

## アルテミア幼生の給餌量の差がヒラメ仔稚魚の成長に及ぼす影響

檜東裕子\*・尾田正

Effect of Feeding Quantity of Brineshrimp *Artemia salina* on Growth of  
Juvenile Flounder *Paralichthys olivaceus*

Yuko KASHIRO and Tadashi ODA

キーワード：ヒラメ，成長，アルテミア幼生給餌量

近年，ヒラメ *Paralichthys olivaceus* の種苗生産において仔魚に大量のアルテミア *Artemia salina* 幼生（以下，Ar幼生）を給餌して飼育する通称「茨城方式」と呼ばれる飼育方法<sup>1)</sup>が太平洋北ブロック<sup>2)</sup>を中心に導入されている。これは，Ar幼生を大量に給餌することによって成長の促進だけでなく黒化防除にも有効であり，量産規模での飼育においても再現性の高い方法として評価<sup>3)</sup>されている。この「茨城方式」のAr幼生給餌量は当栽培漁業センターのヒラメ種苗生産事業の給餌量と比較すると最大8倍になっている。この給餌量では翌日までAr幼生が飼育中に残り，EPA（エイコサペンタエン酸），DHA（ドコサヘキサエン酸）が減少したAr幼生を仔魚が摂餌することになり，栄養不足により生残率や体色異常に影響があるのではないかと考えられる。

本報告では，Ar幼生の大量給餌がヒラメ仔稚魚の成長と生残に与える影響を調べるとともにAr幼生の代替餌料として冷凍コペポダの可能性を検討するために飼育試験を行った。併せてEPA，DHA強化したAr幼生が経過時間に伴ってそれらの含有量がどのように変化していくかを調査した。また，それらのアルテミアを摂餌した仔稚魚のEPA，DHA含有量も調査した。

## 材料と方法

**供試魚** 2004年10月28日に採卵後1日管理した受精卵約8万粒を鹿児島県の民間業者から購入し，1.2kIFRP水槽2槽に収容した。ふ化後2日目（以後ふ化後n日目をH-n）からS型ワムシ *Brachionus rotundiformis*（以下ワムシ）を与えて飼育した仔魚を試験に供した。試験

開始日（H-15）における仔魚の平均全長は  $6.9 \pm 0.44$  mm (mean  $\pm$  SD, n = 30) であった。

**飼育** 試験水槽には200lポリカーボネイト水槽を用い，水槽横面から光が入らないように黒色ポリエチレン幕を水槽の側面と底面に取り付け，屋内に設置した。前記の仔魚をH-13，14に各水槽に2,600尾ずつ計数して収容した。飼育水は砂濾過海水を使用した。気温の低下に伴い飼育水槽内の水温も低下したため，H-18から加温海水を注水した。注水は1.5回転/日から開始し，取上げまでに3.5回転/日まで増加させた。

基本とした餌料系列を図1に示した。ワムシ，配合飼料は全水槽に等量給餌した。

ワムシは市販の栄養強化剤で栄養強化した後，紫外線殺菌装置で殺菌したものを給餌した。

Ar幼生は北米産の耐久卵を使用し，ふ化したものを無強化又は市販の栄養強化剤（スーパー生クロレラV12，クロレラ工業K.K.）で栄養強化して給餌した。

配合飼料はA-250，N-400（協和発酵K.K.）を使用した。

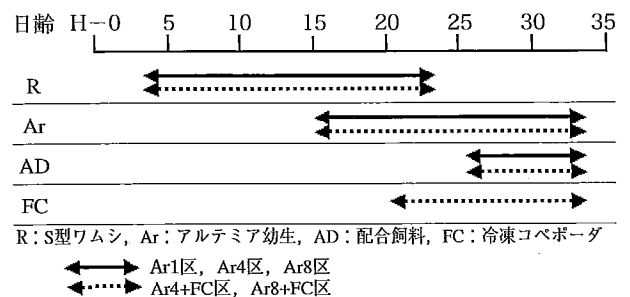


図1 基本とした餌料系列

\*現所属：岡山県農林水産部水産課

冷凍コペポーダは中国産の *Calanoida* 及び *Cyclopoida* (雅1号及び2号, ジェイシーケイロウピン貿易K.K.) を使用し, 解凍したものを1日2回給餌した。

H-23まで毎日飼育水に淡水産クロレラ(生クロレラV12, クロレラ工業K.K.)を添加した。

試験は'04年11月13日から12月1日までの19日間行った。

**試験区** 試験区はAr幼生の給餌量及び冷凍コペポーダの給餌の有無によって5区設け, 1区につき2水槽を設置した。試験区の設定は表1のとおりである。Ar幼生の給餌量は当栽培漁業センターの平成15年度ヒラメ種苗生産事業の給餌量を基本とし, その4倍, 8倍量とした。冷凍コペポーダはAr幼生の湿重量の30から50%を給餌し, その分, Ar幼生の給餌量を削減した。

**測定項目** 5日毎に各試験区の1水槽(奇数番号)について30尾の全長測定を行った。また, H-15, 20, 25にはAr幼生給餌1時間後に仔魚10尾のサンプリングを行い, Ar幼生の摂餌数を調査した。

試験終了時には色素の発現が不十分なため, 30mm程度の大きさまで継続して飼育し, 各試験区120尾について体色異常調査を行った。

骨格異常調査に供した稚魚はアリザリン染色を行い, 各試験区60尾について実体顕微鏡下で脊椎骨の異常(癒合)を調べた。

**EPA, DHA含量の変化** 上記飼育試験に供試魚として用いた仔魚を引き続きワムシとAr幼生を与えて飼育した, 全長 $9.3\text{mm} \pm 0.95\text{mm}$  (mean  $\pm$  SD,  $n=30$ )の仔魚を供試魚とした。Ar幼生はふ化6時間後に $n=3$ 系高度不飽和脂肪酸を取り込んだ淡水産濃縮クロレラ(クロレラ工業K.K.)を栄養強化剤として $1\text{ml}/l$ の割合で添加し, 18時間後に収穫した。栄養強化したAr幼生は, ヒラメ飼育水槽に10個体/mlになるように給餌した。また, Ar幼生は強化後の脂肪酸組成を分析するために, 海水を入れた200lポリカーボネイト水槽に収容し, 無給

餌・通気・止水で養成した。

ヒラメ仔魚の分析用サンプルは, 給餌前と給餌後2, 6, 24時間後の4回, Ar幼生は強化直後と強化2, 6, 24時間後の4回とした。サンプルは採集後, 直ちに上水で洗浄した後, 水分を吸い取り紙で吸い取り, マイナス80℃のフリーザー内で分析するまで保存した。なお, 試料の分析はクロレラ工業株式会社に委託した。

## 結 果

**成長と生残** 飼育期間中における水温は16.1~20.4℃であった。各餌料の給餌量を図2に示した。Ar幼生は翌日まで大量に残っている時には適宜給餌量を減じたが, 給餌倍率は計画どおりとし, 変更はしなかった。

飼育結果を表2に, 試験区別の成長を図3に示した。試験期間中の飼育は疾病の発生や原因不明の大量へい死もなく, 順調であった。生残率はNo.5水槽で100%を超えていた。これは収容時の計数ミスにより規定数以上に収容したためと考えられた。その他の水槽の生残率は, 対照区としたAr1区の2槽が低く, 残りの水槽はいず

表1 試験区の設定

水槽番号	試験区名	Ar給餌量	FC
1,2 (対照区)	Ar1区	1倍	なし
3,4	Ar4区	4倍	なし
5,6	Ar8区	8倍	なし
7,8	Ar4+FC区	4倍	あり
9,10	Ar8+FC区	8倍	あり

Ar:アルテミア幼生 FC:冷凍コペポーダ  
Ar給餌量は平成15年度ヒラメ量産事業の給餌量を1倍とした。

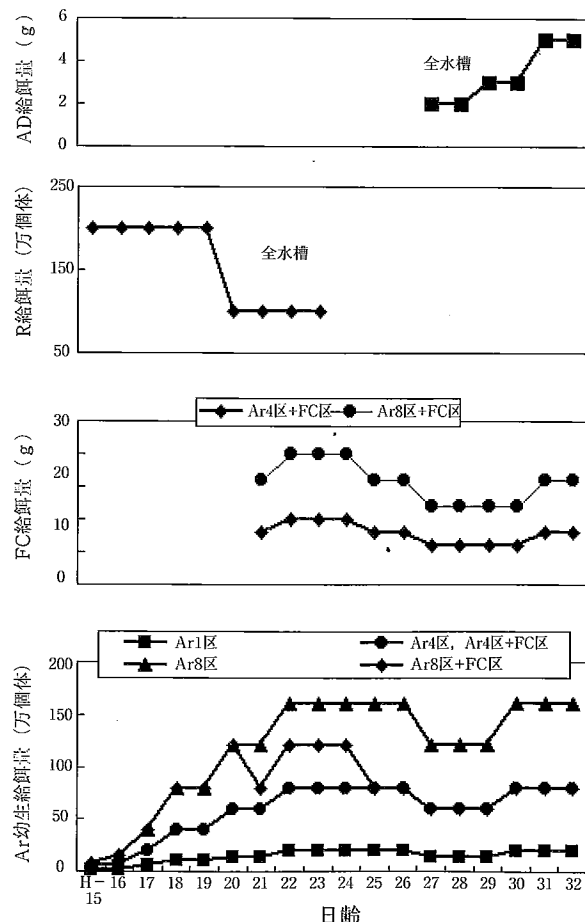


図2 各試験区の給餌量

表2 飼育結果

	試験区名 水槽番号	Ar1区		Ar4区		Ar8区		Ar4+FC区		Ar8+FC区	
		No.1	No.2	No.3	No.4	No.5	No.6	No.7	No.8	No.9	No.10
開始時	月日	11月13日									
	収容尾数	2,600									
	全長 (mm)*	6.9±0.44									
終了時	月日	2月1日									
	サンプル数	150	0	150	0	150	0	150	0	150	0
	取上げ尾数	614	1,465	2,283	2,495	2,545	2,505	2,259	2,018	2,240	2,286
	生残率	25.1	56.3	93.2	96.0	103.9	96.3	92.2	77.6	91.4	87.9
	全長 (mm)*	10.2±1.16		12.3±1.39		15.5±1.35		13.0±1.11		13.9±1.62	
	日間成長量(mm)	0.17		0.28		0.45		0.32		0.37	

\* mean ± SD, n=30

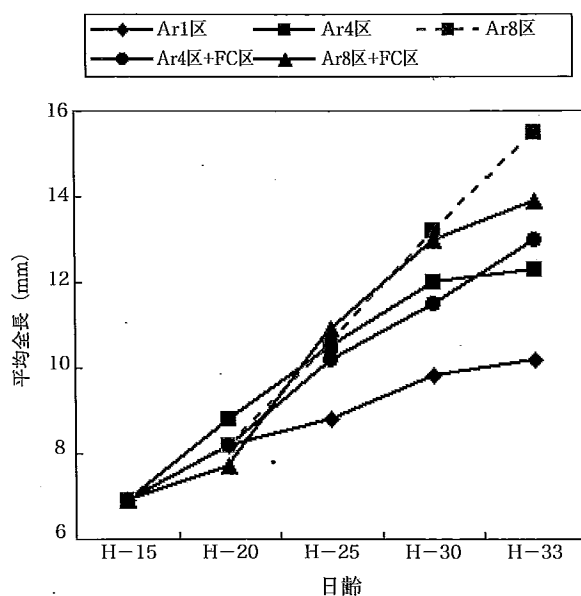


図3 各試験の平均全長の推移

れも高い値となった。対照区の生残率が低くなった理由として、量産時の飼育と比べて注水量が多かったため、餌が摂餌される前に排水と一緒に排出され、十分量を摂餌できなかったと考えられた。また、No.1水槽の生残率が特に低い理由として、この水槽は底面を覆った幕と水槽の間に隙間があり、そこに水槽上面からの光が反射し、着底前の仔魚が底に集まっていたことが影響したものと考えられた。

冷凍コペポータを給餌しなかった試験区の成長は、Ar幼生の給餌開始5日後のH-20にはAr4区の成長がやや良かったものの、その後Ar8区が高成長を示し、取上げ時にはAr8区、Ar4区、Ar1区の順に成長が良く、対照区とAr8区では5mm以上の差となった。冷凍コペポータを給餌したAr4+FC区水槽は、Ar8区との比較ではAr幼生のみを給餌した後者が高成長を示したが、Ar幼生を4倍量給餌したAr4区との比較では成

長が良かった。

**摂餌数調査** Ar幼生の摂餌状況を図3に示した。給餌開始日のH-15においてはAr4区、Ar4+FC区、Ar8+FC区でそれぞれ1尾の仔魚がAr幼生を摂餌していたが、残りの個体はワムシのみの摂餌であった。その後、H-20、25にはすべての個体がAr幼生を摂餌しており、摂餌数は増加していった。Ar1区のH-20における摂餌数を1とすると、他の区では1.6~2.2となった。また、H-25においてもAr4区、Ar8区で1.3となり、Ar幼生の給餌量が多いほど多くのAr幼生を摂餌していた。Ar4+FC区では0.9、Ar8+FC区では1.6であり、冷凍コペポータを摂餌している個体も観察された。

Ar幼生の給餌量が増加することにより、ヒラメ仔魚の摂餌量も増加し、成長を促進していると考えられた。

**体色異常調査** 体色異常調査の結果を表3に示した。有眼側の異常は、全体的に少なく、各試験区間で有意な差は認められなかったが、Ar1区、Ar4+FC区、Ar8+FC区でやや多くの白化個体が見られた。無眼側の黒化については全面に着色した個体はいずれの水槽でもみられなかった。また、黒化魚の割合は15~27%で、無眼側の黒化が50%以上の個体がAr1区、Ar8+FC区に

表3 体色異常個体率(%, 調査個体数=120個体)

試験区名	Ar1区	Ar4区	Ar8区	Ar4+FC区	Ar8+FC区
<b>有眼側</b>					
正常	92.5	98.3	97.5	95	89.2
部分白化	2.5	0	2.5	2.5	5.8
全白化	5	1.7	0	2.5	5
<b>無眼側</b>					
着色軽微	80.8	82.5	73.3	85.0	70.0
着色50%以下	15.8	17.5	26.7	15.0	27.5
着色50%以上	3.3	0	0	0	2.5
着色全面	0	0	0	0	0

若干みられたものの、残りの個体は体表のごく一部が着色している程度の軽微であった。生産した稚魚の全個体の無眼側が50%以上黒化していた平成16年度の量産事業<sup>3)</sup>と比較すると全試験区で少なく、Ar幼生の給餌量による差は認められなかった。

**脊椎骨異常調査** 脊椎骨異常調査の結果を表4に示した。Ar 8区, Ar 8 + FC区で腹椎の異常がやや多くみられたが、尾椎の異常についてはそれぞれの水槽間で差はみられなかった。いずれの試験区も半分以上の個体で癒合がみられた。当栽培漁業センターの量産事業では脊椎骨異常について過去に調べていないために比較はできないが、他機関で生産されたものと比較すると<sup>4)</sup>、平均癒合骨数0.45~0.82は少ない値であると考えられた。

表4 脊椎骨異常調査結果 (調査個体数=60個体/区)

試験区名	Ar1区	Ar4区	Ar8区	Ar4+FC区	Ar8+FC区
平均癒合骨数*	0.55	0.62	0.82	0.45	0.67
癒合椎体保有個体率 (%)	53	57	50	60	55
腹椎癒合個体率 (%)	2	3	10	0	10
尾椎癒合個体率 (%)	45	43	48	40	43

\*平均癒合骨数=癒合脊椎骨数の総計/60個体

Ar幼生の給餌量や冷凍コペポダの給餌の有無による差はいずれも認められなかった。

**EPA, DHA含量の変化** Ar幼生, ヒラメ仔魚の脂肪酸組成の経時変化を図5, 図6に示した。Ar幼生の脂肪酸組成は栄養強化後の経過時間に伴い、全脂質, DHAともに減少したが, EPAは上昇した。ヒラメ仔魚の脂肪酸組成は栄養強化後の経過時間に伴い、全脂質は6時間までは変わらないが, 24時間後には上昇したのに対し, EPA, DHAともに減少傾向を示したが, DHAは2時間後に急激に減少したのに対し, EPAの減少は緩やかであった。このことからDHAはEPAに比べ速やかに体内で消費されていたものと考えられた。

Ar幼生, ヒラメ仔魚の脂質含量の経時変化を図7, 図8に示した。全脂質含有量はAr幼生, ヒラメ仔魚ともに2時間後に最大値を示した後、漸減したのに対し, EPA, DHAは経過時間とともに減少していった。また, 減少の程度はAr幼生, ヒラメ仔魚ともにEPAではわずかであったが, DHAは2時間後には急減し, 特にAr幼生は1/3に減少した。

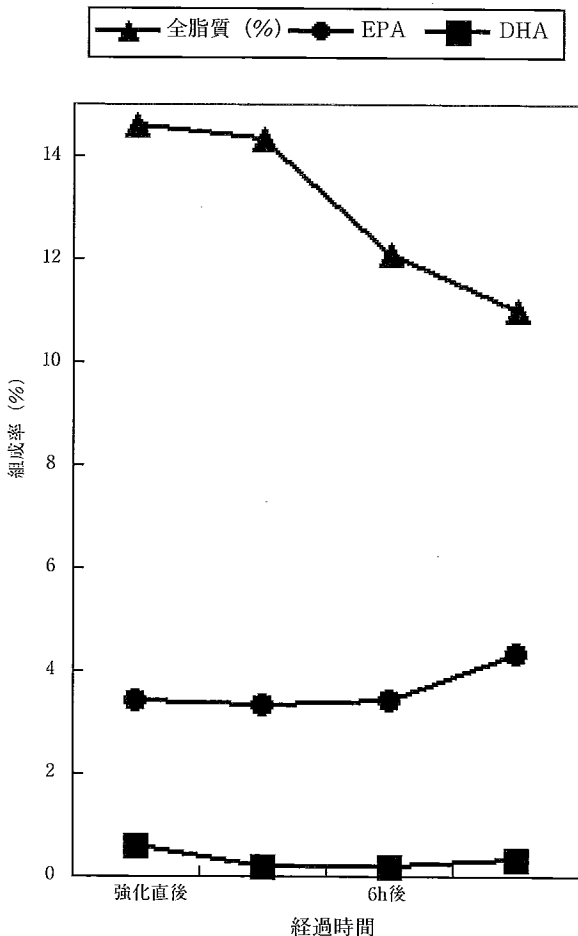


図5 Ar幼生の脂肪酸組成率の経時変化

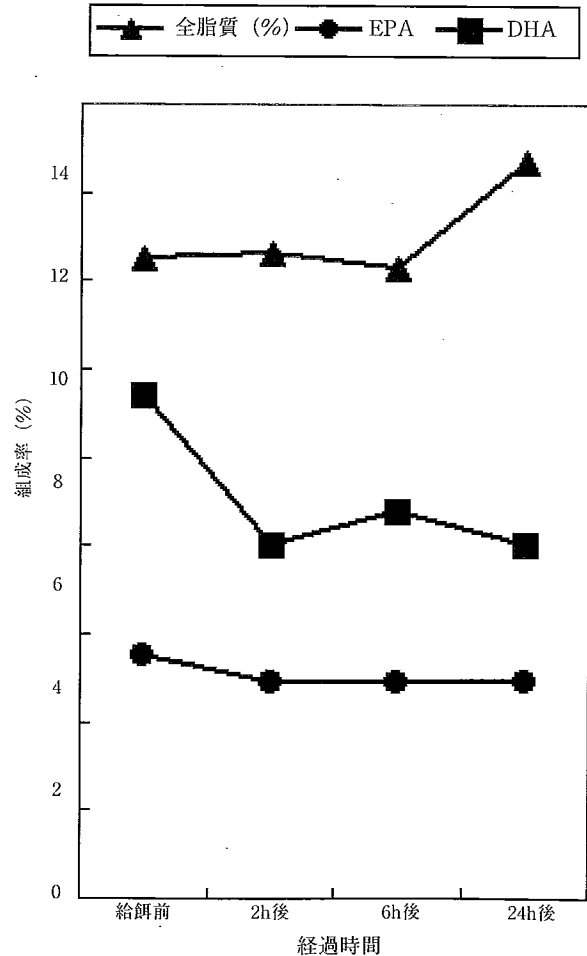


図6 ヒラメ仔魚の脂肪酸組成率の経時変化

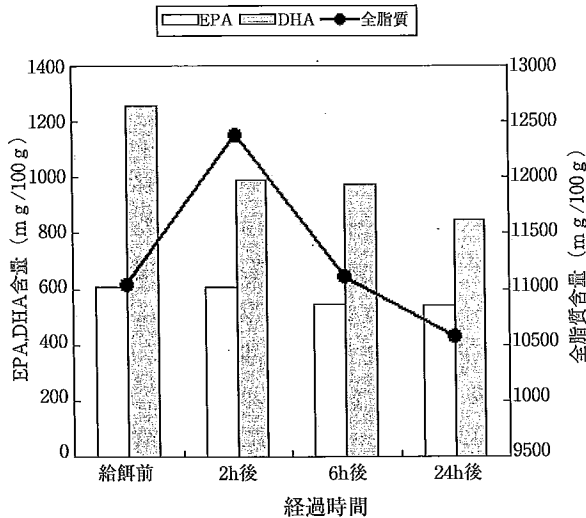


図7 Ar幼生の脂質含量の経時変化

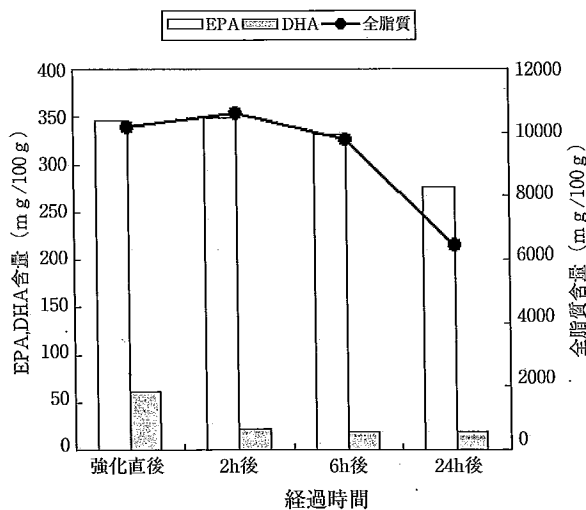


図8 ヒラメ仔魚の脂質含量の経時変化

## 考 察

ヒラメ仔稚魚期におけるAr幼生の大量給餌は当栽培漁業センターの従来の飼育方法と比較して、成長も良く、体色異常も軽減されており、脊椎骨異常の軽減にも効果があり、健全種苗の生産に有効な方法と考えられた。しかし、Ar幼生の給餌量によって脊椎骨異常や体色異常に及ぼす影響は明らかでなかった。本実験で用いた卵が当栽培漁業センターで生産に用いている卵とは親魚の由来が異なることから遺伝的な影響も考えられるために単純に比較はできないが、量産に用いる卵質や生産方法などについて再検討する必要があると考えられた。

冷凍コペポードについては、Ar幼生の代替餌料として使用した場合、成長面では差がなかったものの、有眼側の白化個体出現率がやや多くなること、冷凍餌料であるため、摂餌されなかった餌が底にたまって飼育環境の悪化に繋がることから、使用方法について今後検討が必要であると思われた。

海産魚類の仔稚魚の餌料には必須脂肪酸であるEPA, DHAが不可欠であり、シオミズツボワムシやAr幼生を給餌する際には、EPA, DHAを多量に含んだ様々な栄養強化剤を用いて強化させている。強化した生物餌料は時間の経過とともにEPA, DHAが減少していくことから、量産事業では、強化させた生物餌料が速やかに仔稚魚に摂餌され、残餌として飼育水中に残らないように1日の飽食量を数回に分けて給餌している。しかし、この飼育方法だと給餌回数が増えることや早朝からの給餌が必要になることから給餌の労力が大きくなるという欠点を持っている。

栄養強化後24時間のAr幼生をヒラメ仔魚が摂餌しているのが観察されが、茨城方式で用いている栄養強化剤が本実験で用いたものと異なることから単純に比較することはできないが、DHAは強化後2時間以内に急減するため、24時間経過したAr幼生を摂餌させることは栄養不足となりうる可能性がある。しかし、茨城方式ではアルテミア給餌期には栄養強化したシオミズツボワムシや配合飼料を併用給餌しており、そのことがAr幼生の栄養不足を補ってヒラメの生残率の低下を防いでいると考えられた。

## 参考文献

- 1) 茨城県, 2003: 平成11~14年度ヒラメ黒化防除技術開発試験報告書, 122-127.
- 2) 佃水産総合研究センター宮古栽培漁業センター, 2003: 平成13~15年度に実施した太平洋北区ヒラメ種苗生産機関における無眼側体色異常の調査概要, 平成15年度栽培漁業太平洋北区ブロック会議ヒラメ分科会資料, 1-4.
- 3) 樫東裕子・尾田正, 草加耕司, 2004: ヒラメの種苗生産, 岡山県水試報, 20, 111-113.
- 4) 山本栄一, 2003: ヒラメ人工種苗の脊椎骨癒合と防除方法, 平成15年度栽培漁業技術中央研修会テキスト集.