HOKKAIDO UNIVERSITY

Title	陸奥湾におけるマガレイ卵・仔魚の空間分布
Author(s)	伊村, 一雄; 高津, 哲也; 南條, 暢聡; 木村, 修; 高橋, 豊美
Citation	日本水産学会誌, 70(1), 39-47 https://doi.org/10.2331/suisan.70.39
Issue Date	2004
Doc URL	http://hdl.handle.net/2115/14608
Rights	© 2004 公益社団法人日本水産学会; © 2004 The Japanese Society of Fisheries Science
Type	article (author version)
File Information	suisan2004-70-1.pdf

Instructions for use

Hokkaido University Collection of Scholarly and Academic Papers : HUSCAP

陸奥湾におけるマガレイ卵・仔魚の空間分布

マガレイ卵・仔魚の空間分布

伊村一雄,[1] 髙津哲也,[1]* 南條暢聡,[1] 木村修,[2] 高橋豊美[1]

[1]北海道大学大学院水産科学研究科，[2]北海道大学水産学部練習船うしお丸

Spatial distribution of brown sole *Pseudopleuronectes herzensteini* eggs and larvae in Mutsu Bay, Japan

KAZUO IMURA,[1] TETSUYA TAKATSU,[1*] NOBUAKI NANJO,[1] OSAMU KIMURA[2] AND TOYOMI TAKAHASHI[1]

[1]Graduate School of Fisheries Sciences, [2]T/S *Ushio-maru* Faculty of Fisheries, Hokkaido University, Hakodate, Hokkaido 041-8611, Japan

*Tel：81-138-40-8822. Fax：81-138-40-8822.

Email：takatsu@fish.hokudai.ac.jp

陸奥湾におけるマガレイ卵･仔魚の空間分布

伊村一雄, 髙津哲也, 南條暢聡, 木村修, 高橋豊美（北大院水）

初期生活史の解明のために，陸奥湾でマガレイ卵･仔魚と餌生物の空間分布を調べた。発生前期, 中期, 後期の卵, 卵黄期仔魚（A-B 期）はそれぞれ水深 30-40, 10-20，1-20，20-40 m に多く出現した。前屈曲期仔魚（C-D 期）は主に 20 m に出現し，初期餌料であるかいあし類ノープリウス密度が高い 10-20 m よりも若干深かった。仔魚の 20 m への集中は着底に適さない水域への輸送を防ぐ役割を果たすであろう。さらに発育の進んだ仔魚（E-G 期）は平均分布水深が深く（24 m 以深），着底へ向けての移動と考えられた。

キーワード：マガレイ，卵，仔魚，鉛直分布，かいあし類ノープリウス，餌

The spatial distribution of brown sole *Pseudopleuronectes herzensteini* eggs and larvae, and their food organism were examined to elucidate the early life history of this species in Mutsu Bay. In April 1990-1997, pelagic larvae were widely distributed in the bay. Vertical distributions of eggs and larvae were investigated at two sampling stations in the bay from late February to late June in 1999-2001. Eggs of early, middle, and late stages occurred mainly in 30-40, 10-20, and 1-20 m layers, respectively. Yolk-sac larvae (stages A-B) occurred chiefly in 20-40 m layer. The abundant layer of preflexion larvae (stages C-D) was slightly deeper (mainly 20 m depth) than that of copepod nauplii (10-20 m layer) as larval initial food. Larval concentration at 20 m depth may play some roles to avoid transportation to unsuitable shallow area for settlement. Because the weighted-mean-depths of relatively larger larvae (flexion or postflexion larvae, stages E-G) were deeper (≥24 m) than those of stages C-D larvae (20-22 m), larvae would ontogenetically migrate for settlement.

マガレイ *Pseudopleuronectes herzensteini* はサハリンおよび千島から瀬戸内海，山陰地方まで広く分布し，[1] 成魚や未成魚については陸奥湾での分布と食性，[2] 生活年周期，[3] 摂餌生態，[4−6] 種間関係[7] や新潟県北部沿岸域での分布[8−9]等が詳しく調査されている。本種の卵は分離浮遊卵であり，[10] 若狭湾において仔魚は主にかいあし類ノープリウスを捕食し，[11] 陸奥湾においても摂餌開始期の仔魚は主にかいあし類ノープリウスを捕食する（伊村ら，未発表）。また，新潟県沿岸域では稚魚が 25−45 mに着底することが知られている。[12] さらに Nakata *et al.* [13] は新潟県沿岸に生息する本種の卵仔魚の輸送過程を多層モデルによるシミュレーションにより推定し，季節風である西風が強くない年に加入量が増加することを予測した。しかし実際にはマガレイ卵･仔魚がどのような水深帯に分布するのか，これまでまったく明らかにされていない。海産魚類は一般に初期生活史段階での死亡率が高く，卵や仔魚，稚魚の生活様式を明らかにすることは，資源量変動要因の解明に必要不可欠である。本研究は春季陸奥湾においてマガレイ卵･仔魚の空間分布様式および餌生物環境を調べることにより，初期生活史の特徴を明らかにすることを目的とした。

試料および方法

本研究で扱ったマガレイ卵･仔魚および動物プランクトン標本は 1999 年および 2000 年の 3 月から 6 月, 2001 年の 2 月から 6 月までの日中(08−13 時)に，陸奥湾に設定した 2 定点（Fig. 1）において，北海道大学水産学部研究調査船うしお丸（128 ton ; 2002 年 4 月より練習船）および漁船を傭船して採集した。

うしお丸では水深1, 10, 20, 30, 40 mの各層においてMTDネット（口径56 cm，側長 200 cm，目合 0.35 mm）の同時多層水平曳き（船速約 2 ノット，曳網時間 10 分）により，漁船では水深 1，10，20，30 m の各層において 80 cm 口径のプランクトンネット（側長 270 cm，目合 0.35 mm）の水平曳き（水深 1 m のみ曳網時間 5 分，他は 10 分）により卵･仔魚を採集した（Table 1）。濾水量は両ネットの網口に取り付けたフローメーターにより推定した。なお，80 cm ネットには開閉装置はないため，ネット回収はできるだけ早く行い，回収に要した時間はいずれも 2 分以内である。

仔魚の餌生物であるかいあし類ノープリウス[11] は水深 1，10，20，30，40 m の各層においてバンドン採水器により 6.8 Lまたは 19.7 Lの試水をくみ上げ，40 μm目合のハンドネットで濾過して採集した。採集された生物標本は，採集後直ちに 5 %中性海水ホルマリン溶液で固定した。

水温，塩分値は CTD（Sea-Bird Electronics Inc., SBE-19）を用いて海面から海底直上まで測定した。また，バケツ採水によって表層水を採取し，水温を棒温度計により，塩分値をサリノメーター（Guildline Instruments，Portasal 8410）により測定した。

また本研究では，1990 年から 1997 年の毎年 4 月に陸奥湾でマダラ *Gadus macrocephalus* 仔稚魚の採集を目的としたビームトロールネット採集（網口 2.0 ×2.5 m，胴尻目合 1990 年は 0.33 mm，1991 年以降は 0.72 mm）[14-15] で混獲されたマガレイ仔魚の個体数を調査した。なお, 1990－1993 年は水深 12－20 m 水平曳採集を，1994－1997 年は海底直上 2 mから表層までの傾斜曳採集を行っ

た。

実験室ではMTDネットおよび 80 cmネット標本から魚類の卵と仔魚を選別し，卵は池田，[16] 池田・水戸[10] に，カレイ科仔魚は加藤ら，[17] 南[18] に基づいて同定した。なお，本研究ではカレイ科の属名はすべてCooper and Chapleau[19] に従い，マガレイの属名は*Pseudopleuronectes* とした。マガレイの卵・仔魚の発育段階を区分した研究はこれまでにみられないので，卵はNakai and Hattori[20] のマイワシ*Sardinops melanosticta*およびMoser and Ahlstrom[21] のNorthern Anchovy *Engraulis mordax*を参考に以下に挙げた特徴で前期，中期，後期に区分した。

前期:　産卵直後から胚環が卵黄塊の 1/3 を覆うまで

中期:　胚環が卵黄塊の 1/3 を超え，原口が閉鎖した後，尾部が卵黄塊から離れる直前まで

後期:　尾部が卵黄塊を離れてから孵化直前まで

また，仔魚はマコガレイ *Pseudopleuronectes yokohamae*およびイシガレイ *Platichthys bicoloratus*の発育段階[22−23] を参考にして以下に挙げた特徴でA−G期に発育段階を区分した。

A 期:　卵黄期仔魚　口は開いておらず，大きな卵黄を持つ

B 期:　卵黄期仔魚　卵黄はあるが，やや縮小気味。口は開き始める

C 期:　前屈曲期仔魚　卵黄はみられない。口は開いており，消化管に回転部を形成する

D 期:　前屈曲期仔魚　体形は依然として細長い。脊索末端はまだ屈曲してい

ないが，下尾軸骨基底部がわずかに膨らむ

E 期:　屈曲期仔魚　体高が増し，側扁する。脊索末端が屈曲し始め，尾鰭鰭条の形成が進む

F 期:　屈曲期仔魚　脊索末端がかなり屈曲するが，眼球はまだ移動していない

G 期:　後屈曲期仔魚　体高が増し，側扁の度合いが大きくなる。脊索末端は完全に屈曲し，眼球の移動が始まる。

かいあし類ノープリウスは実体顕微鏡下または生物顕微鏡下で同定･計数した。

MTDネットと 80 cmネットで採集した卵･仔魚の個体数密度は網口開口面積と濾水率に基づき 1,000 m^3あたりの個体数で表し，ビームトロールネットで採集した仔魚は，15 分間曳網あたりの採集個体数（CPUE値）で表した。かいあし類ノープリウスの個体数密度は 1 Lあたりの個体数として求めた。

湾口部および湾内の仔魚の出現様式の比較には，ビームトロールネットによって仔魚が採集されたか否かによって採集地点を区分し，両水域の採集された地点数の割合を G 検定によって比較した。このような検定を用いた理由は，仔魚が採集されない地点数が多いこと，地点ごとの採集個体数も少ないこと，さらに採集年によって曳網方法が異なるためである。

MTD ネットと 80 cm ネットで採集されたマガレイ仔魚の平均分布水深（Weighted Mean Depth（m））は以下の式を用いて求めた。

$$WMD = \sum (s_i \times n_i) \Big/ \sum n_i$$

ここで s_i はi番目の標本の採集水深（m），n_i はi番目の標本の個体数密度（inds.・1,000 m^{-3}）を示す。

かいあし類ノープリウスの個体数密度の水深による違いは，密度に 1 を加えた後に対数変換した値を用いて一元配置の分散分析を行って比較し，有意差がみられた場合はさらにシェフェの方法による多重比較を行った。

結果

海況　1999 年，2000 年，2001 年のStn. 20 における水温・塩分値の鉛直分布の経時変化をFig. 2 に示した。1999 年 3－4 月には水深 15 m付近で水温および塩分躍層がみられたが, 2000 年と 2001 年の 3－4 月にはこのような明瞭な躍層はみられなかった。2000－2001 年の 5 月以降は，1999 年と同様に成層が次第に発達していた。また, 水深 2 mと水深 30 mの海水密度の差（$\Delta\sigma_t$）の範囲は, 1999 年には 0.7－2.0 kg・m^{-3}, 2000 年には 0.0－2.2 kg・m^{-3}, 2001 年には 0.0－1.8 kg・m^{-3}を示した。

マガレイ仔魚の水平分布　1990－1997年の4月にビームトロールによりマガレイ仔魚は合計 159 個体採集された（Fig. 3)。仔魚がほとんど採集されない年もあったが，1994 年や 1995 年にはほぼ湾内全域に出現した。湾口部では 14 曳網中 3 曳網で採集されたが（21 %)，湾内では 75 曳網中 35 曳網で採集され（47 %)，両者の割合に有意差はみられなかった（G検定 : G_{adj}=3.17, p=0.075)。また，Stn. 20 で採集を行った 1990－1992 年には，1992 年を除いて高いCPUE

値を示し，1990 年のStn. 20 では全期間を通じてもっとも高い値を示した（18.0 inds.・15 min haul^{-1}）。

マガレイ卵の鉛直分布　1999 年 4 月 13 日, 2000 年 3 月 28 日と 4 月 13 日, 2001 年 2 月 27 日について Stn. 20 で MTD ネットによって採集されたマガレイ卵の鉛直分布と平均分布水深を発生段階ごとに求めた（Fig. 4）。前期の卵で最も個体数密度が高かった水深は 2001 年 2 月 27 日を除いて水深 30－40 m にみられ，平均分布水深は 21－27 m であった。一方，中期の卵で最も個体数密度が高かった水深は 10－20 m であり，平均分布水深（12－20 m）は前期に比べて浅かった。後期の卵の平均分布水深（16－19 m）は中期と比べてあまり差はみられず，最も高い個体数密度は水深 1－20 m にみられた。なお，水温および塩分躍層が発達していた 1999 年 4 月 13 日の前期，中期，後期の卵は水深 1 m にはあまり出現せず（全層合計の 0.7－8.4 %），他の採集日（14－32 %）にくらべて低い割合を示した。また図には示していないが，やはり密度躍層が発達していた 1999 年 3 月 27 日には水深 1 m で卵は全層の 11 %しか出現せず, 2000－2001 年の 2 月下旬から 4 月中旬の 15－42 %にくらべて低かった。なお，各年とも 6 月下旬には卵は全く採集されなかった。

マガレイ仔魚の鉛直分布　2 月下旬から 6 月中旬の各採集日ともに卵黄期仔魚（A－B期）は主に水深 20－40 mに分布し，前屈曲期から後屈曲期までの仔魚（C－G期）は水深 20 mで個体数密度が高い場合が多く，ほとんどの仔魚が水深 10－30 mに分布し，水深 1 mにはほとんど出現しなかった（Fig. 4, Table 2）。また，各年の 6 月下旬には仔魚はほとんど採集されなかった。仔魚が

10 個体以上採集された採集日に限定して，仔魚の出現した採集層の水理環境を検討すると，仔魚は水温 4.6－14.0 ℃の幅広い範囲に出現し，特定の水温に仔魚が集中する傾向はみられなかった。塩分では 32.6－33.8 PSUの範囲内で仔魚は多く出現し，この範囲外での出現はほとんど観察されなかった。海水密度では σ_t値で 24.8－26.5 kg・m^{-3}の範囲に分布し，この範囲内では水温と同様に特定の密度への集中はみられなかった。

水深 1 m から 40 m までMTD ネットで同時採集を行った採集日の仔魚の平均分布水深（Table 2）は卵黄期仔魚（A－B 期）は相対的に深かったが（それぞれ 30，28 m），C 期仔魚は 20 m と仔魚期を通じてもっとも浅く，D 期以降は発育が進むにつれて徐々に深くなっていた（D－G 期それぞれ：22，24，28，35 m）。

かいあし類ノープリウスの鉛直分布　湾内 2 定点におけるかいあし類ノープリウスの鉛直分布密度をTable 3 に示した。個体数密度は水深間で有意差がみられ（一元配置の分散分析；p<0.001），水深 10 mと 20 m（それぞれ平均 55.5，46.5 inds.・L^{-1}）に対して水深 1 m，30 m，40 m（それぞれ平均 28.3，36.0，28.4 inds.・L^{-1}）では有意に低い値を示した（シェフェの多重比較；p<0.001）。ただし，2001 年 4 月 26 日のように水深 30 mや 40 mでも高い個体数密度がみられた調査日もあった（それぞれ 275，125 inds.・L^{-1}）。

考察

マガレイ仔魚の出現頻度は湾口部（21 %）にくらべて湾内（47 %）で高かったが，これらの間に有意差はみられなかった（G 検定：p=0.075）。ただし，い

ずれの年においてももっとも高いCPUE値を示した採集点が湾内であったこと，1991年4月や1994年4月には湾奥部で比較的高いCPUE値がみられたことなどから，仔魚は湾口部に比べて湾内に多く生息するものと考えられる。

マガレイの前期の卵は中期と後期の卵の分布水深より深かったことから（Fig. 4），海底で産み出された卵は発生初期に徐々に浮上するものと考えられる（Fig. 5）。卵は成層が顕著ではなかった2000年3月28日と4月13日，および2001年2月27日には水深1 mでも比較的高い個体数密度を示したが（Fig. 4），水深15 m付近に水温・塩分躍層がみられた1999年3月27日，4月13日には水深1 mの出現割合は他の水深にくらべて低かった。1999年3－4月に躍層が形成された理由として長崎[24]は，前年1998年8－11月に平年よりも多い降水によって湾内水が低塩分化し，湾外から流入した津軽暖流水との密度差によって生じたとしている。したがって湾内表層にこのような躍層が形成された場合には，卵は浮上が抑制されるものと考えられる。また，採集個体数は少ないが孵化直後の卵黄期仔魚の分布水深は水深30 m前後と深かった（Table 2）。Tanaka[25]はカタクチイワシ*Engraulis japonicus*の卵は比重調整により孵化直前に水柱中を急速に沈降することを示しており，マガレイ卵も同様に沈降するものと考えられる。このような孵化直前の沈降は，形態的に脆弱で，遊泳力に乏しい卵黄期仔魚が擾乱が生じやすい表層[26]で孵化することを防ぐ働きがあるものと考えられる。

前屈曲期から後屈曲期までの仔魚（C－G期）の多くは水深10－30 mに分布し（Fig. 4），分布層と水温や海水密度の関係は一定の傾向を示さなかった。一

方，仔魚は 32.6 PSU 未満や 33.9 PSU 以上の水塊中にはほとんど分布しなかったが，前者はほぼ水深 10 m より浅い層に，後者は津軽暖流水が流入する水深 30 m 以深にしかみられず（Fig. 2），多くの仔魚が分布する水深 10－30 m に限ってみれば，32.6－33.8 PSU 以外の塩分値はほとんど示さないため，これらの範囲内では塩分選択的に生息しているとはいえない。

このようにマガレイ仔魚の鉛直分布を制限するような水温等の要因は，今回の調査範囲内ではみられなかった。ところで，今回の調査は異なる採集日の不連続な採集結果であるため，潮位変化に応じた仔魚の平均分布水深の変化は検討できなかった。したがって今後一定時間ごとに連続して日周的な鉛直分布調査を行うことで，これらの関係を明らかにする必要があるものと考えられる。

仔魚の個体数密度は水深 10 m や 30 m よりも 20 m で高い場合が多く（Fig. 4），かいあし類ノープリウスを主に捕食する[11] C－D期仔魚（伊村ら，未発表）の平均分布水深は 20－22 m であり（Table 2），ノープリウス密度が高い水深 10－20 m（Table 3）よりも若干深かった。多くの仔魚は視覚捕食者であり，[27] 大西洋ニシン *Clupea harengus* 仔魚での摂餌限界照度は 0.15 lx であり，[28] イカナゴ *Ammodytes personatus* 仔魚は 100 lx 以上の照度で活発な摂餌を行い，[29] Ponton and Fortier[30] は仔魚が利用可能な餌密度を評価する際に照度を考慮に入れることを提唱している。水深 30 m 以深で相対的に仔魚の個体数密度が低かった現象は，採集された仔魚の大部分を占める前屈曲期仔魚（C－D期）が摂餌に不利な低照度と低餌密度を避けた結果と考えられ，卵黄期仔魚（A－B期）以降若干浮上するものと考えられる（Fig. 5）。また，ヒラメ *Paralichthys*

olivaceus,[31] マコガレイ，[22, 32] イシガレイ[23, 33] は比較的水深の浅い沿岸域に着底するのに対し，マガレイ仔魚は水深 25－45 m，あるいはそれ以深に着底する。[12] したがって仔魚が餌密度が高く，照度も高いと考えられる水深 10 mよりも水深 20 mに分布することは，マガレイにとって着底に適さない水深 20 mより浅い水域に移送されることを防ぐ役割を果たしていることが考えられる。また，仔魚は発育が進むに従って徐々に水深 20 mより深い水深帯に移行していたことから（Table 2），仔魚の発育に伴って個体発生的に底層へ移動するものと考えられる。

陸奥湾ではマガレイの成魚は周年やや湾口部に近い湾内に生息し（Fig. 1），[2] 仔魚は湾口部に比べて湾内に比較的多く出現した（Fig. 3）。春季湾口部では東側のごく底層付近で湾外へ流出する流れが卓越するが，水深 30 m以浅では湾内へむかう津軽暖流水が支配的である。[34] したがって，マガレイの卵・仔魚が産卵直後の浮上中の卵と仔魚期の終期に近い時期を除いてほぼ 30 m以浅に生息することは，湾外へ移出する確率が低く，湾内で生息することを保証しているものと考えられる。

ところで 4 月の水平分布において仔魚の採集個体数は年によって大きく異なっており（Fig. 3），これらは成魚の密度や摂餌開始直後の仔魚の死亡率の年変動が比較的大きいことを意味しているのかもしれない。したがって今後は，仔魚の採集日や採集年，発育段階の違いによる食性や死亡率の詳細を明らかにし，卓越年級群の発生など資源量が変動する要因について明らかにする必要があるものと考えられる。

謝辞

本論文をまとめるにあたり御校閲のうえ貴重な御意見と御助言を賜った北海道大学大学院水産科学研究科菅野泰次教授，同中谷敏邦助教授に深く感謝いたします。洋上での標本採集にあたって多大な御協力と御支援を頂いた青森県水産試験場赤羽光秋元場長，杉澤祐之助場長，小田切譲二次長，同漁業開発部須川人志部長，平内町漁業協同組合茂浦漁業研究会の方々，北海道大学水産学部研究調査船うしお丸大越金蔵元船長はじめ乗組員の方々に対し厚く御礼申し上げます。また，生物測定，データ解析および標本の採集にあたり有益な御意見，多大な御協力を頂いた 1999－2001 年度当研究室大学院生ならびに学生諸氏に対し，心から感謝の意を表します。

文献

1）落合明，田中克．「新版 魚類学」 恒星社厚生閣，東京. 1986; 1104-1106.

2）高橋豊美，前田辰昭，土屋康弘，中谷敏邦．陸奥湾におけるマガレイおよびマコガレイの分布と食性．日水誌 1987; **53**: 177-187.

3）高橋豊美，斉藤重男，前田辰昭，木村大．陸奥湾におけるマガレイとマコガレイ成魚の生活年周期．日水誌 1983; **49**: 663-670.

4）高橋豊美，富永武治，前田辰昭，上野元一．マガレイおよびマコガレイの摂餌日周期について．日水誌 1982; **48**: 1257-1264.

5）高橋豊美．陸奥湾におけるマガレイおよびマコガレイの摂餌生態に関する研究．博士論文，北海道大学，函館. 1984.

6）高橋豊美．陸奥湾におけるマガレイおよびマコガレイの食物をめぐる種内の

関係. 日水誌 1987; **53**: 189-194.

7) Takahashi T, Maeda T. Feeding interrelation between two species of *Pleuronectes* in Mutsu Bay, Aomori Prefecture. *Nippon Suisan Gakkaishi* 1989; **55**: 1727-1739.

8) 長谷川誠三, 加藤史彦, 渡辺まゆみ, 伊東弘. 新潟県上越地方沿岸におけるマガレイの資源生物学的研究-Ⅱ標識放流再捕結果による分布と移動. 日水研報告 1989; **39**: 1-7.

9) 富永修, 梨田一也, 前田辰昭, 高橋豊美, 加藤和範. 新潟県北部沿岸域におけるマガレイ成魚群の生活年周期と分布. 日水誌 1991; **57**: 2023-2031.

10) 池田知司, 水戸敏. 卵. 「日本産稚魚図鑑」(沖山宗雄編) 東海大学出版会, 東京. 1988; 999-1083.

11) 南卓志. 異体類の初期生活史, Ⅷ食性. 海洋と生物 1985; **41**: 468-471.

12) 有瀧真人, 與世田兼三. 新潟県沿岸域におけるマガレイの着底場および育成場. 日水誌 1994; **60**: 29-34.

13) Nakata H, Fujihara M, Suenaga Y, Nagasawa T, Fujii T. 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.* 2000; **44**: 91-100.

14) Takatsu T, Yoshida Y, Kooka K, Sugimoto K, Takahashi T. Spatial and temporal distribution of Pacific cod juveniles in Mutsu Bay, Japan. *Bull.*

Jpn. Soc. Fish. Oceanogr. 2001; **65:** 6-14.

15) Takatsu T, Nakatani T, Miyamoto T, Kooka K, Takahashi T. Spatial distribution and feeding habits of Pacific cod (*Gadus macrocephalus*) larvae in Mutsu Bay, Japan. *Fish. Oceanogr.* 2002; **11:** 90-101.

16) 池田知司. 冬～春季の若狭湾沿岸に出現する無油球卵の同定. 水産増殖 1983; **31:** 81-87.

17) 加藤史彦, 沖山宗雄, 田島迪生. 日本産マコガレイ属 2 種 (マコガレイとマガレイ)の外部形態の比較と識別. 日水研報告 1974; **25:** 63-87.

18) 南卓志. カレイ科.「日本産稚魚図鑑」(沖山宗雄編) 東海大学出版会, 東京. 1988; 927-955.

19) Cooper JA, Chapleau F. Monophyly and intrarelationships of the family Pleuronectidae (Pleuronectiformes), with a revised classification. *Fish. Bull. (Seattle)* 1998; **96:** 686-726.

20) Nakai Z, Hattori S. Quantitative distribution of eggs and larvae of the Japanese sardine by year, 1949 through 1951. *Tokai Reg. Fish. Res. Lab.* 1962; **9:** 23-60.

21) Moser HG, Ahlstrom EH. Staging anchovy eggs. In : Lasker R (ed) *An Egg Production Method for Estimating Spawning Biomass of Pelagic Fish : Application to the Northern Anchovy,* Engraulis mordox. *NOAA Tech. Rep. NMFS,* 1985; **36:** 37-41.

22) 南卓志. マコガレイの初期生活史. 日水誌 1981; **47:** 1411-1419.

23）南卓志．イシガレイの初期生活史．日水誌 1984; **50**: 551-560.

24）長崎勝康．陸奥湾で春季に観測された水温の逆転現象について．青森県水産増殖センター事業報告書，青森県水産増殖センター，平内. 2001; 33-35.

25）Tanaka Y. Change the egg buoyancy of Japanese anchovy *Englaulis japonicus* during embryonic development. *Nippon Suisan Gakkaishi* 1990; **56**: 165.

26）Olla BL, Davis MW. Effects of physical factors on the vertical distribution of larval walleye pollock (*Theragra chalcogramma*) under controlled laboratory conditions. *Mar. Ecol. Prog. Ser.* 1990; **63**: 105-112.

27）Ryland JS. The feeding of plaice and sand-eel larvae in the southern North Sea. *J. mar. boil. Ass. U. K.* 1964; **44**: 343-364.

28）Heath MR, Walker J. A preliminary study of the drift of larval herring (*Clupea harengus* L.) using gene-frequency data. *J. Cons. int. Explor. Mer.* 1989; **43**: 139-145.

29）日下部敬之，中嶋昌紀，佐野雅基，渡辺和夫．大阪湾におけるイカナゴ *Ammodytes personatus* 仔魚の鉛直分布と摂餌に対する水中照度の影響．日水誌 2000; **66**: 713-718.

30）Ponton D, Fortier L. Vertical distribution and forging of marine fish larvae under the ice cover of southeastern Hudson Bay. *Mar. Ecol. Prog. Ser.* 1992; **81**: 215-227.

31）南卓志．ヒラメの初期生活史．日水誌 1982; **48:** 1581-1588.

32）中神正康．北海道津軽海峡沿岸におけるマコガレイ *Pleuronectes yokohamae* 仔稚魚の時空間分布と摂餌生態．博士論文，北海道大学，函館．2001.

33）Yamashita Y, Tsuruta Y, Yamada H. Transport and settlement mechanisms of larval stone flounder, *Kareius bicoloratus*, into nursery ground. *Fish. Oceanogr.* 1996; **5:** 194-204.

34）大谷清隆，寺尾豊光．むつ湾の海洋構造．北大水産彙報 1974; **24:** 100-131.

Table 1. Sampling site for vertical distribution survey and number of samples from 1999 to 2001 in Mutsu Bay

Date	Research ship*	Station number	Sampling gear	Number of net samples	Number of Van-Dorn bottle samples
27 Mar. 1999	F	20, 22	80 cm net	5	8
13 Apr. 1999	U	20	MTD nets	5	5
24 Apr. 1999	F	20, 22	80 cm net	7	10
15 May 1999	F	20, 22	80 cm net	8	10
1 June 1999	U	20	MTD nets	5	5
15 June 1999	F	20, 22	80 cm net	8	10
29 June 1999	F	20, 22	80 cm net	8	10
28 Mar 2000	U	20	MTD nets	5	5
13 Apr. 2000	U	20	MTD nets	5	5
26 Apr. 2000	F	20, 22	80 cm net	8	10
13 May 2000	F	20, 22	80 cm net	8	10
26 May 2000	F	20, 22	80 cm net	8	10
8 June 2000	U	20	MTD nets	5	5
22 June 2000	F	20, 22	80 cm net	8	10
27 Feb. 2001	U	20	MTD nets	5	5
13 Mar. 2001	F	20, 22	80 cm net	8	10
29 Mar. 2001	F	20, 22	80 cm net	8	10
10 Apr. 2001	U	20	MTD nets	5	5
26 Apr. 2001	F	20, 22	80 cm net	8	10
7 May 2001	F	20, 22	80 cm net	8	10
18 May 2001	F	20, 22	80 cm net	8	10
30 May 2001	F	20, 22	80 cm net	8	10
12 June 2001	U	20	MTD nets	5	5
28 June 2001	F	20, 22	80 cm net	8	10

*: F: Fishing boat; U: R/V *Ushio-maru*.

Table 2. Vertical distribution (%) and weighted mean depth (*WMD*, m) of *Pseudopleuronectes herzensteini* larvae by developmental stage collected with MTD nets in Mutsu Bay. *n*: sample size

Depth (m)	Developmental stage						
	A	B	C	D	E	F	G
1 m	0	0	0	0	0	0	0
10 m	17	0	27	31	13	0	0
20 m	0	43	55	34	44	17	0
30 m	50	36	13	23	31	83	50
40 m	33	21	6	12	13	0	50
n	6	14	346	65	16	6	2
WMD (m)	30	28	20	22	24	28	35

Table 3. Densities of copepod nauplii collected with a Van-Dorn bottle at Stns. 20 and 22. —: no data

Date		Density (inds.・L^{-1})									
		Stn. 20					Stn. 22				
		1 m	10 m	20 m	30 m	40 m	1 m	10 m	20 m	30 m	40 m
1999	27 Mar.	14.6	34.7	13.1	9.4	7.4	34.1	23.8	13.5	—	—
	13 Apr.	21.8	40.6	23.8	18.8	17.1	—	—	—	—	—
	24 Apr.	2.5	31.2	33.7	45.9	29.4	87.6	39.4	32.4	37.1	30.0
	15 May	15.9	67.1	37.1	37.1	12.5	10.7	48.8	40.0	17.6	12.9
	1 June	12.5	38.2	77.1	9.6	9.6	—	—	—	—	—
	15 June	21.2	42.4	23.8	10.4	8.1	18.8	24.1	30.6	8.2	13.3
	29 June	41.8	43.5	22.9	17.9	19.4	29.4	44.7	39.4	10.6	10.2
2000	28 Mar.	43.9	41.5	50.4	65.0	35.0	—	—	—	—	—
	13 Apr.	57.6	60.0	51.8	45.9	27.1	—	—	—	—	—
	26 Apr.	54.7	78.8	38.2	32.4	33.8	7.3	84.1	76.5	71.8	50.6
	13 May	9.3	31.2	30.0	31.8	19.1	15.9	30.6	16.2	23.8	20.0
	26 May	30.0	30.0	34.1	33.5	22.6	62.4	41.8	19.1	6.0	9.4
	8 June	20.6	32.4	30.6	15.0	9.7	—	—	—	—	—
	22 June	19.4	57.6	37.1	38.8	19.4	0.0	7.4	19.9	16.5	8.5
2001	27 Feb.	24.7	27.6	25.1	30.0	31.8	—	—	—	—	—
	13 Mar.	26.0	33.5	34.4	28.2	22.6	40.0	49.4	38.2	41.2	37.6
	29 Mar.	38.8	31.2	51.8	48.8	45.9	31.2	98.8	45.3	35.9	37.6
	10 Apr.	4.1	60.0	52.9	40.6	64.7	—	—	—	—	—
	26 Apr.	86.5	153	249	275	125	3.1	141	200	71.8	54.1
	7 May	2.2	122	74.1	38.2	23.8	3.4	117	60.6	25.9	31.2
	18 May	1.8	52.9	52.1	16.2	30.4	37.6	43.5	30.0	34.7	45.9
	30 May	0.3	82.4	17.4	8.2	7.2	19.7	30.6	20.3	5.9	3.1
	12 June	31.2	46.5	31.8	14.1	4.4	—	—	—	—	—
	28 June	56.5	72.9	31.8	60.0	77.6	94.1	83.5	54.1	27.6	41.2

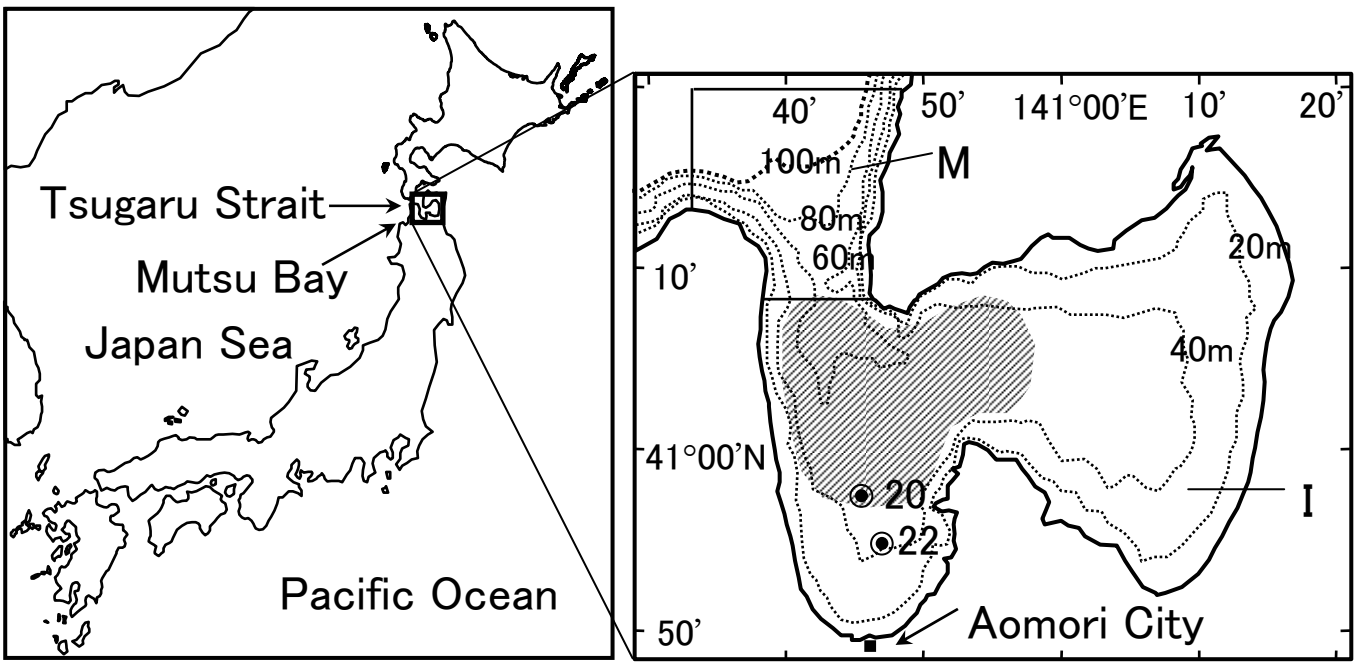

Fig. 1. Location of Mutsu Bay, sampling stations with isobath, and year-round habitat of adult *Pseudopleuronectes herzensteini* (e.g. spawning ground, shaded) repoted by Takahashi *et al.*[2] M: Mouth part of Mutsu Bay; I: Inner part of Mutsu Bay.

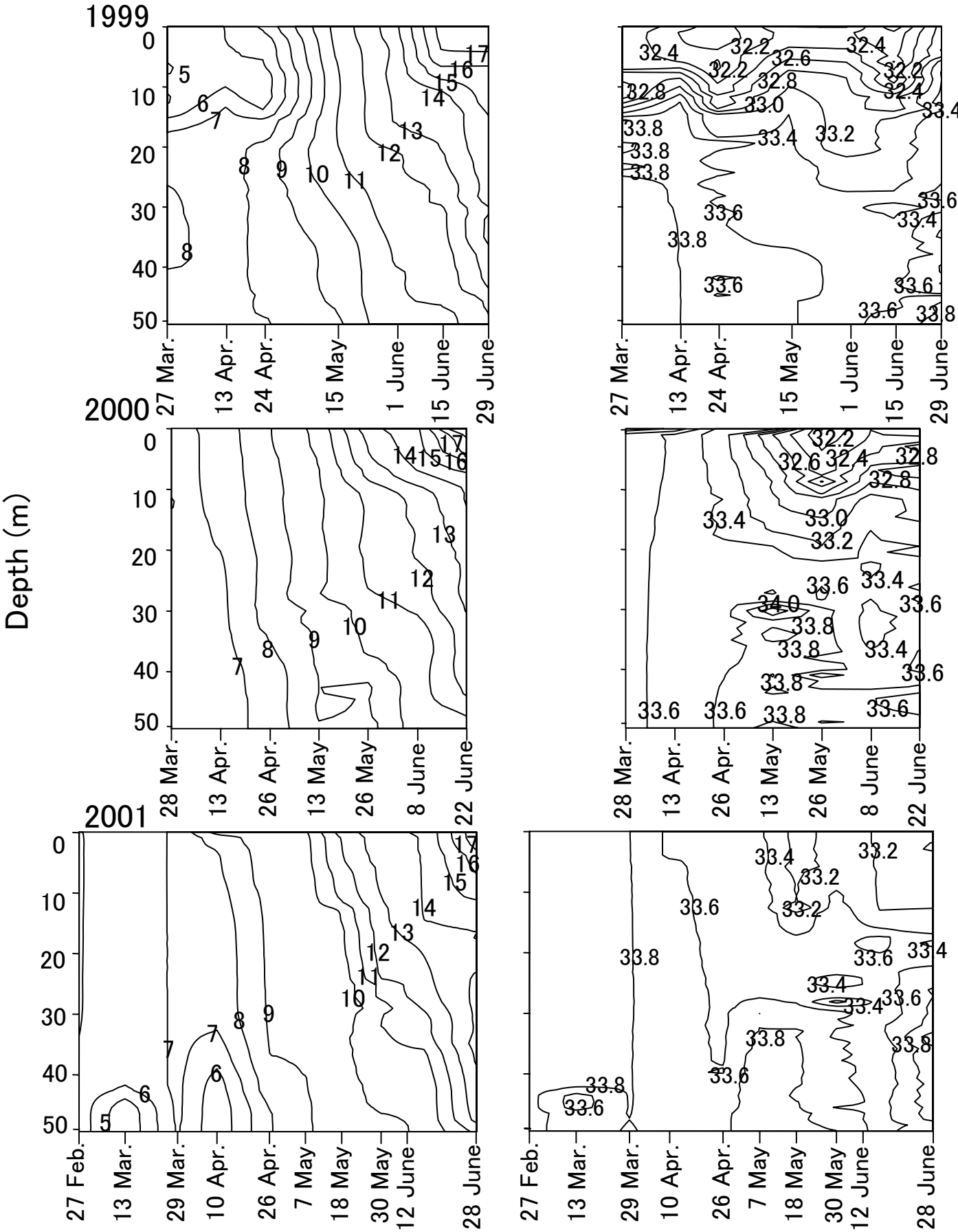

Fig. 2. Vertical profiles of water temperature (°C, left) and salinity (PSU, right) at Stn. 20 from February or March to June in 1999 (upper), 2000 (middle), and 2001 (lower).

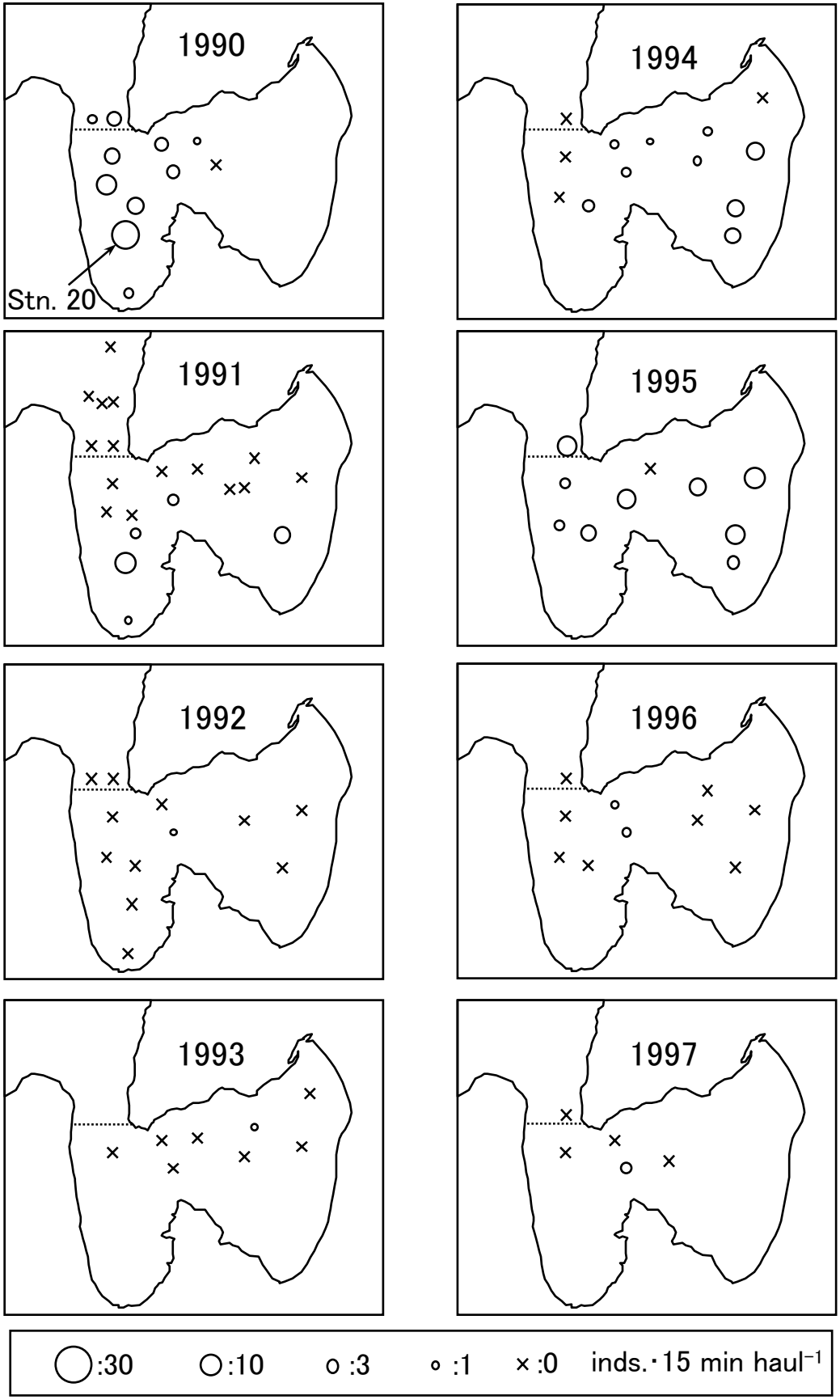

Fig. 3. Horizontal distribution of *P. herzensteini* larvae collected with a beam-trawl net in Mutsu Bay. Larvae were collected by horizontal hauls in 12-20 m depth layer in 1990-1993 (left) and by oblique hauls from near bottom (above 2 m) to the surface in 1994-1997 (right).

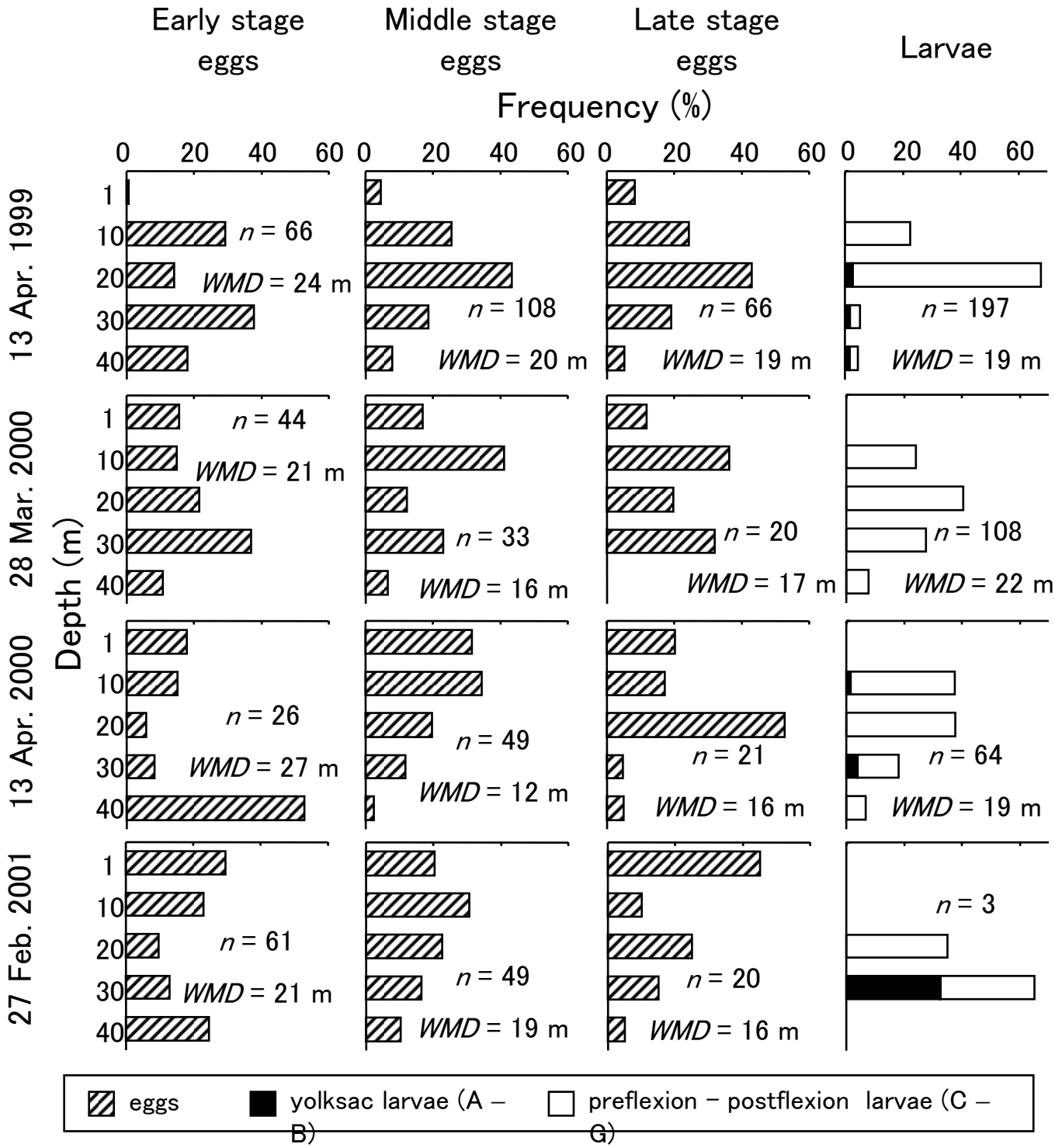

Fig. 4. Vertical distribution of *P. herzensteini* eggs by developmental stage group collected with MTD nets at Stn. 20 in Mutsu Bay on 13 April 1999, 28 March 2000, 13 April 2000, and 27 February 2001. *n*: sample size, *WMD*: weighted mean depth.

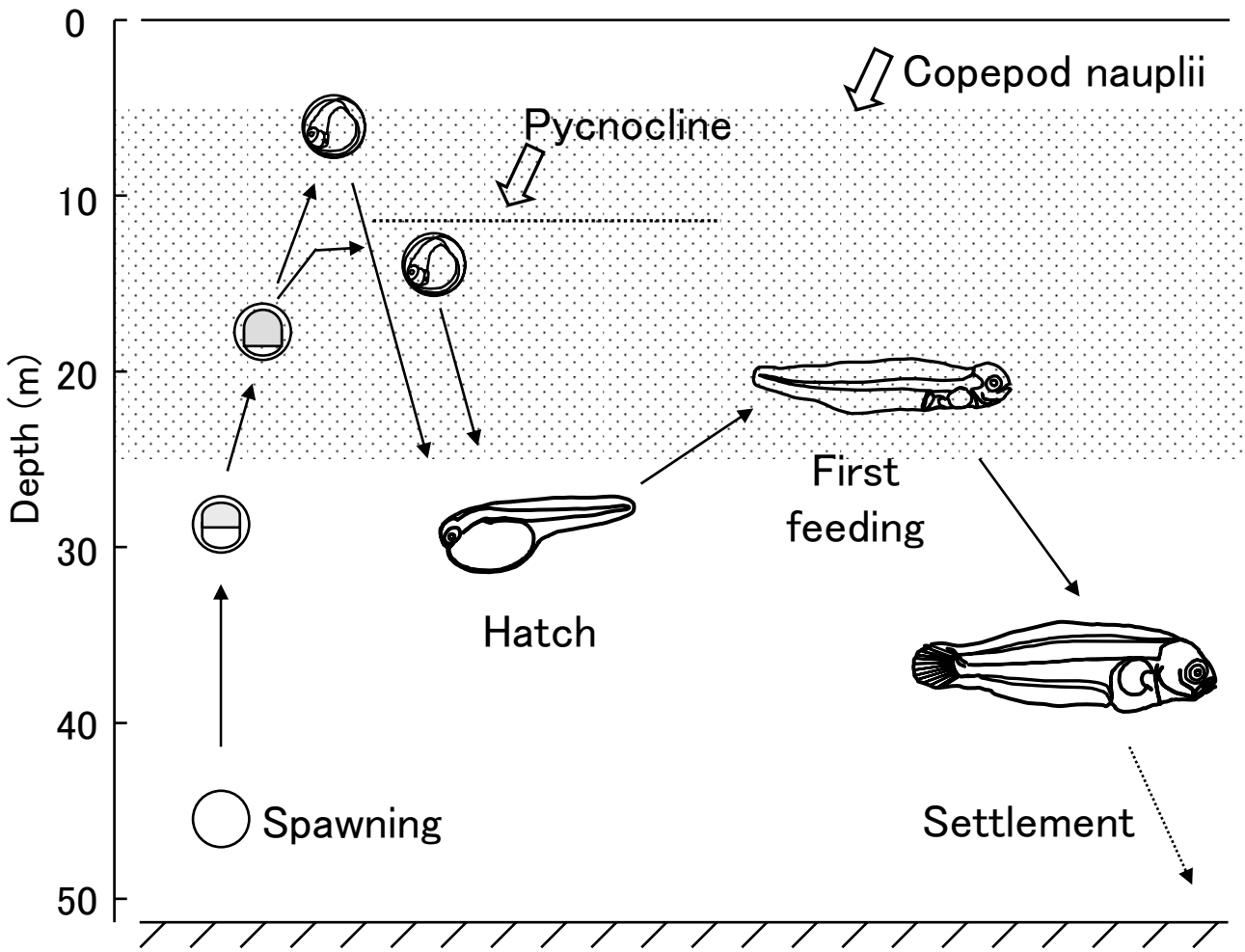

Fig. 5. Schema showing the ontogenetic vertical migration of *P. herzensteini* eggs and larvae in Mutsu Bay.