

## 論文の内容の要旨

水圏生物科学専攻

平成 10 年度博士課程進学

氏名 高橋 素光

指導教官名 渡邊 良朗

### 論文題目 カタクチイワシの仔稚魚期における成長・発達様式と資源加入機構

カタクチイワシは主として沿岸域に生息する小型浮魚類であるが、資源量水準が高い年代には、仔稚魚の生活領域を三陸・常磐東方の沖合域（黒潮・親潮移行域）に拡大する。仔稚魚の生態に関する研究は、これまで主に日本沿岸のシラス漁場で行われてきたが、資源量水準の高い年代におけるカタクチイワシ仔稚魚の生態を総合的に把握するためには、黒潮・親潮移行域におけるカタクチイワシの分布や成長・発達様式を解明する必要がある。本研究では、資源増大期にあるカタクチイワシについて、1. 黒潮・親潮移行域における仔稚魚の分布様式と分布海域の環境特性を明らかにした。2. 移行域における仔稚魚の成長・発達様式を耳石日輪情報を用いて明らかにし、環境要因との対応関係を検討した。3. 飼育実験の結果に基づいて、移行域で推察された仔稚魚の成長・発達様式と環境要因との対応関係を検討した。4. 資源へ加入した成魚と仔稚魚の耳石日輪構造を比較し、どのような成長・発達過程を経た個体が資源へと加入するかを検討した。

#### 1. 黒潮・親潮移行域におけるカタクチイワシ仔稚魚の分布と環境要因

1996 年から 1999 年にかけて水産庁中央水産研究所が実施した但州丸トロール調査において、カタクチイワシ仔稚魚（標準体長 < 50 mm）を採集した。黒潮・親潮移行域における 1 曳網当たりの仔稚魚採集尾数は、1996-1999 年において、それぞれ 331、16377、51347、32315 尾であった。1997 年と 1998 年の間に起こった仔稚魚の分布密度増加に伴い、分布範囲の東限は 172°32'E から 179°43'E まで拡大した。

範囲の東限は 172°32'E から 179°43'E まで拡大した。

黒潮・親潮移行域におけるカタクチイワシ仔稚魚の分布域の表面水温は、12.5 – 19.3°C であった。移行域において仔稚魚の主な餌生物と考えられるカイアシ類の体幅組成には、0.6 mm 以下と、それ以上の 2 つの群が存在した。体幅が 0.6 mm 以下の群の分布密度は 797 – 2522 ind./m<sup>2</sup> で、0.6 mm 以上の群 (184 – 837 ind./m<sup>2</sup>) よりも高かった。体長 20 mm の仔魚が摂餌可能なカイアシ類の最大体幅は 0.6 mm であることから、黒潮・親潮移行域の餌環境は、体長 20 mm 以下の小型の仔魚にとって好適であると推察された。

## 2. 黒潮・親潮移行域におけるカタクチイワシ仔稚魚の成長と発達

カタクチイワシ仔魚は、発達が進むにつれて体高が増加し、筋節数に対する背・臀鰭位置が前進するシラス型変態を遂げる。カタクチイワシの変態は、標準体長 35 – 40 mm で完了するとされる。鰭の形成や体高の増加に伴う筋肉の発達は、捕食者からの逃避成功率を上昇させる。本研究では変態完了と同調して起こると考えられる腹腔内壁および体表へのグアニン沈着に着目し、カタクチイワシの発達段階を便宜的に 3 段階に区分して、成長・発達と環境要因との関係を検討した。

Gu 0 : グアニン沈着が全く認められない

Gu 1 : グアニン沈着が腹腔内壁に認められるが、体表には認められない

Gu 2 : グアニン沈着が腹腔内壁と体表に認められる

### 2-1 カタクチイワシ仔稚魚の成長様式と環境要因

Gu 1 全個体の孵化から採集時までの成長速度を、耳石日輪数から求めた日齢と実測体長から算出した結果、平均成長速度には、0.43 – 0.91 mm d<sup>-1</sup> の個体差が認められた。そこで、Gu 1 個体の成長速度範囲を 0.1 mm d<sup>-1</sup> 毎に区分して、各成長速度群の分布を調べた。0.7 – 0.9 mm d<sup>-1</sup> 群が全体に占める割合は、沿岸域 (140-155°E 海区) において高いのに対し、0.4 – 0.5 mm d<sup>-1</sup> 群は移行域の 38°N 以北の海域、及び沖合域 (170-175°E 海区) において割合が高いことが明らかになった。

平均成長速度の地理的差異を引き起こす主要な環境要因として、水温と餌密度が考えられる。平均成長速度と 1. で述べた表面水温および体幅 0.6 mm 以下のカイアシ類の分布密度との対応関係を、南 (<37°N) と北 (>37°N) の海域に区分して回帰分析によって検討した。平均成長速度は、北の海域において水温および餌密度に対して有意な相関を示さなかったが、南の海域では餌密度に対して有意な正の相関があった。すなわち、北の親潮系冷水域では、カタクチイワシ仔稚魚の成長速度と環境要因との間に明瞭な対応関係はなく、南の黒潮系暖水域では、成長速度は餌密度の影響により沿岸域から沖合域へ向かって低下することが示唆された。

## 2-2 カタクチイワシ仔稚魚の発達様式と環境要因

各調査点で採集された仔稚魚から日齢 51 - 60 d の個体を選別し、グアニン沈着直前 (Gu 0 で最大体長、n = 62)、グアニン沈着開始期 (Gu 1、n = 120)、グアニン沈着直後 (Gu 2 で最小体長、n = 56) の 3 群に区分した。3 群の間で平均日齢に有意な差はなかった。Gu 2 群の平均体長は、Gu 0 群、Gu 1 群と比べて有意に大きく、したがって平均成長速度も有意に高い値を示した。この結果は、成長が速かった個体は発達も速かったことを意味している。次に、グアニン沈着の開始と環境要因との対応関係を明らかにするために、Gu 1 全個体について平均体長、日齢と水温、餌密度との関係を検討した。Gu 1 では体長と日齢は共に水温と負の相関にあったが、餌密度との対応はみられなかった。すなわち、移行域に分布するカタクチイワシ仔稚魚では、水温の低い親潮系冷水域に比べると、水温が比較的高い黒潮系暖水域で、より低い日齢、小さい体長でグアニン沈着が始まることがわかった。

## 3. 飼育条件下におけるカタクチイワシの成長と発達

黒潮・親潮移行域において推察された成長・発達様式と環境要因との対応関係を裏付けるために、水温 (13、17、21、25°C) と給餌量 (0、30、300、3000 naup. ind.<sup>-1</sup> d<sup>-1</sup>) が異なる条件下で、野外採集した Gu 0 個体 (1999 年：標準体長 22.0 ± 1.94 mm、2000 年：28.7 ± 3.43 mm) を 20 日間飼育した。1996 - 1999 年に観測した移行域全域の平均表面水温は 16.7°C であったことから、17°C 区を移行域の代表水温と想定した。

生残率は全ての水温区において給餌量が多いほど高かった。給餌量による生残率の差異は水温の上昇に伴い拡大した。17°C 区における生残率は、給餌量に関わらず 76 - 100% で最も高かったことから、移行域の平均的な水温環境はカタクチイワシ仔稚魚にとって好適であると考えられた。

飼育期間中の平均成長速度は、実験終了時の実測体長と開始時における逆算体長との差を飼育日数で除して求めた。成長速度は、17°C 以上の実験区において給餌量の増加に伴い 0.29 ± 0.04 mm d<sup>-1</sup> から 0.83 ± 0.10 mm d<sup>-1</sup> まで増加した。13°C 区における成長速度は、給餌量に関わらず約 0.2 mm d<sup>-1</sup> であった。13°C : 3000 naup. ind.<sup>-1</sup> d<sup>-1</sup> 給餌区の平均摂餌量は、約 540 naup. ind.<sup>-1</sup> d<sup>-1</sup> と低かった。

グアニン沈着に関して、13°C 区では 7.7% の個体が Gu 1 へ移行したのに対し、17°C 以上の実験区では 42.1% から 100% の個体が Gu 1 へ移行した。Gu 1 個体の最小体長 (グアニン沈着開始体長) は、3000 naup. ind.<sup>-1</sup> d<sup>-1</sup> 給餌区の 13、17、21°C 区においてそれぞれ 37.2、33.6、31.2 mm であった。以上の結果から、カタクチイワシ仔稚魚は、13°C では摂餌量が低下して成長と発達が抑制されるのに対し、17°C 以上における成長と発達は餌密度に依存していることがわかった。その結果、野外採集標本で得られた「親潮系冷水域では餌密度

に関わらず成長・発達が抑制され、黒潮系暖水域では餌密度と正の相関をもった成長過程を経る」という推察は飼育実験によって裏付けられた。

#### 4. 黒潮・親潮移行域における成魚の資源加入機構

成魚への加入量は、仔魚期から稚魚期にかけての累積的な成長、生残過程によって決まると考えられている。本研究では、「仔稚魚期の成長・発達の速い個体が選択的に生き残り成魚群を形成する」という仮説を立てた。20、40、60日齢時における耳石日輪半径の頻度分布を資源へ加入した成魚 (> 80 mm) と仔稚魚 (Gu 1) の間でそれぞれ比較し、分布範囲の重なる割合で加入の成否を評価した。

耳石日輪半径の範囲は、20日齢時には成魚と Gu 1 とでほぼ一致していたが、40日齢時には成魚 (125 – 550  $\mu\text{m}$ ) が Gu 1 (75 – 300  $\mu\text{m}$ ) より大きい側へずれ、60日齢時には成魚 (300 – 900  $\mu\text{m}$ ) と Gu 1 (200 – 375  $\mu\text{m}$ ) の分布がほぼ完全に分離した。Gu 1 個体のうち、40日齢時において成魚のモード (250 – 275  $\mu\text{m}$ ) に相当する日輪半径をもつ個体の平均成長速度は、0.65 mm d<sup>-1</sup> 以上と算出された。60日齢時において成魚の日輪半径範囲からずれていた Gu 1 個体の成長速度は、0.65 mm d<sup>-1</sup> 以下であった。この結果は、Gu 1 までの平均成長速度が 0.65 mm d<sup>-1</sup> 以上の個体が、それ以下の個体と比べて生き残る確率が高いことを意味する。

耳石の日輪間隔は、体成長速度と比例するので、日輪間隔の変化から個体別の成長様式を推定できる。成魚まで生き残った個体の日輪間隔は、約 30 日齢以降に急速に増加し、50 日齢時には全個体で 10  $\mu\text{m}$  を越える。これに対して Gu 1 では、約 30 日齢時までは成魚の日輪間隔と類似するが、50 日齢時においては Gu 1 全個体の 70.5% が 10  $\mu\text{m}$  以下であった。この結果は、Gu 1 個体のうち、30 – 50 日齢の間に日輪間隔が 10  $\mu\text{m}$  以上に達することができる環境条件に遭遇した個体のみが、生き残って成魚群へ加入することを示し、仔稚魚期の成長・発達が速い個体が選択的に生き残り成魚群を形成するという仮説は実証された。移行域における成魚への加入条件として、仔魚期後半において好適な水温と餌料環境に遭遇して、急速に成長・発達することが、各個体の加入確率を増加させるものと結論された。

太平洋沿岸域における成魚の産卵域は、資源量水準の高い年代には黒潮流軸付近にまで拡大する。仔稚魚の成長・発達様式から、黒潮・親潮移行域では沿岸域の黒潮系暖水域で加入確率が高いと判断された。したがって、移行域へのカタクチイワシ資源の分布拡大は、黒潮域からの仔魚の移入と、移行域の沿岸域における資源への加入成功とが連続的に起こった結果として生じるものであると考えられた。