

## 矢作川における遡上アユ及び産卵アユの耳石輪紋分析による日齢査定と日齢から推定した遡上と産卵の状況

服部克也・岩田友三・鯉江秀亮・稲葉博之

(2017年12月1日受付, 2018年1月11日受理)

### The pattern of upstream migration and spawning of ayu *Plecoglossus altivelis altivelis* in the Yahagi River, based on the analysis of daily otolith increments

HATTORI Katsuya\*, IWATA Yuzou\*, KOIE Hideaki\*, and INABA Hiroyuki\*

**Abstract :** The upstream migration pattern of ayu fish in the Yahagi River was estimated by the number of fish trapped in the Fujii-tokogatame fishway from 2009 to 2016. The daily number of upstream migrating fish was estimated by the total weight of the fish caught per day and the daily mean body weight. The upstream migrating fish were divided into four groups by cohort analysis of the upstream migration date. These groups were named as very early, early, medium, and late migration ‘runs’. The relationship between the hatching date and the upstream migration date was estimated by otolith annulus analysis of the upstream migrating fish. Based on the relationship, it was supposed that the matured fish caught at the spawning grounds in the Yahagi River would consist of 90% in the late run, 7.5% in the medium run and only 2.5% in the early run. In the standard upstream migration pattern, the percentage of fish in the very early and early runs was 29.2%, and in the medium run was 36.4%. However, in matured fish, these proportions were significantly changed. The results suggest that early migrating fish in the Yahagi River were less able to join the spawning.

キーワード: 矢作川, アユ, 早期遡上, 耳石, ふ化日推定, 産卵, 加入

アユ *Plecoglossus altivelis altivelis* は、内水面漁業における主要な対象魚である。アユの持つなわばり性に着目した友釣りとは、本種に特有な釣りで人気が高い。友釣りでは、天然アユの他、人工産種苗や琵琶湖産種苗などの放流魚も漁獲対象となっている。しかしながら、遺伝的攪乱の問題や魚病蔓延防止などの観点から、その地域に生息する天然アユの積極的な利用が望ましいと考えられている。<sup>1, 2)</sup>

天然アユは、河川水温が 12℃以上となる初春頃に海域から河川に遡上し、<sup>3, 4)</sup> 早期は大型魚が主体、その後順次小型魚が主体の群れで遡上するとされ、群れの個体数は時期や年により変化<sup>4)</sup> する。大型魚は小型魚よりもなわばり性を強く発現する<sup>5)</sup> ため、アユ漁場の多くでは友

釣り漁期の早期においては天然アユよりも大型の人工産種苗を漁場に放流して、良く釣れるようにすることが行われている。天然アユにおいても早期に遡上する大型魚は友釣りでも良く釣れるとされ、人工産種苗の放流に加え、これらを効率的に利用することで漁場の生産性を高めることが期待される。こうしたことから、天然アユの遡上時期、遡上個体の体サイズ、遡上個体数の把握など基本情報の解明が必要である。また、アユの耳石輪紋解析<sup>6)</sup> により、遡上個体や産卵個体のふ化日を推定することで、どの時期に遡上したアユがどの程度産卵集団に加入しているのかを検討し、アユ資源の管理に活かしていくことも重要である。

こうしたことから、本研究では 2009 年から矢作川左岸

\*愛知県水産試験場内水面漁業研究所 (Freshwater Resource Research Center, Aichi Fisheries Research Institute, Isshiki, Nishio, Aichi 444-0425, Japan)

の藤井床固魚道（愛知県安城市藤井町）で汲み上げ放流のため採捕された遡上アユの体サイズと採捕量を把握し、遡上魚及び産卵場に蟄集した成熟魚の耳石輪紋解析によるふ化日の推定を行った。これらの調査結果に基づき、本報告では矢作川を遡上した天然のアユ資源における基本情報として、遡上から産卵までの再生産サイクルを考察した。

なお、矢作川水系（矢作川、巴川、乙川など）は8基のダム、4基の取水堰で流れが分断されているものの、魚道による遡上や汲み上げ放流が行われており、上流域まで天然アユが生息している。

### 材料及び方法

**遡上傾向と遡上群の分離** 遡上アユの採捕重量は、4漁業協同組合（矢作川漁業協同組合、巴川漁業協同組合、男川漁業協同組合及び岡崎市漁業協同組合）が汲み上げ放流のため藤井床固魚道(Fig. 1)に設置したトラップで、2009～2016年に採捕されたアユの計量値を用いた。計量は、採捕開始（遡上確認日）から終了（特別採捕許可満了日の5月31日）までの毎日行われた。また、2～3週

間に1回、トラップ内から一部（約30～60尾）を抜き取り、体重を測定して、採集日の平均体重を求めた。各年各採捕日の基準日（3月1日）からの経過日数（以下Dm、なお3月1日を1日とした）と平均体重との関係式を求め、これから年ごとの各Dmの推定平均体重を算出した。年ごとの各採捕日の採捕重量と当該Dmの推定平均体重から採捕個体数を算出した。標準的な遡上傾向を確認するため、Dm毎の遡上個体数を以下により求めた。8カ年（2009～2016年）の各年各採捕日の採捕個体数をDmで割り、各Dmにおいて単年データの場合はそれをDmの遡上個体数に、複数年データがある場合は平均値をDmの遡上個体数とした。これを基に1週間を基本単位として7日毎の移動平均値を求めて、各Dmの標準的な遡上個体数とし、Microsoft Excelを用いて度数分布を正規分布に分解する手法<sup>7)</sup>によりコホート解析を行って遡上群を分離し、遡上魚全体に占める各遡上群の個体数割合を求めた。同様に、各年において各遡上群の個体数割合を求め、標準の個体数割合と比較した。

各Dmの標準的な平均体重を求めるため、8カ年（2009～2016年）の遡上個体の平均体重とDmとの関係式を求め、これにより遡上群毎に平均体重の範囲を規定した。

**遡上魚の耳石輪紋解析** 2014年及び2016年に採捕された遡上個体の一部から扁平石（以下耳石）を採取し、市販の接着剤でスライドガラスに左右別に包埋して600～2,000番の耐水性紙やすりで研磨した。研磨後は耳石封入剤（Euparal, CHROMA社）で包埋し、400～500倍の顕微鏡下で観察して中心より15μm前後の明瞭な輪紋をふ化輪として、その外円を計数した。計数は1個体について3回以上行い、その平均値を輪紋数とした。Tukamoto *et al.*<sup>8)</sup>が輪紋の日周性を示したことから、輪紋数からふ化日を推定した。推定したふ化日は、基準日（10月1日）からの経過日数（以下Do、なお10月1日を1日とした）とし、耳石を採取した個体の遡上日（採捕日：Dm）との関係式を求めた。

**成熟魚の耳石輪紋解析** 2014年及び2016年の産卵期に、矢作川のアユ産卵場（葵大橋上流, Fig. 1）及び巴川のアユ産卵場（松平, Fig1）に蟄集した成熟アユを漁協関係者がガリ釣り（引っ掛け釣り）により採捕した。その一部について側線上方横列鱗数が17～20枚の個体を天然魚として人工産種苗と識別した。天然魚とした個体は、体重及び生殖腺重量を測定した後、遡上魚の耳石輪紋解析と同様の手法により耳石の輪紋数を計数した。輪紋数から推定されたふ化日は、遡上魚と同様にDoで示した。次に、推定されたふ化日（Do）と遡上日（Dm）の関係式により査定個体の遡上日を求め、査定個体が含まれる遡

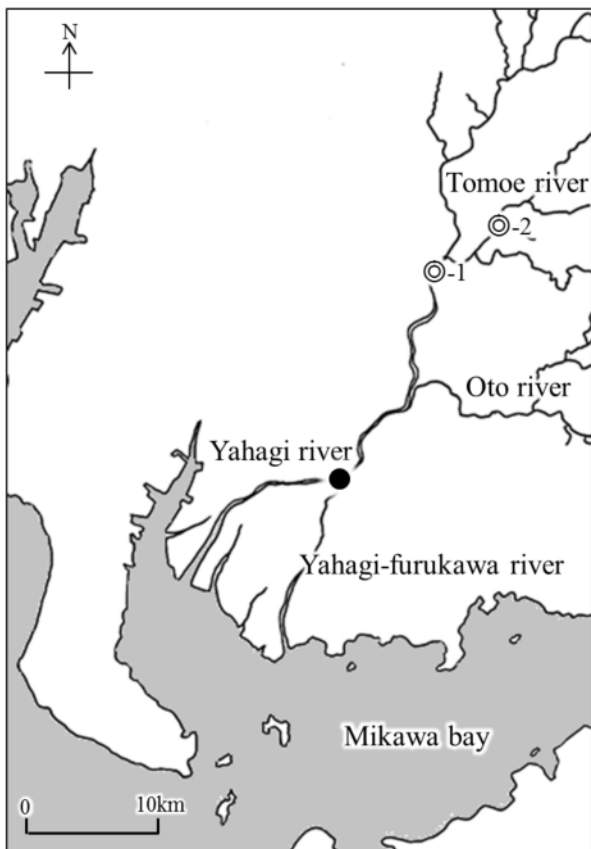


Fig.1 The sampling points of ayu fish. Upstream migrating fish at the Fujii-Tokogatame fishway(●), matured fish at the upper side of Aoi-oohashi (◎-1) and at Matudaira (◎-2)

上群を推定した。サンプルの採捕日が複数で査定個体の採捕日が確定できない場合には、査定個体の採捕日には最も遅い採捕日を用いた。

### 結果

**遡上傾向と遡上群の分離** 藤井床固魚道で採捕された遡上魚の個体数、平均体重、推定平均体重を求めた関係式及びこれから推定された採捕個体総数を年毎に Table 1

に示した。2015年及び2016年の関係式は、他年の関係式とは異なって負の係数となっていた。また、2012年及び2014～2016年は平均体重が3gを超えていた。年により平均体重の時期毎の変化や遡上個体のサイズがやや異なっていた。

移動平均により求めた標準的な遡上個体数からコホート解析で分離した遡上群を Fig. 2 に示した。Dm 毎の遡上個体数は遡上個体総数に占める割合として示し、また遡

Table 1. The specimens of the migrating ayu fish trapped in the Fujii-Tokogatame fishway and the expected number of the total trapped fish in each year. The relationship was used to calculate the daily mean body weight (BW) in each day. The daily expected number of the trapped fish was calculated as the daily catch weight divided by the daily mean body weight (BW)

Year	Number of specimens (inds.)	Mean body weight of specimens (g)	Relationship between BW* and Dm**	Expected number of the total trapped fish*** (inds.)
2009	136	2.75 ± 1.70	$BW = 0.0007Dm^2 - 0.1704Dm + 9.7371$ ( $R^2 = 0.94$ )	299,723
2010	120	1.65 ± 1.06	$BW = 0.0021Dm^2 - 0.2899Dm + 11.0900$ ( $R^2 = 0.99$ )	250,200
2011	184	2.46 ± 1.32	$BW = 0.0004Dm^2 - 0.0877Dm + 5.9923$ ( $R^2 = 0.84$ )	346,004
2012	150	3.37 ± 1.79	$BW = 0.0016Dm^2 - 0.2220Dm + 8.8972$ ( $R^2 = 0.99$ )	401,476
2013	282	2.36 ± 1.25	$BW = 0.0004Dm^2 - 0.0759Dm + 4.8173$ ( $R^2 = 0.96$ )	718,507
2014	324	3.28 ± 2.48	$BW = 0.0010Dm^2 - 0.1598Dm + 7.8123$ ( $R^2 = 0.96$ )	270,122
2015	187	3.94 ± 2.06	$BW = -0.0011Dm^2 + 0.0306Dm + 5.2138$ ( $R^2 = 0.88$ )	232,313
2016	190	4.02 ± 2.62	$BW = -0.00008Dm^2 - 0.0732Dm + 7.4021$ ( $R^2 = 0.92$ )	300,412

\*: Daily mean body weight \*\*\*: Days after March 1 \*\*\*: Body weight conversion

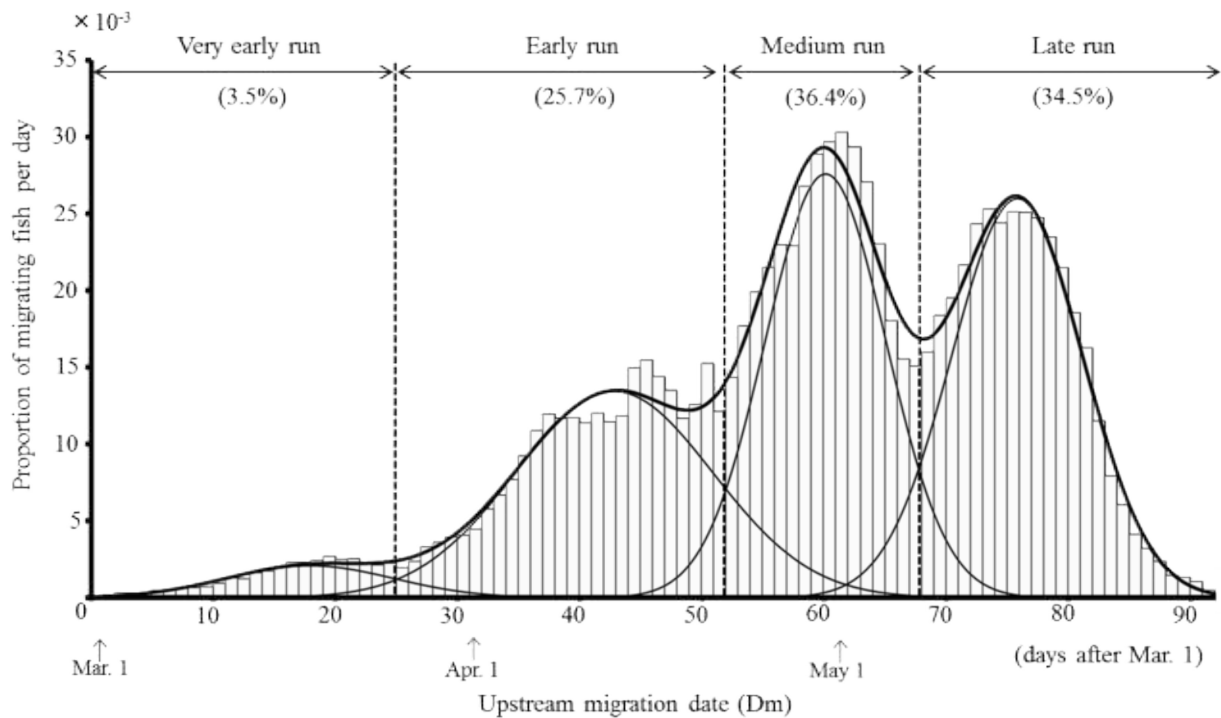


Fig.2 The standard upstream migration pattern of ayu fish in the Yahagi River, estimated according to the number of fish collected at the Fujii-Tokogatame fishway from 2009 to 2016. The upstream migrating fish population was divided into four migration run groups by cohort analysis. (\*\*%) shows the proportion of each run in the population

上個体総数に各遡上群の個体数が占める割合（以下個体割合）についても Fig.2 に示した。遡上は Dm が 1~92 日の範囲で認められ、コホート解析の結果から概ね 4 群に分離された。各遡上群の分布の交点で遡上群を区分し、Dm で 1~25 日を超早期群、26~52 日を早期群、53~68 日を通常群、69 日以降を晩期群と規定した。また、各遡上群の遡上期間は超早期群が 25 日間、早期群が 27 日間、通常群が 16 日及び晩期群が 24 日（Dm=92 日を終了と仮定した場合）となり、通常群は他の 3 群に比べて短期間にまとまって遡上している傾向が見られた。各遡上群の遡上魚全体に対する割合は、超早期群が 3.5%、早期群が 25.7%、通常群が 36.4%、晩期群が 34.5% となり、超早期群の割合は他の 3 群に比べて有意に低かった ( $p < 0.01$ ,  $\chi^2$ -検定)。

各年における各遡上群の個体割合を標準の個体割合との差とともに Table 2 に示した。2009 年及び 2016 年の超早期群、早期群の割合が標準の割合に比べて多い傾向が認められた。一方、2010 年、2014 年及び 2015 年では通常群の割合が、2011 年、2012 年及び 2013 年では晩期群の割合が多かった。なお、2009~2011 年にかけては順次晩期に、2013~2016 年にかけては順次早期にそれぞれ増加している傾向が見られた。

Dm 毎の標準的な平均体重(BW)を求める関係式を Fig. 3 に示した。遡上初期における平均体重は年により異なり遡上後期に比べてばらつきが大きいことが認められ、遡上初期における誤差は大きいものの、関係式は、 $BW = 0.0006Dm^2 - 0.1219Dm + 7.1714$  (決定係数  $R^2 = 0.80$ ) となり、これにより各群の平均体重範囲は、超早期群が 7.1~4.4g (中間値 5.6g)、早期群が 4.4~2.4g (中間値 3.3g)、通常群が 2.4~1.6g (中間値 2.0g)、晩期群が 1.6~1.1g (DM=92 日を終了とした場合で中間値 1.4g) と見積もられた。

**遡上魚の耳石による日齢査定** 耳石採取個体の採捕ロット、採捕年月日、供試個体数及び平均体重を Table 3 に示した。また、日齢査定により推定したふ化日 (Do) と採捕日 (Dm) との関係式を Fig. 4 に示した。なお、Fig. 4 では、Fig. 2 において規定した遡上群毎に Do と Dm を区分して示した。関係式は、 $Do = 0.8774Dm + 12.569$  (決定係数  $R^2 = 0.79$ ) となり、これから求めた遡上群の推定ふ化日 (Do) は、超早期群が 1~35 日、早期群が 36~58 日、通常群が 59~72 日及び晩期群が 73 日以降となった。

**成熟魚の耳石による日齢査定** 側線上方横列鱗数を計数した 154 個体において天然魚と判定した 142 個体のうち耳石を採取した 40 個体の採捕年月日、採捕場所、性別、側線上方横列鱗数、体重、GSI (生殖腺重量/体重%)、耳

石輪紋解析による日齢、推定ふ化日 (Do) 及びふ化日 (Do) と遡上日 (Dm) の関係式により推定した遡上群を Table 4 に示した。なお、ふ化から 200 日を超える場合には、耳石の輪紋から推定した日齢は過小評価され、3~21 日程

Table 2. The proportion of each migration run in the ayu population in each year. (\*\*) shows deviation from the value of the standard upstream migration pattern. The shaded values show a greater proportion than the standard

Year	Very early run	Early run	Medium run	Late run
2009	4.6 (+1.1)	51.2 (+25.5)	22.8 (-13.5)	21.4 (-13.1)
2010	0.8 (-2.7)	20.3 (-5.4)	45.1 (+8.8)	33.8 (-0.7)
2011	1.4 (-2.1)	12.8 (-12.9)	31.0 (-5.3)	54.8 (+20.3)
2012	5.1 (+1.6)	19.1 (-6.6)	35.5 (-0.8)	40.3 (+5.8)
2013	2.6 (-0.9)	7.4 (-18.3)	40.8 (+4.5)	49.2 (+14.7)
2014	1.0 (-2.5)	23.4 (-2.3)	43.4 (+7.1)	32.2 (-2.3)
2015	1.4 (-2.1)	29.8 (+4.1)	50.4 (+14.1)	18.4 (-16.1)
2016	5.0 (+1.5)	43.1 (+17.4)	24.0 (-12.3)	27.9 (-6.6)

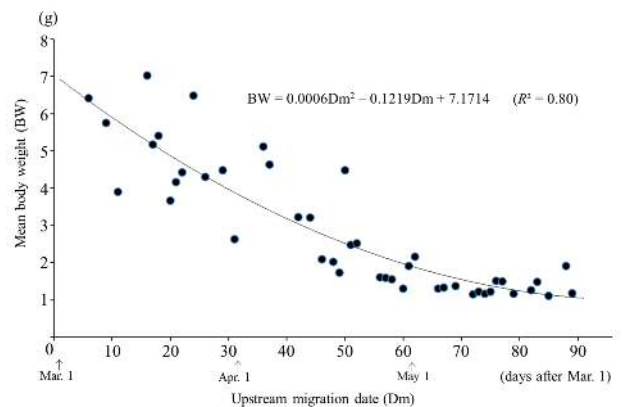


Fig.3 The relationship between migration days after March 1 (Dm) and the mean body weight (BW) of the upstream migrating ayu fish from 2009 to 2016

Table 3. The upstream migrating ayu fish collected in each year for hatching date estimation by otolith annulus

Lot No.	Year	Collection date	N	Mean body weight
2014-A	2014	Mar. 18	20	5.0 ± 0.9
2014-B	2014	Apr. 16	20	2.0 ± 0.5
2014-C	2014	May 29	19	1.1 ± 0.3
2016-A	2016	Apr. 6	15	5.7 ± 2.0
2016-B	2016	May 6	10	1.4 ± 0.3

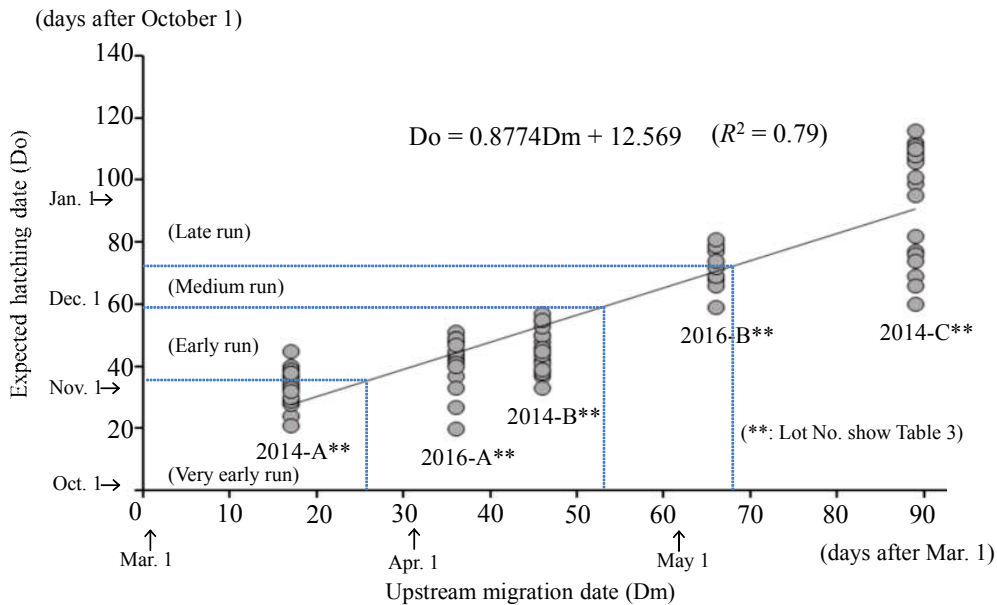


Fig.4 The relationship between the expected hatching date (Do) and the upstream migration date (Dm)

度の誤差範囲が生じることが指摘<sup>6)</sup>されていることから、耳石輪紋数に3~21を加えた数を推定ふ化後日齢とし、この日齢を採集日から逆算して推定ふ化日(Do)とした。Table 4には耳石輪紋数に3を加えた場合の(A)と21を加えた場合の(B)における推定ふ化日と遡上群についてそれぞれ示した。矢作川では調査年に琵琶湖産種苗の放流はなかったが、巴川では2014年に琵琶湖産種苗400kg(放流量の約16%)及び2016年に琵琶湖産種苗300kg(放流量の約19%)がそれぞれ放流された。側線上方横列鱗数では琵琶湖産種苗と天然魚を明瞭に識別することは困難とされているが、海産種苗に比べてふ化日は約45日早いことから耳石による日齢で識別は可能<sup>8)</sup>とされており、推定ふ化日が琵琶湖産種苗の産卵が終了する11月以降となるDoで31日以上の個体は天然魚と判定した。雌のうちGSIが20%以下の個体が見られたが、これらは全て採捕前に放卵していた個体であった。また、雄も放精してGSIが低い個体が多かった。

耳石の日齢査定による推定ふ化日(Do)は、(A)の場合では66~157日となり、2014年に査定した14個体のうち1個体が通常群と推定されたのみで、残り全てが晩期群と考えられた。また(B)の場合では48~139日となり、2014年に査定した14個体のうち早期群が1個体及び通常群が1個体、2016年に査定した26個体のうち通常群が2個体確認されたのみで、残りは全て晩期群と推定された。なお、査定個体が採捕日に産卵し、卵のふ化が概ね12日後と仮定した場合、産出した卵のふ化時期は10月下旬から11月中旬となり、査定個体は超早期群~早期群を産出する親魚とみなされた。

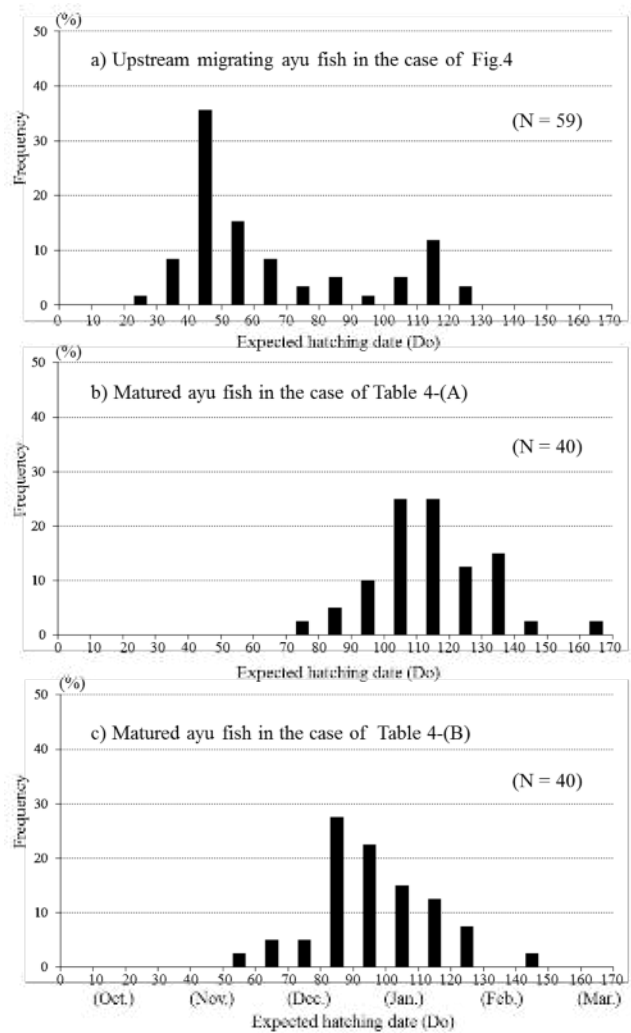


Fig.5 Frequency distribution of the expected hatching date (Do) in upstream migrating ayu fish (a) and in matured ayu fish (b and c)

Table 4. Matured ayu fish collected for hatching date estimation by otolith annulus. The migration group was estimated from the expected hatching date (Do) by using the relationship (Fig.4 ) for each individual

Year	Sampling date	Sampling point	Sex	Scale *	Body weight (g)	GSI (%)	Number of otolith annulus	Expected hatching date (Do) **		Migration run group	
								(A)***	(B)***	(A)***	(B)***
2014	Oct. 9	Upstream side of Aoi-oohashi	Female	17	61.7	24.0	265	105	87	Late run	Late run
			Female	17	50.9	15.8	304	66	48	Medium run	Early run
			Female	18	16.0	19.8	280	90	72	Late run	Late run
			Male	19	77.8	11.1	260	110	92	Late run	Late run
			Male	19	30.9	10.1	266	104	86	Late run	Late run
			Male	17	35.1	10.2	273	97	79	Late run	Late run
			Male	18	17.5	9.5	277	93	75	Late run	Late run
	Nov. 6	Upstream side of Aoi-oohashi	Female	18	17.9	6.3	305	93	75	Late run	Late run
			Female	18	9.0	4.1	290	108	90	Late run	Late run
			Male	18	38.1	2.4	297	101	83	Late run	Late run
			Male	18	39.1	3.7	299	99	81	Late run	Late run
			Male	17	60.8	3.7	273	125	107	Late run	Late run
			Male	17	31.3	3.0	268	130	112	Late run	Late run
			Male	18	35.4	2.6	312	86	68	Late run	Medium run
2016	Oct. 24	Matudaira	Female	19	26.7	6.6	281	105	87	Late run	Late run
			Female	17	15.4	1.3	272	114	96	Late run	Late run
			Female	17	23.0	9.4	279	107	89	Late run	Late run
			Female	18	32.7	11.1	290	96	78	Late run	Late run
			Female	17	45.2	6.8	292	94	76	Late run	Late run
			Female	20	39.3	6.6	263	123	105	Late run	Late run
			Male	18	22.2	5.7	296	90	72	Late run	Late run
			Male	19	19.2	4.3	307	79	61	Late run	Medium run
			Male	17	18.2	2.0	293	93	75	Late run	Late run
			Male	20	59.4	6.0	308	78	60	Late run	Medium run
	Oct. 22 ~24	Upstream side of Aoi-oohashi	Female	20	25.9	19.6	278	108	90	Late run	Late run
			Female	19	19.8	4.6	294	92	74	Late run	Late run
			Male	18	19.9	8.4	264	122	104	Late run	Late run
			Male	18	14.3	4.8	259	127	109	Late run	Late run
			Male	18	17.7	5.7	252	134	116	Late run	Late run
			Female	19	19.9	3.8	283	107	89	Late run	Late run
			Female	20	17.4	12.2	272	118	100	Late run	Late run
			Female	18	11.9	7.2	260	130	112	Late run	Late run
Oct. 27 ~28	Upstream side of Aoi-oohashi	Female	18	17.9	3.8	298	92	74	Late run	Late run	
		Male	18	32.2	9.2	275	115	97	Late run	Late run	
		Male	18	25.4	4.4	280	110	92	Late run	Late run	
		Male	20	23.9	5.0	269	121	103	Late run	Late run	

\*: Number of the survey line on the row scales      \*\*: Expected hatching date is shown as days after October 1

\*\*\*: (A) is the correction value subtracted 3 days from Do, and (B) is the correction value subtracted 21 days from Do

遡上魚と成熟魚の推定ふ化日について比較するため、Fig. 5-a) では遡上魚の推定ふ化日 (Fig. 4) について、Fig. 5-b) では (A) の場合での成熟魚の推定ふ化日 (Table 4-A) について、Fig. 5-c) では (B) の場合での成熟魚の推定ふ化日 (Table 4-B) についてそれぞれ出現頻度を示した。遡上魚の推定ふ化日では、Do で 41~60 日 (11 月上旬~下旬) の出現頻度が最も高く、Do で 111~120 日 (1 月中旬~下旬) にも小さなピークが認められた。一方、成熟魚の推定ふ化日は、(A) の場合では Do で 101~120 日 (1 月上旬~下旬)、(B) の場合では Do で 81~100 日 (12 月中旬~1 月上旬) にピークがそれぞれ認められ、遡上魚では出現頻度が高かった 41~60 日 (11 月上旬~下旬) のピークは (A) では全て消失、(B) では一部のみとなっていた。なお、推定ふ化日の範囲は飛び値を除き、遡上魚は DO で 21~130 日、成熟魚は (A) の場合では Do で 71~150 日、(B) の場合では Do で 51~130 日となり、遡上魚の範囲内に相当していたのは (B) の場合であった。

### 考 察

矢作川に遡上するアユについては、投網や釣りなど採捕方法が異なるもの高橋らの報告<sup>9)</sup>では、1997 年における矢作古川分派点 (愛知県安城市藤井町~同県西尾市小嶋町) での遡上は 4 月中旬から 6 月下旬で、そのピークは 5 月上旬~中旬とされ、体長は 5~8cm で時期的変化は小さかったとしている。矢作古川分派点直下流部に藤井床固魚道があり、高橋らの調査点は本報告の調査点とほぼ同じであった。本報告では、遡上期間は 3 月上旬~6 月下旬 (Fig. 2)、ピークは 4 月下旬~5 月中旬 (通常群、Fig. 2) と考えられ、遡上開始とピークは高橋らの報告<sup>9)</sup>よりやや早期になっていた。また、遡上サイズも楠田<sup>4)</sup>や田子<sup>10)</sup>が示したように遡上初期は大型で後期になるに従い小型になり、標準的な平均体重を示す関係式 (Fig. 3) によると、初期の体重と後期の体重には約 7 倍の差が認められた。

本報告では、遡上群は 4 群に分けることができ、超早期群は 3 月上旬~下旬 (Dm: 1~25 日)、早期群は 3 月下旬~4 月下旬 (Dm: 26~52 日)、通常群は 4 月下旬~5 月上旬 (Dm: 53~68 日)、晩期群は 5 月上旬以降 (Dm: 69 日以降) にそれぞれ遡上した集団と考えた。富山・岩田<sup>11)</sup>の報告では、2014 年 3 月 27 日 (Dm=27) に藤井床固魚道で採捕した平均体重 4.3g の個体 (以下天然遡上アユ) を矢作川水系・乙川の漁場に放流したところ、友釣りでの釣果は良好で漁獲に貢献したとしている。なお、関係式 (Fig. 3) でも Dm=27 の平均体重は 4.3g となり、これは早期群の体重範囲に含まれていた。また 3 月 27

日は早期群の遡上期間に含まれているため、放流個体は早期群に相当していたと考えられた。さらに、2013 年 4 月中旬~下旬に体重 2.7~1.6g の天然遡上アユを漁場に放流した場合、漁期前半の友釣りでは余り漁獲されなかったものの、漁期後半の網取りでは良好な漁獲であったとしている。放流日と平均体重の範囲から、放流個体は早期群の後半から通常群に含まれると考えられ、通常群においても高率で漁獲されていると思われた。一方、2012 年 5 月中旬に体重 1.5~1.1g の天然遡上アユを漁場に放流した場合には、友釣り及び網取りともに余り漁獲されなかったとしている。放流日と平均体重の範囲から、放流個体は晩期群に含まれると考えられ、晩期群は余り漁獲されていないと思われた。これらのことから、個体割合の少ない超早期群に加え、早期群と通常群においても漁獲により漁場河川から効率的に間引かれるものの、晩期群においては間引かれる確率は低くなっている可能性が考えられた。

原ら<sup>12)</sup>は耳石の日齢査定から、長良川に遡上したアユの採捕日とふ化日について相関が認められたとしており、本報告においても同様の結果が得られたことから、耳石の日齢査定に基づき、遡上日からふ化日の推定、またはふ化日から遡上日の推定がそれぞれ可能と考えた。推定ふ化日については誤差範囲を考慮したところ、遡上魚の推定ふ化日範囲内に収まっていたのは、耳石輪紋数に 21 を加えた数を推定ふ化後日齢とした (B) の場合であったことから、(B) での結果をもとに以下考察した。

2014 年及び 2016 年に産卵場で採捕した親魚の耳石による日齢査定の結果を総合すると、超早期群~早期群を産出するとみなされる矢作川水系の産卵集団は、早期群が 2.5%、通常群が 7.5%及び晩期群が 90%で構成されていると推定された。標準的な遡上群の個体割合は超早期群と早期群合わせて 29.2%、通常群が 36.4%であることから、産卵集団での超早期群、早期群及び通常群の個体割合は大幅に低下していた。また、成熟魚の推定ふ化日の出現頻度 (Fig. 5) でも、遡上魚に高率で含まれていた早生まれ個体は産卵集団には含まれていないことが示され、超早期群、早期群及び通常群は産卵集団にほとんど加入できていないことが確認された。2016 年では、超早期群及び早期群の個体割合は標準的な遡上群の個体割合よりも多かったものの産卵への加入は確認されず、超早期群や早期群については、友釣りにより優先的に漁獲されたため、産卵加入する割合が低かったと考えられた。

大竹ら<sup>13)</sup>は、津波の影響で早生まれ個体が消失したことで遡上魚の小型化などが継続していると報告しており、矢作川での早期遡上個体が産卵に加入できていない

ことが後代に影響を及ぼす可能性が考えられた。しかしながら、2009～2016年の早期に遡上するアユは年による変動は若干みられるものの、超早期と早期の遡上群における個体割合や個体サイズに減少傾向は確認されず、耳石による日齢査定でも早生まれ個体の消失はなかった。これらのことは、矢作川においては産卵親魚が遡上時に晩期群であっても、これらから産出される稚魚は環境要因等により早期群や通常群として遡上している可能性を示唆している。また、今回の解析では成熟魚は天然個体のみとしたが、早期に大型で放流される人工種苗の中には産卵加入する個体も想定され、これらが早期遡上群を形成している可能性も考えられる。一方、遡上魚や成熟魚には1月以降(D0:93日～)にふ化した個体が含まれていたが、三河湾に流下する矢作川<sup>14)</sup>及び豊川<sup>15)</sup>では、アユ仔魚の流下は12月末にはほとんど確認されていないことから、これらは他河川由来の可能性が考えられた。山本<sup>16)</sup>は矢作川から流下したアユ仔魚の三河湾での分布を調査し、アユ仔魚は矢作川河口域に停留せず、伊勢湾口周辺に移動していることを示しており、また日比野ら<sup>17)</sup>はマイクロサテライトDNAの解析から木曾川、矢作川及び豊川のアユは同じ集団であることを示している。このことから、矢作川に遡上してくるアユについては、伊勢湾口周辺で多くの河川から流下したアユが混合した集団由来であると推察された。伊勢湾に流下する木曾三川(木曾川、長良川、揖斐川)のような大河川では、アユに対する漁獲圧は中規模河川の矢作川や豊川に比べて小さいことや、漁獲行為の行われな小河川では漁獲されなかった早期遡上個体の産卵集団への加入程度も大きい可能性が考えられる。これらの後代が矢作川に遡上する早期群に含まれている可能性や、12月中旬にもふ化仔魚の流下のピークが見られて1月にふ化仔魚が一定量流下する可能性のある天竜川<sup>18)</sup>由来で晩期群が構成されている可能性も想定されるため、今後は矢作川単独ではなく、周辺河川を含めた広域的な資源動向の把握と資源管理について検討が求められる。

## 要 約

2009～2016年に藤井床固魚道で採捕した遡上アユの採捕重量と平均体重から採捕個体数を求め、これによりコホート解析したところ、矢作川の標準的なアユ遡上は超早期群、早期群、通常群及び晩期群に分離された。遡上個体の耳石の日齢査定から、遡上日からふ化日、ふ化日から遡上日を推定する関係式を求めた。矢作川水系のアユ産卵場で採捕された成熟アユの耳石の日齢査定からふ化日を求め、関係式から採捕日を推定したところ、成

熟アユの2.5%が早期群、7.5%が通常群、90%が晩期群であり、遡上時の超早期群と早期群の割合29.2%、通常群の割合36.4%に比べて早期群、通常群が大幅に低くなっていた。このことから、早期遡上した個体が産卵集団にはほとんど加入できていないと思われた。

## 謝 辞

本研究の一部は、水産庁委託事業「内水面資源生息環境改善手法開発事業」により実施した。供試魚の採捕等については、矢作川漁業協同組合、巴川漁業協同組合、男川漁業協同組合、岡崎市漁業協同組合の方々には多大なる協力を賜った。愛知県水産試験場 漁業生産研究所 荒木克哉技師には遡上群分離で協力いただいた。また、本稿を稿するにあたり、東北大学名誉教授 谷口順彦博士に格別なるご指導を賜った。ここに謝意を表する。

## 文 献

- 1) 谷口順彦・池田 実(2009)第5章 天然海産アユの地域性. アユ学, 築地書館株式会社, 東京, pp.99-114.
- 2) 古川 彰・高橋勇夫(2010)第5部 天然アユを増やすと決めた漁協のシンポジウム記録. アユを育てる川仕事, 築地書館株式会社, 東京, pp.220-234.
- 3) 谷口順彦・池田 実(2009)第1章 アユのルーツと生態. アユ学, 築地書館株式会社, 東京, pp.15-29.
- 4) 楠田理一(1963)海産稚アユの遡上生態Ⅱ. 日水誌, 29, 822-827.
- 5) 中嶋康生・服部克也・曾根亮太・河根三雄(2009)木曾川由来の海産系アユ人工産種苗における体サイズとなわばり性. 愛知水試研報, 15, 21-24.
- 6) Tukamoto K. and Kajihara T. (1987) Age determination of Ayu with otolith. Nippon Suisan Gakkaishi, 53, 1985-1997.
- 7) 相澤 康・滝口直之(1999) MS-Excel を用いたサイズ度数分布から年齢組成を推定する方法の検討. 水産海洋研究, 63(4), 205-214.
- 8) 梅澤彰馬・塚本勝巳(1990)耳石微細構造による湖産・海産アユの判別法. 日水誌, 56, 1919 - 1926.
- 9) 高橋勇夫・新見克也(1998) 矢作川におけるアユの生活史 - II 遡上から産卵・流下までの生態. 矢作川研究, 3, 247-267.
- 10) 田子泰彦(2002) 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. 日水誌, 68, 554-563.
- 11) 富山 実・岩田友三(2016)アユ種苗放流方法等の検討(天然遡上魚の効果的な放流方法の検討). 平成 27年度愛知水試業務報告, 34-35.



- 12) 原 徹・斉藤 薫・一柳哲也 (1997) アユ資源の増殖に関する研究 - III 長良川に天然遡上するアユの耳石調査. 岐水試研報, 42, 1-6.
- 13) 大竹二雄・川上達也・畑 正好・武島弘彦 (2016) シンポジウム記録 東北の海は今, 震災後 4 年間の研究成果と漁業復興 II-3 東日本大震災がアユ資源に及ぼした影響. 日水誌, 82, 146.
- 14) 高須雄二・市來亮祐・石元伸一 (2015) 内水面漁場調査 河川調査 (豊川中下流域漁場のアユ資源調査). 平成 26 年度愛知水試業務報告, 22-23.
- 15) 高橋勇夫・新見克也 (1998) 矢作川におけるアユの生活史 - I 産卵から流下までの生態. 矢作川研究, 2, 225-245.
- 16) 山本敏哉 (2003) 矢作川河口周辺海域におけるアユの初期生活-1. 矢作川研究, 7, 177-185.
- 17) 日比野学・河根三雄・植村宗彦・三宅佳亮・中山耕至 (2010) マイクロサテライト DNA 分析を用いた放流用アユ人工産種苗の遺伝的評価. 水産増殖, 58, 195-202.
- 18) 小林康二 (2006) 天竜川におけるアユ再生産状況調査. はまな (静岡県水産試験場浜名湖分場), 515, 1-4.