

日本海・七尾湾におけるサヨリ幼生の食性 —特に幼生の口幅と餌生物の大きさについて—

大屋 二三・辻 俊宏*・笹原 耕治

要約：富山湾の内湾である七尾湾でサヨリ (*Hyporhamphus sajori*) 幼生の食性研究が2001年の初夏に実施された。サヨリ仔稚魚は6月中旬に主に七尾湾の北湾中央付近で採集され、卵黄嚢をもったふ化直後と思われる仔魚は北湾の2測点で11個体採集された。これら孵化直後の仔魚の消化管内容物は測点によって異なっていた。全長11 mm未満の仔魚は主に二枚貝のベリジャー幼生、*Oithona* spp. や *Microsetella norvegica* のノープリウス幼生を食べていた。全長11～16 mmの間の個体は、これらに加えて魚卵(特にカタクチイワシ卵)が主な餌料であった。口幅が0.6 mm未満では主に最大体幅0.3 mm未満の餌を食べていたが、口幅0.6 mm以上の個体は餌の最大体幅が最も大きいもので0.55から0.7 mmまでの間(主に0.3～0.4 mm)の大きさの餌を食べていた。これらの大型餌料の大部分は魚卵、特にカタクチイワシ卵であった。これらの結果から、サヨリ幼生は成長とともに選択摂餌をされると思われる。

1. はじめに

サヨリ科 Hemiramphidae の多くは熱帯・温帯地域の淡水、河口と沿岸海域の広範囲に分布している(益田ら, 1984; Whitehead et al., 1986; Tinker, 1991; Allen and Robertson, 1994; Yearsley et al., 1999)。この科には世界中で12属とおよそ80の種(Allen and Robertson, 1994)が含まれる。日本では2属・7種が知られていて、これらの種のうち、サヨリ (*Hyporhamphus sajori*) は最も一般的で、その分布は

サハリンから台湾(益田ら, 1984)に及んでいる。本種は日本の沿岸地域で漁獲されているが、主要産地の漁獲量は1970年代をピークに大きく減少している(辻・貞方, 2000)。

能登半島東岸域はサヨリの全国有数の漁場の一つで七尾湾では産卵成魚が多数漁獲される(辻ら, 2009)。石川県におけるサヨリ漁獲量は1979年に612トンのピークを記録した後減少しており(貞方ら, 1998)、サヨリ資源の低下が続いているため、サヨリ漁業の資源の回復可能性を研究する必要性が論じられている。

成熟したサヨリ科魚類の胃内容物は世界中で研究された(Talwar, 1962; Robertson and Howard, 1978; Coetzee, 1981; Robertson and Klumpp, 1983; Saunders and Montgomery, 1985)。これらの研究結果は成熟したサヨリ科魚類が多様な摂餌習慣をもっていることを示している。すなわち流れ藻を食べる植物食とされ、あるいは甲殻類や小型の無脊椎動物を食べる肉食動物と報告されている。しかし、サヨリ幼生の食物と摂餌習性に関する研究はきわめて少なく(和田・桑原, 1994)、未だ基礎的知見が十分とはいえない。しかも幼生の口幅と餌生物の大きさに関する研究は皆無である。

本研究の狙いは日本海の七尾湾内におけるサヨリ幼生の摂餌生態—特に餌料のサイズと幼生の口サイズの関係—を明らかにすることである。

2. 材料と方法

七尾湾は富山湾の内湾である(図1)。七尾湾は3つの水域に一般的に分けられている：北部水域(北湾測

*：石川県水産総合センター

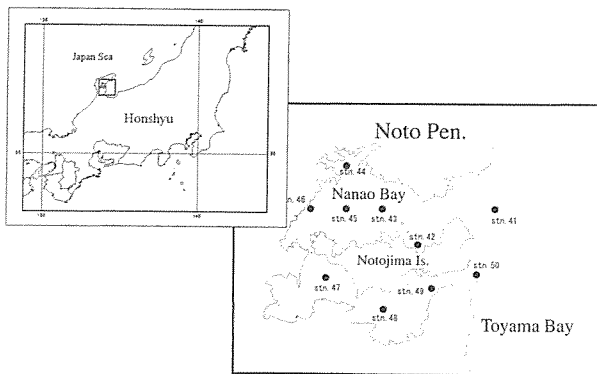


図1 サヨリ仔稚魚を採集した七尾湾の測点配置図

点 42～46)；西部水域(西湾測点 47)；南部水域(南湾測点 48、49)。これらの水域の面積と平均水深はそれぞれ 83.8 km²、26.4 m；32.3 km²、7.8 m；38.7 km²、12.8 m である。

2. 1 サヨリ幼生の採集

幼生は稚魚ネット(口径 130 cm、メッシュ開口 0.33 mm、開口比 6.8)を使用して七尾湾(図 1)の 10 測点で、2001 年 5 月 24 日、6 月 13 日、7 月 4 日の 3 回採集した。舷側から稚魚ネットをおろし、2 ノットの速度でおよそ 10 分間、表層に沿って水平に曳網した。収集の後、すべてのサンプルは濃度が約 10% になるようにホルマリンで固定した。

海域環境としてセッキー板を使用して透明度を、STD メータ (AST-500、アレック電子社製) を使用して水温と塩分(7 月を除いて)を測定した。

2. 2 仔稚魚の計測

分別されたサヨリ幼生の体重(計測単位: 0.1 mg)と全長(上顎の先端から尾鰭の終わりまで。計測単位: 0.1 mm)を計測した。下顎長は上顎の先端から下顎の先端まで(Oya et al., 2002)で、0.1 mm 単位で計測した。口幅(頭を背腹からみて上顎の幅)は解剖顕微鏡の下でマイクロメータを使用し、0.01 mm 単位で計測した。計測結果の統計解析は 0.05 の有意水準で分散分析(Sokal and Rohlf, 1973)を使用して行った。

2. 3 消化管内容物調査

卵黄をもった仔魚の消化管内容物を調査する目的で、6 月 13 日に採集された測点 45 からの 3 個体と測点 43 の 8 個体を解剖した。また、卵黄を吸収し

つくした仔稚魚に関しては、測点 45 からの 65 匹が消化管内容物を調べるために解剖された。消化管内容物は可能な限り同定し、種ごとに計数して、摂餌されていた生物の最大幅をマイクロメータ(計測単位: 10 μm)を使って顕微鏡の下で計測した。とくにカイアシ類のノープリウス幼生についてはFaber(1966)、Bjornberg(1972)、Koga(1973)、Hirakawa(1974)、Uchima(1979)を参考にして、尾部装甲上の棘や剛毛の数と配列によって科、属と種レベルまで可能な限り確認した。測定値の統計解析は一元配置(あるいは二元配置)分散分析による。

3. 結果

3. 1 海域環境

透明度: 5 月の七尾湾の透明度は 5 ~ 15 m であった。北湾(測点 42~46)の透明度は 11 ~ 14 m で、西湾(測点 47; 5 m)や南湾(測点 48、49; 7 m)に比べて高かった。6 月には西湾と南湾では 5 ~ 8 m であったが、北湾での透明度は 8 ~ 10 m であった。両調査月とも透明度は湾口部の測点 41 で最も高かった(5 月: 15 m; 6 月: 19 m)。

水温: 5 月の表層水温は南湾では 18.1 ~ 18.4 °C、西湾で 18.5 °C、北湾では 17.2 ~ 18.0 °C であった。6 月には北湾では 20.0 ~ 20.6 °C であったが、西湾と南湾では 20.1 ~ 21.0 °C であった。水温は湾口部の測点 41 で最も低かった(17.2; 19.4 °C)。表層と水深 5 m の水温の違いは、5 月に 0.1 ~ 2.1 °C で比較的大きく、6 月には 0.0 ~ 0.2 °C とほとんど差が見られなかった。

塩分: 5 月の表層水の塩分は北湾では 33.37 ~ 33.72 で、西湾で 33.45、南湾では 33.58 ~ 33.75 であった。6 月に、北湾域では 33.59 ~ 33.80 で、西湾と南湾では 33.32 ~ 33.76 であった。両調査月とも塩分は湾口で最も高かった(5 月: 34.08; 6 月: 33.95)。表層と水深 5 m 間の塩分差は 5 月には 0.02 ~ -0.39 であり、6 月に 0.04 ~ -0.05 となり、水温同様差は小さくなった。

海域環境は以下のとおりにまとめることができ

る。5月24日に測点41を除いて密度躍層が観察されたが、6月13日には観察されなかった。測点41は七尾湾外(富山湾)の水塊の影響が強く反映されていた。

3.2 サヨリ幼生の分布

28属・種の仔稚魚と1種の十腕類(イカ)幼生が今回の3回の調査で確認された。サヨリ仔稚魚は5月には6尾、6月には369尾、7月には1尾が採集された。

6月に七尾湾の各々の測点で採集されたサヨリ仔稚魚の全長の度数分布は異なるパターン(図2)を示した。測点42で採捕されたサヨリ仔稚魚は117尾で、その全長範囲は7.1~27.2mm(モード:10.1~11.0mm)であった。測点43では110尾の仔稚魚が採捕され、全長範囲は6.3~15.0mm(モード:9.1~10.0mm)であった。このうちには孵化直後と思われる、卵黄をもった仔魚が8尾含まれる。測点44では10尾

の仔稚魚が採捕された。106尾の仔稚魚が採捕された測点45の全長範囲は7.1~26.0mm(モード:9.1~10.0mm)で、このうち3尾が卵黄をもっていた。測点46、47と48で採捕されたサヨリ仔稚魚は8、15と3尾で、全長の範囲はそれぞれ8.4~27.4mm、14.4~37.2mmと14.6~22.2mmであった。測点41、49と50では採捕できなかった。

七尾湾におけるサヨリ仔稚魚の分布中心は北湾の中央周辺にあり、西湾(測点47)では比較的大型の個体が採集された。卵黄をもった仔魚は測点43と45で採捕された。測点43で採集された仔稚魚のおよそ90%は全長11mm未満であった。2001年6月13日に七尾湾で採集された全サヨリ仔稚魚の体重(BW)ー全長(TL)関係と、下顎長(LJ)ー全長(TL)関係は以下の式で表された。

$$BW = 6.15 \times 10^{-3} TL^{2.80} \quad (r^2 = 0.96)$$

$$LJ = 1.18 \times 10^{-4} TL^{3.28} \quad (r^2 = 0.87)$$

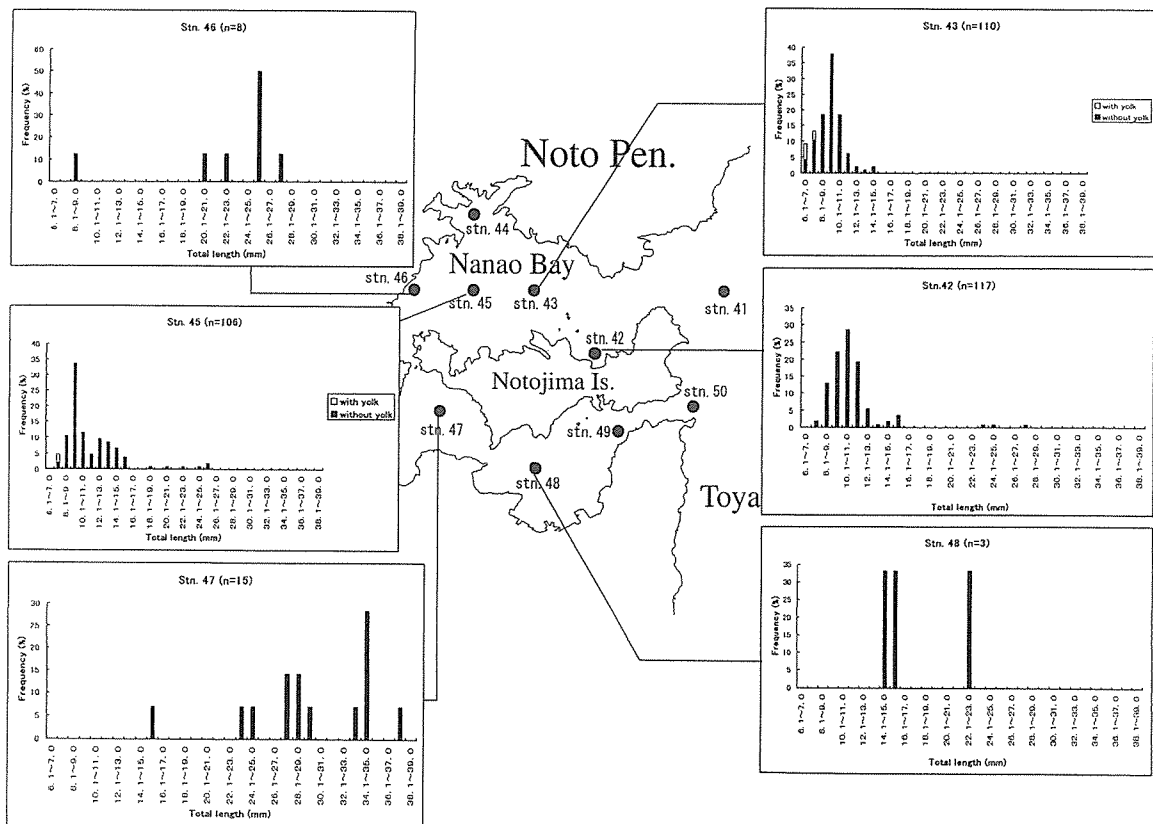


図2 2001年6月13日、七尾湾で採集されたサヨリ仔稚魚の全長の頻度分布。白棒：卵黄をもつ仔魚。黒棒：卵黄をもたない仔稚魚。

表1 測点43、45で採集された卵黄をもつサヨリ仔魚の消化管内容物の検査結果

	Station 43								Station 45		
	6.5	7.5	7.3	—	7.1	7	6.5	6.3	7.1	7.9	7.2
Total length (mm)	6.5	7.5	7.3	—	7.1	7	6.5	6.3	7.1	7.9	7.2
Body length (mm)	6.1	6.8	6.5	6.7	6.4	6.2	5.8	5.7	6.5	7.1	6.7
Body weight (mg)	1.4	1.8	1.3	1.1	1.2	1.2	1.3	1.1	1.2	1.5	1.3
Yolk size (mm; long dis. × short dis.)	1×0.5	1.1×0.6	0.7×0.5	1×0.7	1×0.6	1.2×0.6	0.8×0.7	—	0.9×0.8	0.5×0.3	0.7×0.6
CILIATEA <i>Tintinnopsis directa</i>									1		
<i>Favella ehrenbergii</i>									1		
ROTIFERA <i>Notholca japonica</i>											7
BIVALVIA BIVALVIA veliger		1							11	13	
COPEPODA <i>Paracalanus</i> type nauplius			1							1	
<i>Oithona</i> spp. nauplius			1				4		6	6	12
<i>Oithona</i> spp. copepodid										1	3
<i>Corycaeus</i> (?) nauplius			2	1							
<i>Corycaeus</i> copepodid										1	1
<i>Microsetella norvegica</i> nauplius		1							10	28	80
<i>M. norvegica</i> copepodid									7	6	1
<i>M. norvegica</i>										1	1
COPEPODA nauplius		1	11						6	9	17
Total individuals	0	3	15	1	0	0	0	4	42	66	122

3. 3 サヨリ幼生の消化管内容物

2001年6月13日に七尾湾の測点43と45で採集されたサヨリ仔稚魚のうち、卵黄をもった孵化直後の仔魚の消化管内容物は測点によってその様相が異なった(F=10.40、P<0.01;表1)。測点43と45で採集されたサヨリ仔魚11個体のうち、4個体は空胃であった。それらの2つの測点間で比較すると、測点45のほうが測点43より多様な餌生物が確認され、その摂餌量も多く、違いがみられた。しかし、これらの仔魚の全長には統計的な差は確認できなかった(F=0.837、P>0.05)。測点45で採集された3個体はソコミジンコの1種、*Microsetella norvegica*のノープリウス幼生が全体の餌生物の51%を占めていた。測点43で空胃が確認された個体を除いた4個体では全餌料生物の52%以上が不明のカイアシ類のノープリウス幼生で占められていた。上述したように、消化管内容物は種類・量ともに測点によって異なるため、1つの測点(45)で採集された仔稚魚を対象として消化管内容物の比較を行った。

6月13日に七尾湾の測点45で採集されたサヨリ

仔稚魚の主要な餌料生物は、仔稚魚の大きさによって異なっていた(F=5.95、P<0.001)。全長7.1~11.0mmの仔魚の主な餌料生物は*M. norvegica*と*Oithona* spp.のノープリウス幼生と、二枚貝のベリジャー幼生であった。全長11.1~16.0mmでは少量の小型餌料(*M. norvegica*、*Oithona*幼生と二枚貝幼生)も摂餌しているが、より大きな魚卵(特にカタクチイワシ)を食べはじめた。全長18mmより大きくなるとカタクチイワシの卵が主要な餌となり、その他の餌料生物の占める割合は少なくなった。主要な餌料生物は種類・量ともに全長11mmと18mmで大きく変化した。

サヨリ仔稚魚の全長(TL; mm)と上顎幅(口幅; MW; mm)の関係は次に示す一次式で表された。

$$MW = 0.05TL + 0.03 \quad (r^2 = 0.94; n = 71)$$

測点45で採集されたサヨリの消化管内容物について餌生物の主要な5つの分類群ごとにその最大体幅(MBW)を測定して頻度分布を作成し、サヨリ仔稚魚の上顎幅(口幅: MW)ごとに比較したのが図3である。なおこれらの分類群のうち、*Oithona*と*M. norvegica*はノープリウスとcopepodidの発生段階を

含んだ総数として表示されている。口幅が 0.30 ~ 0.39 mm の場合、餌生物の MBW で最も高い割合は 50 ~ 90 μm で約 80% を占め、その 30% が *M. norvegica* (特にノープリウス幼生) であった。口幅が大きくなるにつれてその比率は少なくなっている。他方、口幅 0.40 ~ 0.59 mm では餌料の MBW 範囲は徐々に拡大した。これらの口幅範囲の主な餌料は *M. norvegica* であった。口幅が 0.6 mm 以上になると魚卵、特にカタクチワシの卵を食べはじめ、以降この傾向は強まった。二枚貝ベリジャー幼生も口幅 0.6 mm までは摂餌されていたが、その MBW は 200 μm 以下であった。口幅 1.0 mm 以下の個体に食べられた *Oithona* はそのほとんどが MBW 150 μm 未満で、*O. davisae* のノープリウスと copepodid であった。MBW が 200 ~ 250 μm で食べられていたのは copepodid を含む *Oithona* 属の成体であった。*Evadne* は口幅 0.4 mm より大きい個体によって摂取され、その割合は口幅 0.7 ~ 0.8 mm の個体で高かった。餌生物の MBW のモードは 200 ~ 300 μm であった。口幅が 1.0 mm より大きい個体の餌生物の主要な

MBW は 300 ~ 400 μm であった。MBW が 300 μm より大きい餌生物は、ほとんどすべて魚卵(特にカタクチワシ)であった。

餌の最大体幅は口幅 0.5 mm まではあまり変わらなかったが、口幅が大きくなるにつれて餌生物もより大型の餌を嗜好するようである。ただし小型の餌をとらなくなるのではなく、より大型の餌もあわせてとることによって選択の幅が広がる。最大体幅のモードは 50 ~ 100 μm で、口幅が 0.9 mm に達するまで変わらなかった。そのサイズ以上になるとモードは急により大きくなったが、これはカタクチワシの卵によるものと思われた。

4. 論議

卵黄をもつ仔魚は測点 43 と 45 で採集されたが、測点 43 で採集されたおおよそ 90% が全長 11 mm 未満であった(図 2)。飼育実験による観察では孵化仔魚の全長は平均 8.1 mm、卵黄は孵化後 3 日に全長 8.9 mm で吸収され、孵化後 6 日全長 9.7 mm になると下顎が伸張しはじめる(大屋・岡, 1981)。本研究では

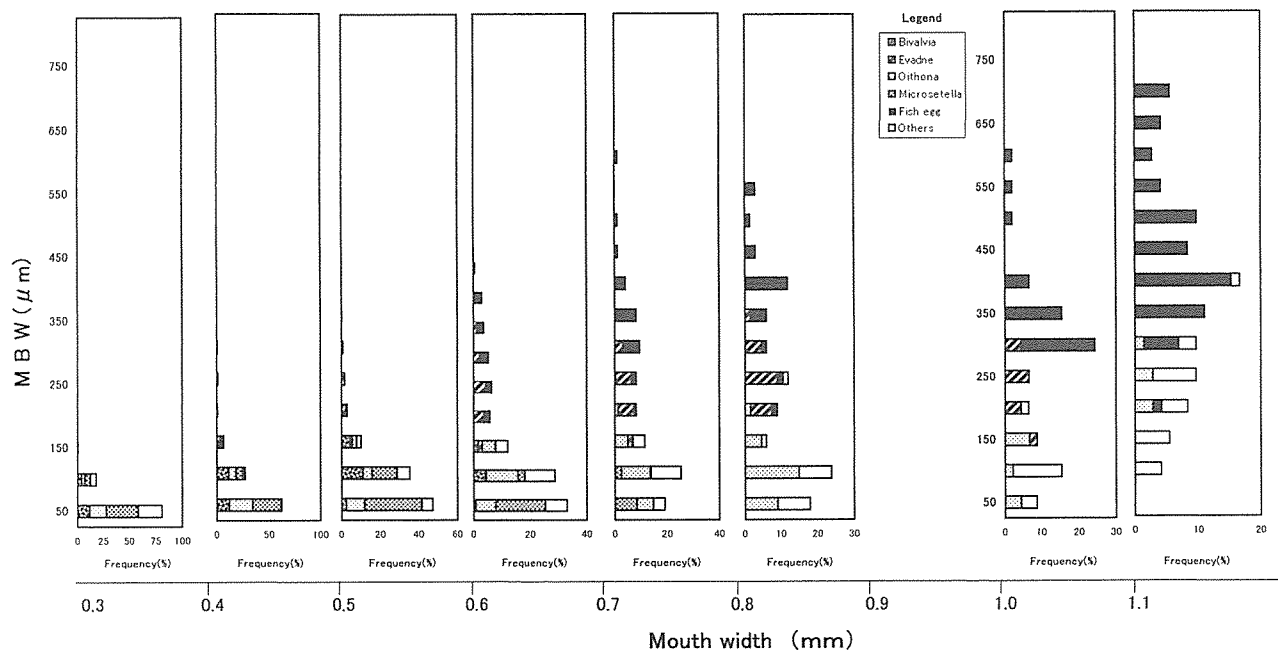


図3 測点45で採集されたサヨリ仔稚魚の餌生物のうち主要な5項目の最大体幅(MBW)を上顎幅(MW、mm)ごとに比較した頻度分布図。水平軸：餌生物の百分率。垂直軸：餌生物の最大体幅(MBW)。黒棒：魚卵、大打点棒：二枚貝、小打点棒：*Oithona*、斜線棒：*Evadne*、網棒：*Microsetella*、白棒：その他。

卵黄が完全に吸収された最小個体の全長は測点 45 の 8.1 mm であり、大屋・岡(1981)より 0.8 mm ほど小さい。この違いは生試料とホルマリン固定された試料によるものだろう。

サヨリ科成魚は植食性か雑食性である (Talwar, 1962; Berkeley and Houde, 1978; Robertson and Howard, 1978; Robertson and Klumpp, 1983; Saunders and Montgomery, 1985)。成魚は冬期には底生性動物プランクトンを、夏期には大型水生植物を餌料とする (Coetzee, 1981)。幼魚の食性は雑食性で、デトリタスなど食べる (Oya et al., 2002)。仔稚魚の餌料はほとんどすべて動物プランクトン、特にカイアシ類(ノープリウス, copepodid と成体)、枝角類と二枚貝幼生である (和田・桑原, 1994; Oya et al., 2002)。同じ海域で採集された全長 10 mm 未満の主要な餌料を比較すると、1999 年では *Oithona* のノープリウスであるが (Oya et al., 2002)、2001 年では *Microsetella norvegica* のノープリウスと二枚貝のベリジャー幼生であった。1999 年にも *M. norvegica* のノープリウスはごく少量食べられてはいたが、2001 年には本種の摂餌量は大量であった (1 個体あたり 32 個体)。動物プランクトンがノンランダムで、分布型の一つの型である伝播分布をすることが知られている (Barnes and Marshall, 1951; Cassie, 1959; Anraku, 1975)。北海道の西海岸にある忍路湾で Anraku (1975) は 3 種のカイアシ類 (*M. norvegica*、*O. similis* と *Paracalanus parvus*) の微細分布パターンがノンランダムであると報告し、集合の程度がそれぞれの種で異なっていて、例えば *M. norvegica* では特に強いことがわかった。本研究では環境中のプランクトンを調べていないが、パッチのサイズがわずか 20 ~ 40 m なので (Anraku, 1975)、たとえ調べていても群れは捉えられなかったであろう。

卵黄嚢をもつ 11 個体が測点 43 と 45 で採集され、このうち測点 43 の 4 個体の消化管は空であった (表 1)。測点 45 の 3 個体では、その全餌料の 51% 以上が *M. norvegica* のノープリウスを食べていた。サヨリ幼生は孵化後すぐに開口し、摂餌して外部栄養に

もたよるようになる (大屋・岡, 1981; 中田ら, 1982; Oya et al., 2002)。幼生はその後代謝のエネルギー源として卵黄を吸収しつくすまで内部栄養と外部栄養の両方を利用するのだが、外部給餌をうまくはじめられなかった空胃の 4 個体は外部からの栄養供給がうまく受けられず (Stepien, 1976)、やせ衰え死亡することになるのだろう。初回摂餌のタイミングがその後の成長と生残に密接に関与することはハタ類など多くの魚類で確認されている (例えば 與世田, 2008)。

摂餌率の決定を含む幼生の大きさと食物選択に関する調査・研究がいろいろな魚類幼生で行われてきた (例えば、Feller and Kaczynski, 1975; Hunter and Kimbrell, 1980; Kuhlman et al., 1981; Meeran, 1991; Polo et al., 1992)。これらの研究では、幼生がより大きくなるにしたがい餌生物のサイズも増加すると結論している。ササウシノシタでは体長 4 mm 以下の仔魚は主に *M. norvegica* とカイアシ類のノープリウスを食べ、5.0 mm 以上になると枝角類の *Penilia avirostris* その他を摂餌する (桑原・鈴木, 1983)。我々の研究においても、上記のように、主な餌料生物は全長 11 mm と 18 mm で量的・質的に変化した。

下顎は全長 11 mm で伸びはじめた。下顎の役割に関しては数人の著者によって検討されていて (内田, 1930; Smith, 1933; Coetzee, 1981)、Smith (1933) は下顎が摂餌の際、海表面の生物を見つけるために有用なのだろうと述べている。下顎が伸長しはじめた全長 11 mm の個体は自ら動かない魚卵を食べはじめることが確認できた。全長 15 mm 以上になると *M. norvegica* のノープリウスと二枚貝のベリジャーのような餌料生物は量的に少なくなり、魚卵 (特にカタクチイワシ) にとって代わられ、全長 18 mm になるとその傾向はさらに強まった。下顎の伸長が餌料の質的変換と何らかのかかわりをもっているようにも思えるが、もちろん今回の調査だけでは判断できない。しかし興味ある問題である。

口幅 (MW) が 0.6 mm 以下のとき餌料生物の最大体幅 (MBW) はほとんどが 300 μ m 以下であったが、口幅が 0.6 mm を超えると MBW は 600 μ m に拡大し

た(図3)。口幅が0.6 mmを超えると楕円球形であるカタクチイワシ卵(短径0.5~1.2 mm; 長径1.2~1.9 mm: Newell and Newell, 1977)を食べはじめる。口幅と卵径の関係から、幼生はカタクチイワシの卵を短径に沿って食べていることになる。摂取できる食物のサイズを決定している1つの重要な要因は、幼生の大きさの関数でもある顎の広さである。口幅1.0 mm以上の個体の餌料生物はその50~65%が魚卵であり、これらの事実はサヨリ仔稚魚が成長するにつれて選択捕食者となることを示唆している。

口(食道)幅と餌料サイズの関係は、カタクチイワシ幼生で調べられている(Mendiola, 1974; 魚谷ら, 1978)。Engraulis ringensでは体長と口幅には直線関係があるが、口幅と餌料サイズには線形関係がない(Mendiola, 1974)。カタクチイワシの場合には食道の直径と餌料の最大幅には明らかな線形関係が認められている(魚谷ら, 1978)。また、我々の研究でも口幅と最大餌料幅(MBW)の間に明らかな線形関係がみられなかったが、口幅の増大に従いMBWのより大きい餌生物に移行している。何がこれらの違いを引き起こすかは明らかではないが、大型の餌への移行はその生理的な要求に即した変化であることは容易に理解される(田中, 1980)。

魚幼生の密度と海中の食物分布の間の関係は解明できなかったが、将来の課題としたい。

謝辞: サヨリ仔稚魚の採集には石川県水産総合センター漁業調査指導船「禄剛丸」の乗組員の方々に多大なるご協力を賜った。ここに記して感謝の意を表します。

5. 引用文献

- Allen G. R. and Robertson, D. R. 1994. Fishes of the tropical eastern Pacific. University of Hawaii Press, pp. 89-90.
- Anraku, M. 1975. Micro-distribution of marine copepods in a small inlet. Marine Biology, 30: 79-87
- Barnes, H. and Marshall, S. M. 1951. On the variability of replicate plankton samples and some applications of 'contagious' series to the statistical distribution of catches over restricted periods. Journal marine biological Association of United Kingdom, 30: 233-263.
- Berkeley, S. A. and Houde, E. D. 1978. Biology of two exploited species of Halfbeaks, *Hemiramphus brasiliensis* and *H. balao* from Southern Florida. Bulletin of Marine Science, 28: 624-644.
- Bjornberg, T. K. S. 1972. Developmental stages of some tropical and subtropical planktonic marine copepods. Stud. Fauna Curacao, 40: 1-185.
- Cassie, R. M. 1959. Micro-distribution of plankton. New Zealand Journal of Science, 2: 398-409.
- Coetzee, D. J. 1981. Analysis of the gut contents of the needlefish, *Hyporhamphus knysnaensis* (Smith), from Rondevlei, southern Cape. South African Journal of Zoology, 16: 14-20.
- Faber, D. J. 1966. Free-swimming copepod nauplii of Narragansett Bay with a key to their identification. Journal Fisheries Research Board of Canada, 23: 189-205.
- Feller, R. J. and Kaczynski, V. W. 1975. Size selective predation by juvenile chum salmon (*Oncorhynchus keta*) on epibenthic prey in Puget Sound. Journal of Fisheries Research Board of Canada, 32: 1419-1429.
- Hirakawa, K. 1974. Biology of a pelagic harpacticoid copepod, *Microsetella norvegica* Boeck in Oshoro Bay, Hokkaido I. Life history. Bulletin of Plankton Society of Japan: 21, 41-54.
- Hunter, J. R. and Kimbrell, C. A. 1980. Early life history of Pacific mackerel, *Scomber japonicus*. Fisheries Bulletin, 78: 89-101.
- Koga, F. 1973. Life history of copepods especially of nauplius larvae ascertained mainly with cultivation of animals. Bulletin of Plankton Society of Japan, 20: 30-40.
- Kuhlman, D., Quantz, G. and Witt, U. 1981. Rearing of

- turbot larvae (*Scophthalmus maximus* L.) on cultured food organisms and post-metamorphosis growth on natural and artificial food. *Aquaculture*, 23: 183-196.
- 桑原昭彦・鈴木重喜. 1983. ササウシノシタ仔魚の分布と食性. *日本水産学会誌*, 49: 1499-1506.
- 益田一・尼岡邦夫・荒賀忠一・上野輝彌・吉野哲夫(編). 1984. *日本産魚類大図鑑*. 東海大学出版会, pp. 79-81.
- Meeren, T. van der 1991. Selective feeding and prediction of food consumption in turbot larvae (*Scophthalmus maximus* L.) reared on the rotifer *Brachionus plicatilis* and natural zooplankton. *Aquaculture*, 93: 35-55.
- Mendiola, B. R. 1974. Food of the larval anchoveta *Engraulis ringens* J. In *The early life history of fish* (Blaxter J. H. S. ed.). Springer-Verlag Berlin, pp. 277-285.
- 中田秀佳寿・岡健司・大屋二三. 1982. サヨリの仔・稚魚期における飼育-特に摂食について-. *水産増殖*, 30: 28-32.
- Newell, G. E. and Newell, R. C. 1977. *Marine plankton-a practical guide*. Hutchinson & Co. London. pp. 142-150.
- 大屋二三・岡健司. 1981. サヨリの仔・稚魚期における飼育-特に比成長について-. *水産増殖*, 29: 57-61.
- Oya, F., Tsuji T. and Fujiwara S. 2002. Relative growth and feeding habits of halfbeak, *Hyporhamphus sajori*, larvae and juveniles in Toyama Bay of the Japan Sea. *Suisanzoshoku*, 50: 47-54.
- Oya, F., Hayase S. and Tsuji T. 2006. Comparison of larval foods eaten by *Hyporhamphus sajori* (Temminck et Schlegel) and *Cololabis saira* (Brevoort) with special reference to selective feeding. 2006 Annual Report of the Marine Biological Research Institute of Japan Co., Ltd., pp. 44-49.
- Robertson, A. I. and Howard, R. K. 1978. Diel trophic interactions between vertically-migrating zooplankton and their fish predators in an eelgrass community. *Marine Biology*, 48: 207-213.
- Robertson, A. I. and Klumpp D. W. 1983. Feeding habits of the southern Australian garfish *Hyporhamphus melanochir*: a diurnal herbivore and nocturnal carnivore. *Marine Ecology Progress Series*, 10: 197-201.
- Saunders, A. J. and Montgomery J. C. 1985. Field and laboratory studies of the feeding behaviour of the piper *Hyporhamphus ihi* with reference to the role of the lateral line in feeding. *Proceeding Rinne Society of London*, B 224: 209-221.
- Smith, J. L. B. 1933. The South African species of the genus *Hemirhamphus* Cuv. *Transactions of royal Society of South Africa*, 21: 129-150.
- Sokal, R. R. and Rohlf, F. J. 1973. *Introduction to biostatistics*. W. H. Freeman & Company, San Francisco, 368 pp.
- Stepien, Jr., W. P. 1976. Feeding of laboratory-reared larvae of the sea bream *Archosargus rhomboidalis* (Sparidae). *Marine Biology*, 38: 1-16.
- Talwar, P. K. 1962. Studies on the food and feeding relationships of the halfbeak fishes (Hemirhamphidae) from the Gulf of Mannar and Palk Bay. *Indian Journal of Fisheries*, 9: 1-9.
- 田中克. 1980. 海産仔魚の摂食と生残 I. 天然海域における食性. *海洋と生物*, 2(6): 440-447.
- Tinker, S. W. 1991. *Fishes of Hawaii-A handbook of the marine fishes of Hawaii and the central Pacific Ocean*, Hawaiian service, INC. pp. 145-147.
- 辻俊宏・貞方勉. 2000. 我が国におけるサヨリ漁業の実態. *石川県水産総合センター研究報告*, 2: 1-11.
- 辻俊宏・早瀬進治・大屋二三. 2009. 七尾湾におけるサヨリ稚仔魚の出現状況. *石川県水産総合センター研究報告*, 印刷中.
- 内田恵太郎. 1930. サヨリの生活史. *日本学術会報*, 6: 557-580.
- Uchima, M. 1979. Morphological observation of de-

- velopmental stages in *Oithona brevicornis* (Copepoda, Cyclopoida). Bulletin of Plankton Society of Japan, 26: 59–76.
- 魚谷逸朗・出羽敦・浅井克敏. 1978. カタクチシラスの食性と摂餌選択について. 日本水産学会誌, 44: 427–434.
- 和田洋蔵・桑原昭彦. 1994. 京都府久美浜湾およびその周辺海域におけるサヨリ稚仔魚の食性. 京都府立海洋センター研究報告, 17: 59–65.
- Whitehead, P. J. P., Bauchot, M. L., Hureau, J. C., Nielsen, J and Tortonese, E. 1986. Fishes of the North-eastern Atlantic and the Mediterranean II. Unesco, pp. 620–622.
- Yearsley, G. K., Last, P. R. and Ward, R. D. 1999. Australian seafood handbook - an identification guide to domestic species. CSIRO Marine Research, Australia, pp. 125–130.
- 與世田兼三. 2008. ハタ類 3 種の初期減耗. In: 田中克ほか (編著), 稚魚学多様な生理生態を探る. 生物研究社, 東京, pp. 203–210.