HOKKAIDO UNIVERSITY

Title	函館湾におけるマコガレイ仔稚魚の時空間分布
Author(s)	中神, 正康; 髙津, 哲也; 中屋, 光裕 他
Citation	水産海洋研究, 65(3), 85-93
Issue Date	2001-08
Doc URL	https://hdl.handle.net/2115/38881
Type	journal article
File Information	takahashi1-39.pdf

Hokkaido University Collection of Scholarly and Academic Papers : HUSCAP

水産海洋研究　65(3)　85–93，2001　　Bull. Jpn. Soc. Fish. Oceanogr.

函館湾におけるマコガレイ仔稚魚の時空間分布

中神正康[1]，高津哲也[†2]，中屋光裕[2]，高橋豊美[2]

Spatial and Temporal Distribution of Larval and Juvenile Marbled Sole *Pleuronectes yokohamae* in Hakodate Bay

Masayasu NAKAGAMI[1], Tetsuya TAKATSU[†2], Mitsuhiro NAKAYA[2] and Toyomi TAKAHASHI[2]

To clarify the spatial distribution and transport of larval and juvenile marbled sole *Pleuronectes yokohamae,* ichthyoplanktonic and ichthyoepibenthic samplings were carried out in Hakodate Bay and its vicinities from February to July in 1997–99. During the survey conducted in late March 1997 over a wide area from Kikonai Bay to Hakodate Bay, yolk-sac and early yolk-less larvae occurred chiefly at and near the mouth part of Hakodate Bay and in the inner part of the bay, respectively. On a six-station transect in Hakodate Bay where bottom depths ranged between 3 and 30 m, yolk-sac and yolk-less larvae collected by oblique hauls with a plankton net were widely distributed at 5–20 m depth stations in March–early April. In early and mid-April, yolk-less larvae collected with a sledge net concentrated at a 15 m depth station. From mid-April to late May, eye-migrating larvae occurred mainly on the bottom of 3–15 m depth stations. In June and July, juveniles were found mainly at a 5 m depth station. A strong west-northwesterly wind blew frequently in March of each sampling year. This wind would induce a southward-offshore drift of surface water and a northward-inshore compensatory drift of deeper water in Hakodate Bay. From late February to early April 1998, yolk-sac and yolk-less larvae were collected chiefly below 5 m depth by horizontal hauls with a plankton net. Yolk-sac and yolk-less larvae distributed in mid-water and near bottom layers would be mainly transported from the offshore spawning ground to the inshore nursery area by compensatory drift.

Key words: Hakodate Bay, *Pleuronectes yokohamae*, larva, juvenile, spatial distribution, transport, wind-induced drift

はじめに

北海道南西部に位置する函館湾および木古内湾において，マコガレイ *Pleuronectes yokohamae* は主に底建網・底刺網の重要な漁業対象種となっており，1985年から1996年の年間漁獲量は173–349 tである（石野・佐野，1997）．また，当海域におけるマコガレイ成魚および未成魚については，津軽海峡対岸の青森県沿岸に分布する集団とは生殖的に隔離されていること（石野・佐野，1996），木古内湾では一年の大半を通じて底生魚類群集中の優占種であること（高木ほか，1997）が明らかにされている．また,本種の年齢と成長 (Shafieipour *et al*., 1999)，摂餌生態 (Shafieipour, 1999) も明らかにされている．一方，当海域のマコガレイの初期生活期に関しては，稚魚が浅所で採集されること（松田・伊藤，1997），稚魚がハルパクチクス目を捕食すること（中神ほか，2000）が明らかにされている．

マコガレイ仔魚の天然海域における分布に関しては，若狭湾における発育段階ごとの水平分布の違い（南，1981），石巻湾から万石浦への仔魚の接岸・輸送機構（高橋ほか，1986），伊勢湾における出現時期（山田ほか，2000）について報告がある．また，マコガレイは沈性粘着卵を産み（山本，1939），産卵場より浅い水深帯に稚魚の成育場が形成される種である（南，1987）．仔魚期の輸送は生残にかかわる重要な要因のひとつであるが（中田，1991; 1994），函館湾周辺において，マコガレイ仔魚の成育場への接岸・輸送がどのような機構で生じているのかは不明である．そこで本研究では1997年から1999年の3ヵ年にわたり函館湾とその周辺海域においてマコガレイ仔稚魚の定期的な採集を行い，仔魚の水平・鉛直分布様式を明らかにした．

2001年4月2日受付，2001年7月5日受理

[1] 東北区水産研究所八戸支所
Tohoku National Fisheries Research Institute, Hachinohe Branch, Same, Hachinohe, Aomori, 031–0841, Japan
[2] 北海道大学大学院水産科学研究科
Graduate School of Fisheries Sciences, Hokkaido University, Minato, Hakodate, Hokkaido 041–8611, Japan
[†] takatsu@fish.hokudai.ac.jp

試料と方法

1996年9月に行われたマコガレイ稚魚の分布調査により，函館湾七重浜沖の水深2–7 mで多くのマコガレイ稚魚が採集されたこと（松田・伊藤，1997），函館湾湾口部の函館山に近い水域で産卵期のマコガレイを対象とした刺網漁業が行われていることから，函館湾内の七重浜沖から湾口部にStn. 3からStn. 30までの6調査地点を設定し，このトランセクトを中心に調査を行った (Fig. 1)，地点番号はそれぞれの地点の水深 (m) を示している．当海域のマコガレイの産卵期は2月下旬から4月下旬であり，盛期は3月であることから（石野・佐野，1996），1997–1999年の2月中旬–3月上旬から調査を開始し，6月下旬–7月上旬まで行った (Table 1)．3年間とも原則として調査開始から4月までは約10日間隔で，5–6月には月2回，7月には上旬に1回それぞれ上磯町漁業協同組合所属の漁船を傭船して行った．ただし，1998年の3月中旬をはじめとして何回かの調査は悪天候のため行えなかった．また，傭船の都合上1997年4月11日の採集結果を4月上旬のデータとして，1998年5月20日は5月下旬のデータとして扱った．各年の2–3月にはプランクトンネット（口径80 cm，目合0.335 mm）で調査を行い，4–5月にはプランクトンネットと小型ソリネット（網口幅60 cm，高さ40 cm，目合0.50 mm）によりマコガレイ仔稚魚を採集した．また，6–7月には小型ソリネットのみで採集を行った．プランクトンネットには網口にフローメータをとりつけ，採集個体数を増やすために海底からの傾斜曳きを1調査地点あたり基本的に3回行った．傾斜曳きはプランクトンネットを舷側後部より垂下して海底に着底させた後，船を前進させながらロープを水深の約3倍繰り出してから揚網機を用いて約40 cm·s^{-1}で回収するという方法で行った．ただし，揚網中は船速約50 cm·s^{-1}で前進しているので，海水に対しては約90 cm·s^{-1}で曳網

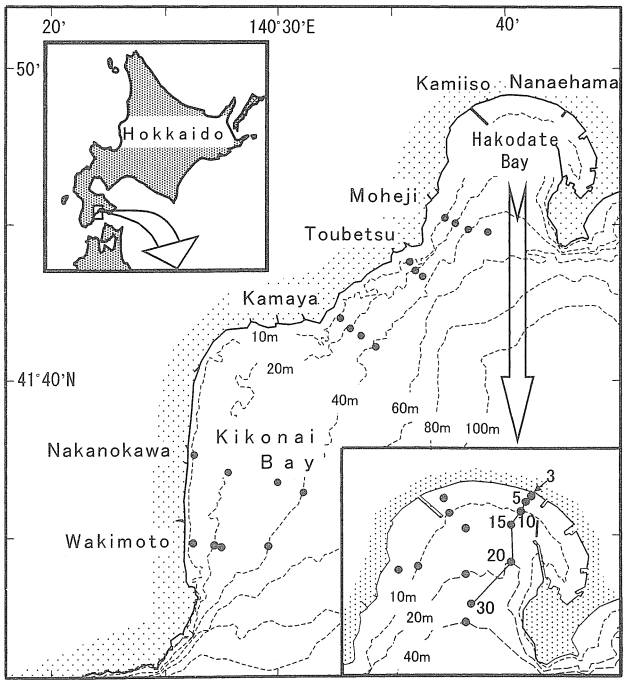


Figure 1. Sampling stations for *P. yokohamae* larvae and juveniles from Kikonai Bay to Hakodate Bay in 1997–99. Station numbers indicate the bottom depths on the transect. Solid circles without numbers show sampling stations during 24–28 March 1997.

Table 1. Number of sampling stations and samples from Hakodate Bay to Kikonai Bay from February to July in 1997–1999.

Year	Month	Day	Gear	No. of stations	No. of samples
1997	Mar.	6	PO	4	8
		15	PO	5	25
		24	PO	10	30
		27–28	PV	22	66
	Apr.	11	PO, S	5, 5	15, 10
		18	PO, S	5, 5	15, 10
		29	PO, S	5, 5	15, 10
	May	7	PO, S	5, 5	8, 20
		22	PO, S	5, 5	5, 22
	June	13	S	3	5
		25	S	3	7
	July	9	S	3	6
1998	Feb.	23	PO, PH	6, 1	18, 4
	Mar.	4	PO, PH	6, 1	18, 4
		27	PO, PH	6, 1	18, 4
	Apr.	7–8	PO, PH, S	5, 1, 5	15, 4, 10
		17	PO, S	5, 5	15, 10
		28	PO, S	5, 5	15, 10
	May	6	PO, S	5, 5	15, 12
		20	PO, S	5, 5	5, 10
	June	24	S	3	6
1999	Feb.	15	PO	6	18
		24	PO	6	18
	Mar.	9	PO, S	6, 3	18, 3
		18	PO, S	6, 3	18, 3
		29	PO, S	5, 5	15, 10
	Apr.	10	PO, S	5, 5	15, 10
		17	PO, S	5, 5	15, 10
		29	PO, S	5, 5	15, 14
	May	8	PO, S	5, 5	15, 14
		23	PO, S	5, 5	5, 20
	June	21	S	3	14
	July	5	S	3	14

PO: Oblique haul with a plankton net
PV: Vertical haul with a plankton net
PH: Horizontal haul with a plankton net
S: Horizontal haul on the sea bottom with a sledge net

したことになる．小型ソリネットは1地点で2個同時に90 cm·s^{-1}の船速で海底上を5分間曳網した．1998年2月23日，3月4日，3月27日，4月8日には，マコガレイ仔魚の鉛直分布を調べるためStn. 15の4層において同プランクトンネットの水平曳きを90 cm·s^{-1}の速度で5分間行った．曳網層は基本的に1，5，10，14 m水深に設定した．しかし，メモリー式深度計で記録した平均水深は結果として若干これらの曳網層よりずれたため，記録された平均水深を曳網層とした．函館湾から木古内湾にいたるマコガレイ仔魚の広域分布調査として，1997年3月24日の函館湾内でのプランクトンネットの傾斜曳き採集に加え，3月27–28日に北海道大学水産学部研究調査船うしお丸により，同プランクトンネットの海底からの鉛直曳き (100 cm·s^{-1}) を1地点あたり3回行った．これらのプランクトンネットとソリネットによって採集したマコガレイ仔稚魚は，採集後直ちに5%中性海水ホルマリン溶液で固定した．函館湾内の5月までの調査は08:00–13:00，6–7月は傭船の都合上13:00–16:00に行った．また広域分布調査は09:30–16:00に行った．

各調査地点ではSTDまたはCTDにより海底から海面までの水温，塩分を測定した．また，海表面ではバケツ採水し，棒温度計により水温を計測した．

採集した標本は研究室に持ち帰り，実体顕微鏡下で仔稚魚を抽出し，脱灰を防ぐため70%エタノールに移し替えて保存した．マコガレイ仔稚魚は以下の南 (1981) の発育段階別に分けて計数した．

A期：腹腔には卵黄があり，まだ口は開いていない．
B期：腹腔には卵黄が残り，口は開いている．
C期：卵黄は吸収され，消化管には回転部が形成される．
D期：下尾軸骨基底部が膨らむ．
E期：尾鰭鰭条が形成される．
F期：脊索後端が上屈する．
G期：左側眼球はわずかに移動し，体は左右相称ではなくなる．
H期：頭部縁辺部がくぼみ，左眼球の上縁が右側から見える．
I期：左眼球の位置は背正中線に達する．
J期：左眼球は完全に頭の右側に移り，頭部のくぼみはなくなる．

本研究ではA–B期は卵黄仔魚 (yolk-sac larva)，C–F期は仔魚 (yolk-less larva)，G–I期は眼球移動期仔魚 (eye-migrating larva)，J期は稚魚 (juvenile) と呼ぶこととする．なお，着底はI期以降に生じる（南，1981）．

プランクトンネットの水平曳きで採集されたすべての発育段階の仔魚の個体数密度は，フローメータの値を用いて濾水量1,000 m^{3}あたりの個体数で表した．また傾斜曳きと鉛直曳きで採集された仔魚の個体数密度は，水深とフローメータの値を用いて面積1 m^{2}あたりの個体数で表した．ソリネットで採集された仔稚魚の個体数密度は網口幅と曳網距離（船速と曳網時間から推定）を用いて，10 m^{2}あたりの個体数で表した．5月と6月に採集された稚魚については，各地点ごとの個体数密度から加重平均水深 (WMD=$\sum$(A·D)/$\sum$A) を求め，稚魚の接岸様式を検討した．ただし，Aは水深3–10 mの各採集地点における稚魚の個体数密度（個体·10 m^{-2}），Dは採集地点の水深 (m) を示す．

プランクトンネットにより採集された仔魚，ソリネットにより採集された仔魚，眼球移動期仔魚および稚魚については森下のI_δ指数（伊藤ほか，1992）を用いて分布の集中度を比較した．

$$I_\delta = n\sum_{i=1}^{n} x_i(x_i-1)/N(N-1)$$

ただし，nはトランセクトにおける調査地点数，Nはある調査日における全調査地点の個体数密度の和，x_iはi番目の調査地点での個体数密度である．もし$x_i<1$のときI_δ指数が負の値になることがある．本研究で得られた0以外の最も低い個体数密度は，プランクトンネットでは0.05個体·m^{-2}，ソリネットでは0.01個体·10 m^{-2}であるので，計算にはそれぞれ100倍した値を用い，I_δの値が負になることを防いだ．I_δ指数は異なる平均値を持つ個体群の集中度を比較することができるという特徴があり，ポアソン分布で$I_\delta=1$，集中分布では$I_\delta>1$，一様分布では$I_\delta<1$となることから，この数値が大きいほど分布の集中度が高いといえる．

1997–1999年3–4月の函館湾の風向·風速データは，北海道気象月報（函館海洋気象台，1997–1999）の函館のデータを用いた．函館湾は湾口部が南方向に開いているので，吹送流による表層水の湾外への流出は主に風の北西成分に依存すると仮定し，1日ごとの最多風向と平均風速から風速の北西成分を計算した．ただし北西風の風速を正，南東風の風速を負とした．

稚魚の加重平均水深 (WMD)，風速の北西成分については2標本間ではマン・ホイットニーのU検定を，3標本間以上ではクラスカル・ウォリス検定を用いて比較した (Sokal and Rohlf, 1995)．I_δ指数の平均値の差を検定するため，F_{max}検定により等分散性を確認した上で (P=0.11)，一元配置の分散分析を行い，シェフェの事後検定によって多重比較を行った．なお，有意水準はいずれも0.05とした．

結　果

仔魚の広域水平分布

1997年3月24–28日に行ったプランクトンネット傾斜および鉛直曳採集による函館湾から木古内湾に至る広域調査結果を，卵黄仔魚および仔魚それぞれについてFig. 2に示す．

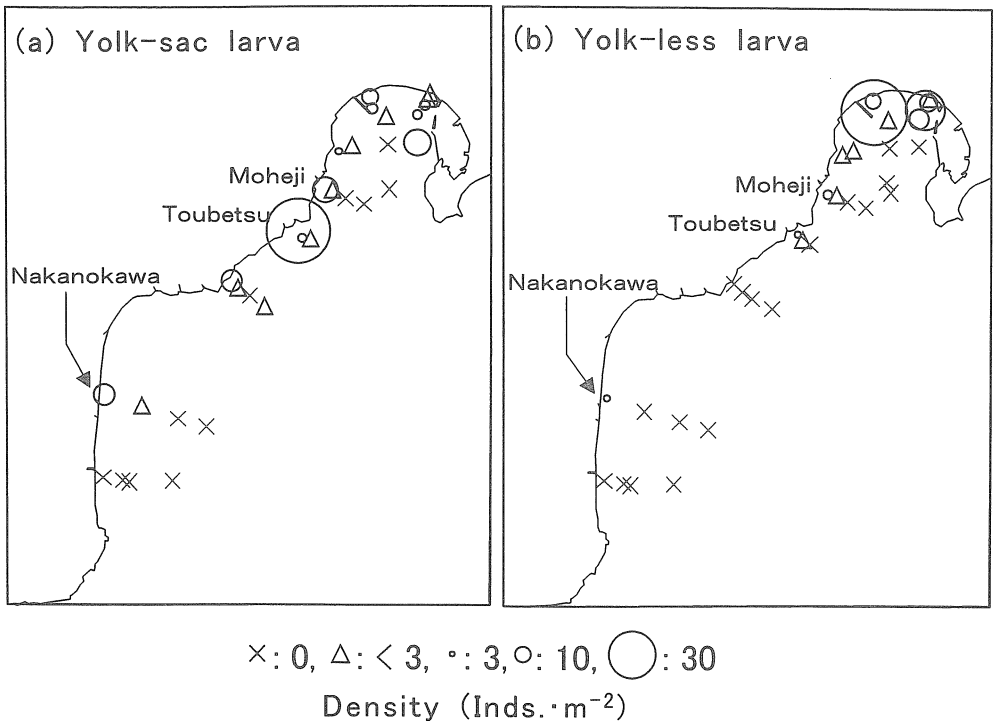


Figure 2. Horizontal distribution of *P. yokohamae* yolk-sac larvae (a) and yolk-less larvae (b) collected by three vertical hauls with a plankton net at each station from Kikonai Bay to Hakodate Bay during 24–28 March 1997. The diameter of each circle (≥3.0 inds.·m^{-2}) is proportional to the density.

卵黄仔魚は函館湾内ではStn. 20（水深20 m）で最も高い個体数密度を示した（17.3個体·m^{-2}, Fig. 2a）．函館湾外では湾口部付近の当別沖水深10 m地点で個体数密度が高く（42.7個体·m^{-2}），木古内湾ではおおむね低かった（13.2個体·m^{-2}以下）．仔魚は函館湾内で個体数密度が高く，湾奥部上磯沖の水深10 m地点で最も高い値を示した（43.7個体·m^{-2}, Fig. 2b）．一方函館湾外では茂辺地沖，当別沖，中の川沖の水深10–20 m地点でわずかに採集されただけであった（それぞれ0.6–5.6，1.3–3.9，0–3.5 個体·m^{-2}）．採集されたすべての仔魚（C–F期）のうち，C期およびD期が個体数割合で98.7%を占めた．

水温・塩分の鉛直分布

マコガレイ仔魚の鉛直分布を調査した函館湾内Stn. 15における1998年2月23日，3月4日，3月27日および4月8日の水温·塩分の鉛直分布をFig. 3に示した．4回の調査とも鉛直的な水温の差はあまり大きくなく，表層と底層との間で最も差が大きかった2月23日でもその差は1.5°C以内であった．塩分は3月4日に最も低い値を示し，4回の調査日ともに表層ほど塩分が低く，水深が増すに従って徐々に高くなっていた．1997年から1999年のいずれの調査日でもこのStn. 15では明瞭な水温あるいは塩分躍層はみられなかった．

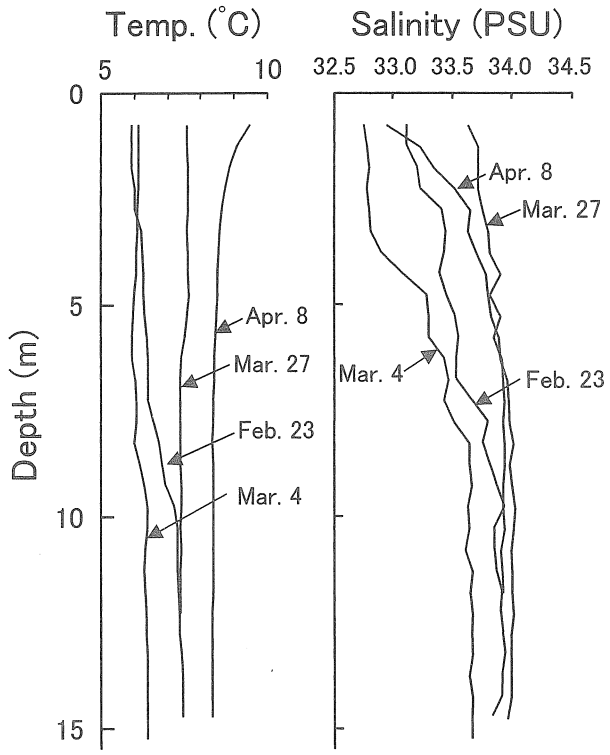


Figure 3. Vertical profiles of temperature and salinity at Stn. 15 from 23 February to 8 April 1998.

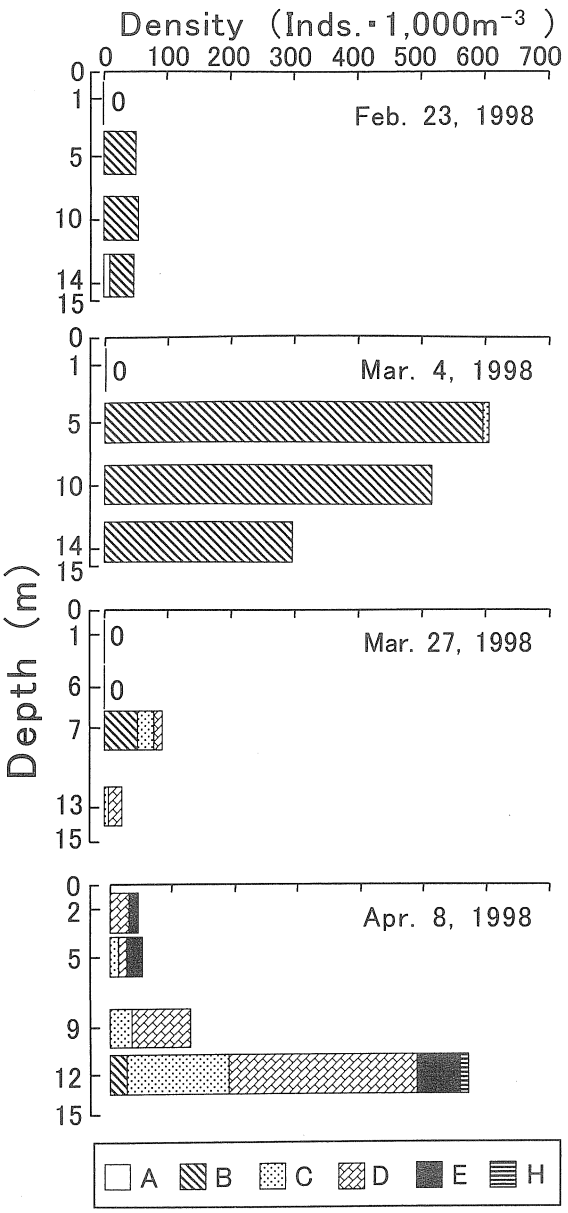


Figure 4. Vertical distribution of *P. yokohamae* larvae collected by horizontal hauls with a plankton net at Stn.15 in Hakodate Bay from 23 February to 8 April 1998. Letters denote developmental stages of larvae.

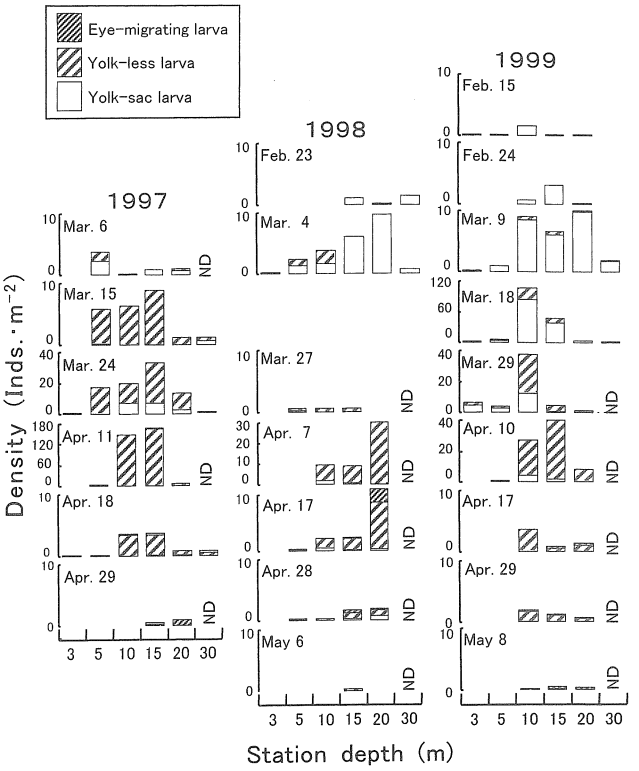


Figure 5. Seasonal changes in the horizontal distribution of *P. yokohamae* larvae collected by three oblique hauls at each station with a plankton net in Hakodate Bay from February to May in 1997–99. ND: no data.

卵黄仔魚，仔魚および眼球移動期仔魚の鉛直分布

1998年2月23日から4月8日にかけてStn. 15で行ったマコガレイ仔魚の層別採集結果をFig. 4に示した．4月8日には2m水深で若干仔魚が採集されたが，他の採集日の水深1m層ではまったく採集されなかった．2月23日は5m以深で卵黄仔魚（A–B期）のみ採集された．3月4日には5–14 m層で高い個体数密度を示し（297–607個体·1,000 m^{-3}），採集された個体の98.3%はB期の卵黄仔魚であり，残り1.7%はC期の仔魚であった．3月27日には7m層で最も多く採集され（92.1個体·1,000 m^{-3}），B期の割合が62%と高かった．一方，13 m層ではB期は採集されず，C–D期の個体が採集された．4月8日には最も底層の水深12 m層で個体数密度が高く（572個体·1,000 m^{-3}），B–H期の範囲の個体が採集された．この日，全層を累積してD期が55%を占めた．

トランセクトにおける仔稚魚の水平分布

函館湾内に設定したトランセクト上のStn. 3–30において，プランクトンネット採集によるマコガレイ卵黄仔魚と仔魚の個体数密度は一部の例外を除いてStn. 5–20で高く，Stn. 3やStn. 30では低かった (Fig. 5)．卵黄仔魚は3月上旬あるいは中旬に多く採集された．仔魚は3年間とも4月上旬に最も多く採集され，1997年はStn. 10–15，1998年はStn. 20，1999年はStn. 10–15で個体数密度が高かった．眼球移動期仔魚はわずかしか採集されず，調査日ごとの平均個体数密度は1.25個体·m^{-2}以下であった．

ソリネットによるStn. 20のマコガレイ仔稚魚の個体数密度は常に低かった (Fig. 6)．また，卵黄仔魚はわずかしか採集されなかった（調査日ごとの平均で0.01個体·10 m^{-2}以下）．4月上旬と中旬には主に仔魚が採集され，3年間で6回の採集のうち5回でStn. 15において最も個体数密度が

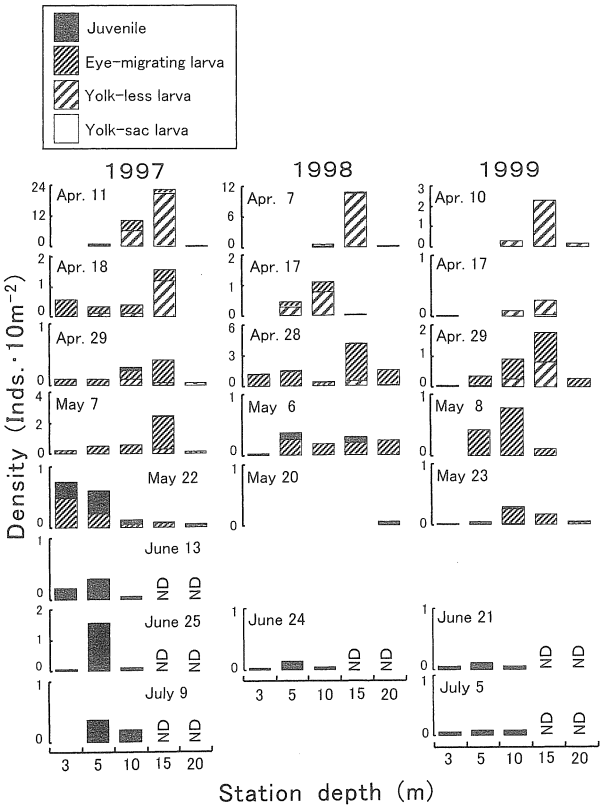


Figure 6. Seasonal changes in the horizontal distribution of larvae and juveniles collected on the sea bottom using a sledge net in Hakodate Bay from April to July in 1997–99. ND: no data.

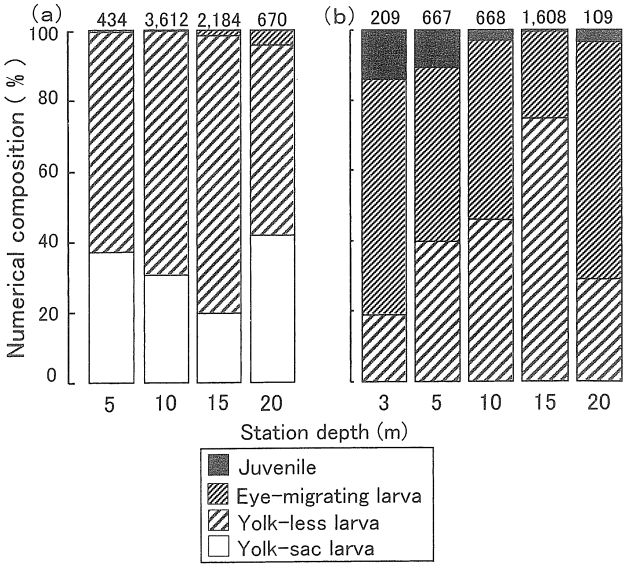


Figure 7. Developmental stage compositions of *P. yokohamae* larvae and juveniles collected with a plankton net at Stn. 5–20 from March to May (a) and with a sledge net at Stn. 3–20 from April to May (b) in Hakodate Bay. Numeral above each bar shows the number of fish examined.

高かった．眼球移動期仔魚は主に4月中旬から5月下旬まで採集され，最も個体数密度が高い地点はStn. 3–15の広い範囲でみられ，仔魚の個体数密度が高かったStn. 15よりも浅い地点で比較的多く採集された．稚魚は4月下旬に採集され始めるが，5月下旬以降その割合が高くなり，主にStn. 5で採集された．Stn. 3–10において5月下旬までの稚魚の加重平均水深（中央値で8.7 m）と6月の稚魚のそれ(5.7 m) を比較すると，後者のほうが有意に浅かった（U検定：Us=36，P=0.004）．

次に採集年と採集時期を込みにして調査地点別の発育段階組成を示す (Fig. 7)．プランクトンネット採集のStn. 5–20では，主に卵黄仔魚と仔魚が採集され，水深によって発育段階組成は有意に異なっていたが（クラスカル・ウォリス検定：KW'=147.9，P<0.001），水深に対して一定の傾向はみられなかった (Fig. 7a)．これに対しソリネットでは有意差がみられ（クラスカル・ウォリス検定：KW'=456.9，P<0.001），仔稚魚の個体数密度が高かったStn. 15以浅では水深が浅くなるに従って眼球移動期仔魚および稚魚の割合が増加した (Fig. 7b)．

プランクトンネットの傾斜曳きで採集された仔魚の3月下旬から4月中旬の採集日ごとの平均個体数密度は1997年が最も高かった（平均個体数密度の範囲；1997年：1.9–79.4個体·m^{-2}，1998年0.4–11.5個体·m^{-2}，1999年1.3–17.6個体·m^{-2}）．また4月上旬・中旬にソリネットで採集された仔魚の個体数密度も1997年が最も高かった（1997年：0.3–5.5個体·10 m^{-2}，1998年0.2–2.2個体·10 m^{-2}，1999年0.1–0.5個体·10 m^{-2}）．しかし4月下旬の眼球移動期仔魚の個体数密度はむしろ1998年の方が高く，その後6–7月の稚魚の個体数密度は再び1997年が高い傾向がみられた (Fig. 6)．

発育段階ごとの空間分布の集中度

プランクトンネットで採集された仔魚，ソリネットで採集された仔魚，眼球移動期仔魚，稚魚のI_δ指数の平均値は有意に異なり（一元配置の分散分析，P<0.01; Table 2），ソリネットで採集された仔魚のI_δ指数は他の3者に対して有意に高かったが（シェフェの事後検定，P<0.001），その他3者間には有意差がみられなかった (P=0.96)．

3–4月における平均風速の北西成分

1997–99年の3–4月には西北西の風の頻度が最も高かった．平均風速の北西成分は卵黄仔魚が主に出現する3月には1997–1999年を通じて同様に強かった（中央値：+3.33–+3.88 m·s^{-1}；クラスカル・ウォリス検定：KW'=0.29，P=0.86）．4月には3月に比べて北西成分は低下し，年によって有意に異なり（中央値：−0.84–+2.49m·s^{-1}，クラスカル・ウォリス検定：KW'=7.75，P=0.02），1997年の北西成分は他の年よりも強かった．

Table 2. Mean I_δ values (±SE) of *P. yokohamae* larvae and juveniles collected with a plankton net and a sledge net in Hakodate Bay from March to May. N: Number of sampling periods.

gear/developmental stage	I_δ	N
Plankton net		
Yolk-less larva	1.92±0.11	16
Slegde net		
Yolk-less larva	3.52±0.21	10
Eye-migrating larva	1.95±0.16	12
Juvenile	1.66±0.16	5

考　察

マコガレイは沈性粘着卵を産むため（山本，1939），産卵に適する基質が必要である．仙台湾ではマコガレイ産卵群の漁場は水深40m以浅の細砂域や岩礁域である（菊池ほか，1990）．函館市漁場基本図*によると函館湾の函館山に近い20m以深の海底には岩石がまばらに散らばっている細砂の底質が広がっている．また，マコガレイ産卵親魚を対象にした底刺網漁業がこの付近で2–3月に行われている．本研究における仔魚の広域分布調査の結果，卵黄仔魚は函館湾湾口部に近い水域に多く出現したことから (Fig. 2a)，産卵場は水深20m付近にあるものと考えられる．

卵黄仔魚は表層域（1–2m層）には全く出現せず，中・底層域（5m以深）に出現した (Fig. 4)．山根ほか**によるとマコガレイ仔魚の比重は孵化直後の1.043 g·cm^{-3}から24時間後には約1.026 g·cm^{-3}へと急激に減少し，卵黄仔魚期にはこのまま変わらず，卵黄吸収後再び増大しはじめる．また，Fukuhara (1988) による飼育実験では，孵化後の卵黄仔魚はほとんど受動的に水槽水面へ浮上することから，卵黄仔魚はほとんど中性浮力を保ちながらも浮上する傾向にあるものと考えられる．Olla and Davis (1990) の室内実験によるとスケトウダラ *Theragra chalcogramma* 仔魚（体長4–8mm）は，表層域の擾乱と強い光を避けて水槽内の下方に分布することを観察している．おそらく天然海域でのマコガレイ仔魚も同様な理由で表層域を避けて分布しているものと考えられる．

遊泳力が極めて乏しい卵黄仔魚や仔魚は函館湾内の5–20m地点で多く採集され (Fig. 5)，広域調査の結果でも仔魚は函館湾湾奥部に多くみられたことから (Fig. 2b)，これら仔魚を函館湾内へ輸送する何らかの流れが存在するはずである．沿岸域への輸送には定常性を持った流れが重要である（田中，1991）．沿岸域で一方向に流れる輸送には残差流が大きく関わっており．残差流には形成要因によって密度流，潮汐残差流，吹送流がある（柳，1989）．湾内では4月まで北西風成分が強かった1997年には他の年に比べて仔魚の個体数密度が高かったことから (Figs. 5, 6)，函館湾のマコガレイ仔魚の浅海域への輸送には吹送流がその役割の一部を担っているものと考えられる．北半球では一般に，十分水深が深い場合，海面近くでは風下の方向から右側へ45°の方向へ吹き払われ，表層域ほど流速が速い．水深の浅い沿岸域ではこの表層域の流れを補償する流れが下層で生じる．函館湾は南側に湾口部を持つことから，北西成分を持つ風が連吹すると表層水を沖合へ，中底層では北向きの補償流が沖合から沿岸域に生じる可能性が考えられる．1997–99年の3–4月には西北西の風の頻度が高く，特に北西成分は卵黄仔魚が多く出現する3月に大きかった．A期を除くマコガレイ仔魚が表層域に出現しないことは若狭湾ですでに明らかにされており（南，1981），函館湾でも水深1–2m層ではほとんど採集されなかった (Fig. 4)．函館湾において湾の形状や風向·風速によっていずれの水深で沖合と沿岸に向かう流れが転換するか明らかではないが，少なくとも仔魚が表層域に出現しないことは当海域においては仔魚が沖合へ運び去られるのを防ぎ，中底層域に分布する仔魚の沿岸への輸送を保証するものと考えられる．卵黄仔魚–仔魚期は調査地点別の発育段階組成に一定の傾向がみられず (Fig. 7a)，Stn. 5でも卵黄仔魚の個体数密度は比較的高い場合がみられた (Fig. 5)．これは，卵黄仔魚や仔魚は水塊の挙動に受動的であることを反映しており，一部の個体は極めて短期間のうちに産卵場から水深5m地点に輸送されるためと考えられる．

プランクトンネットの水平各層曳きによって仔魚の鉛直分布を調べた結果，採集層別の発育段階の違いは顕著ではなかった (Fig. 4)．しかしプランクトンネットに比べてソリネットでは，より発育段階が進んだ個体が採集されたことから (Fig. 7)，仔魚は発育に伴って底層へ移行しているものと考えられる．ソリネット採集では4月上・中旬に高い仔魚の個体数密度がみられ，主に水深15m地点に集中して出現した (Fig. 6)．同じ時期プランクトンネット採集では仔魚の集中度はあまり高くなくStn. 10においても比較的高い個体数密度がみられたことから (Fig. 5)，Stn. 15では中層・底層とともに仔魚の個体数密度は高かったが，Stn. 10の海底直上では個体数密度が低かったことを示している．一方，眼球移動期仔魚は4月中旬–5月上・下旬に多く出現し，集中度はあまり高くなく，水深3–15m地点の広い範囲に出現した．一旦着底した個体は，上潮時に浮上して徐々に浅海域に移動することがマコガレイ（高橋ほか，1986），ヒラメ *Paralichthys olivaceus*（清野ほか，1977；Tanaka *et al.*, 1989），イシガレイ *Kareius bicoloratus* (Tsuruta, 1978; Yamashita *et al.*, 1996)，プレイス *Pleuronectes platessa* (Zijlstra *et al.*, 1982; Rijinsdorp *et al.*, 1985) などで知られてい

* 函館市漁業協同組合 (1989)

** 山根康幸・松井誠一・北島力 (1992) マコガレイ仔稚魚の比重の変化．平成4年度日本水産学会講演要旨集，p. 255.

る．さらにマコガレイでは眼球が移動する直前から潮汐を利用した移動を行っていることが示唆されている（高橋ほか，1986）．5月までのStn. 15以浅では，浅い水深帯ほど眼球移動期仔魚の割合が高くなることから (Fig. 7)，当海域のマコガレイについても眼球移動期に潮汐流を利用して接岸するのかもしれない．稚魚の生息水深は5月以前に比べて6月以降に浅かった．マコガレイはヒラメと同様に稚魚になると浮上に重要な役割を果たす膜状の胸鰭が脱落する（南，1981；後藤ほか，1989）ことから，稚魚はある程度能動的に接岸するものと考えられる．

函館湾において4月上・中旬にStn. 10の海底付近でマコガレイ仔魚の個体数密度が極端に低く，逆にStn. 15では高かった原因については現在の所不明である．今後はこの現象を解明するために，眼球移動期以前の底層への移行期に注目し，個体数密度が偏るしくみについて明らかにしていくことが必要である．最近，Nakata *et al.* (2000) は新潟沖のマガレイ *Pleuronectes herzensteini* の加入過程が，西風による吹送流によって規定されていることを明らかにした．本研究では，仔魚の輸送機構については，湾外から湾内への移入を想定して主に単一のトランセクト上で調査を行ったが，今後は津軽暖流による湾内への輸送，湾内での循環流などが果たす役割なども検討する必要がある．

謝　辞

本報告をまとめるに当り有益な御意見と御助言をいただいた北海道大学水産科学研究科菅野泰次教授，同中谷敏邦助教授に対し厚くお礼申し上げる．標本採集に当って上磯町漁業協同組合所属第七北竜丸船主石崎英明氏，現北海道立栽培漁業総合センター科長松田泰平氏，現網走地区水産技術普及指導所山本禎氏，北海道大学水産学部研究調査船うしお丸大越金蔵船長はじめ乗組員の方々，北海道大学大学院水産科学研究科資源生産生態学講座の大学院生，学生諸氏にご協力いただいた．北海道大学水産学部教官John R. Bower博士には英文をご校閲いただいた．また，2名の査読者の方々には有益な御助言をいただいた．これらの皆様に深く感謝の意を表しお礼申し上げる．なお，本研究における6月以降の稚魚期の調査は文部科学省科学研究費補助金基盤研究 (No. 11660172) によって行われた．また5月以前の仔魚期の調査は財団法人北水協会水産学術研究・改良補助事業によって行われた．

引用文献

Fukuhara, O. (1988) Morphological and functional development of larval and juvenile *Limanda yokohamae* (Pisces: Pleuronectidae) reared in the laboratory. Mar. Biol., 99, 271–281.

後藤常夫・首藤宏幸・冨山実・田中　克 (1989) 志々伎湾におけるヒラメ稚仔魚の着底時期．日水誌，**55**, 9–16.

函館海洋気象台 (1997–1999) 渡島・桧山支庁VII北海道気象月報平成9–11年3，4月号，札幌管区気象台，札幌．

石野健吾・佐野満廣 (1996) 資源管理型漁業推進総合対策事業（補助），6.2マコガレイ（地域重要資源：回遊型）．平成7年度函館水産試験場事業報告書，234–248.

石野健吾・佐野満廣 (1997) 資源管理型漁業推進総合対策事業（補助），5.2マコガレイ（沿岸特定資源）．平成8年度函館水産試験場事業報告書，219–233.

伊藤嘉昭・山村則男・嶋田正和 (1992) 個体の空間分布．動物生態学，蒼樹書房，東京，37–57.

菊池喜彦・小林徳光・永島宏・小林一郎・児玉純一・佐藤孝三 (1990) 仙台湾におけるマコガレイの分布について．宮城県水試研報，**13**, 30–42.

清野清次・坂野安正・浜中雄一 (1977) 若狭湾西部海域におけるヒラメ資源の研究—IV浮遊期ヒラメ仔魚の輸送機構．昭和50年度京都府水試報告，16–26.

松田泰平・伊藤雅一 (1997) マコガレイ放流技術基礎調査．平成8年度北海道函館水産試験場事業報告書，109–115.

南　卓志 (1981) マコガレイの初期生活史．日水誌，**47**, 1411–1419.

南　卓志 (1987) 異体類の初期生活史．XI成育場 (1)．海洋と生物，**9**, 408–414.

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パクチクス目の捕食．日水誌，**66**, 818–824.

中田英昭 (1991) 仔稚魚の輸送・生残・加入にかかわる沿岸海洋過程．沿岸海洋研究ノート，**28**, 195–220.

中田英昭 (1994) II-6輸送．魚類の初期減耗研究．田中克・渡邊良朗編，恒星社厚生閣，東京，72–82.

Nakata, H., M. Fujihara, Y. Suenaga, T. Nagasawa and T. Fujii (2000) Effect of wind blows on the transport and settlement of brown sole (*Pleuronectes herzensteini*) larvae in a shelf region of the Sea of Japan: numerical experiments with an Euler-Lagrangian model. J. Sea Res., **44**, 91–100.

Olla, B.L. and M.W. Davis (1990) Effects of physical factors on the vertical distribution of larval walleye Pollock *Theragra chalcogramma* under controlled laboratory conditions. Mar. Ecol. Prog. Ser., **63**, 105–112.

Rijinsdorp, A.D., M. van Stralen and H.W. van der Veer (1985) Selective tidal transport of North Sea plaice larvae *Pleuronectes platessa* in coastal nursery areas. Trans. Am. Fish. Soc., **114**, 461–470.

Shafieipour, M.M. (1999) Ecological studies on food habit and growth of marbled sole *Pleuronectes yokohamae* in Kikonai Bay and nearby waters, Hokkaido. Dr. Thesis, Hokkaido Univ. Fisheries, Hakodate, 116 pp.

Shafieipour, M.M., T. Takahashi, K. Ishino, T. Takatsu and T. Nakatani (1999) Age and growth of marbles sole *Pleuronectes yokohamae* in Kikonai Bay, Hokkaido, Japan. Iran. J. Fish. Sci., **1**, 6–11.

Sokal, R.R. and F.J. Rohlf (1995) 13.11 Nonparametric Methods in Lieu of Single-Classification ANOVA. Biometry 3rd ed., W. H. Freeman and Company, New York, 423–439.

高木美枝子・モハマド・メディ・シャフィプール・今野幸広・中尾博己・佐野満廣・高橋豊美 (1997) 木古内湾とその周辺海域におけるマコガレイと他の底生魚類との食物関係．北水試研報，**51**, 67–76.

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.

Tanaka, M., T. Goto, M. Tomiyama, H. Sudo and M. Azuma (1989) Lunar-phased immigration and settlement of metamorphosing Japanese flounder larvae into the nearshore nursery ground. Rapp. P.-v. Réun. Cons. Int. Explor. Mer., **191**, 303–310.

田中　克 (1991) 接岸回遊の機構とその意義．魚類の初期発育，田中　克編，恒星社厚生閣，東京，119–132.

Tsuruta, Y. (1978) Field observations on the immigration of larval stone flounder into the nursery ground. Tohoku J. Agr. Res., **29**, 136–145.

山田浩且・冨山　実・久野正博・津本欣吾 (2000) 冬期の伊勢湾に

おけるイカナゴおよびその他魚種仔稚魚の出現状況．水産海洋研究，**64**, 25–35.

山本孝治 (1939) マコガレヒ卵の発生に及ぼす水温及塩分の影響に就て．日水誌，**8**, 102–106.

Yamashita, Y., Y. Tsuruta and H. Yamada (1996) Transport and settlement mechanisms of larval stone flounder, *Kareius bicoloratus*, Fish. Oceanogr., **5**, 194–204.

柳　哲雄 (1989) 残差流．沿岸海洋学–海の中でものはどう動くか，恒星社厚生閣，東京，39–41.

Zijlstra, J.J., R. Dapper and J.IJ. Witte (1982) Settlement, growth and mortality of post-larval plaice (*Pleuronectes platessa*) in the western Wadden Sea. Neth. J. Sea Res., **15**, 250–272.