密度試験ではそれぞれ 17.9~18.0°C, 286.8~287.6 D°, 餌料試験では 17.7~18.0°C, 283.0~288.2 D° にあり、ほぼ均一な水温条件を維持した。

密度試験と餌料試験の配合飼料区では、飼餌料として市販の初期飼育用配合飼料（協和醸酵社製）を用い、仔稚魚の成長に合わせ粒径の異なる 2~3 種類を混合して与えた。¹²⁾ 配合飼料の投餌回数は、浮遊期は 6 回/日とし、夕方最終の餌料としてアルテミア幼生を 50~100 個体/尾の見当で与えた。着底以降は、成長に伴い配合飼料の投餌回数を 4~5 回/日に減らした。配合飼料の 1 日当たりの投餌量は、魚体重の 5% 程度とした。¹²⁾ 生物餌料区では、午前中の最初の餌として配合飼料を 2 回与え、それ以降はアルテミア幼生のみを飽食量与えた。アルテミア幼生の投餌回数は、仔稚魚の成長に合わせ 2~4 回/日とした。なお、アルテミア幼生は北米産を用い、28°C, 48 時間でふ化させた後、マリンオメガ（添加量 2.5 l/m³, 日清ファインケミカル）で 12~24 時間の栄養強化を行った。

体色異常の類別 供試魚は、平均全長 11.5 mm（ふ化後 27 日目、ステージ G¹¹⁾）から飼育を開始し、全長が 20 mm に達した時点（ふ化後 42 日目）ですべて取り上げ、10% フォルマリン液で固定した。体色異常の類別は、各実験区から 200 尾を無作為に抽出し、実体顕微鏡下で

Table 2. Statistical comparison* of growth (*t* test) and survival rate (χ^2 test) of *P. olivaceus* juveniles

Experiment	Low density		High density		Artificial diet		Food organism	
	Total length	Survival rate	Total length	Survival rate	Total length	Survival rate	Total length	Survival rate
Control	***	*	**	*	NS	***	NS	***
Low density			***	**	**	NS	*	NS
High density					NS	***	*	***
Artificial diet							NS	NS

* See the footnote of Table 1.

Fig. 1. Survival rate, total length, and ratio of fish with normal coloration on the blind and ocular sides of *P. olivaceus* juveniles.

LD, low density; AD, artificial diet; C, control; HD, high density; FO, food organism.

行った。なお、生残尾数が200尾以下の実験区では、生残魚すべてについて類別を行った。

無眼側および有眼側の体色異常の類型区分については、各県の研究機関独自の分類、および全国共通試行パターンが報告されている。^{*)}しかし、本報では、正常個

体の出現率に主眼を置いたため、簡便な分類法としてそれぞれ次の4タイプ⁷⁾に分けた。

N: 無眼側または有眼側の体表全面が本来のヒラメ稚魚の体色を有する個体 (正常個体)。

$W < 1/2$: 無眼側または有眼側体表の1/2以上に成体型黒色素胞^{*)}の出現が認められる個体 (部分黒化または部分白化個体)。

$W > 1/2$: 無眼側または有眼側体表の1/2以下に成体型黒色素胞の出現が認められる個体 (部分黒化または部分白化個体)。

B: 無眼側の体表全面に成体型黒色素胞の出現が認められる個体 (完全黒化個体)。

W: 有眼側の体表に成体型黒色素胞の出現が認められない個体 (完全白化個体)。

これらの類型区分を用い、無眼側と有眼側の体色異常を類別した。

得られた結果を統計的に処理し、比較を行った。成長の比較には *t* 検定を用いたが、分散に有意差 (*F* 検定) が見られた場合は中央値検定、または Cochran-Cox 法による検定を行った。¹⁴⁾ また生残率と体色異常の比較には χ^2 検定を用いた。なお、本文中では、有意差がない場合には (=) で、また有意差が認められる場合には方向性を (>) で示した。

結 果

成長と生残 各実験区の成長と生残率、および2水槽間の差の比較検定結果を Table 1 に示した。

いずれの実験区とも、2水槽間で平均全長に有意差は認められなかった。高密度区 ($p < 0.001$) および生物餌料区 ($p < 0.05$) では2水槽間で生残率に有意差が認められた。しかし、これらの水槽での生残率はいずれも80%以上であり、特に顕著な差があるとは言えない。なお、配合飼料区の No. 1 では、No. 2 と同様に飼育経過は順調であったが、試験終了の前日に事故で注水が止り大量斃死したため生残率は大幅に減少した。このため、2水

^{*)} 青森県水産増殖センター、青森県水産試験場: 無眼側軀体部における成体型色素胞発現。昭和58年度放流技術開発事業報告 (ヒラメ班)、6-9 (1984)。

Table 3. Comparison of percentage occurrence of coloration types in *P. olivaceus* juveniles

Experimental lots and tank No.	No. of fish observed	Ratio of coloration type (%)									
		Blind side				Ocular side					
		<i>N</i>	<i>W</i> > 1/2	<i>W</i> < 1/2	<i>B</i>	<i>N</i>	<i>W</i> < 1/2	<i>W</i> > 1/2	<i>W</i>		
Low density											
No. 1	90	92.2	7.8	0	0	NS	85.6	2.2	7.8	4.4	NS
No. 2	94	87.2	12.8	0	0		88.3	2.1	5.3	4.3	
Total	184	89.7	10.3	0	0		87.0	2.2	6.5	4.3	
Middle density (Control)											
No. 1	200	79.5	19.5	1.0	0	NS	85.0	1.0	8.0	6.0	NS
No. 2	200	80.0	20.0	0	0		88.5	1.0	3.5	7.0	
Total	400	79.8	19.8	0.5	0		86.8	1.0	5.8	6.5	
High density											
No. 1	200	64.0	31.5	4.5	0	**	86.0	3.0	8.0	3.0	NS
No. 2	200	76.5	23.5	0	0		81.0	1.0	11.0	7.0	
Total	400	70.3	27.5	2.3	0		83.5	2.0	9.5	5.0	
Artificial diet											
No. 1	143	83.9	15.4	0.7	0	NS	88.1	1.4	4.9	5.6	NS
No. 2	200	84.5	14.5	1.0	0		83.5	1.5	11.5	3.5	
Total	343	84.3	14.9	0.9	0		85.4	1.5	9.5	4.4	
Food organism											
No. 1	200	99.5	0.5	0	0	NS	80.0	2.0	11.0	7.0	NS
No. 2	200	98.5	1.5	0	0		77.0	4.5	11.0	7.5	
Total	400	99.0	1.0	0	0		78.5	3.3	11.0	7.3	

N, normal coloration; *W* < 1/2, pigmented area over a half on body surface of the blind or ocular side; *W* > 1/2, pigmented area under a half on body surface of the blind or ocular side; *B* and *W*, almost abnormal coloration (black and white, respectively).

槽間の差の比較は行ななかった。以上のように、2水槽間では顕著な差が認められなかったため、各実験区の比較には2水槽の平均値を用いた。

飼育密度が成長に与える影響を見ると、取り上げ時の全長は、低密度区 > 配合飼料区 = 対照区 > 高密度区の順となった (Table 2, Fig. 1)。すなわち、収容密度が低い実験区で成長が良く、1,000 尾/m³ と 5,000 尾/m³ の間で成長差が顕著であった。一方、餌料試験では、全長は配合飼料区 = 生物餌料区となり、今回の投餌方法では餌の種類の影響は成長に影響しなかった。

次に、飼育密度が生残率に与える影響を見ると、生残率は低密度区 = 配合飼料区 > 対照区 > 高密度区の順になり、収容密度が低い実験区で生残率が高く、収容密度 5,000 尾/m³ と 10,000 尾/m³ の間で生残に顕著な差が認められた。また、餌料試験では、生残率は配合飼料区 = 生物餌料区となり、成長と同様に餌の種類の影響は生残状況に影響しないという結果が得られた。

体色異常個体の出現状況 各実験区における無眼側体色異常の出現状況 (Table 3) を見ると、正常個体の出現率 (以下、正常率) は 64~99% と、実験区により大きな差が認められた。部分黒化個体における成体型色素胞の出現状況は、ほとんどが胸鰭基部または尾柄部縁辺のごく一部に認められる程度 (*W* > 1/2) であり、体表の 1/2 以上に成体型色素胞が出現した個体 (*W* < 1/2) は 0~数 % であった。また、完全黒化個体はいずれの実験区でも出現しなかった。有眼側では、生物餌料区を除いて正常率は 85% 前後とほぼ一定していた。部分白化個体では、成体型色素胞の出現部位が体表の 1/2 以下の個体 (*W* > 1/2) の出現率が高く、完全白化個体の出現も数 % 認められた。

実験区間の結果を比較する前に、2水槽間の結果について、サンプルを体色の正常個体と何らかの体色異常を持つ個体とに分け、それぞれの出現率を比較した。その結果、無眼側では、高密度区で有意差 (*p* < 0.01) が認め

Table 4. Statistical comparison* of normal coloration rate on the blind and ocular sides of *P. olivaceus* juveniles (χ^2 test)

Experiment	Low density		High density		Artificial diet		Food organism	
	Blind side	Ocular side	Blind side	Ocular side	Blind side	Ocular side	Blind side	Ocular side
Control	**	NS	**	NS	NS	NS	***	***
Low density			***	NS	NS	NS	***	*
High density					***	NS	***	NS
Artificial diet							***	*

* See the footnote of Table 1.

Fig. 2 Size frequency distribution in different types of coloration on the blind side of *P. olivaceus* juveniles.

n, number of fish measured; *x*, mean total length and standard deviation (mm). For an explanation of coloration types, see Table 3.

られたが、その他の実験区では、2水槽間で有意差は認められなかった。一方、有眼側では、すべての実験区で2水槽間の正常率に有意差は認められなかった。以上の結果、2水槽間でほとんど差が認められなかったため、2水槽の平均値を各実験区のデータとして用いた。

飼育密度が無眼側の正常率に与える影響を見ると、低密度区>対照区>高密度区となり、飼育密度が低い区で正常率が高くなる傾向が認められた (Table 4, Fig. 1)。

一方、飼料の効果を見ると、生物飼料区の無眼側正常率は他のすべての区より有意に高く、無眼側の体色異常は、飼育密度と配合飼料の使用の両方に強く影響される結果が示された (Table 4)。そこで、無眼側の体色異常個体の出現率が最も高かった高密度区の No. 1 について、体色異常の類型区分ごとに約 50 個体を無作為に取り出し、全長を測定したところ、体色の正常個体は異常個体に比べて成長が良く、成体型色素胞が多く出現した

異常個体ほど成長が劣っている傾向が認められた (Fig. 2)。また、平均全長の差の検定結果も、正常個体 (*N*) > 成体型色素胞の出現部位が体表の 1/2 以下の個体 (*W* > 1/2) = 成体型色素胞の出現部位が体表の 1/2 以上の個体 (*W* < 1/2) となり、この傾向は統計的にも確認された。

有眼側の正常率を見ると、各実験区の正常率は、低密度区=配合飼料区=対照区=高密度区となり、飼育密度は有眼側の体色に影響しなかった。一方、生物飼料区の有眼側正常率は、高密度区を除くすべての区より有意に低く (Table 4)、有眼側の体色異常防除には、配合飼料の投餌に効果がある結果が確認された。

考 察

ヒラメの無眼側体色異常には、変態完了時にすでに着色が起こっているものと、変態完了後に無眼側への着色が生じるものの2型が報告されている。^{8,9} 前者は、種苗生産時の浮遊期に何らかの要因により生じると考えられ、後者は着底期以降の中間育成時の飼育条件により生じる。^{8,9} そこで、本報では前者を浮遊期型異常、後者を底生期型異常と称することにする。底生期型異常の防除方法として、種苗生産において有眼側の体色が正常な個体を生産すること、養殖過程で無眼側へ光が当たらないような飼育方法を開発することの2点が挙げられている。^{8,9} したがって、無眼側の体色異常を防除するには、まず有眼側の体色異常を防除することが重要であると言える。

無眼側における浮遊期型異常の防除として、今回の試験結果では、飼育密度を極力下げて成長差を少なくし、さらに配合飼料の投餌を控え、生物飼料の比率を増すことで対処できる可能性が示された。このことは、種苗生産における浮遊期型異常の防除の面からは、現行の量産方法^{12,13)}である生産の効率化を目的とした高密度飼育と、作業の簡素化のための配合飼料中心の投餌方法について見直しが必要なることを示唆している。今後、飼育密度を中心とした飼育環境面と、餌料の栄養面からのさらに深い検討が進められる必要があろう。

一方、有眼側の体色異常については、その防除方法としてまず浮遊期を健全に飼育することが重要である。⁷⁾さらに、全長 8 mm 前後のステージ D から、^{1, 4, 15, 16)}微粒子飼料¹⁷⁾や脂溶性ビタミン、⁵⁻⁷⁾マダイ卵¹⁵⁾を与える方法で効果が得られている。青海、篠田¹⁷⁾は、全体的な体色異常(著者の類別では $W > 1/2$)は全長 10 mm 以前の飼育条件により、部分的な体色異常($W < 1/2$)は変態完了期直前の全長 14 mm までの飼育条件に影響されると報告している。このことは、全長 10 mm からの配合飼料の投餌により正常率の向上が認められたものの、 $W < 1/2$ に比べ $W > 1/2$ や W の出現率が高くなった原因を良く説明しており、より効果的に体色異常防除を行う上では、配合飼料を全長 10 mm 以前の段階から摂餌させる必要があることを改めて確認する結果となった。飼育密度については、種苗生産を行う際に現行の目安としている飼育密度程度では有眼側体色異常に与える影響はほとんど認められず、また、成長と生残は、飼育密度が高くなるほど低下したが、飼育を行う上で特に問題ないレベルであると言える。

有眼側の体色異常防除に効果のある配合飼料の投餌は、無眼側の浮遊期型異常を増加させる結果になったが、マダイ卵の投餌は、有眼側および無眼側両方の体色異常防除に効果が認められている。^{*6)}したがって、無眼側の体色異常防除機構には、飼育密度などの環境要因の他に何らかの栄養素が影響していると考えられるが、その栄養素はマダイ卵には含まれているが配合飼料には含まれていないか不足しているものであることが推察される。

有眼側の正常率を高める現行の飼育方法は、無眼側の正常率を低下させ、無眼側の正常率を高める飼育方法は有眼側の正常率を低下させる結果となった。このことから、無眼側の浮遊期型異常と有眼側の体色異常は、発生のメカニズムが異なるとも考えられる。以上の結果から無眼側の体色異常の防除には、すでに述べたように、現行の量産方法についての見直しを求めるものであるが、効率的な種苗生産を行うためには、ある程度高密度飼育と配合飼料の使用は排除しがたい。したがって、種苗の量産を踏まえた上での浮遊期型異常の防除方法を深める必要がある。そのためには、まず飼育密度の影響を受ける時期(ステージ)の正確な把握、配合飼料の投餌時期と投餌量などについての詳細な検討を行うことが重要であると考えられる。

謝 辞

本研究を進めるに当たり、指導と助言を頂いた京都大

学農学部附属水産実験所青海忠久博士、および原稿を校閲して頂いた福井県立大学西田 睦助教授に心から感謝する。また、この試験の機会を与えられた当事業場の加畑裕康場長、および飼育に協力頂いた職員の方々に感謝する。

文 献

- 1) 北島 力, 林田豪介, 下崎真澄, 渡辺 武: 人工採苗ヒラメの体色異常出現に対する微粒子飼料の抑制効果. 長崎水試研報, **11**, 29-35 (1985).
- 2) 杉山元彦, 中野 広, 矢野 豊, 福田雅明, 村上直人: 異体類の健苗性に関する研究—I 白化等の異常個体出現率におよぼす注水量の影響について. 北水研報, **50**, 63-69 (1985).
- 3) 福所邦彦, 山本剛史, 青海忠久: ヒラメの白化個体出現におよぼす飼育中の通気量の影響. 養殖研報, **10**, 53-56 (1986).
- 4) 青海忠久: 異体類人工種苗における白化個体の出現機構に関する研究. 学位論文, 京都大学, 京都, 1989, pp. 1-193.
- 5) 三木教立, 谷口朝宏, 浜川秀夫: 脂溶性ビタミン投与ワムシによるヒラメ白化防除と好適ビタミン量. 水産増殖, **37**, 109-114 (1989).
- 6) 三木教立, 谷口朝宏, 浜川秀夫, 山田幸男, 桜井則広: ビタミン A 投与ワムシ投餌によるヒラメ白化防除. 水産増殖, **38**, 147-156 (1990).
- 7) 高橋庸一: ヒラメの種苗生産における体色異常個体の出現と防除. 体色異常防除試験結果報告(1986-1989年). 日裁協特別研究報告, **3**, 1-50 (1992).
- 8) 青海忠久: ヒラメ幼魚の無眼側の着色に及ぼす光照射, 有眼側の体色および供試魚の由来の影響. 水産増殖, **39**, 173-180 (1991).
- 9) 浜中雄一: 人工・天然ヒラメの無眼側黒化タイプ及び鱗形状による識別. 日本海ブロック試験研究集録, **13**, 55-59 (1988).
- 10) 杉山元彦, 矢野 豊: ヒラメ (*Paralichthys olivaceus*) 稚魚の両体側体色発現に及ぼすチオウレアの影響について(短報). 養殖研報, **16**, 109-112 (1989).
- 11) 高橋庸一: 人工飼育したヒラメ仔稚魚の成長に伴う形態と行動の変化. 水産増殖, **33**, 43-52 (1985).
- 12) 高橋庸一: ヒラメ種苗生産における生物餌料の軽減と飼育作業の簡素化. 水産増殖, **38**, 23-33 (1990).
- 13) 高橋庸一: ヒラメの種苗生産工程における飼育作業の評価と作業の効率化の検討. 栽培技研, **12**, 81-92 (1993).
- 14) 木村 都, 砂田久一, 辻 和男: 生物検定のための応用推計学, 廣川書店, 東京, 1987, pp. 1-289.
- 15) 福所邦彦, 難波秀博, 山本剛士, 山崎芳恵, 李 明哲, 青海忠久, 渡辺 武: ヒラメ白化防除のためのマダイ卵の効果的投餌法. 養殖研報, **12**, 1-7 (1987).
- 16) T. Seikai, M. Shimozaki, and T. Watanabe: Estimation of larval stage determining the appearance of albinism in hatchery-reared juvenile flounder *Paralichthys olivaceus*. *Nippon Suisan Gakkaishi*, **53**, 1107-1114 (1987).
- 17) 青海忠久, 篠田正俊: アルテミア投餌期を異にした人工採苗ヒラメの体色異常出現率の変異. 京都海洋センター研報, **5**, 29-37 (1981).

*6 福所邦彦, 山崎圭只, 岡内正典, 青海忠久: ヒラメ無眼側着色防除のためのマダイ卵投餌効果. 平成元年度日本水産学会春季大会講演要旨集, 1989, p. 48.