

## カタクチイワシ仔稚魚における変態時体長および日齢の季節発生群間の相違

富 永 敦・二 平 章

Difference in Larval Metamorphosis of the Japanese Anchovy *Engraulis japonica*,  
between the Spring Group and the Summer-autumun Group\*.

Atsushi TOMINAGA and Akira NIHIRA

Key words: カタクチイワシ, 変態, 季節発生群, 日齢, 鹿島灘

## 1. 目 的

日本産カタクチイワシは、産卵期が春から秋に及び、連続的な季節発生群が存在する。本種には高齢大型魚が中心となって春型再生産をおこなう資源量高水準期と、若齢小型魚が中心となって夏秋季に再生産をおこなう資源量低水準期がある(船越, 1990)。春型再生産をおこなう高齢大型魚と夏秋季型再生産をおこなう若齢小型魚とでは、寿命や産卵数、卵径などが異なり、船越(1990)はこの現象を「季節発生群間における寿命をめぐる生態的分岐」と定義している。また、船越は、本種の資源変動を考えるうえで、各季節発生群が持つ資源加入機構の解明が不可欠であると指摘している。

カタクチイワシの初期発育、特に卵・仔魚期における生態は、古くから研究され、多くの知見が蓄積されてきた。しかし、初期発育過程における生残り機構を季節発生群間で検討した研究は少なく、ネット採集による卵と仔魚の採集比率を検討した例(畔田, 1981)、仔魚期の餌料環境を検討した例(畔田, 1981)、後期仔魚期の肥満度を比較した例(船越, 1990)があるにすぎない。したがって、季節発生群ごとの生残り機構の全体像を解明するには至っていない。本研究は、カタクチイワシの初期発育過程のなかで知見の乏しい仔魚期から稚魚期への変態過程に着目し、変態時の体サイズや日齢、消化管発育状態などを季節発生群間で比較・検討することを目的とした。

## 2. 方 法

試料は、大洗地先で1996年5~12月間に採集したカタクチイワシ仔稚魚14標本を用いた。水試調査船「あさなぎ」の船曳網漁具を用いて採集した後、-30℃で凍結保存し、解凍後、全長測定や発育状態の観察など各種測定を実施した。イワシ型変態における仔魚期と稚魚期の区分は一般には各鱗の鱗条数や相対肛門長などを指標とする(沖山, 1979)が、本研究では、シラスの腹腔内側の

グアニン色素に注目し区分した。仔稚魚区分は、腹腔内側にグアニン色素が全くみられないもの(いわゆるシラス期)をStage I、腹腔内側の一部にグアニン色素が確認できるものをStage II、腹腔内側全体がグアニン色素で覆われているもの(いわゆるカエリ期)をStage IIIと3段階に分け、Stage IIを稚魚への変態期と定義した。各標本から変態期にあると判断した個体を抽出し、それらの平均全長を求め、その値を標本の変態全長とした。変態時の日齢や成長速度を検討するため、8標本計98尾について耳石日周輪による成長解析(Tuji and Aoyama, 1984)をおこなった。成長解析には、Biological Intercept法(Watanabe and Kuroki, 1997)により推定した成長履歴データを用いた。カタクチイワシはふ化後3~4日目に耳石日周輪の第1輪が形成されるが(Tuji and Aoyama, 1984)、本研究は第1輪形成日を1日齢とした。相対成長の検討には、肛門長、頭長、吻長、眼径、頭部と肛門部体高の測定データを用いた。変態期前後における消化器官の発育状態は、実体顕微鏡下で観察した。得られた変態時の日齢や体サイズ、相対成長、消化器官の発育状態は、季節発生群間で比較した。表1に標本の採集日と各測定項目に供した測定尾数を示した。シラスの成育水温環境の指標には、茨城水試が毎月実施する定期海洋観測データを用い、変態時日齢や体サイズとの対応について検討した。

## 3. 結 果

## (1) 変態時の全長と日齢および成長速度の季節発生群間差

5月から7月に採集された各標本の変態全長は、全長39.1~41.6mm、平均全長40.5mmであったのに対し、9~10月に採集された標本では全長35.1~35.6mm、平均全長35.4mmと小型化した。10月以降は、変態全長は徐々に大きくなり、12月採集標本では、39.8mmに達した(図1)。

これらの標本のなかから、6月と9、10、11月に採集

\*本報告の要旨は、1997年日本水産学会春季大会及び1998年日本水産学会東北支部大会にて発表した。

表1 標本の採集日と各測定項目に供した個体数

標本採集月日	グアニン色素による Stage区分	左のうち Stage II 魚の尾数	日齢解析	相対成長	消化管発育区分
1996年5月31日	58	18	-	39	-
6月4日	76	30	12	-	-
6月12日	81	28	15	-	-
6月13日	62	30	13	31	-
6月25日	40	22	25	-	39
6月28日	53	28	-	-	38
7月16日	70	22	-	-	-
9月3日	90	33	7	33	53
9月6日	60	15	-	-	-
10月16日	157	43	14	27	30
10月24日	70	17	9	-	-
11月6日	126	57	3	32	-
11月12日	55	16	-	-	-
12月16日	50	8	-	-	-
計	1,048	367	98	162	160

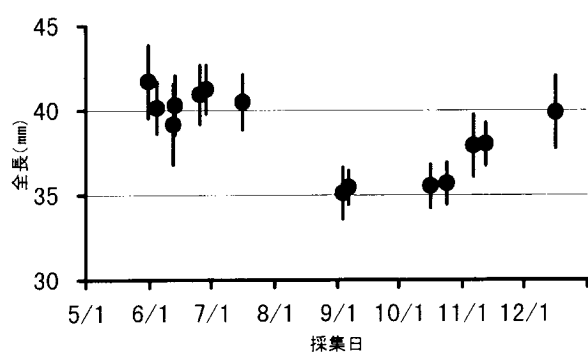


図1 採集時期別 Stage II (変態期) 魚の平均全長

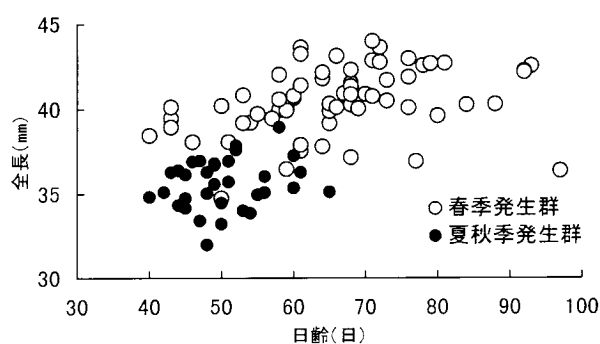
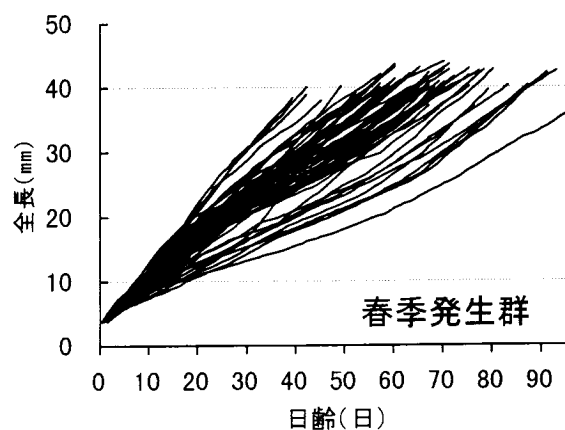


図2 変態時の日齢と全長

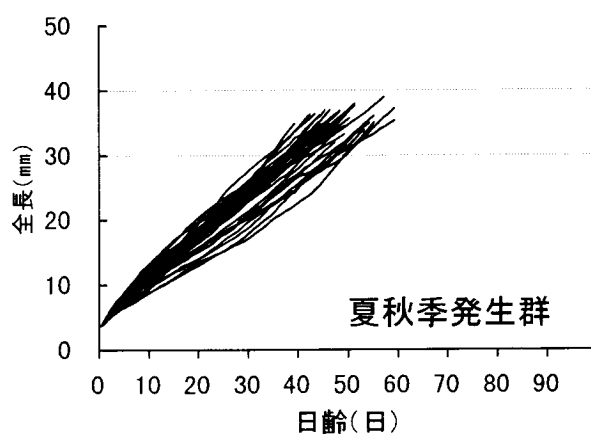


図3 変態期魚の成長履歴

された8標本計98個体について成長解析を実施した。6月に変態した個体は、3月下旬～5月上旬に発生し、変態までに40～93日齢、平均66.0日齢を要していた。9～11月に変態した個体は、7月上旬～9月中旬に発生し、変態までに40～61日齢、平均49.9日齢を要していた(図

2)。以後、5～7月に採集した標本を春季発生群、8～12月に採集した標本を夏秋季発生群と呼ぶ。

個体別の成長速度(図3)、および個体別成長履歴を平均した発生群別の成長速度(図4)を季節発生群間で

比較した。春季発生群は、夏秋季発生群に比べて、成長速度の個体差が大きく、成長の悪い個体が多く出現した

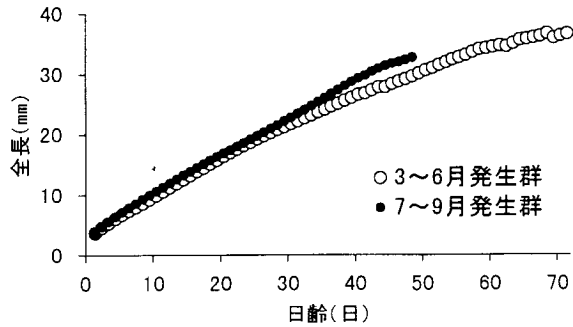


図4 変態期魚の成長履歴の季節発生群比較

(図3)。両季節発生群の平均的な成長履歴は、30日齢まではほぼ同じ経過をたどったが、30日齢以降春季発生群の成長が鈍り、40日齢時には両発生群間に有意な差が生じた ( $P < 0.05$ , t-検定) (図4)。

(2) 相対成長

全長30~40mmサイズを中心とした計162個体について、全長に対する各部位の長さ、つまり相対成長を季節発生群間で比較した。全ての測定部位は、全長の増加に伴って直線的に増加した。同一全長で比較した肛門長や肛門部体高の長さでは、季節発生群間差は認められなかった。しかし、同一全長で比較した頭長や頭部体高・吻長・眼径の長さは、夏秋季発生群の方が大きく、夏秋季発生群は春季発生群よりも頭部が良く発達していることが示された (図5)。

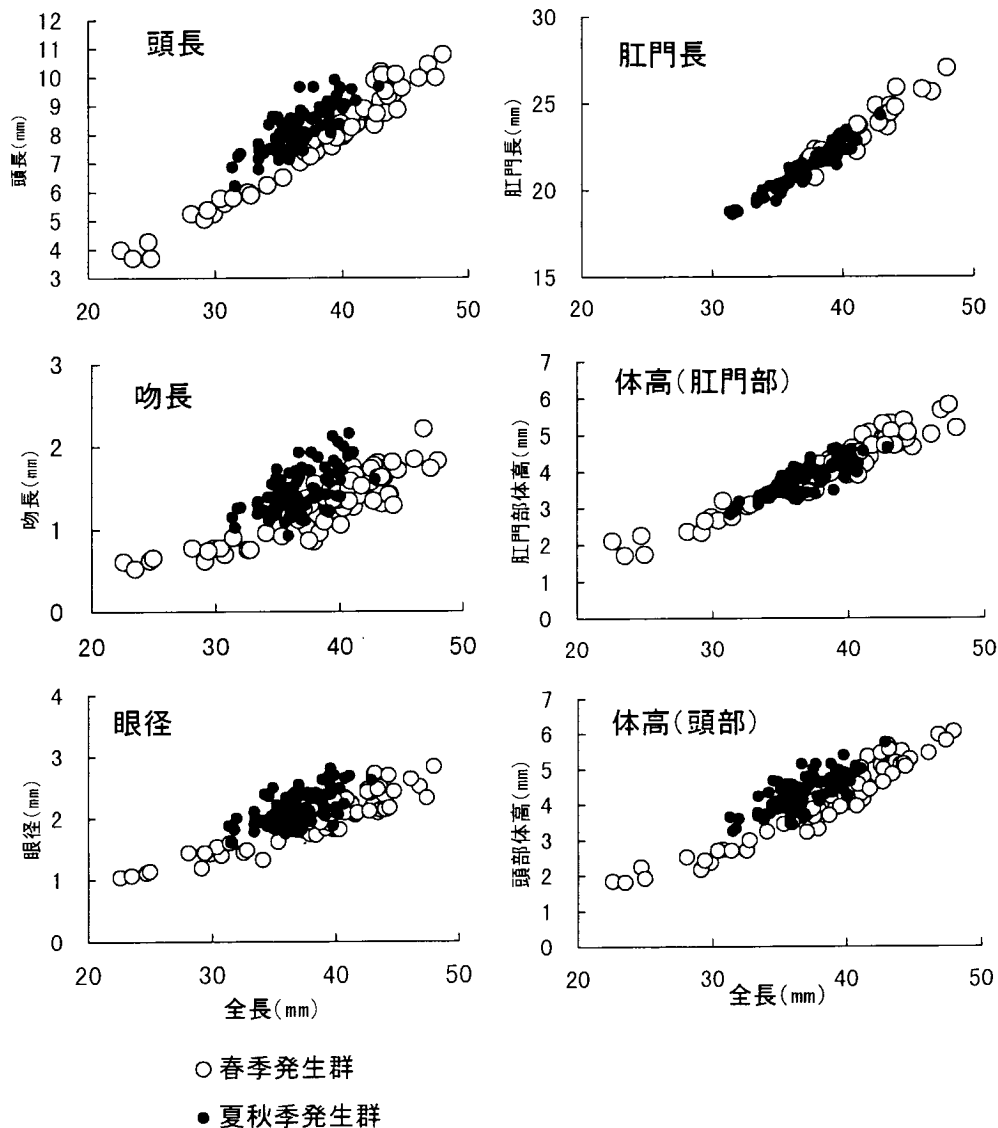
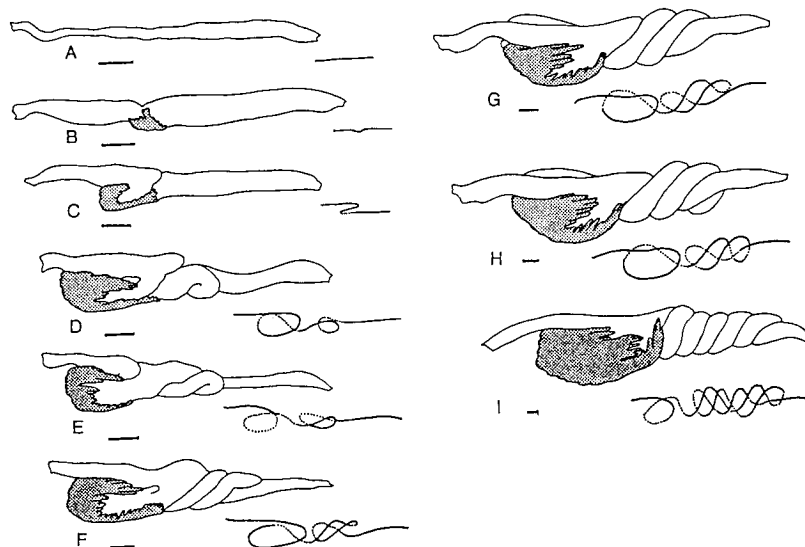


図5 全長と各部位との関係 (相対成長の比較)



*Engraulis japonica*. Developmental sequence of the alimentary tract in the reared and wild specimens. Dotted area shows the location of the pyloric caeca. Scales depict 1.0 mm.

図6 カタクチイワシ消化管・肝臓の発達 (福原, 1992)

(3) 稚魚移行期における消化器官の発育状態

Fukuhara (1992) による消化管の発育段階区分 (図6) を用い、変態期前後における消化器官の発育状態を観察した。腹腔内側のグアニン色素により Stage I と区分し

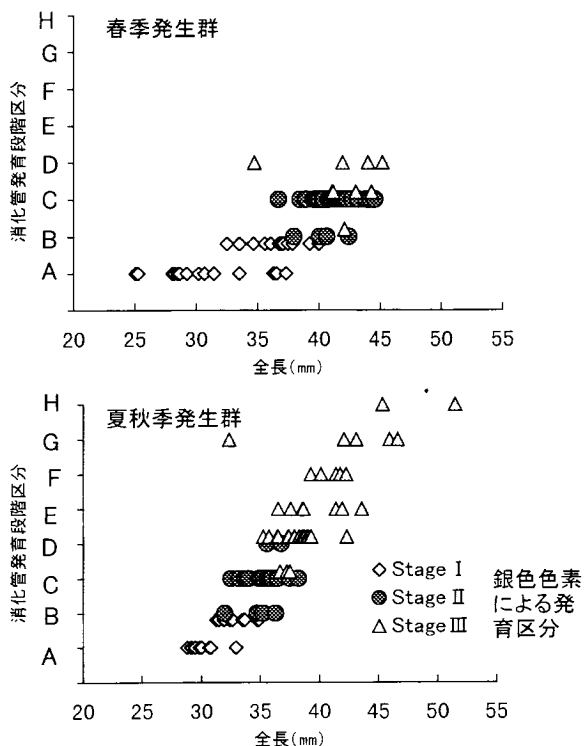


図7 全長と発育段階 (銀色素・消化管) との対応

た個体は、春季・夏秋季発生群とも、胃や肝臓がまだ形成されず消化管が直線状に伸びるA期とB期の発育段階が100%を占めた (図7)。Stage IIつまり変態期の個体では、胃と肝臓の形成や消化管の屈曲が始まるC期が、春季発生群では89%、夏秋季発生群では73%を占めた。Stage IIIの個体では、胃や肝臓がほぼ完成されて腸が螺旋状に巻き始めるD期以上の魚が、春季発生群では44%、夏秋季発生群では92%を占めた。本研究で変態期と定義したStage IIにおける、消化管の発育段階は、両発生群とも消化管が屈曲して胃や肝臓が形成され始めるC期に相当していた。一方で、消化管の発育と体サイズとの対応において、夏秋季発生群は春季発生群に比べ小さいサイズで胃や肝臓が形成され始めることが示された。

以上のことは、夏秋季発生群は、春季発生群よりも、約5 mm小さい全長、約16日短い期間で稚魚に変態し、変態には頭部や消化管の機能発達が伴っていることを示唆している。

(3) 成育水温環境の季節変化

1996年春季の鹿島灘海域は、親潮系冷水の影響を受け、4月から7月にかけて低水温傾向が続いた。春季発生群が成育した4~6月における鹿島灘の水深10m層平均水温値は、11.9~14.5℃で、夏秋季発生群が成育した7~10月の14.7~23.3℃に比べ、最大で12.4℃低かった (図8)。各標本の変態全長と採集月水温値との間には、1%水準で有意な負の相関が認められた (図9)。

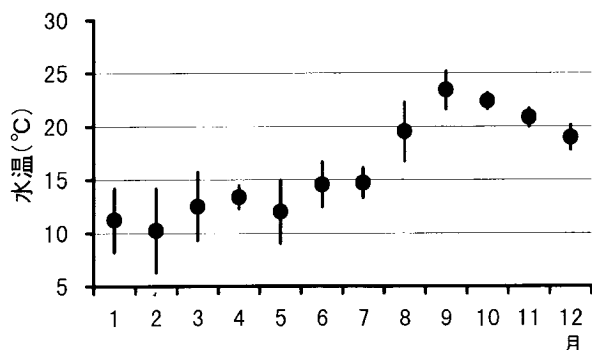


図8 1996年鹿島灘における10m層平均水温の季節変化

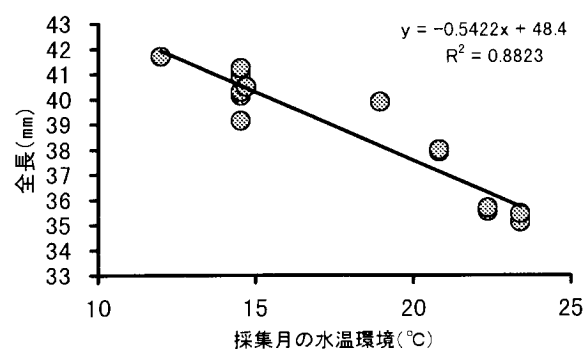


図9 成長水温環境と変態時全長との関係

#### 4. 考 察

カタクチイワシの仔稚魚期において、体の概形や黒色胞・グアニン胞の発達に個体差があることは、以前から知られていた。内田 (1958) は、カタクチイワシの仔稚魚のうち沖合で採集される個体は体長の割に諸特徴の発現が遅いのにに対し、岸近くで採集された個体は体長の割に発現が早い傾向があると述べている。近年、三陸沿岸域から170° Eに及ぶ黒潮・親潮移行域においても、カタクチイワシの変態体長は沖合域に向かうほど増大することが報告されている (高橋・渡邊, 1999)。本研究では、夏秋季発生群は春季発生群よりも若日齢・小型サイズで変態することが示された。カタクチイワシは、資源構造内に様々な季節発生群を内包しているため、幅広い季節発生群を持たないマイワシと比べて資源量が安定しているといわれる (轟田, 1992; 船越, 1990)。変態全長や日齢が季節発生群間で異なる現象は、多様な生残り機構の存在を示唆するものであり、本種の資源加入機構を考えるうえで注目すべき事実である。

カタクチイワシは、変態全長・日齢以外にも脊椎骨数や卵サイズ、産卵間隔において季節変化が存在することが知られている (横田・古川, 1952; Imai and Tanaka, 1987; 船越, 1990; 轟田, 1992)。このうち、脊椎骨数

の季節変化は、海水温の季節変化と同調することから、発生初期の水温環境が原因だと考えられている (横田・古川, 1952)。卵サイズ変化は、水温環境 (Imai and Tanaka, 1987) や餌料密度 (轟田, 1992) の影響を受けていることが飼育実験で明らかにされている。ヒラメ仔魚の成長速度や変態サイズは、成育水温環境の影響を受け、高水温で飼育した個体ほど成長速度が速く小型サイズで変態することが、飼育実験で明らかになっている (Seikai et al., 1986)。本研究においても、各標本の変態全長と採集月水温値との間には、有意な負の相関が認められた。鹿島灘ではカイアシ類など動物プランクトンの分布密度に関する知見は乏しいため、餌料環境の影響は検討出来なかったが、カタクチイワシの変態全長や日齢は、成育水温環境の影響を受けている可能性が高いと考える。

若日齢で稚魚に変態することは、減耗率の高い仔魚期を短時間で乗り切ることを意味する。Houde (1987) の試算によれば、最初100万尾いた仔魚が好適な環境下で順調に成育した場合、このときの瞬間死亡率を0.100/日、仔魚から稚魚に変態するまでに必要な期間を45日とすると、変態後には11,109尾の稚魚が生き残る。しかし、瞬間死亡率は変えず、変態するまでに要する時間が25%増加、つまり56.2日に延びるとした場合、稚魚の生残り数は約1/3の3,625尾に大きく低下する。本研究の結果、カタクチイワシ春季発生群が稚魚に変態するまでに要する平均日数は66.0日で、夏秋季発生群が要する49.9日より1.3倍長い。Houdeと同様の計算に基づけば、後期仔魚期の生残り率は、若日齢で変態する夏秋季発生群の方が、春季発生群よりも約5倍高いと推察される。

長崎県大村湾におけるカタクチイワシのふ化後10日前後までの生残り率は、卵に対する仔魚のネット採集比率が夏秋季に高くなることから、夏秋季発生群の方が春季発生群に比べて高いとされている (畔田, 1981)。越冬期における生残りは、大型サイズで越冬する春季発生群の方が有利だとされている (船越, 1990)。これらの知見に本研究の結果を加えれば、カタクチイワシの初期発育過程における生残り機構は、春季発生群は越冬期に減耗のリスクが小さく、夏秋季発生群は後期仔魚期にリスクが小さいと整理できる。この、季節発生群ごとに異なる生残り機構は、本種の複雑な資源変動と関連していると考えられる。

カタクチイワシ太平洋系群は、1990年以降の資源量回復に伴って2~3月の産卵量が増加しており、資源水準の増大には春季産卵量の増加が重要であることが指摘されている (銭谷・木村, 1997)。しかし、産卵盛期は、1978~96年の18年間のうち14年において水温上昇期の6,7月にピークを迎えており (森ら, 1988; 菊池・小西, 1990; 石田・菊池, 1992; 銭谷ら, 1994)、資源変動と

対応する変化は認められない。カタクチイワシが資源変動に関わらず水温上昇期に産卵盛期を迎える産卵生態は、後期仔魚期の減耗低減を第一目的とした再生産戦略と考えられる。

琵琶湖のホンモロコでは、越冬にあたってエネルギー源である脂質をいかに多く蓄えておくかが生き残りに重要な意味を持っている(牧, 1967)。同じようにカタクチイワシでも、夏秋季発生群は、脂肪蓄積量が少ない小型サイズで越冬しなければならないことから、春季発生群よりも越冬時の生残率が低いといわれる(船越, 1990)。鹿島灘の夏秋季シラス漁獲量の豊凶には、この船越の説を裏付けるような現象が認められる。その現象とは、鹿島灘におけるある年の夏秋季シラス漁の豊凶は、前年発生夏秋季シラスの漁獲量とそのシラスが経験する越冬時の水温環境との重回帰相関によって、5%水準の有意性で説明できること(図10, 表2)である。この解析結果から、夏秋季シラスの豊凶は親魚水準によって決定されること、そして親魚水準は前年発生夏秋季シラス漁

獲量とそのシラスが経験する越冬時の水温環境によって決定されていることが推察される。冬季に鹿島灘が低水温環境だった場合、夏秋季シラスに由来する稚・幼魚には、生残率の悪化や鹿島灘からの逸散が起こり、そのことが、翌年の夏秋季産卵親魚の資源水準を低下させているのではないだろうか。

カタクチイワシと同じニシン目のニシンは、体長約30mmになると腹部のグアニン色素が明瞭になる。そして、この時期には、筋肉が発達することで遊泳速度が飛躍的に増加し、トリグリセリドやグリコーゲンの脂質が急速に蓄積される(福田, 1986)。脂質は越冬の間のエネルギー源として利用され、トリグリセリドは、飢餓時のエネルギー源として重要であることが知られている(李, 1992)。カタクチイワシも稚魚に変態することにより、吻や眼、口など頭部を大きくして摂餌機会を増やし、消化管を発達させて消化・吸収効率を高め、冬までにより多く脂肪蓄積が可能になると考えられる。夏秋季発生群が若日齢・小型サイズで変態することは、小さいサイズで越冬期を生残るために適した発育生態だと考える。

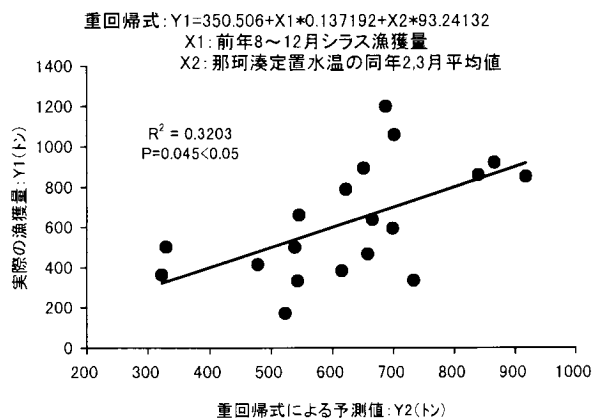


図10 夏秋季シラス漁の豊凶に及ぼす要因の重回帰分析

表2 夏秋季シラス漁の豊凶に及ぼす要因の重回帰分析

年	Y1 シラス漁獲量 (8~12月)	X1 前年シラス漁獲量 (8~12月)	X2 2.3月平均水温 (那珂湊定置)	Y2 重回帰式による Yの予測値
1980	384	380	9.8	615
1981	172	384	8.8	523
1982	639	172	10.7	666
1983	414	639	8.0	478
1984	365	414	6.6	322
1985	333	365	9.1	543
1986	503	333	6.8	329
1987	788	503	9.7	623
1988	595	788	10.1	699
1989	335	595	10.8	733
1990	1059	335	10.8	702
1991	852	1059	12.1	918
1992	920	852	11.8	867
1993	894	920	9.4	652
1994	467	894	9.5	658
1995	1200	467	10.5	688
1996	662	1200	7.9	546
1997	861	662	11.8	841
1998	501	861	8.3	539

5. 要 約

- (1) 1996年に茨城県大洗地先で採集したカタクチイワシ仔稚魚標本を用いて、仔魚から稚魚への変態時の全長や日齢、相対成長、消化器官の発育状態などを季節発生群間で比較した。
- (2) 夏秋季発生群は、春季発生群よりも、約5mm小さい全長、約16日短い期間で稚魚に変態し、変態には頭部や消化管機能の発達に伴っていることが示された。
- (3) 各標本の変態全長と採集月水温値とで相関関係を検討した結果、1%水準で有意な負の相関が認められ、水温環境が変態全長や日齢に影響する可能性が示唆された。
- (4) 春季発生群が稚魚に変態するまでに要する日数は、夏秋季発生群が要する日数より1.3倍長いことから、後期仔魚期に限れば、若日齢で変態する夏秋季発生群の方が、春季発生群よりもかなり生残率が高いと考えられた。

6. 謝 辞

調査を実施するうえで、茨城水試調査船「あさなぎ」の大川克弘船長および和田安央乗組員には多大な協力をいただいた。心から厚く御礼申し上げる。

文 献

畔田正格 (1981): 初期減耗研究の方法論について—カタクチイワシの初期生態の研究から—, 漁業資源研究会議報告, 22, 7-28.

- 福田雅明 (1986) : ニシンの発育初期における成長と生残に関する研究. 北海道大学学位論文.
- Fukuhara O.(1992) : Study on the Development of Functional Morphology and Behavior of the Larvae of Eight Commercially Valuable Teleost Fishes. Contributions to the Fisheries Researches in the Japan Sea Block, **25**, 1-122.
- 船越茂雄 (1990) : 遠州灘, 伊勢・三河湾およびその周辺海域におけるカタクチイワシの再生産機構に関する研究. 愛知県水試研究Bしゅう, **10**, 1-208.
- Houde E.D.(1987) : Fish early life dynamics and recruitment variability. Am. Fish. Soc. Symp., **2**, 17-29.
- 今井千文・田中昌一 (1998) : 摂餌開始期のカタクチイワシ仔魚の生残能力に対する卵サイズの検討. 日本誌, **64** (1), 8-15.
- Imai C. and Tanaka S.(1987) : Effect of Sea Water Temperature on Egg Size of Japanese Anchovy. Nippon Suisan Gakkaishi, **53**(12), 2169-2178.
- 石田 実・菊池 弘 (1992) : 日本の太平洋岸 (常磐～薩南海域) におけるマイワシ, カタクチイワシ, サバ類の月別海域別産卵状況 1989年1月～1990年12月. 水産庁中央水産研究所, 1-86.
- 菊池 弘・小西芳信 (1990) : 日本の太平洋岸 (常磐～薩南海域) におけるマイワシ, カタクチイワシ, サバ類の月別海域別産卵状況 1987年1月～1988年12月. 水産庁中央水産研究所, 1-72.
- 牧 岩男 (1967) : びわ湖のホンモロコ个体群における変動要因の解析Ⅲ. 日生態誌, **17**, 199-205.
- 森慶一郎・黒田 紀・小西芳信 (1988) : 日本の太平洋岸 (常磐～薩南海域) におけるマイワシ, カタクチイワシ, サバ類の月別海域別産卵状況 1978年1月～1986年12月. 東海区水産研究所業績D第12号, 1-321.
- 沖山宗雄 (1979) : 稚魚分類学入門③イワシ型変態と近似現象. 海洋と生物, **1** (3), 61-66.
- 李 培翼 (1992) : ブリの初期発育に関する形態学的・生化学的研究. 東京水産大学学位論文.
- Seikai T., J. B. Tanangonan and Tanaka M. (1986) : Temperature Influence on Larval Growth and Metamorphosis of the Flounder *Palalichthys olivaceus* in the Laboratory, Bull. Japan. Soc. Sci. Fish., **52**, 977-982.
- Tuji S. and Aoyama T.(1984) : Daily Growth Increments in Otoliths of Japanese Anchovy Larvae *Engraulis Japonica*. Bulletin of the Japanese Society of Scientific Fisheries, **50**(7), 1105-1108.
- 高橋素光・渡邊良朗 (1999) : 黒潮・親潮移行域におけるカタクチイワシ仔稚魚の成長速度と変態体長. 月刊海洋, **31**(4), 227-230.
- 靄田義成 (1992) : カタクチイワシの成熟・産卵と再生産力の調節に関する研究. 水産工学研究所研究報告, **13**, 129-168.
- 内田恵太郎 (1958) : 日本産魚類の稚魚期の研究—カタクチイワシ. 日本産魚類の稚魚期の研究第1集, 九州大学農学部水産学第2教室, 17-18.
- Watanabe, Y. and Kuroki, T. (1997) : Asymptotic growth trajectories of larval sardine (*Sardinops melanostictus*) in the coastal waters off western Japan. Mar. Bio. **127**, 369-378.
- 横田滝雄・古川一郎 (1952) : 日向灘イワシ類資源の研究—Ⅲ カタクチイワシの脊椎骨数の変異と生長について. 日本誌, **17**(8), 260-264.
- 銭谷 弘・石田 実・小西芳信・後藤常夫・渡邊良朗・木村 量 (1994) : 日本周辺水域におけるマイワシカタクチイワシサバ類ウルメイワシおよびマアジの卵仔魚とスルメイカ幼生の月別分布状況. 水産庁研究所資源管理研究報告シリーズA-1, 1-368.
- 銭谷 弘・木村 量 (1997) : 太平洋岸のカタクチイワシの資源回復に伴う2～3月産卵量の増加. 日本誌, **63**(5), 665-671.