

大阪湾におけるカタクチシラスの成長

辻野耕實・渡 智美*

Daily Growth of Japanese Anchovy Larvae *Engraulis Japonica* in Osaka Bay

Koji Tsujino and Tomomi Watari

はじめに

大阪府農林水産統計によれば、シラスの漁業生産額は1990年以降第1位を占め続け、全生産額に占めるシラスの割合は近年さらに高くなりつつある。また、大阪湾で漁獲されるシラスは大部分がカタクチシラス（カタクチイワシのシラス）であることから、大阪府漁業におけるカタクチシラスの重要度は極めて高い。

近年、漁業者に資源管理の意識が高まり、種々の漁業で実践されつつある。シラス、イカナゴを主に漁獲するパッチ網（機船船びき網）も同様に、操業時間の短縮、網下ろし時期や禁漁期間の設定など操業に関して積極的な取り組みを行っており、これらの魚種の漁況情報のみならず、資源生態的な情報提供の必要性が高まりつつある。

一方、カタクチシラスに関する研究は、従来から漁況に関するものが多く、生態的な研究は少ない。特に成長に関しては、カタクチイワシが一年中産卵を行うため、体長モードからの推定が難しいことから¹⁾極めて少なかった。しかし、1984年にTsuji and Aoyama²⁾がカタクチシラスの耳石上の輪紋が1日1輪ずつ形成されることを報告して以来、この知見を利用することにより、天然海域におけるカタクチシラスの成長をはじめ、種々の生態的事柄が分

かる^{1,3)}ようになってきた。

筆者らは、大阪湾で漁獲されるカタクチシラスについて、耳石の日周輪を利用することによりその成長を推定するとともに、成長に係わる主環境要因について検討し、若干の知見を得たので、ここに報告する。

材料および方法

1. 供試魚

1994～1997年の間に、計64回パッチ網漁獲物を採取した。季節別には春季（4～5月）24回、夏季（6～8月）22回、秋季（9～12月）18回で、2回は袋網に入網した魚体のほかに、雑魚網（大型魚体を除くため、袋網の前に設けられた、やや大きな目合いの網）の入網魚も採取した。試料は種類別に選別した後、カタクチシラスの全長を1回当たり200～300尾測定した。そのうちの28回、1,268尾については耳石日周輪の計数を、25回、877尾については耳石半径を、24回、527尾については最外5輪の幅を測定した。

なお、試料は主に大阪湾南部海域で漁獲されたもので、全長測定および耳石検鏡個体は100%エチルアルコールで固定後、80%エチルアルコールで保存したものである。

2. 日齢（ふ化後の日数）と日間成長量の推定

成長を推定する形質として、耳石（扁平石）を用いた。耳石上の輪紋はTsuji and Aoyama²⁾により1日1輪形成され、第1輪はふ化後3～4日目の卵黄を吸収して摂餌を開始する時期に出来ることが分かっている。そのため、日齢（ふ化後の日数、以下同じ）は耳石上の輪紋（日周輪）数に3を加えることにより推定した。また、漁獲日直前の日間成長量は、Oozeki and Zenitani⁴⁾を参考に、耳石径と最も外側から5つの輪紋の幅を測定し、全長と耳石径との関係式から漁獲される前5日間における成長量を推定した。さらに、その値を5で割ることにより、それぞれの漁獲日直前における日間成長量とした。成長量は同じ条件でも発生段階（体長）により異なると予測されるので、本報告では最も漁獲の多かった全長20～25mmの個体のみ抽出し、その成長量を調べた。

耳石の摘出、計測等の具体的な作業方法については以下のとおりである。

耳石の摘出、輪紋数の計数：耳石は頭部から摘出した後、直ちに隣接した面（凸面）を下にして抱埋剤（M. X, 松浪硝子工業株式会社製）により、スライドガラスの上に抱埋し、プレパラート標本を作成した。各種計測等に供した耳石は、基本的には左右2つのうちの大きな方としたが、耳石の形状が円形から著しく逸脱している場合は、より円形に近い方の耳石とした。耳石の輪紋の計数はそれぞれ4回行い、それらの値のうち2つ以上が同数であればその値を採用、すべて異なる場合はその平均値を採用した。なお同数のものが2組あれば、さらにもう1回計数し近いほうの値を採用した。

耳石径および最外5輪紋の測定：耳石の中心から耳石径が最大となるように測定軸を定め、その長さを光学顕微鏡下においてマイクロメーターにより測定した。また、最外5輪紋は既述の測定軸上の最も外側から5つの輪紋の幅を測定した。

3. 環境要因

成長に影響する環境要因として、月別の水温、塩分（10m層、大阪湾20定点平均値）、クロロフィル

— a 量（表層、大阪湾東部域3定点平均値）、コペポダ個体数（マルチネット鉛直曳網による採集個体数、大阪湾20定点平均値）を取り上げた。

4. 漁獲時における水温

シラス漁場近傍で、漁獲日に最も近い日に観測された10m層水温と、過去25年間（1972～1996年）の観測結果から推定された同地点における水温の日変動パターンから、漁獲される前5日間における平均水温を求めた。

結果および考察

1. 漁獲物の全長組成と主漁獲物の日齢

図1に調査期間中にパッチ網で漁獲されたカタクチシラスの季節別全長組成を示した。季節別の全長組成は、毎回全長階級別に組成を計算し、平均したものである。ただし、雑魚網の試料は除いている。

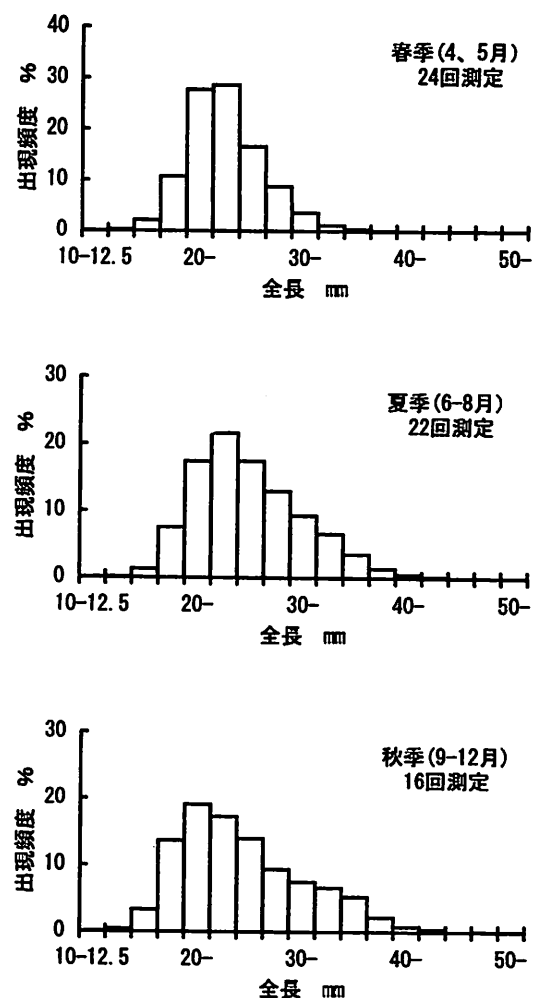


図1 季節別のカタクチシラス全長組成

漁獲量で重み付けはしていないが、漁獲量の多い時期は測定頻度も高いことから、ほぼ全体の漁獲物組成を示していると考えられる。調査期間中最も小さな個体で全長11.1mm、最も大きな個体では48.1mmの個体が袋網中で確認された。図から、春季は夏、秋季と比較して漁獲物の全長範囲が狭いが、いずれの季節とも全長20~25mmの群が最も多く、季節による主漁獲物の大きさに違いはみられなかった。

そこで、採集日別に全長20~25mmの個体だけを抽出し、主漁獲物の日齢を示したのが図2である。図から主漁獲対象群の日齢は、4月では35~49日(平均43日)、5月 29~42日(平均36日)、6月 26~35日(平均31日)、8月 26~31日(平均29日)、9月 25~36日(平均29日)と季節により異なり、4~6月まで小さくなった後、9月まではほぼ横這い傾向を示した。このように同じサイズに成長するまでの日数が季節により異なることから、季節によって成長量に差が生じるということが示唆された。

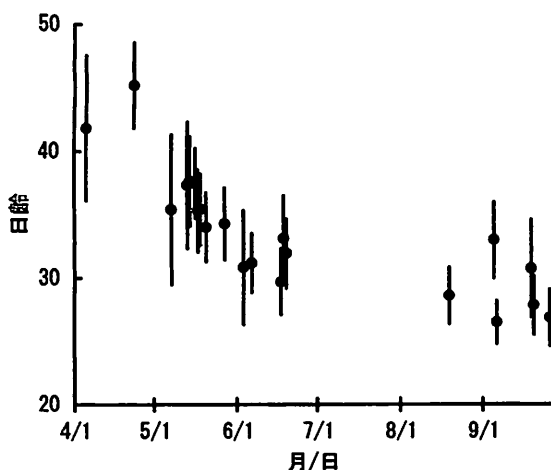


図2 採集日別の主漁獲対象群の日齢
縦棒は範囲、黒丸は平均値

2. 漁獲物の全長と日齢

全長と日齢の関係を月ごとに集計し図3に示した。ここでは雑魚網に入った大きな個体も含めて、図化している。図から、4月は全長20mmの魚体で日齢が約40日、25mmで約50日、30mmで約60日であることが分かる。同様に5月では全長20mmの魚体で日齢が約30日、30mmで約50日、6月は20mmで30日弱、30mmで40日強、8月は20mmで25日強、30

mmで約40日、40mmで50日強、9月は20mmで25日弱、30mmで約40日、40mmで約60日、10月は30mmで約40日、40mmで60日強であることが読みとれる。

このようなある時期における全長と日齢の関係は、夏季において相模湾³⁾でも報告があるが、本報告とよく一致している。

3. 日間成長量

前項において、月別に全長と日齢の関係が明らかになった。この関係より、日間成長量を求めることも可能であるが、ここで求められる日間成長量は発生日の異なる個体群における全長と日齢の差から計算されるので、厳密には個体の成長量を表していない。また、既述のように成長量は季節により違いのあることから、図3からカタクチシラスの成長量を求めることは誤差を伴う可能性がある。例えば、後述するようにカタクチシラスの成長量は水温により変動し、水温の高い時期には大きくなるので、水温の上昇期には、成長量の小さかった高日齢群と成長量の大きな若日齢群と比較することになるので、日間成長量は小さく見積もられることになる。そこで、本報告では、Oozeki and Zenitani⁴⁾にならい、耳石に刻まれた単一個体の経歴を探ることにより、日間成長量を推定した。

図4に耳石径と全長との関係を示した。図から耳石径 (OR : mm) と全長 (TL : mm) とはべき乗式で回帰でき、次のような式が得られた。

$$TL = 61.276 \cdot OR^{0.4614} \quad (r = 0.94)$$

このように、耳石径と全長との間に高い相関関係が認められたことから、耳石の輪紋間隔の長さを計測することにより、成長量の推定が可能である。そこで耳石の最外5輪紋幅の計測と上記の関係式を利用することにより漁獲前5日間の成長量を求めた。さらにその値を5で割ることにより、それぞれの漁獲日直前における日間成長量とした。

図5に上記の方法により求めたカタクチシラスの日間成長量を示した。図から分かるように日間成長量は季節により大きく変動し、4月上旬で0.44mm、下旬 0.47mm、5月上旬 0.59mm、中旬 0.49

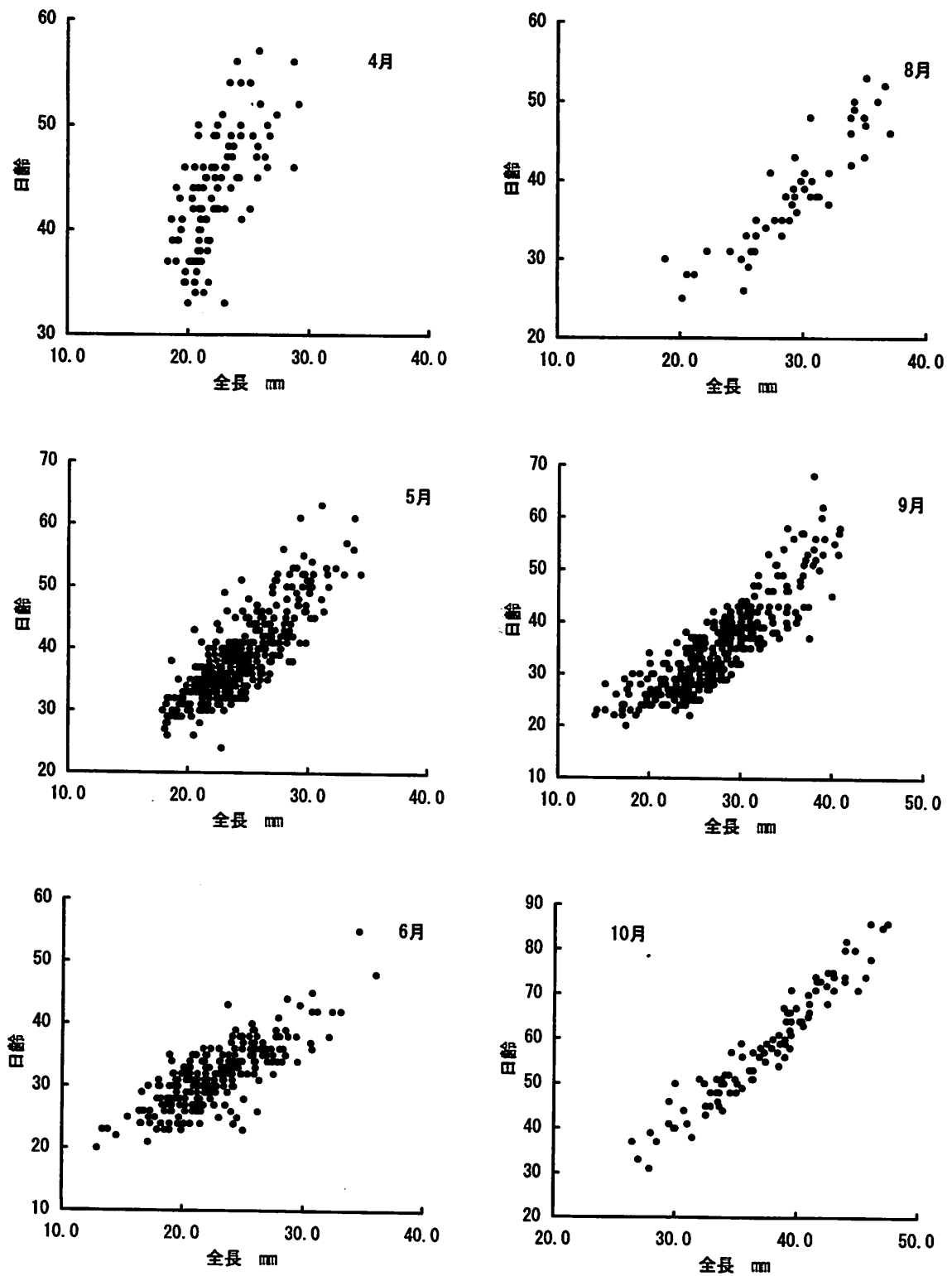


図3 月別のカタクチシラスの全長と日齢

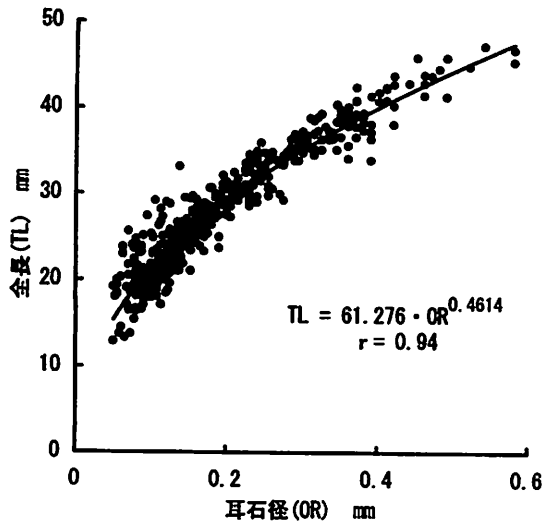


図4 耳石径と全長

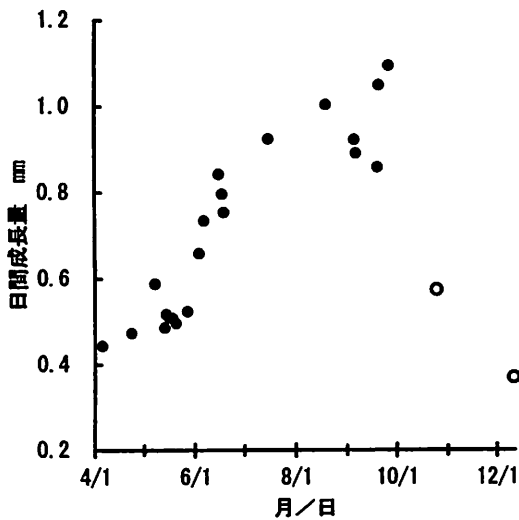


図5 採集日別の日間成長量

黒丸は全長20～25mm、白丸は全長25～30mmの日間成長量を示す。

～0.52mm, 下旬 0.52mm, 6月上旬 0.66～0.73mm, 中旬 0.75～0.84mm, 7月中旬 0.92mm, 8月中旬 1.00mmと, 4～6月には急増し, その後8月までは緩やかに増加する傾向がみられる。9月は月上旬には0.89～0.92mm, 中旬 0.86～1.05mm, 下旬 1.10mmと変動が大きい, 10, 12月の結果から類推して, 減少傾向に転じたものと考えられる。(10, 12月は全長20～25mmの個体が極めて少なかった, 参考までに25～30mmの個体を用いて日間成長量を求めた。それによると, 10月下旬で0.58mm, 12月中旬で0.37mmと, 時期が経過するほど日間成長量は小さくなった。)このように, 大阪湾ではカタクチシラスの日間成長量は4～6月には急速に増加, 7, 8月は緩やかな増加となり,

9月以降は減少するという, 季節による大きな変動がみられた。また, 4月の日間成長量は0.44～0.47mm, 8月中旬には1.00mmと, 4月と8月で日間成長量は2倍以上も変化することが分かった。

Fukuhara⁵⁾は平均22.7℃で飼育(7月下旬頃の大阪湾10m層水温に相当)した場合, 成長は直線的で日間成長量は約0.43mmであると, 服部⁶⁾によればカタクチシラスは発生後41日目で10mm, 68日目で20mm, 76日目で25mmに成長することを報告している。一方, 本調査と同様に耳石日周輪を利用した相模湾での調査では, カタクチシラスの成長は全長18～19mmまでは0.69mm/日, それ以降では0.4mm/日¹⁾, あるいは7, 8月に同湾で求めた日間成長量は0.6mm³⁾であると報告されている。これらの結果をみると, 耳石日周輪を用いたものは飼育結果や従来報告と比べて大きな値であること, 本報告(8月の日間成長量1.0mm, 4～10月の平均では0.78mm)は耳石日周輪を用いた報告の中でもさらに大きい値である。

飼育結果と自然状態での成長とは, 環境も餌料も全く異なることから, 成長量に当然違いのあることが予測されるので, ここでは同じ耳石日周輪を用いた相模湾の調査に限定して, この違いを考えてみる。夏季における全長と日齢の関係では大阪湾と相模湾³⁾とではほとんど差がないことは既に述べた(2.漁獲物の全長と日齢)。このことは両報告の結果の違いが, 海域特性による違いというよりもデータの解析方法の違いにより生じていることを示唆している。今仮に, 本報告の図3の全長と日齢の関係図から相模湾と同様に回帰直線を求めると, 8月の日間成長量は0.56mmとなり, 相模湾の報告(0.60mm)³⁾とよく似た値となった。すなわち, この違いは, 本報告では日間成長量を推定するのに, 全長と日齢との関係からではなく, 耳石の輪紋幅および耳石径と全長の関係式を利用しているなどの, 推定方法の違いによるものが大きいと考えられた。

なお, 日間成長量の季節変化について, 相模湾では, 4～11月の間では7, 8月の夏場に成長速度が悪くなる以外, ほとんど成長速度に季節による差がみられない¹⁾という。

4. 日間成長量と環境要因との関係

次に、季節による成長量の差が、何に起因しているのかを明らかにするために、日間成長量と諸環境要因とを比較した。環境要因としては、毎月測定されており、なおかつカタクチシラスの成長と関連のありそうな、水温、塩分（10m層、大阪湾20定点平均値）、クロロフィル a 量（表層、大阪湾東部域3定点平均値）、コペポーダ個体数（マルチクネット鉛直曳網による採集個体数、大阪湾20定点平均値）の4項目を選定し、日間成長量とともに図6に示した。

各環境項目とカタクチシラスの成長量との対応は以下のとおりである。

水温：1994年は他の年に比べ高め傾向を示しているが、各年とも4月からほぼ直線的に上昇し、9月に最高となり、それ以降は低下する。日間成長量と比べてみると、非常によく対応していることが分かる。

塩分：1997年の8月から10月にかけて低い値を示すが、概ね塩分は32~33の間で推移し、大きな変動をしない。日間成長量との対応はみられない。

クロロフィル a 量：1997年5月を除き、夏季に高い値を示すことが多く、日間成長量との対応が窺えるが、水温ほど明確ではない。

コペポーダ個体数：主として春と秋に個体数が多く、夏に少ない傾向がみられた。日間成長量との対応はみられない。

このように日間成長量と諸環境要因とを対比した結果、塩分、クロロフィル a 量、コペポーダ個体数との間に明確な関係はみられなかったが、日間成長量と水温変動についてはよく一致していることが分かった。

そこで、日間成長量と最もよく対応の認められた水温について、さらに検討を進めるために、漁場近傍のサンプリング前5日間の平均水温と日間成長量との関係を図7に示した。図から日間成長量 (DG: mm) は水温 (WT: °C) とよく対応し、次のような関係式が得られた。

$$DG = 0.6972 \cdot \ln(WT) - 1.3101 \quad (r = 0.92)$$

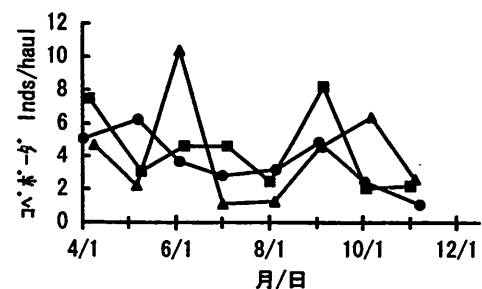
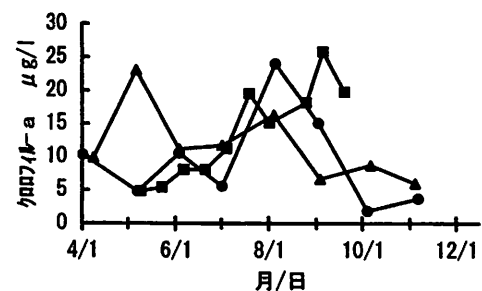
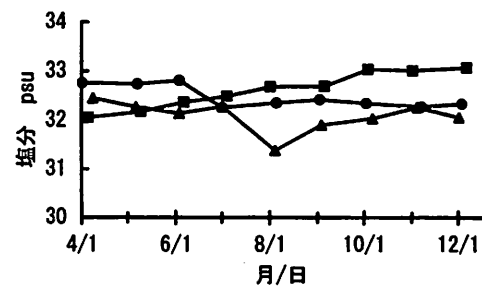
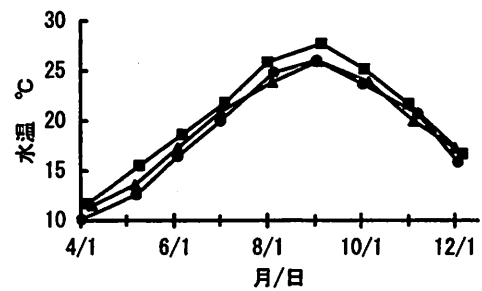
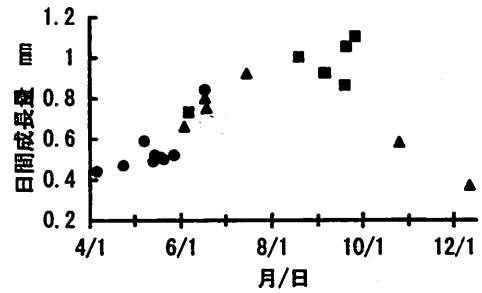


図6 日間成長量と諸環境要因との比較

■1994年 ●1996年 ▲1997年

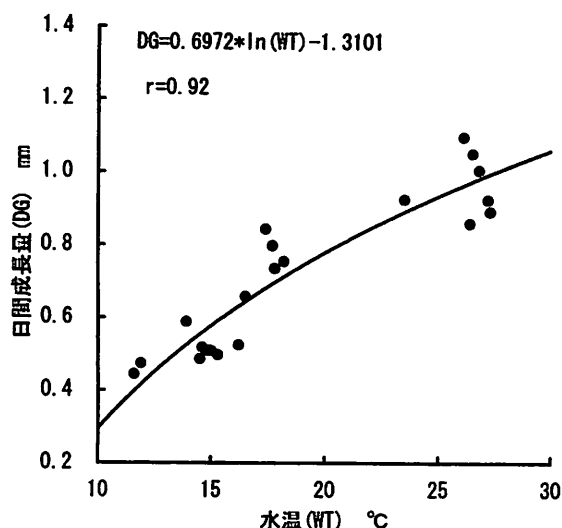


図7 漁場水温と日間成長量

この式から、水温が11℃では日間成長量は0.36 mm, 15℃ 0.58mm, 20℃ 0.78mm, 25℃ 0.93 mm, 27℃ 0.99mmと、水温が11～27℃の範囲では水温が上昇するほど成長量も大きくなることが分かった。

Houde⁷⁾は多くの稚魚の生息水温と成長率から生息水温が高くなるのに伴って成長率が定量的に増加することを、吉松・古市⁸⁾はメナダの飼育より、日間成長率は水温の上昇に伴って増加することを報告しており、本報告はこれらの報告とよく一致している。

一般に、魚類においては適水温の範囲内であれば水温の上昇とともに餌料の消化速度は速くなり摂餌量も増加する。そして、餌料成分の消化率やエネルギーの利用効率は、各魚種の最適生息水温付近で最も高くなる⁹⁾という。また、魚谷¹⁰⁾によれば、カタクチシラスの摂餌量の季節変化は、餌料生物である動物プランクトンの量よりも、水温の高低に影響される運動の活動性に関連しているという。

すなわち、本報告でみられた水温の上昇に伴うカタクチシラスの日間成長量の増加は、水温の上昇により摂餌活動が活発になり、結果として摂餌量が増加すること、さらに魚体内において餌料の消化・吸収・代謝等の様々な働きも活性化されることによるものと推察された。また、7月以降の日間成長量の鈍化はカタクチシラスの好適水温を上回った結果で

あると推定され、程度の差はあるが、相模湾でも7、8月の成長は悪くなる¹⁾と報告されていることとも一致する。

なお、服部⁶⁾は、海洋中にコペポダのノウプリウス豊度の高い場合にはカタクチシラスの摂餌量も多いことを、三谷¹¹⁾も、漁場水温が高くほぼ一定の範囲内(27～28℃)であれば、*Oithona davisae*の分布量が多ければその摂餌量も多くなる傾向がみられたと報告している。本報告においても、同時期にサンプリングした試料で成長量に明らかな違いがみられた。すなわち、季節変動のような長期的な成長量の変化には水温が最も強く影響するが、水温変化のほとんどない試料における成長差(海域差に相当)については、おそらく餌料生物の分布量の違いに起因しているのではないかと推察される。今後、水温が一定の時期において、餌料生物量とカタクチシラスの成長量との関係についても明らかにしていきたい。

要 約

1994～1997年に、大阪湾で漁獲されたカタクチシラスの耳石を用いて、成長について調査を行った結果、以下の知見が得られた。

1. 大阪湾において、パッチ網により漁獲されるカタクチシラスは、全長20～25mmの魚体が主群になっており、季節により主漁獲物の大きさに違いはみられなかった。
2. 主漁獲物(全長20～25mm)の日齢は季節により異なり、4月に漁獲されたものでは平均43日、5月 平均36日、6月 平均31日、8月 平均29日、9月 平均29日であった。
3. カタクチシラスの日間成長量は4～6月には急速に増加、7、8月は緩やかな増加となり、9月以降は減少するという、季節による大きな変動のあることが分かった。また、4月の日間成長量は0.44～0.47mm、8月中旬には1.00mmと、4月と8月で日間成長量は2倍以上も変化することが分かった。
4. 日間成長量の変動と環境要因との関係をみると

ころ、日間成長量 (DG) は水温 (WT) の変動と非常によく対応しており、

$$DG=0.6972 \cdot \ln (WT) -1.3101 \quad (r=0.92)$$

の関係式が得られた。すなわち、水温11~27℃の範囲では水温が上昇するほど成長量も大きくなることが分かった。

5. 上記のことは、水温の上昇により摂餌活動が活発になり、結果として摂餌量が増加すること、さらに魚体内において餌料の消化・吸収・代謝等の様々な働きも活性化されることによるものと推察された。

文 献

- 1) 辻 祥子 (1985) シラス漁業で漁獲されるカタクチイワシ仔魚の生態. 海洋と生物, **40**, 353-358.
- 2) Tsuji S. and Aoyama T. (1984) Daily growth increments in otoliths of Japanese anchovy larvae *Engraulis japonica*. *Nippon Suisan Gakkaishi*, **50**, 1105-1108.
- 3) 三谷 勇 (1988) 相模湾のシラス漁場におけるカタクチシラス魚群の日齢特性. 日本誌, **54**, 209-214.
- 4) Oozeki Y. and Zenitani H. (1994) Factors affecting the recent growth of Japanese sardine larvae (*Sardinops melanostictus*) in the Kuroshio Current, in "Survival strategies in early life stages of marine resources" (ed. by Watanabe Y., Yamashita Y. and Oozeki Y.), Balkema, Rotterdam, 1996, pp.95-104.
- 5) Fukuhara O. (1992) Study on the development of functional morphology and behaviour of the larvae of eight commercially valuable teleost fishes. *Contrib. Fish. Res. Japan Sea Block*, **25**, 1-122.
- 6) 服部茂昌 (1966) カタクチイワシの産卵の変動と漁況 (要旨). 水産海洋研究会報, **8**, 54-60.
- 7) Houde, E.D. (1989) Comparative growth, mortality, and energetics of marine fish larvae: temperature and implied latitudinal effects. *Fish. Bull.*, U.S., **87**, 471-495.
- 8) 吉松隆夫・古市政幸 (1996) 飼育水温がメナダの成長、体成分および飼料利用効率に与える影響. 水産増殖, **44**, 363-368.
- 9) 竹内俊郎 (1991) 消化と栄養. 魚類生理学, 恒星社厚生閣, 東京, pp.67-101.
- 10) 魚谷逸朗 (1985) カタクチシラスの摂餌方法と食性. 日本誌, **51**, 1057-1065.
- 11) 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. 神奈川県水産試験場論文集第5集, 140p. .