

## ヒラメの人工生産種苗に発現する着色不完全個体の 幼魚期における着色の進行<sup>\*1</sup>

生 田 哲 郎

### Recovery Progress of Defective Coloration at Juvenile Stage of Hatchery-reared Flounder, *Paralichthys olivaceus*

Tetsuro IKUTA<sup>\*2</sup>

#### Synopsis

Juveniles of hatchery-reared flounder, *Paralichthys olivaceus*, with defective coloration were able to be divided into two main types, which were characterized by the recovery progress with their growth. Moreover, according to measurements of the colorless spots and color peculiarities on the ocular side, five sub-types could be grouped. In determining the degree of coloration, it was found that the area of coloration on the ocular side could be demonstrated as an available index showing the recovery progress of coloration. The indices classified into seven degrees (Table 1) could lead to reasonable explanations on the recovery at juvenile stage of flounders.

The fish belonging to NC-type in Table 3 have the same speckles as normally colored ones and the colorless spots in this type recovered more smoothly than AC-type. From the findings in this study, it was suggested that there were two basic factors corresponding to AC and NC types which participated in defective coloration appearing in the juveniles of flounder.

人工的に生産されたヒラメ *Paralichthys olivaceus* の種苗に、相当高い率でみられる着色不完全個体の出現は種苗の有効利用の面で重要な課題となっている。例えば、養殖用種苗に混在する白化個体（脱色素個体）の体色は出荷サイズ（体長 35 cm）までかなり復元するが、一部の個体は正常な色彩に回復しないことが一般に知られている。

白化個体の出現は仔魚期の飼育条件に関係があること（青海, 1979 a. 伊勢田, 隅田ほか, 1980), また多くの場合、白化個体には他の形態異常が観察されること（青海, 1979 b, 1980. 三木, 平本ほか, 1980), および成長に伴って着色の進行が見られること（青海, 1979 a, 1980) が報告されている。さらに、組織学的観点から異体類の脱色素斑の発現の要因は神経支配の異常と関係が深いこと（花田, 福士, 1973) が主要な知見としてあ

る。しかし、着色不完全個体の出現の要因とその回復の機構についての報告は少なく、不明な点が多い。

本報では系統的に種苗生産されたヒラメの幼魚期における脱色素斑の発生部位とその着色の様式、および着色の進行速度について知見を得たので報告する。

#### 材料および方法

1981年4月11日に京都府の丹後半島沖で延縄によって漁獲された雌魚1尾（体長 49 cm, 体重 4.4 kg）と雄魚2尾（体長 27~36 cm, 体重 0.5~1.1 kg）にホルモン剤を投与することによって採卵および採精をおこなった。得られた卵の浮上率は56%, 浮上卵に対する正常発生率は50.8%, 正常卵に対するふ化率は47.4%であった。次に述べる餌料系例によって育成したふ化後45日目（以下、日齢45等とする）の稚魚の平均全長は17.42±0.35 mm, 同55の生残率と白化個体の出現率はそれぞれ23.2%および56.9%であった。

日齢5~37の仔魚にはシオミズツボワムシ *Brachionus plicatilis* を原則として必要充分量投与した。なお、

<sup>\*1</sup> 本研究の一部は農林水産省栽培漁業補助金によった。

<sup>\*2</sup> 京都府立海洋センター (Kyoto Institute of Oceanic and Fishery Science, Miyazu City, Kyoto, Japan 626)

用いたシオミズツボムシはパン酵母を主体に1部海産クロレラ *Chlorella sp.* を併用して培養され、さらに仔魚に給餌される前に海産クロレラに浸漬することによって栄養強化された。日齢18~37には37~206個体/尾・日の割合でブラインシュリンプ *Artemia salina* のノープリウスを、また同32~62には4~90個体/尾・日の範囲でマダイ *Pagrus major* のふ化仔魚をそれぞれ与えた。そして、日齢56以降はマダイ用初期配餌を併用し、同73からはマダイ用配合粉末に魚肉と栄養剤を添加した再配餌料のみを投与した。

稚仔魚期の飼育水槽には室内に設置された0.5 t パンライト水槽を用いて、その水温は16℃以下とならないように加温した。日齢55以後は屋内3 t 槽に設定された1.0×1.0×0.4m<sup>3</sup>の網仕切内で育成し、7月7日に日齢82の個体の約1,000尾を別の0.4m<sup>3</sup>の網仕切(実験槽)に分槽した。なお、直射日光は実験槽に当たらないようにした。

着色の進行度合の指標として、有眼側の全体表面積に対する着色面積の百分率の値を7段階に分け、それぞれを着色度1~7とした。(Table 1)。そして、これを用いて主に5 cmサイズ以上の個体の着色の進行過程を追跡・検討した。

実験槽から7月15日、27日、8月7日、9月9日、10月9日および11月6日におのおの約50尾取り上げ、全長ならびに体重を測定し、さらに着色度と後に述べる基準

に基づいて (Table 3), 着色タイプの類別をおこなった。その後各資料はこれらの項目を再確認するために7%ホルマリンで固定された。なお、8月20日には生体観察によって、実験槽の全個体を着色度に基づいて類別した。着色度の分類に際し、生体あるいは固定前の資料では目測によっておこなったが、一部は写真に撮って、また固定資料では Table 3 に示したように体表を方眼に細分して、その着色面積の割合を確認した。

## 結 果

着色の進行：測定・観察日ごとの全長と体重ならびに着色度の平均値を Table 2 に、また着色度の頻度分布を Fig. 1 にそれぞれ示した。

Fig. 1 に示されているように、試験の前半の着色度の頻度分布は着色度2以下(着色面積29%以下)と同6以上(同95%以上)に高い値を有する2峰型の分布であった。なお、着色度3~5に含まれる着色部の面積割合は30~94%の広い範囲であるにもかかわらず (Table 1), この範囲に分布する個体は少なかった。試験の後半に向けて、着色度7(着色面積99%以上)に含まれる個体は漸増した。それとともに全体に着色度の高い方に分布の移動が見られた (Fig. 1)。すなわち、7月に着色度2にあったモードは8月後半には3に移り、さらに11月には4に移行し、着色度7に含まれる個体は全体の50%以上を占めた。その間の全体の着色の進行度

Table 1. Conversion of relative colored area (%) into seven degrees of coloring on ocular side of defective colored juvenile.

Degrees of coloring (dc)	1	2	3	4	5	6	7
Percentage of colored area (%)	0~9	10~29	30~49	50~79	80~94	95~98	99~100

Table 2. Total length (TL), body weight (BW) and degrees of coloring (dc), during the period of 92-241 days after hatching. N: number of fish measured.

Date (Days after hatching)	N	TL ( $\bar{X} \pm SD$ ) (cm)	BW (g)	Degrees of coloring (dc)
Jul. 15 (90)	41	5.59±0.96	—	3.61±2.37
27 (102)	33	8.82±1.15	6.34±2.52	4.09±2.35
Aug. 7 (113)	76	10.03±1.157	10.31±4.53	4.60±2.18
20 (126)	837	—	—	4.91±2.03
Sept. 9 (146)	49	14.05±2.31	34.29±14.77	4.94±2.03
Oct. 9 (176)	82	17.23±2.44	54.3±22.54	5.12±1.99
Nov. 6 (204)	37	19.91±1.64	—	5.60±1.70

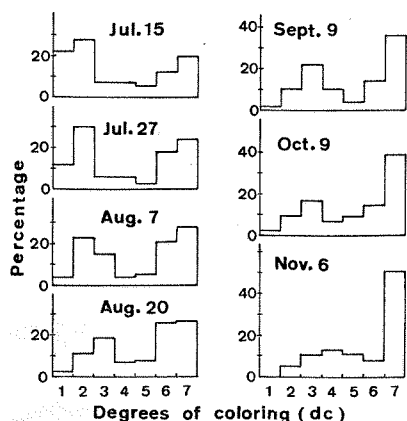


Fig. 1. Frequency occurrences (%) of fish categorised into seven degrees of coloring.

合を示す平均着色度の変遷は Table 2 に示したように 3.6 から 5.6 になった。

日齢の経過とともに、着色度別にそれぞれが占める割合を Fig. 2 にまとめた。8 月中頃までの前半は急激に減少する着色度 1, 2 と急増する同 3, 6, 7 ならびにほとんど増減しない同 4, 5 の 3 群に分かれて、分布の大きな変動が見られ急速に着色面積が増加した様子がうかがえた。8 月下旬以降には減少する群が着色度 3, 6, 漸減が同 1, 2, 漸増が同 4, 5 となって、顕微な着色度の高い方への移行は同 7 の増加以外に認められな

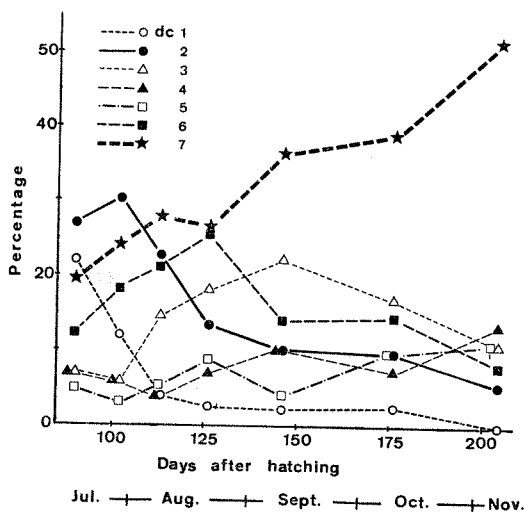


Fig. 2. Changes in percentage occurrence of fish categorised into seven degrees of coloring during the period of 92-241 days after hatching.

くなった (Fig. 2)。試験開始当初には同じように白く見えた個体は前半に急速に着色が進み、以後も順調に体色の復元が見られる早期回復群と、徐々にしか着色が進行しない群のあることが推測された。

試験期間中 (7 月 7 日 ~ 11 月 6 日) の成長は Table 2 に示したように、開始当初の 5.5 cm サイズから 11 月初旬には 20 cm サイズとなった。なお、その間の水温は 19.4 ~ 26.7°C, pH の値は 8.2 ~ 8.4 であった。

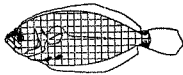
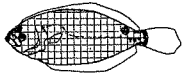

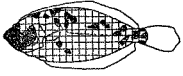

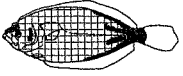
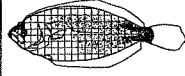


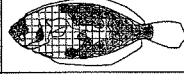
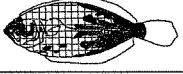





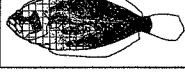
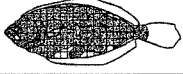

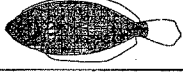



着色部位の類別: 着色部位の特徴から着色度 4 までの着色不完全個体は 2 つの型に大きく分けることができた。すなわち、その着色が頭部から体中央に向けて進むグループと、逆に尾柄から軀幹部に着色が見られるが、頭部の着色は遅々として進行しないグループであった (Table 3)。この 2 つのグループは青海 (1979 a) の述べている着色進行の方向性に関する 2 つの型とほぼ一致した。

一方、次に述べる着色部の形態の相違によって、これらは NC タイプ (Normal Colored Type) と AC タイプ (Abnormal Colored Type) に類別された。着色度 5 以上の個体についてもこのタイプ分けが可能であった。

NC タイプ: 着色は斑紋が連なって濃淡を形成しながら進み、着色部の色調は正常魚の模様とほとんど変わらなく、着色の進行に伴って白星も濃斑紋も現われた。多くの場合、着色部位の方向性は頭部先行であった。このタイプの着色の過程は、部分的な体色発現作用の阻害要因の解消によって体色が徐々に回復することを暗示している。難着色部位は体表の背鰭および臀鰭基部と腹部、ならびに項部から側線に沿って存在し、着色度 7 になっても頭部に 1 ~ 2 ヶの脱色素点のある個体がかなりいた (Table 3, Fig. 4)。

AC タイプ: 着色度 1 では頭部から椎体 30 番目付近の上下に、表裏に対称して 1 ~ 4 ヶの丸い黒斑を有する個体がかんり見られた。着色部の色調は一様に茶褐色であり、色調そのものが異常に発現していた。着色進行の特徴は尾柄後部に着色基点があって、そこから色素が放射状に拡散する様子で着色が見られることであった。実際に頭部の着色は遅く、着色の進んだ個体でも着色基点から離れた頭胸部の色調は淡く、草色を帯びた褐色である場合が多かった。このタイプの難着色部位は頭部下端、項部、側線上および腹部周囲に存在した (Fig. 4)。特に留意すべき NC タイプとの相違点は、下顎から鰓蓋下辺にかけて、着色度 6 の個体の大半が着色していないこと、また背鰭および臀鰭基部に難着色部位がないこ

Table 3. Schematic diagram showing example of main two types (NC and AC types) and five sub-types (S-I-S-V), and progressive patterns in recovering.

Degrees of coloring (dc)	NC TYPE			AC TYPE	
	S - I (Sub type)	S - II	S - III	S - IV	S - V
1					
2					
3					
4					
5					
6					
7					

と、ならびに大半の個体の裏面（無眼側）に部分着色が見られることであった（Table 3, Fig. 4）。

NC と AC の 2 つのタイプに大きく類別された着色度 4 までの個体は Table 3 に示したように、さらに前者は S-I, II, III の 3 つのサブタイプに、後者も S-IV, V の 2 つのサブタイプに細分できた。この 5 つのサブタイプの特色は次のとおりである（Table 3）。

**S-I**：頭部の着色が先行し、体表では側線の上下に带状に連続斑紋を形成しながら着色が進行した。ただし着色様式に詳細な配慮をすると種々の形態が見られた。**S-II**：前サブタイプとの相違は着色度 2, 3 において斑紋が個々に離れて斑点状に出現した。着色度 4 では連続していたが、より斑点状の着色傾向を示した。**S-III**：NC タイプに属しているにもかかわらず、このサブタイプでは着色の先行は尾柄部に現われ、後頭部から項部にかけての着色は遅くまで見られなかった。**S-IV**：多くの場合尾柄後部から、背鰭および臀鰭基部と側線の上下に沿って 4~6 条に着色帯が張り出した。**S-V**：着色の始めに尾柄から体中央にかけて、薄く青い霧吹き状の着

色が見られ、それが徐々に濃くなりながら S-IV と同様な傾向で着色が進行した。

これらの特色は生体時および固定前の資料では顕微に観察されるが、7%ホルマリンによる固定資料では時間の経過とともに斑紋が不鮮明となるために、各タイプおよびサブタイプの識別は容易でなくなる。

**タイプ別出現と特徴**：着色度 4 までのサブタイプ S-I, II, III, IV および V の通算出現率は順に 13.5%, 9.8%, 10.5%, 41.4% および 24.8% と圧倒的に S-IV が多く、次いで S-V であったが、NC タイプに属する S-I, II, III はいずれも 10% 前後の値を占めるにすぎなかった。また、各資料の着色度別のサブタイプの出現頻度を Fig. 3 に示した。

NC タイプに属するサブタイプの間では S-I が最も早く現われ、着色の進行も速かった。次いで S-III が早く出現したが、回復も前者より若干遅かった。S-II は前 2 者よりも出現も回復も遅い傾向があり、着色の進行が特に遅い個体はその一部にいた。AC タイプに含まれるサブタイプでは S-IV の出現が早かった。S-V

Table 4. Comparisons between normal colored (NC) and abnormal colored (AC) types.  
TL: average total length, N: number of fish measured.

Date (Days after hatching)	NC Type			AC Type		
	N	TL (cm)	Degrees of coloring: dc	N	TL (cm)	Degrees of coloring: dc
Jul. 15 (90)	28	5.63±0.95	4.67±2.06	13	5.48±1.01	—
27 (102)	24	8.38±1.27	4.92±2.15	9	7.35±1.17	2.25±0.99
Aug. 7 (113)	53	10.04±1.31	5.62±1.67	23	9.77±1.53	2.17±0.72
Sept. 9 (146)	22	14.47±1.97	6.13±1.12	17	13.51±2.06	2.89±0.95
Oct. 9 (176)	54	17.03±2.06	6.19±1.32	28	15.07±2.75	3.07±1.16
Nov. 6 (204)	23	20.07±1.87	6.70±0.76	14	19.64±1.19	3.79±1.19

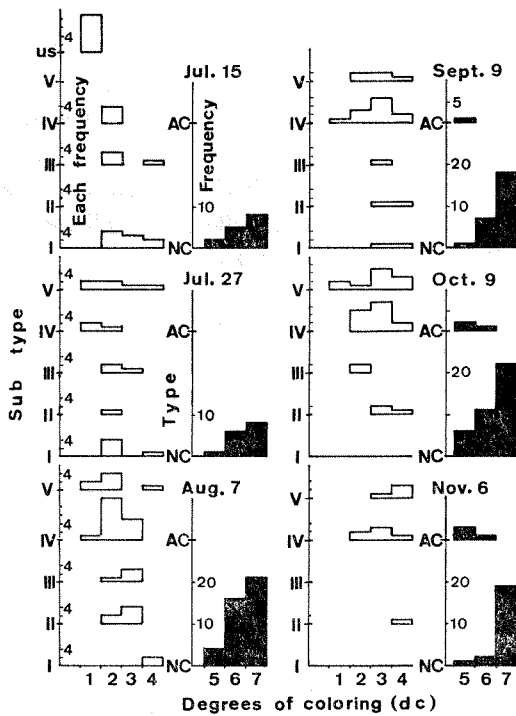


Fig. 3. Frequency occurrences of fish categorized into seven degrees of coloring. Open: Sub-type, closed: Main type, US: Uncertain Sub-type.

のそれは7月下旬の比較的成長の良い個体に多く見られたが、着色の進行は両者間にほとんど差がなかった (Fig. 3)。

Fig. 3 から明らかなように AC タイプの着色度5以上の個体は9月9日の資料まで全く現われなかった。また着色度の推移においても Table 4 に示したように、AC タイプは著しく劣った値であって、前述の着色の

進行速度が遅い群の主流をなした。それに較べて NC タイプの大半の個体は順調に着色が進み、11月初旬には8割以上の個体が正常かあるいはそれに近い状態に回復した (Fig. 3, Table 4)。このように NC と AC の両タイプには着色の進行に明確な相違が認められた。なお、試験期間中には両タイプ間の移行現象は観察されなかった。

NC および AC 両タイプの成長は各測定資料とも平均全長で 0.43 ~ 1.96 cm 程前者が大きかった (Table 4)。なお、7月7日の資料については危険率5%で、また10月9日の資料では危険率1%で有意な成長の差が認められた。

### 考 察

ヒラメ脱色素個体の回復の経過を把握するために着色の進行の度合を指標化しようと試みた。そこで、この度合を正確に表示するには、類別の基準 (着色度1~7) となる各着色度に含まれる着色部の面積割合の範囲をどの値に設定するかが大切である。なぜならば、この範囲の定め方によっては着色度合の変遷過程が追跡できなくなる場合が生ずるからである。

この脱色素個体の回復過程での着色度別分布は両端近くに度数の多い2峰型を示した (Fig. 1)。それ故に両端付近の分布度数の変遷を明確に表わし得るように着色度を定めることが肝要となる。また、着色様式によるタイプ分けおよび着色度合の測定は、既述したように固定前の資料で実施することを基本とするため、目測によって早く容易に類別できるように、各着色度に含まれる着色面積割合を決めなければならない。

この試験に用いた着色度の規準は、目測によって容易に類別される。しかしながら、その着色面積割合が、9割以上の分布域を特に重点的に細分したために (Table

1), 不規則に変換された指標となった。したがって, 着色度から着色面積割合を推定する際に不都合を生ずるので, 適性な着色度(あるいは段階)の設定についてはさらに検討する必要がある。

着色進行の観察の経違から必ずしも発色の遅速を意味するものではないが, 容易に発色の見られる部位と発色し難い部位(難着色部)が模式的に Fig. 4 に示されている。この図において, NC タイプの背鰭および臀鰭基部と AC タイプの頭部下辺の各難着色部が互に他方のタイプでは, 逆に容易に着色の見られる部位となっていることは注目値する。一方, 両者に共通する難着色部は側線上と項部から胸部にかけて見られ, 着色不完全個体には項部を中心として縦横に着色を阻害するものゝ存在が考えられる。

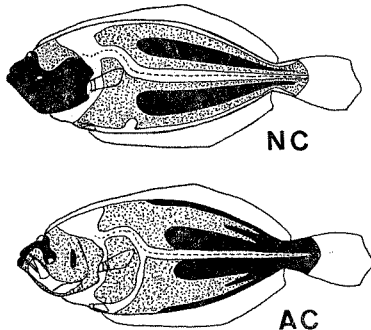


Fig. 4. Schematic drawings of normal colored (NC type) and abnormal colored (AC type). Open, closed and dotted parts indicate hardness in recovering color as follows; -hard, -medium and -easy.

NC と AC の両タイプには, 既述したように着色の形態とその進行速度と方向性および斑紋と裏面着色の有無などに著しい相違が認められる (Table 3, 4, Fig. 3, 4)。これらのことを考慮すると脱色素斑の発現には互いに作用する部分はあるとしても, 系統的に少なくとも独立した2つの要因があると考えるのが妥当であろう。たとえば, 青海 (1981)<sup>\*3</sup> はヒラメの体色異常個体の出現には仔魚期の餌料が一つの要因になっていると推察しているように, 栄養生理的な要素もその一つと思われる。

多くの場合硬骨魚類の体色発現には神経作用が主に関与し, 遺伝子情報の発現も含めて色素細胞の形質の発現

<sup>\*3</sup> 青海忠久. 1981. アルアテミア投与開始時期の異なるヒラメにおける体色異常出現率の変異. 昭和56年度日本水学会秋季大会講演要旨集, 139pp.

はホルモンの影響下に進行するものと推察されているように (藤井 1976), 脱色素斑の発現の要因とこの回復の要因は必ずしも一致していない。回復の要因については光の作用が考えられ (生田, 未発表), 村田 (1981)<sup>\*4</sup> はヒラメ白化個体の色素の出現は暗所よりも明所の方が早いと報告している。また, AC タイプの着色進行の様子は要因の回復あるいは解消によるものとは相違しているように思われる。

異体類に属するカレイ・ヒラメ類に白化個体の出現現象のあることが数多く報告されているが (陣之内, 1971, 伊勢田, 提ほか, 1977), この類の仔魚期にみられる目の移動を伴った特有の形態変化による生理機構の歪みと体色不全の発現は何らかの関係があるものと予想される。すなわち, 着色不完全個体の大半に見られた難着色部位が, 異体類特有の形態変化をする際に大きく影響を受けると推定される個所と一致していることは興味深い (Fig. 4)。着色の難易およびその形態を考慮した着色パターンの追求は単なるタイプ分けの域に留まらず, 組織学的手法とともに体色不完全個体の出現の要因解明において, 1つの鍵になるものと考えられる。

この試験の結果から, 人工的に生産されたヒラメ種苗に出現する体色不完全個体には2つのタイプがあって, その1つの NC タイプに属する個体は既述したようにその年の秋までにはほとんどその体色を回復するので問題は少ないと思われる。AC タイプの NC タイプへの移行の可否, あるいは移行の経違を含めて AC タイプの出現の起因とその回復の要因について重点的に検討することが必要である。

## 要 約

人工採苗したヒラメを幼魚期に適宜取り上げ, 体色不完全個体について着色度および着色のタイプによる測定ならびに観察をおこなって次の結果を得た。

- 1) 着色度基準は概ね妥当であって, 着色不完全個体の着色進行の割合をよく表示することができた。
- 2) 着色度別の頻度分布は中間の少ない2峰型を示し, 着色度割合の変遷から, 早期に回復の見られる群と着色進行の遅い群のあることがわかった。
- 3) タイプ分けには着色進行の方向性にもとづく方法と着色部の色調による方法の2通りが検討されたが, 後者によって NC と AC の両タイプの間に多くの著しい相違点が把握できた。これにもとづき脱色素斑の発

<sup>\*4</sup> 村田 修ほか. 1981. 人工ふ化体色異常ヒラメの成長と色素出現について. 同要旨集, 140pp.

現の要因は少なくとも独立した2つの系列に属するものと推察された。

- 4) NCタイプは11月初旬までに8割以上の個体が正常な体色に回復したが、ACタイプは着色の形態が異常で、その進行も遅く、また出現率も相当高いことから、このタイプの発現の起因ならびに回復の要因を重点的に検討する必要性を明らかにした。

## 文 献

- 藤井良三. 1976. 色素細胞. UPバイオロジー10: 135. 東京大学出版会, 東京.
- 花田勝美・福士 堯. 1973. 種苗生産マコガレイにおける色素異常とメラニン色素. 青森県立中央病院医誌, 10(1): 6-11.
- 伊勢田弘志・隅田征三郎・石原 勝・尾脇満雄・田畑重行. 1978. ヒラメ人工採苗試験Ⅱ 餌料と白化
- 個体の関連および骨格形成・変形についての2~3の知見. 昭和57年度熊本水産試験事業報告書, 257-261.
- ・提 泰博・隅田征三郎・尾脇満雄・浦田勝善. 1977. マコガレイ人工採苗試験Ⅳ. 昭和50年度熊本水試事業報告書, 280-285.
- 陣之内征龍. 1971. マコガレイの種苗生産試験. 山口内海水試報告, 2: 22-27.
- 三木教立・平本義春・小林啓二. 1981. ヒラメの体色異常について—Ⅰ 人工採苗された稚魚の体色異常と鱗の発生. 鳥取水試報告, 23: 1-6.
- 青海忠久. 1979 a. 人工採苗ヒラメの飼育条件と体色異常個体の出現頻度. 長崎水試研究報告, 5: 9-17.
- . 1979 b. 人工採苗ヒラメの体色異常に伴う脊椎骨および鱗の異常. 同報告, 5: 19-25.
- . 1980. 人工採苗ヒラメの体色異常に関連した初生鱗の発生様式. 魚類学雑誌, 27(3): 249-255.