

マガレイ人工種苗の体色異常と形態異常

メタデータ	言語: Japanese 出版者: 公開日: 2025-04-24 キーワード (Ja): キーワード (En): 作成者: 早乙女, 浩一, 有瀧, 真人 メールアドレス: 所属:
URL	https://fra.repo.nii.ac.jp/records/2014324

This work is licensed under a Creative Commons Attribution 4.0 International License.



マガレイ人工種苗の体色異常と形態異常

早乙女浩一*・有瀧真人*

(1988年2月15日受理)

異体類の種苗生産は、ヒラメを中心に近年広く行われるようになり、種苗生産の対象となっている魚種は10種、ヒラメ以外の種類でもマコガレイ、インガレイ、マガレイ、クロガンテラガレイ等は十万尾単位での生産が可能となっている。しかし、これらの種苗生産ではかなりの割合で体色異常個体が出現することが知られており、特にカレイ類ではヒラメに比べて出現率が高い¹⁻³⁾。体色異常魚は正常魚に比べて放流後の生残率が低く⁴⁾、放流種苗として問題があることから、原因究明と防除法の確立が大きな課題となっている。

体色異常個体の出現要因については、これまで、餌料⁷⁻⁹⁾、飼育環境¹⁰⁻¹²⁾等の角度から検討が行われている。また、体色異常と形態の異常との関連についてもいくつかの報告があり、体色異常個体が単に色素の異常だけではないことが示唆されている¹³⁻¹⁵⁾。このような形態異常は、ヒラメ以外のカレイ類でも顕著であり、眼位の異常のように外見上明かなものも多く、種苗として著しく不適当な例もみられる。

筆者らがおこなったマガレイの種苗生産試験結果も例外ではなく、体色異常個体が高率で出現している^{4,9)}。本報では、昭和61、62年に行ったマガレイ種苗生産試験で得た標本をもとに、体色異常と形態異常の出現状況を調査し、両者の関連について得られた知見を報告する。

材料と方法

61年度 親魚は昭和61年2月7日から13日の間に石川県金沢市近海で刺網により漁獲されたものを、日本栽培漁業協会能登島事業場に輸送しコンクリート製20m³水槽で短期養成したものである。

夜間に自然産卵されたものをサイフォン方式でゴース製ネットに受けて集卵した。集めた卵は、ゴース製ふ化ネットに収容し、流水、弱通気でふ化まで管理を行った。

飼育には屋内コンクリート製80m³水槽を使用し、水槽上面には黒色の寒冷紗を設置して照度の調節を行った。飼育水温は、収容時の自然水温から徐々に加温し、10~13°Cを維持した。昭和61年3月8日にふ化仔魚96万尾を収容し、飼育を開始した。飼育水にはクロレラを添加し、30日目頃まで20万細胞/mlの密度を維持した。飼育5日目より20%/日程度の換水を開始し、17日目からは終日注水とした。着底前に分槽を行い80m³水槽2面とした。

餌料として、開口(ふ化後4~5日)から全長13mm(開口後49日)までシオミズツボワムシを、全長7mm(開口後16日)からはアルテミア・ノープリウスを、全長8mm(開口後20日)からはチグリオプスを、全長9mm(開口後31日)からは養成アルテミア、タマシジノコ、配合飼料を、全長12mm(開口後42日)からは天然プランクトンを併用した。また、ワムシ終了後、冷凍イサザアミの給餌を開始した。ワムシはクロレラで、アルテミア・ノープリウスはクロレラとイカ肝油で二次処理を行った。

62年度1回次 親魚は62年2月9日から2月15日の間に石川県金沢市近海で刺網により漁獲されたものを61年と同様日本栽培漁業協会能登島事業場に輸送しコンクリート製20m³水槽で短期養成した。採卵方法および卵管理は61年に準じた。

飼育も61年同様、屋内コンクリート製80m³水槽を使用し、水槽上面には黒色の寒冷紗を設置し照度の調節を行った。飼育水温は、飼育開始時の自然水温から徐々に加温を行い、15°Cを維持した。3月7日にふ化仔魚110万尾を収容し、飼育を開始した。クロレラ添加、換水等の飼育方法は61年と同様であった。

餌料は、開口(ふ化後4~5日)から全長12mm(開口後33日)までシオミズツボワムシを、全長7mm(開

* 日本栽培漁業協会能登島事業場 (926-02 石川県鹿島郡能登島町曲 15-1-1)

口後 14 日) からはアルテミア・ノープリウスを、全長 10 mm (開口後 26 日) からはタマミジンコ、天然プランクトンを、全長 11 mm (開口後 30 日) からは養成アルテミアとチグリオプスを併用給餌した。ワムシおよびアルテミア・ノープリウスは 61 年と同様に二次処理を行い、さらにヒラメで体色異常の防止に効果がみられた¹⁵⁾、直接法による脂溶性ビタミン (ビタミン A, D₃, E) の富化を行った。

62 年度 2 回次 親魚は 62 年 4 月 27 日と同 29 日に青森県陸奥湾で刺網により漁獲されたものを使用した。青森県水産増殖センターで人工受精を行ったのち 18 時間をかけて事業場まで輸送した。

飼育は屋内コンクリート製 50 m³ 水槽を使用し、水槽上面には黒色の寒冷紗を設置して照度の調節を行った。5 月 3 日にふ化仔魚 22 万尾を收容した。加温は行わずに自然水温としたため、飼育水温は 14~19°C の間を推移した。飼育開始時にクロレラを 50 万細胞/ml の密度となるよう添加し、13 日目まで 10~20 万細胞/ml の密度を維持した。日照による水温の上昇を防止するため、13 日目から 100%/日の注水を行った結果、15 日目には飼育水中のクロレラが消失した。

餌料は、開口 (ふ化後 3~4 日) から全長 11 mm (開口後 26 日) までシオミズツボワムシを、全長 6 mm (開口後 10 日) からはアルテミア・ノープリウスを、全長 11 mm (開口後 27 日) からは養成アルテミアを給餌した。また、全長 12 mm (開口後 29 日) からはタマミジンコとチグリオプスの冷凍したものを給餌した。ワムシおよびアルテミア・ノープリウスは 61 年と同様の二次処理のみを行い、脂溶性ビタミンの富化は行わなかった。

体色異常の類別 体色異常の類別に供した稚魚は、61 年度は平均全長 17.4 mm, 62 年度 1 回次は平均全長 15.0 mm, 62 年度 2 回次には平均全長 16.4 mm 時に取り上げ、10% 中性ホルマリンで固定保存したものである。観察は実体顕微鏡を使用し、有眼側及び無眼側の色素の出現状況を調べた。眼位異常個体の有眼側とは、両眼があるかまたは眼の移動が少ない側 (遊泳した場合に上になると思われる側) とした。

マガレイは、ヒラメに較べて体色異常個体の比率が高く、また部分的に色素が出現している個体では、色素が特定の部位に出現するのではなく体表に散在する場合が多い。このため、青海⁹⁾ がヒラメで行ったような類型化が困難である。本報では、体色異常の状況を色素の被覆状態によって次のような 6 タイプに分類した。タイプ 1: 無眼側には色素がなく、有眼側は正常な色素で覆われた正常個体。タイプ 2: 無眼側に色素がなく、有眼側の胸鰭の付け根、腹部等体のごく一部に色素の欠落がある個体。タイプ 3: 無眼側に色素がなく、有眼側の 1/2 以上を正常な色素が覆っている個体。タイプ 4: 無眼側に色素がなく、有眼側の色素が体表の 1/2 に満たない個体。タイプ 5: 無眼側に色素がなく有眼側にも目の周囲等のごく一部を除いて色素が見られない白化個体。タイプ 6: 無眼側の一部または全体に色素が出現しており、有眼側も一部または全体に色素がある両側有色個体。

眼位の測定 両眼の移動状況を数的に正確に把握するため画像解析装置 (MA-1: 盟和商事製) を使用して眼の移動角度を測定した。標本を固定したスライドガラスを実体顕微鏡の試料台上に垂直におき、稚魚を正面から観察

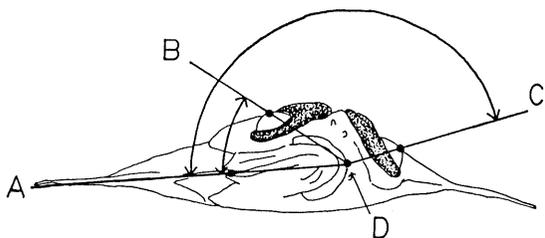


図 1 眼位の測定部位

上顎末端 (D) を中心とし、角度 A-D-B を右眼位、角度: A-D-C を左眼位とした。

した。このときに、図 1 に示したように上顎末端 (D) を中心点とし、峡部末端 (A) から上顎末端 (D) に結んだ線と上顎末端 (D) と各眼の中心 (B, C) を結んだ線との角度を右回りで示した。

骨異常の観察 61 年度及び 62 年度 1 回次の標本の一部についてアリザニンレッド S による染色を行い骨異常の有無を調べた。

結 果

成長と生残 飼育結果を表 1 に示した。61 年度

表 1 飼育結果の概要

年 度	生産回次	飼育期間	收容尾数 (万尾)	取り上げ尾数 (万尾)	平均全長 (mm)	生 残 率 (%)
61		61.3.7-5.17	96.7	26.3	17.4±3.12	27.4
62	1	62.3.7-5.19	110.0	0.2	33.0±4.47	0.2
62	2	62.5.3-6.14	22.0	7.1	16.4±2.40	32.3

表 2 各年度における体色異常個塩の出現状況

年 度	生産回次	観察尾数 (尾)	全 長 (mm)	体色異常タイプ (出現率: %)					
				1	2	3	4	5	6
61		2025	17.4±3.12	19.0	10.0	2.9	6.9	61.2	(0.05)
62	1	1015	15.0±2.39	22.3	1.7	1.0	3.7	70.9	0.4
62	2	942	16.4±2.40	8.0	1.1	0.2	0.9	89.8	0

表 3 各年度における眼位異常個塩の出現状況

年 度	生産回次	観察尾数 (尾)	全 長 (mm)	眼位異常タイプ (出現率: %)				
				正 常	右寄り眼	左寄り眼	逆 位	不 動
61		2025	17.4±3.12	63.5	31.8	2.6	1.1	1.0
62	1	1015	15.0±2.39	57.7	34.7	3.0	4.1	0.4
62	2	942	16.4±2.40	41.5	47.4	5.1	4.2	1.8

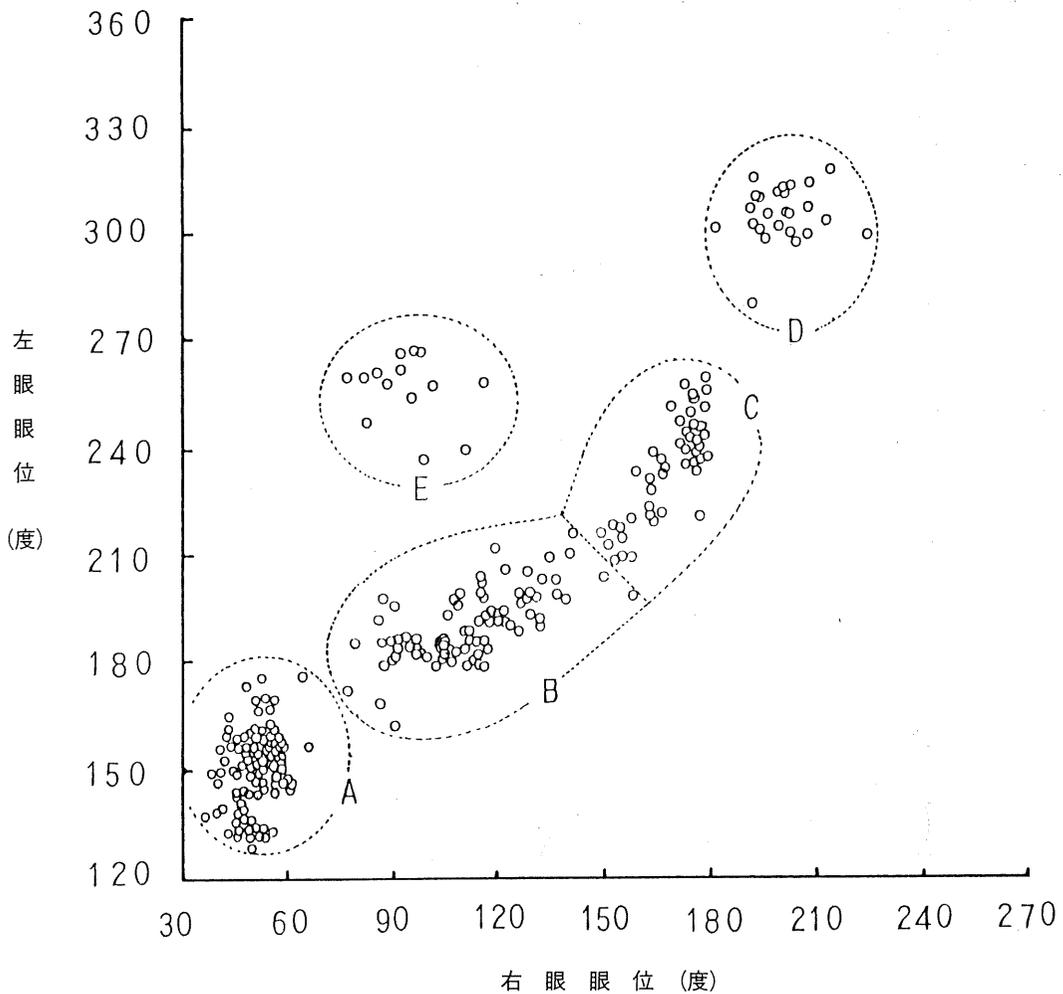


図 2 61 年度サンプルから得られた右, 左眼眼位の関係と類別
A: 正常, B: 右寄り眼, C: 左寄り眼, D: 逆位, E: 不動

は 70 日間の飼育で全長 17.4 mm の稚魚 26.3 万尾を生産し、生残率は 27.4% であった。62 年度 1 回次では全長 14.4 mm の飼育 40 日目までの生残率は 50% であったが、41 日目に降細菌性の疾病による大量へい死で、最終的な生残率は 0.2% と非常に低い値となった。62 年度 2 回次では人工受精後の長時間の輸送の影響と思われる初期減耗があり、飼育 5 日目までに生残率 65% となったが、以降は大きな減耗も見られず、飼育 42 日目に平均全長 16.4 mm の稚魚 7.1 万尾を取り上げた。このときの生残率は 32.3% であった。

色素の出現状況 体色異常個体の出現状況を表 2 に示した。正常個体であるタイプ 1 の出現率は 62 年度 1 回次が最も高く 22.3%，61 年度が 19% であったが、62 年度 2 回次は 8% と低い値であった。しかし、色素がわずかでも出現した個体の合計では 61 年度が高く 38.8% であった。タイプ 6 はほとんど見られず、わずかに 61 年に 0.05%，62 年度 1 回次に 0.4% が出現したのみであった。

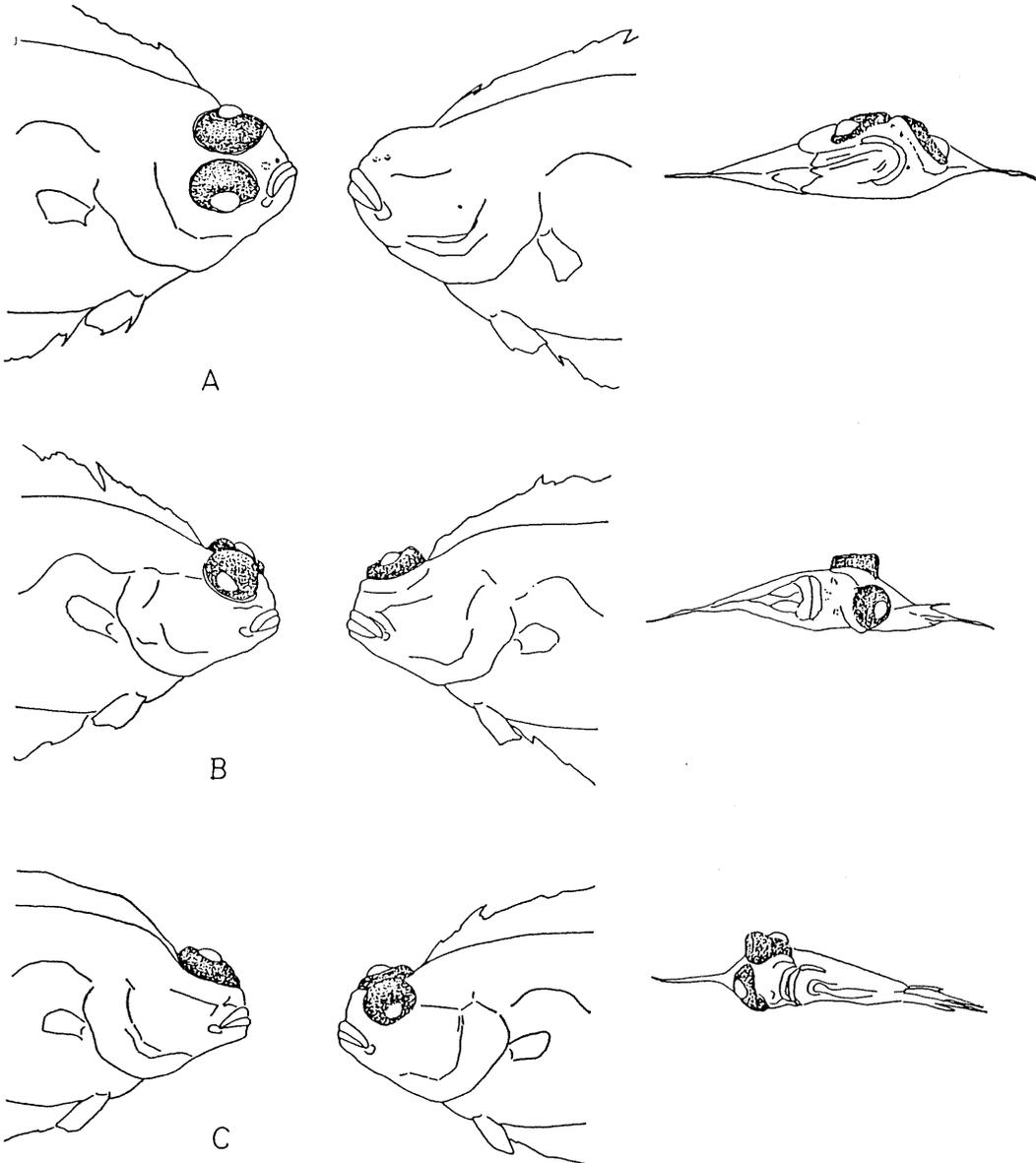


図 3 マガレイ眼位異常個体各タイプの形態

A: 正常, B: 右寄り眼, C: 左寄り眼 各タイプとも, 図中左から頭部右側, 頭部左側, 正面図を示す

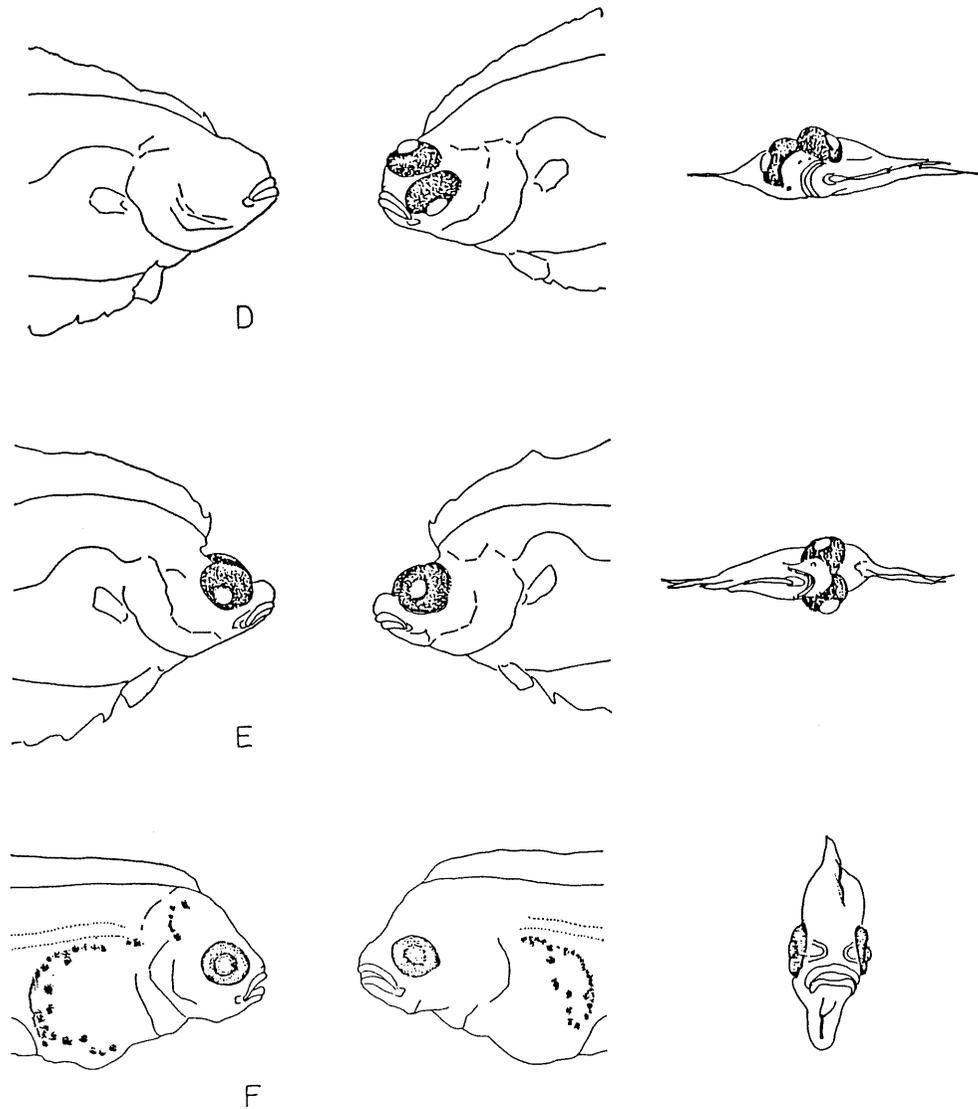


図 3 続 き

D: 逆位, E: 不動, F: (参考) 浮遊期稚魚 各タイプとも, 図中左から頭部右側, 頭部左側, 正面図を示す

眼位異常個体の出現状況 61年度の標本について両眼の位置関係を測定した結果を図2に示した。測定の結果から、両眼の移動状況はほぼ次の5タイプに分けることができる。正常(A): 右眼は口裂よりも下顎側の40~60度に位置しており、左眼は130~175度、背鰭の延長線上よりも右側にある(図3-A)。右寄り目(B): 右側が口裂の真横よりも背鰭側、90~150度付近に位置する個体で、左眼は180~210度、背鰭の延長線上かそれよりも体左側面に位置している。右眼は変態前の状態かまたは通常とは反対の左方向に少し移動しているにもかかわらず、左眼が正常魚のように右方向に大きく移動している(図3-B)。左寄り目(C): 右眼がさらに背鰭よりの150~180度にある個体で左眼は体の左側、210~270度に位置している。これらの個体では、右眼の方が左眼よりも大きくしかも通常とは反対の左方向に移動している。これに対して左眼は変態前よりもわずかに、正常な方向である右方向に移動している(図3-C)。逆位(D): 右眼が180~230度にある個体では、左眼は270~330度付近、口裂よりも下顎側に位置している。これらの個体は完全な逆位個体である(図3-D)。不動(E): 右眼が変態前と同じ90度付近にあり、左眼も変態前と変わらない240~270度付近、体左側口裂真横にある(図3-E)。

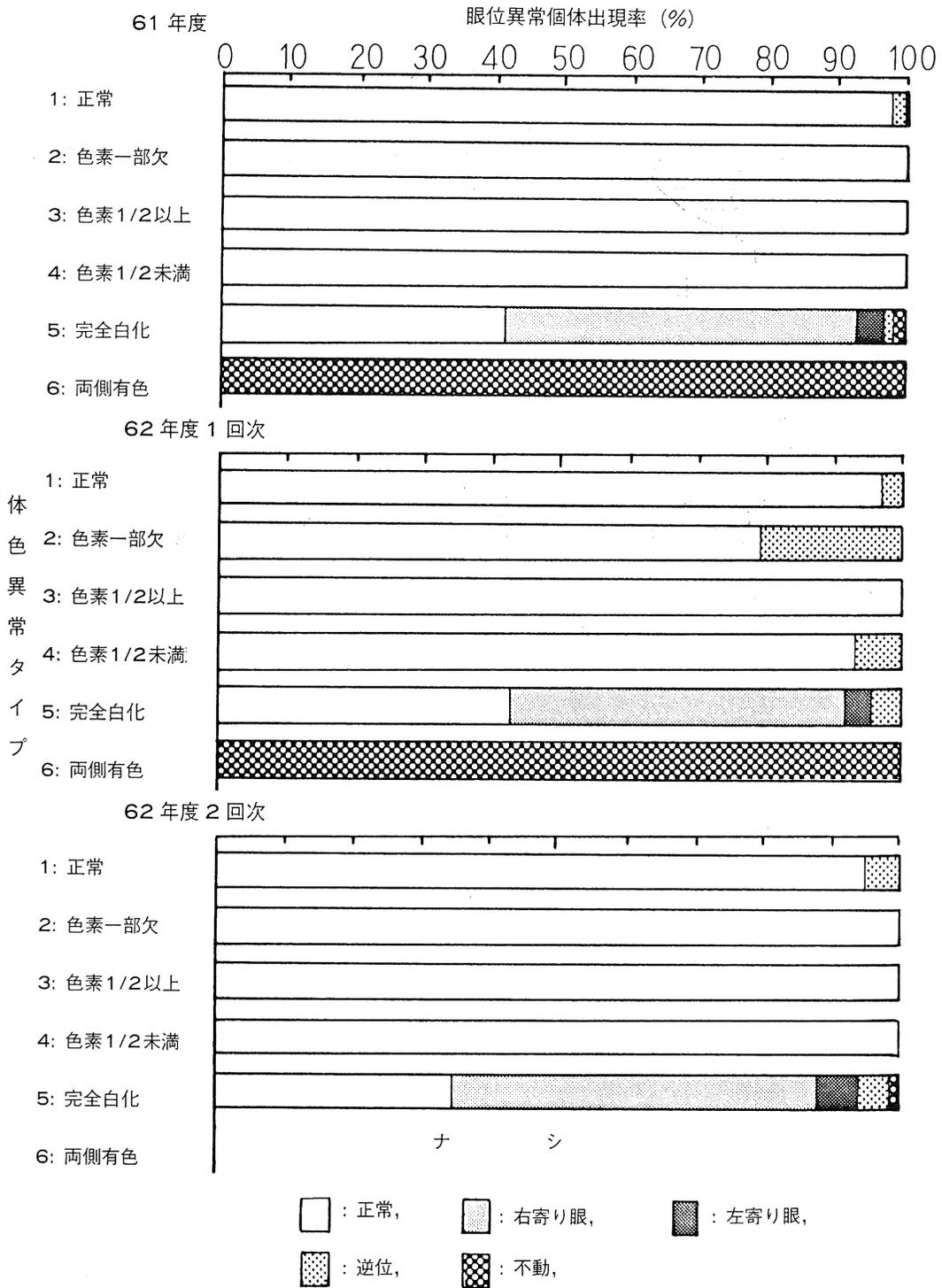


図4 体色異常タイプ別に見た眼位異常個体の出現状況

体色異常と眼位異常の関連 上記のタイプにしたがって各年度毎に眼位異常の類別を行ひ表3に示した。各年度とも正常魚の出現率は低く、最も高い61年度でも63.5%であった。異常魚のなかでは右寄り目個体が31.8~47.4%と高率で出現した。これらの眼位異常を体色異常のタイプ別に類別し図4に示した。61年度は色素の正常なタイプ1で97.9%が眼位も正常、1.8%が逆位個体、0.3%が不動であった。また、タイプ2,3,4では100%が眼位正常個体であり、体の一部にでも色素が出現している個体では、右寄り眼あるいは左寄り眼の個体はまったく出現しなかった。完全白化のタイプ5では眼位正常魚は41.4%にすぎず、右寄り眼個体51.5%、左寄り眼個体4.3%、逆位個体1.2%、不動個体1.6%と異常個体が正常個体を上回った。タイプ6の両側有色個体は眼位にも異常がみられており、両眼ともほとんど移動していない不動個体であった。62年度1回次では、タイプ2,4で逆位が21.1, 7.1%出現した以外は、61年と同様でタイプ1~4には右、左寄り眼個体は出現せず、タイプ5の右寄り眼個体出現率が49.1%であった。62年度2回次でも、タイプ1~4では右、左寄り眼個体は全く出現せ

表4 骨異常の出現状況

年 度	眼位 タイプ	体色 タイプ	観察尾数 (尾)	腹 正常(%)	椎 (異常%)	尾 正常(%)	椎 異常(%)	尾 正常(%)	骨 異常(%)
61	正常	1	43	100	0	100	0	100	0
	"	2	50	100	0	100	0	100	0
	"	3	53	100	0	100	0	100	0
	"	4	57	100	0	100	0	100	0
	"	5	57	100	0	100	0	100	0
	右寄り目	5	50	100	0	96	4	100	0
	左寄り目	5	21	100	0	100	0	100	0
	逆位	5	4	100	0	100	0	100	0
	不動	5	3	100	0	100	0	100	0
62-1	正常	1	90	100	0	96	4	3	97
	"	5	126	100	0	99	1	2	98
	右又は 左寄り目	5	135	100	0	91	9	0	100

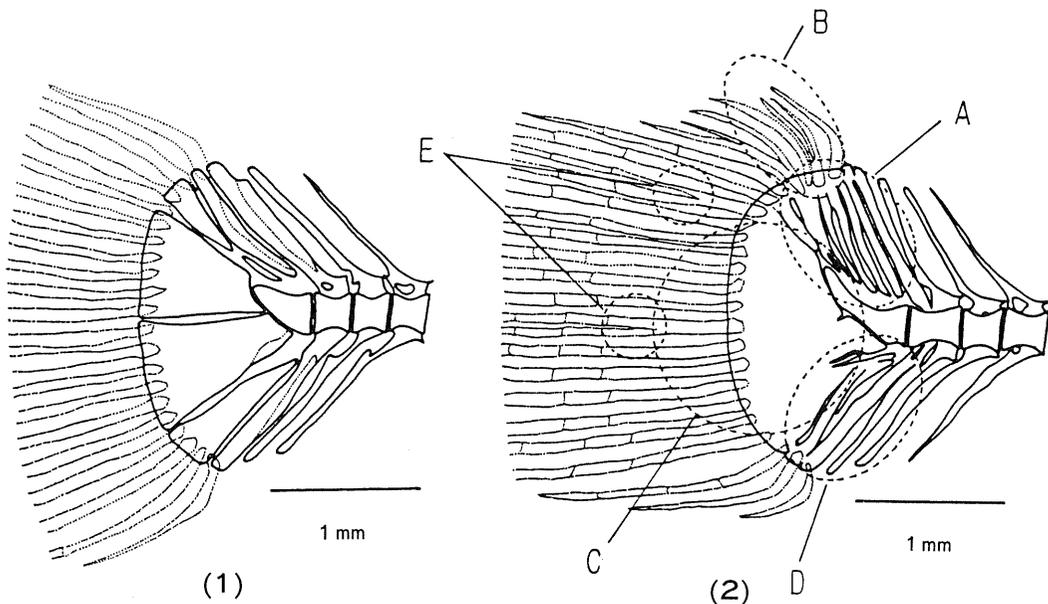


図5 マガレイ種苗生産時に出現した尾骨異常魚の例

(1): 正常魚。(2): 異常魚。A: 神経棘および上尾骨の異常分裂と癒合。B: Aに伴う尾鱗条の出現。C: 下尾骨の癒合。D: 血管棘の異常分裂及び下尾骨との癒合。E: 尾鱗条の異常分裂

ず、タイプ 5 にだけ右寄り目 52.9%、左寄り目 5.6%、逆位 4.2%、不動 2.0% が出現した。タイプ 6 は各年度とも出現尾数が少なかったが、出現した個体の眼位は全て不動であった。

骨異常 61 年度および 62 年度 1 回次の骨異常出現状況を表 4 に示した。61 年度は、骨異常個体はほとんど出現せず、わずかに右寄り目個体で尾椎異常が 4% 出現しただけであった。62 年度 1 回次では、腹椎異常は全く出現しなかったが、尾椎異常が 4~9%、尾骨異常が 97~100% と高率で出現した。しかし、骨異常と眼位、体色の異常との相関はみられなかった。尾骨異常の状況を図 5 に示した。尾骨異常魚には、神経棘及び上尾骨の異常分裂と癒合、それらにともなう尾鰭条の出現、下尾骨の癒合、血管棘の異常分裂と下尾骨との癒合、尾鰭条の異常分裂等が観察された。

考 察

今回の試験では、体色異常個体の出現率が 78~92% と、事例によっては 0~数% であるヒラメに比べてかなり高い値であった。しかもマガレイの場合体色異常が回復する可能性が低く³⁾、本種の栽培漁業化を推進する上では、体色異常個体の出現防止対策が急務である。

62 年度 1 回次には尾骨の異常が高率で出現した。筆者らが行った餌料試験でも、本報と同様の方法で生物餌料の脂溶性ビタミン富化を行った区では、95% の魚に本報と同様の尾骨異常が見られたのに対し、ビタミン富化を行わなかった区では、異常魚は全く観察されなかった*1。ヒラメの色素異常個体の出現には、変態期を中心とした時期の餌料の質が大きく影響を及ぼしていること、特に脂溶性ビタミンの影響が示唆された。この考え方の裏付けがその後の研究で進んだとは必ずしも言えないが、依然として関心のもたれている事項といえる¹⁸⁾。マガレイの場合、ヒラメとは栄養要求が異なることも考えられるため、この点については今後さらに検討を行う必要がある。

マガレイ稚魚は全長 8~9 mm で眼の移動を開始する¹⁰⁾。変態の進行にともない、左眼は大きく移動し、正中線を越えて体の右側に移動する。右眼は、変態前には口裂の真横にあるが、変態の進行に伴い下顎方向に移動する。このような両眼の動きにより、体の右側に両眼が集まって有眼側となり、体の左側は無眼側となって変態を完了する。筆者らが行った観察では全長 12 mm で全ての個体が眼の移動を完了していた*2。しかし、本報でみられた右寄り眼個体では、体左側にあった左眼が正常な方向に移動して無眼側を形成しようとしているにもかかわらず、右側でも同じく眼が正中線方向に移動しており、正常とは反対の動きを示している。左寄り眼個体の場合も眼の動く方向は同様であるが、逆に右眼の移動のほうが大きく逆位に近い状態となっている。右寄りであれ、左寄りであれ寄り眼型の眼位異常個体では、どちら側にも全く色素が出現しておらず、いわゆる完全白化個体であった。マコガレイでも白化個体や両側有色個体には高率で逆位や眼の移行不全が出現しており、体色の異常と眼位の異常には関連があることが示唆されている¹¹⁾。また、メイタガレイの両側有色個体は体の両側が同じように厚くなっており、逆に両側白化個体では有眼側も無眼側と同じように薄い個体がみられるという¹⁵⁾。これらの現象は、いずれも両側の無眼側化あるいは有眼側化ともいえる状態であり、それが色素だけでなく体の基本形態にも影響を及ぼしている事例である。これまでヒラメの体色異常個体でも、初生鱗発生経過や鱗の形態、脊椎骨の異常等が報告されている^{13,14)}。マコガレイの体色異常個体でも、有眼側白化部位の色素細胞の神経支配形態が、無眼側の支配形態に酷似していることが示唆されている²⁰⁾。また、マコガレイの逆位個体では視神経に明かなねじれがあることが示されており²¹⁾、本報で出現した右、左寄り眼個体でも視神経の交差に異常があることは十分に推察できる。このような現象は、体色異常個体が単に色素およびその制御系の異常だけでなく、変態にともなう体の分化そのものの異常であり、全身的な異常のひとつの現れであることを示唆するものである。体色異常や形態異常は天然の異体類でも観察されており^{22,23)}、魚種によっては数%に達するものもあるという¹⁵⁾。筆者らが行ったマガレイの市場調査でも、かなり高率で無眼側体色異常個体が観察されている。このような事例は、異体類の形態形成がかなり不安定で、異常を引き起こし易いことを示すものである。

異体類の変態制御機構はこれまで全く不明であったが、近年、甲状腺ホルモンが深く関与していることが指摘された²⁴⁾。甲状腺ホルモンはタンパク質の合成や分解に関与しており、魚の発育過程での形態形成や変態に重要な役割を果たしているという²⁵⁾。甲状腺あるいは下垂体の機能の異常が、変態に伴う形態形成の異常をまねいた可能性も考えられる。今後は体色異常だけでなく、変態に伴う形態の異常や、関連する生理的知見を収拾し、より総合的

*1 未発表データ

*2 未発表データ

な検討を行う必要がある。

文 献

- 1) 大分県浅海漁業試験場 (1977) 魚貝類人工採苗並びに実用化試験 (マコガレイ), 昭和 50 年度大分県浅海漁業試験場事業報告, 17-23.
- 2) 指定調査研究総合助成事業種苗生産技術報告書: インガレイ 種苗生産試験 (昭和 47 年度~49 年度 総括) (1975) 福島県水産試験場調査研究資料 No. 133: 12 pp.
- 3) 高橋邦夫・小川大二郎・早川 豊 (1975) 指定調査研究総合助成事業種苗生産技術研究報告書 (ヒラメ・カレイ類種苗生産試験 昭和 47~49 年度 総括), 青森県水産増殖センター, 34 pp.
- 4) 日本栽培漁業協会 (1985) 昭和 59 年度日本栽培漁業協会事業年報, III—3, 種苗生産技術の開発 K-11, マガレイ: 201-203.
- 5) ——— (1985) 昭和 60 年度日本栽培漁業協会事業年報, III—3, 種苗生産技術の開発 P 異体類の色素異常個体の出現とその防止法の探索 P—3, マガレイ: 256-257.
- 6) 小田切譲二・他 (1984) 昭和 58 年度放流技術開発事業報告書 (ヒラメ班), 青森県水産試験場: 1-23 pp.
- 7) 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及び骨格形成期・変形についての 2~3 の知見, 昭和 51 年度熊本水試事業報告書: 257-261.
- 8) 中西雅幸・藤田真吾 (1986) アルテミアと天然動物プランクトンの併用給餌 および養成アルテミア給餌によるヒラメ稚魚の白化個体出現率の減少, 京都府海洋センター研報, (10): 25-33.
- 9) SEIKAI, T. (1985) Reduction in occurrence frequency of albinism in juvenile flounder *Paralichthys olivaceus* hatchery-reared on wiled zooplankton. *Bull. Japan. Soc. Sci. Fish.* 51(8): 1261-1267
- 10) 青海忠久 (1979) 人工採苗ヒラメの飼育条件と体色異常個体の出現頻度, 長崎県水産試験場研究報告, (5): 9-17.
- 11) ——— (1985) 人工採苗マコガレイの体色異常個体の出現に及ぼす飼育密度および水槽の色の影響, 水産増殖, 33(3): 119-128.
- 12) 杉山元彦・中野 広・矢量 豊・福田雅明・村上直人 (1985) 異体類の健苗育成に関する研究—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.
- 13) 青海忠久 (1979) 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, 長崎県水産試験場研究報告, (5): 19-25.
- 14) ——— (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.
- 15) 北島 力・林田豪介・安元 進 (1987) 人工採苗メイトガレイの体色異常, 長崎県水産試験場研究報告, (13): 17-23.
- 16) 青海忠久・篠田正俊 (1981) アルテミア給餌期間を異にした人工採苗ヒラメの体色異常個体出現率の変異, 京都府海洋センター研究報告, (5): 29-36.
- 17) 日本栽培漁業協会 (1988) 昭和 61 年度日本栽培漁業協会事業年報 III—3, 種苗生産技術の開発 P 異体類の色素異常個体の出現とその防止法の探索, P—1, ヒラメグループ: 280-290.
- 18) 東京水産大学・京都大学農学部付属水産実験所・長崎県水産試験場・水産庁 養殖研究所 (1986) 異体類白化個体出現の関する栄養学的研究, 昭和 60 年度健苗育成技術開発委託事業中間報告書: 31 pp.
- 19) 加藤史彦・沖山宗雄・田島迪生 (1974) 日本海産マコガレイ属 2 種 (マコガレイおよびマガレイ) の外部形態の比較と識別, 日水研報, (25): 63-87.
- 20) 花田勝美・富士 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, 18(1): 6-11.
- 21) POLICANSKY, D. (1982) ヒラメの眼はなぜ左にあるのか, 日経サイエンス, 東京: 57-61 pp.
- 22) NISHIMURA, S. and Y. OGAWA (1963) Two new records of anomalous coloration in Japanese heterosomata with a summary of known records. *Bull. Jap. Sea Reg. Fish. Res. Lab.*, (11): 119-122.
- 23) 今岡要二郎・西村三郎 (1964) 異体類にみられた奇形の数例, 日水研報, 13: 137-140.
- 24) 乾 靖夫 (1987) ヒラメの変態は甲状腺ホルモンで起こる, サイエンス, 10: 44-45.
- 25) 日比谷京 (1976) 水産動物のホルモン, 恒星社厚生閣, 東京: 45-59 pp.