岩手県南部の砂浜域砕波帯におけるチカ *Hypomesus japonicus* 仔稚魚の出現動態とその変動要因

片 寄 剛,^{1a*} 佐 藤 直 司,^{1b} 森 俊 彰,^{1c}
難 波 信 由,¹ 後 藤 友 明,² 朝 日 田 卓¹

(2019 年 12 月 12 日 受付, 2020 年 7 月 6 日 受理, 2020 年 10 月 9 日 J-STAGE 早期公開)

¹北里大学海洋生命科学部, ²岩手大学三陸水産研究センター

Occurrence and dynamics of larval and juvenile Japanese surfsmelt *Hypomesus japonicus*
in the surf zone of southern Iwate, Japan

GO KATAYOSE,^{1a*} NAOSHI SATO,^{1b} TOSHIAKI MORI,^{1c}
NOBUYOSHI NANBA,¹ TOMOAKI GOTO² AND TAKASHI ASAHIDA¹

¹*School of Marine Biosciences, Kitasato University, Sagami-hara, Kanagawa 252-0373, ²Sanriku Fisheries Research Center, Iwate University, Kamaishi, Iwate 026-0001, Japan*

The Japanese surfsmelt *Hypomesus japonicus* is a saltwater fish, distributed in northern Japan, Sakhalin, Kuriles and Kamchatka. The distribution, seasonality and population dynamics were examined in southern Iwate on the basis of a long-term survey of the larval and juvenile fish fauna in the surf zone. The larvae, juveniles and young surfsmelt occurred from April to September, and approx. 75% of the individuals were collected between sunrise and sunset. Stomach contents analysis indicated that copepods were the main prey and feeding occurred between sunrise and sunset. The diel changes in the occurrence of the fish were correlated with the number of prey items in the stomach contents. It is thought that the larvae and juveniles appeared in the surf zone for feeding. The number of larvae and juveniles varied among years, and the results of water type distribution analysis suggested that the population size of larval and juvenile surfsmelt is related to the strength of the cold current intrusion (the Oyashio and/or Coastal Oyashio).

キーワード : *Hypomesus japonicus*, 親潮, 混合水域, 砕波帯, 砂浜海岸, 仔稚魚, 出現動態, 食性

チカ *Hypomesus japonicus* はキュウリウオ科ワカサギ属に属する冷水性の海産魚であり、カムチャッカ半島から朝鮮半島、国内では北海道沿岸から三陸沿岸が分布域とされる。¹⁾ 本種は春季に塩分が低い砂浜海岸の浅所で群れを成して産卵を行い、1年で成熟して寿命とされる4年目まで産卵に参加することなどが国内での主産地である北海道での研究により報告されている。²⁻⁵⁾

東北沿岸でも本種の産卵生態に関する報告⁶⁻⁸⁾に加え、内湾域における仔魚や稚魚、若魚の分布⁹⁾や出現時期^{6,9,10)}に関する報告がある。特に岩手県大槌湾の広域

で浮遊期仔魚を調査した Yamashita and Aoyama⁹⁾は、湾奥部に位置する海藻・海草藻場のある浅所で本種仔稚魚や若魚の出現が多いことを述べ、本種が仔魚期から若魚期にかけて浅所を成育場として利用している可能性を示している。また、廣瀬⁶⁾は、同じ大槌湾の根浜沖（水深 0.8–8 m）および赤磯浜沖（水深 1–3.6 m）でプランクトンネットを用いて水深別に本種仔魚の分布を調査した結果、水深 3–7 m 地点の海底直上で本種仔魚の出現が多く、浅所の海底直上部が本種仔魚の初期成育場であることを推測している。砂浜海岸や海藻・海草藻場は、

仔稚魚に対する餌場やシェルターとしての機能が知られており,^{11,12)} 岩手県大槌湾での本種仔稚魚の分布に関する報告は、いずれも湾内の浅所が初期成育場である可能性を示唆するものである。しかし、本種仔稚魚によるこれらの環境の利用形態が詳細に調べられた例は極めて少なく、廣瀬⁶⁾は採集された仔稚魚および成魚の胃内容物組成を報告しているものの、採集地点が日によって異なるうえ、採集場所の環境特性も変化しているため、餌生物への選択性など食性の詳細は不明である。

本種は、分布の南限に近い岩手県でも定置網や磯建網等による水揚げがあるとともに（岩手県水産技術センター水産情報配信システム調べ：<http://www.suigi.pref.iwate.jp/>）、遊漁対象種としての人気も高いなど漁業資源にとどまらない価値を有する有用資源である。一方、本種の漁獲量には大きな年変動があることが知られている。⁶⁾ しかし、その要因は不明であり、魚類の資源変動には初期減耗が強く影響することが知られているが、¹³⁾ 本種の初期生活史に関する知見は少ないため、その関連性については明らかになっていない。また、本種は砂浜海岸で孵化することから、その初期生活史において砂浜海岸周辺の浅所が利用されている可能性が考えられる。しかし、多くの魚類において仔稚魚期を過ごす成育場としての機能が報告されており、また砂浜海岸で最も浅い水域である汀線域（以降、砕波帯）¹⁴⁻¹⁷⁾では、仔稚魚期を通して本種の動態が調べられた例はない。従って、砕波帯に注目し、本種仔稚魚や餌環境に関する定性的調査を行うことで、本種仔稚魚の分布や食性など、本種の資源管理のためにも重要な知見が得られるものと考えられる。また、Hirose and Kawaguchi⁷⁾は、産卵のた

めに砂浜域に來遊する親魚群の規模に年変動があることを示しており、再生産の規模が本種の資源変動に関連していると推察される。しかし、この事象に関する詳しい研究は行われていない。岩手県沖は親潮と黒潮、津軽暖流が季節ごとに盛衰を繰り返す混合水域であり、¹⁸⁾ これまでにも本海域の複雑な海流環境が魚類の回遊などに影響する可能性が指摘されてきた。¹⁹⁻²¹⁾ 冷水種であるチカも資源量と海流の影響との間に関連がある可能性が考えられるが、これに関する知見はない。そこで、本研究では内湾域浅所におけるチカの生活史と岩手県沿岸における資源変動要因の解明に資する知見を得ることを目的に、岩手県沿岸南部の砕波帯におけるチカ仔稚魚の出現動態や胃内容物、餌環境などに関する分析を行った。なお、本論文の一部には佐藤²²⁾で用いられたデータを再解析した結果が含まれている。

材料と方法

調査期間と調査地点 岩手県沿岸南部に位置する越喜来湾に調査定点を設けて調査を行った（Fig. 1）。越喜来湾は湾口が南東に開けた湾で、湾奥に位置する浦浜海岸と浪板海岸に調査地点を設けた。浦浜海岸は、湾最奥に位置し、湾内では最大河川である浦浜川を挟んで西側（延長約 200 m）と東側（延長約 100 m）に 2 つの砂浜海岸がある。調査は東側の砕波帯（St. U）で行った。浪板海岸（海岸総延長約 50 m）は湾の比較的奥部の北側にある砂浜海岸で、砕波帯の沖合には湾内最大規模のアマモ場が存在する。調査は同海岸の砕波帯（St. N）で行った。なお、浦浜海岸の東西 2 つの砂浜海岸は 2011 年 3 月 11 日に発生した東北地方太平洋沖地震に

Fig. 1 Location of the study area and position of sampling sites in Iwate Prefecture, northern Japan (source, Geospatial Information Authority of Japan).

伴う地盤沈下と津波により消失した。しかし、浦浜川河口から西側には陸側に前進した海岸線に新たな砂浜域（砂が堆積した場所）が形成されたことから、2012年以降は新たな砂浜域を St. UAT (Station Urahama After Tsunami) として調査した。浪板海岸では地盤沈下の影響で海岸線が陸側に前進したものの砂浜域は残存した。

調査は、浦浜海岸で2002年から2006年 (St. U) および2012年から2016年 (St. UAT) に行い、浪板海岸 (St. N) で、2002年から2008年および2012年から2016年に行った。調査期間は各年4月から9月までとし、各月に調査を行った。なお、2005年9月、2016年5月と9月には調査が行われなかった。調査は毎月大潮の1日を選び、2002年4月から9月には1日4つの時間帯 (0時・6時・12時・18時)、2003年から2008年の4月から9月には1日6つの時間帯 [日出直前・日出直後・太陽の南中時・日入直前・日入直後・月の南中時 (各時間帯の前後1時間程度)] に、2012年から2016年の4月から9月には1日2つの時間帯 (2012–2013年：日没時と1日の最干潮時；2014–2016年：1日2回の干潮時) に行った。

仔稚魚の採集 仔稚魚の採集は、縦1m×横4m、目合1mmの稚魚ネット (セインネット) を用い、2002年から2008年には時間帯ごとに各2回、2012年から2016年には時間帯ごとに各1回、汀線に沿って水深1m以浅を30m曳網することにより行った。採集した仔稚魚は直ちに10% 海水ホルマリンまたは70% 海水エタノールによって固定し、研究室に持ち帰った後、選別と同定等の分析を行った。なお、採集した仔稚魚の種同定は沖山²³⁾に、発達が進んだ個体の種同定は中坊¹⁾に従い、調査地点ごとと年ごとの出現個体数は総曳網面積あたりの平均密度 (ind./m²) とした。

発育段階の区分 岩井,²⁴⁾ 加納ら,²⁵⁾ 沖山²³⁾ を基に、以下の4つに区分した。仔魚期：卵黄期から各鰭条数が定数に達するまでの期間；稚魚期：鰭条が定数に達し鱗も発現するなど形態は種の特徴を示すが、各部の特徴が発現初期にある期間；若魚期：成魚に似るが、生殖能力がなく各部の相対比など形態的特徴が成魚とは異なる期間；成魚期：性的に成熟した期間。

食性調査 2003年6月と同年7月に浦浜海岸で採集された標本を用いて食性調査を行った。各時間帯に採集された全個体中から無作為に抽出した10個体 (6月の日出前のみ3個体) を対象に、標準体長 [仔魚期：BL (mm)；稚魚期以降：SL (mm)；まとめてSLと表記] を測定した後、胃内容物を分析し、餌生物の種ごとに個体数を計数した。この際、各時間帯の摂餌量は1個体あたりの餌生物数 ($N/\text{ind.}$ ；ここでは N は餌生物数) として算出した。また、同年には碎波帯でプランクトンネット (ノルパックネット：口径45 cm, 目合い95 μm)

を曳網することで餌環境の調査も行い、胃内容物分析の結果と比較することで餌生物に対する選択性を求めた。プランクトンネットの曳網は各時間帯に1回行い、環境中の餌生物 (プランクトン) 量は濾水量あたりの出現個体数 (ind./m³) とし、濾水量と選択度 (EI)²⁶⁾ の算出には次式を用いた。

$$\text{濾水量} = \text{ノルパックネットの口径面積 (m}^2\text{)} \\ \times \text{曳網距離 (m)}$$

$$\text{選択度 (EI)} = (r_i - P_i) / (r_i + P_i)$$

r_i : 全胃内容物中に占める i 種の割合

P_i : 全プランクトン中に占める i 種の割合

水質 調査では、多項目水質計 [2002–2008年：Quonta (環境システム社)、2012–2016年：WQC-24 (東亜 DKK)] を用いて各調査地点の水温 (°C) と塩分 (PSU) を測定した。

水系分析 いわて大漁ナビ (<http://www.suigi.pref.iwate.jp/>) が毎日更新している海表面水温分布画像 [2002–2008年：複数日水温合成画像 (表面水温分布画像)；2012–2016年：雲無し海表面水温分布画像] で調査期間中の表面水温の変化を調べた。また、越喜来湾内のコンブ栽培区²⁷⁾ で2013年から2016年までに水温データロガー [ティドビット v2 (Onset 社)] を水深0.5 mに設置して定点観測した水温に基づいて、水温6°C以下を基準に¹⁸⁾ 親潮の接岸時期を調べた。さらに、いわて大漁ナビで公開されている漁業指導調査船 (北上丸) の沿岸定点海水温速報 (綾里埼沖 39°03'N, 141°55'E 付近) を基に Temperature–Salinity ダイアグラム (以降、T–S ダイアグラム) を作成し、Hanawa and Mitsudera¹⁸⁾ に従い水系分析を行った。分析には2016年の1月から3月の観測データを用い、TS-Cluster ver2.0²⁸⁾ で作図した。

結 果

岩手県南部の碎波帯におけるチカ仔稚魚の出現 浦浜海岸と浪板海岸の碎波帯で調査を行った結果、仔魚期から若魚期までの個体が採集された。出現は4月から9月まで見られたものの、5月から6月の仔稚魚期に集中し、調査期間中に採集された総個体数の約83% を占めた。両海岸におけるチカ仔稚魚出現個体数 (ind./m²) の年変化を Fig. 2 に示した。本種仔稚魚の出現個体数は、2002年 (2.328 ind./m² : 浦浜海岸；5.067 ind./m² : 浪板海岸) に極めて多く、2004年 (0.019 ind./m² : 浪板海岸) や2008年 (0.002 ind./m² : 浪板海岸) に少ないなど両海岸ともに経年的な増減が見られたが、この両海岸における出現個体数の年変化の間には高い正の相関 (Pearson correlation coefficient, $r = 0.85$, $P < 0.01$) が認められた。また、2016年には両海岸ともに仔稚魚が採集されなかった。

Fig. 2 Changes in number of individuals (ind./m²) of larval, juvenile and young fishes of *Hypomesus japonicus* collected from the surf zone at Urahama beach [a, from 2002 to 2006 (St. U) and from 2012 to 2016 (St. UAT)] and Namiita beach [b, from 2002 to 2008 and from 2012 to 2016 (St. N)].

Fig. 3 Monthly changes of mean water temperature (°C) from April to September, from 2002 to 2006 and from 2012 to 2016, at Urahama beach [a, St. U (from 2002 to 2006) and St. UAT (from 2012 to 2016)] and Namiita beach (b, St. N).

各海岸における塩分と水温の変化 浦浜海岸と浪板海岸における水温と塩分の変動を比較した。なお、2007年と2008年には浦浜海岸で調査が行われなかったことから、比較には2002年から2006年および2012年から2016年のデータを用いた。塩分は両海岸ともに融雪期や梅雨期(5-7月)に低下する傾向を示し、調査期間中は浦浜海岸で21.6-35.2、浪板海岸で24.6-35.5で値が変化した。また、その変化には地点間で正の相関(Pearson correlation coefficient, $r=0.43$, $P<0.01$)が認められた。しかし、湾内の主要河川である浦浜川の河口域に接する浦浜海岸で値の変化が大きい傾向を示し、海岸間で有意差が認められた(Mann-Whitney's U -test, $P<0.01$)。水温は両海岸ともに、仔稚魚の採集を行った4月から9月では4月に最も低い値を示し、調査期間中は浦浜海岸で6.4-26.1°C、浪板海岸で7.8-26.1°Cで値が変化した(Fig. 3)。また、値の変化には地点間で高い正の相関が認められ(Pearson correlation coefficient, $r=0.99$, $P<0.01$)、各海岸における値の変化には海岸間で有意差が認められなかった(Mann-Whitney's U -test, $P=0.74$)。

摂餌と胃内容物組成の日周変化 2003年6月と7月に浦浜海岸で採集されたチカ仔稚魚を対象に、出現した時間帯ごとの出現個体数と摂餌量($N/\text{ind.}$)を調べた。チカ仔稚魚は、6月には5378個体[平均21.5 mm SL

(19.0-25.5 mm SL)]が採集されたが、日出直後には1082個体、日入直前には1672個体、日入直後には1385個体と、日中から日没の間に1日の77%以上が出現した(Fig. 4a)。7月には5087個体[平均24.3 mm SL (21.9-26.8 mm SL)]の仔稚魚が採集され、6月と同様に日出直後には1156個体、太陽の南中時には1200個体、日入直後には1466個体と日中から日没の間に1日の75%が出現した(Fig. 4b)。これらのサンプルについて、出現した時間帯ごとに胃内容物を調べた結果、1個体当たりの摂餌量は、6月には日出直後と日入直前に、7月には太陽の南中時と日入直後に最も多い双峰型の変化を示した(Figs. 4a, b)。また、同じ時間帯におけるチカ仔稚魚の出現個体数と摂餌量を比較した結果、両者の間には正の相関が認められた(6月, $r=0.57$; 7月, $r=0.78$)。さらに、6月には日出直前や月の南中時(夜中)のように太陽の出ない時間帯に摂餌量が減少、または空胃率(VI)が上昇し、7月にも摂餌量は太陽の出ない時間帯に減少した(Figs. 4a, b)。

胃内容物組成では、6月の摂餌量ではカイアシ類が最も多く(0-59.0 $N/\text{ind.}$)、次いで二枚貝幼生(0-5.1 $N/\text{ind.}$)が多いことが明らかとなった(Fig. 4a)。7月も同様にカイアシ類が占める割合が最も多い結果となり(2.0-61.8 $N/\text{ind.}$)、胃内容物中におけるカイアシ類の相対量は6月と7月でともに1日を通して多かった[50-93%; 6月の月の南中時のみ、胃内容物総数2個体

Fig. 4 Diel changes in number of individuals of larvae and juveniles of *Hypomesus japonicus* and number of individual prey items in their stomach contents at Urahama beach in June (a) and July (b), 2003 (VI, vacuity index).

Table 1 Diel changes in number of individuals (ind./m³) of plankton as prey collected from the surf zone at Urahama beach in June and July 2003

	Sunrise		Zenith of sun	Sunset		Zenith of moon
	Before	After		Before	After	
June 2003						
Diatom	4280	2280	4120	1840	920	1360
Copepoda	880	1200	1200	720	720	840
Nauplius	240	320	560	920	400	320
Veliger	40	320	520	320	400	240
Larval polychaete	40	320	520	320	400	240
Others	840	320	360	520	400	440
July 2003						
Diatom	600	320	1240	1320	920	1000
Copepoda	80	0	360	360	120	320
Nauplius	0	0	1560	120	0	120
Veliger	0	0	0	0	0	0
Larval polychaete	0	0	120	0	0	0
Others	560	280	600	560	480	880

(巻貝幼生) に対しカイアシ類 0 個体であったため]。また、カイアシ類への選択度 (EI) も 6 月が 0.50 以上 (全ての分析個体が空胃であった日出直前および日入直後と、胃内容物総数が巻貝幼生 2 個体のみであった月

Fig. 5 Diel changes in selectivity index [EI, Ivlev (1961)] for Copepoda as a major prey group in the stomach contents of larvae and juveniles of *Hypomesus japonicus* collected on June 16th and July 14th, 2003 at Urahama beach.

の南中時を除く), 7 月が 0.66 以上と高いことから碎波帯中のプランクトン (Table 1) の中から選択的に捕食していることが示された (Figs. 4, 5)。

出現の日周変化 2004 年から 2006 年までに浦浜海岸と浪板海岸で採集されたチカ仔稚魚を対象に、時間帯ごとの出現個体数を調べた (Fig. 6)。出現個体数は両地点ともに太陽の南中時に最も多く、浦浜海岸で全体の 45%、浪板海岸で全体の 70% の仔稚魚が出現した。年ごとに見ると、浦浜海岸では 2004 年で日出直前に最も出現個体数が多いものの、2005 年と 2006 年には太陽の南中時に最も出現個体数が多くなった。浪板海岸では 2004 年から 2006 年を通して太陽の南中時に出現個体数が最も多く、浦浜海岸よりも太陽の南中時における出現個体数の増加傾向が顕著であった。

水系分析 衛星画像による表面水温分布から、2003 年、2006 年、2012 年、2013 年および 2015 年には冬季 (2–3 月) に三陸沿岸の水温が 6°C 以下に低下した期間があり、2002 年、2004 年、2005 年、2007 年、2008 年、2014 年、2016 年には津軽暖流または黒潮が沿岸にかかることで冬季の沿岸域の表面水温が 6°C 以上であったことがわかった。また、Fig. 7 に越喜来湾内のワカメ栽培区で定点観測した表層水温 (水深 0.5 m) の変化を示したが、観測が行われた各年とも 2 月下旬から 3 月中旬までの間に親潮の接岸を示す水温の低下 (6°C 以下) が認められたのに対し、碎波帯でチカ仔稚魚が採集されなかった 2016 年に限り、これが認められなかった。2016 年に親潮が接岸しなかったことは、綾里埼沖の定点観測結果を基に作成した同年の T-S ダイアグラムによる水系分析の結果からも示された (Fig. 8)。

考 察

チカ仔稚魚の碎波帯利用形態 本研究により、本種は

Fig. 6 Diel changes in number of individuals of larvae and juveniles of *Hypomesus japonicus* collected during the period from April to September, from 2003 to 2006 at Urahama beach (St. U) and Namiita beach (St. N).

春季（水温 10℃ 前後）から夏季（水温 20℃ 前後）にかけて（Fig. 3），仔魚期から若魚期までの個体が碎波帯に出現することが明らかとなった。これまでに行われた研究では，本種仔魚の出現が湾奥部の中層に，稚魚・若魚の出現が湾奥部の海藻・海草藻場の隣接する浅所に集中すること⁹⁾や，海岸沖側の水深 3–7 m 地点の海底直上で本種仔魚の出現が多いこと⁶⁾が報告されている。本研究では，これまでに本海域で重点を置いた調査がほとんど行われてこなかった砂浜海岸の碎波帯にも多くの仔稚魚が出現することを示すことができた。また仔魚から若魚の出現時期は，大槌湾の湾央の仔魚相および浅所（shoal area with seagrass and seaweed beds）の稚魚・若魚相とその季節性を調査した Yamashita and Aoyama⁹⁾の報告と一致し，この時期が岩手県中・南部で共通した本種仔稚魚による浅所の主な利用期間であると考えられる。

出現の日周性に注目すると，碎波帯における本種仔稚魚の出現個体数には太陽の動きに合わせた日周変化が見られ，この変化には摂餌量（N/ind.）の日周変化との相関が認められたことから摂餌生態との関係性が示唆された（Fig. 4）。また摂餌量では，日中から日入直後にかけて 2 回のピークを持つ双峰型の日周変化が示された

（Fig. 4）。同じキュウリウオ亜目に属するアユ *Plecoglossus altivelis altivelis* では屋内水槽（自然光下）の実験によって仔魚期における摂餌の日周変化が調べられており，本研究の結果と同様，日中にのみ摂餌が行われ，夜明け後と日没前後に摂餌率が高い双峰型の日周変化を示すことが報告されている。²⁹⁾ 加えて同報告²⁹⁾は，このような摂餌の日周変化がアユの仔魚期から稚魚期まで共通した現象であることを指摘しており，³⁰⁾ チカ仔稚魚の摂餌の日周性には近縁種であるアユと同様の特徴があるものと考えられる。

胃内容物組成を調べた結果からは，本種は仔魚期から稚魚期（19.0–26.8 mm SL）を通して主にカイアシ類を摂餌していることが明らかになり（Fig. 4），これは餌生物に対する選択度（EI）からも示された（Fig. 5）。また食性の分析を行った 6 月と 7 月には，ともに日出直前や月の南中時（夜中）のように太陽の出ない時間帯に摂餌量が減少，または空胃率（VI）が上昇した（Fig. 4）。このことから，仔稚魚は日中に視覚による捕食（visual feeding）を行っているものと考えられ，日中（日出直後から日没まで）の碎波帯を，カイアシ類を摂餌するための重要な餌場として利用していることが示された。しかし，日周と摂餌の関係が示唆された一方で，

Fig. 7 Monthly changes of mean water temperature (°C) from January to June, from 2013 to 2016 and diel changes of water temperature from February 15th to March 31st (closed triangle shows the first day when the Oyashio current water and/or the Coastal Oyashio current water appeared in Okirai Bay).

出現が太陽の南中時に集中した浪板海岸 (St. N) と比較して、浦浜海岸 (St. U) では日出直前や月の南中時にも多く出現するなど海岸間で相違が見られた (Figs. 4, 6)。両海岸は環境特性が異なり、浦浜海岸は湾最奥に位置する河口海岸であるのに対し、浪板海岸は岩礁や漁港岸壁に囲まれ、アマモ場が隣接する複合海岸で、浦浜海岸と比較して河口からの距離もある。これらの環境の違いが出現に影響を及ぼす可能性も考えられることから、今後は底質や流向などの物理環境にも注目した調査が必要である。

チカ仔稚魚の出現個体数変動に見られた年変動の要因チカ仔稚魚の出現個体数には年変動が大きいことが明らかとなったが (Fig. 2), 成魚についても、資源量⁶⁾や産

卵群 (親魚群) の規模⁷⁾に年変動があることが報告されている。本研究は上記の報告とは仔稚魚期の出現に注目した点で異なるが、仔稚魚の出現個体数と水温に関して長期調査を行った2海岸間では、いずれの変化にも正の相関が認められた。このことは、仔稚魚の出現個体数の年変動要因が海岸規模で生じるものとは異なり、より広範囲の水温に影響を及ぼす要因にあることを示唆する。また、岩手県中・南部沿岸の3つの漁業協同組合 (宮古・山田・釜石) の記録にあるチカの水揚げ量を調査した廣瀬⁶⁾は、本種の資源量に見られる年変動の傾向が三陸 (岩手県) 沿岸で一致することを指摘しており、本種の資源量は同県中・南部沿岸という広範囲で同様の年変動を見せるものと考えられる。

Fig. 8 Temperature and salinity scatter diagram from January to March in 2016 (100 m depth) observed off Ryori Bay. The domains separated by thick lines show the conventional water types, Tsugaru warm current water (T), Oyashio water (O), Kuroshio water (K), Coastal Oyashio water (C), the surface layer water (S) and the deeper layer water (D), classified by Hanawa and Mitsudera (1987).

岩手県沖は親潮と黒潮，津軽暖流が季節ごとに盛衰を繰り返す混合水域であり，¹⁸⁾ 冬季（2-3月）に本海域で影響が強くなる親潮の南下勢力には年変動が大きいことも知られている（気象庁：https://www.data.jma.go.jp/kaiyou/data/shindan/b_2/oyashio_exp/oyashio_exp.html）。

調査を行った越喜来湾は外洋の影響を強く受けることで，水質に年変動が大きいことも知られている。³¹⁾ チカ仔稚魚の出現個体数や水温，水系の分析結果を比較したところ，2016年のように親潮の接岸が確認されない年に仔稚魚の出現も確認されないなど（Figs.

2, 7, 8), 親潮の勢力とチカ仔稚魚の個体数変動との間に密接な関係があることが示唆された。また, チカ仔稚魚の出現個体数が比較的多かった2006年と2014年には沿岸親潮の勢力が強かったことや, チカ仔稚魚の出現個体数が比較的少なかった2004年, 2007年, 2008年には沿岸親潮の勢力が例年よりも弱かったことが示されており,³²⁾ 本種仔稚魚の出現は親潮や沿岸親潮といった冷水の接岸期間やその勢力に大きく影響される可能性が考えられた。

以上のように, 本研究では, 水深1m以浅の砕波帯におけるチカ仔稚魚の出現動態から, その日周期性や餌場としての利用形態などを考察した。また, 本種仔稚魚の出現個体数は混合水域である本海域の特性のために海流に関わる複数の要因の影響を受けて変化したものと考えられた。しかし海岸規模では, その出現動態は底質や陸水, 潮汐などの環境特性とも関連して複雑に変化するため, 砕波帯における出現個体数の変動要因については不明な点が残った。今後は, 海岸環境や産卵群規模などとの関連についての解明が必要である。

謝 辞

本研究を進めるにあたり厚いご理解とご協力をいただいた越喜来漁業協同組合の皆様, ならびに岩手県水産技術センターの皆様へ深謝いたします。また, 板谷恵利氏, 桑原涼氏, 遠藤純一氏, 小森谷重人氏をはじめ, 調査を進めるにあたりご協力いただいた北里大学海洋生命科学部(旧:水産学部)の卒業生諸氏にお礼申し上げます。なお, 本研究の一部は東北マリンサイエンス拠点形成事業および日本科学協会の笹川科学研究助成による助成を受けて行われたものです。

文 献

- 1) 中坊徹次. 「日本産魚類検索 全種の同定 第三版」東海大学出版会, 東京. 2013.
- 2) Yanagawa H. Study on the local form and dispersal of the Chika, *Hypomesus pretiosus japonicus* (Brevoort) in Japan. *Mem. Fac. Fish., Hokkaido Univ.* 1981; **27**: 1-78.
- 3) Hamada K. Taxonomic and ecological studies of the genus *Hypomesus* of Japan. *Bull. Fac. Fish., Hokkaido Univ.* 1961; **9**: 1-55.
- 4) 浜田啓吉. チカ *Hypomesus japonicus* の生態学的研究 第1報 年齢の推定. *Bull. Fac. Fish., Hokkaido Univ.* 1956; **7**: 219-224.
- 5) 柳川弘行. 北海道南部地方の森および函館におけるチカの成長の比較. 北大水産集 1980; **31**: 327-338.
- 6) 廣瀬太郎. 三陸大槌湾におけるチカの資源生物学的研究. 博士論文, 東京大学, 東京. 1996.
- 7) Hirose T, Kawaguchi K. Spawning ecology of Japanese surf smelt, *Hypomesus pretiosus japonicus* (Osmeridae), in Otsuchi Bay, northeastern Japan. *Environ. Biol. Fishes* 1998; **52**: 213-223.
- 8) Hirose T, Kawaguchi K. Sediment size composition as an important factor in the selection of spawning site by the Japanese surf smelt *Hypomesus japonicus*. *Fish. Sci.* 1998; **64**: 995-996.
- 9) Yamashita Y, Aoyama T. Ichthyoplankton in Otsuchi Bay on northeastern Honshu with reference to the time-space segregation of their habitats. *Nippon Suisan Gakkaishi* 1984; **50**: 189-198 (in Japanese with English abstract).
- 10) 座間 彰. 「万石浦に出現する魚類の生態学的研究」自家出版, 石巻. 1999.
- 11) 須田有輔, 早川康博訳. 「砂浜海岸の生態学」東海大学出版会, 東京. 2002 (Japanese translation of Brown AC, McLachlan A. *The ecology of sandy shores*. Elsevier, Amsterdam. 1990).
- 12) 東 幹夫. 稚魚育成場としてのアマモ場の役割. 「藻場・海中林」(日本水産学会編) 恒星社厚生閣, 東京. 1981; 3-56.
- 13) Houde ED. Fish early life dynamics and recruitment variability. *Am. Fish. Soc. Symp.* 1987; **2**: 17-29.
- 14) Kinoshita I. Postlarvae and juveniles of silver sea bream, *Sparus sarba* occurring in the surf zones of Tosa Bay, Japan. *Gyoryuigaku Zasshi* 1986; **33**: 7-12.
- 15) 木下 泉. 砂浜海岸の成育場としての意義. 「水産学シリーズ 116 砂浜海岸における仔稚魚の生態学」(千田哲資, 木下 泉編) 恒星社厚生閣, 東京. 1998; 122-133.
- 16) Arayama K, Imai H, Kohno H, Fujita K. Early life history of Japanese whiting *Sillago japonica* occurring in the surf zone of sandy beaches, Tateyama Bay, central Japan. *Nippon Suisan Gakkaishi* 2003; **69**: 359-367.
- 17) Arayama K, Sunoh N, Yamazaki Y. Distribution of ayu *Plecoglossus altivelis* larvae and juveniles in the coastal area around the Kuji River estuary, Ibaraki Prefecture, central Japan. *Nippon Suisan Gakkaishi* 2014; **80**: 713-725 (in Japanese with English abstract).
- 18) Hanawa K, Mitsudera H. Variation of water system distribution in the Sanriku coastal area. *J. Oceanogr. Soc. Jpn.* 1987; **42**: 435-446.
- 19) Okouchi H, Yamane S, Aritaki M. Migration ecology of the herring *Clupea pallasii* after spawning in Miyako Bay and homing in the following year. *Nippon Suisan Gakkaishi* 2008; **74**: 389-394 (in Japanese with English abstract).
- 20) 為石日出生, 杉本隆成. 東北海域におけるマイワシの北上回遊と接岸に果たす暖水渦と暖水ストリーマの役割—航空機調査から—. 水産海洋研究 1994; **2**: 77-90.
- 21) 高木香織, 高橋素光, 木下貴裕, 谷津明彦, 本田 聡, 西田 宏. 北西太平洋におけるマイワシ稚魚の水平分布の変化と黒潮統流の動態. 水産海洋研究 2013; **4**: 290-298.
- 22) 佐藤直司. 魚類生活史における小規模砕波帯の機能. 博士論文, 北里大学, 東京. 2007.
- 23) 沖山宗雄. 「日本産稚魚図鑑 第二版」東海大学出版会, 東京. 2014.
- 24) 岩井 保. 「水産脊椎動物Ⅱ 魚類 第7版」恒星社厚生閣, 東京. 336 pp.
- 25) 加納光樹, 小池 哲, 河野 博. 東京湾内湾の干潟域の魚類相とその多様性. 魚類学雑誌 2000; **47**: 115-129.
- 26) Ivlev VS. *Experimental ecology of the feeding of fishes*. Yale Univ. Press, New-Haven. 1961. 302 pp.
- 27) Nanba N, Huijiwara T, Kuwano K, Ishikawa Y, Ogawa H, Kado R. Effect of water flow velocity on growth and morphology of cultured *Undaria pinnatifida* sporophytes (Laminariales, Phaeophyceae) in Okirai Bay on the Sanriku coast, Northeast Japan. *J. Appl. Phycol.* 2011; **23**: 1023-1030.

- 28) 田中雄大, 今村 豊, 児玉琢哉, 及川利幸, 矢倉浅黄, 佐伯光広, 真壁昂平, 鈴木裕也, 大畑 聡, 金子 仁, 岡崎雄二, 黒田 寛, 和川 拓, 長谷川大介, 寛 茂穂, 奥西 武. 水塊クラスター解析ソフトの開発と東北近海域の水塊変動解析への適用: 漁況変動解析への応用に向けた事例解析. 水産海洋研究 2019; **83**: 151–163.
- 29) 山本章造, 藤井義弘, 村田 守. アユ仔魚の摂餌の日周変化と成長に伴う日間摂餌量の変化. 水産増殖 2003; **51**: 73–80.
- 30) 荒山和則, 河野 博, 茂木正人. 館山湾の砂浜海岸におけるアユ仔稚魚の季節的および日周的出現様式. 水産増殖 2007; **55**: 245–252.
- 31) Sawada A, Hayakawa Y. Mean seasonal changes and recent trends of dissolved inorganic nutrients in Okkirai Bay, Japan. *Nippon Suisan Gakkaishi* 1997; **63**: 152–159 (in Japanese with English abstract).
- 32) Kuroda H, Toya Y, Kakehi S, Setou T. Interdecadal variations of the Oyashio and extreme cold water events near the Japanese coast from the 1960s to the 2010s. In: Chen C-TA, Guo X (eds). *Changing Asia-Pacific marginal seas*. Springer. 2020; 217–244.