富山湾の湾奥部で成育したアユ稚魚の河川への回遊遡上

田 子 泰 彦*

(2000年12月19日受付, 2002年2月15日受理)

富山県水産試験場

Migration behaviors of sea-run ayu *Plecoglossus altivelis*
(Pisces) in Toyama Bay, Japan

YASUHIKO TAGO*

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

Juveniles of Ayu *Plecoglossus altivelis* were distributed from the surf zones to the offshore shallow waters in Toyama Bay, but the range of their occurrence was restricted within ca. 3 km from the coast. Upstream running of the juvenile into the Shou and Jinzu Rivers started in April when the river water temperature reached 10°C, and lasted until late May. The size distributions of the sea-run juveniles were similar between the Shou and Jinzu Rivers. The body size of the early run in early April was larger than that of the late run. This is probably due to accumulation of larger individuals in the estuaries waiting until the riverwater temperature reaches $\geq 10^{\circ}\text{C}$. Comparison of condition factors between river- and sea-collected specimens of the same size range revealed that juveniles, especially specimens over 6 cm SL, could grow better in the river than in the sea.

キーワード: アユ, 富山湾奥部, 河川水温, 遡上, 成長

河川水とともに富山湾に降海したアユ *Plecoglossus altivelis* 仔魚は, 遊泳能力を得るにつれて碎波帯に出現するようになり, その後は碎波帯に隣接する浅海域へ生息場所を移すことが明らかになった。^{1,2)} 浅海域に移動した仔魚は, 京都府³⁾や和歌山県⁴⁾などの沿岸海域では, イワシシラス漁業において混獲されていることから, 沿岸から少し離れた浅海域を中心に分布しているものと推察される。しかし, 仔稚魚の分布範囲をはじめ, この発育段階の生態にはまだ不明な部分が多く残されている。

浅海域における回遊から河川への遡上に関するアユ仔稚魚の生態的な知見は, 静岡県,⁵⁾ 徳島県⁶⁾および愛知県⁷⁾などの沿岸並びに大雲川 (京都府),^{3,8)} 信濃川,^{9,10)} 日高川,^{11,12)} 五ヶ瀬川¹³⁾および相模川¹⁴⁾などの河川において, 遡上時の体長, 日令および水温などに関する知見が得られている。しかし, 遡上に関して海域と河川をつなげて総合的に調べた報告はほとんどない。また, 降海仔魚の海域表層や碎波帯における分布様式並びに体長分布についても, 瀬戸内海や太平洋側の海域と富山湾では違いのあることが認められている。^{1,2)} 日本海中部に位置する富山湾でのアユ仔稚魚の生息域や河川への遡上条件

を明らかにすることは, アユの遡上生態の地域差を明確にし, 海産アユの増大策を検討する上で, 必須な情報を提供すると考える。本研究では, 富山湾湾奥部でのアユ仔稚魚の生息範囲並びに庄川と神通川への遡上状況を調査し, 河川への遡上要因および海域と淡水域での成長の違いについて検討を行った。

材料および方法

海域調査 富山湾湾奥部の碎波帯におけるアユ仔稚魚の接岸状況を明らかにするために, 1993~1996年の3~4月に, 隣接して砂浜海岸の碎波帯が存在する滑川漁港 (Fig. 1) 内の農業用水 (河川水使用) の排水口付近の海面において, 目視観察ならびに遊漁者の釣獲物に含まれるアユ仔稚魚の確認を原則として毎日行った。また, 滑川漁港内では1992~1996年 (1994年を除く) の4~6月に, 神通川河口西側0.6 kmに位置する八重津浜 (Fig. 1) の砂浜海岸の碎波帯に設置された北陸電力榑富山火力発電所の排水口付近の海面では1996年および1998年の3~5月に, 投網 (1目: 11 mm; 以下同じ) によるアユ仔稚魚の採集を原則として半月に1~

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

Fig. 1. Sampling sites of ayu juveniles in Toyama Bay and the Shou and Jinzu Rivers. Closed circles (set net sampling), solid lines (boat seine sampling), open squares (cast net and small beach seine sampling in the surf zone and its adjacent shallow waters) and closed squares (cast net sampling).

2回の頻度で行った。

砕波帯からその沖合いに隣接する浅海域におけるアユ仔稚魚の生息状況を明らかにするために、1996～1999年の3～6月に月に1回の頻度で、神通川河口東側1.3 kmに位置する岩瀬浜 (Fig. 1) の砂浜海岸において、小型地曳網による採集を行った。3月中は袖網長6.8 m、袋網間口部4.5 m、袋網目合3.9 mmの網を、4～6月には魚体の大きさに応じて袖網長22.7 m、袋網間口部4.5 m、袋網目合10.5 mmの網をそれぞれ使用した。曳網は人力により、砂浜の汀線から沖合い130 m以内 (水深4 m以浅) を調査対象海域とした。

さらに沖合いの海岸から約3 kmまでの浅海域のアユ仔稚魚の生息状況を明らかにするために、1992～1997年の3～6月にホタルイカ *Watasenia scintillans* を対象とした定置網漁で混獲されるアユ仔稚魚を収集した。本定置網は沿岸から0.5～3 kmに敷設されている (Fig. 1)。また、海岸より3 km以遠の海域のアユの分布を知るために、1993～1999年に魚津漁協経田支所所属のサヨリ二艘曳網漁船2カ統に混獲されたアユ稚魚の標本収集と操業場所の記載を漁業者に依頼した。サヨリ二艘船曳網漁は表層を遊泳するサヨリ *Hemirhamphus sajori* を漁獲するもので、サケ *Oncorhynchus keta* 稚魚が多く混獲され、アユ稚魚の採集にも適している。依頼した漁業者は4月上旬～6月下旬にかけてほぼ毎日出漁し、主に海岸線から3 km以遠の海域で操業した。

河川調査 アユ稚魚の遡上時期と体長、体重の関係を明らかにするために、庄川では1994～1999年 (1997年を除く) の4～6月に、神通川では1997～1999年の4～6月に、河口から約5.5 km上流に位置する礫帯

(Fig. 1) において、投網による稚魚の採集を行った。庄川では半月に1～2回の頻度で、神通川では漁業者による遡上アユ確認の連絡に応じて、半月に1回の頻度で採集を行った。

採集したサンプルは原則として氷冷して標準体長と体重を測定した。ただし、漁業者に収集を依頼したサヨリ船曳網漁で得た混獲個体は10%中性ホルマリン溶液で固定した。また、定置網漁で得られた一部の個体は耳石採取のため99%エタノールで固定したため、体長のみの測定を行った。なお、本報告では各鱗の鱗条が完成する標準体長48 mm¹⁵⁾を境に、それ未満を仔魚、以上を稚魚と定義した。

水温 1996～1999年2～6月において、河川水 (早月川の水) が近くの農業用水路を経由して流入している滑川漁港内の海域表層の水温を棒状水銀温度計を用いて原則として毎日午前9時前後に測定した。また、1996～1999年2～6月の午後3時における庄川河口から11 km上流地点における河川水温を庄川沿岸漁業協同組合連合会資料より入手した。

結 果

海域における出現時期と体長分布

1. 河口付近の砕波帯：砂浜海岸の砕波帯に隣接する滑川漁港でアユの群れが最初に確認された日は、1993年では4月24日、1994年では4月28日、1995年では4月7日および1996年では3月27日であった。砂浜海岸の八重津浜の砕波帯でアユが最も早く採集された時期は3月下旬 (1994年3月30日、1998年3月26日) であった。体長分布の時間的推移を1994年についてみると、3月30日採集群の下限体長とモードはともに最低値を示したが、体長6.5 cm以上の大型個体も少数ながら認められた。体長モードは4月7日採集群では8.0～8.4 cmと最高値を示したが、それ以降は小さくなり5月18日採集群では3月30日採集群と同じ5.5～5.9 cmと最低値を示した (Fig. 2)。5月30日にはアユは採集されなかった。1998年でも1994年と同様な傾向が認められ、3月26日の体長のモードと上限は4月28日採集群よりも大きく、また体長6 cm以上の大型個体の占める割合は3月26日採集群が43.1%で、4月28日採集群 (10.3%) の約4倍であった。

2. 河口付近の砕波帯の沖合側に隣接する浅海域：岩瀬浜の沖合い130 m以内の浅海域で地曳網で採集されたアユ仔稚魚の体長分布を Fig. 3 に示した。4カ年を通じて、4月上中旬に得られた個体の体長範囲が最も広く、河川遡上魚と同様な体色をした体長7 cm以上の大型稚魚から体長4 cm未満のシラス型仔魚まで様々な発育段階の個体が含まれていた。一方、5月になると7 cm以上の大型個体は急減した。1996年、1998年、1999年

Fig. 2. Size frequency distribution of ayu juveniles captured by a cast net at Yaezu Beach from March to May in 1994 and 1998.

の3カ年とも4月上中旬の標本には5月の最大個体を上回る大型個体が出現した。1996年6月17日, 1997年6月10日, 1998年6月12日および1999年6月3日の曳網ではアユは1尾も採集されなかった。

3. 沖合の浅海域: 海岸線より0.5~3 km 沖合いの定置網からは3~5月に7個の標本が得られ, その体長範囲を採集点の岸からの距離の順に Table 1 に示した。沿岸から2~2.5 km に敷設された定置網 (St. 4) において1996年3月25日に混獲された141個体の平均体長±標準偏差は 5.9 ± 0.8 cm, 範囲は4.2~7.9 cm で幅があり, 発育段階の異なる仔稚魚が混在していた。海岸線から4~8 km 沖でサヨリ曳網により混獲された稚魚数は年間0~7個体であった。サヨリ曳網では5月中旬以降, 定置網では6月上旬以降アユは1尾も採集されなかった。

海域で採集された個体の最大体長は1996年4月22日の曳網で採集された9.1 cm (体重6.4 g), 最大体重は1996年4月16日の定置網で採集された体長9.0 cm, 7.2 g で, 採集時期はともに4月中旬であった。

河川域への遡上時期と体長分布

庄川で4~5月に採集されたアユ稚魚の体長分布を Fig. 4 に示した。庄川の1994年4月7日採集群の体長は4月27日採集群と5月6日採集群よりも5%水準で有意に大きい側に分布し (Kolmogorov-Smirnov 検定, $d.f.=2$, $D=0.548$, $p=0.037$, 4月27日群; $d.f.=2$, $D=0.662$, $p=0.007$, 5月6日群), 4月27日採集群は5月6日採集群よりも5%水準で有意に大きい側に分布した (同 $d.f.=2$, $D=0.195$, $p=0.042$)。1995年も同様で, 4

月28日採集群は後続の5月10日採集群よりも1%水準で有意に大きい側に分布した (同 $d.f.=2$, $D=0.390$, $p<0.001$)。1996年4月30日採集群は, 5月8日採集群と5%水準で有意な差はなかったが (同 $d.f.=2$, $D=0.393$, $p=0.545$), 5月23日採集群と5月30日採集群よりも1%水準で有意に大きい側に分布した (同 $d.f.=2$, $D=0.460$, $p<0.001$, 5月23日群; $d.f.=2$, $D=0.623$, $p<0.001$, 5月30日群)。また, 5月23日採集群も5月30日採集群よりも1%水準で有意に大きい側に分布した (同 $d.f.=2$, $D=0.279$, $p<0.001$)。1998年も同様で, 4月27日採集群は後続の5月7日採集群よりも1%水準で有意に大きい側に分布した (同 $d.f.=2$, $D=0.330$, $p<0.001$)。1999年4月12日採集群も後続の4月30日採集群, 5月13日採集群よりも1%水準で有意に大きい体長分布を示した (同 $d.f.=2$, $D=0.710$, $p<0.001$, 4月30日群; $d.f.=2$, $D=0.554$, $p<0.001$, 5月13日群)。このようにすべての年で早期の遡上群は後続の遡上群に比べて魚体が大きい傾向が認められた。また, 4~5月ではすべての年で最も早い調査日の採集群の下限体長が以後の採集標本に比べ最も大きかった。

体長6 cm 未満の小型個体が全体に占める割合は, 1994年では4月7日0%, 4月27日2.4%, 5月6日1.2%, 5月18日, 5月30日0%, 6月8日0% ($N=80$, 体長下限6.9 cm), 1995年では4月28日0%, 5月10日1.6%, 1996年では4月30日, 5月8日, 5月23日0%, 5月30日4.0%, 6月14日0% ($N=80$, 体長下限6.9 cm), 1998年では4月24日0%, 5月7日15.3%, 1999年では4月12日0%, 4月30日0.9%, 5

Fig. 3. Size frequency distribution of ayu juveniles captured by a small beach seine at Iwase Beach from March to May during the years 1996–1999.

月 13 日 1.2% であり、小型個体は 4 月下旬から 5 月下旬にかけて出現し、特に 5 月に多く出現する傾向が認められた。また、6 月にも採集を行った 1994 年と 1996 年では小型個体の出現は全くみられなかった。

神通川下流域では川幅が広いいため早期の採集は出来ず、

4 月の標本は、1999 年に 1 回得られたのみであった。従って、早期の 4 月に比較的大きな個体群が遡上するという傾向は把握できなかった。1999 年 4 月 28 日採集群の体長下限は 6.1 cm で、後続の 5 月 12 日採集群のそれ (5.0 cm) より大きかった。

Table 1. Ayu juveniles captured by set nets and boat seines at the offshore shallow waters in Toyama Bay

Site* (Station No.)	Date	Fishing method	Number examined	Standard length (cm)
0.5–1 km (2)	14 Mar. '95	Set net	11	5.6–6.8
0.5–1 km (3)	30 May '95	Set net	38	6.5–8.1
0.5–1 km (3)	16 Apr. '96	Set net	1	9.0
1–2 km (1)	14 Apr. '94	Set net	5	6.9–8.1
2–2.5 km (4)	25 Mar. '96	Set net	141	4.2–7.9
2–3 km (5)	14 Apr. '94	Set net	4	6.4–8.3
2–3 km (6)	8 Apr. '97	Set net	12	4.9–7.7
4–5 km (10)	6 May '99	Boat seine	2	6.5–8.0
4–7 km (8)	5 May '99	Boat seine	2	6.5–6.7
5–6 km (9)	20 Apr. '95	Boat seine	1	8.0
5–8 km (7)	19 Apr. '99	Boat seine	1	6.9
—	4 May '97	Boat seine	2	6.3–7.1
—	9 May '99	Boat seine	2	6.3–6.5

* Distance off the coast. Station numbers are those in Fig. 1.

体長 6 cm 未満の小型個体が全体に占める割合は、1997 年では 5 月 12 日 8.6% ($N=58$), 5 月 30 日 5.1% ($N=118$), 6 月 13 日 0% ($N=101$, 体長下限 6.4 cm), 1998 年では 5 月 19 日 2.6% ($N=77$), 5 月 28 日 11.0% ($N=73$), 6 月 5 日 0% ($N=72$, 体長下限 6.7 cm), 1999 年では 4 月 28 日 0% ($N=135$), 5 月 12 日 3.7% ($N=163$), 5 月 26 日 0% ($N=188$, 体長下限 6.3 cm), 6 月 8 日 0.8% ($N=127$, 体長下限 5.9 cm) であり、小型個体の出現は大部分が 5 月に認められ、6 月ではほとんどみられなくなった。神通川で採集された個体の最小体長は 1998 年 5 月 19 日の 4.8 cm, 最小体重は 1999 年 5 月 12 日の 1.1 g で、ともに 5 月中旬であった。

庄川と神通川において 4～5 月に採集された全個体について、海域で採集された稚魚の上限体長の 9.1 cm 以下の体長分布を Fig. 5 に示した。両河川の稚魚の体長分布のモードはともに 7.0～7.4 cm にあり、体長の頻度分布パターンに有意な差は認められなかった (*Kolmogorov-Smirnov* 検定, $d.f.=2$, $D=0.035$, $p=0.605$)。

海域と河川域での肥満度の違い

海域と河川で採集された個体の体長範囲が重複する 4.8～9.1 cm における海域、庄川および神通川で採集された個体の体長 (x) と体重 (y) の関係を Fig. 6 に示した。両者の関係を対数式で表すと、海域では $y = -13.4 + 8.84 \log x$ ($r_{1,1324} = 0.965$, $p < 0.001$), 庄川では $y = -25.7 + 15.4 \log x$ ($r_{1,1433} = 0.927$, $p < 0.001$) および神通川では $y = -28.0 + 16.7 \log x$ ($r_{1,725} = 0.958$, $p < 0.001$) で示された。3 者には同じ体長では体重に有意な差が認められた (共分散分析, $F_{2,3482} = 622$, $p < 0.001$)。海域の稚魚に比べ庄川と神通川の稚魚が、また

庄川の稚魚に比べ神通川の稚魚が、同じ体長では体重が有意に重いことが判った (ポストホックテスト, Fisher PLSD $p < 0.001$)。

海域と河川で採集された個体の体長範囲が重複する 4.8～9.1 cm における海域、庄川および神通川で採集された稚魚の体長 (x) と肥満度 (y) の関係を Fig. 7 に示した。海域の個体では体長 6 cm までは体長と肥満度には有意な強い正の比例関係が認められたが ($y = 1.26 + 1.44x$, $r_{1,1111} = 0.662$, $p < 0.001$), 6 cm 以上の個体では正の比例関係が極めて弱くなった ($y = 9.70 + 0.141x$, $r_{1,748} = 0.072$, $p = 0.049$)。さらに大型の 7～9.1 cm の個体では逆に有意な負の比例関係に転じ ($y = 16.7 - 0.776x$, $r_{1,267} = -0.280$, $p < 0.001$), 8～9.1 cm では負の傾向がさらに強くなった ($y = 24.6 - 1.74x$, $r_{1,57} = -0.425$, $p < 0.001$)。一方、河川の個体では体長 6 cm 以上の個体にも正の比例関係が認められ (庄川: $y = 9.133 + 0.357x$, $r_{1,1400} = 0.188$, $p < 0.001$, 神通川: $y = 8.50 + 0.554x$, $r_{1,698} = 0.387$, $p < 0.001$), 7 cm を越えても引き続き正の比例関係が認められた (庄川: $y = 10.9 + 0.134x$, $r_{1,1064} = 0.053$, $p = 0.085$, 神通川: $y = 9.13 + 0.477x$, $r_{1,525} = 0.259$, $p < 0.001$)。

環境

1. 水温 滑川漁港の海域と庄川中流域の表面水温の旬変化は、海域、河川とも早い年で 4 月上旬、通常年でも中旬には 10℃ を越えた (Fig. 8)。しかし、1996 年 4 月は例外的に遅く下旬に 10℃ を越えた。河川水温の上昇が遅れたこの年の 4 月中旬には、海岸から 0.5～1.0 km 沖の定置網や 130 m 以内の碎波帯に隣接する浅海域で、調査期間中最も大きなアユ稚魚が採集された。

考 察

遡上前の仔稚魚の生息範囲 3～5 月の富山湾では、砂浜海岸の碎波帯、碎波帯に隣接した浅海域および海岸から沖合い 0.5～3 km の浅海域にかけてアユ仔稚魚が出現した。沖合い 2～2.5 km の定置網では 3 月下旬のアユの標本に体長 4.8 cm 未満の仔魚も含まれていたことから、アユは体サイズが比較的小さい段階でも碎波帯沖合いの浅海域に分布していることが明らかとなった。さらに沖合いの 4～8 km 域では、サヨリ曳網によりアユと体サイズの似通ったサケ稚魚が多数混獲されている。¹⁶⁾ しかし、本調査によるサヨリ曳網 2 カ統のアユの混獲数は年 0～7 尾であり、同漁船 1 カ統の 1 日当たりの曳網距離が 10～30 km であることを考えると、その数は極めて少ない。このことから、富山湾ではアユ仔稚魚の主要な分布範囲は、沖合い 3 km 以内の海岸線にごく近い浅海域に限られるものと推定される。

河川への遡上時期 漁港両側に砂浜海岸の碎波帯を有する滑川漁港や八重津浜の砂浜海岸の碎波帯でアユの群

Fig. 4. Size frequency distribution of ayu juveniles captured by a cast net at the site 5.5 km upstream from the mouth of the Shou River from April to May during the years 1994–1999.

Fig. 5. Size frequency distribution of ayu juveniles captured in the lower reaches of the Shou and Jinzu Rivers from April to May. Data obtained during the years 1992–1999 were pooled.

Fig. 6. Relationship between standard length and body weight of ayu juveniles captured in Toyama Bay, and the Shou and Jinzu Rivers from March to June. Data obtained during the years 1992–1999 were pooled.

れが確認できるようになったのは、ともに3月下旬以降であった。アユ稚魚の河川への遡上は、海水温と河川水温がほぼ等しくなった頃に始まると考えられ、^{3,5,7,17)} その水温は約10℃と報告されている。^{3,6,7,18)} 庄川中流域および河川水が流入する滑川漁港の旬平均水温が10℃を越えるのは4月上旬～下旬であり、両者の水温が等しくなるのもほぼ同時期であった。八重津浜や岩瀬浜な

Fig. 7. Relationship between standard length and condition factors of ayu captured in Toyama Bay, and the Shou and Jinzu Rivers from March to June. Data obtained during the years 1992–1999 were pooled.

Fig. 8. Water temperature changes in the Namerikawa fishing port (upper) and at the site 11 km upstream from the mouth of the Shou River (lower) from February to June during 1996 to 1999.

どの河口域に近い砂浜海岸の碎波帯やそれに隣接する浅海域では、河川への遡上態勢の整った大型個体の出現は4月上・中旬になって認められた。このことから、富山

湾における河川への遡上は、通常年では、河川水温が10℃を越え始める4月上旬以降に始まるものと推定される。庄川や神通川の遡上開始時期は、大雲川³⁾や相模川⁴⁾とほぼ同じで、信濃川大河津分水路⁹⁾に比べ1ヶ月ほど早く、日高川^{11,12)}や五ヶ瀬川¹³⁾に比べ10日ほど遅い。

海岸から3 km以遠で行われているサヨリ曳網漁では5月中旬以降、海岸から0.5~3.0 kmで行われている定置網漁および砂浜海岸の碎波帯やそれに隣接する浅海域で行った採集では6月以降にアユは見られなくなった。6月に入ると、海域・河川の水温はともに遡上活動の最適水温範囲とされる13~16℃^{3,19)}を越えていた。また、庄川や神通川では5月中にみられた体長6 cm未満の小型群も6月に入るとほとんどみられなくなった。大雲川では小型群の比率が最大になって遡上が終わることが報告されている。³⁾ これらのことから、庄川や神通川ではアユ稚魚の大部分は5月中には遡上を終えるものと推定される。

遡上時の魚体の大きさ 富山湾で得たアユの上限体長と体重はそれぞれ9.1 cmと7.2 g、河川で得たアユの下限の体長と体重はそれぞれ4.8 cmと1.1 gであった。庄川と神通川の河川規模が大きいことや融雪増水により遡上初期の採集が困難な状況を考慮すると、富山湾から両河川へ遡上するアユ稚魚の体長と体重範囲は4.8~9.1 cmと1.1~7.2 g程度と推定され、両河川の遡上体長はほぼ等しかった (Fig. 5)。日本各地での遡上稚魚の体長範囲は、静岡県大井川河口付近の沼では4.6~8.5 cm,⁵⁾ 京都府大雲川では4.0~9.5 cm^{3,8)}と報告されており、本研究結果と一致している。

一般にアユ稚魚の体サイズは、初期遡上群(一番上り)が最も大きく、時期が遅れるに従い小さくなることが報告されている。^{3,7,19)} 本調査では庄川に遡上したアユ稚魚だけでなく、河口域に近い碎波帯の八重津浜や碎波帯に隣接する岩瀬浜で得られたアユ稚魚においても、時期を経過するに従い体サイズが小さくなるという同様の傾向が確認できた。塚本²⁰⁾は、早生まれほど若齢で早期に次の生息場所に移動すること、および成長のよいものほど小サイズで早期に次の生息場所に移動することをアユの回遊の原則として示している。この原則に従えば一番上りの個体は小型であるはずである。塚本²⁰⁾が一番上りの魚体が最も大きい理由を未知の生息域に寄り道するためではないかと推測している。河口域に近い富山湾でアユの大型個体が確認されたのは、河川水の影響を受ける海域と河川中流域の水温がともに10℃に達しない4月中旬までであった。体長4~6 cmの海産アユを用いた実験では、アユは水温10℃以下の河川水に接すると、水温が低いほど、また低水温にさらされる時間が長いほど死亡率が増すことが報告されている。¹⁸⁾ これらの

ことから、富山湾における一番上りの体サイズが最も大きい理由は、遡上時の河川水温条件が満たされていないために河口近辺の海域で滞留を余儀なくされるため (Fig. 3) と判断される。また、水温が10℃を越える5月になると小型個体でも生理的に遡上が可能になると解釈すると、庄川では初期の遡上群の体長の下限が最も大きかったこと (Fig. 4) および庄川や神通川で体長6 cm未満の小型個体が出現したのは4月下旬以降で特に5月に多かったという事実も合理的に説明できる。

海域と河川での肥満度の違い 庄川や神通川に遡上した個体は海域に生息している同じ体長の個体に比べ有意に体重が重い傾向を示した (Fig. 6)。また、海域で生息している個体の体長と肥満度との関係は、体長6~7 cmを境に有意な正の比例関係から有意な負の比例関係に転じた。一方、庄川と神通川へ遡上後の個体では、体長が6 cm以上になっても引き続き両者に比例関係が継続した (Fig. 7)。動物プランクトンを摂餌するのに適したアユの円錐歯は、体長5.5~6.0 cmに達した段階で脱落し、²¹⁾ 同時期には石の表面に繁茂した藻類を摂餌するのに適した櫛状歯が発達することが知られている。²²⁾ 上記の富山湾海域での採集個体と流入河川での採集個体の肥満度の違いおよび庄川と神通川のアユの体長分布が同じであるにもかかわらず (Fig. 5) 神通川の個体の肥満度が庄川のそれを上回ったこと (Fig. 6) は、肥満度の高い個体が川へ遡上したと考えるより、アユの歯の発達状況と両河川の下流域の餌条件の違いをよく反映していると考えた方がうまく説明できる。富山湾では水温条件さえ整えば、特に体長6 cmを越えた個体では、海域に生息しているよりも河川へ遡上した方が成長がよくなるものと推定される。

富山湾でのアユの回遊模式図 今回の結果ならびに既報資料に基づき、アユの河川から海への降下から碎波帯への移動、さらには浅海域から接岸・河川遡上までの回遊モデルを考えた (Fig. 9)。富山湾流入河川では、9月下旬から11月中旬にかけて産卵が行われ、孵化仔魚は10月から12月に降海する。^{23,24)} 大部分の仔魚は翌朝までには河口域に到達する。²⁵⁾ 海域での分散範囲は沿岸から沖合い2.5 km以内の河川水の影響が及ぶ範囲に限られ、仔魚は成長に伴い塩分躍層以浅の表層を経由して碎波帯に移動してくる。¹⁾ また、一部の仔魚は河口域から直接碎波帯に移行する (Fig. 9a, ②) か、一部は河川フロント内側の浅海域にも分布する。10月から翌年1月のまでの間碎波帯を主な生息場としていた仔魚は、碎波帯の水温の低下および季節風による碎波帯の物理環境の悪化とともに、2月頃までには隣接した浅海域への移行を行う (Fig. 9b, ④)。²⁾ 浅海域では沖合い3 km以内を主な生息場所とする (Fig. 9b, ⑤)。3月下旬以降には接岸する群が現われ、河川の水温が約10℃に達する

Fig. 9. Schema showing migration patterns of ayu (*Plecoglossus altivelis*) in Toyama Bay, the Sea of Japan. Migrations were divided into 7 processes: a. ① seaward drifting of the larvae from spawning grounds to estuary, ② dispersion to the offshore shallow waters or to the adjacent surf zones, ③ shoreward migration to surf zones of sandy beach, b. ④ migration from surf zones to adjacent shallow waters, ⑤ offshore migration from adjacent shallow waters, ⑥ shoreward migration to estuary waters, ⑦ run.

4月上旬から河川遡上が始まる (Fig. 9b, ⑥⑦)。そして、5月中には大部分の個体が河川への遡上を完了するものと推定される。

富山湾湾奥部におけるアユ仔稚魚の主要な生息範囲は、河川水の影響が及ぶ海岸線から沖合い約3 km以内に限られ、分布の範囲は決して広くはない。庄川および

神通川から富山湾に降海したアユ仔魚は、湾奥の砂浜域の碎波帯とそれに隣接する浅海域に比較的集中分布して成長し、河川に遡上してくるものと考えられる。このことは内水面漁協などが現在行っている産卵親魚の保護や産卵場の造成などの方策に増殖効果が期待できることを示している。さらに、浅海域においてアユ仔稚魚の良好な生息環境を維持することが、海産アユの海域での生残率を高め、遡上個体数を増大させる上で、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並びに御校閲をいただいた。岩瀬浜における仔稚魚の採集では、宮崎統五氏、若林信一氏、大津 順氏、辻本 良氏、当時調査船「はやつき」田中孝世船長 (当時)、西浦富幸機関長、日又伸夫甲板員 (当時)、高縁 真甲板員 (当時)、金谷文樹甲板員の御協力を得た。庄川における稚魚の採集では庄川沿岸漁業協同組合連合会の松本吉則氏、神通川では稲垣勝友氏の御協力をいただいた。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) およびアユ種苗総合対策検討調査事業 (水産庁) によった。

文 献

- 1) 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.
- 2) 田子泰彦. 富山湾の砂浜域碎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. 日水誌 2002; **68**: 144-150.
- 3) 楠田理一. 海産稚アユの遡上生態-II. 大雲川における遡上群の季節的变化. 日水誌 1963; **29**: 822-827.
- 4) 堀木信男. 和歌山県沿岸域における稚アユの生態. 水産増殖 1988; **35**: 229-235.
- 5) 鈴木 順. 静岡県吉田村地先のシラスアユに就いて. 水産研究誌 1942; **37**: 12-17.
- 6) 加藤 孝. 徳島県沿岸に於ける海産稚鮎の生態の二, 三について. 日水誌 1954; **20**: 4-9.
- 7) 堀田秀之. 海産稚鮎の生態に就いて. 魚類学雑誌 1953; **3**: 15-20.
- 8) 楠田理一. 海産稚アユの遡上生態-I. 大雲川における遡上群の日週変化. 日水誌 1963; **29**: 817-821.
- 9) 兵藤則行, 小山茂生. 海産稚仔アユに関する研究-III. 遡上稚アユの日令とそのふ化日について. 新潟内水試験研報 1986; **13**: 1-7.
- 10) 兵藤則行, 小池利通, 星野正邦, 鈴木惇悦. 海産稚仔アユに関する研究-V. 遡上稚アユの日令とそのふ化日について(2). 新潟内水試験研報 1988; **14**: 1-5.
- 11) 中西 一, 藤井久之. 日高川におけるアユそ上量. 平成2年度和歌山県内水面漁業センター事業報告 1992; **16**: 33-36.
- 12) 中西 一, 藤井久之. 日高川における稚アユそ上状況.

- 平成3年度和歌山県内水面漁業センター事業報告 1993; 17: 47-51.
- 13) 平野克己, 岩槻幸雄, 三村文孝, 八木征雄, 尾田成幸. 岩熊井堰中央魚道におけるアユ遡上について. 水産増殖 1996; 44: 1-6.
- 14) 相澤 康, 安藤 隆, 勝呂尚之, 中田尚宏. 相模川におけるアユ, *Plecoglossus altivelis* の遡上生態について. 水産増殖 1999; 47: 355-361.
- 15) 猿渡敏郎, 沖山宗雄. アユ. 「日本産稚魚図鑑」(沖山宗雄編) 東海大学出版会, 東京. 1988; 67-69.
- 16) 水産庁北海道さけ・ますふ化場. 日本海におけるサケ初期生活史に関する調査結果(1). 1993: 1-114.
- 17) 小山長雄. 「アユの生態」中央公論社, 東京. 1978; 1-176.
- 18) 小泉清明, 松浦庚一. 稚アユの低水温に対する抵抗力. 木曾三川河口資源調査報告1, 木曾三川河口資源調査団, 上田市. 1964; 103-106.
- 19) 堀田秀之. 幼鮎遡上の時間的变化に就いて. 魚類学雑誌 1952; 2: 113-116.
- 20) 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.
- 21) 駒田格知. アユの成長に関する研究一特に相対成長および口部・歯系の成長について一. 岐歯学誌 1978; 6: 80-128.
- 22) 駒田格知. *Plecoglossus altivelis* Temminck et Schlegel の歯に関する研究. (1)板状歯 (Banjoshi) の成長について. 岐歯学誌 1975; 3: 39-48.
- 23) 田子泰彦. 庄川におけるアユ仔魚の降下生態. 水産増殖 1999; 47: 201-207.
- 24) 田子泰彦. 庄川におけるアユ降下仔魚量の推定. 日水誌 1999; 65: 718-727.
- 25) 田子泰彦. 庄川におけるアユ仔魚の河口域への到達時間の推定. 水産増殖 1999; 47: 215-220.