

宮城県万石浦狭水路部に出現する仔魚期魚類の季節変動

菅原 潤^{*1,2}・佐々木 洋^{*2}

Seasonal Changes in the Occurrence of Fish Larvae in the Canal of Mangoku-ura, Miyagi

Jun SUGAWARA^{*1,2}, Hiroshi SASAKI^{*2}

^{*1}Miyagi Fisheries Cooperatives, 1-27, Kaisei, Ishinomaki, Miyagi 986-0032, Japan

^{*2}Department of Biological Engineering, Faculty of Science and Engineering, Ishinomaki Senshu University, Ishinomaki 986-8580

Abstract

The standing stocks and compositions of fish larvae were observed at a site in the canal connecting the enclosed Mangoku-ura inlet with Ishinomaki Bay, Miyagi, from July 2006 to July 2007. The fish larvae transported horizontally with tidal currents at the canal were captured using a plankton net with the mesh opening of 330 μ m. Thirty four taxonomic groups of larvae were identified. The numerically dominating species varied with season, and were *Ammodytes personatus*, *Ernogrammus hexagrammus* and *Clupea pallasii* in the spring bloom season. The larvae observed in the up-stream period were often different quantitatively from those in the down-stream period. It suggests that there are three distinct types of fish larvae groups: (1) in-flowing specimens, (2) out-flowing specimens and (3) residential specimens, which are represented by (1) *Ammodytes personatus*, and *Pleuronectes yokohamae*, (2) *C. pallasii*, and *Gobiidae*. and (3) *Salangichthys* spp., and *Hexagrammos* spp., respectively. *A. personatus*, for example, is one of the in-flowing groups in winter when the abundance in the up-stream period was approximately 2 orders of magnitude higher than that in the down-stream period. This strongly suggests that they hatched in waters out of the Mangoku-ura in late January to early February.

はじめに

内湾や河口域は、仔魚、稚魚、幼魚などの成育場として重要であるとする認識から多くの研究が行われている^(1~6など)。ふ化した仔魚が成育に適した環境に留まる、または輸送されるかどうかはその後の生残に大きく影響を与えるため⁽⁷⁾、仔魚期魚類の内湾域への流入に関する報告例は多い^(8~11など)。本邦における報告は^(12~13など)、そのほとんどが特定魚種を対象として、比較的短期間(数週間から数ヶ月)の観察結果である。特定の内湾、または河口域において、周年にわたって出現する仔魚群集の流入、または流出を定量的に観察した研究は少ない。

万石浦は牡鹿半島の付け根に位置し、石巻湾に開口する楕円形を呈する閉鎖的な内湾である

(Fig. 1)。湾の総面積は 6.85 km² であり、幅 150 m の狭水路を通して石巻湾、さらに仙台湾と通じている。狭水路部を通過する潮汐流は最大 130 cm・s⁻¹ と速い⁽¹⁴⁾。高橋ほか (1986)⁽¹²⁾ は狭水路部を潮流に乗って流出および流入するマコガレイ仔魚 *Pleuronectes yokohamae* を対象に、冬季(2月と3月)に定量的な採集を行い、仔魚生物量の日周変動を報告している。その結果は、マコガレイ仔魚が下げ潮時より上げ潮時に多く観察されたことから、マコガレイ仔魚は沿岸流を利用して、10 m 以浅の成育場の一つである万石浦に流入していることを明らかにした。潮流と共に輸送される仔魚期魚類採集法の有効性を示した研究例と言える。

本研究では万石浦に出現する仔魚期魚類相、お

^{*1}宮城県漁業協同組合

^{*2}石巻専修大学理工学部生物生産工学科

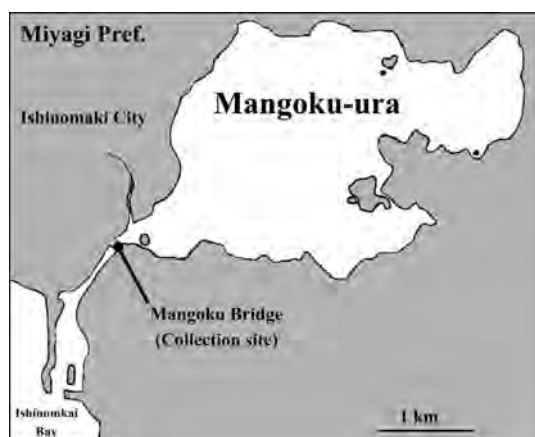


Figure 1. Map of the collection site around the Mangoku-ura, Miyagi, where the fish larvae were collected.

よびその季節的变化を明らかにするために、万石浦狭水路部を流出、流入している仔魚の定量的な採集を行った。出現した仔稚魚類について分類群毎に流出入様式を明らかにすることにより、それぞれの魚種の初期生活史の推定を試みた。

材料と方法

2006年7月から2007年7月において、万石浦狭水路部 ($38^{\circ}24'58''\text{N}$, $141^{\circ}22'18''\text{E}$) (Fig. 1) において仔魚の採集を行った。採集の間隔はほぼ2週間に1度であるが、原則として潮流が比較的速い時期の夜間を選択した、狭水路部に架けられた万石橋上から、重り付きの目合い0.33 mm、口径45 cmのプランクトンネットを投下し、水深1~3 m層に水平に位置（吹流し状に設置）させることによって仔魚の採集を行った。採集時間は30分間として2回行った。2006年7月27日から2007年1月17日までの期間は上げ潮時、または下げ潮時のみに行ったが、2007年2月1日以降は一夜中に上げ潮、下げ潮の両時間帯で採集を行った。総採集回数は29回である。ろ水量はネット口部に取り付けたフローメーター（離合社）で測定した流量により算出した。採集と同時にC-CTD（アレック電子社）を用いて、水温、塩分の鉛直的な測定を行った。

採集した試料は全てその場で最終濃度約10%のホルマリン海水で固定した。実験室に持ち帰った後、実体顕微鏡下で仔魚の同定、および計数を

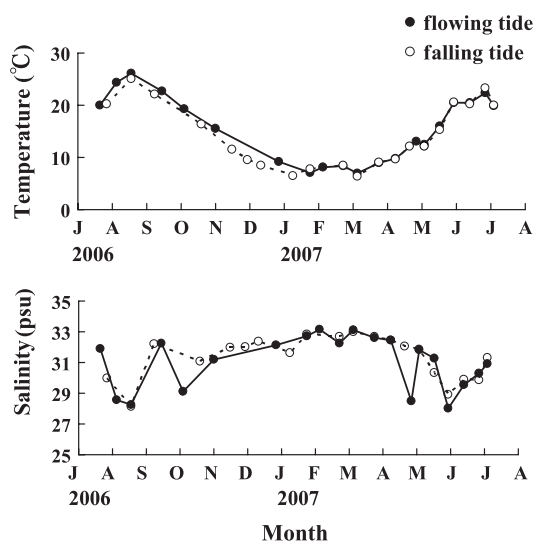


Figure 2. Seasonal changes in water temperature and salinity at the depth of 1-3 m in the canal of Mangoku-ura.

行った。仔魚の同定は内田ほか（1958）⁽¹⁵⁾、水戸（1961）⁽¹⁶⁾、元田（1966）⁽¹⁷⁾、沖山（1988）⁽¹⁸⁾、および座間（1999）⁽⁶⁾を参考にした。仔魚分類群における学名および和名の表記は中坊（1993）⁽¹⁹⁾に従った。なお、試料の中には稚魚（鰭条数が稚魚期のそれに達している）と思われるものが数個体（10個体以下）含まれていた。これらは損傷個体も多く、稚魚と仔魚の正確な識別が困難であったために、本研究で同定、計数された個体は全て仔魚とした。

結果

水温と塩分の季節変動

年間を通して採集期間中の水温は $6.3 \sim 26.1^{\circ}\text{C}$ の範囲で変動しており、2006年は8月24日の上げ潮時において最高水温 (26.1°C) が観察され、2007年は7月9日の下げ潮時において最高水温 (23.3°C) が観察された (Fig. 2)。塩分は採集期間を通して $28.0 \sim 33.2$ psu の範囲で変動しており、水温と比較すると短期的に変動する傾向であった。最低の塩分は2006年8月24日の上げ潮時に28.0 psu、最高は2006年9月21日の上げ潮時に33.2 psu が観測された。

Table 1. The list of taxonomic groups of fish larvae occurring in the canal of the Mangoku-urain 2006-2007.

Taxonomic group	
Clupeidae	Liparidae
<i>Clupea pallasii</i>	<i>Liparis tanakai</i>
Engraulidae	<i>L. tessellatus</i>
<i>Engraulis japonicus</i>	Percichthyidae
Salangidae	<i>Lateolabrax japonicus</i>
<i>Salangichthys</i> spp.	Stichaeidae
Atherinidae	<i>Ernogrammus hexagrammus</i>
<i>Hypoatherina valenciennei</i>	<i>Opisthocentrus tenuis</i>
Hemiramphidae	<i>Alectrias benjamini</i>
<i>Hyporhamphus sajori</i>	Pholididae
Exocoetidae	<i>Pholis</i> spp.
<i>Cypselurus heterurus doederleini</i>	Blenniidae
Aulorhynchidae	<i>Parablennius yatabei</i>
<i>Aulichthys japonicus</i>	<i>Omobranchus elegans</i>
Syngnathidae	Ammodytidae
<i>Urocampus nanus</i>	<i>Ammodytes personatus</i>
<i>Syngnathus schlegeli</i>	Callionymidae
Scorpaenidae	<i>Repomucenus valenciennei</i>
<i>Sebastes pachycephalus pachycephalus</i>	unidentified
Cottoidei	Gobiidae
unidentified	unidentified
Hexagrammidae	Pleuronectidae
<i>Hexagrammos</i> spp.	<i>Pleuronectes herzensteini</i>
Cottidae	<i>P. yokohamae</i>
<i>Myoxocephalus stelleri</i>	unidentified
<i>Pseudoblennius cottoides</i>	Cynoglossidae
<i>P.</i> sp.	<i>Paraplagusia japonica</i>
unidentified	Tetraodontidae
	<i>Takifugu</i> spp.

仔魚生物量および分類群組成の季節変動

採集期間内において 34 分類群が確認され (Table 1)、出現した仔魚分類群組成においては優占分類群が季節的に変動していた。2006 年 7~9 月にハゼ科 Gobiidae、10 月にはカタクチイワシ *Engraulis japonicus*、11~12 月にアイナメ属 *Hexagrammos* spp.、2007 年 1~2 月上旬にニシギンボ属 *Pholis* spp.、2 月中旬~3 中旬にイカナゴ *Ammodytes personatus*、ニシン *Clupea pallasii*、およびムスジガジ *Ernogrammus hexagrammus* がそれぞれ優占分類群であった。4 月初旬~4 月中旬までムスジガジが出現していたが、その後再びハゼ科が優占し、5 月下旬以降はカタクチイワシが出現し、しばしば総個体数の半数を占めた。

仔魚生物量 (ここでは個体数を指す) は 2006 年 7~9 月、2007 年 6 月以降において上げ潮時、および下げ潮時の両時間帯に極大が観察された (Fig. 3)。2006 年 8 月下旬に上げ潮時において最大値 19076 ind. 1000 m^{-3} 、下げ潮時においては 8 月上旬に最大値 94413 ind. 1000 m^{-3} がそれぞれ観測された。その後、両者ともに減少傾向を示し、上げ潮時における最小値は 2006 年 11 月上旬に 89 ind. 1000 m^{-3} 、下げ潮時における最小値は 10 月下旬の 38 ind. 1000 m^{-3} であった。その後再び仔魚生物量は両時間帯において増加傾向を示した。

仔魚が上げ潮時、または下げ潮時のどちらの時

間帯に、より顕著に出現しているのかを観察するために、出現回数が 3 回以上であった 19 分類群の生物量の季節変動を Fig. 4~6 に示した。上げ潮時に多く採集された魚類はイカナゴ、マコガレイであり、下げ潮時に多く採集された魚類はニシギンボ属、ハゼ科、およびニシンなどであった。また、2 つの潮汐間において生物量にあまり差が見られなかった魚類はカタクチイワシ、アイナメ属、イソギンボ *Parablennius yatabei* などであった。

また、出現回数が 3 回未満であった仔魚分類群とその出現時期については以下の通りである。7~8 月中旬にトウゴロウイワシ *Hypoatherina valenciennei*、ツクシトビウオ *Cypselurus heterurus doederleini*、カジカ垂目 Cottoidei、ハタテヌメリ *Repomucenus valenciennei* が出現し、9~1 月中旬にはクロウシノシタ *Paraplagusia japonica* のみが出現した。2 月にはギスカジカ *Myoxocephalus stelleri*、スズキ *Lateolabrax japonicus*、マガレイ *Pleuronectes herzensteini* (4 月中旬まで)、カレイ科 *Pleuronectidae* が出現した。3~4 月中旬にはムラソイ *Sebastes pachycephalus pachycephalus*、カジカ科 Cottidae、ハナジロガジ *Opisthocentrus tenuis*、5~6 月にはクダヤガラ *Aulichthys japonicus*、サヨリ *Hyporhamphus sajori*、ネズッポ科 *Callionymidae* が出現した。

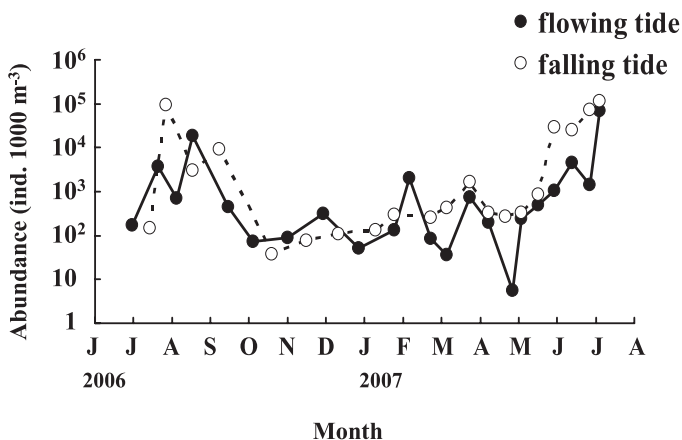


Figure 3. Seasonal change in the total abundance of fish larvae (individuals 1000 m^{-3}) collected in both periods of flowing and falling tides.

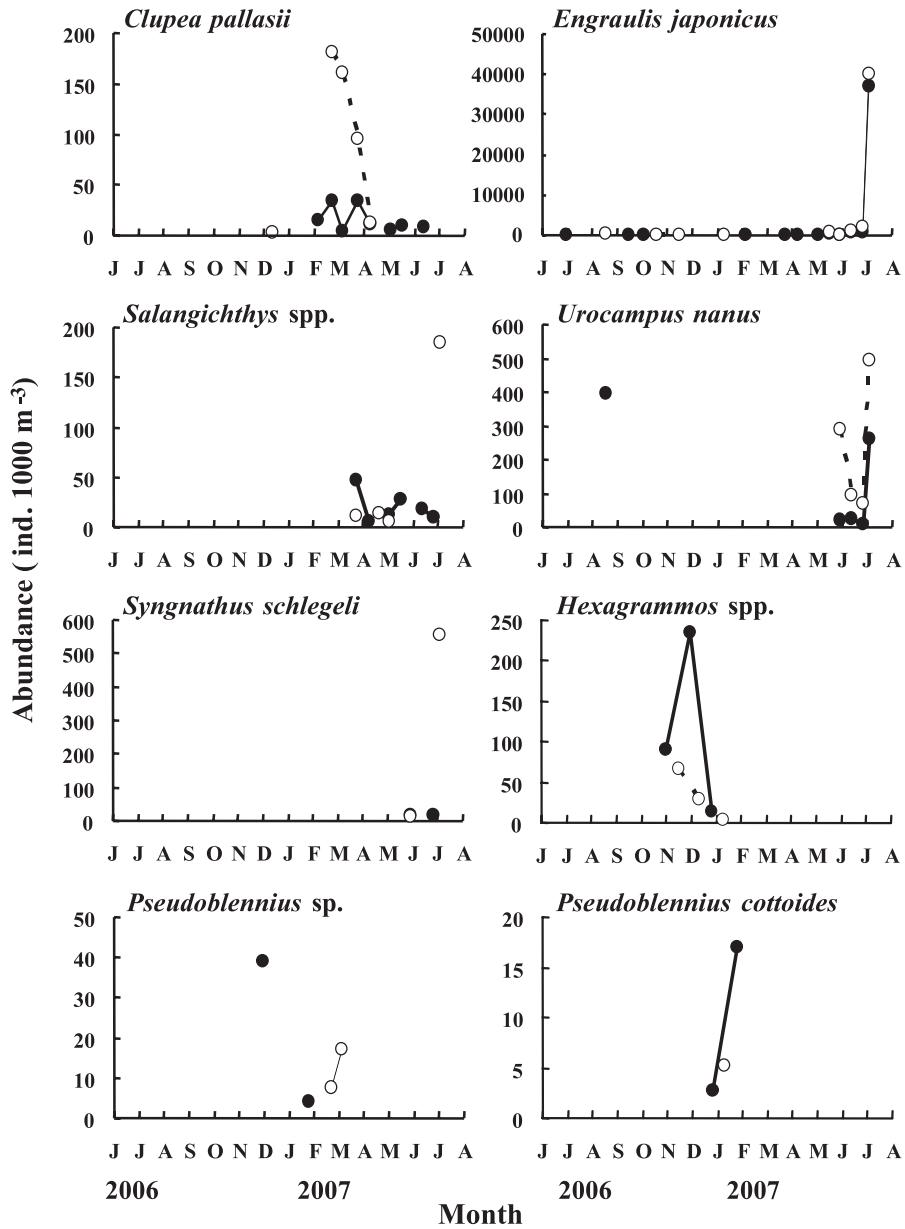


Figure 4. Seasonal changes in the abundance of 19 dominant fish larvae collected in both periods of flowing and falling tides.

宮城県万石浦狭水路部に出現する仔魚期魚類の季節変動

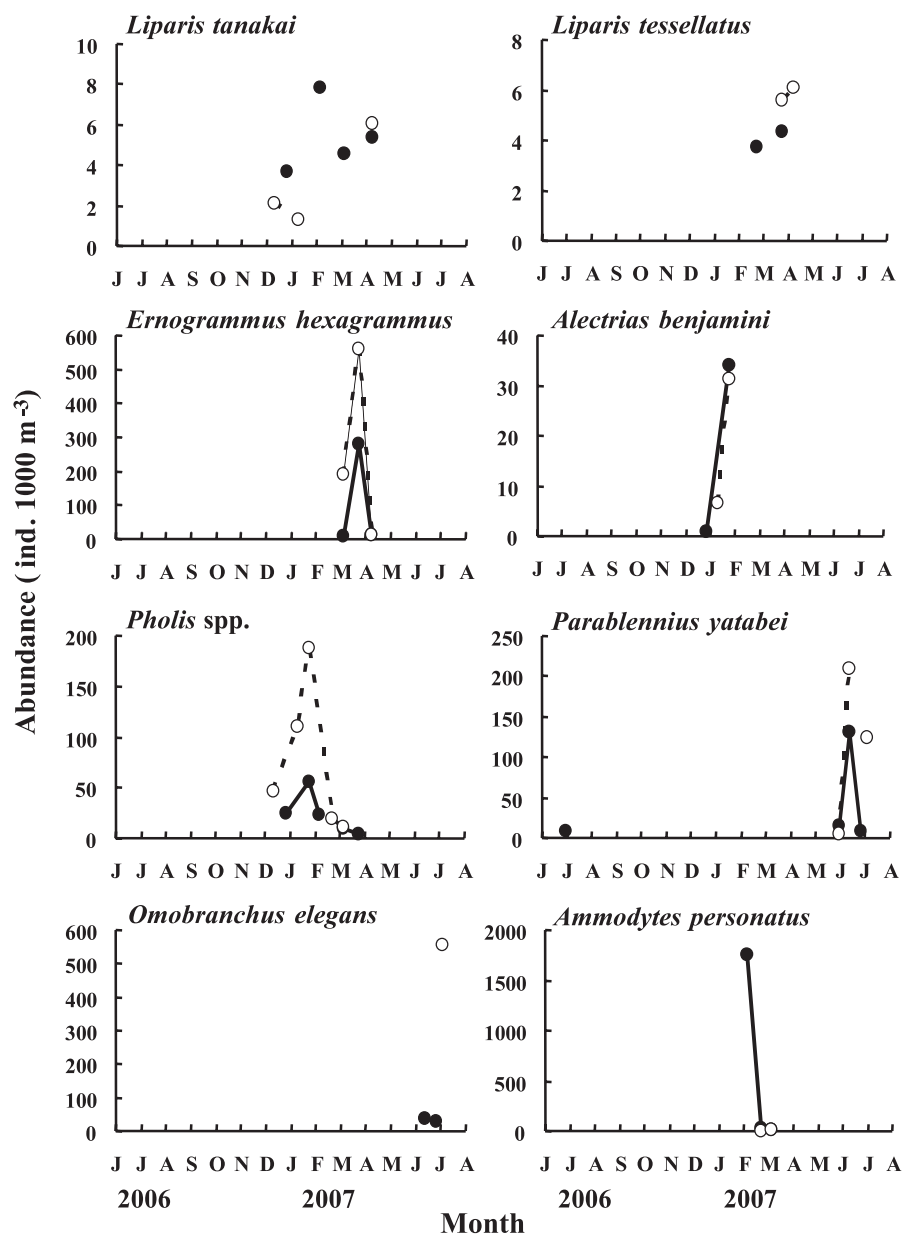


Figure 4. cont. (1)

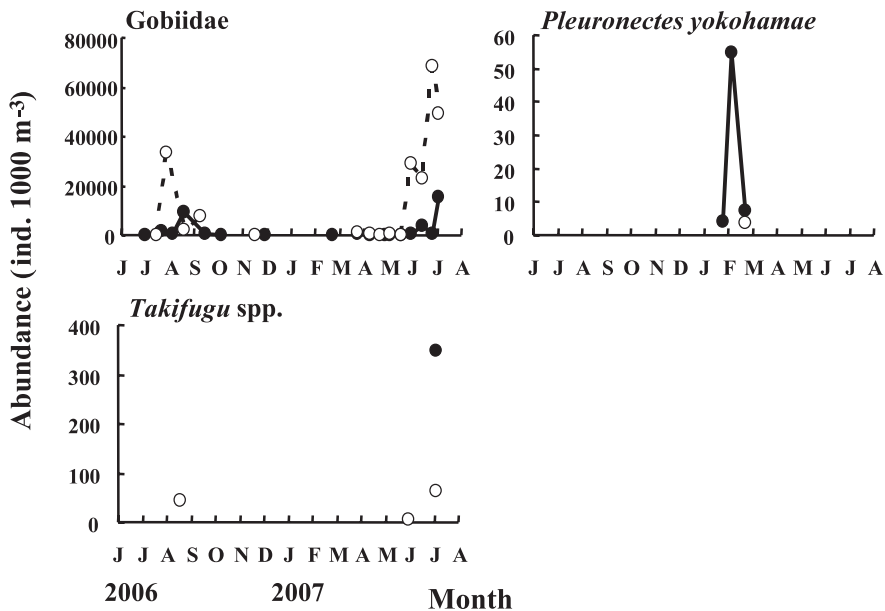


Figure 4. cont. (2)

考察

本研究において用いられた採集方法は潮流を利用したものである。仔魚は潮流に乗って万石浦狭水路部の内外を移動するため、その採集密度の違いは移動個体数の違いを意味する。つまり上げ潮時に採集された仔魚密度は湾外から湾内への流入個体数と考えることができる。そこで、上げ潮時に多く採集された分類群を「流入型魚類」、下げ潮時に多く採集された分類群を「流出型魚類」とした。また湾への流入、および流出が顕著に観察されなかった分類群も存在したが、これらについては、狭水路部付近に定住する場合、および湾外から湾内に流入する仔魚個体数が湾外へ流出する個体数に匹敵する場合がある。しかし本研究においては、流入、流出個体数間に明らかな差がないことから、狭水路部を狭い範囲で往来している群と見なし、狭水路部付近に留まっている「滞留型魚類」とした。

これらを分類するためには、各分類群の出現期間中における、上げ潮時、下げ潮時間の仔魚生物量において有意差 (Mann-Whitney の U 検定

$p < 0.10$) が認められるかどうかを基準とした。但し、出現頻度が低く統計処理が行えなかった分類群 (ビクニン *Liparis tessellatus*、イカナゴ、マガレイなど) に関しては、上げ潮時、または下げ潮時の生物量に明らかな差が認められた場合のみ、流入型魚類、または流出型魚類と判断した。また出現頻度も低く、明らかな差も見られなかった分類群 (サヨリ、スズキ、マガレイなど) については以後の議論には含めなかった。その結果、流入型魚類はイカナゴ、マコガレイであり、流出型魚類はニシン、ハゼ科であると判断された。また滞留型魚類はカタクチイワシ、シラウオ属 *Salangichthys* spp.、オクヨウジ *Urocampus nanus*、アイナメ属、クサウオ *Liparis tanakai*、ムスジガジ、ニシキギンボ属、イソギンボ、トラフグ属 *Takifugu* spp. の 9 グループである。

仔魚期魚類がある時期に出現するということはその直前にふ化が起きていることを意味する。そこで、各分類群におけるふ化時期を仔魚の出現時期から推定した (Table 2)。例えば、イカナゴ仔魚は 2 月中旬に最も多く観察されたことより、ふ

化は1月下旬～2月上旬に起きていると推定される。しかし、試料の採集頻度が約2週間に1回であるため、それよりも短い期間内のふ化時期は推定できない。

万石浦狭水路部に出現する仔魚に関して、ふ化場所が湾外である場合には仔魚は下げ潮時よりも上げ潮時に多量に採集される流入型魚類として出現し、主なふ化場所が湾内である場合にはその逆の流出型魚類として出現すると考えられる (Table 2)。さらに、沈性粘着卵を産出する魚類に関してはふ化場所を産卵場所として考えることができる。イカナゴ⁽²⁰⁾、マコガレイ⁽²¹⁾は沈性粘着卵を産出する魚類であり、流入型魚類に分類されることから、産卵場所は湾外であると推測できる。沈性粘着卵を産出するニシン⁽²²⁾、沈性粘着卵、または構造物の陰など潮流の影響を受けない場所に産卵する種が多いハゼ科^(23～29 など)は流出型魚類に分類されることから産卵場所は湾内であると推定できる。沈性粘着卵を産出し、滞留型魚類に分類されるシラウオ属^(30,31 など)、アイナメ属⁽³²⁾、クサウオ⁽³³⁾、ムスジガジ⁽³⁴⁾、ニシキギンポ属⁽³⁵⁾、イソギンポ⁽³⁶⁾、およびトラフグ属⁽¹⁵⁾の産卵場所は狭水路部付近であると推定できる。

本研究において推定されたふ化時期、およびふ化場所について、従来の研究によって推定された

産卵時期、および産卵場所との比較を行った。多くの魚類は卵期における滞在時間が数日から最大2ヶ月程度^(16,35,37,38 など)であることから、本研究で推定されたふ化時期と産卵時期はほぼ同時期であると考えることができる。例えば、マコガレイの産卵時期は2月上旬～3月上旬であると推定されたのに対して、Hatanaka and Iwahashi (1953)⁽³⁹⁾の推定時期は12月下旬～1月上旬である。約1ヶ月の違いがあるものの、おおむね産卵時期は既報と一致していた。

産卵場所についても、本研究で産卵場所が推定された分類群ほぼ全てについて既報における推定場所と一致が認められた。流出型魚類であるニシンとハゼ科の産卵場所は湾内であり、児玉 (1987, 1997)^(40,41)、座間 (1999)⁽⁶⁾の報告と一致する。また、流入型魚類であるイカナゴとマコガレイの産卵場所は湾外であり、児玉 (1980)⁽⁴²⁾、宮城県 (1986)⁽⁴³⁾の報告と一致する。滞留型魚類についても、座間 (1999)⁽⁶⁾の報告とおおむね一致していた。しかし、カタクチイワシ、シラウオ属においては過去の報告^(30,44～46)と一致しなかった。オクヨウジに関しては、雄の育児嚢に雌が卵を産みつけることが知られている⁽⁴⁷⁾。その後、雄がふ化場所から移動可能であるため、正確にふ化場所を推定することはできない。

Table 2. Estimated hatching periods and grounds of the dominant taxonomic fish groups based on the present observations.

Taxonomic group	Hatching period	Main hatching ground
<i>Ammodytes personatus</i>	late Jan. - early Feb.	outside the Mangoku-ura
<i>Pleuronectes yokohamae</i>	early Feb. - early Mar.	outside the Mangoku-ura
<i>Chupea pallasii</i>	early Dec. - early June	inside the Mangoku-ura
Gobiidae unidentified	early Apr. or later	inside the Mangoku-ura
<i>Engraulis japonicus</i>	early Apr. - early Oct.	around the canal
<i>Salangichthys</i> spp.	early Apr. or later	around the canal
<i>Urocampus nanus</i>	early Jun. or later	around the canal
<i>Hexagrammos</i> spp.	early Nov. - middle Jan.	around the canal
<i>Liparis tanakai</i>	middle Dec. - mid Apr.	around the canal
<i>Ernogrammus hexagrammus</i>	middle Mar. - mid Apr.	around the canal
<i>Pholis</i> spp.	middle Dec. - early Apr.	around the canal
<i>Parablennius yatabei</i>	middle June or later	around the canal
<i>Takifugu</i> spp.	middle June or later	around the canal

産卵場所に関して、既報との一致が見られなかったのはシラウオ属である。座間 (1999)⁽⁶⁾ は万石浦に出現するシラウオ属魚類はシラウオ *Salangichthys microdon* のみであったと報告している。しかし、シラウオは淡水の影響を受ける場所を産卵場としており^(30,45)、淡水の影響をほとんど受けない万石浦狭水路部における出現の可能性は低いと思われる。一方、鈴木ほか (2001)⁽³¹⁾ によれば、同属のイシカワシラウオ *Salangichthys ishikawai* の産卵場が福島県沿岸からおよそ 500 m 沖合の海水の流動が盛んな場所で発見されている。シラウオ仔魚とイシカワシラウオ仔魚の形態的識別は難しいため、どちらであるかを特定することができなかった。本研究において得られたシラウオ属試料の内イシカワシラウオが優占していたならば、万石浦において海水の流動が激しい狭水路部にそれらの産卵場が形成されている可能性も考えられる。

また、同じく既報との一致が見られなかった魚種はカタクチイワシである。これらは分離浮遊卵を産出し、潮流に乗って移動することが知られている⁽⁴⁸⁾。これまでカタクチイワシの産卵が万石浦付近で確認されていないこと、およびふ化直後の仔魚が確認された例がないため、万石浦が産卵場所であるとは考えにくい。しかし、卵期のうちに潮流によって輸送され、万石浦狭水路部付近でふ化が起こった可能性も否定できない。これまでに確認されている万石浦から最も近いカタクチイワシの産卵場は、福島県沖合海域（万石浦からおよそ 150 km 南東）である⁽⁴⁶⁾。またカタクチイワシの卵期は水温 16~19 °C で約 55 時間⁽¹⁶⁾であることから、福島県沖合の産卵場から万石浦付近まで仔魚が流されてくるとは考えにくい。むしろ万石浦沖合の岸近くでも産卵が行われていると考えられる。更にカタクチイワシ太平洋系群は、資源量減少期に仙台湾以南の沿岸域にのみ分布し、およそ 15 °C で産卵を開始するが⁽⁴⁹⁾、資源量増大期には産卵海域を拡大し、水温が低下する 2、3 月にも産卵が行われる⁽⁵⁰⁾。従って、資源が増大傾向にある場合には万石浦付近で仔魚が確認される可能性がある。今後、万石浦におけるカタクチイワシ仔魚量と仙台湾におけるカタクチイワシ仔魚、および成魚量を比較することにより、本海

域におけるカタクチイワシ仔魚量が仙台湾のカタクチイワシ成魚資源量の増減を推定する指標になり得るかどうかの検証が必要であろう。

万石浦内外へ流出する仔魚の移動量を定量的に観察し、移動方向を把握することによって、魚種によっては万石浦をふ化場所、または成育の場として利用しているかどうかを推定する手法を提示することができた。得られた結果から判断するならば、万石浦が様々な魚種の生育の場として異なった重要性を有していることを示したと思われる。出現したいずれの種の初期生活史においても万石浦の成育環境は極めて重要であり、万石浦、およびその周辺沿岸域に分布する魚類資源量の維持、および増大を考える場合、当海域の環境保全が不可欠であることは疑いがない。

謝辞

本研究を行うにあたり、有益な御助言、及び仔魚の同定について御指導頂いた元宮城県水産高等学校教諭、座間 章博士に心より御礼申し上げます。元石巻湾漁業協同組合（現宮城県漁業協同組合石巻湾支所）の皆様には、試料の採集の際に便宜を図っていただいた。ここに感謝の意を表する。

文献

- (1) Shenker, J. M. and J. M. Dean (1979) The utilization of an intertidal salt marsh creek by larval and juvenile fishes: abundance, diversity and temporal variation. *Estuaries*, **2**, 154-163.
- (2) Bozeman, E. L., Jr. and J. M. Dean (1980) The abundance of estuarine larval and juvenile fish in a South Carolina intertidal creek. *Estuaries*, **3**, 89-87.
- (3) 木村清志・中村行延・有瀧真人・木村文子・森浩一郎・鈴木 清 (1983) 英虞湾湾口部アマモ場の魚類に関する生態学的研究—I、魚類相とその季節的变化。三重大学水産学部研究報告, **10**, 71-93.
- (4) 木村清志・津本欣吾・森浩一郎 (1984) 灯火に網集する魚類の種組成とその季節的变化。三重大学水産学部研究報告, **11**, 227-238.
- (5) 森慶一郎 (1995) 山口県油谷湾における魚類の生態学的研究。中央水研報, **7**, 277-388.
- (6) 座間 彰 (1999) 万石浦に出現する魚類の生態学

的研究. 自費出版 (平成 11 年), 505 pp.

- (7) Parrish, R. H., C. S. Nelson and A. Bakun (1981) Transport mechanisms and reproductive success of fishes in the California Current. *Biol. Oceanogr.*, **1**, 175-203.
- (8) Boehlert, G. W. and B. C. Mundy (1988) Roles of behavioral and physical factors in larval and juvenile fish recruitment to estuarine nursery areas. *Am. Fish. Soc. Symp.*, **3**, 51-67.
- (9) Hettler, W. F., Jr. (1989) Nekton use of regularly-flooded saltmarsh cordgrass habitat in North Carolina, USA. *Mar. Ecol. Prog. Ser.*, **56**, 111-118.
- (10) Hettler, W. F., Jr. and D. L. Barker (1993) Distribution and abundance of larval fishes at two North Carolina inlets. *Estuar. Coast. Shelf Sci.*, **37**, 161-179.
- (11) Harris, S. A., D. P. Cyrus and L. E. Beckley (2001) Horizontal trends in larval fish diversity and abundance along an ocean-estuarine gradient on the northern KwaZulu-Natal coast, South Africa. *Estuar. Coast. Shelf Sci.*, **53**, 221-235.
- (12) 高橋清孝・星合愿一・阿部洋士 (1986) 石巻湾および万石浦におけるマコガレイ浮遊期仔魚の分布と移動. *水産増殖*, **34**, 1-8.
- (13) 上野正博 (1991) 卵仔稚魚の分布・移動と湾口水路での海水交換. 流れと生物と—水産海洋学特論一, 川合英夫編, 京都大学学術出版会, 京都, 79-94.
- (14) 村上眞由美 (1993) 仙台湾の物理環境. *東北水研ニュース*, **43**, 3-8.
- (15) 内田恵太郎・今井貞彦・水戸 敏・藤田矢郎・上野雅正・庄島洋一・千田哲資・田福正治・道津善衛 (1958) 日本産魚類の稚魚期の研究 第 1 集. 九州大学農学部水産学第二教室, 89 pp.
- (16) 水戸 敏 (1961) 日本近海に出現する浮遊性魚卵—I. 九州大学農学部水産学教室業績, **18**, 285-310.
- (17) 元田 茂 (1966) 日本海洋プランクトン図鑑 (第 7 巻) 魚卵, 稚魚. 蒼洋社, 東京, 74 pp.
- (18) 沖山宗雄編 (1988) 日本産稚魚図鑑. 東海大学出版会, 東京, 1154 pp.
- (19) 中坊徹次編 (1993) 日本産魚類検索. 東海大学出版会, 東京, 1474 pp.
- (20) 山田浩且 (1998) 伊勢湾産イカナゴのふ化特性と外部栄養への転換. *日水誌*, **64**, 440-446.
- (21) 山本孝治 (1939) マコガレイ卵の発生に及ぼす水温及塩分の影響に就いて. *日水誌*, **8**, 102-106.
- (22) 猿渡敏郎 (2001) ニシン仔稚魚の發育史に見られる特異性. *月刊海洋*, **33**, 232-236.
- (23) 中村中六 (1944) ヒメハゼの産卵習性. *水産学会報*, **9**, 99-102.
- (24) 道津善衛 (1954) ビリンゴの生活史. *魚雑*, **3**, 133-138.
- (25) 道津善衛 (1957) チクゼンハゼの生態, 生活史. *魚雑*, **6**, 97-104.
- (26) 道津善衛・水戸 敏 (1955) マハゼの産卵習性及び仔, 稚魚について. *魚雑*, **15**, 153-161.
- (27) 佐々木喬・服部 仁 (1969) ハゼ科の 2 近縁種 (アゴハゼとドロメ) の潮溜りにおける共存関係. *魚雑*, **15**, 143-155.
- (28) Kanabashira, Y., H. Sakai and F. Yasuda (1980) Early development and reproductive behavior of the gobiid fish, *Mugilogobius abei*. *Japan. J. Ichthyol.*, **27**, 191-198.
- (29) 内田隆信・道津善衛 (1980) スジハゼ, ヒメハゼおよびアシシロハゼの飼育仔稚魚. 長崎大学水産学部研究報告, **49**, 25-33.
- (30) 千田哲資 (1973) 岡山県高梁川におけるシラウオの産卵場. *魚雑*, **20**, 25-28.
- (31) 鈴木 馨・岩上哲也・遠藤克彦 (2001) 福島県富岡周辺海域における産卵期のイシカワシラウオ. *福島県水試研報*, **10**, 1-15.
- (32) 大島泰雄・中村中六 (1944) アイナメ (*Hexagrammos otakii* JORDAN et STARKS) の生活史に就いて. *水産学会報*, **9**, 81-89.
- (33) 小坂昌也 (1971) 仙台湾産クサウオ *Liparis tanakai* (GILBERT et BURKE) の生態的地位について. *東海大学海洋学部紀要*, **53**, 27-41.
- (34) 藤田矢郎・内田恵太郎 (1959) ムスジガジの産卵習性と幼生飼育. 九州大学農学部水産学教室業績, **17**, 283-289.
- (35) Kimura, S., T. Okazawa and K. Mori (1988) Development of eggs, larvae and juveniles of the tidepool gunnel *Pholis nebulosa*, reared in the laboratory. *Nippon Suisan Gakkaishi*, **54**, 1161-1166.
- (36) 道津善衛・森内新二 (1980) イソギンボの生活史. 長崎大学水産学部研究報告, **49**, 17-24.
- (37) 立石 健 (1984) トラフグ種苗生産の現状と要点ならびに問題点, 水産における技術開発の現状と展望. 技術情報センター, **80-91**.
- (38) Yamashita, Y. and T. Aoyama (1985) Hatching time, yolk sac absorption, onset of feeding, and early

- growth of the Japanese sand eel *Ammodytes personatus*. Bull. Japan. Soc. Sci. Fish., **51**, 1777-1780.
- (39) Hatanaka, H. and S. Iwahashi (1953) Studies on the populations of the flatfishes in Sendai Bay III, The biology of *Limanda yokohamae* (GÜNTER). Tohoku J. Agr. Res., **3**, 303-309.
- (40) 児玉純一 (1987) 万石浦ニシンの生活史と資源変動－I 分布移動と成長. 栽培技術研究報告, **16**, 111-125.
- (41) 児玉純一 (1997) 万石浦ニシンの個体群変動機構に関する研究. 博士論文, 東北大学大学院農学研究科, 99 pp.
- (42) 児玉純一 (1980) 宮城県沿岸に生息するイカナゴの系群構造と資源生態. 宮城水試研報, **10**, 1-41.
- (43) 宮城県 (1986) 4 資源生態 (1) 主要魚類資源の分布生態と漁業実態 ロ カレイ類. 宮城中部海域総合開発事業調査報告書, p 316-319.
- (44) 小達 繁 (1957) 東北海区に於けるカタクチイワシに就いて. 東北水研研報, **9**, 111-128.
- (45) 山口幹人 (1994) 石狩川水系のシラウオ産卵場を発見. 北水誌だより, **27**, 40-42.
- (46) 鶴田義成・高橋章策 (1997) 黒潮続流域および混合水域におけるカタクチイワシ *Engraulis japonicus* H. の産卵生態. 北水研研報, **61**, 9-15.
- (47) 高井 徹・溝上昭男 (1961) オクヨウジの形態および生態に関する 2, 3 について. 農林省水産講習所研究業績, **11**, 79-84.
- (48) 中田英昭 (1992) 卵・仔稚魚の輸送に対する黒潮前線渦の影響. 月刊海洋, **24**, 295-299.
- (49) Funamoto, T. and I. Aoki (2002) Reproductive ecology of Japanese anchovy off the Pacific coast of eastern Honshu, Japan. J. Fish. Biol., **60**, 154-169.
- (50) 銭谷 弘・木村 量 (1997) 太平洋岸域のカタクチイワシの資源回復に伴う 2-3 月産卵量の増加. 日水誌, **63**, 665-671.