

富山湾の砂浜域砕波帯周辺におけるアユ仔魚の出現、 体長分布と生息場所の変化

田 子 泰 彦*

(2000 年 9 月 20 日受付, 2001 年 7 月 27 日受理)

富山県水産試験場

Occurrence and size distribution of ayu larvae around the surf zones facing
Toyama Bay related to habitat shift

YASUHIKO TAGO*

Toyama Prefectural Fisheries Research Institute, Namerikawa, Toyama 936-8536, Japan

The Occurrence and distribution of ayu, *Plecoglossus altivelis*, larvae around the surf zones of a sandy beach were investigated in Toyama Bay, the Sea of Japan, from 1992 to 1998. Larvae appeared at the surf zones of the sandy beach from October through January, with a peak in November. Mean standard length of larvae collected by a surf zone net was 12.1 ± 1.8 mm in October, 18.3 ± 3.0 mm in November, 22.0 ± 4.9 mm in December and 23.3 ± 2.7 mm in January. The standard length of ayu larvae collected at offshore shallow waters from January to February by a beach seine ranged from 21 to 48 mm (Ave. 36.1 ± 3.8 mm) with a mean of 36 mm. Ayu larvae were observed by scuba diving at surf zones and adjacent offshore shallow waters from November to March. These findings of seasonal occurrence and distribution suggested that most ayu larvae inhabited the surf zones from October to December and then migrated to the adjacent offshore shallow waters by February as the larvae grew and the water temperature fell in Toyama Bay.

キーワード：アユ仔魚，富山湾，砕波帯，浅海域，生息場所

アユ仔魚は河川から海への降下とともに沿岸表層に分散した後，砂浜域の砕波帯に出現することが千田・木下^{1,2)}によって明らかにされた。しかし，砕波帯周辺海域における仔魚の分布生態に関する知見は少なく，土佐湾²⁻⁵⁾および熊野灘^{6,7)}における報告があるに過ぎない。

日本沿岸の平均潮位差は，長崎では約 3 m，土佐湾では約 2 m であるのに対して，日本海側の若狭湾や富山湾ではわずかに 20～30 cm に過ぎない。また，冬期の最低水温も太平洋側の土佐湾や熊野灘では 13℃ 以上あるのに対し，富山湾では 10℃ を下回る。ヒラメ *Paralichthys olivaceus* やスズキ *Lateolabrax japonicus* の仔稚魚では，長崎や土佐湾や若狭湾では上記の物理環境条件の違いを反映して，それぞれの分布様式が異なると報告されている。⁸⁾ このように水温や潮位の差により仔稚魚の生態に地域差があることを考えると，海況の異なる日本海の砕波帯でアユ仔魚の出現状況を把握し，日本に生息するアユの生活史の全容解明に寄与することは，

アユ仔魚の成育場の保全を図り，アユ資源を増大させる上でも重要な意義を持つと考えられる。

本研究では，日本海中部に位置する富山湾の砂浜域砕波帯およびその周辺海域において，アユ仔魚の出現時期，体長範囲および分布状態を明らかにするとともに，アユ仔魚の分布域の変化と水温などの環境要因との関係について検討を加えた。

材料および方法

仔魚の採集 アユ仔魚の採集は，富山湾に面する砂浜海岸（Fig. 1；氷見 A，国分 B，六渡寺 C，岩瀬 F）および漁港（船揚場：Fig. 1；西新湊漁港 D，東新湊漁港 E）の砕波帯において，1993～1998 年の 10 月～3 月に，原則として月に 1 回行った。採集には，サーフゾーンネット（高さ 1.3 m × 幅 6 m，目合 1 mm，中央部は袋状；以下サーフネットと称する）を用い，水深約 1 m 以浅の砕波帯を岸に平行に曳網した。調査地点の曳

* Tel : 81-76-475-0036. Fax : 81-76-475-8116. Email : suisanshiken04@pref.toyama.jp

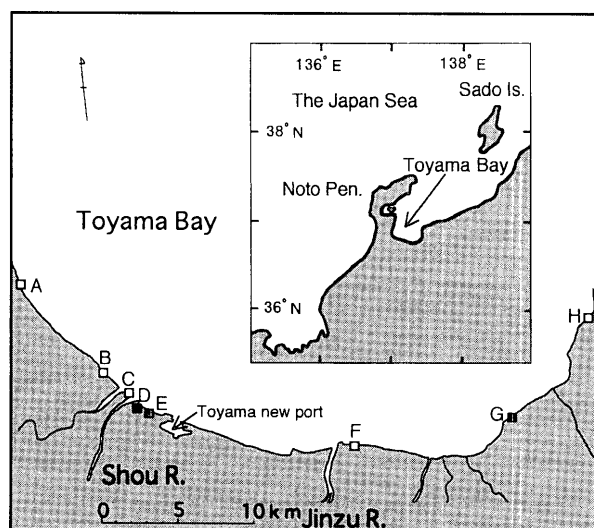


Fig. 1. Toyama Bay and sampling localities (A-H) of ayu larvae. Open squares indicate sandy beach and closed squares indicate fishing port area.

網距離は、離岸堤や堤防が構築されていることなどの地形上の制約から A, B, E, F では 1 回 50 m を 2~3 回, C では 60~80 m を 1~2 回, D では 60 m を 1~2 回とした。

1997 年 2 月 6 日と 1998 年 1 月 14 日には岩瀬 (Fig. 1; F) において、サーフネットですり波帯での採集を行った後、ゴムボートにより小型の曳網 (袖網の長さ 6.8 m, 袋網の間口 4.5 m, 袋網の目合 3.9 mm) を人力で岸に対して垂直に曳網することにより、砂浜の汀線から沖合い約 130 m の範囲 (最大水深 4 m) に分布する仔魚を採集した。

採集した仔魚は 80% エタノール溶液に保存し、同定・計数の後、曳網ごとに 1~100 個体の標準体長 (SL) をノギスにより測定した。

潮位によるアユの出現状況の違いを調べるために、1994 年 11 月 10~11 日、1995 年 11 月 1~2 日および 1996 年 10 月 24~25 日に、サーフネットですり波帯で多数の仔魚が採集された六渡寺 (Fig. 1; C) において、灯火による約 2 時間間隔の終夜採集を行った。光源の光の強さが約 13,000 lx の懐中電灯を水中に入れ、5 分間に集まった仔魚をタモ網ですくった。

水中観察 アユ仔魚の水中での生息場所を確認するために、富山湾東部の魚津市経田 (Fig. 1; H) において、1992 年 11 月~1997 年 2 月に、11 月に 4 回、12 月に 5 回、1 月に 1 回、2 月に 2 回、3 月に 3 回の計 15 回の水中観察を行った。

観察はすり波帯とそれに隣接する沖合い 80 m の浅海域 (水深 1~5 m) を、汀線から沖合い約 60 m に設置されている離岸堤の周辺を水面遊泳およびスクーバ潜水によりくまなく周回し (約 1 時間)、アユ仔魚が確認された

場所を記録した。なお、1994 年 2 月 16 日には岩瀬浜 (Fig. 1; F) においても水面遊泳による観察を行った。

水温 1996 年 10 月~1998 年 2 月に、滑川漁港内 (Fig. 1; G) の表層水温 (午前 9 時頃)、および滑川漁港沖合い 70 m、水深 13.5 m 地点から取水されている水の富山県水産試験場での注水口の水温 (午前 9 時頃) を、それぞれ棒状水銀温度計により毎日測定した。

結 果

仔魚の採集結果 サーフネットによる 5 カ年の採集結果を月別に Table 1 に示した。仔魚は 5 カ年で計 21,833 尾採集された。各月の曳網距離当たりの採集尾数 (尾/m) の 4~5 カ年の平均は、10 月では 1.2 尾、11 月では 9.3 尾、12 月では 2.1 尾および 1 月では 0.3 尾で、月間の平均値には有意な差が認められた (分散分析, $F_{3,15}=5.13, p=0.01$)。また、11 月の採集個体数密度は他の月に比べ有意に高かった (ポストホックテスト, Fisher PLSD, 各月とも $p<0.02$)。2 月以降仔魚は全く採集されなかった。

仔魚の出現した 10 月~1 月における調査日・調査地点ごとの曳網距離当たりの採集尾数は 0 尾/m~48.2 尾/m と大きな幅がみられ、砂浜海岸では 42 回中 31 回 (73.8%) に仔魚の採集がみられたが、漁港内では 15 回中 3 回 (20.0%) に過ぎなかった。また、その際の曳網当たりの採集尾数の平均値は、砂浜海岸では 3.6 尾/m ($N=42$, 曳網距離 4,900 m)、漁港内では 0.1 尾/m ($N=14$, 曳網距離 940 m; 港外の浅海域が大時化であった 1994 年 11 月の D 地点の採集を除く) で、砂浜海岸での採集尾数は漁港内でのそれよりも有意に高かった (t -検定, $z=2.77, p=0.006$)。底面がコンクリートで潮の流れがほとんどない漁港内の E 地点 (曳網距離 400 m) では、仔魚は採集されなかった。

なお、1996 年 10 月~1997 年 1 月の採集率は C 地点では 0.1 尾/m, F 地点では 0.5 尾/m で、前 3 カ年のそれぞれ 4.8 尾/m および 8.3 尾/m に比べ、それぞれ 1/48 および 1/17 と著しく減少した。

サーフネットですり波帯で採集された仔魚の体長 (10 月と 12 月に採集のみられなかった 1997 年級群および 1996 年 1 月の 1 尾を除く) を Fig. 2 に示した。仔魚は 6.8~34.5 mm の範囲で採集された。各月の仔魚の平均体長間には各年級群ともに有意な差が認められ (分散分析, 1993 年; $F_{3,1021}=613$, 1994 年; $F_{3,255}=209$, 1995 年; $F_{2,600}=231$, 1996 年; $F_{2,208}=615$, 各年とも $p<0.001$)、12 月までは経月的に大きくなった (ポストホックテスト, Fisher PLSD, 各年とも $p<0.001$)。しかし、1993 年級群ではそれ以後の 12 月と 1 月の平均体長にも有意な差が認められたが (ポストホックテスト, $p<0.001$)、1994 年級群では認められなかった (ポストホックテス

Table 1. Monthly changes in number of ayu larvae collected by a surf zone net at the surf zones in Toyama Bay from October to January during the years, 1993–1998

Year	Stations* ¹	October			November			December		
		Dis.(m)* ²	La.* ³	La./m* ⁴	Dis.	La.	La./m	Dis.	La.	La./m
1993–1994	Sandy beach (A, C, F)	200	209	1.0	300	3,047	10.2	350	615	1.8
1994–1995	Sandy beach (A, B, C, F)	400	62	0.2	280	1,944	6.9	230	2,470	10.7
	Fishing port (D, E)	—	—	—	60	2,889	48.2	160	6	0.0
	Sub total	400	62	0.2	340	4,833	14.2	390	2,476	6.3
1995–1996	Sandy beach (C, F)	230	933	4.1	280	7,171	25.6	280	821	2.9
	Fishing port (D, E)	120	0	0	120	0	0	120	68	0.6
	Sub total	350	933	2.7	400	7,171	17.9	400	889	2.2
1996–1997	Sandy beach (C, F)	230	215	0.9	230	34	0.1	230	61	0.3
	Fishing port (D)	60	0	0	120	0	0	60	0	0
	Sub total	290	215	0.7	350	34	0.1	290	61	0.2
1997–1998	Sandy beach (F)	—	—	—	200	782	3.9	150	0	0
Total		1,240	1,419	1.1	1,590	15,867	10.0	1,580	4,041	2.6

Year	Stations* ¹	January			February		March	
		Dis.	La.	La./m	Dis.	La.	Dis.	La.
1993–1994	Sandy beach (A, C, F)	400	494	1.2	350	0	350	0
1994–1995	Sandy beach (A, B, C, F)	310	3	0.0	—	—	—	—
	Fishing port (D, E)	—	—	—	—	—	—	—
	Sub total	310	3	0.0	—	—	—	—
1995–1996	Sandy beach (C, F)	270	1	0.0	270	0	—	—
	Fishing port (D, E)	120	0	0	120	0	—	—
	Sub total	390	1	0.0	390	0	—	—
1996–1997	Sandy beach (C, F)	230	0	0	100	0	100	0
	Fishing port (D)	60	0	0	—	—	—	—
	Sub total	290	0	0	100	0	100	0
1997	Sandy beach (F)	100	8	0.1	—	—	—	—
Total		1,490	506	0.3	840	0	450	0

*¹ Stations are referable to Fig. 1. *² Towing distance in meter. *³ Number of larvae collected. *⁴ Number of larvae collected per m.

ト, $p=0.97$)。5カ年を通じた各月の平均体長とその標準偏差および体長範囲は, 10月では 12.1 ± 1.8 mm (6.8–20.5 mm), 11月では 18.3 ± 3.0 mm (10.0–27.0 mm), 12月では 22.0 ± 4.9 mm (6.8–34.5 mm), 1月では 23.3 ± 2.7 mm (14.5–29.4 mm) であった。

岩瀬 (Fig. 1; F) において地曳網により, 岸から 130 m 地点までの水域で採集された仔魚の平均体長 ($\pm$ S.D.) は, 1997 年 2 月 6 日では 35.6 ± 5.1 mm ($N=56$), 1998 年 1 月 14 日では 36.3 ± 3.2 mm ($N=173$) であった。一方, 同所の砕波帯で 1 月にサーフネットにより採集された仔魚の平均体長は, 1994 年では 22.1 ± 2.1 mm ($N=99$), 1998 年では 17.3 ± 2.0 mm ($N=7$) で

あり, 地曳網による採集個体はサーフネットによる採集個体より有意に大きかった (分散分析, $F_{3,331}=447$, $p<0.001$, ポストホックテスト, Fisher PLSD, 各群とも $p<0.001$)。両者の仔魚の体長分布を Fig. 3 に示した。地曳網ではサーフネットでは採集されなかった体長範囲 21–48 mm, 平均体長 36.1 mm の大型の個体が主に採集された。

灯火タモ網による 2 時間間隔の終夜採集結果を Fig. 4 に示した。採集尾数は時間により大きな差がみられた。1994 年および 1995 年では, 調査中の潮位は干潮から満潮 (潮位差はそれぞれ 17 cm および 18 cm; 以下同じ) に向かっていた。1996 年では調査中の潮位は干潮

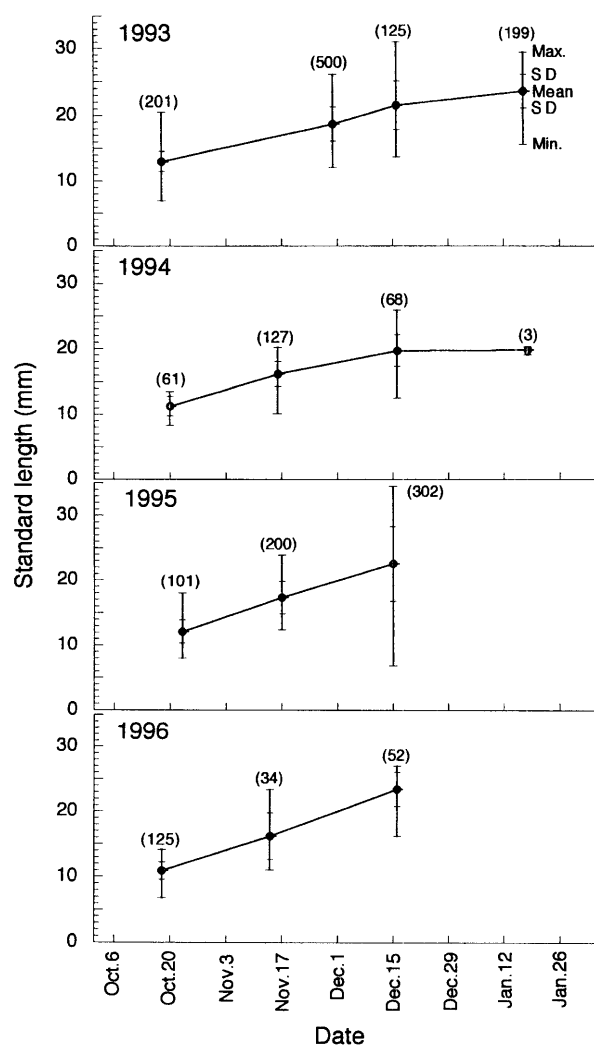


Fig. 2. Monthly changes in standard length of ayu larvae collected by a surf zone net at surf zones from October to January during the years 1993–1997. Numbers in parentheses indicate the number of individuals examined.

から満潮（18 cm）、さらに干潮（16 cm）に向かっていった。アユ仔魚の最多採集時刻と潮位との有意な関係は認められなかった。

水中観察 経田の離岸堤周辺における水中観察で仔魚が確認されたのは計7回であった（Fig. 5）。仔魚が確認された箇所はすべて汀線から60 m 沖合いに設置された離岸堤の内側であり、外側では1尾も確認できなかった。仔魚の分布状態は、砕波帯からその沖側に隣接する浅海域にかけて、いくつかの小さな群や1～2の大きな群を形成する場合などがあった。仔魚の群れが確認された層は、水面が波立ち表層の濁りが強かった1992年11月28日のみが底層で、他はすべて表層であった。仔魚が確認された時の水温は11～17℃であった。また、岩瀬では汀線から沖合い80 m 付近にある離岸堤の内側の表層でアユ仔魚の群が確認された。

水温 滑川漁港と沖合いの浅海域の水温の変化をFig. 6に示した。漁港内の水温は兩年とも1月下旬には10℃を下回ったが、浅海域の水温は兩年とも2月でも10℃を下回ることにはなかった。1～2月の両地点の水温の平均値±S.D.は、1997年ではそれぞれ 9.2 ± 1.2 と 12.6 ± 0.9 ℃、1998年では 9.0 ± 1.3 と 11.8 ± 1.0 ℃であり、2つの海域の1～2月の平均水温の間には有意な差が認められた（分散分析；1997年、 $F_{1,42} = 100$, $p < 0.001$, 1998年、 $F_{1,64} = 99.9$, $p < 0.001$ ）。

考 察

砕波帯での仔魚の出現時期 富山湾の砂浜海岸の砕波帯では、アユ仔魚は10月から翌年の1月にかけて出現し、その盛期は11月にあった。富山湾の河口域に近い浅海域の表層におけるアユ仔魚（体長3～22 mm SL）の主な出現時期は10月から12月である⁹⁾のに対して、砕波帯での出現期間は、それより約1カ月長い傾向が認められた。

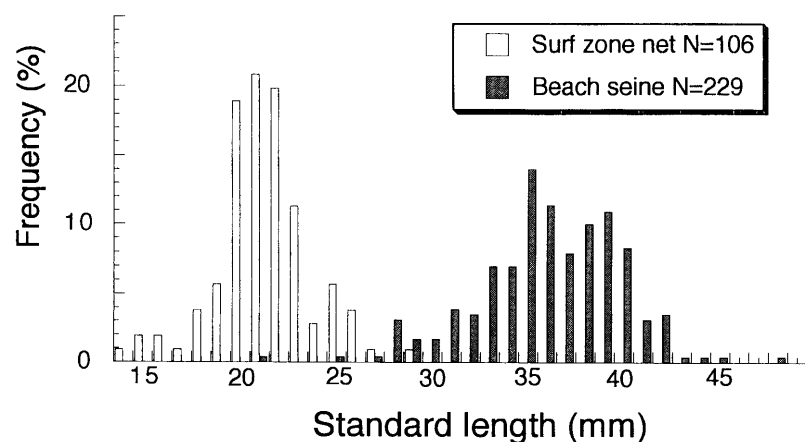


Fig. 3. Frequency distribution of standard length of ayu larvae collected by a surf zone net (open bar) and by a beach seine (closed bar) at Iwase beach (Fig. 1: F) from January to February.

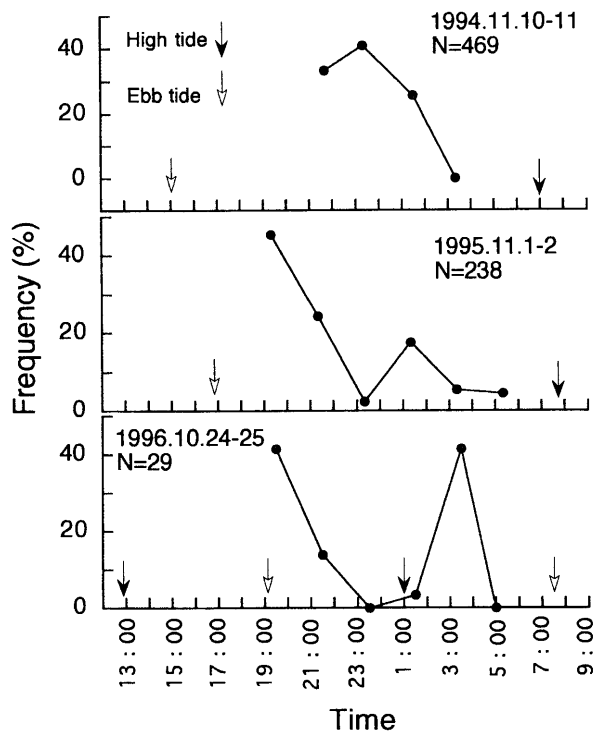


Fig. 4. Changes in number of ayu larvae collected by a dip net under lighting at two-hour intervals at Rokudo-zi beach (Fig. 1: C) from 19:00 to 6:00.

太平洋側の土佐湾の砕波帯では、アユ仔魚は10月から出現し、1~2月には出現数は減るものの3~4月には再び増加して5月まで出現している。^{2,3)} 木下²⁾は1~2月の出現数の減少は河川からの降下仔魚の加入がなくなったこと、ならびに水温の低下のため仔魚が砕波帯から離れ、やや深所に移動したことに起因すると推測している。また、塚本⁶⁾は熊野灘では、土佐湾でみられたような1~2月の出現数の減少もなく、秋から翌年の初夏にかけて多くの仔魚が採集されたとし、土佐湾との違いの理由として熊野灘の波打ち際の冬期の最低水温が13℃以上であることをあげている。小山¹⁰⁾は水槽実験による観察から、孵化後間もない仔魚の好む水温帯は17~21℃で、その後アユ仔魚は冷水を好むようになり、体長30~40 mm SLで14~17℃、体長60~70 mm SLで11~15℃であり、その下限は10℃付近にあることを示している。

富山湾の砕波帯では1月下旬頃には表層水温は10℃を下回るが、その沖側に隣接する浅海域では1~2月でも10℃を下回らない。また、水中観察で2月~3月にアユ仔魚が確認された地点はすべて砕波帯の沖側の浅海域であった。以上から、富山湾の砂浜域の砕波帯では、アユ仔魚は水温の低下のために2月頃までには沖側の浅海域へ生息場を移すものと考えられる。

仔魚の体長 富山湾の砂浜域の砕波帯では10月から

標準体長10 mmを越えるアユ仔魚（5カ年平均12.1 mm）が出現した。富山湾の河口域に近い浅海域の表層では降海直後の7 mm SL以下の個体に加え、8~22 mm SLの範囲の仔魚も多数採集され、体長8~16 mm SLの個体もゆるやかに減少しながら出現したこと⁹⁾から、海域に分散したアユ仔魚は成長しながら徐々に砕波帯付近へ回遊していくものと推定される。

砕波帯に生息していたアユ仔魚は12月中旬頃（平均体長20~23 mm）まではほぼ直線的に大型化していたが、1月に入ると出現尾数は減少し、より成長した個体の出現もほとんどみられなくなった（1月の5カ年の平均体長23.3 mm）。1998年7月に岩瀬で同じサーフネットにより平均体長27±2 mm SL（範囲20~32 mm SL, N=100）のカタクチイワシ *Engraulis japonicus* 仔魚を多数採集していること（田子 未発表）から、同漁具では体長30 mm近くまでのアユ仔魚の採集が可能と考えられる。1月の砕波帯での採集結果は体長30 mm近くのアユ仔魚はほとんど生息していなかったことを示している。

また、砕波帯に隣接する浅海域では1~2月に、塚本¹¹⁾がその生息域を未知としている体長範囲28~43 mm SLの個体を含む体長範囲21~48 mm SLの仔魚が採集された（Fig. 3）。また、同所では2月に水面遊泳観察でアユ仔魚の群れが確認された。調査に用いた地曳網では体長約20 mm SLの仔魚から採集が可能で、地曳網を行う前に行ったサーフネットによる砕波帯での採集では、仔魚数は0尾と8尾（17.3±2.0 mm, N=7）であったことから、地曳網で採集した仔魚のほとんどは、砕波帯の沖側に隣接する浅海域に生息していた仔魚と考えられる。これらの結果は富山湾の砕波帯ではアユ仔魚の多くは、平均体長が23 mmに近くなる12月中旬頃（Fig. 2）から、隣接する沖合い域に主な生息域を移行していくことを示している。

潮汐との関係 塚本⁶⁾は熊野灘でのサーフネットによる採集により、波打ち際に出現する仔魚は満潮時に多く干潮時には少いことを報告している。一方、浅野⁷⁾は熊野灘での灯火採集により、仔魚は満潮時に多い傾向はみられるものの潮汐は採集尾数に著しい影響を与えていないとしている。富山湾で行った灯火採集では満潮時に仔魚が多く採集される傾向はみられなかった。熊野灘（約2 m）に比べ潮位差の少ない日本海側（20~30 cm）では仔魚の移動に与える潮汐の影響は、太平洋側よりさらに少ないことが示唆される。

砂浜海岸の保全 アユ仔魚は砂浜海岸の砕波帯で多数採集されたが、砂浜のない漁港内の砕波帯ではまれにしか採集されなかった。大阪湾南部の湾口部で行われた調査でも、砂浜海岸ではアユ仔魚が出現したが、近くの垂直護岸ではアユ仔魚が全く出現しなかったこと¹²⁾が報

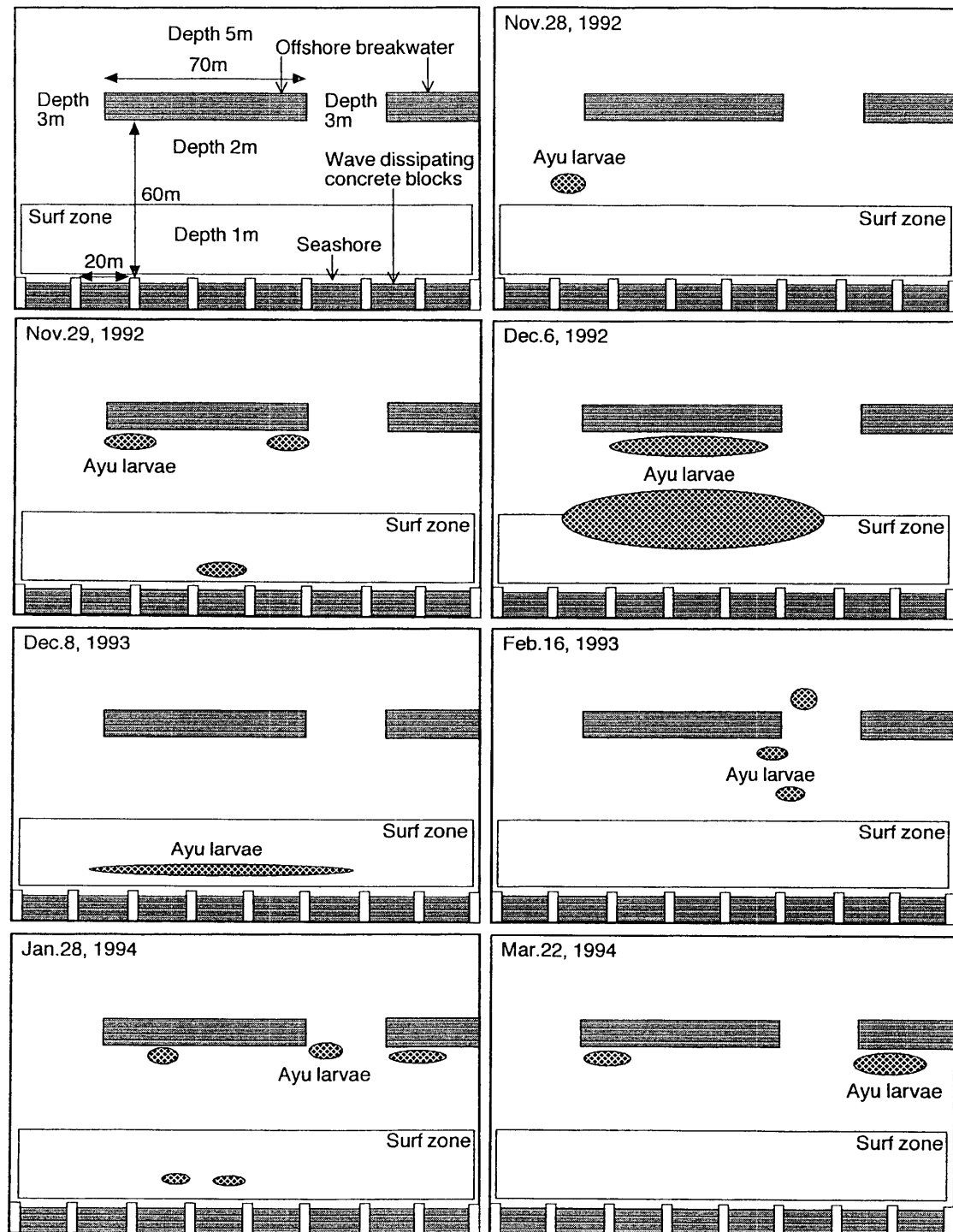


Fig. 5. Schematic diagram of the study field (Kyoden beach; Fig. 1: H) where underwater observations on ayu larvae were carried out by scuba diving. Shaded ovals indicate the school of ayu larvae observed.

告されている。漁港内の砕波帯は底面がコンクリートであり、水際のフィルター機能や陸からの淡水のしみだし機能がないこと、防波堤の内側にあるため潮の流れが悪いことおよび餌生物が砂浜海岸とは違うことなどから、特に潮流の条件の悪い漁港内では平常時にはアユ仔魚はほとんど棲息していないものと考えられる。

近年、砂浜海岸の渚の多くが埋め立て、人工護岸化、海砂の採取などにより失われている。¹³⁻¹⁵⁾ 富山湾でもすでにほとんどの海岸線が人工護岸化されているのに加え、庄川と神通川の間位置する富山新港 (Fig. 1) の東西において、1973～1997 年にかけて約 157 ha の砂浜海岸、砕波帯および隣接する浅海域が埋め立てられ

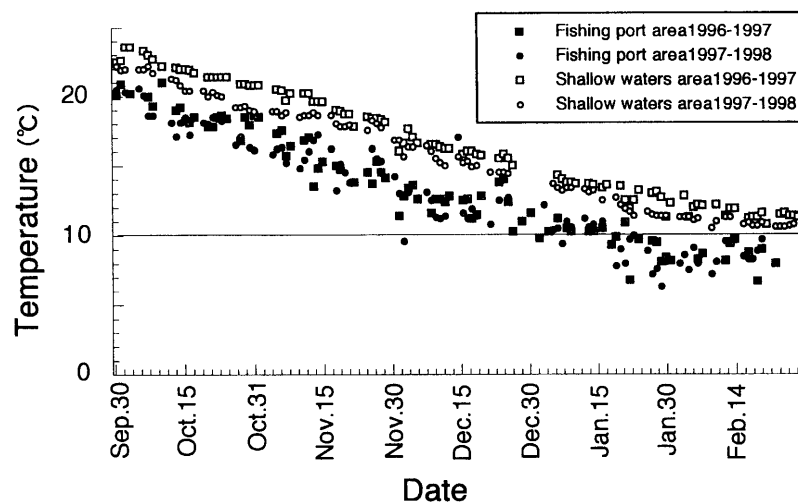


Fig. 6. Daily change in water temperature of the study fields of Namerikawa (Fig. 1: G) in Toyama Bay from October to February, 1996–1998.

た。本調査地点の A も、近隣に位置する漁港の関連施設の拡大により 1994 年頃には潮流の変化などの影響を受け始め、2000 年にはほぼ埋め立てられた。また、1996 年級群の採集率は前 3 カ年に比べ著しく減少したが、この原因にはアユ資源の年変動による仔魚数の減少の他に、調査地点 C では 1995 年にコンクリートの階段式護岸が完成し、わずかに残っていた砂浜の消失と地形の変化があったことから、その影響も原因として十分考えられる。砂浜海岸の渚域はアユだけでなく多くの仔稚魚の成育場として極めて重要である。^{8,14,15)}

海産アユ資源を増大させるためには、海岸管理者はもとより一般の人々にも、砕波帯をはじめとした周辺の渚域がアユ仔魚の冬期間の主要な成育場であることをよく理解してもらう必要があるとともに、それら渚域の環境保全が極めて重要であると考えられる。

謝 辞

本研究をとりまとめるに当たり、京都大学大学院農学研究科田中 克教授に御助言をいただいた。また、匿名の査読者の方に御助言ならびに御校閲をいただいた。仔魚の採集に当たっては、当時若林信一主任研究員（当時）、渡辺孝之主任研究員、大津 順主任研究員（当時）および辻本 良研究員（当時）のご協力を得た。データ整理に当たっては、（故）魚躬真由美技術補佐員の手を煩わせた。本研究の一部は、海産アユ種苗回帰率向上総合検討調査事業（水産庁）によった。

文 献

- 1) Senta T, Kinoshita I. Larval and juvenile fishes occurring in surf zones of Western Japan. *Trans. Am. Fish. Soc.* 1985; **114**: 609–618.
- 2) 木下 泉. 土佐湾の砕波帯における稚仔魚の出現. 海洋と生物 1984; **35**: 409–415.
- 3) 浜田理香, 木下 泉. 土佐湾の砕波帯に出現するアユ仔稚魚の食性. 魚類学雑誌 1988; **35**: 382–388.
- 4) Azuma K, Kinoshita I, Fujita S, Takahashi I. GPI isozymes and birth dates of larval ayu, *Plecoglossus altivelis* in the surf zone. *Jpn. J. Ichthyol.* 1989; **35**: 493–496.
- 5) 高橋勇夫, 木下 泉, 東 健作, 藤田真二, 田中 克. 四万十川河口内に出現するアユ仔魚. 日水誌 1990; **56**: 871–878.
- 6) 塚本勝巳, 望月賢二, 大竹二雄, 山崎幸夫. 川口水域におけるアユ仔稚魚の分布・回遊・成長. 水産土木 1989; **25**: 47–57.
- 7) 浅野博利, 熊井英水, 久保喜計, 中村元二. 浦神湾湾奥部において電燈下で採集したアユ仔稚魚について. 近畿大農紀要 1986; **19**: 9–15.
- 8) 木下 泉. 砂浜海岸の成育場としての意義. 「砂浜海岸における仔稚魚の生物学」(千田哲資, 木下 泉 編) 恒星社厚生閣, 東京. 1998; 122–133.
- 9) 田子泰彦. 富山湾の河口域およびその隣接海域表層におけるアユ仔魚の出現・分布. 日水誌 2002; **68**: 61–71.
- 10) 小山長雄. シラスアユの章. 「アユの生態」中央公論社, 東京. 1978; 39–75.
- 11) 塚本勝巳. アユの回遊メカニズムと行動特性. 「現代の魚類学」(上野輝彌, 沖山宗雄 編) 朝倉書店, 東京. 1988; 100–133.
- 12) 日下部敬之, 佐野雅基, 矢持 進, 鍋島靖信, 有山啓之, 唐沢恒夫. 大阪湾南部の垂直護岸に出現した仔稚魚. 水産増殖 1994; **42**: 121–126.
- 13) 加藤 真. 渚の保護のために. 「日本の渚—失われゆく海辺の自然—」岩波書店, 東京. 1999; 195–214.
- 14) 清野聡子, 前田耕作, 日野明日香, 宇多高明, 真間修一, 山田伸雄. カプトガニは何故その岸辺に産卵するのか? 産卵地の地形・堆積物・波・流れの特性. 海岸工学論文集 1998; **45**: 1091–1095.
- 15) 清野聡子, 宇多高明, 真間修一, 三波俊郎, 芹沢真澄, 古池 鋼, 前田耕作, 日野明日香. 絶滅危惧生物カプトガニの生息地として見た守江湾干潟の地形・波浪特性. 海岸工学論文集 1998; **45**: 1096–1100.