

秋田県沿岸におけるハタハタ仔稚魚の水深別分布と食性

甲本亮太^{1,2,*}・工藤裕紀¹・高津哲也²

Vertical Distribution and Feeding Habits of Japanese Sandfish (*Arctoscopus japonicus*) Larvae and Juveniles off Akita Prefecture in the Sea of Japan

Ryota KOMOTO^{1,2,*}, Hironori KUDOU¹ and Tetsuya TAKATSU²

Abstract: To better understand the bathymetric distribution and feeding habits of Japanese sandfish (*Arctoscopus japonicus*) larvae and juveniles off Akita Prefecture, their abundance, diet, and prey size distributions were investigated from February to May 2009. Larvae and juveniles were distributed along the sea floor at temperatures of 7.3–12.2°C, and they ontogenetically shifted from the coastal spawning ground (0.5–5 m bottom depth) to offshore areas (bottom depth ≥ 60 m). Juveniles were not found on the bottom at temperatures ≥ 13.2°C. Newly hatched larvae had a notochord length of ca. 12 mm and morphologically well-developed compared with other marine fish larvae. Pelagic and demersal copepodites were dominant in the diet of 12–30 mm long sandfish larvae, and mysids were dominant in the diet of ≥ 40 mm long juveniles. The mysid *Xenacanthomysis pseudomacropsis* might be an important prey item for sandfish juveniles in their nursery ground because it is larger than other pelagic and demersal crustacean prey, and it co-occurs with sandfish juveniles.

Key words: *Arctoscopus japonicus*; Diet shift; Copepoda; Mysidacea

ハタハタ *Arctoscopus japonicus* は山口県以北の日本海、オホーツク海、宮城県から千島列島を経てカムチャッカ半島東岸に至る北太平洋に分布する冷水性底生魚類であり (前田 2003), 日本海沿岸や北海道における重要な漁業資源である。本種は標識放流の結果や漁獲動向から、いくつかの系群に分かれるものと考えられており (小林・加賀 1981; 友田ら 2006), これらのうち日本海には秋田県沿岸を主産卵場とする日本海北部系群と朝鮮半島東岸を主産卵場とする日本海西部系群が想定されている (沖山 1970; 杉山 1987, 2002; Watanabe et al. 2004; Shirai et al. 2006)。秋田県におけるハタハタ漁獲量はこの50年間で大きく変動しており, 1962–1990年における漁獲量の最大値と最

小値の差は約200倍に達し (Sakuramoto et al. 1997), 不漁期の1992–1995年には秋田県において全面禁漁が余儀なくされた。その後漁獲量は回復したが, 未だに日本海北部系群の資源量変動の原因は不明である。一般に, 海産魚類の資源量が減少する原因は乱獲と加入量変動であり, 後者は生活史初期における生残率の年変動によって生じ, 生残率は海洋環境や餌生物環境の変化によって影響を受けると考えられている。日本海北部系群の秋田県沿岸における仔稚魚の生態については, 分布域や分布密度 (沖山 1988), 成長 (杉山 1988), 食性 (安村 1984; 杉山 1991) が報告されているが未詳な点が多く, 成長に伴う移動や食性の変化は十分には解明されていない。また種苗放流を行っ

2011年6月27日受付; 2011年10月11日受理。

¹ 秋田県農林水産技術センター水産振興センター (Institute of Fisheries, Akita Prefectural Agriculture, Forestry and Fisheries Research Center, 8-4 Unosaki Daishima Funagawaminato Oga, Akita 010-0531, Japan)。

² 北海道大学大学院水産科学院・水産科学研究所 (Graduate School and Faculty of Fisheries Sciences, Hokkaido University, 3-1-1 Minato Hakodate, Hokkaido 041-8611, Japan)。

*連絡先 (Corresponding author): Tel, (+81) 185-27-3003; Fax, (+81) 185-27-3004; E-mail, r-komoto@pref.akita.lg.jp (R. Komoto)。

ている本種に関しては、放流適地・適期の選定には天然仔稚魚の生態の解明が不可欠である。本研究は、ハタハタ日本海北部系群の資源量変動機構解明と放流適地・適期の選定のための基礎的知見を得ることを目的として、産卵場の一つである男鹿半島北浦沿岸(杉山1988)からその沖合において、仔稚魚期の水深別分布と食性について調べた。

材料および方法

男鹿半島北浦沿岸からその沖合の岩礁および砂泥域(秋田県1991)において、2009年2月5日-5月27日に合計10回、ハタハタ仔稚魚の採集を行った(Fig. 1)。1981年2月23日に行われた北浦地区水深5 mにおける潜水調査では、卵黄吸収が完了していないハタハタ仔魚が、海底から10-20 cm上を遊泳している様子が観察されている(渋谷ら1985)。筆者らも2009年1月23日および1月28日に実施した同様な潜水調査によって仔魚が日中、海底直上のみ生息していることを確認した。また、2005-2008年の5月中旬から7月中旬にかけて、水深87-350 m地点で行われた14回の中層トロール調査ではハタハタ稚魚は1個体も採集されていないことから(奥山2007; 杉下2008; 甲本・工藤2010)、5月以降の稚魚は少なくとも日中は着底していると推測された。従って本研究では、日中、海底直上を曳網することによってハタハタ仔稚魚を採集した。2月5日-3月5日には清心丸(1.98トン、秋田県漁業協同組合所属)を用いて、水深2-20 m岩礁域のStn. 1-5と水深25 m砂泥域のStn. 6でフローメータをつけた小型ソリネット(Fig. 2)の2.0 kt, 10分間着底曳で仔稚魚を採集した。ネット部は直径80 cmの

テンレスリングにキャンバス地とナイロンメッシュ(網目開口部0.335 mm)からなる全長3.2 mのプランクトンネットをとり付けた。コッドエンドは曳網による魚体の損傷を防ぐために容量1 lの広口ポリエチレン瓶とし、瓶側面の一部にナイロンメッシュを取り付けた。ソリ部は長さ85 cm, 幅5 cm, 厚さ5 mmのステンレス板2本をソリとし、直径15 mmの鉄棒を介してネット部にボルトで固定した。ソリからネット部の最下部までの距離は7 cmである。水深10 m以深での曳網時にはソリ部に重りとして鉛板を取り付け(水深10 m, 左右のソリに各2 kg; 水深15-25 m, 各4 kg), ネットの離底を防いだ。3月25日から5月21日には湊丸(4.5トン, 秋田県漁業協同組合所属)を、5月27日には第二千秋丸(18トン, 秋田県農林水産技術センター水産振興センター所属)を用いて、水深10-120 m砂泥域のStn. 7-13で2種類のオッタートロールネット(Fig. 2)の0.9-1.3 kt, 10分間着底曳でハタハタ仔稚魚を採集した。水深10-60 mのStn. 7-10と5月21日の水深80 m, Stn. 11ではオッタートロールネットA(全長21 m, コッドエンド長6 m, 目合い2.5 mm, グラウンドロープ長およびヘッドロープ長17.2 m)を用いた。4月17日のStn. 11および5月27日のStn. 9-13ではオッタートロールネットB(全長15 m, コッドエンド長3 m, 目合い4.5 mm, グラウンドロープ長16.1 m, ヘッドロープ長14.4 m)を用いた。すべての採集器具には、メモリー式水温深度計(MDS-TD, JFEアドバンテック社)を取り付け、曳網中の平均水深を記録・確認した。メモリー式水温深度計で記録した曳網水深がStn. 1-13の水深とずれた場合は、記録された平均水深を曳網水深とした。得られたハタハタ仔稚魚は、船上にて直ちに10%海水ホルマリン溶液で固定して実

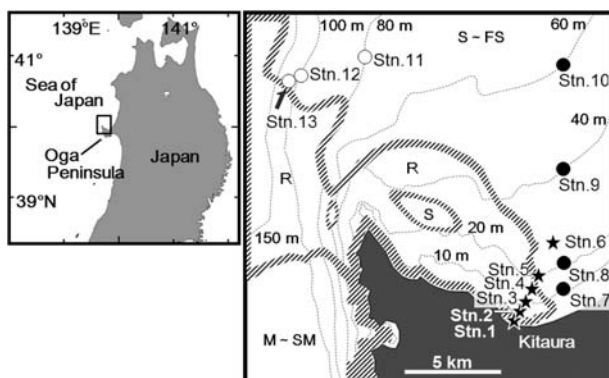


Fig. 1. Location of study area (left) and sampling stations, bottom depth contours, and bottom sediment types off Kitaura, Akita Prefecture (right). Solid star, sledge net sampling station; solid circle, otter trawl net (A-type) sampling station; open circle, otter trawl net (B-type) sampling station. R, bedrock (enclosed area with an oblique line); S, sand; FS, fine sand; M, mud; SM, sandy mud.

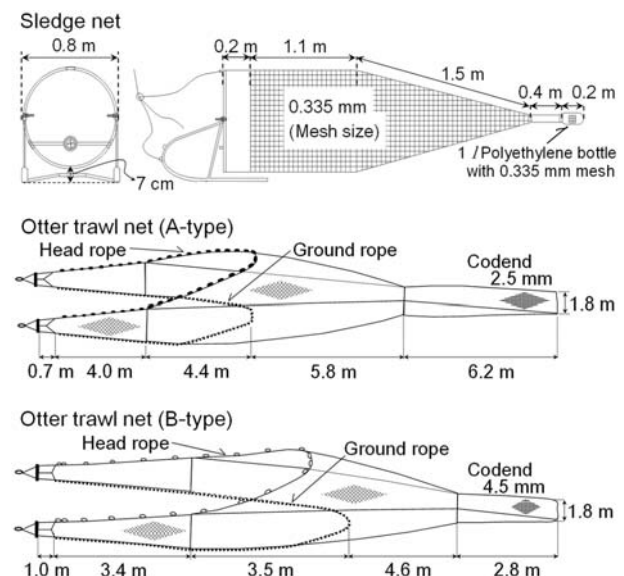


Fig. 2. The three types of sampling gear used in this study.

験室に持ち帰り、硬組織の脱灰を防ぐため48時間以内に90%エタノール溶液中に移し替えた。

各調査点では、STD (ATU-218DK および STD-1000M, JFE アドバンテック社) により海面から海底までの水温を測定した。

実験室では採集されたハタハタ仔稚魚を計数し、仔稚魚の密度を計算した。小型ソリネットで採集された仔稚魚の密度は、フローメータの値から推定した濾水距離と網口面積から濾水量を推定し、100 m³あたりの個体数で表した。オッタートロールネットで採集された仔稚魚の密度は、曳網距離 (船速と曳網時間から推定) と網口幅を用いて、採集効率を1と仮定して曳網面積2,500 m²あたりの個体数で示した。なお、網口幅は曳網水深に応じて変化するため、試験曳網時に得られた各水深 (m) での平均網口幅 (m) を用いた (ネット A の場合の水深: 平均網口幅 = 10:3.9, 20:5.0, 40:6.2, 60:6.8, 80:7.1; ネット B の場合 = 40:6.2, 60:6.3, 80:6.5, 100:6.6, 120:6.8)。

各調査日で最もハタハタ仔稚魚の密度が高かった地点について、仔稚魚を無作為に20個体抽出して、形態観察に基づく发育段階区分と体長・体高測定、食性解析を行った。孵化後間もない仔魚が多く含まれると考えられた2月5日の標本については、食性の地理的な変化を検討するために、最も浅い Stn. 1 (水深2 m) と深い Stn. 4 (13 m) ならびにその中間の Stn. 3 (9 m) で採集した仔魚各20個体について同様の解析を行った。2月13日の標本については地点による体長の相違を比較するために、各 Stn. から無作為に抽出した16-73個体の体長を測定したが、2月5日と殆ど体長範囲が異ならなかったため食性解析は行わなかった。

ハタハタ仔稚魚の形態についてはすでに安村 (1984), Okiyama (1990), 森岡 (2009) が報告している。これらのうち森岡 (2009) は各鰭条の形成順序観察結果に基づき、全長25 mm (標準体長22.3 mm) を超える個体を稚魚と定義している。本研究では脊索後端の屈曲と尾鰭条に着目し、仔稚魚を以下の4期に区分した。

前屈曲期: 脊索後端が直線的な個体。

屈曲期: 脊索後端が屈曲した個体で尾鰭主鰭条が定数13本に達する以前の個体。

後屈曲期: 尾鰭主鰭条が定数に達し、その他の尾鰭軟条が定数31-37本に達する以前の個体。

稚魚期: その他の尾鰭軟条が定数に達した個体。

ただし、後屈曲期と稚魚期の区別において、硬骨染色を施さない状態では、その他の尾鰭軟条の正確な計数が困難だったため、別途当海域のハタハタ仔稚魚に硬骨染色を施した標本での計数值 (未発表) から、本研究では便宜上標準体長30 mm 以上を稚魚期とした。

屈曲期までの仔魚の脊索長 (NL) あるいは後屈曲期以降の仔稚魚の標準体長 (SL) はノギスを用いて、体高 (BD) と口幅 (MW) は実体顕微鏡の接眼マイクロメータを用いて0.1 mm 単位で測定した (Fig. 3)。体高は肛門直後の筋肉部位を測定した。摘出した消化管は幽門垂が形成されるまでは咽頭部から肛門までを (前腸から後腸まで) を、形成後は胃について、それらの内容物を生物顕微鏡下で可能な限り下位の分類群まで同定・計数し、内容物中の餌生物の体サイズはマイクロメータを用いて0.001 mm 単位で計測した (Fig. 3)。なお、カイアシ類カラヌス目の *Paracalanus*

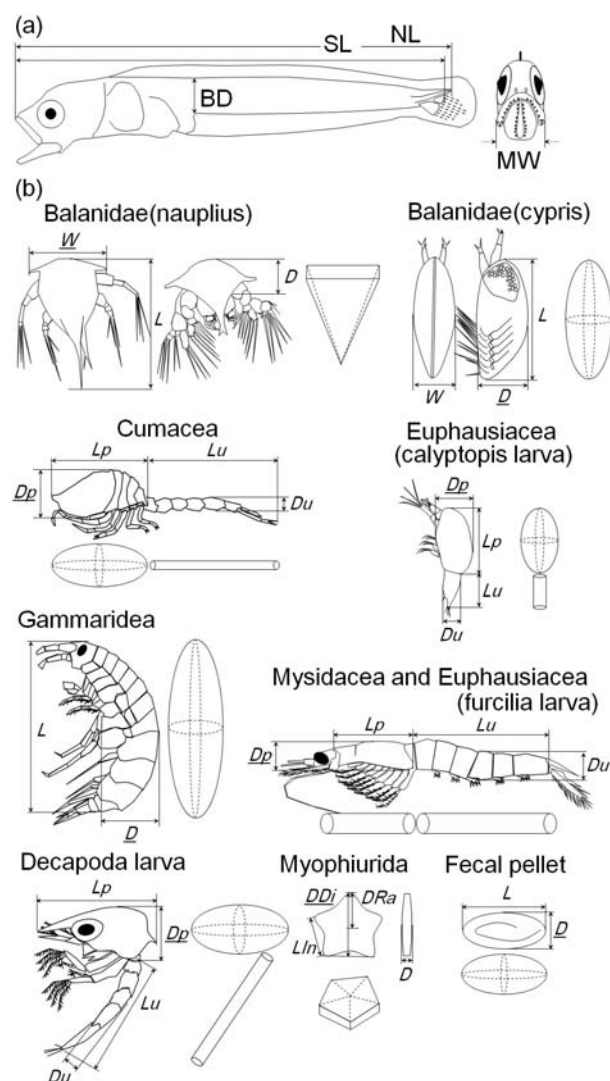


Fig. 3. Measurements of *A. japonicus* larvae and juveniles (a) and various prey items (b). Notochord length (NL) for preflexion and flexion larvae, standard length (SL) for postflexion larvae and juveniles, and mouth width (MW) and body depth (BD) for all larvae and juveniles. *L*, *D* and *W*, body length, depth and width; *Dp* and *Du*, prosome and urosome depths; *Lp* and *Lu*, prosome and urosome lengths; *DDi*, *DRa* and *Lin*, disk diameter, disk radius and interval length between two lateral arms. Abbreviations that are underlined indicate the second largest length (SLL) of three-dimensional lengths.

Table 1. Prey shapes and volume formulae defined in this study

Prey type	Shape	Formula
Balanidae (nauplius)	pyramid	$V = 1/3 \cdot L \cdot W \cdot D$
(cypris)	ellipsoid	$V = 4/3 \cdot \pi \cdot (L/2) \cdot (D/2) \cdot (W/2)$
Mysidacea	two cylinders	$V = \pi \cdot (Dp/2)^2 \cdot Lp + \pi \cdot (Du/2)^2 \cdot Lu$
Cumaceae	ellipsoid + cylinder	$V = 4/3 \cdot \pi \cdot (Lp/2) \cdot (Dp/2)^2 + \pi \cdot (Du/2)^2 \cdot Lu$
Gammaridea	ellipsoid	$V = 4/3 \cdot \pi \cdot (L/2) \cdot (D/2)^2$
Euphausiacea (calytopis)	ellipsoid + cylinder	$V = 4/3 \cdot \pi \cdot (Lp/2) \cdot (Dp/2)^2 + \pi \cdot (Du/2)^2 \cdot Lu$
Decapoda	ellipsoid + cylinder	$V = 4/3 \cdot \pi \cdot (Lp/2) \cdot (Dp/2)^2 + \pi \cdot (Du/2)^2 \cdot Lu$
Myophiurida	pentagonal prism	$V = 5 \cdot S \cdot D$
		$S = \sqrt{(s \cdot (s-DRa)^2 + (s-LIn))}$, $s = (2 \cdot DRa + LIn)/2$
Fecal pellet	ellipsoid	$V = 4/3 \cdot \pi \cdot (L/2) \cdot (D/2)^2$

See other formulae in Nishiyama and Hirano (1983) and Takatsu et al. (2007).

属と *Clausocalanus* 属のコペポダイト 1-3 期については、形態の差異が不明瞭であったため、同一のグループ (*Paracalanus* and *Clausocalanus* spp. copepodites) として扱った。

餌生物の重要性は、出現頻度（観察した仔稚魚の個体数に対するその餌生物を捕食していた仔稚魚の個体数百分率、F%）、個体数割合（観察した全餌生物の個体数に対するその餌生物の個体数百分率、N%）、および体積割合（観察した全餌生物の体積に対するその餌生物の体積百分率、V%）で評価した。餌生物の体積の推定は Nishiyama and Hirano (1983) および Takatsu et al. (2007) に従って、餌生物の種類毎に立体とその組み合わせに見立てて、餌個体の体サイズを当てはめ推定した。ただしこれらの文献に記載のない餌生物については、新たに計測部位と当てはめる立体を Fig. 3 のように定義し、体積を推定した (Table 1)。さらに、消化管内において消化が進んで計測ができなかった部位のサイズについては、当海域で 2 月 5 日 (Stn. 2, 3, 4)、2 月 25 日 (Stn. 2, 3, 6) および予備的に実施した 3 月 13 日 (Stn. 7) に小型ソリネットによって採集された動物プランクトンの体サイズの測定値から得た一次回帰式 (Table 2) により、他の部位から復元した体サイズを用いた。なお、消化が進んでいて同定不可能であった餌生物（全個体数のうち 0.09% 未満）については体積を推定せず、体積割合に含めなかった。餌生物 *i* 種の重要性は、相対重要度指数の比率 (%IRI_{*i*}) によっても評価した。式は、

$$IRI_i = (N\%_i + V\%_i) \times F\%_i$$

$$\%IRI_i = IRI_i \times 100 / \sum IRI$$

である。仔稚魚の摂餌強度は、仔稚魚 1 個体当たりの平均摂餌個体数と平均体積で示した。

体長（脊索長 NL および標準体長 SL の総称、BL）は、固定液あるいは保存液による体長の収縮を考慮して、別途固定前後で測定したデータから推定した以下の式を用いて採集直後の体長に復元した。

$$BL_0 = 1.036 \times BL_1 + 1.318 \quad (n = 264, r^2 = 0.995)$$

Table 2. Regression formulae of prey shapes defined in this study

Prey type	Formula
Copepoda copepodite	
<i>Clausocalanus</i> spp.	$Wp = 0.396Lp$ ($n = 21, r^2 = 0.75$) $Dp = 0.357Lp$ ($n = 21, r^2 = 0.67$)
<i>Oithona atlantica</i>	$Wp = 0.377Lp$ ($n = 20, r^2 = 0.63$) $Dp = 0.271Lp$ ($n = 20, r^2 = 0.40$)
<i>Oncaea</i> spp.	$Wp = 0.381Lp$ ($n = 20, r^2 = 0.77$) $Dp = 0.490Lp$ ($n = 20, r^2 = 0.80$)
Euphausiacea	
calytopis larva	$Dp = 0.306Lp + 176.6$ ($n = 45, r^2 = 0.85$)

Zooplankton samples for the measurements in mm were collected with a sledge net.

See other formulae in Takatsu et al. (2007).

ここで BL_0 は採集直後の体長、 BL_1 は固定後の測定体長である。なお、仔魚と稚魚の間で別々に推定した換算式の間には有意差がみられなかったため（共分散分析、傾き：0.94、切片： $P = 0.53$ ）、仔魚と稚魚の両方にこの換算式を使用した。

成長式および体長と口幅の関係は 1 次回帰式で示した。体高/体長比は逆正弦変換したのち、体長階級ごとに平均値を求め「Williams 法による隣接グループ間の多重比較」を行った。有意水準は 0.05 とした。

結 果

水温とハタハタ仔稚魚の水深別分布

2009 年 2 月 5 日から 3 月 5 日におけるソリネット採集を行った Stn. 1 から Stn. 6 の水温は、期間中徐々に低下した (Fig. 4)。水温範囲は 2 月 5 日から 2 月 25 日には全層で 8.0–9.9°C で表層よりも中底層で若干高く、仔魚を採集した底層では 8.8–9.9°C であった (Figs. 4a–4c)。3 月 5 日は全層、底層ともに 7.3–7.9°C で調査期間中最低の水温を示し、沖合の表層と底層で若干高かった (Fig. 4d)。

2009 年 3 月下旬から 5 月下旬における Stn. 7–13 の水温は、期間中徐々に昇温した (Figs. 5, 6)。水温は

3月25日には表層より底層で高かったが (Fig. 5a), 4月13日以降は表層の方が高くなった。4月の3回の調査では, 表層で10.5–11.2°C, 底層で9.5–10.7°Cの範囲を示した (Figs. 5b–5d)。5月には成層が発達し, 表層の14.5–16.8°Cに対して底層は10.6–13.3°Cの水温範囲を示した (Fig. 6)。

ソリネット採集によって, 2月5日には調査を行った Stn. 1–4の底層では, いずれも多数の仔魚が採集され, 高密度を示した (範囲: 2.3×10^3 – 7.2×10^3 個体/100 m³; Fig. 4a)。仔魚はその後3月5日まで水深25 m以浅の全採集地点で相対的に高い密度を示し, 2月13日と25日には最も沿岸寄りの Stn. 1で (それぞれ 5.8×10^2 個体/100 m³ および 3.2×10^3 個体/100 m³; Figs. 4b, 4c), 3月5日には Stn. 4 ($2.9 \times$

10^3 個体/100 m³) で最高密度を示した (Fig. 4d)。

オッタートロールネットでハタハタ仔稚魚を採集した3月25日には, 採集を行った最も浅い地点である水深10 mの Stn. 7で最も高い密度を示し (1.1×10^4 個体/2,500 m²), 水深40 mの Stn. 9まで採集された (1.5×10^3 個体/2,500 m²; Fig. 5a)。4月13日から28日の3回の調査では, 4月17日の水深80 mの Stn. 11を除く水深60 mまでの地点で採集され, 最も密度が高かったのは Stn. 8あるいは Stn. 9であった (4月13日 Stn. 9, 3.2×10^3 個体/2,500 m²; 4月17日 Stn. 8, 1.5×10^3 個体/2,500 m²; 4月28日 Stn. 9, 1.1×10^4 個体/2,500 m²; Figs. 5b–5d)。5月7日には水深20 m以浅の2地点の密度が著しく低下し (0–4.3 個体/2,500 m²), Stn. 9で高かった (8.5×10^2 個体/2,500 m²; Fig. 6a)。5月21日と27日はともに水深60 mの Stn. 10で最も密度が高く (それぞれ 9.1×10^2 個体/2,500 m², 3.2×10^2 個体/2,500 m²), 水深40 m以浅で低密度化した (Figs. 6b, 6c)。また5月27日には水深100 mの Stn. 12で稚魚が1個体採集されたが (1.3 個体/2,500 m²), 水深120 m

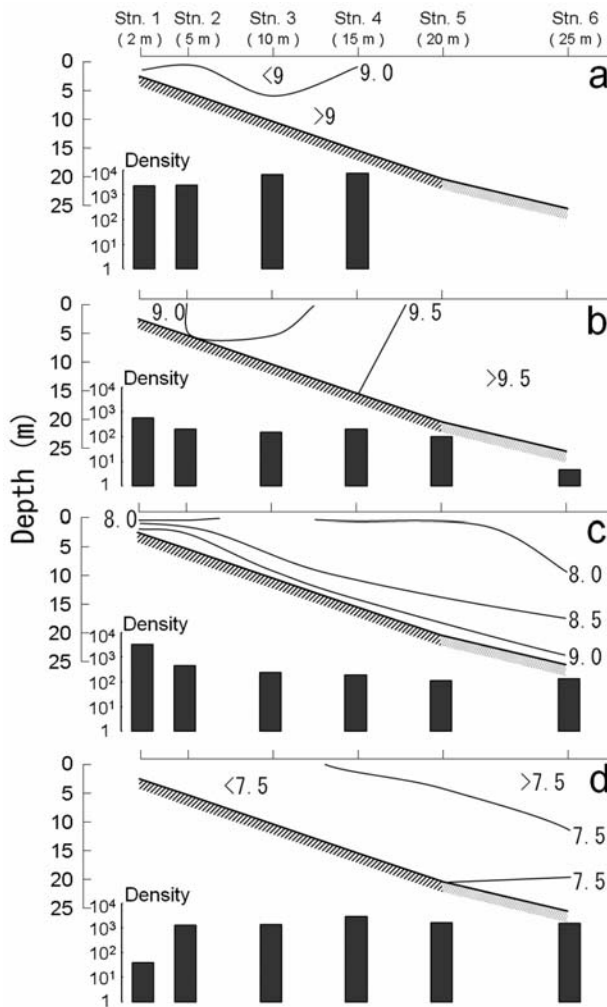


Fig. 4. Vertical profiles of water temperature (°C) and density (number of individuals per 100 m³) of *A. japonicus* larvae and juveniles collected with a sledge net along the sea-bottom from February to March 2009 (a, 5 Feb.; b, 13 Feb.; c, 25 Feb.; d, 5 Mar.). Bedrock and sand areas are indicated by oblique and dotted lines, respectively. Filtered volumes of the sledge net were estimated from the rotations of the flow meter and the mouth opening of the net (0.50 m²).

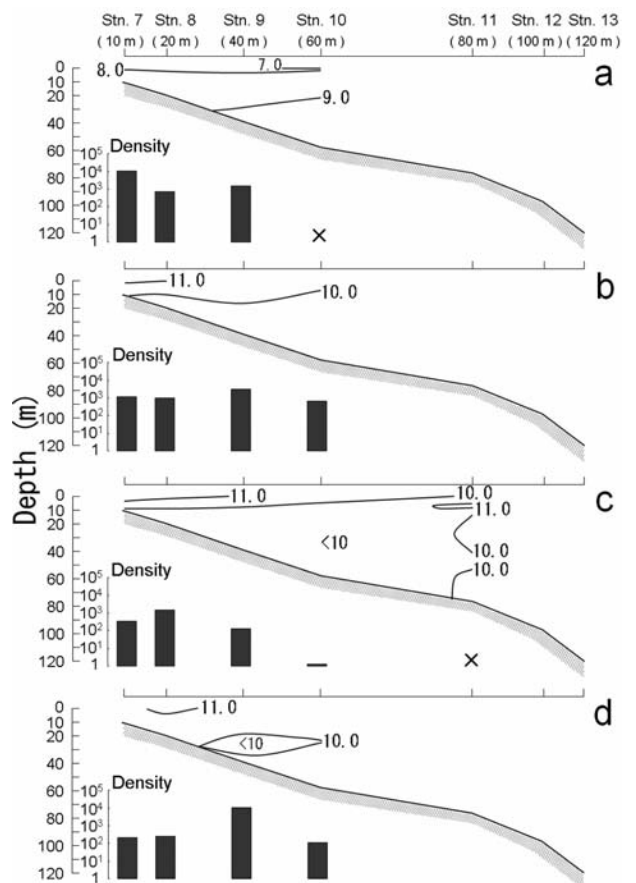


Fig. 5. Vertical profiles of water temperature (°C) and density (number of individuals per 2,500 m²) of *A. japonicus* larvae and juveniles collected with an otter trawl net (A-type) at Stations 7–10 and an otter trawl net (B-type) at Stations 11–13 from March to April 2009 (a, 25 Mar.; b, 13 Apr.; c, 17 Apr.; d, 28 Apr.). Catch efficiencies of the two trawl nets were assumed to be 1. X, no catch.

の Stn. 13では採集されなかった。全期間を通じて、水温が13.2℃を上回る地点では仔稚魚は採集されなかった。

成長

3月5日までに採集された仔魚の発育段階は、前屈曲期から後屈曲期の範囲にあった (Table 3)。2月5日には、Stn. 1で前屈曲期の割合が最も高く (75%)、Stn. 3とStn. 4では前屈曲期 (それぞれ35%および20%) よりも屈曲期の割合の方が高かった (65%および75%)。後屈曲期仔魚は Stn. 4で採集されたが少なく (5%)、他の2地点では採集されなかった。平均体長は深い地点ほど大きかった (Stn. 1, 12.6 mm; Stn. 3, 13.6 mm; Stn. 4, 14.3 mm)。2月13日に仔魚密度が比較的高かった Stn. 1-5の平均体長は Stn. 5で最も大型であり、Stn. 2で小型であった (Stn. 1, 13.1 mm NL; Stn. 2, 12.2 mm; Stn. 3, 12.5 mm; Stn. 4, 13.1 mm; Stn. 5, 14.2 mm)。2月25日には後屈曲期仔魚は15%を占め、3月5日には80%に達したが稚魚はまだ採集されなかった。3月25日 (平均体長24.0 mm) には後屈曲期仔魚のみ採集され、それ以降は稚魚の割合が高まり、5月7日 (平均体長35.9 mm) 以降は稚魚のみ採集された (Tables 4, 5)。最も密度が高かった地点の平均

体長は、孵化直後の個体が多く体長差が少なかった2月5日と2月13日の間を除いて、採集日が進むにつれて大型化し、2月13日以降ほぼ直線的に成長していた (Fig. 7)。2月1日を孵化日と仮定した場合、2月13日以降の成長式は以下の線形式で表された。

$$BL \text{ (mm)} = 0.293 \times D \text{ (day)} + 8.44, n = 10, r^2 = 0.994$$

ここで D は2月1日からの経過日数である。この式より、2月13日から5月27日までの仔稚魚の成長率は0.293 mm/日と推定された。

食性の経時変化

胃内容物中の同定可能であった餌生物は合計10,361個体だった (Tables 3-5)。甲殻類の中で捕食個体数が相対的に多かったのは、カイアシ類カラヌス目コペポダイト7科11種 (45.5%) やキクロプス目コペポダイト1科2種 (15.5%)、カイアシ類ノープリウス幼生 (14.4%)、ハルパクチクス目3科7種 (2.5%)、アミ目1科3種 (2.4%) であった。甲殻類の他にも尾虫目2科2種 (1.9%)、多毛綱 (1.2%)、二枚貝綱 (0.8%) も捕食しており、本研究では46種の生物を同定した。

ハタハタ仔稚魚の空胃率は2月5日には Stn. 1で75%、Stn. 3で30%、Stn. 4で15%であり、相対的に深い2地点で低かった (Table 3)。2月25日と3月5日に空胃率はそれぞれ5%を示し、以降は空胃個体は認められなかった。2月5日の Stn. 1ではハルパクチクス目コペポダイトの体積割合が比較的高かった ($F\% = 25$, $N\% = 23.8$, $V\% = 44.7$)。また1個体で30個体の甲殻類の卵 ($F\% = 5$, $N\% = 71.4$, $V\% = 16.4$) を捕食していた仔魚や比較的大型の端脚類ヨコエビ亜目 ($F\% = 5$, $N\% = 2.4$, $V\% = 22.4$) を捕食していた仔魚もいた。Stn. 3ではカラヌス目コペポダイトの個体数割合と体積割合が高く ($F\% = 60$, $N\% = 44.8$, $V\% = 49.9$)、尾虫類も比較的高い体積割合を示した ($F\% = 30$, $N\% = 10.5$, $V\% = 34.8$)。

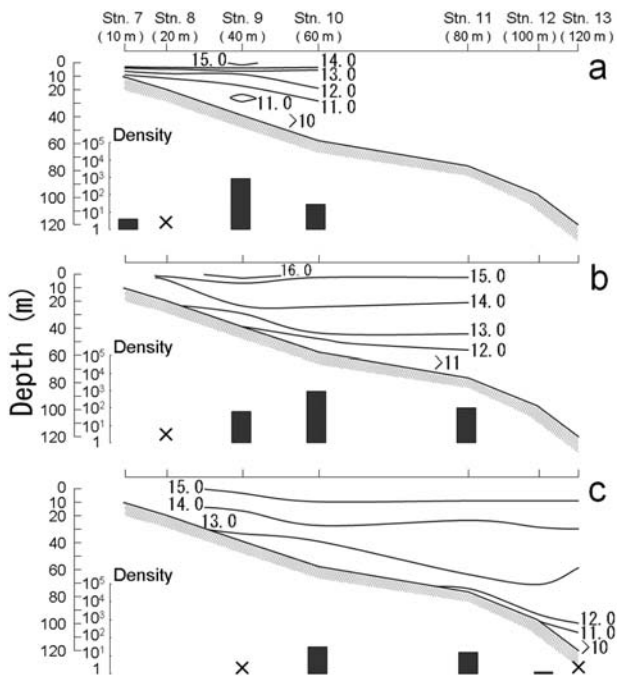


Fig. 6. Vertical profiles of water temperature (°C) and density (number of individuals per 2,500 m²) of *A. japonicus* larvae and juveniles collected with an otter trawl net (A-type) at Stations 7-10 and an otter trawl net (B-type) at Stations 11-13 in May 2009 (a, 7 May; b, 21 May; c, 27 May). Catch efficiencies of the two trawl nets were assumed to be 1. X, no catch.

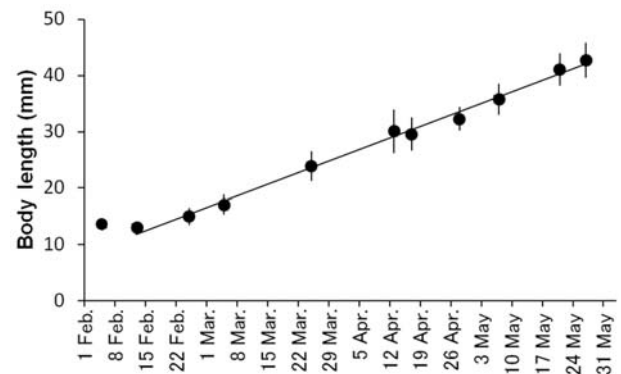


Fig. 7. Growth of *A. japonicus* larvae and juveniles collected off Kitaura from February to May 2009. Error bars show standard deviations. The formula for the growth line from 13 February to 27 May is $BL \text{ (mm)} = 0.293 \times D \text{ (day)} + 8.44$ ($r^2 = 0.994$, $n = 10$, $P < 0.001$).

Stn. 4では、フジツボ類ノープリウス幼生が最も高い出現頻度と個体数割合を示し (F%=70, N%=40.7, V%=25.7), カラス目コペポダイトが最も高い体積割合を示した (F%=55, N%=19.8, V%=40.2)。

2月25日から4月17日までの期間、3月25日を除いてカラス目コペポダイトは体積割合で50%を超える主要な餌生物だった (2月25日: F%=75, N%=32.9, V%=80.9; 3月5日: F%=85, N%=48.3, V%=73.7; 4月13日: F%=100, N%=36.4, V%=65.4; 4月17日: F%=95, N%=61.0, V%=52.0; Tables 3, 4)。3月25日も出現頻度と個体数割合でカラス目コペポダイトの割合が高かったが (F%=90, N%=76.0, V%=16.0), コペポダイトよりも大型なアミ目 *Acanthomysis nakazatoi* (F%=10, N%=0.5, V%=44.3) と魚類 (種不明; F%=10, N%=0.5, V%=23.2) の捕食が認められたため、コペポダイトの体積割合は低かった。4月28日以降5月27日まで、カラス目コペポダイトは出現頻度と個体数割合とも高かったが体積割合では低く (4月28日: F%=100, N%=32.7, V%=16.9; 5月7日: F%=100, N%=48.1, V%=3.4; 5月21日: F%=95, N%=82.0, V%=25.8; 5月27日: F%=85, N%=51.5, V%=1.8), アミ目が体積割合で相対的に高い割合を占めた (4月28日: F%=50, N%=0.7, V%=32.5, 同定可能だった個体は全て *A. nakazatoi*; 5月7日: F%=95, N%=3.1, V%=91.9; 5月21日: F%=20, N%=1.6, V%=68.1; 5月27日: F%=95, N%=37.1, V%=95.0; 5月以降は全てコブヒゲハマアミ *Xenacanthomysis pseudomacropsis*)。また4月28日にはオキアミ目 (F%=30, N%=8.3, V%=26) もカラス目やアミ目とほぼ同等な体積割合を示した。アミ類を摂餌した個体はほぼ例外なく胃が膨満していた。

以上のように、主要な餌生物は、空胃率が低かった2月の最も沿岸寄りの地点を除いて4月中旬まではカラス目コペポダイトが高い割合を占め、4月下旬以降はより大型のアミ目の体積割合が高かった。全調査日を通じて、捕食していたアミ目のうち91.3%は5月以降に主に捕食していたコブヒゲハマアミで占められていた。また、今回餌生物の体サイズ測定によって推定した、ハタハタ仔稚魚が摂餌したコブヒゲハマアミ1個体の体積は、カイアシ類で多く摂餌していた *Paracalanus parvus* の190倍、*Calanus* 属の7-9倍と推定された。この他、体積割合は低いものの出現頻度が高い餌として、カイアシ類キクロプス目とポエキロストムス目、カイアシ類ノープリウス幼生、甲殻類の卵があり、ハタハタ仔稚魚は主に甲殻類を捕食していた。

体長階級別の餌生物の相対重要度指数 (%IRI)

体長29.9 mm までの4つの階級では、カラス目コペポダイトが60%以上を占めた (Fig. 8)。体長20.0-

29.9 mm の2つの階級ではカイアシ類ノープリウスが18-22%を占め、他の体長階級よりも相対的に高い値を示した。すべての体長範囲で捕食が認められたカイアシ類キクロプス目 *Oithona* 属コペポダイトは体長30.0-34.9 mm の階級で23%を占め、比較的高い割合を示した。体長30 mm 以上ではカラス目コペポダイトの割合が徐々に低下すると同時にアミ目の割合が高まり、40 mm 以上の階級では50%を超えた (52.1-84.1%)。

消化管内容物のうち高い割合を占めたカラス目コペポダイトに限定して、分類群ごとに%IRI を求めると (Fig. 9), *Paracalanus parvus* と *Clausocalanus* 属のコペポダイトはすべての体長範囲で捕食が認められ、体長10.9-24.9 mm の3つの階級では *Paracalanus parvus* は84%以上を占め、さらに *Clausocalanus* 属と両属のコペポダイト1-3期を加えるとその割合は91%以上を占めた。これら2属の割合は体長25 mm 以上では低下して56%以下となった。*Pseudocalanus* 属は体長25 mm 以上の5つの階級で41-68%を占めた。また、*Calanus* 属および *Metridia pacifica* は体長40.0-44.9 mm の階級でそれぞれ0.5%と3.1%を占め、体長45.0-47.1 mm ではそれぞれ3.7%と8.7%に増加した。

餌生物の捕食可能サイズ

捕食可能な餌生物の最大サイズは、3次元方向に測った長さの2番目に長い長さに制約を受けるため (Pearre 1980), ハタハタ仔稚魚が捕食していた餌生物の体幅等の2番目に長い長さと同程度の体長の関係を検討した (Fig. 10)。体長26.5 mm までは餌サイズ範囲は殆ど変化せず0.05-0.47 mm を示したが、この体長を超えて相対的に大型のアミ類やカラス目 *Calanus* 属、ヨコエビ亜目等を捕食するようになると餌サイズ範囲は0.08-1.53 mm に拡大した。一方、ハタハタ仔稚魚の口幅は、採集された最小の個体 (10.9 mm NL) で0.6 mm, 最大の個体 (47.1 mm SL) で4.5 mm であり、摂餌した餌生物の幅よりも常に十分大きく、餌生物は体長26.5 mm 以下で口幅の1.9-70.6%の範囲、これより大型の仔稚魚で1.5-88.1%を示し、幅広いサイズの餌を捕食していた。

成長に伴う摂餌強度と体長/体高比の変化

仔稚魚の1個体当たりの摂餌個体数と体積について、体長階級ごとに平均値を求めて、摂餌強度を比較した (Fig. 11)。平均摂餌個体数では10.9-14.9 mm BL の6.4個体/仔魚から25.0-29.9 mm の88.9個体/仔魚まで増加した後、35.0-39.9 mm の93.8個体/仔魚までほとんど変化せず、アミ類の体積割合が増加した体長40 mm 以上の2つの階級では17.1-23.9個体/仔魚まで低下した。消化管内の平均摂餌体積は、

Table 3. Percent frequency of occurrence (F%), percent by number (N%) and percent by volume (V%) of food items in digestive tracts of *A. japonicus* larvae and juveniles collected off Kitaura from February to March 2009

Food organism	Station (depth)	5 February									25 February			5 March		
		Stn. 1 (2 m)			Stn. 3 (9 m)			Stn. 4 (13 m)			Stn. 1 (3 m)			Stn. 4 (16 m)		
		F%	N%	V%	F%	N%	V%	F%	N%	V%	F%	N%	V%	F%	N%	V%
Centrales																
<i>Coscinodiscus</i> spp.		0	0	0	5	1.0	<0.1	0	0	0	0	0	0	15	2.0	1.8
GASTROPODA (larva)		0	0	0	0	0	0	5	0.6	0.2	0	0	0	20	3.3	0.6
BIVALVIA (larva)		0	0	0	30	20.0	5.4	30	25.0	5.9	5	0.2	<0.1	45	9.9	6.7
POLYCHAETA (larva)		0	0	0	5	1.0	1.6	20	2.3	3.7	0	0	0	0	0	0
CRUSTACEA																
Cladocera																
<i>Evadne nordmanni</i>		0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Copepoda (copepodite)																
Calanoida (total)		0	0	0	60	44.8	49.9	55	19.8	40.2	75	32.9	80.9	85	48.3	73.7
<i>Calanus pacificus</i>		0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Calanus sinicus</i>		0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Calanus</i> spp.		0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Neocalanus</i> spp.		0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Calocalanus styliremis</i>		0	0	0	5	1.0	0.4	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Candacia bipinnata</i>		0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Centropages abdominalis</i>		0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Clausocalanus</i> spp.		0	0	0	20	3.8	2.5	10	5.2	6.3	0	0	0	15	2.7	3.0
<i>Pseudocalanus minutus</i>		0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Pseudocalanus newmani</i>		0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	10	1.3	4.1
<i>Pseudocalanus</i> spp.		0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	5	0.7	2.8
<i>Metridia pacifica</i>		0	0	0	0	0	0	5	0.6	7.0	0	0	0	0	0	0
<i>Paracalanus parvus</i>		0	0	0	55	37.1	45.0	50	12.2	25.4	75	32.9	80.9	60	37.8	61.6
<i>Paracalanus</i> and <i>Clausocalanus</i> spp.		0	0	0	15	2.9	2.0	15	1.7	1.5	0	0	0	15	2.0	1.4
Unidentified Calanoida		0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	30	4.0	0.9
Cyclopoida (total)																
<i>Oithona atlantica</i>		0	0	0	0	0	0	0	0	0	5	0.2	0.1	15	2.0	1.7
<i>Oithona similis</i>		0	0	0	10	1.9	0.4	0	0	0	50	17.8	7.8	65	19.2	7.1
Harpacticoida (total)																
<i>Clytemnestra rostrata</i>		0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Halectinosoma</i> sp.		0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Microsetella norvegica</i>		0	0	0	0	0	0	0	0	0	15	0.6	0.4	0	0	0
<i>Microsetella rosea</i>		0	0	0	0	0	0	0	0	0	5	0.2	<0.1	0	0	0
<i>Microsetella</i> spp.		0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Harpacticus</i> spp.		20	12	29.5	0	0	0	0	0	0	5	0.2	<0.1	0	0	0
<i>Tigriopus</i> spp.		0	0	0	0	0	0	0	0	0	45	2.2	3.5	0	0	0
<i>Zaus</i> sp.		20	11.9	15.2	0	0	0	0	0	0	75	4.9	3.0	0	0	0
Unidentified Harpacticoida		0	0	0	20	8.6	1.2	0	0	0	5	0.3	0.8	0	0	0
Poecilostomatoida (total)																
<i>Corycaeus affinis</i>		5	2.4	16.5	10	2.9	3.3	25	4.7	3.1	15	0.5	0.2	15	2.0	0.8
<i>Oncaea</i> spp.		0	0	0	5	1.9	0.4	25	4.7	3.1	15	0.5	0.2	15	2.0	0.8

10.9–14.9 mm の0.08 mm³/仔魚から45.0–47.1 mm の40.2 mm³/稚魚まで成長とともに増大していた。

体高/体長比は、体長34.9 mm 以下の階級で成長とともに有意に増加したが、35 mm 以上の階級では増加しなかった (Williams 法による隣接するグループ間の多重比較; 34.9 mm 以下の階級間, 全て $P < 0.05$; 35 mm 以上の階級間, 全て $P > 0.05$)。

考 察

ハタハタ仔魚の胃内容物中には、少なくとも46

種の生物が認められ (Tables 3–5), 他の底生魚類であるマダラ *Gadus macrocephalus* (30種, Takatsu et al. 1995), スケトウダラ *Theragra chalcogramma* (11種以上, Nishiyama and Hirano 1983; 27種, 高津ら 1992), ヒラメ *Paralichthys olivaceus* (23種, 田中ら 2006; 20種, Takeno et al. 2008), マコガレイ *Pseudopleuronectes yokohamae* (16種, 中神ら 2000), イシガレイ *Platichthys bicoloratus* (16種以上, Takatsu et al. 2007) 等の仔稚魚に較べて多様な生物群を餌としていた。またハタハタ仔魚の餌生物は、ハタハタ成魚・未成魚 (7種, 杉山 1991) と比較しても著し

Table 3. Cont.

Station (depth)	5 February									25 February			5 March		
	Stn. 1 (2 m)			Stn. 3 (9 m)			Stn. 4 (13 m)			Stn. 1 (3 m)			Stn. 4 (16 m)		
Food organism	F%	N%	V%	F%	N%	V%	F%	N%	V%	F%	N%	V%	F%	N%	V%
Copepoda (nauplius ;total)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	35	4.6	1.7
<i>Pseudocalanus</i> spp.	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	25	3.3	1.6
<i>Paracalanus</i> and <i>Clausocalanus</i> spp.	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	10	1.3	0.1
<i>Oithona</i> sp.	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Corycaeus</i> sp.	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Balanomorpha (larva; total)	0	0	0	20	8.6	3.4	70	40.7	25.7	5	0.2	1.1	0	0	0
Balanidae (nauplius)	0	0	0	20	8.6	3.4	70	40.7	25.7	0	0	0	0	0	0
Balanidae (cypris)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	5	0.2	1.1	0	0	0
Mysidacea (total)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Acanthomysis nakazatoi</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Neomysis spinosa</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Xenacanthomysis pseudomacropsis</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Unidentified Mysidacea	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Cumacea (total)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Bodotria</i> sp.	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Diastylis alaskensis</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Unidentified Cumacea	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Gammaridea (total)	5	2.4	22.4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Pontogeneia</i> sp.	5	2.4	22.4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Pontogenediae	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Synchelidium</i> sp.	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Parapleustes</i> sp.	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Melitidae	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Unidentified Gammaridea	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Euphausiacea (total)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	5	1.3	5.5
Euphausiacea (calytopis larva)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	5	1.3	5.5
Euphausiacea (furcilia larva)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Decapoda (total)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Caridae (zoea)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Anomura (zoea)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
CRUSTACEA (egg)	5	71.4	16.4	0	0	0	0	0	0	35	40.1	1.9	25	4.0	0.5
Myophiurida	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Appendicularia (total)	0	0	0	30	10.5	34.8	40	7.0	21.3	0	0	0	0	0	0
<i>Fritillaria</i> sp.	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Oikopleura</i> sp.	0	0	0	30	10.5	34.8	40	7.0	21.3	0	0	0	0	0	0
PISCES	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Fecal pellet	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Unidentified food	0	0	-	5	1.0	-	0	0	-	0	0	-	25	3.3	-
Number of fish examined	20			20			20			20			20		
Number of empty digestive tracts	15			6			3			1			1		
Mean and SD* number of food organisms	2.1±7.6			5.3±5.0			8.6±8.6			32.0±33.0			7.6±5.4		
Mean and SD* SL (mm) of fish examined	12.6±0.90			13.6±1.07			14.3±1.06			15.0±1.52			17.1±1.73		
Range of SL (min - max., mm)	10.9 - 14.4			11.1 - 15.2			12.5 - 16.9			12.3 - 18.3			14.3 - 20.2		
Percentage of developmental stages (%)**	75,25,0,0			35,65,0,0			20,75,5,0			20,65,15,0			5,15,80,0		

*Standard deviation.

**Preflexion, flexion, postflexion and juvenile.

く多種にわたっていた。当海域のハタハタ仔稚魚は、口幅に対して1.5-88.1%と広い餌生物のサイズを捕食していたことから、種類だけではなくサイズについても広範囲の餌を利用することが明らかとなった。ハタハタ仔稚魚はカイアシ類コペポダイトやアミ類を多く捕食すると同時に、他の底魚類の仔稚魚に較べて極めて多様な餌生物を捕食しており、この餌生物種の幅の広さが、低い空胃率 (Tables 3-5) となって表れているものと考えられる。

ハタハタ仔稚魚は孵化直後から小型の *Paracalanus parvus* を中心とするカイアシ類コペポダイトを主食とし (Table 3; Fig. 8), 29.9 mm BL までは摂餌するコペポダイトの個体数を増加させ (Fig. 11), 26.5 mm BL 以上ではカラヌス目の中でも比較的大型の *Calanus* 属や *Metridia pacifica* のほか、アミ目やオキアミ目等を摂餌するようになった (Fig. 10)。さらに40 mm BL 以上でアミ類を主食とすることが明らかとなった (Fig. 8)。多くの海産魚類は、孵化直後にカ

Table 4. Percent frequency of occurrence (F%), percent by number (N%) and percent by volume (V%) of food items in digestive tracts of *A. japonicus* larvae and juveniles collected off Kitaura from March to April 2009

Food organism	25 March			13 April			17 April			28 April		
	Station (depth)			Station (depth)			Station (depth)			Station (depth)		
	Stn. 7 (11 m)			Stn. 9 (41 m)			Stn. 8 (19 m)			Stn. 9 (40 m)		
	F%	N%	V%	F%	N%	V%	F%	N%	V%	F%	N%	V%
Centrales												
<i>Coscinodiscus</i> spp.	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
GASTROPODA (larva)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	5	<0.1	<0.1
BIVALVIA (larva)	0	0	0	5	<0.1	<0.1	0	0	0	10	0.2	0.1
POLYCHAETA (larva)	20	1.2	0.5	35	0.5	1.0	15	0.3	0.5	20	0.4	0.3
CRUSTACEA												
Cladocera												
<i>Evadne nordmanni</i>	0	0	0	0	0	0	5	<0.1	<0.1	25	4.0	6.1
Copepoda (copepodite)												
Calanoida (total)	90	76.0	16.0	100	36.4	65.4	95	61.0	52.0	100	32.7	16.9
<i>Calanus pacificus</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Calanus sinicus</i>	5	0.2	1.8	5	0.2	4.9	0	0	0	0	0	0
<i>Calanus</i> spp.	0	0	0	0	0	0	10	0.1	0.5	0	0	0
<i>Neocalanus</i> spp.	0	0	0	10	0.2	10.6	0	0	0	5	<0.1	0.2
<i>Calocalanus styliremis</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Candacia bipinnata</i>	0	0	0	0	0	0	5	<0.1	2.1	0	0	0
<i>Centropages abdominalis</i>	0	0	0	10	<0.1	0.5	10	0.3	0.2	10	0.2	0.3
<i>Clausocalanus</i> spp.	15	1.4	0.2	30	0.3	0.3	90	7.7	4.5	95	4.7	1.5
<i>Pseudocalanus minutus</i>	5	0.2	0.3	10	<0.1	0.5	10	0.2	0.2	10	0.2	0.3
<i>Pseudocalanus newmani</i>	25	5.0	0.9	85	11.6	30.4	95	36.3	37.8	55	9.9	6.9
<i>Pseudocalanus</i> spp.	0	0	0	0	0	0	0	0	0	10	0.6	0.3
<i>Metridia pacifica</i>	0	0	0	0	0	0	10	0.2	0.9	15	0.7	2.5
<i>Paracalanus parvus</i>	80	67.4	12.8	90	9.4	12.4	60	1.5	1.3	95	5.1	2.5
<i>Paracalanus</i> and <i>Clausocalanus</i> spp.	25	1.7	<0.1	100	14.5	5.7	90	10.2	2.9	90	9.9	2.1
Unidentified Calanoida	0	0	0	15	0.2	0.2	95	4.5	1.6	40	1.4	0.3
Cyclopoida (total)	45	9.5	0.9	65	1.9	0.6	100	11.8	5.4	100	38.4	11.5
<i>Oithona atlantica</i>	25	3.8	0.5	5	<0.1	<0.1	90	7.6	4.3	95	28.0	9.7
<i>Oithona similis</i>	40	5.7	0.4	65	1.8	0.6	85	4.2	1.2	100	10.4	1.8
Harpacticoida (total)	35	2.1	0.9	20	0.2	0.3	10	0.1	<0.1	85	6.7	0.6
<i>Clytemnestra rostrata</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	5	<0.1	<0.1
<i>Halectinosoma</i> sp.	0	0	0	5	<0.1	<0.1	0	0	0	0	0	0
<i>Microsetella norvegica</i>	10	0.5	<0.1	0	0	0	5	<0.1	<0.1	65	3.4	0.2
<i>Microsetella rosea</i>	5	0.2	<0.1	0	0	0	0	0	0	65	1.5	0.2
<i>Microsetella</i> spp.	0	0	0	0	0	0	0	0	0	5	0.3	<0.1
<i>Harpacticus</i> spp.	15	1.0	0.6	15	0.1	0.3	0	0	0	5	<0.1	<0.1
<i>Tigriopus</i> spp.	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Zaus</i> sp.	0	0	0	5	<0.1	<0.1	0	0	0	0	0	0
Unidentified Harpacticoida	5	0.5	0.2	0	0	0	5	<0.1	<0.1	60	1.4	0.2
Poecilostomatoida (total)	35	3.3	0.5	50	0.7	1.0	80	3.3	2.7	85	4.0	1.1
<i>Corycaeus affinis</i>	5	0.2	0.2	35	0.5	0.9	75	3.1	2.6	65	1.4	0.7
<i>Oncaea</i> spp.	35	3.1	0.3	20	0.3	0.1	15	0.2	<0.1	85	2.6	0.5

イアシ類ノープリウス幼生を捕食し、その後カイアシ類コペポダイトや尾虫類、アミ類等に転換する種が多い(田中 1980)。一方、ハタハタは卵が比較的大型であり(Okiyama 1990)、他魚種に比べて比較的に発育が進んだ状態で孵化し(2月5日の水深2m地点の平均脊索長、12.6 mm)、孵化時に既に口器がほぼ完成している(Morioka 2005)。このため孵化後2日目から摂餌でき(池端 1983)、摂餌が十分行えるようになった体長で卵黄吸収が完了する(孵化後25日、18.9 mm BL前後、Morioka 2005)。従って本種の仔魚はカイアシ類コペポダイトなどを摂餌しながら、比較

的長期間にわたり内部栄養も利用することで、発育初期の低い摂餌成功率を補っていると考えられる。しかし、前屈曲期仔魚の割合が75%と高かった2月5日のStn. 1で空胃率が75%と高かった原因については、仔魚の餌の発見能力や追跡能力が低かったためか、環境中の餌生物密度が相対的に低かったためかは明らかではない。

秋田県沿岸では1984年5月に採集されたハタハタ稚魚の胃内容物が調べられており、全長(以下TLと表記)29–42 mmの個体の主要な餌は*Paracalanus*属と*Centropages*属を主とするカラヌス目および*Evadne*

Table 4. Cont.

Station (depth)	25 March			13 April			17 April			28 April			
	Stn. 7 (11 m)	Stn. 9 (41 m)	Stn. 8 (19 m)	Stn. 9 (40 m)	F%	N%	V%	F%	N%	V%	F%	N%	V%
Food organism	F%	N%	V%	F%	N%	V%	F%	N%	V%	F%	N%	V%	
Copepoda (nauplius ;total)	25	4.5	0.1	90	59.0	6.1	40	2.3	0.1	10	0.1	<0.1	
<i>Pseudocalanus</i> spp.	10	0.7	<0.1	45	1.7	0.5	10	0.2	<0.1	0	0	0	
<i>Paracalanus</i> and <i>Clausocalanus</i> spp.	25	3.8	<0.1	90	57.2	5.7	40	2.0	0.1	10	0.1	<0.1	
<i>Oithona</i> sp.	0	0	0	0	0	0	5	<0.1	<0.1	0	0	0	
<i>Corycaeus</i> sp.	0	0	0	0	0	0	5	<0.1	<0.1	0	0	0	
Balanomorpha (larva; total)	5	0.2	0.2	5	<0.1	<0.1	10	0.1	<0.1	5	<0.1	<0.1	
Balanidae (nauplius)	0	0	0	5	<0.1	<0.1	10	0.1	<0.1	0	0	0	
Balanidae (cypris)	5	0.2	0.2	0	0	0	0	0	0	5	<0.1	<0.1	
Mysidacea (total)	10	0.5	44.3	20	0.2	21.3	20	0.4	34.0	50	0.7	32.5	
<i>Acanthomysis nakazatoi</i>	10	0.5	44.3	0	0	0	0	0	0	15	0.3	17.5	
<i>Neomysis spinosa</i>	0	0	0	10	<0.1	3.4	0	0	0	0	0	0	
<i>Xenacanthomysis pseudomacropsis</i>	0	0	0	0	0	0	20	0.4	34.0	0	0	0	
Unidentified Mysidacea	0	0	0	10	0.1	17.9	0	0	0	35	0.4	15.0	
Cumacea (total)	0	0	0	10	0.1	3.5	0	0	0	0	0	0	
<i>Bodotria</i> sp.	0	0	0	5	<0.1	3.0	0	0	0	0	0	0	
<i>Diastylis alaskensis</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
Unidentified Cumacea	0	0	0	5	<0.1	0.5	0	0	0	0	0	0	
Gammaridea (total)	0	0	0	5	<0.1	0.5	5	<0.1	1.9	5	<0.1	<0.1	
<i>Pontogeneia</i> sp.	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
Pontogeniidae	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
<i>Synchelidium</i> sp.	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
<i>Parapleustes</i> sp.	0	0	0	0	0	0	5	<0.1	1.9	0	0	0	
Melitidae	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
Unidentified Gammaridea	0	0	0	5	<0.1	0.5	0	0	0	5	<0.1	<0.1	
Euphausiacea (total)	5	0.2	<0.1	0	0	0	0	0	0	30	8.3	26.0	
Euphausiacea (calyptopis larva)	5	0.2	<0.1	0	0	0	0	0	0	30	5.1	7.7	
Euphausiacea (furcilia larva)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	25	3.3	18.3	
Decapoda (total)	5	1.0	13.2	5	<0.1	0.1	5	<0.1	0.5	5	0.2	4.6	
Caridae (zoea)	0	0	0	0	0	0	5	<0.1	0.5	5	<0.1	2.5	
Anomura (zoea)	5	1.0	13.2	5	<0.1	0.1	0	0	0	5	0.1	2.1	
CRUSTACEA (egg)	0	0	0	100	0.8	<0.1	100	19.2	0.3	100	4.1	<0.1	
Myophiurida	0	0	0	0	0	0	0	0	0	15	0.2	<0.1	
Appendicularia (total)	20	1.0	0.3	0	0	0	40	1.2	2.4	0	0	0	
<i>Fritillaria</i> sp.	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
<i>Oikopleura</i> sp.	20	1.0	0.3	0	0	0	40	1.2	2.4	0	0	0	
PISCES	10	0.5	23.2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
Fecal pellet	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
Unidentified food	0	0	-	5	<0.1	-	0	0	-	0	0	-	
Number of fish examined	20			20			20			20			
Number of empty digestive tracts	0			0			0			0			
Mean and SD* number of food organisms	21.0±30.2			121.2±68.7			78.2±27.9			91.2±66.5			
Mean and SD* SL(mm) of fish examined	24.0±2.65			30.2±3.92			29.7±2.98			32.4±2.15			
Range of SL (min - max., mm)	19.4 - 29.6			24.7 - 38.3			25.0 - 35.4			29.0 - 38.7			
Percentage of developmental stages (%)**	0,0,100,0			0,0,65,35			0,0,60,40			0,0,5,95			

*Standard deviation.

**Preflexion, flexion, postflexion and juvenile.

属を主とする枝角類であった(安村 1984)。杉山(1991)は、1988年4月下旬から5月上旬に北浦沿岸の水深5-10mで採集した稚魚を調査し、33-41mm TLの個体では枝角類 *Podon* 属および *Evadne* 属と、カイアシ類 *Centropages* 属、*Acartia* 属、*Paracalanus* 属が主要な餌となっており、アミ類も多く認められることを報告している。また、森岡(2002a)は、石川県能登半島沿岸に設置した海面網生け簀において2月下旬から4月中旬に、孵化後3日齢のハタハタを、生け簀内に

流入する天然餌料プランクトンのみを給餌して50日間飼育し、その胃内容物と成長との関係を調べ、その結果、ハタハタはふ化後3日目から摂餌を開始し、4月上旬までは枝角類 *Podon* 属と *Centropages* 属を主とするカイアシ類が高い割合を占め、27mm TL以上となった3月下旬以降には、オキアミ科やモエビ科の幼生が個体数比率は低いものの重量比率で高い割合を示したことを報告している。本研究では、過去に主要な餌とされた枝角目 *Podon* 属が全く認められなかった

Table 5. Percent frequency of occurrence (F%), percent by number (N%) and percent by volume (V%) of food items in digestive tracts of *A. japonicus* larvae and juveniles collected off Kitaura in May 2009

Food organism	Station (depth)	7 May			21 May			27 May		
		Stn. 9 (40 m)			Stn. 10 (59 m)			Stn. 10 (57 m)		
		F%	N%	V%	F%	N%	V%	F%	N%	V%
Centrales										
<i>Coscinodiscus</i> spp.		0	0	0	0	0	0	0	0	0
GASTROPODA (larva)		10	<0.1	<0.1	5	0.3	<0.1	0	0	0
BIVALVIA (larva)		0	0	0	0	0	0	0	0	0
POLYCHAETA (larva)		80	3.7	0.3	15	1.3	0.3	0	0	0
CRUSTACEA										
Cladocera										
<i>Evadne nordmanni</i>		10	<0.1	<0.1	0	0	0	0	0	0
Copepoda (copepodite)										
Calanoida (total)		100	48.1	3.4	95	82.0	25.8	85	51.5	1.8
<i>Calanus pacificus</i>		10	0.1	0.3	30	3.0	13.3	5	0.2	<0.1
<i>Calanus sinicus</i>		0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Calanus</i> spp.		0	0	0	0	0	0	5	0.2	<0.1
<i>Neocalanus</i> spp.		5	<0.1	<0.1	0	0	0	10	0.5	0.6
<i>Calocalanus styliremis</i>		0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Candacia bipinnata</i>		0	0	0	5	0.3	2.0	0	0	0
<i>Centropages abdominalis</i>		0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Clausocalanus</i> spp.		100	9.1	0.6	80	23.1	2.3	50	6.3	<0.1
<i>Pseudocalanus minutus</i>		5	<0.1	<0.1	0	0	0	0	0	0
<i>Pseudocalanus newmani</i>		100	15.5	1.2	95	33.9	4.1	80	27.6	0.4
<i>Pseudocalanus</i> spp.		0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Metridia pacifica</i>		20	0.3	0.2	15	0.8	2.6	50	4.2	0.6
<i>Paracalanus parvus</i>		75	2.1	0.2	45	3.8	0.6	45	6.1	<0.1
<i>Paracalanus</i> and <i>Clausocalanus</i> spp.		100	17.2	0.7	60	12.4	0.8	35	3.9	<0.1
Unidentified Calanoida		80	3.7	0.1	40	4.8	0.3	20	2.4	<0.1
Cyclopoida (total)		100	20.9	1.2	40	3.5	0.3	15	1.2	<0.1
<i>Oithona atlantica</i>		95	11.2	0.8	35	2.2	0.2	15	1.2	<0.1
<i>Oithona similis</i>		100	9.7	0.3	20	1.3	<0.1	0	0	0
Harpacticoida (total)		65	1.3	<0.1	40	3.2	0.1	20	1.0	<0.1
<i>Clytemnestra rostrata</i>		0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Halectinosoma</i> sp.		0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Microsetella norvegica</i>		5	<0.1	<0.1	15	0.8	<0.1	0	0	0
<i>Microsetella rosea</i>		60	1.1	<0.1	15	0.8	<0.1	0	0	0
<i>Microsetella</i> spp.		0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Harpacticus</i> spp.		0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Tigriopus</i> spp.		0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Zaus</i> sp.		0	0	0	5	0.3	<0.1	5	0.2	<0.1
Unidentified Harpacticoida		15	0.1	<0.1	20	1.3	<0.1	15	0.7	<0.1
Poecilostomatoida (total)		80	1.9	0.1	45	3.8	0.6	50	5.6	0.1
<i>Corycaeus affinis</i>		50	0.5	<0.1	25	1.6	0.3	50	5.1	<0.1
<i>Oncaea</i> spp.		65	1.4	<0.1	25	2.2	0.4	10	0.5	<0.1

ことが異なっていたが (Tables 3–5), 仔魚期にはカイアシ類コペポダイトを, 稚魚期にはアミ類等のより大型の甲殻類へと転換することは一致することから, ハタハタは生活史初期においてカイアシ類コペポダイトやアミ類などの小型甲殻類を主要な餌生物としているといえる。

当海域のハタハタの仔稚魚の体高は, 孵化直後から35 mm BL まで体長を上回る速度で増大していた (Fig. 11)。体高と遊泳力の関係については, マダイ *Pagrus major* (Kohno et al. 1983) やオニオコゼ *Inimicus japonicus* (河野・曾田 1998), クジメ

Hexagrammos agrammus (河野ら 2000) の仔稚魚において, 体高の増加と各鰭の発達とが同時期に進行することで, 尾鰭による遊泳力が高まると考えられている。ハタハタにおいてもすべての鰭条数が定数に達するのは30 mm BL にかけてであり (未発表), 体高の増大期とほぼ一致することから, 仔魚期から稚魚期にかけて遊泳力を増すことで, アミ類などのより大型の餌生物を摂餌できるようになると考えられる。ハタハタ仔稚魚が摂餌したコブヒゲハマアミ 1 個体の体積は, カイアシ類で多く摂餌していた *Paracalanus parvus* の190倍, *Calanus* 属の7–9倍に相当し, 著しく大きかった。

Table 5. Cont.

Food organism	Station (depth)	7 May			21 May			27 May		
		Stn. 9 (40 m)			Stn. 10 (59 m)			Stn. 10 (57 m)		
		F%	N%	V%	F%	N%	V%	F%	N%	V%
Copepoda (nauplius ;total)		5	<0.1	<0.1	0	0	0	0	0	0
<i>Pseudocalanus</i> spp.		0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Paracalanus</i> and <i>Clausocalanus</i> spp.		5	<0.1	<0.1	0	0	0	0	0	0
<i>Oithona</i> sp.		0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Corycaeus</i> sp.		0	0	0	0	0	0	0	0	0
Balanomorpha (larva; total)		0	0	0	0	0	0	0	0	0
Balanidae (nauplius)		0	0	0	0	0	0	0	0	0
Balanidae (cypris)		0	0	0	0	0	0	0	0	0
Mysidacea (total)		95	3.1	91.9	20	1.6	68.1	95	37.1	95.0
<i>Acanthomysis nakazatoi</i>		0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Neomysis spinosa</i>		0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Xenacanthomysis pseudomacropsis</i>		95	3.1	91.9	10	1.1	55.1	95	37.1	95.0
Unidentified Mysidacea		0	0	0	10	0.5	13.0	0	0	0
Cumacea (total)		5	<0.1	2.0	0	0	0	10	0.5	1.8
<i>Bodotria</i> sp.		0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Diastylis alaskensis</i>		0	0	0	0	0	0	5	0.2	1.8
Unidentified Cumacea		5	<0.1	2.0	0	0	0	5	0.2	<0.1
Gammaridea (total)		5	<0.1	<0.1	0	0	0	45	2.9	1.2
<i>Pontogeneia</i> sp.		5	<0.1	<0.1	0	0	0	0	0	0
Pontogenediae		0	0	0	0	0	0	5	0.2	<0.1
<i>Synchelidium</i> sp.		0	0	0	0	0	0	5	0.2	0.5
<i>Parapleustes</i> sp.		0	0	0	0	0	0	0	0	0
Melitidae		0	0	0	0	0	0	40	2.4	0.6
Unidentified Gammaridea		0	0	0	0	0	0	0	0	0
Euphausiacea (total)		5	<0.1	<0.1	0	0	0	0	0	0
Euphausiacea (calytopis larva)		5	<0.1	<0.1	0	0	0	0	0	0
Euphausiacea (furcilia larva)		0	0	0	0	0	0	0	0	0
Decapoda (total)		0	0	0	0	0	0	0	0	0
Caridae (zoea)		0	0	0	0	0	0	0	0	0
Anomura (zoea)		0	0	0	0	0	0	0	0	0
CRUSTACEA (egg)		100	10.7	<0.1	0	0	0	0	0	0
Myophiurida		0	0	0	0	0	0	0	0	0
Appendicularia (total)		80	6.1	0.7	35	3.8	4.7	5	0.2	<0.1
<i>Fritillaria</i> sp.		20	0.2	<0.1	0	0	0	0	0	0
<i>Oikopleura</i> sp.		80	5.9	0.7	35	3.8	4.7	5	0.2	<0.1
PISCES		0	0	0	0	0	0	0	0	0
Fecal pellet		10	3.9	0.2	0	0	0	0	0	0
Unidentified food		0	0	-	10	0.5	-	0	0	-
Number of fish examined		20			20			20		
Number of empty digestive tracts		0			0			0		
Mean and SD* number of food organisms		112.4 ± 59.5			18.6 ± 16.0			20.5 ± 12.9		
Mean and SD* SL(mm) of fish examined		35.9 ± 2.80			41.2 ± 2.91			42.9 ± 3.14		
Range of SL (min - max., mm)		31.9 - 44.7			36.2 - 45.5			34.9 - 47.1		
Percentage of developmental stages (%)**		0,0,0,100			0,0,0,100			0,0,0,100		

*Standard deviation.

**Preflexion, flexion, postflexion and juvenile.

稚魚は形態的に高い摂餌能力を備え、アミ類等の大型の餌を摂餌することで、捕食回数を減らしつつ十分な量の餌を獲得できることから (Fig. 11), アミ類はハタハタ仔稚魚にとって重要な餌であると考えられる。

ハタハタは、北浦沿岸水深 5 m 以浅の岩礁域に形成されたヒバマタ目褐藻場のスギモク *Cocophora langsdorfii* やヤツマタモク *Sargassum patens* などに産卵し (杉山 1988), 孵化した仔魚は成長とともに水深の深い水域に移動した (Figs. 4 - 6)。2月から5月下

旬における仔稚魚の分布水深帯の水温は7.3-12.2°Cであり、5月21日の13.3°Cを示した Stn. 8や5月27日の13.2°Cを示した Stn. 9には分布しなかった (Fig. 6)。飼育下のハタハタ仔稚魚では13°Cを超えると呼吸量が急激に低下し (森岡 2002b), 14°C以上で成長が停滞し (Tsukamoto et al. 1991), 14-15°Cで死亡が増大する (前山 1985)。従って、この時期の深所への移動は、第一義的に13.2°C以上の水温を避けた結果であると考えられる。

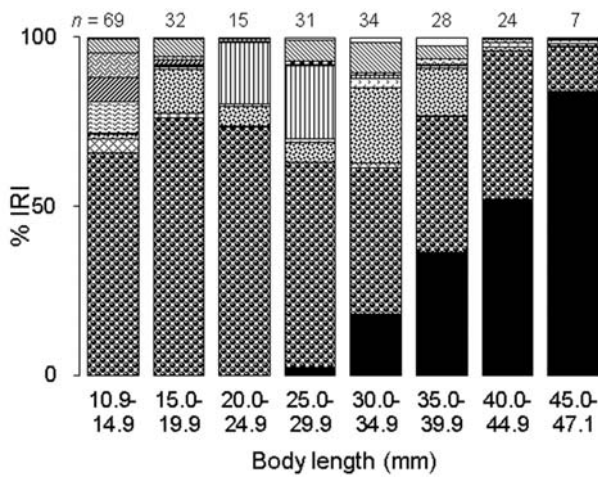


Fig. 8. Relative importance of prey by IRI% in the diet of *A. japonicus* larvae and juveniles by body length group of the fish. n, number of stomachs examined; ■, Mysidacea; ▨, Calanoida (copepodite); ▩, Harpacticoida (copepodite); ▧, *Oithona* spp.; ▦, Poecilostomatoida (copepodite); ▥, Copepoda (nauplius); ▤, Appendicularia; ▣, Balanidae (larva); ▢, BIVALVIA (larva); □, PISCES; ■, CRUSTACEA (egg); □, others.

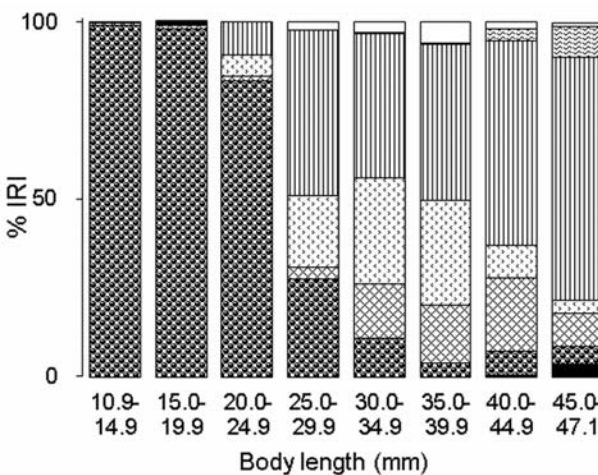


Fig. 9. Relative importance of calanoid copepods by IRI% in the diet of *A. japonicus* larvae and juveniles by body length group of the fish. ■, *Calanus* spp.; ▨, *Paracalanus parvus*; ▩, *Clausocalanus* spp.; ▧, *Paracalanus* and *Clausocalanus* spp.; ▦, *Pseudocalanus* spp.; ▥, *Metridia pacifica*; □, others.

秋田県沿岸におけるハタハタ仔稚魚の分布については、沖山 (1988) が1966年から1968年の2月下旬から3月上旬にかけて表層と亜表層 (5, 10, 20 m) の水平曳き調査を行い、主な分布域が水深20 m 以浅の水域であることを明らかにした。同様の調査は1982年3-5月にも行われたが、その際はいずれの曳網水深でもハタハタは採捕されなかった (安村 1984)。また杉山 (1987) は1986年4-6月に、本研究とほぼ同規格のオッタートロールネットを用いた調査を行い、ハ

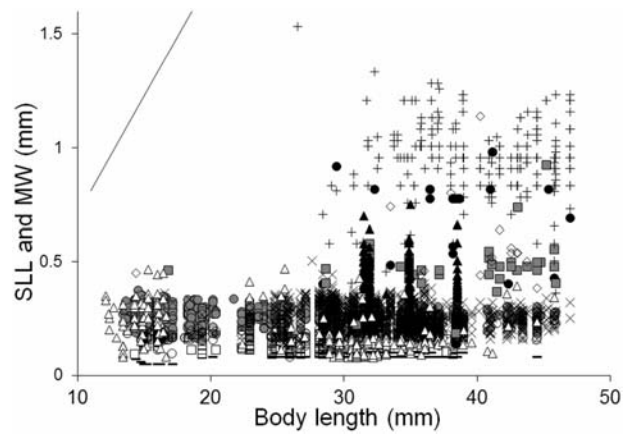


Fig. 10. Prey size (SLL in Fig. 3) distribution in the diet of *A. japonicus* larvae and juveniles. The regression line between mouth width and body length of *A. japonicus* is shown, and the formula is $MW \text{ (mm)} = 0.104 \times SL - 0.337$ ($r^2 = 0.97$, $n = 240$, $P < 0.001$). +, Mysidacea; ◇, Gammaridea; ▲, Euphausiacea (furcilia larva); ▨, *Metridia pacifica*; ●, *Calanus* spp.; ×, *Pseudocalanus* spp.; ○, *Paracalanus parvus*; —, CRUSTACEA (egg); ○, *Oithona* spp.; □, Copepoda (nauplius); △, Harpacticoida (copepodite).

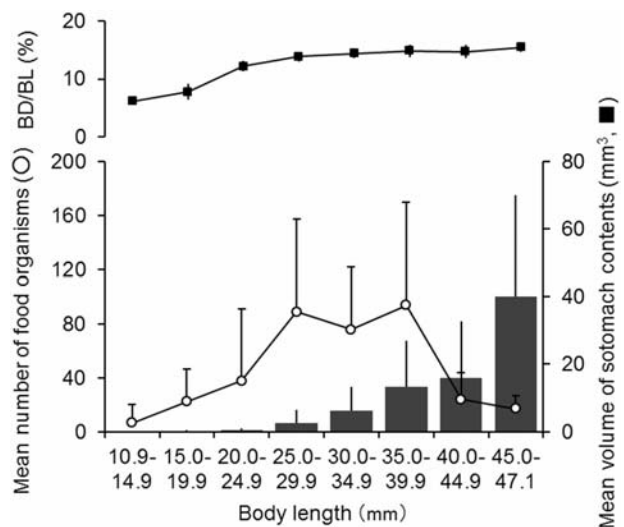


Fig. 11. Relationships between body length class and percentage of body depth to body length (top) and mean number and volume of food organisms (below) in guts of *A. japonicus* larvae and juveniles. Error bars show standard deviations.

タハタの分布の中心は4月下旬に水深5 m, 5月上旬に16 m, 中旬に38 m, 下旬に50 m, 6月中旬には83 mへと移行し、4月中旬の21.4 mm TLから6月中旬の46.8 mm TLに成長したことを報告している。1960年代は近年におけるハタハタ資源量の極大期、1980年代は極小期にあたり、両年代の漁獲量には最大で289倍の差がある (1968年, 20,223トン, 農林省 1970; 1991年, 70トン, 農林水産省 1993)。本研究が実施された2009年の漁獲量は2,648トン (農林水産省 2010) で資源の

極小期からの回復過程にあり、両年代とは資源水準が大きく異なるが、得られた分布水深や体長は、1960年代および1980年代の調査結果と良く一致した。他海域でのハタハタ仔稚魚の移動については、南・田中(1985)が1984年5-8月に新潟県信濃川河口付近で底曳網によりハタハタ稚魚を採集し、5月上旬の26.7 mm TL から下旬には38.6 mm TL に達すること、7月下旬には水深90-130 m で68-74 mm TL の個体を、8月上旬には水深110-120 m で81 mm TL の個体を採捕し、深所ほど大型であると報告した。従って、5月下旬以降の深い水域への移動は、前述のように生息に不適切な水温を避ける移動だけではなく、生息可能な水温範囲内においても成長に伴う個体発生的移動によって生じると考えられ、この移動様式は分布海域や年代、資源水準が異なっても、基本的に変化しないものと考えられる。

稚魚が摂餌したアミ類のうち最も多く捕食されていたコブヒゲハマアミは、秋田沖のハタハタ仔稚魚の生残に重要な役割を果たしている可能性がある。コブヒゲハマアミは、春季に新潟県以北の日本海沿岸浅海域に濃密な群れをなして出現し(村野 1995)、秋田県沿岸の浅所でも4月頃繁殖のため底層に濃密な群を形成する。4-5月に雌成体の育房から7-8 mm BL で孵出した幼生は、6-8月にかけて水深200-250 m の大陸棚縁辺の海底に移動し、翌春には約17 mm BL となって繁殖のために沿岸浅所に回遊する(Morioka and Takahashi 1980)。3月下旬から5月下旬におけるコブヒゲハマアミ幼生の分布域はハタハタ仔稚魚とよく類似しており、ハタハタはカイアシ類コペポダイトから同所的・同時的に生息するコブヒゲハマアミ幼生に餌を転換することで、効率的な摂餌が可能である。北浦沿岸は、ごく沿岸の岩礁域にヒバマタ目褐藻が優占し(杉山 1987)、その沖側には水深100 m 付近まで海底勾配が緩やかで、アミ類が生息できる砂泥域が広がることから(秋田県 1991, Fig. 1)、ハタハタの産卵や仔稚魚の生息に好適な環境条件であるといえる。

一方、アミ類の分布密度や量は季節変動とともに年変動も大きく(Morioka and Takahashi 1980; 広田 1998)、ハタハタ仔稚魚の餌料条件にも年変動が生じている可能性がある。今後は、ハタハタ仔稚魚の胃内容物組成を複数年にわたって調査し、加えて餌生物の豊度も経年的に調べることで、餌料条件などの環境変化が本種の初期生残に及ぼす影響を明らかにし、加入量変動が生じる原因を探索する必要がある。

要 約

秋田県沿岸におけるハタハタ仔稚魚の水深別分布と摂餌生態を調べるため、2009年2-5月に仔稚魚の分

布密度と食物組成および餌サイズ組成を調査した。仔稚魚は水温7.3-12.2°Cの底層に分布し、水深0.5-5 m の産卵場から個体発生的に水深60 m 以深に移動した。また稚魚は、水温13.2°C以上の底層には分布しなかった。ハタハタの孵化仔魚は脊索長が約12 mm あり、他の海産魚類の仔魚に比べて口器および形態が発達した段階で孵化していた。体長12-30 mm の仔魚の餌は浮遊性あるいは底生性のカイアシ類コペポダイトが高い割合を占め、40 mm 以上ではアミ類が優占した。コブヒゲハマアミはハタハタ稚魚の成育場に同期的に出現し、他の浮遊性あるいは底生性の甲殻類に比べて大型であることから、稚魚の重要な餌生物の一つであると考えられた。

謝 辞

調査にあたり、清心丸の古仲利也船長および湊丸の湊 喜市船長には大変お世話になりました。調査の実施と試料の分析および漁具図の作成には、漁業調査指導船千秋丸および沿岸調査船第二千秋丸の乗組員各位にご協力いただきました。ハタハタの骨格形成過程については、北海道大学大学院水産科学研究院の今村央教授にご指導を賜りました。これらの方々に厚くお礼申し上げます。本研究は秋田県が平成13年度から平成21年度にかけて実施した水産資源変動要因調査の一部として実施された。

文 献

- 秋田県(1991) 沿岸漁場総合整備開発基礎マップ(底質分布図), 秋田県, pp. 1-2.
- 広田祐一(1998) 餌料としてのかいあし類・アミ類の生態. 砂浜海岸における仔稚魚の生物学(千田哲資・木下泉編), 水産学シリーズ116, 恒星社厚生閣, 東京, pp. 78-88.
- 池端正好(1983) ハタハタ種苗生産試験について. 昭和56年度秋田県栽培漁業センター事業報告書, pp. 72-80.
- 小林時正・加賀吉栄(1981) 北海道周辺海域のハタハタの産卵群の計数形質変異から推定される系群構造について. 北水研報告, 46, 69-83.
- 河野 博・曾田一志(1998) 遊泳と摂餌に関連する形質の発達に基づいたオニオコゼ仔稚魚の発育段階. 水産増殖, 46, 333-342.
- Kohno, H., Y. Taki, Y. Ogasawara, Y. Shirojo, M. Taketomi and M. Inoue (1983) Development of Swimming and Feeding Functions in Larval *Pagrus major*. *Japan. J. Ichthyol.*, 30, 47-60.
- 河野 博・栗田 豊・青海忠久(2000) 遊泳と摂餌に関する形質の発達に基づいたクジメ仔稚魚の発育段階. *La mer*, 38, 77-86.
- 甲本亮太・工藤裕紀(2010) 水産資源変動要因調査. 平成

- 20年度秋田県農林水産技術センター水産振興センター事業報告書, pp. 63-70.
- 前田圭司 (2003) ハタハタ. 新北のさかなたち (上田吉幸・前田圭司・嶋田 宏・鷹見達也編), 北海道新聞社, 札幌, pp. 216-219.
- 前山 清 (1985) ハタハタ. 昭和59年度日本栽培漁業協会事業年報, pp. 188-194.
- 南 卓志・田中 実 (1985) アカヒゲ漁で漁獲されたハタハタ稚魚. 日水研報告, **35**, 1-10.
- 森岡泰三 (2002a) プラクトン蝸集ランプを設置した海面網生簀におけるハタハタ仔稚魚の食性. 日水誌, **68**, 526-533.
- 森岡泰三 (2002b) ハタハタ. 平成12年度日本栽培漁業協会事業年報, (社)日本栽培漁業協会, 東京, pp. 96-97.
- Morioka, T. (2005) Onset of burying behavior concurrent with growth and morphological changes in hatchery-reared Japanese sandfish *Arctoscopus japonicus*. *Fish. Sci.*, **71**, 242-244.
- 森岡泰三 (2009) ハタハタ *Arctoscopus japonicus* の生物特性と海上網生須を用いた種苗生産技術に関する研究, 東京海洋大学大学院博士論文, 162 pp.
- Morioka, Y. and Y. Takahashi (1980) Ontogenetic vertical and horizontal migration of an opossum shrimp, *Acanthomysis pseudomacropsis* (Crustacea: Mysidacea) in the Japan Sea. *Bull. Jap. Sea Reg. Fish. Res. Lab.*, **31**, 153-159.
- 村野正昭 (1995) アミ目. 原色検索日本海岸動物図鑑 [II] (西村三郎編著), 保育社, 大阪, p. 164.
- 中神正康・高津哲也・松田泰平・高橋豊美 (2000) 北海道津軽海峡沿岸におけるマコガレイ稚魚によるハルバクチクス目の捕食. 日水誌, **66**, 818-824.
- Nishiyama, T. and K. Hirano (1983) Estimation of zooplankton weight in the gut of larval walleye polluck (*Theragra chalcogramma*). *Bull. Plankton Soc. Jap.*, **30**, 159-170.
- 農林省 (1970) 昭和43年漁業養殖業生産統計年報, pp. 86-87.
- 農林水産省 (1993) 平成3年漁業養殖業生産統計年報, pp. 88-89.
- 農林水産省 (2010) 平成21年海面漁業・養殖業生産統計, 東北の概要, p. 10.
- 沖山宗雄 (1970) ハタハタの資源生物学的研究-II. 系統群 (予報). 日水研報, **22**, 59-69.
- 沖山宗雄 (1988) ハタハタの初期生活史研究について. 第2回ハタハタ研究協議会報告書, pp. 21-28.
- Okiyama, M. (1990) Contrast in reproductive style between two species of sandfishes (Family Trichodontidae). *Fish. Bull.*, **88**, 543-549.
- 奥山 忍 (2007) 水産資源変動要因調査. 平成17年度秋田県農林水産技術センター水産振興センター事業報告書, pp. 35-42.
- Pearre, S. (1980) The copepod width-weight relation and its utility in food chain research. *Can. J. Zool.*, **58**, 1884-1891.
- Sakuramoto, K., T. Kitahara and H. Sugiyama (1997) Relationship between temperature and fluctuations in sandfish catch (*Arctoscopus japonicus*) in the coastal waters off Akita Prefecture. *ICES J. Mar. Sci.*, **54**, 1-12.
- 渋谷和治・伊勢谷修弘・斉藤 寿・山田潤一 (1985) 男鹿半島台島地区におけるハタハタの産卵状況. 昭和58年度秋田県栽培漁業センター事業報告書, pp. 120-125.
- Shirai, S., R. Kuranaga, H. Sugiyama and M. Higuchi (2006) Population structure of the sailfin sandfish, *Arctoscopus japonicus* (Trichodontidae), in the Sea of Japan. *Ichthyol. Res.*, **53**, 357-368.
- 杉下重雄 (2008) 水産資源変動要因調査. 平成18年度秋田県農林水産技術センター水産振興センター事業報告書, pp. 32-38.
- 杉山秀樹 (1987) 秋田県沿岸におけるハタハタ卵塊および稚仔の出現状況. ハタハタ研究協議会報告書, pp. 20-25.
- 杉山秀樹 (1988) ハタハタの産卵および初期生活史を中心とした生態. 日本水産学会東北支部会報, **38**, 7-9.
- 杉山秀樹 (1991) ハタハタの食性と摂餌傾向. 第4回ハタハタ研究協議会報告書, pp. 25-31.
- 杉山秀樹 (2002) ハタハタの生物特性. ハタハタの生物特性と種苗生産技術 (栽培漁業技術シリーズ No. 8), 日本栽培漁業協会, 東京, pp. 7-20.
- 高津哲也・高橋豊美・中谷敏邦・前田辰昭・大越金蔵 (1992) 陸奥湾におけるスケトウダラ卵および仔稚魚の分布と移動. 日水誌, **58**, 2235-2243.
- Takatsu, T., T. Nakatani, T. Mutoh and T. Takahashi (1995) Feeding habits of pacific cod larvae and juveniles in Mutsu Bay, Japan. *Fish. Sci.*, **61**, 415-422.
- Takatsu, T., Y. Suzuki, A. Shimizu, K. Imura, Y. Hiraoka and N. Shiga (2007) Feeding habits of stone flounder *Platichthys bicoloratus* larvae in Mutsu Bay, Japan. *Fish. Sci.*, **73**, 142-155.
- Takeno, K., Y. Hamanaka and I. Okano (2008) Differences in growth of young Japanese flounder *Paralichthys olivaceus* in two semi-enclosed bays of the Sea of Japan, Kyoto. *Aquaculture Sci.*, **56**, 513-522.
- 田中 克 (1980) 海産仔魚の摂餌と生残 (I). 天然海域における食性. 海洋と生物, **11**, 440-447.
- 田中庸介・大河俊之・山下 洋・田中 克 (2006) ヒラメ *Paralichthys olivaceus* 稚魚の食物組成と摂餌強度にみられる地域性. 日水誌, **72**, 50-57.
- 友田 努・堀田和夫・森岡泰三 (2006) 七尾湾及び富山湾で放流したハタハタ人工種苗の生育, 産卵と移動. 日水誌, **72**, 1039-1045.
- Tsukamoto, K., Y. Shima and J. Hirokawa (1991) Estimation of early growth history in the Japanese sandfish with otolith microstructure. *Nippon Suisan Gakkaishi*, **57**, 585-589.
- Watanabe, K., H. Sugiyama, S. Sugishita, N. Suzuki and K. Sakuramoto (2004) Estimation of distribution boundary between two sandfish *Arctoscopus japonicus* stocks in the Sea of Japan off Honshu, Japan using density indices. *Bull. Jpn. Soc. Fish. Oceanogr.*, **68**, 27-35.
- 安村 明 (1984) 天然ハタハタ稚仔生態調査. 秋田県水産試験場事業報告書, pp. 53-70.