

## 鹿島灘におけるカタクチイワシシラス春季発生群の成長履歴

富永 敦・二平 章

Daily Growth Increments in the Otoliths of Anchovy Larvae, *Engraulis japonica*,  
Collected in the Coastal Waters of Kashimanada in Spring.\*

Atsushi TOMINAGA and Akira NIHIRA

Key words : カタクチイワシシラス, 春季発生群, 日齢, 成長履歴, 鹿島灘, 暖水舌

## 1. 目 的

鹿島灘におけるカタクチイワシシラス春季発生群の漁獲量は、ダイナミックに変動する。漁獲量変動は同海域の春季水温環境や水塊配置の年変動と同調することから、黒潮系暖水の波及や水温環境は、カタクチイワシシラス来遊機構、例えば卵稚仔魚の輸送・成育・生残りに影響を及ぼしていると考えられている（堀，1971；二平・土屋，1990）。しかしながら、その来遊機構には、未解明な部分が多い。従来の研究では、漁況と海況との関わりは年単位の解析が主体であり、週～数日といった短時間スケールにおける検討が十分でなかった。また、来遊したカタクチイワシシラスの性状に関する知見も不足している。これらのことが、来遊機構より具体化することを阻んでいる要因となっている。本研究は、近年の黒潮系暖水の波及が顕著だった年と波及が弱かった年を対象に、鹿島灘周辺海域における漁獲量と暖水波及の短期変動や、来遊したカタクチイワシシラスの体サイズ・成長履歴などを比較することを目的とした。

## 2. 方 法

調査は、1995年と1996年の春季を対象とした。第一に、シラス漁況の日別動向や地区間差に与える暖水波及の影響を検討した。シラスのCPUEは、茨城水試情報システムデータを整理して得た。暖水波及の指標として、鹿島灘の表層水温値や暖水波及指数値を用いた。鹿島灘の表層水温値は、茨城水試が毎月上旬に実施する定期海洋観測における全測点の10m層平均水温値を用いた。暖水波及指数は、茨城県漁業無線局で毎週発行している「漁海況速報」の表面水温図を用い、週ごとに次の手順で算出した。まず、南北は北緯35度40分～37度00分の範囲、沖方向は岸から水深200m以浅の範囲の海域を5分メッシュ74個で区分した（図1）。次に、表面水温15℃以上の暖水で覆われているメッシュを抽出し、各メッシュの水温値を式「=水温値-14」で指数化した。そして、こ

れら各メッシュ指数の総和を暖水波及指数値とした。以後、暖水波及指数値を「WI値」と呼ぶ。

第二に浅海域で漁獲されたカタクチイワシシラス（以後シラスと呼ぶ）について全長測定と成長解析を行った。標本は、鹿島灘北部に位置する大洗地先で、民間船あるいは水試調査船（あさなぎ：4.9トン）により袋網目合い2mmの船曳き網漁具で採集した。全長測定は、1995年に16標本1996年に11標本の計2,620個体について実施した。耳石日周輪による成長解析（Tuji and Aoyama, 1984）は、1995年が4標本、1996年が5標本の計199尾に

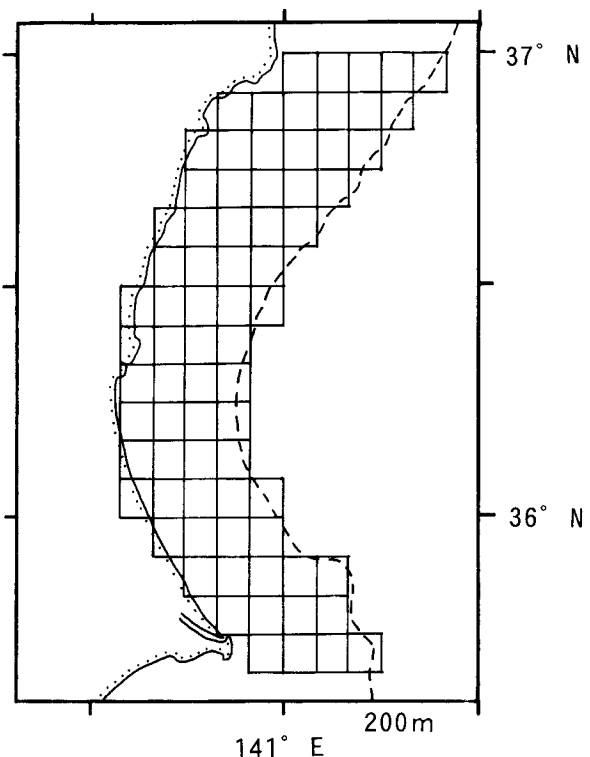


図1 暖水波及指数（WI値）算出に用いた74メッシュ

\* 本報告の要旨は、1998年水産海洋学会研究発表大会にて発表した。

ついておこなった。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。

3. 結果

3-1 シラス漁況と暖水波及

3-1-1 表層水温及び暖水波及指数「WI値」の比較

鹿島灘海域における1995, '96年の水深10m層平均水温値の季節変化を図2に示した。両年の表層水温は、5~7月の水温上昇期に大きく異なる経過を示した。3, 4月期の水温値は、両年とも12~14°Cで、年間差が0.5~0.8°Cと小さかった。5~7月期は、1995年では黒潮系暖水波及の影響を受けて15.5°Cから18.4°Cへ直線的に昇温したのに対し、1996年は5月に1.4°C降温し、6, 7月も昇温が鈍く15.0°Cを下回った。5~7月期における水温値の年間差は、5月は3.6°C、6月は3.1°C、7月が3.8°Cといずれも1996年が低い値を示した。

1995年と'96年の4~6月期における、週別WI値の推

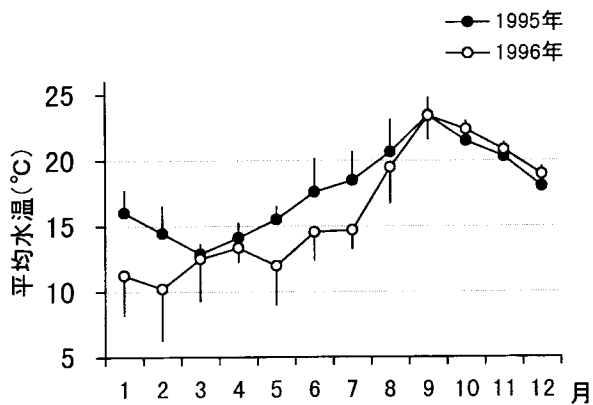


図2 10m層平均水温値の季節変化 (定期海洋観測全点平均値)

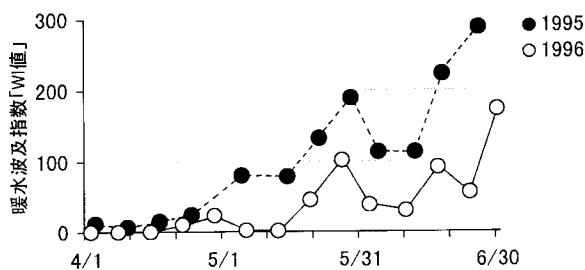


図3 1995, '96年4月~6月期における暖水波及指数の推移

移を図3に示した。4月のWI値は、両年とも10~24の範囲にあり低く、年間差も僅かだった。5月以降のWI値は両年とも増加したが、1995年が5月末に189、6月末には360に達したのに対し、1996年の増加は鈍く5月末で101、6月末でも173にとどまった。

3-1-2 地区別シラス漁獲量の比較

茨城県主要港における4~7月のシラス漁獲量合計値は、1995年の2,116トンに対し、1996年が790トンと1995年の37%だった (図4)。1995年に対する'96年の漁獲量比率は、県北部から順に大津では11.4%、久慈浜では33.1%、大洗では61.4%、鹿島灘では56.4%、波崎では95.6%と県北部ほど不漁が顕著だった。

3-1-3 シラス日別漁獲量の推移と暖水波及指数「WI値」

4~6月期における週別WI値 (図3) と大津・大洗地区におけるシラスのCPUE (1日1隻あたり漁獲量) の推移を比較した (図5)。1995年においてWI値の増加は、4月下旬~5月上旬と5月中旬~下旬と6月中旬~下旬の3回、WI値の減少は5月下旬~6月上旬に1回認められる。シラスのCPUEは、4月中旬までは0kg/日・隻だったが、4月下旬~5月上旬のWI値第一増加期から上向き始めた。CPUEは、5月中旬~下旬のWI値第二増加期に急増し大津・大洗地区とも5月下旬には一時400kg/日・隻を越えたが、5月下旬~6月上旬のWI値減少期の直後に200kg/日・隻前後に低下した。その後、6月中旬~下旬のWI値第三増加期において、CPUEは、大津地区で増加したが大洗地区では6月上旬からの減少傾向を続けた。

図3で示したように、1996年におけるWI値は、1995年に比べ増加傾向が鈍く、WI値の増加は4月下旬と5月中旬~下旬、6月中旬、6月下旬の4回、WI値の減少は5月上旬と5月下旬~6月上旬と6月中旬~下旬の3回

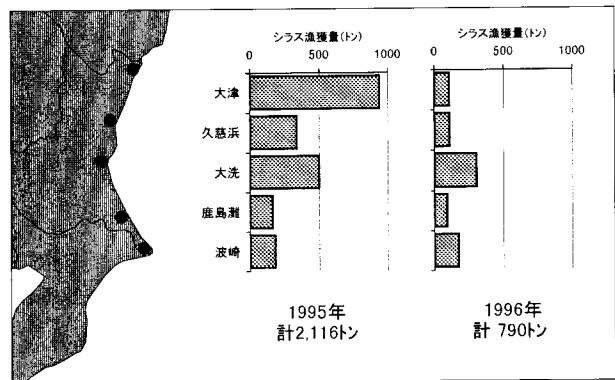


図4 1995, '96年における地区別漁獲量

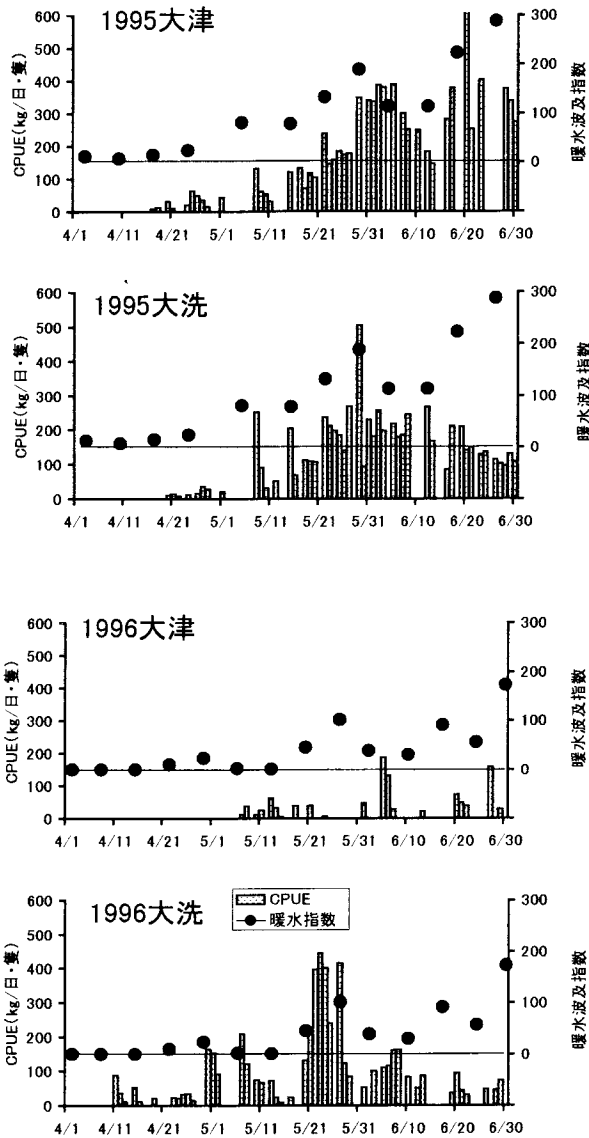


図5 シラスCPUEと暖水波及指数「WI値」の推移

認められ、増減変化が著しかった。大洗地区のCPUEは、4月下旬と5月中旬～下旬のWI値増加期には増加し、5月下旬には一時400kg/日・隻に達した。しかし、5月下旬～6月上旬にWI値が減少した後は、CPUEも減少傾向に転じた。一方、1996年の大津地区シラス漁は、CPUE50kg/日・隻前後の日が多く、大洗地区で見られた5月下旬の豊漁は認められなかった。よって、WI値の増減と同調したCPUEの変動は認められなかった。図6に1996年5月下旬における鹿島灘周辺海域の表面水温図を示した。表面水温15℃以上の暖水は、沿岸沿いに波及しているが、その北限は36°30'Nまでで大津地区までは達していない。

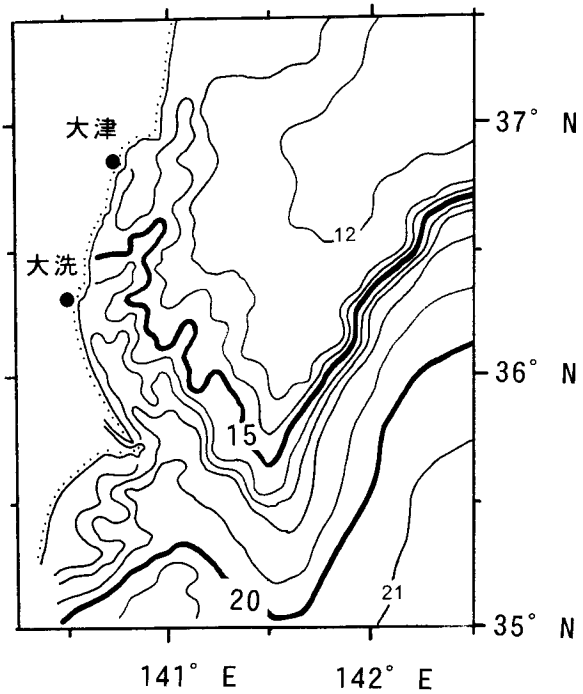


図6 1996年5月下旬の鹿島灘周辺海域における表面水温（茨城県漁業無線局発行「漁海況速報8-9」より）

以上のことは、WI値の増減、つまり大陸棚上で起こる暖水波及の消長が、多くの場合数日単位のシラス来遊動向と密接に関わっていることを示唆している。また、暖水波及の規模や接岸の場所が、漁模様の地区間差に大きく影響していることを示唆している。

### 3-2 漁獲されたシラスの全長と日齢、及び成長履歴

#### 3-2-1 シラスの全長と日齢の比較

1995、'96年の4～7月に漁獲されたシラスの標本別平均全長を図7に示した。1995年は5月上旬から6月上旬に全長25mm前後の小型シラスが漁獲されたのに対し、1996年は全長30mm以上の大型シラスが多かった。標本数が多い5、6月期の標本について平均全長を比較したところ、1995年のシラスは平均全長27.0mmで、1996年の30.6mmに比べ有意に小さく（ $P < 0.01$ , t-検定）、小型サイズで漁場に来遊したことが示唆された。

シラスの日齢と全長サイズとの関係は、同一の全長で比較した場合、1996年の方が高日齢魚つまり成長が悪い個体の出現が多かった（図8）。例えば、全長25～30mmの個体で比較した場合、1995年のシラスの大部分は30～55日齢の範囲にあったが、1996年のシラスの日齢範囲は30～85日と広く50日齢以上の高日齢魚が多く出現している。

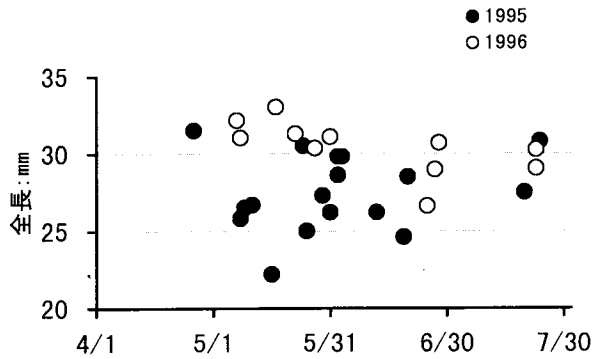


図7 カタクチシラス標本別平均全長の推移

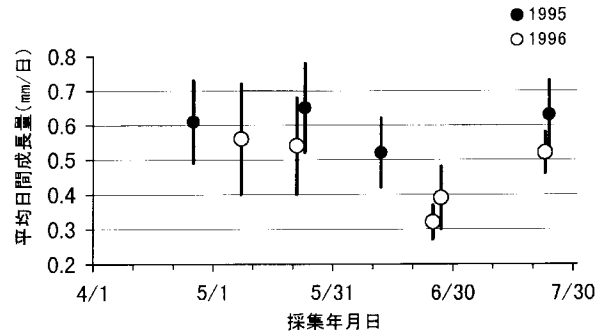


図9 標本の採集日と平均日間成長量

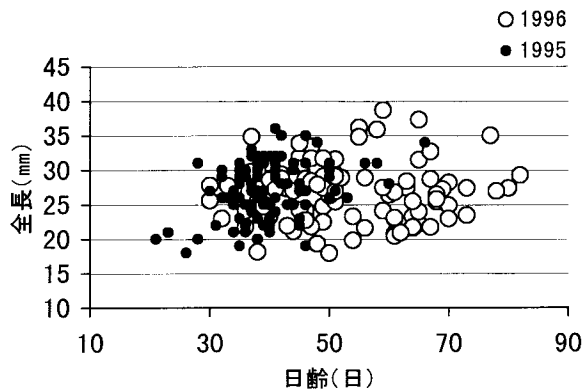


図8 日齢と全長サイズとの関係

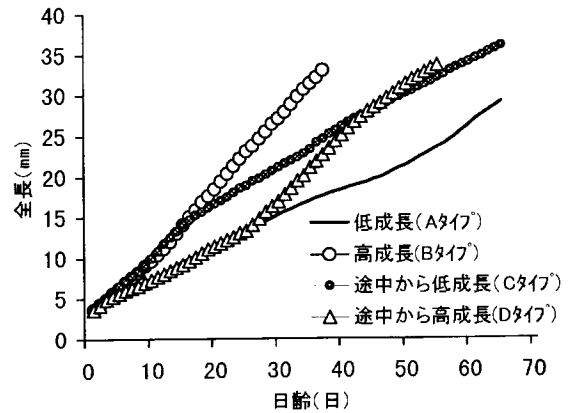


図10 カタクチイワシシラスの成長履歴パターン

図9に標本の採集日と平均日間成長量との関係を示した。平均日間成長量は、1995年の0.52~0.65mm/日に対し、1996年では0.31~0.57mm/日と低かった。特に、暖水波及が弱まり大洗地区CPUEが100kg/日・隻未満に低下した6月下旬(図5)に漁獲されたシラスは、0.31mm/日と0.39mm/日で低成長だった。

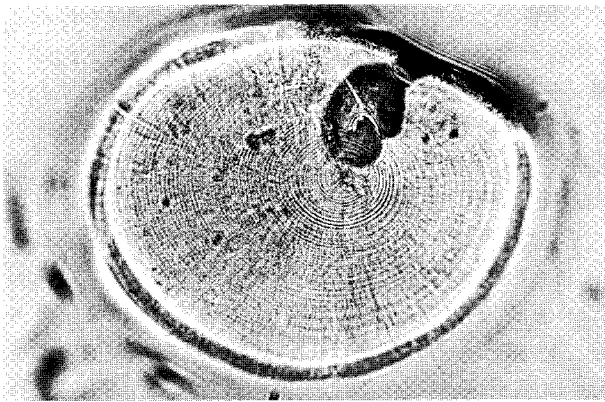
### 3-2-2 カタクチイワシシラスの成長履歴パターン

採集したシラスは、各個体ごとに様々な成長履歴を持っていた。それらの中から4つの特徴的な成長履歴パターンを図10示した。また、それらの成長履歴パターンを示した個体の耳石日周輪を写真に示した(図11)。第1には直線的な成長を示す低成長個体(Aタイプ)、第2に直線的成長を示す高成長個体(Bタイプ)、第3に仔魚期の途中で成長が悪化する個体(Cタイプ)、第4に仔魚期の途中で成長が良くなる個体(Dタイプ)である。本研究の標本においてDタイプの出現個体数は、極めて少なかった。

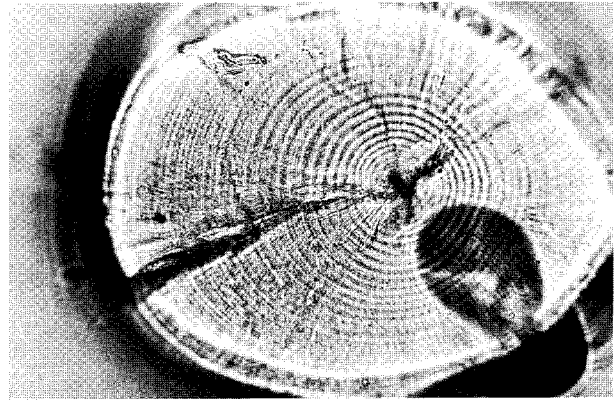
### 3-2-3 発生月別の成長履歴

推定した成長履歴に基づく30日齢時の全長組成を月別発生群ごとに作成し、年比較を試みた(図12)。1996年発生群は、全ての月別発生群において、1995年に比べて小型個体が多く、全体的に低成長だったことが示唆された。1995年5、6月と1996年3、6月発生群は、ほぼ単峰型に近い組成を示したのに対し、1995年の3、4月と1996年4、5月の発生群の全長組成は双峰型を示し、高成長と低成長グループの存在が示唆された。4月発生群の高成長グループのモード値は両年とも24~25mmで同じ大きさだったが、低成長グループは1995年発生群が17mm、1996年発生群が13mmにあり、低成長グループの成長は年によって異なることが示された。

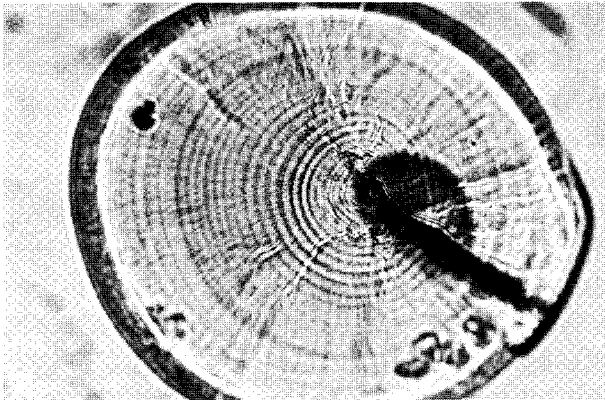
データの少ない5月発生群を除く、両年の3、6月発生群と4月発生群の高・低成長グループの計8発生群について、摂餌開始から全長25mm前後までの平均的な成長履歴を算出した(図13)。1996年4月発生群の高成長グループは、摂餌開始後20日頃を境に成長速度が低下するCタイプ(図10)の成長履歴パターンを示したが、その



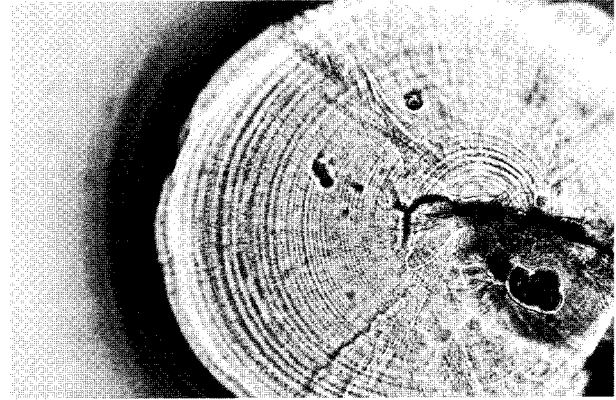
低成長個体 (Aタイプ)  
1996年 5月22日採集：全長20.8mm, 61輪



途中から成長が悪くなった個体 (Cタイプ)  
1996年 5月22日採集：全長28.8mm, 46輪



高成長個体 (Bタイプ)  
1995年 5月24日採集：全長30.0mm, 32輪



途中から成長が良くなった個体 (Dタイプ)  
1996年 7月23日採集：全長28.4mm, 47輪

図11 A, B, C, Dタイプの耳石日周輪

他の発生群はほぼ直線的な成長履歴パターンを示した。  
この平均成長履歴に回帰直線をあてはめ、回帰直線の傾き、つまり1日あたりの平均成長量を算出し、従来の知見とともに示した(表1)。1995年における各発生群の1日あたりの平均成長量は、3月発生群が0.63mm/日、4月発生群の低成長グループが0.45mm/日、6月発生群が0.61mm/日だった。1996年では、3月発生群が0.44mm/日、4月発生群の低成長グループが0.30mm/日、6月発生群が0.49mm/日だった。4月発生の高成長グループは、1995年は摂餌開始後20日を境に0.77mm/日から0.55mm/日に低下し、1996年は0.83mm/日から0.52mm/日に低下した。

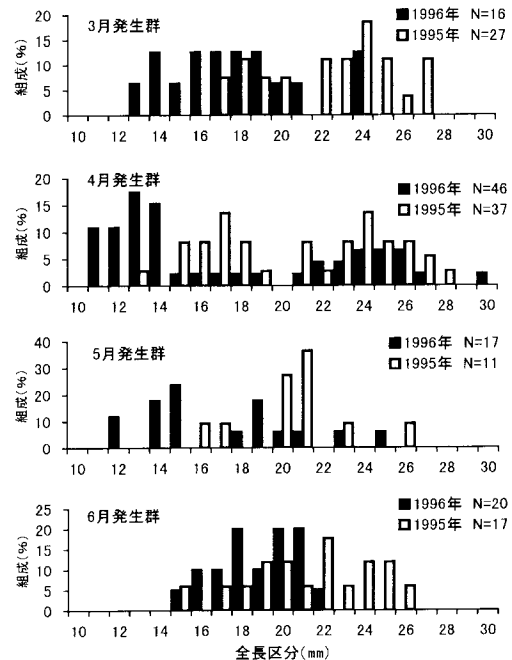


図12 発生群別の30日齢時の全長組成

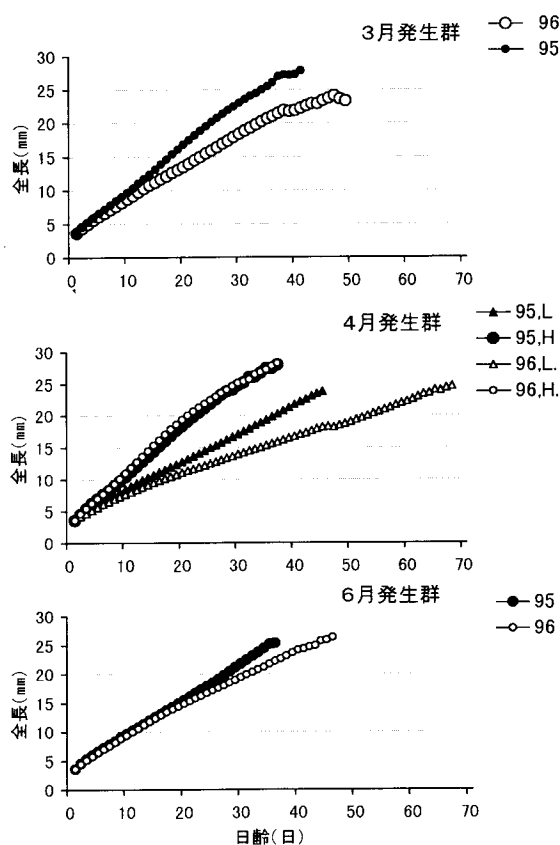


図13 各月発生群の平均成長履歴の年比較

(4月発生群の凡例中のLは低成長グループを、Hは高成長グループを示す。)

表1 シラス期の平均日間成長量の比較

本研究(鹿島灘)		従来(知見)	
発生月	1995	1996	主漁期(5~10月採集)
3月	0.63	0.44	0.46~1.00(伊勢湾) <sup>1)</sup>
4月 高成長	0.77~0.55	0.83~0.52	0.52 (相模湾) <sup>2)</sup>
4月 低成長	0.45	0.30	0.61 (相模湾) <sup>3)</sup>
6月	0.61	0.49	越冬期(1~3月採集)
			0.28~0.39(相模湾) <sup>4)</sup>

1) Sigel(1988) 2) 辻(1983) 3) 三谷(1990) 4) 辻(1985)

4. 考 察

鹿島灘の春シラス漁況について堀(1971)は、春シラスは房総以南の海域から運ばれ、その漁況は犬吠埼沖で派生する暖水舌の張り出しが強い場合には豊漁となり、張り出しが弱い離岸して沿岸部の昇温が遅い場合は不漁になるとしている。二平・土屋(1990)は、春シラス豊漁年には鹿島灘漁場への「表層暖水」の接岸が顕著であることを明らかにした。

今回、週単位の暖水波及の消長と日単位のシラス

CPUE変動とを検討した結果、暖水波及と同時にシラスCPUEが増加する現象が数多く認められた。このように、数日単位の時間スケールにおいても両者が密接に関わっているのは、表層暖水が浅海漁場域にシラスを直接的に輸送するためと考えられる。実際、1996年6月上旬に鹿島灘周辺海域で実施された卵稚仔調査では、カタクチイワシ後期仔魚の分布は、表層水温15℃以上に限られ構造的には黒潮続流縁辺の潮境域やそこから派生する暖水舌に多く分布していることが確認されている(富永ら, 1996)。一方、1996年6月のように暖水が波及してもCPUEが増加しない例も一部認められた。これは、本研究では「鹿島灘の表面水温上昇=暖水波及が強まる」という前提のもとにWI値を用いたが、調査期間が昇温時期にあたり、実際には鹿島灘の表面水温上昇が必ずしも暖水波及を反映していなかったためと思われる。

1995、'96年の海況や地区別漁獲量の比較から、暖水の波及規模や接岸する場所が、シラス漁獲量の地区間差に大きく影響することが示された。相模湾や駿河湾のようにシラス漁場が湾内に位置する海域では、外洋系水により湾内に移入した稚仔魚が環流によって湾内各漁場に分散したり(辻, 1983)、シラス漁場が環流とともに湾内を移動する(中村, 1982)例が報告されていることから、湾内環流により湾内シラス漁の地区間差が低減される機構があると考えられる。しかし、外海に直面し海岸線が単調な鹿島灘では、輸送されたシラスを広範囲に分散する湾内環流のような機構が存在しないため、暖水波及の規模と接岸する場所によって漁獲量の地区間差が生じやすいと思われる。

1995年に漁獲されたシラスは、平均全長において1996年より約3mm小さく、小型サイズで漁場に輸送されたことが示唆された。両年におけるシラスの成長は、詳しくは後述するが、1995年発生群の方が高成長だった。これらの結果は、1995年のシラスがふ化後短時間で漁場域に輸送されたことを意味している。以上のことから、鹿島灘へのシラス来遊機構における暖水波及の役割は、次のように整理される。暖水波及は、漁獲対象サイズのシラスを浅海漁場域に直接輸送しており、その波及規模はシラスの輸送量、輸送範囲、輸送時間に影響する。そして、波及規模が大きいほど若齢・小型サイズのシラスが大量かつ広範囲に輸送される。

1996年におけるカタクチイワシシラス春季発生群の日間成長量は、4月発生群の高成長グループを除けば0.30~0.49mm/日で、0.45~0.63mm/日だった1995年春季発生群よりも低成長であった。従来(知見)によれば、主漁期(5~10月)のカタクチイワシシラスの日間成長量は、伊勢湾で0.46~1.0mm/日(Sigel, 1988)、相模湾では0.52mm/日(辻, 1983)と0.61mm/日(三谷, 1990)である(表1)。1996年の鹿島灘のシラスの

成長は、これらの知見よりも低い値を示した。特に1996年4月発生群の低成長グループの日間成長量0.30mm/日は漁期中の出現群としては極めて低い値である。このような低成長個体は、相模湾で冬季に滞留・越冬しているカタクチシラスにおいて知られている(辻, 1983)。主漁期における低成長グループの出現は、鹿島灘海域が暖水波及が弱い年には4~6月であっても相模湾の冬季のような厳しい成育環境になることを示唆している。このようなシラス成育環境特性は、本邦カタクチイワシシラス漁場の最北域に位置する鹿島灘の特徴だと考える。

1996年発生群の中に低成長個体が存在した要因は何だろうか。仔稚魚の成長悪化を引き起こす原因には、水温環境、餌料環境、分布密度が知られている。このうち、分布密度は、1995年の方が豊漁で高密度だったと推定されることから、1996年発生群に低成長グループが出現する要因とは考えられない。餌料環境は十分なデータが無いため今後検討すべき課題だが、著者は、今回明らかになった現象、低成長グループの出現が低水温環境だった1996年に顕著だったことや、他の海域では冬季にしか出現していないことを考慮すれば、餌料環境よりも水温環境が原因だとするのが合理的だと考える。また、鹿島灘においても夏秋季発生群には低成長グループが存在しない現象(富永, 未発表)は、この水温環境原因説と矛盾しない。

ヒラメやマサバ、大西洋産タラ類では、適水温範囲内では高水温ほど成長速度が大きいことが報告されている(Seikai et al., 1986; Hunter and Kimbrell, 1980; Laurence, 1978)。イワシ類では、カタクチイワシ卵の孵化に要する時間は低水温ほど長く、水温12℃では26℃の4倍以上もかかる(畔田, 1981)ことや、天然海域におけるマイワシ仔魚の成長が表面水温が低いほど悪いことが報告されている(Oozeki and Zenitani, 1996)。これらの知見からも、カタクチイワシシラスの成長は、水温環境の影響を受けている可能性が高い。

鹿島灘で漁獲されたシラスには様々な成長履歴パターンが認められた。春季、鹿島灘で漁獲されるシラスには、房総以西海域でふ化・成育した後、仔魚期の途中から鹿島灘に移入する群と、鹿島灘において卵からふ化・成育した群があると考えられる。低成長グループは、暖水波及が弱かった1996年6月下旬に(図5)に出現したことから、暖水波及によって房総以南海域から輸送されたグループではなく、低水温環境だった鹿島灘でふ化・成育したグループである可能性が高い。成育水温環境の経歴が成長履歴パターンに反映されるという考えに立てば、鹿島灘が低水温環境だった場合、仔魚期の途中から鹿島灘に輸送された個体は、途中から低成長になるCタイプ(図9)の成長履歴パターンを示すと考えられる。また、鹿島灘で卵からふ化・成育した個体は、ずっと低成長な

Aタイプの成長履歴パターンを示すと考えられる。

鹿島灘において春季海況が温暖な年代には、春季シラス漁が豊漁になり、さらに太平洋系群の成魚春季発生群資源量も高水準になることが知られている(二平・上屋, 1990)。このことから、水温環境がカタクチイワシ成魚資源水準に影響している可能性が指摘されている。カタクチイワシ春季発生群は、発生から約1年を経過した冬春季に体長10cm前後に成長し、2年後の冬春季には体長12~13cmに達し(Hayashi and Kondo, 1957)、冬春季のまき網漁業によるカタクチイワシ漁獲量の大部分を占める。この冬春季における年級群別の成魚漁獲尾数は、鹿島灘におけるシラス期の成長が良かった1995年級群の方が1996年級群に比べ3.2倍多い(中央水研, 1998)。近年、仔稚魚期における成長の良否が年級群豊度を規定している可能性が大西洋産マダラや日本産サンマで指摘されているが(Meehan and Fortier, 1996; Watanabe et al. 1997)、カタクチイワシ春季発生群も同じように成育水温環境に依存する後期仔魚期の成長良否によって資源豊度が決定されている可能性がある。カタクチイワシ成魚資源が、全て鹿島灘に来遊したシラスに由来していないことは、議論の余地がない。しかし、鹿島灘沿岸と東北海域の春季水温動向は、巨視的に同調した変動傾向を示し、実際1995年の東北海域は1996年に比べ、黒潮前線が北上し温暖傾向で推移した(海老沢・木下, 1998)ことから、鹿島灘のみで成長の良否が東北海域全体でも同様に起きている可能性は十分考えられる。今後、より長期的なシラス期の成長データを蓄積し、水温環境や資源水準と比較検討する必要がある。

## 5. 要 約

- (1) 黒潮系暖水の波及が顕著だった1995年と波及が弱かった1996年を対象に、鹿島灘周辺海域における漁獲量と暖水波及の短期変動や、来遊したカタクチイワシシラスの体サイズ・成長履歴などを比較した。
- (2) 大陸棚上で起こる暖水波及の消長は、多くの場合数日単位のシラスCPUE変動と密接に関わっていた。また、暖水波及の規模や接岸の場所が、漁模様の地区間差に大きく影響していた。
- (3) 4~7月期に漁獲されたシラスの全長は、1995年は平均全長27.0mmで、1996年の30.6mmに比べ有意に小さく、小型サイズで漁場に来遊したことが示唆された。シラスの日齢と全長サイズとの関係は、同一の全長で比較した場合、1996年の方が高日齢魚つまり成長が悪い個体の出現が多かった。この成長が悪い個体は、暖水波及が弱まり大洗地区CPUEが低下した1996年6月下旬に出現した。
- (4) 採集したシラスは、各個体ごとに様々な成長履歴を持っていたが、特徴的な成長履歴パターンは4つあっ

- た。第1には直線的な成長を示す低成長個体(Aタイプ)、第2に直線的成長を示す高成長個体(Bタイプ)、第3に仔魚期の途中で成長が悪化する個体(Cタイプ)、第4に仔魚期の途中で成長が良くなる個体(Dタイプ)である。
- (5) 推定した成長履歴に基づく30日齢時の全長組成を月別発生群ごとに作成した。1995年5,6月と1996年3,6月発生群は、ほぼ単峰型に近い組成を示したのに対し、1995年の3,4月と1996年4,5月の発生群の全長組成は双峰型を示し、高成長と低成長グループの存在が示唆された。
- (6) 両年の3,6月発生群と4月発生の高・低成長グループの計8発生群について1日あたりの平均成長量を算出した。1996年におけるカタクチイワシシラス春季発生群の日間成長量は、4月発生群の高成長グループを除けば0.30~0.49mm/日で、0.45~0.63mm/日だった1995年春季発生群よりも低成長であった。特に1996年4月発生群の低成長グループの日間成長量0.30mm/日は、従来の知見と比較しても漁期中の出現群としては極めて低い値であった。
- (7) 冬春季における年級群別のカタクチイワシ成魚漁獲尾数は、シラス期の成長が良かった1995年級群の方が1996年級群に比べ3.2倍多かった(中央水研,1998)。このことから、カタクチイワシ春季発生群も同じように成育水温環境に依存する後期仔魚期の成長良否によって資源豊度が決定されている可能性がある。

## 6. 謝 辞

大洗地区をはじめとする各生産地市場職員の方々や茨城水試調査船「あさなぎ」の大川克弘船長および和田安央乗組員には、シラス標本魚の収集にあたり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.
- 海老沢良忠・木下貴裕(1998)房総~三陸海域の水温環境とマイワシの再生産指数について, 茨城水試研報, **36**, 49-55.
- 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.
- Hayashi S. and Kondo K. (1957) Growth of Japanese Anchovy- IV Age Determination with the Use of Scales. Bull. Tokai Reg. Fish. Res. Lab., **17**, 31-64.
- 堀 義彦(1971)茨城県の「しらす」漁業について— I, 昭和45年度茨城水試研報, 10-25.
- Houde E.D. (1987) Fish early life dynamics and recruitment variability. Am. Fish. Soc. Symp., **2**, 17-29.
- Hunter J.R. and C.A.Kimbrell (1980) Early life history of Pacific mackerel, *Scomber japonicus*. *ibid*, **78**, 89-101.
- Laurence G.C. (1978) Comparative growth, respiration and delayed feeding abilities of larval cod (*Gadus morhua*) and haddock (*Melanogrammus aeglefinus*) as influenced by temperature during laboratory studies. *ibid*, **50**, 1-7.
- Meekan M.G. and L.Fortier (1996) Selection for fast growth during the larval life of Atlantic cod *Gadus morhua* on the Scotian Shelf. *Mar. Ecol. Prog. Ser.*, **137**, 25-37.
- 三谷 勇(1990)相模湾におけるカタクチイワシシラスの漁業生物学的研究. 神奈川水試論文集, **5**, 140pp.
- 中村保昭(1982)水産海洋学的見地からの駿河湾の海洋構造について. 静岡水試研報, **17**, 1-153.
- 二平 章・土屋圭己(1990)鹿島灘海域におけるカタクチイワシの漁況変動と海洋環境. 茨城水試研報, **28**, 55-64.
- Oozeki Y. and H.Zenitani (1994) Factors affecting the recent growth of Japanese sardine larvae (*Sardinops melanostictus*) in the Kuroshio Current. Survival Strategies in Early Life Stages of Marine Resources. 95-104.
- Seikai T., J.B.Tanangonan and M.Tanaka (1986) Temperature Influence on Larval Growth and Metamorphosis of the Flounder *Palulichthys olivaceus* in the Laboratory. Bull. Japan. Soc. Sci. Fish., **52**, 977-982.
- Sigel R.B. (1988) 耳石日齢をもとにした遠州灘と伊勢湾のカタクチシラスの資源解析学的研究. 東京大学学位論文, 112pp.
- 富永 敦・二平 章・児玉正碩(1996)1996年春季, 親潮系冷水南下卓越時における黒潮域から鹿島灘沿岸域にかけてのカタクチイワシ卵稚仔の分布. 平成8年度水産学会秋季大会講演要旨集, 13.
- 辻 祥子(1983)日令を指標とした相模湾におけるカタクチイワシ稚仔のシラス漁場への加入機構の研究. 東京大学学位論文.
- Tuji S. and T.Aoyama (1984) Daily Growth Increments in Otoliths of Japanese Anchovy Larvae *Engraulis Japonica*. Bulletin of the Japanese Society of Scientific Fisheries, **50**(7), 1105-1108.
- 中央水研(1998)三陸~房総の成魚・未成魚群来遊量. 平成10年度第2回長期漁漁況予報会議, いわし類分科会, カタクチイワシ資料.



Watanabe Y. and T.Kuroki (1997) Asymptotic growth trajectories of larval sardine (*Sardinops melanostictus*) in the coastal waters off western Japan. Mar. Bio. **127**, 369-378.

Watanabe Y., Y.Oozeki and D.Kitagawa (1997) Larval

parameters determining preschooling juvenile production of Pacific saury (*Cololabis saira*) in the northwestern Pacific. Can.J.Fish.Aquat.Sci., **54**, 1067-1076.