

餌料条件の異なるヒラメ (*Paralichthys olivaceus*) 仔魚の 色素異常個体の出現について

戸井田 明子

緒 言

ヒラメ、カレイ類には種苗生産の過程で、“白化個体”と呼ばれる色素発現の異常な個体が発生することが知られている(青海, 1979)。“白化個体”は、漁業及び養殖の対象としての価値が低下するため、その出現の防止が望まれ、原因を究明するための研究が進められている。

色素異常個体が発生する原因については、栄養面(渡辺, 1982; 青海, 1982)や、光(紫外線)量(松本, 1983)、に関して論じられており、神経系の異常(藤井, 1983)などが指摘されている。また、色素異常個体の出現率は、全長10mmになるまでの飼育条件によって左右されると言われている(水産庁, 1982)。しかし、色素異常を発生させる要因が、稚仔魚に働く時期については、明確にされていない。

本実験では、ヒラメ *Paralichthys olivaceus* 仔魚を、異なる餌料で飼育した場合に、色素異常個体の出現率に差が生じることを確かめ、色素異常の発生過程を明らかにすることを目的とした。

方 法

実験には、1983年4月23日に千葉県鶴原の地先海域で漁獲されたヒラメから人工

産卵法によって得られた仔魚を用いた。実験期間は5月5日から6月15日までであった。実験には30 l円形プラスチック水槽を用い、ウォーターバス方式で水温18℃に保ち、各水槽に弱いエアレーションを行った。換水は、毎日飼育水の1/9、他に4日から6日ごとに約1/2行った。照明は、午前8時から20時までの12時間行った。

餌料には海水クロレラで培養したシオミズツボウムシ *Brachionus plicatilis*(以下ワムシ)及び、水温約22℃で24時間以内に孵化した、ブラジル産(製造年1982年)及び、カリフォルニア産(製造年1981年)のアルテミア *Artemia salina* のノープリウス幼生(以下アルテミア)を用いた。

実験には、0.5 m³水槽でヒラメ仔魚を開口直後から、ワムシの密度が6個体/mlとなるように1日1回投餌して飼育し、平均全長5.5mm(孵化後10日目)の仔魚を用いた。収容尾数約300尾で、餌料の種類と量を変えて、以下の5実験区を設けた。すなわち、ワムシの密度が、1) 8個体/mlとなるように投餌した区、2) 4個体/mlとなるように投餌した区。また、全長約7.2mmまで、ワムシの密度が8個体/mlとなるように投餌して飼育した後、3) ブラジル産アルテミアを投餌して取り上げまで飼育した区、4) 仔魚の脊索末端が

上方に曲がり始めた時期 (IV a'期) にアルテミアをブラジル産からカリフォルニア産に転換した区, 5) 仔魚の右眼が移動を開始した時期 (V a期) に, カリフォルニア産に転換した区。

1つの実験区は2つ水槽を使用し, 結果はその平均値を用いた。

測定は, 3日から1週間毎に行い, 各実験区の仔魚を20個体について, 麻酔 (MS 2 2 2) し, 全長, 体長を計測し, 発育段階を記録した。発育段階の判別は, 表1に示した基準 (未発表) によった。また, 変態が終了し, 色素の発現状態が判別可能になった実験区から, 全生存仔魚の計測を行い, 色素の発現状態を記録した。

結 果

生残率: 実験期間中のヒラメの生残率を表2に示した。ワムシのみを密度8個体/mlとなるように投餌した第1実験区の生残率が一番高く, 15.6%であった。ワムシを密度が4個体/mlとなるように投餌した第2実験区の生残率は8.3%と低くなった。アルテミアを投餌した各実験区 (第3~5) では, 5~7%の生残率となった。なお, 右眼が移動を開始する時期 (V a期) に餌料のアルテミアをブラジル産からカリフォルニア産に転換した第5実験区は実験の初期から死亡する仔魚が多かったが, 原因は不明である。また, 全ての実験区に共通して, III b"期で死亡する仔魚が多かった。

成長: サンプルングしたヒラメの平均

表1 ヒラメの発育段階表

前期 仔魚期	I	卵黄が有り括弧しない	a	頭部が下に向かう		
			b	卵黄が十分に (1/3以上) 残っている		
			c	肛門及び口が開く		
後 期	II	背鰭伸張線条の原基が無いかわっても仔魚腹膜の縁を越えない。	a	背鰭伸張線条原基なし		
			b'	背鰭伸張線条の原基形成 (腹鰭の1/3以下)		
			b"	同上, 腹鰭の1/3以上となる		
仔 魚 期	III	背鰭伸張線条が仔魚腹膜の縁から突出するが, 背鰭末端は直線的。	a	尾鰭の原基なし		
			b'	尾鰭の原基形成 (fin foldの縁が広がらない)		
			b"	尾鰭の原基形成 (fin foldの縁が広がる)		
魚 期	IV	背鰭末端が上方に曲がり, 眼は左右対照	a'	曲がり角が20°以下		
			a"	曲がり角が20°~45°		
			b'	曲がり角が45°~90°		
			b"	ほぼ90°に曲がる		
			V	眼は左右対照	a	有眼側から反対の目は見えない
					b	有眼側から反対の目は見えるが, 瞳孔は見えない
c	有眼側から反対の目は見えるが, 最終的な位置ではない					
稚 魚 期	VI		眼が最終的な位置に移る			

表2 ヒラメの色素発現率

色素発現の 実験区	(%)						個体数 生残率 (%)
	A	B	C	D	E	F	
75/4個体/ml・day	18.6	29.4	20.6	2.9	18.6	9.8	102 15.6
75/6個体/ml・day	34.9	16.3	9.3	4.7	14.0	16.3	43 8.3
75/4個74/7のみ	44.7	13.4	31.6	10.5	0	0	38 7.3
Va期から 81/16/27産74/7	44.4	15.5	28.9	6.7	2.2	2.2	45 6.6
IVa'期から 81/16/27産74/7	69.4	5.6	8.3	11.1	0	5.6	36 5.7
屋外0.5m ² 水槽 (75/4産74/7)	51.5	12.2	11.5	15.3	11.0	5.7	1019 —

全長の経日変化を図1に示した。アルテミアを投餌した実験区では, 孵化後33日までは実験区間に大きな差はないが, それ以降はブラジル産アルテミア区の成長が速くなった。

孵化後の日数と発育段階との関係: 発育が進む速度は, ワムシのみを投餌した実験区の方が, アルテミアを投餌した実験区よりも遅かった (図2)。

また、全長と発育段階との関係は、すべての実験区で右眼が移動を開始する時期（V期）まではほぼ同様であるが、その後は、ワムシのみを投餌した実験区の方が平均全長が大きかった。（図3）。

色素の発現過程：孵化直後の仔魚では、鰭膜にのみ黒色素胞が認められた（図4・A）。発育が進むに伴い、頭部、鰭膜上、体の背縁や腹縁、脊索上部に沿って黒色素胞が出現する（図4・B～F）。

右眼が移動する時期になると、背鰭、臀鰭上に斑紋が出現する（図4・G、H）。V a期では、体の両側で黒色素細胞

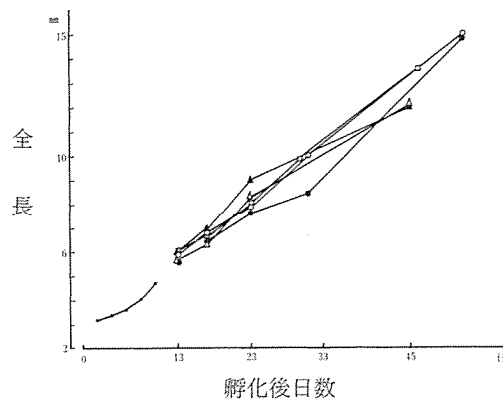


図1 ヒラメの平均全長の経日変化
 ○：ワムシ8個体/ml ●：ワムシ4個体/ml
 □：ブラジル産アルテミア
 △：Va'期からカリフォルニア産アルテミア
 ▲：Va'期からカリフォルニア産アルテミア

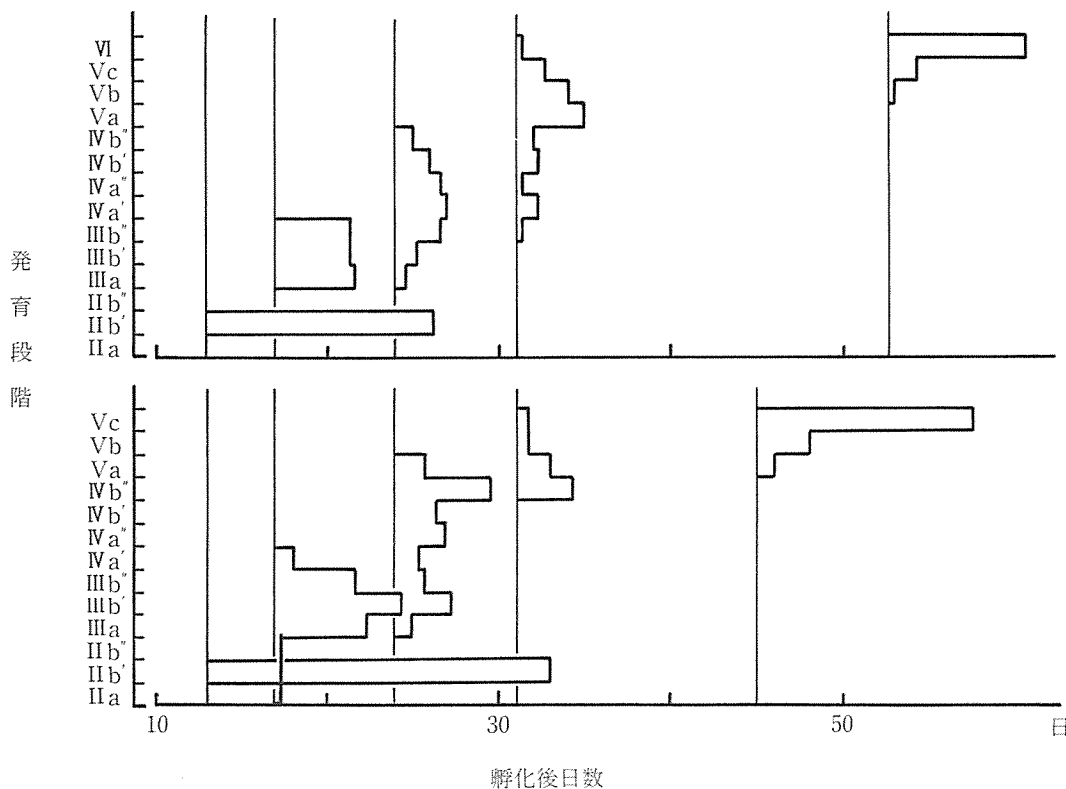


図2 ヒラメの発育速度

A：ワムシ投餌区 B：アルテミア投餌区

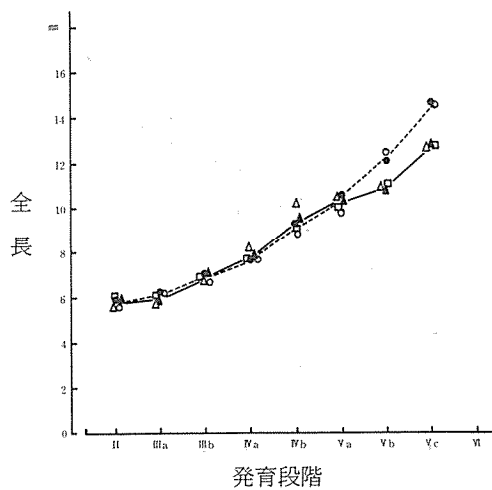


図3 ヒラメの发育段階に対する全長の関係

が樹枝状に拡散する状態に差異は認められないが、V b期に入ると無眼側の黒色素胞が頭部と腹部で点状に収縮するのが認められ、黒色素胞の収縮した領域は次第に尾部方向に進んだ(図4・G', H')。有眼側ではV c期には、色素が樹枝状に拡散して大きく見える大型の黒色素胞が、数個から十数個ずつまとまり頭部、腹部、脊椎沿いに出現するのが観察された。また頭部、腹部には点状の小型の黒色素胞の出現が観察された(図4・H)。虹色素胞や黄色素胞も出現し始めた。VI期には体側全面に小型の黒色素胞が出現する。色素発現の異常な個体ではV b期以降、有眼側でも無眼側と同様に黒色素胞が収縮し、V c期に出現する大型や小型の黒色素胞は発現が部分的になるか、または発現しなかった(図4・I, J)。しかし、色素異常個体でも背鰭、臀鰭上の黒色素胞はすべて正常に出現した。

色素の出現状態：変態が終了して色素が出現したヒラメは、有眼側に黒色素胞

が占める割合を指標(色素出現率)として、AからFまでの6つの型に分けることができた。

A型：色素出現率99~100%、正常な成魚が呈するのと同様な大型の黒色素胞や小型の黒色素胞が出現し、虹色素胞も多く出現した。

B型：75~99%、A型とほとんど同様であったが、頭部、尾部、鰭の基部などに、色素が出現しない部分があった。

C型：35~75%、体に大型や小型の黒色素胞が出現したが、出現しなかった部分が多かった。

D型：15~35%、大型の黒色素胞は出現しているが少なかった。小型の黒色素胞は、頭部、鰭部を除いては少なかった。虹色素胞は見られなかった(E型、F型も)。

E型：5~15%、大型の黒色素胞はなく小型の黒色素の出現も少なかった。

F型：0~5%、大型および小型の黒色素胞の出現はなく、仔魚期からある黒色素胞の分布のみが見られた。

上記の6型は、A型は正常個体、B~D型は体の一部に異常が認められる個体、E型、F型は、体の全面に異常が認められる個体と判断された。

上記の型分けに従いヒラメの色素の出現状態を区別し表2に示した。ワムシのみを投餌して変態終了まで飼育した第1, 2実験区は、その他の実験区に比較して、色素異常個体の出現率は高く、体の全面に及ぶ異常個体(E型、F型)の占める割合は約30%であった。

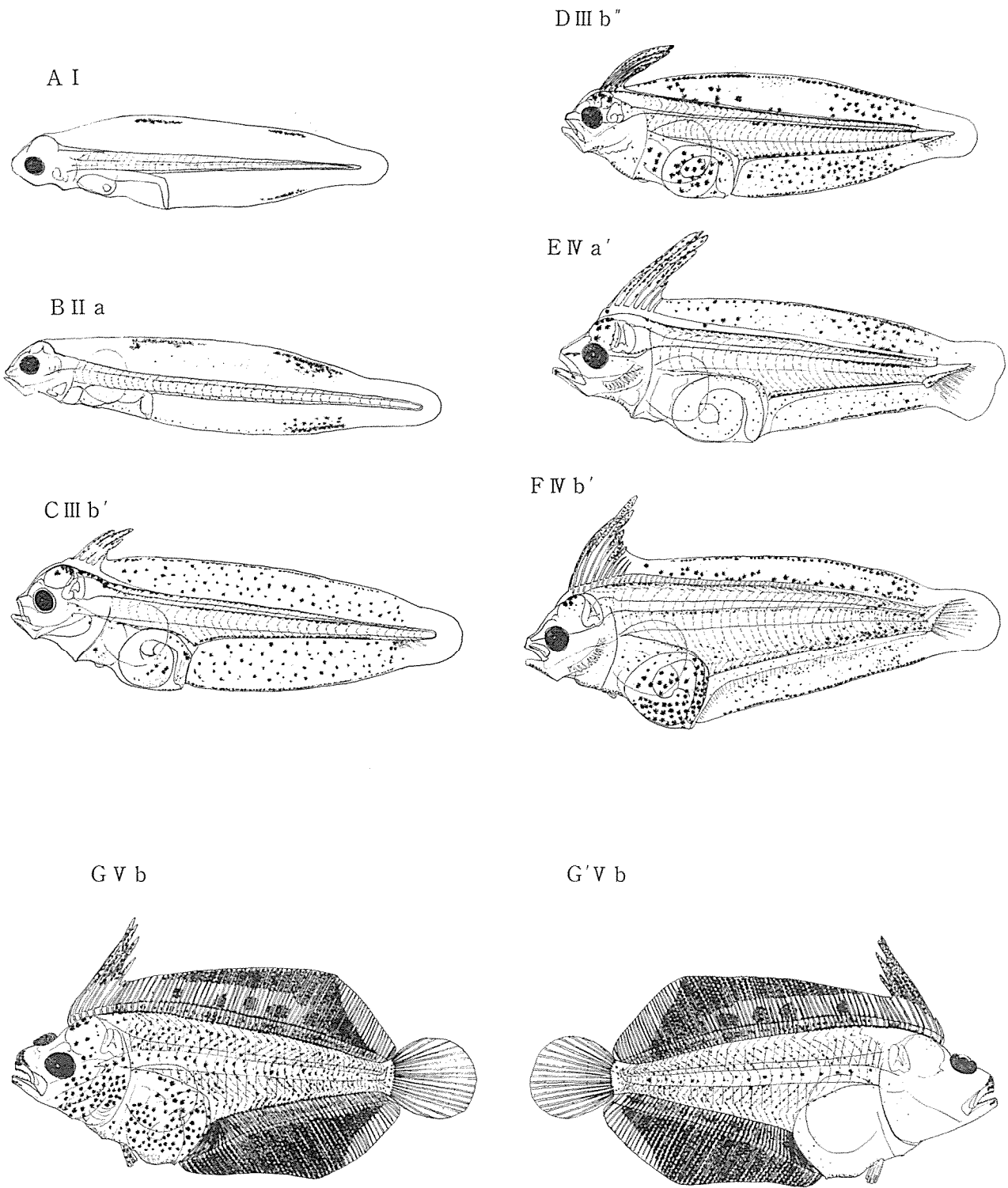
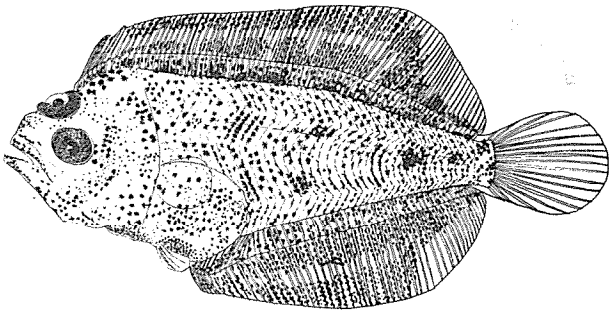
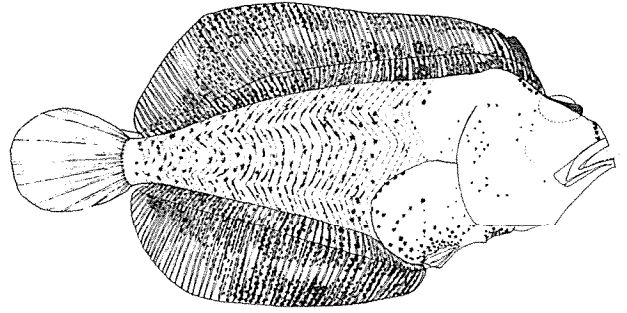


図4 ヒラメの色素発現過程

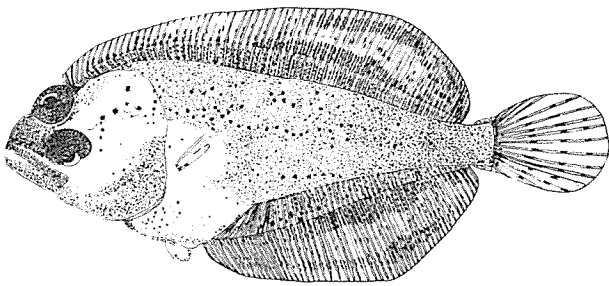
H V c



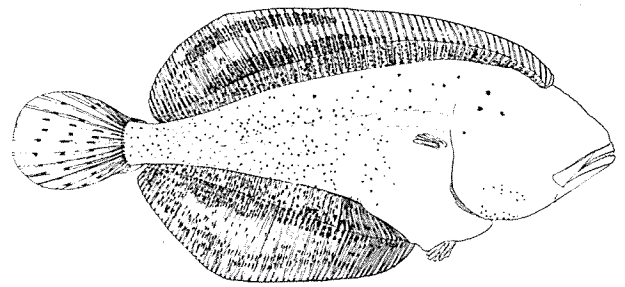
H' V c



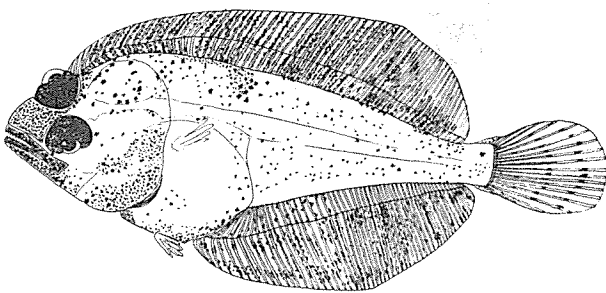
I VI



I' VI



J VI



J' VI

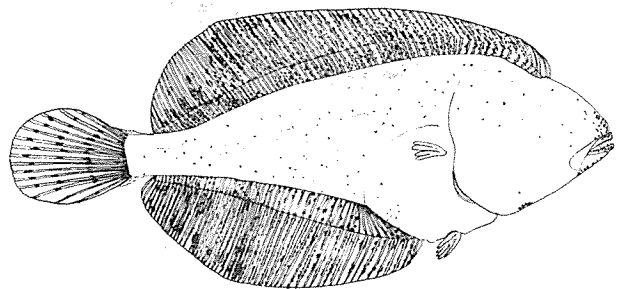


図4(つづき) ヒラメの色素発現過程

一方、アルテミアを投餌した実験区(第3～5)間では、色素異常個体の出現率はブラジル産アルテミアを継続して投餌した実験区とV a期でカリフォルニア産に転換したものとではほとんど差がなく、A型とB型の占める割合は約60%であったのに対し、より若令期であるIV a'期で転換したものでは、約75%で正常な個体の占める割合が高い傾向が見られた。

また、屋外の0.5m²水槽で、餌料をワムシから、実験区に用いたのと同じブラジル産アルテミアだけを用いて飼育したヒラメでは、A型とB型を合わせた正常に近い個体の割合は約64%であり、同じ投餌方法で飼育した30 l水槽の実験区よりは正常個体の割合が高い傾向が見られた。

考 察

餌料の種類と色素異常個体の出現との関係：本実験において、色素異常個体の出現率が高かったのは、ワムシのみを投餌した第1, 2区で、有眼側の全面に及ぶ色素異常個体の出現率が高かった。逆に出現率が低かったのは、IV a'期よりカリフォルニア産アルテミアを投餌した第4区で、有眼側の全面に及ぶ色素異常個体の割合は小さかった。

餌料を変えて飼育したヒラメの色素異常個体の出現については、青海(1981)は、海産グリーン及び、油脂酵母ワムシを単用して飼育した後、ブラジル産アルテミアに転換した場合では、有眼側の全面に及ぶ体色異常が高率で出現したと報告している。また、アルテミアに転換す

る時期を遅らせるほど、異常個体の出現が抑制されたとした。一方、産地の異なるアルテミアで飼育した場合について、渡辺、青海(1982)は、ブラジル産アルテミアを投餌した場合は、軀幹部全域に異常が及ぶ色素異常個体が、95～100%を占めたのに対し、サンフランシスコ産では、体色異常個体の出現率は、21.1%～26.1%と低く、全域に及ぶような異常個体と、部分的な異常個体が、ほぼ同様の割合で出現したと報告した。

これらの結果と、本実験を比較すると、ワムシで飼育した場合が逆の結果となった。ワムシを飼育する条件が異なるためこれを考察することはできなかったが、アルテミアを投餌した実験では渡辺、青海(1982)と同様な結果となった。

本実験では、投餌する餌料によって色素異常個体の出現率に差が出ることが確かめられ、使用したカリフォルニア産アルテミアは、色素出現率を高めるために有効な餌料であったと考えられるが、その機構については明らかではない。

色素の発現が決定される時期：仔魚に成魚と同様な色素が出現する時期は主にV c期であるが、V b期でもすでに無眼側となる側で仔魚期から分布していた黒色素細胞の退化が観察された。色素異常個体ではV b期に有眼側でも無眼側と同様に黒色素胞が収縮したのが観察され、正常個体との識別が可能になるが、それ以前は外観からの識別は不可能であった。しかしながら、ブラジル産アルテミアを投餌し続けた場合や、V a期からカリフ

フォルニア産に切り換えた場合よりも、IV a'期からカリフォルニア産に切り換えた場合のほうが黒色素胞の出現率が高い傾向がある。これらのことから、色素異常個体が発生する原因はIV a'期前後には生じていると推察される。

松本(1983)が、ヒラメの色素異常個体の“白化部位”での黒色素細胞の幼若細胞(メラノプラスト)は、仔魚期から変態直後のものには存在したが、大型の成魚では極めて少ないと報告した。本実験でみられた色素異常個体では、V b期に有眼側となる側でも仔魚期から分布していた黒色素胞の収縮が観察され、V b期以降に出現する拡散して大きく見える黒色素胞や、拡散しない小型の黒色素胞は出現が部分的であるかまたは出現しなかった。

これらのことから、色素異常個体では仔魚期にメラノプラストから一度分化したと考えられる黒色素胞が、退化し、稚魚に移行する時に出現する黒色素胞も、メラノプラストは存在したが、出現しなかったことがうかがえる。

色素異常個体では、神経支配系に異常が見られるとも言われており(藤井, 1983)またヒラメの色素異常個体の鱗や脊椎骨に異常が見られること(青海, 1979)等の報告がある。これらは、仔魚の成長過程で現れる異常が色素細胞のみならず神経系、骨格、鱗などに同時多発的に発生することを示唆している。

上述のように本実験では異なる餌料で飼育したヒラメ仔魚の色素異常個体の出

現率に差が見られ、特に変態期以前の時期から投餌したカリフォルニア産アルテミアは色素発現率を高めることから、色素異常を起こす原因は、変態期に入る前に生じたものと思われた。

要 約

1. 開口直後のヒラメ仔魚に異なる餌料を時期を変えて与え色素の出現状況を調べた。
2. 色素異常個体の最も少なかったのはIV a'期からカリフォルニア産アルテミアを与えた実験区で、ワムシのみを与えた場合が最も色素異常個体が多かった。
3. カリフォルニア産アルテミアの与える時期をIV a'期とV a期にしたところV a期のものは、カリフォルニア産アルテミアを与えなかった区と差がなかったが、IV a'期のものは色素異常個体の出現率が低かったことから、この時期(IV a'期)は色素形成に重要な時期であると思われた。

参考文献

- 1) 及川 淳, 井出宏之編 (1982), 色素細胞—この特異な集団, 講談社サイエンティフィク, 東京.
- 2) 藤井良三 (1979) 色素細胞, UPバイオロジー⑩, 東京大学出版会, 東京.
- 3) 南 卓志 (1982), ヒラメの初期生活史, 日水誌, 48 (11), 1581-1588.
- 4) 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，長崎水試研報，(5)，9～17.
- 5) 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，長崎水試研報，(5)，19～25.
- 6) 青海忠久 (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).
- 7) 渡辺 武，青海忠久 (1982)，異体類白色化個体出現防除研究計画検討会資料，水産庁.
- 8) 藤井良三，松本二郎，菊池慎一 (1983)，異体類白色化についての基礎的研究，昭和58年度健苗育成技術開発委託事業中間報告会資料，水産庁.

A NEW RECORD OF THE PLANKTONIC COPEPOD
CENTROPAGES ABDOMINALIS (COPEPODA, CALANOIDA)
FROM PATAGONIAN WATERS, SOUTHERN CHILE

BY

KAZUMASA HIRAKAWA

Marine Biological Research Institute of Japan, Co., Ltd.,
4-3-16 Yutaka-cho, Shinagawa-ku, Tokyo 142, Japan

Centropages abdominalis was originally described from neritic waters of Oshoro and Takashima, Hokkaido, northern Japan (Sato, 1913) and has been synonymized with *Centropages mcmurricchi* Willey, 1920, by many copepodologists (cf. Brodsky, 1950; Johnson, 1958). The species occurs commonly in the boreal and temperate waters of the North Pacific. No distributional records of the species, however, have been known from the South American coastal waters including fjord regions. In agreement with previous workers, Fleminger (1975) had found *C. brachiatus* (Dana, 1849) to be the common representative of the genus in the sub-Antarctic and temperate waters of South America, and *C. furcatus* (Dana, 1849) and its Atlantic cognate, *C. velificatus* (De Oliveira, 1946) in tropical coastal waters.

Seventeen females, 22 males and 110 copepodids of *C. abdominalis* were collected in the routine plankton sampling programs of the Japan International Cooperation Agency (JICA) and Servicio Nacional de Pesca (SERNAP) of the Republic of Chile, from Ensenada Baja (45°27'S 72°49'W), a lagoon at the head of Aysén Fjord, southern Chile (Patagonia). These specimens were obtained by duplicate vertical tows from near the bottom (7 m depth) to the surface with a Norpac net in November 1983. The salinity and temperature at the station vertically ranged from 2.3 to 14.1‰ (average 5.5‰) and 12.6 to 13.5°C (average 13.3°C), respectively. The salinity of the lagoon water is remarkably reduced by the discharge of the Aysén River which empties into Aysén Fjord.

Both sexes obtained from Patagonia show a number of minor differences from previously published descriptions of the female (Willey, 1920; Brodsky, 1950) and the male (Shen & Bai, 1956; Chen & Zang, 1965). Redescription of the species and comparison of the Patagonian specimens with those from the eastern Bering Sea and the north-western North Pacific will be noted in a following paper, but to document here that the species in Ensenada Baja is *C. abdominalis* and to aid in its identification, I provide illustrations indicating specific characters of the present specimens (fig. 1) which have been deposited in the National Science Museum, Tokyo, Japan.

The species has not been found in the coastal waters of southern Australia or New Zealand (I. A. E. Bayly, personal communication). The discovery of *C. abdominalis* at the Patagonian lagoon reported here, therefore, is a new

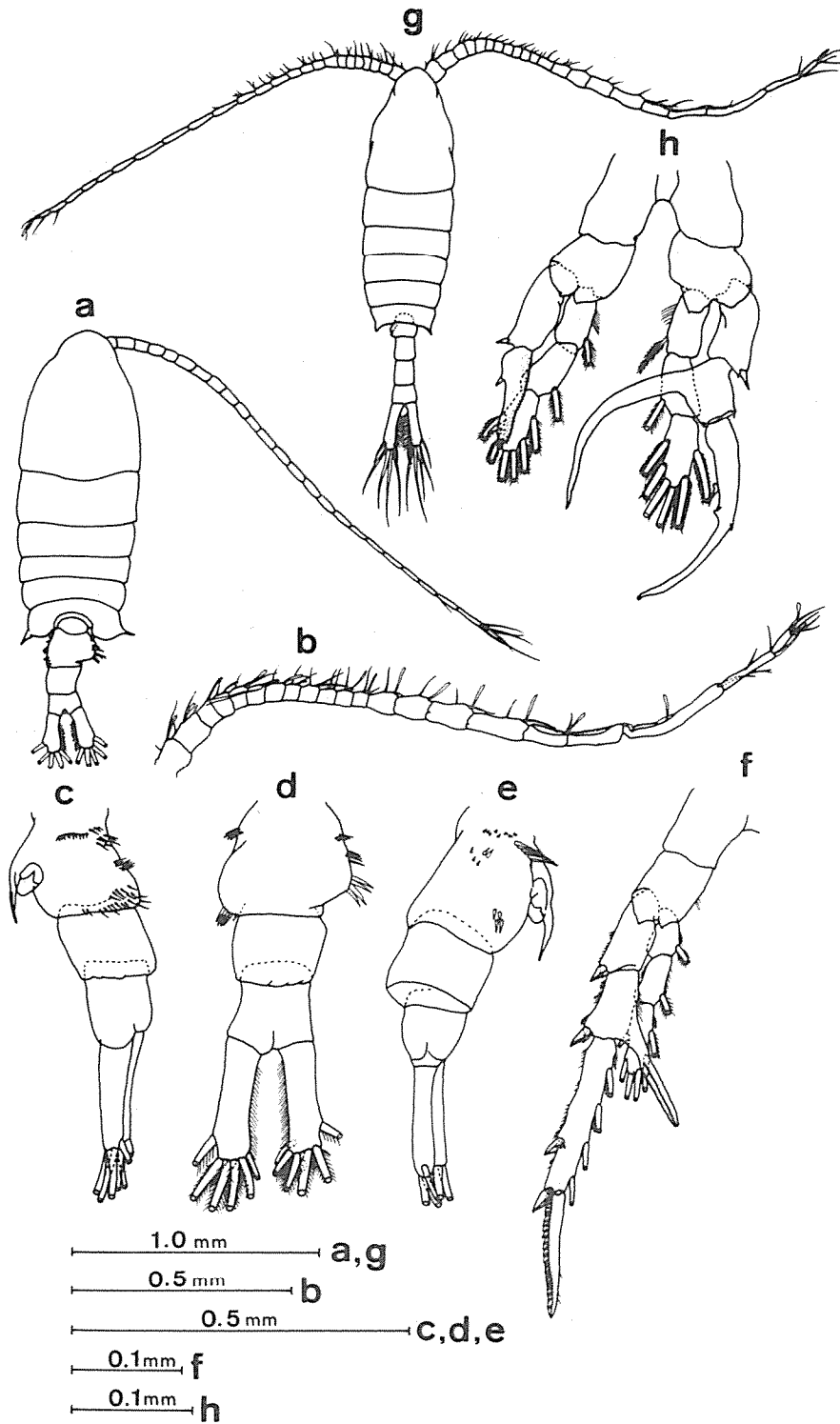


Fig. 1. *Centropages abdominalis* Sato. a, c-f, adult female; b, g, h, adult male. a, habitus, dorsal view; b, antennule; c, urosome, lateral view from left side; d, urosome, dorsal view; e, urosome, lateral view from right side; f, leg 5; g, habitus, dorsal view; h, 5th pair of legs.

NOTES AND NEWS

record for the South Pacific coast and poses interesting zoogeographic problems. Its isolated occurrence at the remote Patagonian coast of Chile far to the south is thus most peculiar.

Exotic records of planktonic copepods have been reported for *Acartia tonsa* Dana, 1849 (Brylinski, 1981), *Pseudodiaptomus marinus* Sato, 1913 (Jones, 1966; Grindley & Grice, 1969), *Pseudodiaptomus acutus* (Dahl, 1894) (Bowman, 1978), *Sinocalanus doerrii* (Brehm, 1909) (Orsi et al., 1983), *Oithona davisae* Ferrari & Orsi, 1984 and *Limnoithona sinensis* (Burckhardt, 1912) (Ferrari & Orsi, 1984). These authors have suggested a mechanism for their introductions by ships releasing ballast or bilge water. The possibility of transport from the original centers of production to the new environments by ocean currents is very doubtful for these coastal and/or estuarine copepods. For example, the time required for direct transport would exceed the life span and generation time of these species (Jones, 1966; Bowman, 1978), which are restricted to coastal waters usually of reduced salinity.

The liners on the South American West Coast Route have plied between the ports of the South American (e.g. Valparaiso, Puerto Montt and Punta Arenas) and North American west coasts for exchange of goods. The port of Chacabuco located near Ensenada Baja can anchor freighters of 10 thousand tons displacement and has been used for shipments of lead concentrates and wool, and for local shipments of cattle (Wylie, 1983). Though the coastal and estuarine plankton of western South America is inadequately known, I have independently come to the above-mentioned conclusion on the mode of introduction of this disjunct population of *C. abdominalis*. This appears to be the most plausible explanation for its presence at the Patagonian lagoon.

ACKNOWLEDGEMENTS

I am very grateful to Dr. A. Fleminger, Scripps Institution of Oceanography, University of California, and Dr. J. J. Orsi, California Department of Fish and Game for their helpful suggestions and for their critical readings of the first draft of this manuscript.

LITERATURE CITED

- BOWMAN, T. E., 1978. From Brazil to Jamaica: a range extension of the neritic calanoid copepod, *Pseudodiaptomus acutus*. *Crustaceana*, **35**: 249-252.
- BRODSKY, K. A., 1950. Calanoida of the far eastern seas and polar basin of the U.S.S.R. *Opred. Faune S.S.S.R.*, **35**: 1-440. (In Russian). (English translation by Israel Program Scient. Transl., Jerusalem, 1967).
- BRYLINSKI, J. M., 1981. Report on the presence of *Acartia tonsa* Dana (Copepoda) in the harbour of Dunkirk (France) and its geographical distribution in Europe. *Journ. Plankton Res.*, **3**: 255-260.
- CHEN, Q.-C. & S.-Z. ZHANG, 1965. The planktonic copepods of the Yellow Sea and the East China Sea I. Calanoida. *Studia Marina Sinica*, **7**: 20-131. (In Chinese with English summary.)

NOTES AND NEWS

- FERRARI, F. D. & J. ORSI, 1984. *Oithona davisae*, new species, and *Limnoithona sinensis* (Burckhardt, 1912) (Copepoda: Oithonidae) from the Sacramento-San Joaquin Estuary, California. *Journ. Crust. Biol.*, **4**: 106-126.
- FLEMINGER, A., 1975. Geographical distribution and morphological divergence in American coastal-zone planktonic copepods of the genus *Labidocera*. *Estuarine Res.*, **1**: 392-419.
- GRINDLEY, J. R. & G. D. GRICE, 1969. A redescription of *Pseudodiaptomus marinus* Sato (Copepoda, Calanoida) and its occurrence at the Island of Mauritius. *Crustaceana*, **16**: 125-134.
- JOHNSON, M. W., 1958. Observations on inshore plankton collected during summer 1957 at Point Barrow, Alaska. *Journ. Mar. Res. Board Canada*, **17**: 272-281.
- JONES, E. C., 1966. A new record of *Pseudodiaptomus marinus* Sato (Copepoda, Calanoida) from brackish waters of Hawaii. *Crustaceana*, **10**: 316-317.
- ORSI, J. J., T. E. BOWMAN, D. C. MARELLI & A. HUTCHINSON, 1983. Recent introduction of the planktonic calanoid copepod *Sinocalanus doerrii* (Centropagidae) from mainland China to the Sacramento-San Joaquin Estuary of California. *Journ. Plankton Res.*, **5**: 357-375.
- SATO, T., 1913. Pelagic Copepoda, 1. Rep. Fish. Invest. Hokkaido Fish. exp. Sta., **1**: 1-79. (In Japanese).
- SHEN, C. & S. BAI, 1956. The marine Copepoda from the spawning ground of *Pneumatophorus japonicus* (Houttuyn) off Chefoo, China. *Acta Zoologica Sinica*, **8**: 177-234.
- WILLEY, A., 1920. Report on the marine Copepoda collected during the Canadian Arctic Expedition. Report of the Canadian Arctic Expedition, 1913-18, **7** (Crustacea, Part K. Marine Copepoda): 1-46.
- WYLIE, F. V. H., 1983. South America ports handbook: 1-658. (Agencia Maritima Internacional S.A., Buenos Aires).

Received for publication 22 July 1985.