

ドコサヘキサエン酸(DHA)要求に着目したマガレイの形態異常防除技術の実証試験

佐藤敦一^{*1}, 竹内俊郎²

¹栽培水産試験場, ²東京海洋大学

Proof test of the rearing technique based on DHA requirement during larval period to prevent the morphological abnormalities in brown sole *Pseudopleuronectes herzensteini*

NOBUKAZU SATO^{*1}, TOSHIO TAKEUCHI²

¹Mariculture Fisheries Research Institute, Muroran, Hokkaido, 051-0013, Japan

²Graduate School of Marine Science and Technology, Tokyo University of Marine Science and Technology, Minato, Tokyo, 108-8477, Japan

The purpose of this study was to evaluate the suitability of a rearing technique and to prevent morphological abnormalities in juveniles of the brown sole *Pseudopleuronectes herzensteini* by fulfilling their DHA requirements during the larval period. Treatments of enriched larval food included 4 different rotifer preparations and only 1 preparation of *Artemia* nauplii with a commercial product. Larvae at 15 days after hatching (D developmental stage) were fed for 11 days with rotifers that were treated with different materials and enriched-*Artemia*. During developmental stages F-I, larvae were fed solely with enriched-*Artemia*. The incidence of normal morphology and survival rate in larvae fed with rotifers containing enough DHA to meet the DHA requirements during the D-E stages were significantly higher than those in larvae fed with rotifers containing insufficient DHA. Therefore, these results confirmed that this rearing technique, based on providing enough DHA to meet requirements of larval brown sole during the D-E stages, successfully reduced morphological abnormalities to approximately 10%, yielding a normal morphology rate of 90-94%. This study also indicated that the rearing technique may be used to prevent morphological abnormalities in juvenile brown sole regardless of the enrichment material used, since both commercial product and DHA oil were effective.

キーワード: 栄養強化, 形態異常, 生物餌料, 市販栄養強化剤, ドコサヘキサエン酸 (DHA), 発達ステージ, マガレイ

マガレイの種苗生産において, 有眼側体色異常および眼位異常に代表される形態異常が発生しやすく, その防除技術として高水温飼育による手法が開発され, 形態正常率は8割となり (有瀧ら, 1996), 形態異常防除技術が一応の確立をみた。しかし, その後も本種の形態正常率は23~69%と安定しないことが報告されており (日本栽培漁業協会1999~2002), これらの防除策の改善が必要である。

ヒラメ (Takeuchi 2001), マコガレイ (Kanazawa 1993),

ターボット (Reitan *et al.*, 1994) など他の異体類では, 餌料中のドコサヘキサエン酸 (DHA) など高度不飽和脂肪酸含量と形態正常化など健苗性との関係が調べられている。しかし, マガレイで餌料中のDHA含量と健苗性との関係を調べた知見がなかった。そこで, 私たちは質の高いマガレイ種苗を効率よく生産する技術を確立するために, これまでにDHAあるいはエイコサペンタエン酸 (EPA) を高純度に含む油脂を用いて, 餌料中のDHAが形態異常発現に影響する感受期 (Sato and Takeuchi, 2009a),

報文番号A466 (2011年5月18日受理)

* Tel: 0143-22-2320. Fax: 0143-22-7605. Email: sato-nobukazu@hro.or.jp

マガレイの形態異常発現に餌料中のDHAやEPAが及ぼす影響 (Sato *et al.*, 2009b), 発達段階ごとのDHA要求量 (Sato *et al.*, 2009c) を明らかにしてきた。これらの結果から, 有瀧と青海の区分 (Aritaki and Seikai, 2004) の各発達段階でのマガレイ仔魚に給餌する生物餌料の栄養強化 (以下強化) 適正量が決定され, DHAオイルによる強化で形態正常率が8割以上となる条件が見いだされた (佐藤2009)。

現在, 種苗生産の現場では, 生物餌料へのDHA強化は市販の栄養強化剤を使って実施されている。DHAオイルは, マイナス30℃以下で保存する必要がある, そのような設備がない場合, 新たな設置に伴うコスト増が懸念される。また, DHAオイルのメーカーは国内に少なく, 入手が市販の栄養強化剤より難しい。そのため, これまでに得られたマガレイの形態異常防除に関する知見を現場で速やかな活用を図るためには, DHAオイルではなく, 市販栄養強化剤を用いた実験で知見結果を再現する必要がある。

また, 市販の栄養強化剤は, 国内外で数多く製造されており, ユーザーが求めるDHA強化レベルに生物餌料を処理できるよう, いろいろな製品が販売されている。そこで, 本研究ではマガレイに適した市販栄養強化剤で処理し, 生物餌料中のDHA含量を適正に管理した場合に, 本種の形態異常防除が可能であることを実証するために実験を行った。

試料及び方法

実験区は, マガレイ種苗生産のシオミズツボワムシ (L型・S型混合タイプ, 以下ワムシ) に対してDHA強化する際に, 使用されている市販栄養強化剤 (商品名スーパーV12, クロレラ工業 (株) 製) で処理した区を対照区に設定した (3水槽)。そしてDHA強化を目的として販売されている他社メーカーの2種類の栄養強化剤A, Bを用い (A, B区), 各区それぞれ2水槽設定した。さらに, DHAオイル (DHA70: DHA 70.7 %, EPA 5.2 %, vitamin E 0.3 %,

太陽油脂製) を使用した実験区 (C区) を1水槽設定した。

対照区のスーパーV12は, ワムシの餌料になる淡水クロレラに対してマイクロカプセル化したDHAオイルを取り込ませた濃縮タイプの製品である。そのため, ワムシの維持管理と同時にワムシに対してDHA強化 (約0.6%程度) できるように製品化されている。一方, A区とB区でワムシの処理に用いた市販栄養強化剤は, 栄養強化のみを目的とした製品であり, メーカーによる自社分析結果によると, 処理することによってワムシ中のDHA含量を約2~3%に調整できるとされている。

各区の餌料の処理条件を, Table 1に示した。対照区は, 1,000L水槽内にてワムシの個体密度が800~1,000個体/mlに対して800~1,000mlのスーパーV12を1日2回投与して, 継続的に飼育しているワムシを供試した。A区, B区およびC区で処理するワムシには, 濃縮淡水クロレラを投与して継続的に飼育したものを使用した。A区, B区およびC区におけるワムシの処理では, 飼育水槽に30L水槽 (水量20L), ワムシ個体密度は1,000個体/ml, 飼育水温は20℃, 処理時間は18~22時間にそれぞれ共通設定した。各区の市販栄養強化剤の添加量はそれぞれ異なり, A区が40ml, B区が4g, C区が2mlであった。A区の市販栄養強化剤は液体タイプなので製品をそのまま投与し, B区の市販栄養強化剤は粉末状なので濾過海水とともに1分間程度家庭用ミキサーで良く攪拌したのちに投与した。A区およびB区の添加量および添加方法はメーカーの推奨法に準じ, C区における処理方法の詳細は, 既報の方法に準じて行った (佐藤・竹内, 2009)。

実験に供したふ化仔魚は, 苫小牧産マガレイ親魚から自然産卵法により採卵した受精卵を15℃で卵管理し, ふ化してから3日経過 (3日齢, 平均体長3.1 mm) したものである。これらの仔魚を飼育水温15℃に設定した500L円形水槽8水槽に23,000尾ずつ収容し, Dステージ (平均体長6.0mm) になるまで全ての実験区にスーパーV12で強化したワムシを給餌して予備飼育した。約9割の個体がDステージに発達したことを確認した翌日 (15日齢) から25日齢までTable 1の条件で処理したワムシを給餌し

Table 1 Design of experimental treatments

| Enrichment conditions | Rotifers | | | | <i>Artemia</i> nauplii |
|-----------------------|--------------|---------|---------|---------|------------------------|
| | Control | Group A | Group B | Group C | |
| Treatment tank (L) | 1,000 | 20 | | | 500 |
| Addition volume | 800-1,000 ml | 40 ml | 4 g | 2 ml | 35 g |
| Density (ind./ml) | 800-1,000 | 1,000 | | | 100-150 |
| Temperature (°C) | 21 | 20 | | | 20 |
| Time (h) | Constant | 18-22 | | | |

た。さらに全区共通の市販栄養強化剤（スーパーカプセル、クロレラ工業（株）製）で処理したアルテミア（Table 1）を全ての実験区に併用給餌し、Table 2の条件で飼育した。26日齢以降では、強化アルテミアのみを全ての実験区に給餌し、52日齢まで飼育した。

飼育期間中26日齢には体長、発達ステージ（各水槽20尾）を、52日齢には生残率、体長（各水槽30尾）および形態正常率（各水槽から804～1,341尾）を調べた。発達ステージおよび形態異常魚の分類は、有瀧・青海の基準（Aritaki and Seikai, 2004）に従った。すなわち、発達ステージを、Cステージ（開口、上屈前仔魚期）、Dステージ（尾鰭原基出現、上屈前仔魚期）、Eステージ（上屈仔魚期）、Fステージ（変態前、上屈後仔魚期）、Gステージ（変態開始、上屈後仔魚期）、Hステージ（変態中期、上屈後仔魚期）、Iステージ（変態完了期、稚魚期）に区分した。また、形態異常魚のタイプは、体色正常かつ眼位正常（タイプA）、体色白化かつ眼位が軽度の異常（タ

イプB）、体色白化かつ眼位が重度の異常（タイプB'）、両面有色の異常（タイプC）に分類した。本研究における形態異常防除効果は、タイプAすなわち形態正常率で評価した。

生残率、形態正常率の解析では、シェッフェの群比較法で平均値の差について検定した（有意水準5%）。B区は、2水槽のうち1水槽が17日齢で全滅したため（後で詳述）、1水槽のみ生残率および形態正常率を他の実験区と比較した。各実験区の体長については、チューキーの多重比較検定を行った（有意水準5%）。なお、比率データは逆正弦変換したのちに解析（山田・北田, 2003）を行った。

ワムシとアルテミアおよび仔魚中の脂肪酸含量を調べるために、次のようにサンプリングを行った。生物餌料は、強化が完了したものを試験期間中に2度サンプリングし、それらをプールして分析に供した。仔魚は、26日齢の時点で各実験区1水槽から午前の給餌前に2,000尾サンプリングした。生物餌料および仔魚のサンプルは、分析に供するまでマイナス80℃のフリーザーで冷凍保存した。後日これらのサンプルから粗脂肪を抽出した後、ケン化、メチル化の処理を行い、ガスクロマトグラフを用いて脂肪酸含量の定量を行った。分析手法の詳細は既報に準じた（佐藤ら2006）。

結 果

Table 3に各実験区の餌料中の総脂質含量、EPA含量およびDHA含量を示す。4実験区のワムシの総脂質含量は11.0～18.1%、同EPA含量は0.5～1.1%であった。ワムシ

Table 2 Rearing conditions for larval brown sole

| | |
|----------------------------------|---------------------------------|
| Body length of initial fish (mm) | 6.0 |
| Initial developmental stage | C stage:13%;D stage:87% |
| Tank volume (L) | 500 |
| Water temperature (°C) | 15.5±0.3 |
| Water exchange (%/ day) | 200-300 |
| Density of live food (ind./ml) | |
| | Rotifers:8 |
| 15- 25 days post hatching | <i>Artemia nauplii</i> :0.3 |
| 26-52 days post hatching | <i>Artemia nauplii</i> :0.8-2.0 |
| Feeding frequency | Twice/ day |

Table 3 Crude lipid and fatty acid contents in rotifers and *Artemia nauplii*

| | Rotifers | | | | <i>Artemia nauplii</i> |
|---|----------|---------|---------|---------|------------------------|
| | Control | Group A | Group B | Group C | |
| Crude lipid (% d.b. ^{*1}) | 18.1 | 11.9 | 11.0 | 16.6 | 26.0 |
| Fatty acid content (g/100g d.b. ^{*1}) | | | | | |
| EPA | 1.0 | 0.6 | 0.5 | 1.1 | 1.6 |
| DHA | 1.7 | 2.3 | 0.6 | 2.6 | 1.9 |

*1 Dry weight basis

Table 4 Crude lipid and fatty acid contents of fish at 26 days post hatching

| | Control | Group A | Group B | Group C |
|---|---------|---------|---------|---------|
| Crude lipid (% d.b. ^{*1}) | 18.8 | 19.6 | 19.7 | 22.7 |
| Fatty acid content (g/100g d.b. ^{*1}) | | | | |
| EPA | 1.7 | 1.2 | 0.7 | 1.0 |
| DHA | 2.9 | 3.6 | 1.5 | 3.6 |

*1 Dry weight basis

Table 5 Survival rate, body length and incidence of normal morphology in each group

| | Control | Group A | Group B | Group C |
|--|--|------------------------|------------|------------|
| Survival rate at 52 days post hatching (%) | 19.9 B ^{*1} (22.7, 21.2, 15.9) ^{*2} | 55.5 A (49.2, 61.7) | 21.3 | 23.2 |
| Body length (mm) | | | | |
| 26 days post hatching | 7.8±0.4 a ^{*3} | 7.7±0.4 a | 7.7±0.3 a | 7.8±0.4 a |
| 52 days post hatching | 12.3±2.1 a | 12.3±1.9 a | 11.3±1.7 a | 12.4±2.0 a |
| Normal morphology at 52 days post hatching (%) | 83.6 B ^{*1} (85.7, 83.4, 81.7) ^{*2} | 92.4 A (90.6, 94.2) | 37.2 | 90.2 |

*1 Significant differences between Control and Group A are indicated with different letters (Scheffe's test, $p < 0.05$)

*2 Values in parentheses indicate rate for each replicate trial

*3 Values having the same letters in the same line are not significantly different (Tukey's test, $p > 0.05$)

のDHA含量はA区とC区が高く、それぞれ2.3%と2.6%であった。対照区の同含量は1.7%であった。B区の同含量は、実験区間で最も低く0.6%であった。この含量は、メーカー公表値の約2~3%よりも低かった。アルテミアの総脂質含量、EPA含量およびDHA含量は、それぞれ26.0%、1.6%および1.9%であった。

Table 4に各実験区の26日齢におけるマガレイ仔魚の総脂質含量、EPA含量およびDHA含量を示す。総脂質含量およびEPA含量は、それぞれ18.8~22.7%および0.7~1.7%であった。DHA含量はワムシ中のDHA含量の実験区間における差を反映し、A区とC区が3.6%と高く、対照区が2.9%と続き、B区は1.5%と最も低かった。

52日齢における生残率は、A区が対照区よりも有意に高かった (Table 5)。B区は2水槽のうち1水槽が15日齢から16日齢にかけて大量斃死し、17日齢で全滅した。C区は対照区と同様の生残率であったが、死亡が多く観察さ

れた時期は予備飼育期間である14日齢までであり、その後は対照区と同様の死亡状況であった。

体長は、26日齢および52日齢においても実験区間で差は認められなかった (Table 5)。各実験区の26日齢における発達ステージ組成は、いずれの実験区もEステージ以降まで発達が進んでおり、良好な発達を示した (Fig. 1)。

各実験区の形態正常率は、A区が対照区よりも有意に高く、C区と同様に9割以上の値を示した。一方、B区は37%と顕著に低く、実験区間で最低となった (Table 5)。

考 察

マガレイの形態異常防除では、仔魚の発達速度を遅延させないように飼育水温等を調整したり (Aritaki and Seikai, 2004; 有瀧2008)、餌料中のDHAが形態異常発現に影響する感受期(D~Eステージ)の仔魚に対して高濃度のDHAを与えること (Satoh *et al.* 2009a,b) が重要である。特にマガレイでは、他の異体類とは異なり、仔魚の発達段階によってDHA要求量が増えるため (Fig.2)、その変化に対応するようDHAの強化量を調整する必要がある (Satoh *et al.* 2009c)。A区およびC区のワムシ中のDHA含量は、D~Eステージの要求量を十分満たし、形態正常率も90~94%と極めて高かった。また、A区の形態正常率は、対照区よりも有意に高かった。さらにB区の強化ワムシのDHA含量は0.6%とメーカー公表値 (約2~3%) より低く、形態正常率も低かった。これらは、市販強化剤によるワムシ中のDHA含量の調整が、A区のように本種のDHA要求に対応している場合は形態正常率が90%以上と高く安定し、B区のように適していないと形態正常率が極めて低くなることを明確に示している。

本試験の対照区と同じ市販品のスーパーV12で強化したワムシのDHA含量は0.6%で、それを給餌した場合の平均形態正常率は63%になることが報告されている

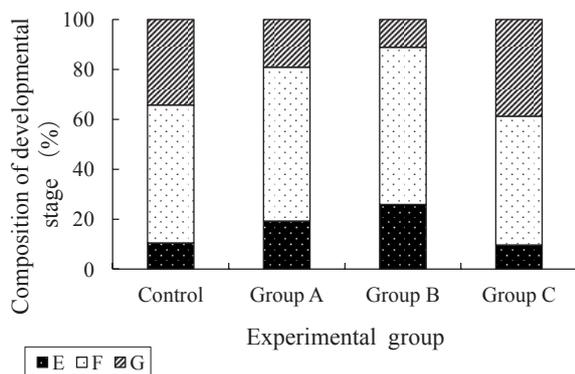


Fig. 1 Developmental stage of fish at 26 days after hatching in each treatment.

Developmental stages (E-G) were modified from the study by Aritaki and Seikai (2004) and were classified into 3 categories (Stage E: flexion larva; Stage F: post-flexion larva, onset of metamorphosis; Stage G: post-flexion larva, early phase of metamorphosis).

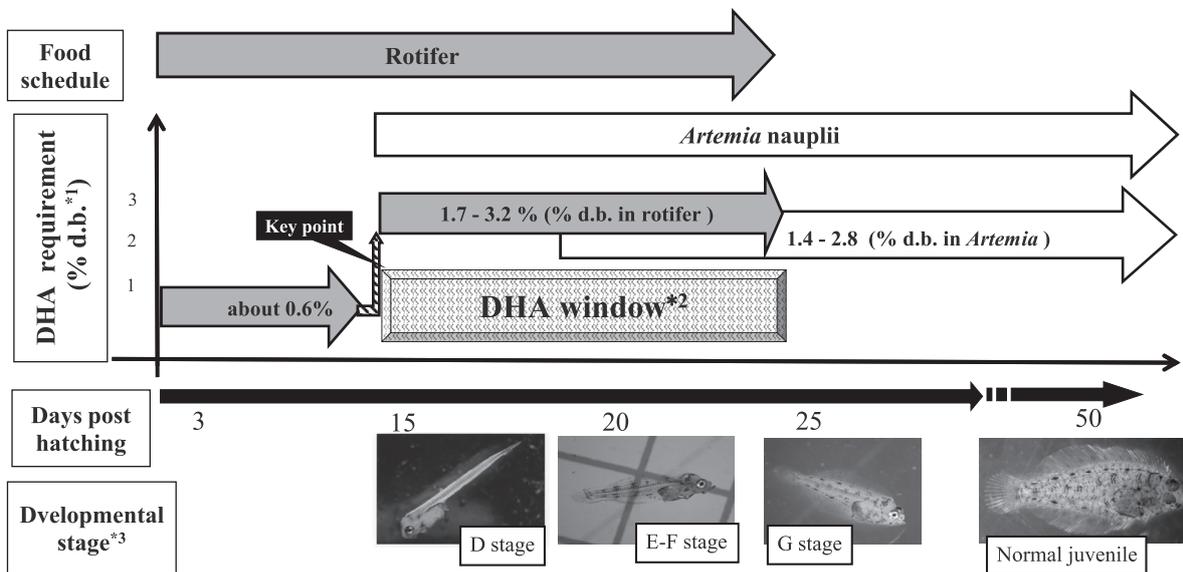


Fig. 2 Proposed DHA content necessary in live foods to achieve normal morphology for brown sole (Satoh 2009 in Japanese).

*1 Dry-weight basis.

*2 Feeding period of DHA that affects morphology.

*3 Each classification of developmental stage was modified from the study by Aritaki and Seikai (2004). Stage D indicates pre-flexion larva and the other developmental stages (E-G) are shown in Fig.1.

(Satoh *et al.* 2009b)。本実験では平均形態正常率が83%と約20ポイント高くなったが、これは今回の対照区のワムシのDHA含量がD～Eステージの要求量 (Fig.2) の下限値1.7%になっているためと考える。

本試験の予備飼育と対照区で用いた栄養強化剤スーパーV12は、ワムシの一次培養と栄養強化を両方同時に達成することを目的として開発されており、一次培養と二次培養と2種類の水槽を準備しなくても良いことから、労力の削減という点で優れている。一方、最近ワムシの増殖状態に着目したワムシの栄養価について新たな研究(友田ら2005)が進み、ワムシの増殖ステージが栄養強化レベルに影響することが明らかにされた。そのため、今回の対照区の強化ワムシが既報(Satoh *et al.* 2009b)よりもDHA含量が高かった原因として、増殖率も影響している可能性がある。今後は対照区のような一次培養と二次培養同時に行うことができる栄養強化剤を使うときは、ワムシの増殖率と栄養レベルの関係についてモニタリングが必要である。特に、マガレイのようにワムシ給餌期におけるDHA要求量が少ない魚種の場合は注意を要する。

A区の形態正常率は、対照区よりも有意に高くなった。本種の形態正常率は、DHA要求量の下限値1.7%のDHAを含有するワムシを給餌するよりも3.2%のワムシを給餌した方が、統計的有意差はないものの平均値で約10ポイント高くなることが報告されている(Satoh *et al.* 2009c)。

本研究でもA区のワムシおよび仔魚中のDHA含量は対照区よりも高いことから、このことが影響し、A区の形態正常率が対照区よりも有意に高くなったと推察する。

A区の生残率は、対照区よりも有意に高かった。マガレイ種苗生産では、先述したとおり、ワムシのDHA含量の調整にスーパーV12が使われている。Dステージ以降から市販栄養強化剤でワムシのDHA含量を調整する場合、形態異常防除の観点からだけではなく、生残率からみても、対照区のスーパーV12ではなく、A区の市販栄養強化剤によるワムシの処理が効率的であると考えられた。

B区の体長および発達ステージの進行度は、他の実験区と同様であった (Table 5, Fig.1)。以前我々はマガレイの形態異常防除に重要なファクターが、発達速度を遅延させないことと、D～Eステージにおいて要求量のDHAを仔魚に与えることの2つであるとの仮説を示した (Satoh *et al.* 2009b)。B区のように、発達ステージや成長に遅延が生じていなくても、要求量のDHAを摂取していないと形態正常率が著しく低下することは、この仮説を強く支持する。

B区の強化ワムシ中のDHA含量が低かった原因については明らかにできなかった。しかし強化剤の原料の違いが生物餌料におけるDHAなどの取り込み度合いに影響することが知られている (Takeuchi 2001)。今回の実験でも対照区、A区およびB区では原料が異なるため、これら

のことが栄養強化レベルに影響したかもしれない。

B区の生残率は2水槽間で大きくばらつき, 一方は全滅し, もう一方は大量斃死することなく対照区と同様になった。その理由は不明である。しかし, 生き残った方の水槽も形態正常率が極めて低かったことから, B区のワムシがマガレイのD~EステージのDHA要求量を満たしていなかったことが, B区の仔魚に影響して大量斃死が生じたり, 形態異常率が高くなった可能性がある。

今回の予備飼育段階のDステージに到達する直前の発達段階では, 例年より多くの個体が死亡する傾向が観察された。今回予備飼育で使用している強化剤は, 対照区のものと同じスーパーV12であり, その強化ワムシ中のDHA含量は既報 (Satoh *et al.* 2009b) の数値0.6%より約3倍高かった。そのため, ワムシ給餌期のDHA要求量0.6% (Fig.2) より, 対照区の強化剤で処理したワムシのDHA含量が高かったことが影響し, Dステージでの生残率が低くなったと推察される。しかしながら, A区の取り上げ時の生残率は, 種苗生産における生残目標の目安である稚魚期までで20%以上のライン (竹内2008) はクリアしているので, 生残率からみた生産効率についてもA区の管理手法は問題ないと推察する。

以上のように, 市販栄養強化剤を用いてワムシのDHA含量を調整した場合でも, DHAオイルを使用してワムシを処理した時と同様に, 形態正常率が著しく改善することが明らかとなった。一方, B区のように処理の条件によってはメーカー公表値にDHA含量が及ばないケースがあることも分かったので, 実際に使用する餌料のDHA含量が, 期待値通りに栄養強化されているかどうか調べることが必要であろう。

今後マガレイの種苗生産では, 本種の特徴的なDHA要求に対応するように市販栄養強化剤を用いて生物餌料を処理し, 形態正常率の高い種苗を効率よく生産することが期待される。

謝 辞

本研究を行うにあたり, 採卵用親魚の入手にご協力いただいた北海道苫小牧漁業協同組合の吉田昭二氏に深謝する。また, 飼育に関する有益な情報を教えていただいた北海道えりも町役場の三戸充氏並びに芳賀恒介氏に深謝する。さらに, 飼育管理にあたってご協力いただいた道総研栽培水産試験場の高谷義幸氏 (現道総研中央水産試験場) をはじめ関係者の皆様には感謝致します。

参考文献

- 有瀧真人, 青海忠久, 小林真人. マガレイ仔魚の高水温飼育とアルテミア幼生早期給餌による形態異常の出現防除. 日本水産学会誌 1996; 62: 857-864.
- Aritaki M and Seikai T. Temperature effects on early development and occurrence of metamorphosis-related morphological abnormalities in hatchery-reared brown sole *Pseudopleuronectes herzensteini*. *Aquaculture* 2004; 240: 517-530.
- 有瀧真人. 異体類における形態異常の発現機序の解明とその防除技術の開発. 日本水産学会誌2008; 74:772-775.
- Kanazawa A. Nutritional mechanisms involved in the occurrence of abnormal pigmentation in hatchery-reared flatfish. *Journal of The World Aquaculture Society* 1993; 24: 162-166.
- 日本栽培漁業協会事業年報平成9年度~12年度. 日本栽培漁業協会, 東京. 1999~2002.
- Reitan KI, Rainuzzo JR, Olsen Y. Influence of lipid composition of live feed on growth, survival and pigmentation of turbot larvae. *Aquaculture International* 1994; 2: 33-48.
- 佐藤敦一, 藤岡崇, 清水洋平, 竹内俊郎. マガレイの生残, 成長, 白化出現, 飢餓耐性に及ぼす栄養強化餌料の影響. 水産増殖2006; 54: 305-312.
- 佐藤敦一, 竹内俊郎. マガレイ仔魚のドコサヘキサエン酸 (DHA) 要求. 日本水産学会誌 2009; 75: 28-37.
- 佐藤敦一. マガレイの健苗性向上を図る餌料の改善に関する研究. 博士論文, 東京海洋大学, 東京. 2009.
- Satoh N, Takeuchi T. Estimation of the period sensitive for the development of abnormal morphology in brown sole *Pseudopleuronectes herzensteini* fed live food enriched with docosahexaenoic acid. *Fisheries Science* 2009; 75: 985-991.
- Satoh N, Takaya Y, Takeuchi T. The effect of docosahexaenoic and eicosapentaenoic acids in live food on the development of abnormal morphology in hatchery-reared brown sole *Pseudopleuronectes herzensteini*. *Fisheries Science* 2009; 75: 1001-1006.
- Satoh N, Takaya Y, Takeuchi T. Docosahexaenoic acid requirement for the prevention of abnormal morphology in brown sole *Pseudopleuronectes herzensteini* during D-E larval stages. *Fisheries Science* 2009; 75: 1259-1266.
- Takeuchi T. A review of feed development for early life

stages of marine finfish in Japan. *Aquaculture* 2001; 200: 203-222.

竹内俊郎. イセエビ・マダコの種類生産. *食品と容器*2008; 49: 510-518.

友田 努, 小磯雅彦, 陳 昭能, 竹内俊郎. 増殖ステージが異なるシオミズツボワムシのヒラメ仔魚に対する餌料価値. *日本水産学会誌*2005; 71: 555-562.

山田作太郎, 北田修一 (共著). 「生物資源統計学」成山堂書店, 東京. 2003.