

## 琵琶湖におけるアユ仔稚魚の成長と発育

田中秀具・片岡佳孝\*<sup>1</sup>・澤田宣雄\*<sup>2</sup>・酒井明久・井出充彦・孝橋賢一

Growth and developmental-stage of Ayu  
(*Plecoglossus altivelis*) larvae in LAKE BIWA

Hidetomo Tanaka, Yositaka Kataoka \*<sup>1</sup>, Norio Sawada \*<sup>2</sup>,  
Akihisa Sakai, Atsuhiko Ide and Ken-ichi Kohasi

キーワード：アユ、仔稚魚、成長、耳石、ふ化時期

琵琶湖およびその流入河川にはアユ *Plecoglossus altivelis* が生息し（以下、琵琶湖産アユ）、重要な漁業資源となっていることはいうまでもない。また、琵琶湖産アユは、オオアユとコアユに代表されるようにサイズや生活型に大きな変異を有している。このことを象徴するように、琵琶湖産アユの産卵期は8月下旬～11月の長きにわたるため、秋から冬にかけて琵琶湖には様々な大きさ、発育段階の仔稚アユが生息する。

琵琶湖産アユの仔稚魚期の成長・発育について、東<sup>1)~4)</sup>は、生態的、形態的な観点から琵琶湖産アユにみられる変異は種分化の過程を表すと解釈し、その変異は仔稚魚期に既に見いだせるとしている。一方、塚本<sup>5)</sup>は10月～12月に稚魚ネットで採集したアユ稚魚（ヒウヲ）について、ふ化日と成長率の関係は、一般的に早く生まれた魚ほど成長がよいと述べている。また、澤田ら<sup>6)</sup>は、ふ化後70日頃以後はふ化日の遅いものほど成長が悪くなる傾向が見られるとしている。

我々は、これらの議論を念頭に置きつつ、琵琶湖産アユの仔稚魚期の成長・発育過程を、ふ化時期との関係を中心として、体系的にとらえ、ふ化時期毎の成長・発育過程に差はあるのか、年によって成長・発育に差はあるのか、漁況予測への応用の可能性はあるのかなどを追究するために、1998年と1999年の両年に9月から12月まで（1999年調査は翌年1月まで）稚魚ネットによる仔稚アユの採集調査を実施した。そこで得られた標本に両年の11月の小型定置網（エリ・落とし網）とそれに続く1月または2月の小型機船底曳網（アユ沖曳網）による漁獲標本を加えて、体長の測定、発育段

階の判定および耳石による日齢査定（ふ化日の推定）を行い、秋から冬にかけての琵琶湖における仔稚アユの発育・成長に関する若干の知見を得ることができたので報告する。

### 材料および方法

#### 稚魚ネットによるアユの採集調査

漁期前の琵琶湖産アユの成長・発育を明らかにするために、1998年は10月14日～12月16日に7回、1999年は9月30日～12月15日に12回の稚魚ネット曳網調査を実施した。用いた稚魚ネットは、角型幼生網（滋賀県水産試験場オリジナルの稚魚ネット、口径1×2m、採集部のネット地GG30、以下「ヒウオ曳網」と記す。）で、この網を1回約1000m、10分間（平均曳網速度3.2knot、）一定水深（後述）を水平に曳いた。この採集調査をヒウオ曳網調査と表記する。

なお、1998年には、元田式MTD多層ネット（口径56cm、ネット地NXX8）による採集調査も併せて実施し、その採集標本のデータも加えた。この曳網は1回、約400m、7分間（平均曳網速度1.85knot）の水平曳きであった。この採集調査を多層曳網調査と表記する。

稚魚ネット採集調査実施場所を図1に示す。田中ら<sup>7)</sup>は、9月～12月の仔稚アユの分布について調査し、水温躍層より表水層側、概ね水深21m以浅に分布するが、時期によって分布水深や岸～沖間で個体の大きさや発育段階に偏りがみられることを示唆している。このことから、採集地点は、仔稚アユの岸から沖への

#### 脚注

##### 現所属

- \*1：滋賀県健康福祉部生活衛生課（Environmental Health Division, Department of Public Health and Welfare, Agency of Shiga Prefecture, Kyomachi 4-1-1, Otsu, Shiga 520-8577, Japan）
- \*2：滋賀県農政水産部水産課（Fisheries Management Division, Department of Agriculture and Fisheries, Agency of Shiga Prefecture, Kyomachi 4-1-1, Otsu, Shiga 520-8577, Japan）

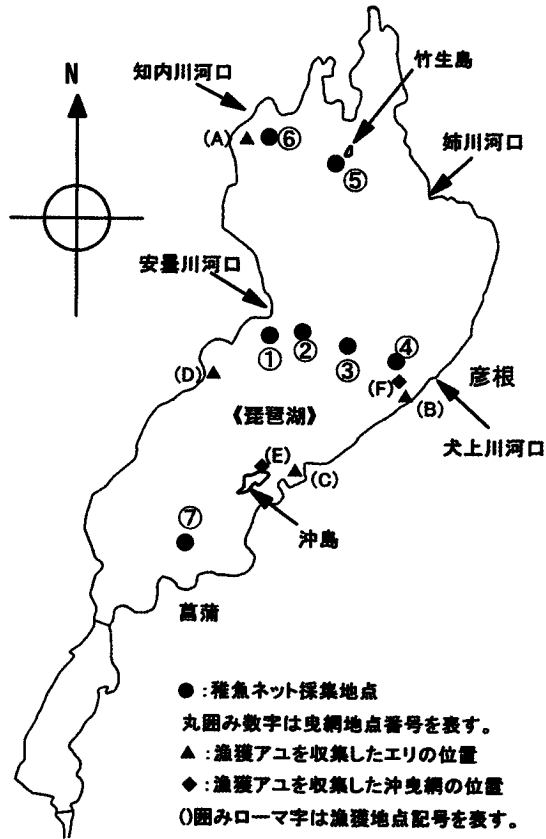


図1. 標本採集(収集)地点

分布を考慮し、安曇川河口と犬上川河口を結ぶ4地点(図1の地点①~④)を定点とし(両年共通)、それに、竹生島近辺(図1の地点⑤⑥)あるいは中主町菖蒲地先(図1の地点⑦)の標本を北湖南北の代表として加えた。また、曳網水深は7m層を基本とし、発育段階による分布水深の偏りを考慮して、地点②と③では深い層も併せて曳網した(1998年は15m層との2層曳き、1999年は18m層との2層曳き)。

なお、調査は1998年の9月28日(14時30分頃)を除き、全て肉眼的に暗くなって以降の夜間に実施した。時刻は18時~23時30分の間である。

ヒウオ曳網調査と多層曳網調査で採集したアユを「稚魚ネット標本」と記す。

### 漁獲アユ標本の収集

上記の、稚魚ネット調査では逃避する可能性のある大型仔稚魚の標本を得るため、各年、漁獲解禁初期の11月に小型定置網(エリ、図1の(A)、(B)、(C)、(D)のいずれか)で漁獲されたアユ(無選別)を収集した。この収集により得られた標本をエリ標本と表記

する。

また、上記のエリに続いて行われる冬季の代表的なアユ漁業であり、アユ仔稚魚の大きさに対して漁具選択性の低いと思われる小型機船底曳網(アユ沖曳網、以下沖曳網と記す。)の漁獲アユ(無選別)標本も収集した。この収集により得られた標本を沖曳網標本と表記する。

### 標本の測定・解析

採集または収集した標本は、冷凍して持ち帰り、解凍後1網あたり50尾を抽出した(50尾に満たない場合は、測定可能な全個体)。標本各個体について、万能投影機で標準体長を測定した後、東<sup>8)</sup>の方法を、一部簡略化して、発育段階を判定した。判定の基準を表1に示す。さらに、実体顕微鏡下で耳石(扁平石、

表1. アユの発育段階

発育段階の一般名称	発育段階の分類基準 (東 <sup>8)</sup> の分類を簡略化、一部改変)	形態	
前期仔魚期	A1	ふ化直後から河川流下まで	
	A2	ふ化後1日~卵黄吸収完了直前	
後仔魚期	B1	卵黄嚢がなく、背鰭・尻鰭の鰭条がない状態	
	B2	背鰭・尻鰭に鰭条が出現~腹鰭原基出現(ヒゲ状で、鰭条がない)	
シラス型仔魚(後)期	C1	腹鰭形成(鰭条がある)。腹鰭が背鰭より前にある。	シラス型
	C2	腹鰭の前端が背鰭前端と一致する。	
	C3	腹鰭が背鰭前端より後ろに位置する。胸鰭鰭条が13に達しない	シラス型~シラスとアユの中間型
稚魚期~(未成魚期)	D	各鰭の鰭条数が定数に達する(胸鰭鰭条は13以上)。鰭条はない	シラスとアユの中間型
	E	鱗がある(1枚以上)。	アユ

Sagitta)を取り出し、風乾後、透明マニキュア(資生堂製、主成分:エナメル)で封入し、Tsukamoto, K. and T. Kajihara<sup>9)</sup>の方法により光学顕微鏡下で日周輪を計数し、ふ化後日数・ふ化日を推定した。

日周輪の計数に当たり、ふ化後0日を表すふ化リングを決定する必要がある。予め観察したふ化仔魚の耳石半径を参考に、中心から12.5~13.0μm付近にあるリングの中で最も内側の明瞭な線をもってふ化リングとした。

## 結果および考察

## 解析に用いた標本の構成

供試標本の構成（採集時期・場所・採集方法等）を、1998年調査は表2に、1999年調査は表3に示す。

表2に示したように、1998年調査は1512尾の標本を、また表3に示したように、1999年調査は2102尾の標本を解析に供した。

また、標本は、1998年生まれは、体長：4.50mm～55.58mm、発育段階：前期仔魚(A2)～稚魚(E)、ふ化後日数：1日～131日、ふ化日：9月1日～11月11日の範囲に、1999年生まれは、体長：6.62mm～66.16mm、

表2. 1998年標本の構成

採集月/日	採集方法	採集場所	曳網水深 (m)	標本数(尾)
9/28	多層曳網	①	—	3
9/29	多層曳網	①②④	—	18
10/14	ヒウオ曳網	①	7	48
		②	15	48
10/22	ヒウオ曳網	①	15	33
		②	15	33
10/22	ヒウオ曳網	⑤	7	68
10/23	ヒウオ曳網	①	7	23
		②	7	49
		③	7	50
11/06	多層曳網	①②③④	—	21
		②	7	50
	ヒウオ曳網	③	7	50
		①	7	50
	ヒウオ曳網	②	7	50
		②	15	50
11/13	ヒウオ曳網	③	7	49
		③	15	50
		④	7	50
		④	7	50
11/21	エリ漁獲	(A)	—	50
11/24	エリ漁獲	(B)	—	50
11/24	ヒウオ曳網	⑤	7	100
11/26	ヒウオ曳網	①	7	38
		③	7	50
12/07	ヒウオ曳網	①	7	9
		③	7	50
		③	15	49
		②	7	32
		②	15	50
12/15	ヒウオ曳網	④	7	50
		⑥	7	77
12/16	ヒウオ曳網	①	7	47
		③	7	50
1/20 (1999年)	沖曳網	(E)	—	50
合計				1512

\* 採集場所の欄に示す丸囲み数字及び括弧囲みローマ字は図1の地点と対応する。

表3. 1999年標本の構成

採集月/日	採集方法	採集場所	曳網水深 (m)	標本数(尾)
9/30	ヒウオ曳網	①	7	5
		②	7	43
		②	18	49
		③	7	49
		③	18	9
10/07	ヒウオ曳網	④	7	50
		⑥	7	30
10/08	ヒウオ曳網	①	7	50
		③	7	49
		⑦	7	31
10/19	ヒウオ曳網	①	7	50
		②	7	50
		②	18	50
		③	7	50
		③	18	50
10/28	ヒウオ曳網	④	7	42
		①	7	50
		②	7	50
		②	18	50
11/08	ヒウオ曳網	③	7	50
		③	18	50
		④	7	50
11/08	ヒウオ曳網	⑤	7	35
11/10	ヒウオ曳網	①	7	49
		③	7	50
		⑦	7	35
11/18	ヒウオ曳網	①	7	34
		②	7	5
		②	18	32
		③	7	50
		③	18	50
11/18	エリ漁獲	④	7	50
		(C)	—	30
11/19	エリ漁獲	(D)	—	50
11/29	ヒウオ曳網	①	7	50
		②	7	50
		②	18	50
		③	7	50
		③	18	19
12/08	ヒウオ曳網	④	7	50
		①	7	50
		③	7	50
		⑦	7	30
12/09	ヒウオ曳網	⑤	7	30
12/15	ヒウオ曳網	①	7	15
		②	7	17
		②	18	35
		③	7	22
		④	18	14
1/26 (2000年)	ヒウオ曳網	④	7	13
		①	7	32
		②	7	31
		②	18	10
2/07 (2000年)	沖曳網	③	7	1
		③	18	1
		④	7	5
		(F)	—	50
合計				2102

\* 採集場所の欄に示す丸囲み数字及び括弧囲みローマ字は図1の地点と対応する。

発育段階：後期仔魚(B1)～稚魚(E)、ふ化後日数：3日～145日、ふ化日：9月3日～11月7日の範囲にあった。

### 発育段階と日齢・体長との関係

1998年生まれアユの9月～1月末と、1999年生まれアユの9月～2月初めの成長と発育の様子を概観するため、1998年生まれと1999年生まれについてふ化後日数と体長および発育段階の関係を図2に示す。また、発育段階の分布する日齢（ふ化後日数）範囲と体長範囲を表4に示す。図2、表4に明らかなように、両年

ともふ化後日数を経るにつれて、体長は大きくなり、発育段階も高くなる。ただ、各発育段階は、特にB2以降の発育段階は、長い日数にわたって分布し、発育段階間の重なりが大きい。即ち、発育段階とふ化後日数との関係は明瞭ではなく、むしろ、各発育段階は、次の発育段階と多少の重なりを持ちつつ、一定の体長範囲内にあると表現するのが適当であると思われる。言い換えれば、アユはふ化後日数の経過とともに体長を増し、その一定の体長範囲内において一定の発育段階を経るといえよう。

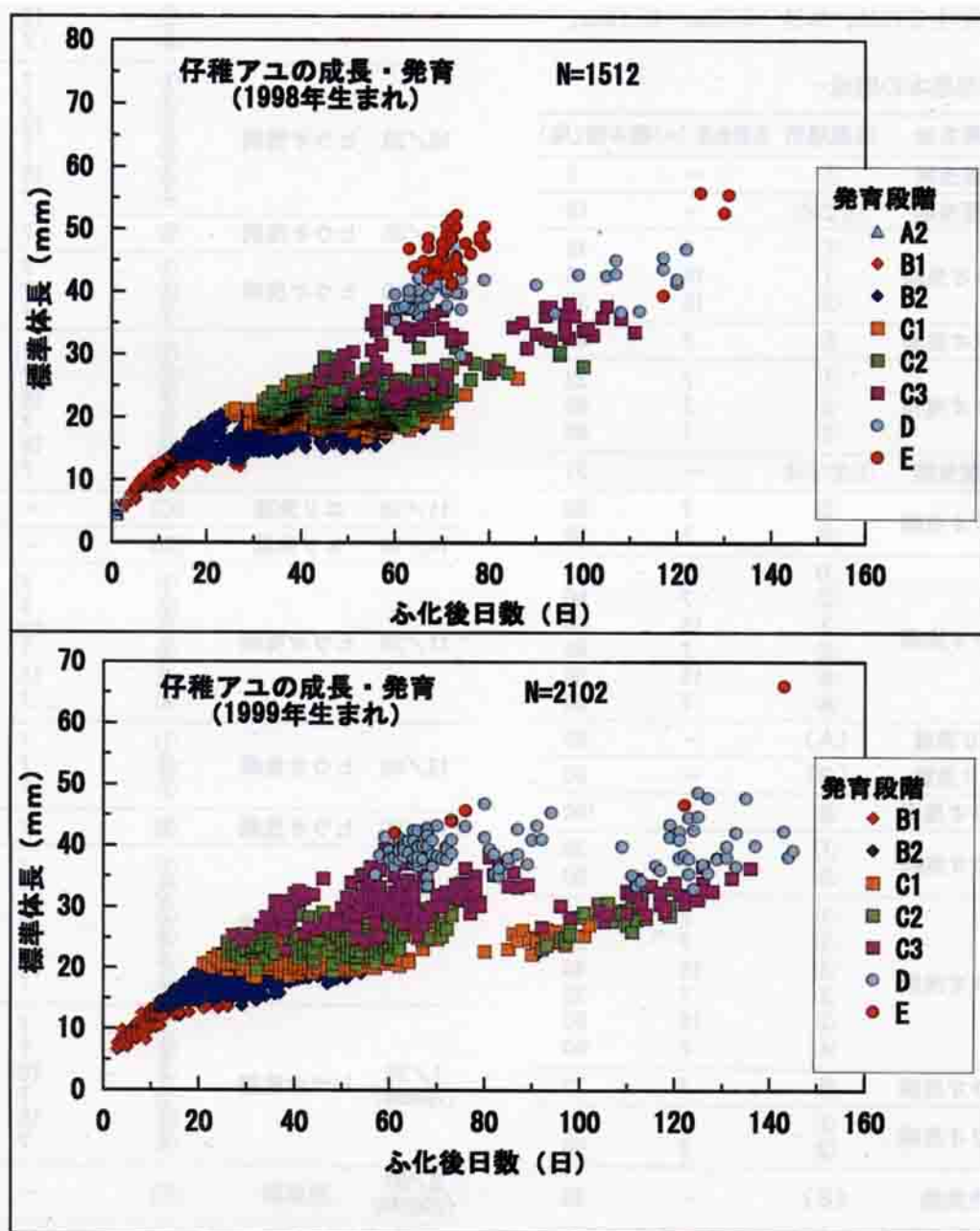


図2. 琵琶湖産のアユの仔稚魚期における成長・発育

表4. 発育段階の範囲（日齢、体長）

発育段階	1998年			1999年		
	日 齢	体長範囲 (mm)	尾 数	日 齢	体長範囲 (mm)	尾 数
A2	1- 3	4.50- 6.77	13	-	-	-
B1	3- 27	6.00-14.61	192	3- 29	6.62-15.11	359
B2	13- 66	13.10-20.57	435	12- 91	13.15-22.14	694
C1	25- 86	16.71-27.23	435	21-118	18.34-29.39	454
C2	32-100	18.49-32.66	257	26-119	19.38-33.05	287
C3	41-111	22.25-38.20	82	27-136	22.93-39.47	194
D	60-122	29.88-47.57	54	57-145	33.04-48.69	109
E	83-131	39.49-55.87	44	61-143	42.06-66.16	5

## ふ化時期別の発育・成長

全標本について、縦軸に体長を、横軸にふ化後日数

をとり、ふ化時期の区別をつけて、図3に示す。図3

について、同一日齢で比較すると、ふ化時期の早いブ

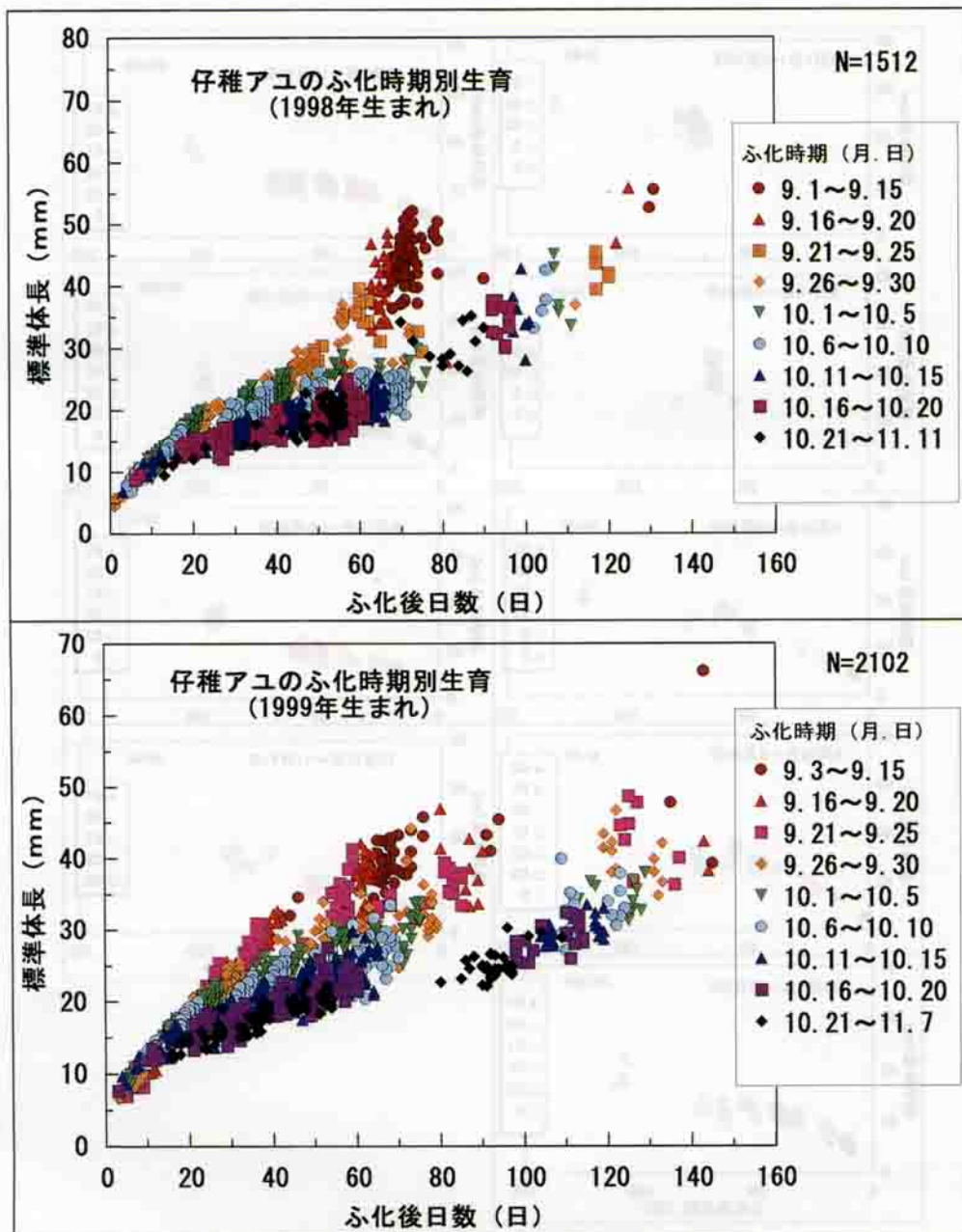


図3. 琵琶湖産アユのふ化時期別成長（仔稚魚期）

ロットが体長の大きい方に分布し、ふ化時期が遅いほど体長が小さい方に分布する傾向にある。そこで、図3をふ化時期別に分けて、1998年生まれは図4、1999年生まれは図5に示した。なお、両図には発育段階の区別も表示した。図4、図5では図3から見てとれた傾向はより明確で、両年に共通して次のような傾向が見られた。(1)ふ化時期が早い(早生まれ)ほど成長が良く、ふ化時期が遅くなる(遅生まれ)ほど成長が悪い。(2)両年のいずれのふ化時期についても日齢を増すにつれて成長が停滞する傾向がある。また、(3)発育段階については、標本が少なかったり、間隔が開いたりするため明確ではないが、早生まれは体長の伸びを反

映して、小さい日齢での高い発育段階への移行が伺われ、遅生まれでは大きい日齢まで低い発育段階にとどまる傾向がある。

### 成長曲線のあてはめ

上記の結果により、2ヶ年ともこの時期のアユの成長は、ふ化時期によって異なり、早生まれほど成長がよいこと、また、いずれのふ化時期も成長停滞の傾向があることが明らかとなった。そこで、図4、図5の各プロットの配列から、上限値を持つ成長曲線への適合を検討した。標本数が少なかったり、分布に偏り(粗密)があるために精度の低い場合もあったが、両

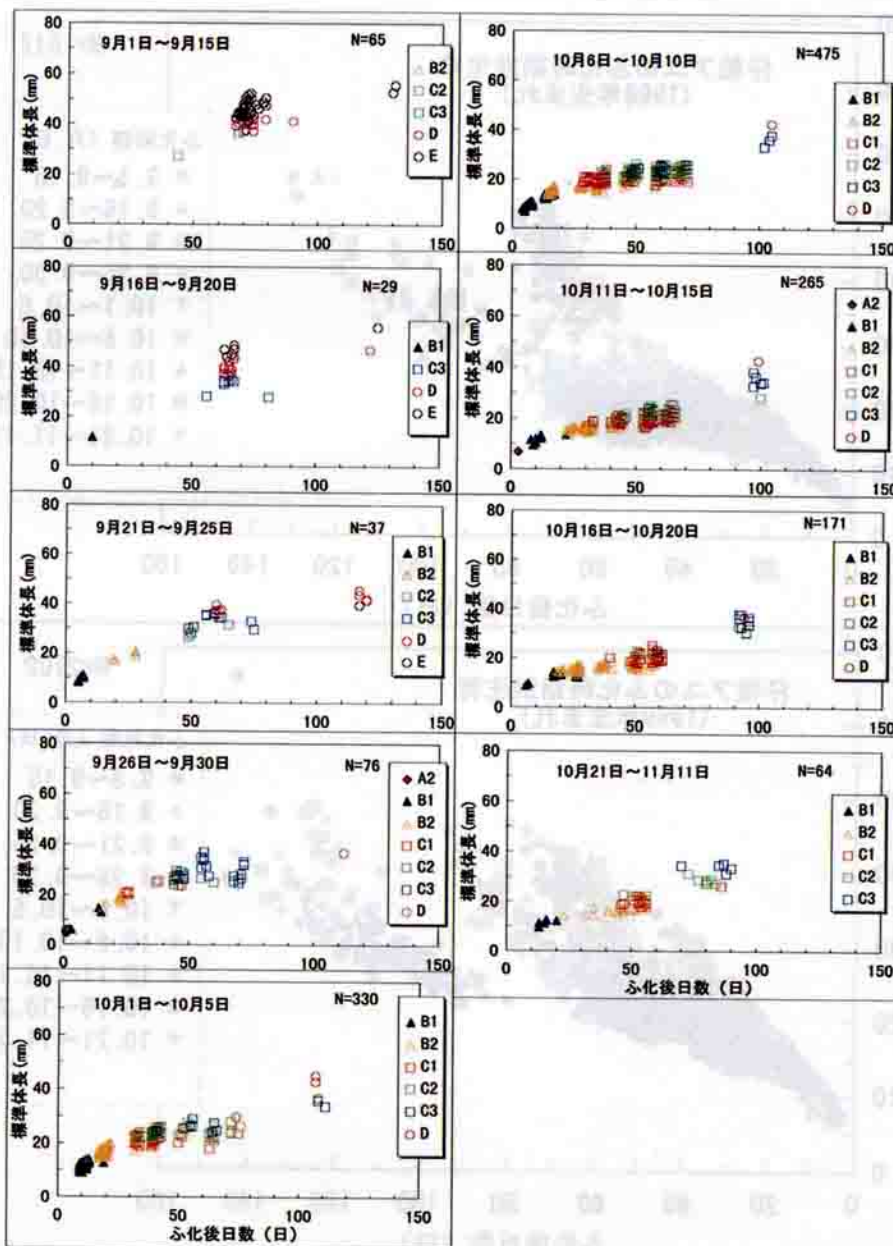


図4. 1998年生まれ仔稚アユのふ化時期別発育・成長  
\* 図中のA2~Eは、発育段階を表す。

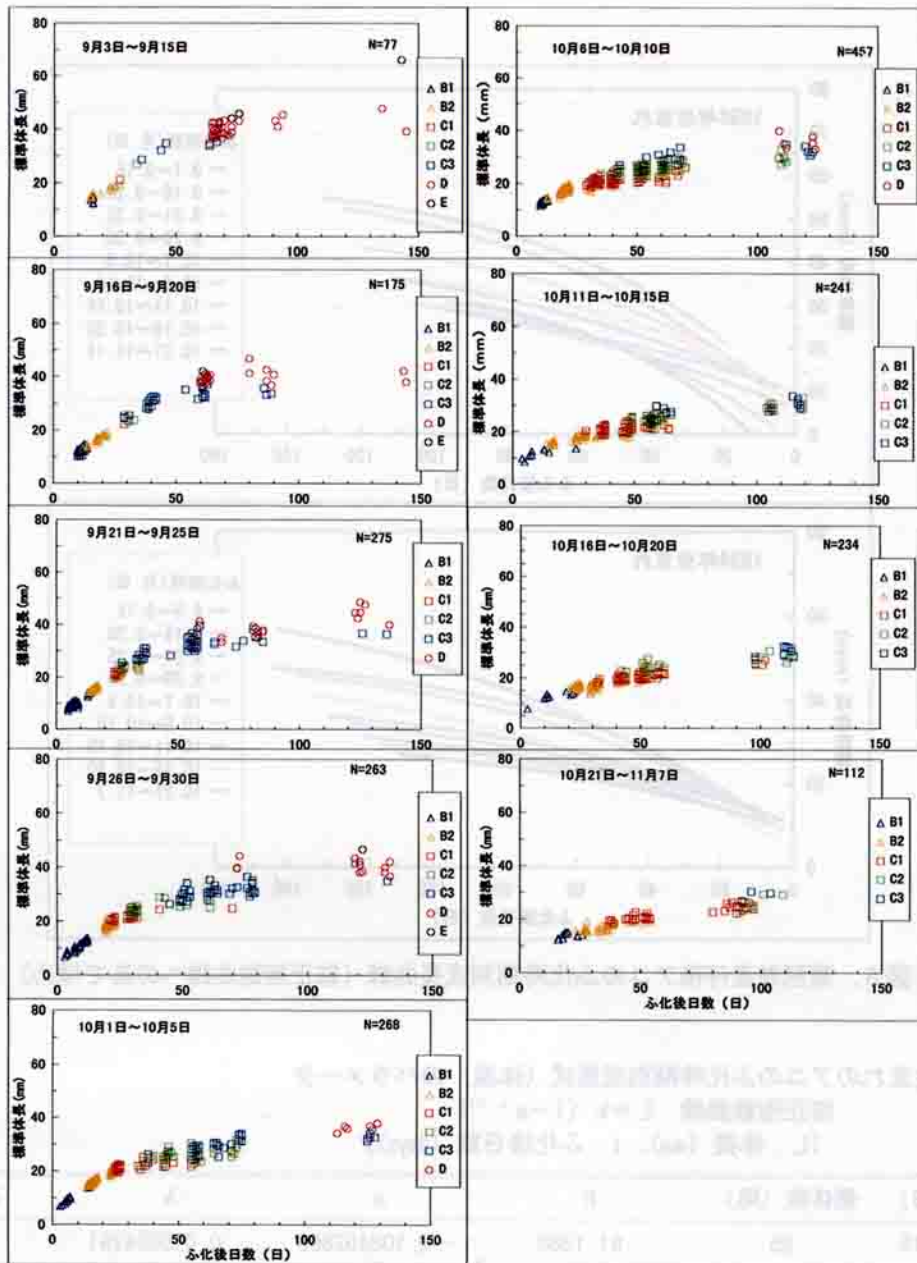


図5. 1999年生まれ仔稚アユのふ化時期別発育・成長

\* 図中のB1～Eは、発育段階を表す。

年のいずれのふ化時期についても最小二乗法により修正指数曲線

$$L = k(1 - e^{-a \cdot t})$$

t : ふ化後日数(days)

L : 標準体長(mm)

k : 極限体長(mm)

a, λ : 定数

にあてはめることができた。あてはめた成長曲線を年毎に一括して図6に示し、成長曲線式のパラメータを表5、表6に示す。あてはまり具合の判定(分散比の検定)は全ての曲線が危険率1%で有意であった。図6に明らかなようにふ化時期が早いほど成長曲線の初

期の立ち上がりが高く、表5、表6に示すように、極限体長(k)も概ね大きい。

以上の結果から、琵琶湖産アユ仔稚魚の秋から冬にかけての成長と発育については、次のように総括できる。

9月から1月末(あるいは2月初め)頃にかけてのふ化後140日頃(遅生まれでは100日頃)までの琵琶湖産アユの成長は、ふ化時期の違いによって差があり、ふ化時期が早いほど成長がよい。また、ふ化時期に関わらず、修正指数曲線に適合する。即ち、ふ化後日数が少ないほど比成長速度が大きく、ふ化後日数が経過して冬に近づき、体長が大きくなるにつれて成長停滞

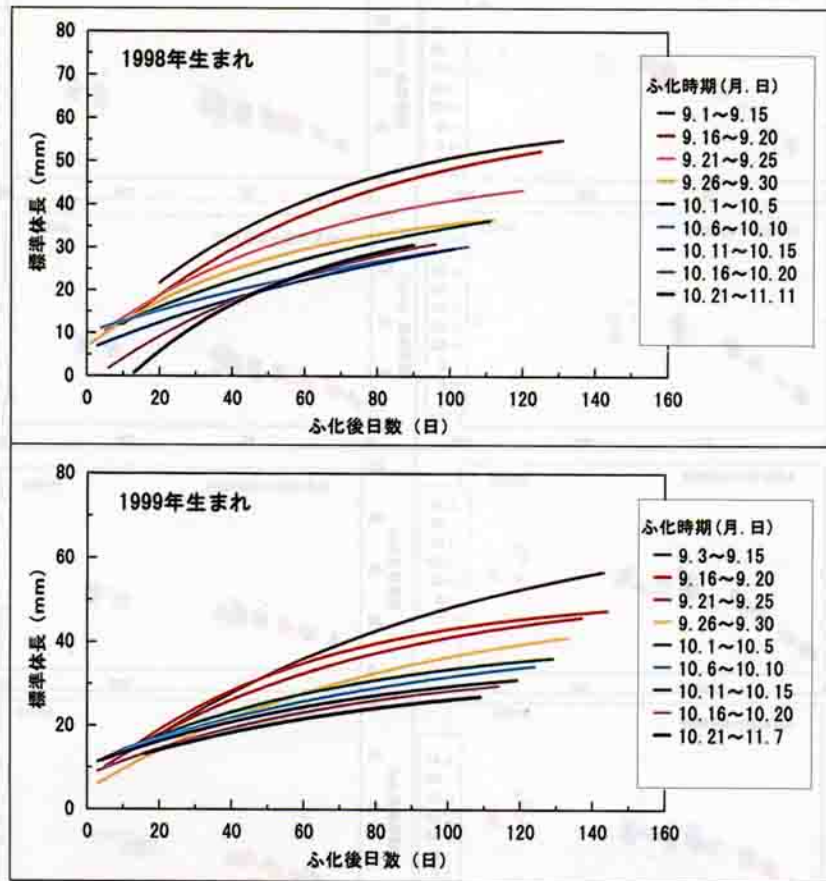


図6. 琵琶湖産仔稚アユのふ化時期別成長曲線（修正指数曲線へのあてはめ）

表5. 1998年生まれのアユのふ化時期別成長式（体長）のパラメータ

修正指数曲線： $L = k(1 - e^{-\lambda t})$

[L：体長 (mm), t：ふ化後日数 (days)]

ふ化時期 (月/日)	個体数 (尾)	k	a	$\lambda$	適合の判定
9/1~9/15	65	61.1380	-0.108452806	0.016604291	1%有意
9/16~9/20	29	61.4537	-0.071082036	0.014683781	1%有意
9/21~9/25	37	50.0632	-0.160385647	0.015473601	1%有意
9/26~9/30	78	40.7198	-0.182614902	0.018645044	1%有意
10/1~10/5	330	49.6716	-0.185549625	0.010165797	1%有意
10/6~10/10	475	46.8402	-0.240313011	0.007622679	1%有意
10/11~10/15	265	47.0657	-0.135589273	0.008559024	1%有意
10/16~10/20	171	41.4821	0.042013452	0.014716153	1%有意
10/21~11/11	64	38.6584	0.242250900	0.020133730	1%有意

する。従って、早生まれほど体型は大型で、高い発育段階（稚魚期に達するものもある）で冬の成長停滞に入るし、遅生まれほど冬の成長停滞を迎える体型は小型で、発育段階も低い。

#### 1998年と1999年の仔稚アユの成長比較

これまで、1998年生まれと1999年生まれのアユの秋

から冬にかけての成長と発育について検討し、2カ年に共通してみられる特徴から、琵琶湖産アユの仔稚魚期における成長と発育について上記のとおり総括した。

ここでは、2ヶ年の成長に差は見られるかについて検討する。

図6の1998年生まれと1999年生まれのふ化時期別成長曲線を、ふ化時期毎に整理して図7に示す。



表6. 1999年生まれのアユのふ化時期別成長式(体長)のパラメータ  
修正指数曲線:  $L = k(1 - e^{-\lambda t})$   
[L: 体長 (mm), t: ふ化後日数 (days)]

ふ化時期 (月/日)	個体数 (尾)	k	a	$\lambda$	適合の判定
9/ 3~ 9/15	77	72.7760	-0.079707462	0.010016195	1%有意
9/16~ 9/20	175	51.5878	-0.124895685	0.016745019	1%有意
9/21~ 9/25	275	53.5590	-0.143957843	0.013136001	1%有意
9/26~ 9/30	263	51.3700	-0.203713841	0.011379097	1%有意
10/ 1~10/ 5	268	41.7637	-0.276780549	0.013345456	1%有意
10/ 6~10/10	457	43.9351	-0.293020391	0.009842176	1%有意
10/11~10/15	241	36.8588	-0.326250701	0.012703955	1%有意
10/16~10/20	234	35.6675	-0.255828228	0.013250197	1%有意
10/21~11/ 7	112	33.2640	-0.303883395	0.012429123	1%有意

図7をみると、両年のふ化時期別の成長曲線は、各年のふ化時期別の差に比べて、ふ化時期毎によく一致しているが、あえて違いを述べるなら、9月20日以前と10月16日以降のふ化アユでは1998年の成長が優るが、

琵琶湖産アユのふ化時期のピークにあたる9月21日~10月15日のふ化アユでは、両年ほぼ同等かやや1999年生まれの成長が優るということになる。

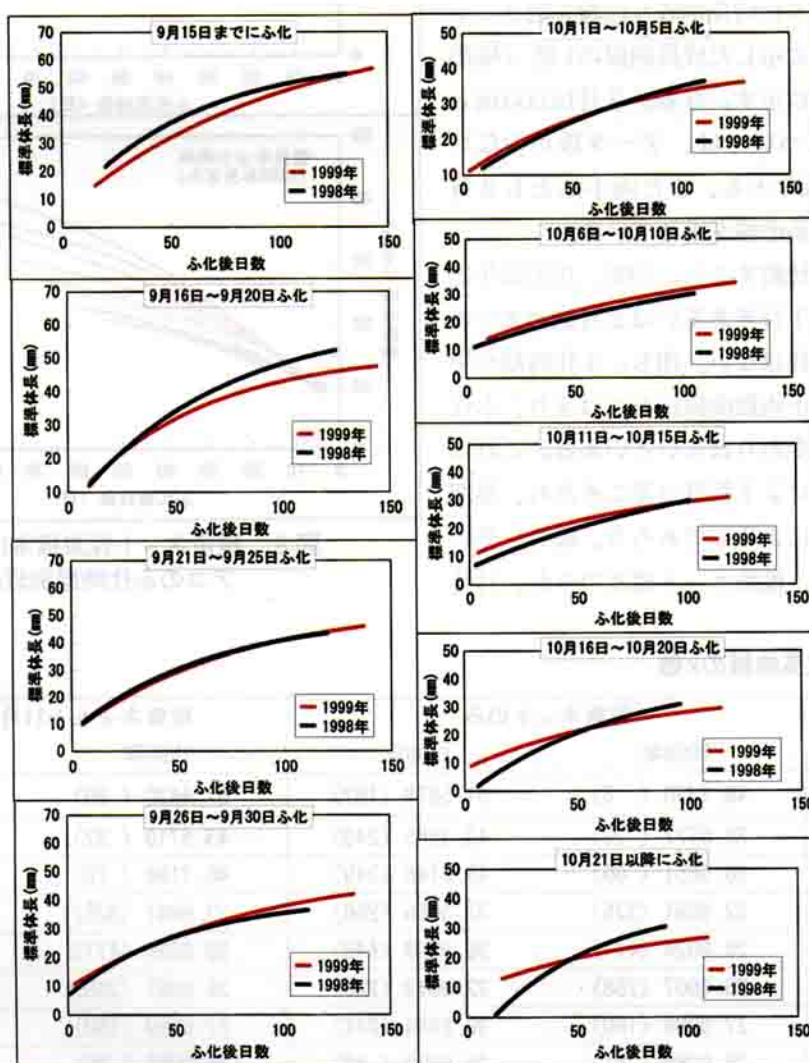


図7. 1998年と1999年のふ化時期毎の成長曲線比較

**漁獲開始期までの成長（資源予測・解析の手法検討のために）**

ここまで、秋～冬のアユの成長について述べてきたが、資源予測に当たっては、できるだけ早く、できれば漁期前、遅くとも12月末までに結果を出すことが求められる。また、毎年同一の手法によってデータを求め、年次比較を行うことが必要である。12月までに得られるのは稚魚ネット採集標本および11月～12月に毎年、（おそらく）確実に行われるであろうエリの漁獲標本である。

そこで、まず、これまで検討してきた1月末あるいは2月初めまでの成長様式と、12月までの成長様式を比較し、次に12月までの成長様式について稚魚ネット採集標本のみで仔稚アユの成長を見た場合とエリ漁獲標本を加えた場合を比較検討する。

両年の稚魚ネット標本のみによる12月までのふ化時期別成長曲線を図8に、稚魚ネット標本にエリ漁獲標本を加えた12月までのふ化時期別成長曲線を図9に示す。また、図8、図9に示した成長曲線のk値（極限体長）を一括して表7に示す。なお、9月15日以前と9月16日～9月20日については、データ数が少ない（特に1998年）ため、両年とも、また両手法とも9月20日までを一括して成長曲線を求めている。

図8、図9と図6を比較すると、1998、1999両年とも12月までの成長は、1月末あるいは2月初めまでの成長と大きな態様の変化はない。即ち、ふ化時期が早いほど成長が良く、修正指数曲線にあてはまり、ふ化時期別の成長傾向にも変わりはないといえる。これはアユ仔稚魚がふ化時期による程度の差こそあれ、冬期には成長停滞することによるのであろう。即ち、その年の仔稚アユの成長は、稚魚ネット標本のみか、11月

のエリ標本を加えるかに関わらず、12月までの成長過程を見ることで、翌年2月初めまでの成長過程を見るのと同様の結果が得られるということである。ただし、表5、表6と表7に示したk値を比較すると、12月までの成長曲線のk値は、いずれのふ化時期においても1月末あるいは2月初めまでの成長曲線のそれより小さいことから、成長停滞とはいっても冬季（12月～2月）にも成長はしていることが伺える。

次に、図8と図9を比較するにあたって、まず両年の11月のエリ標本について、ふ化日組成を図10に、体

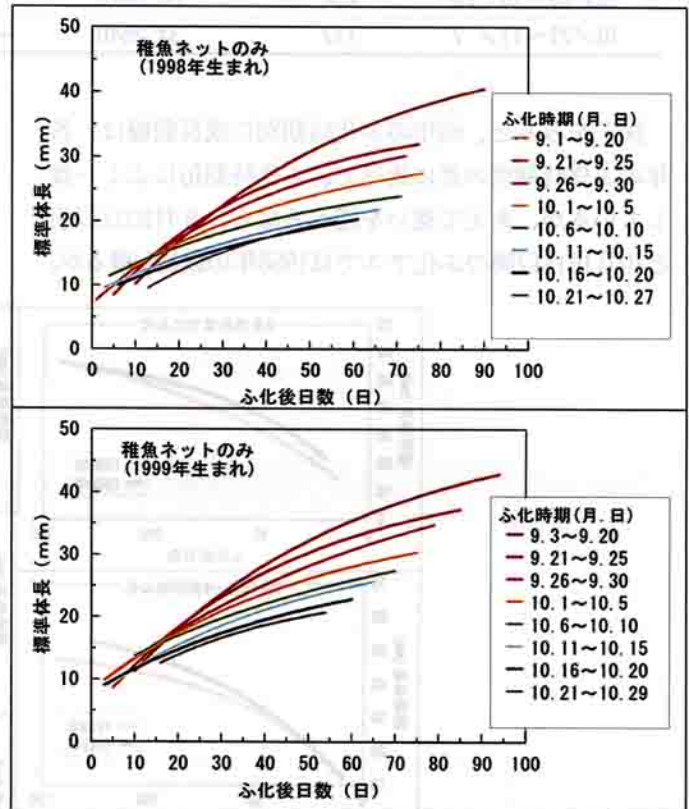


図8. 稚魚ネット採集標本による12月までアユのふ化時期別成長曲線

表7. 12月までの成長曲線のk値

ふ化時期 月 . 日	稚魚ネットのみ		稚魚ネット+11月エリ漁獲	
	1998年	1999年	1998年	1999年
～ 9.20	49.1370 ( 8)	51.5878 (187)	57.4420 ( 90)	51.5878 (247)
9.21～ 9.25	35.9777 ( 20)	43.3565 (249)	43.5710 ( 32)	45.4520 (267)
9.26～ 9.30	36.5651 ( 69)	48.6145 (249)	40.7198 ( 75)	48.6145 (251)
10. 1～10. 5	32.8691 (325)	37.3065 (256)	32.8691 (325)	37.3065 (256)
10. 6～10.10	28.8024 (471)	36.8599 (440)	28.8024 (471)	36.8599 (440)
10.11～10.15	28.0907 (258)	32.8042 (220)	28.0907 (258)	32.8042 (220)
10.16～10.20	27.6089 (160)	30.2346 (211)	27.6089 (160)	30.2346 (211)
10.21～	25.0085 ( 51)	24.8699 ( 80)	25.0085 ( 80)	24.8699 ( 80)

\* ( ) 内の数字は、尾数を表す。

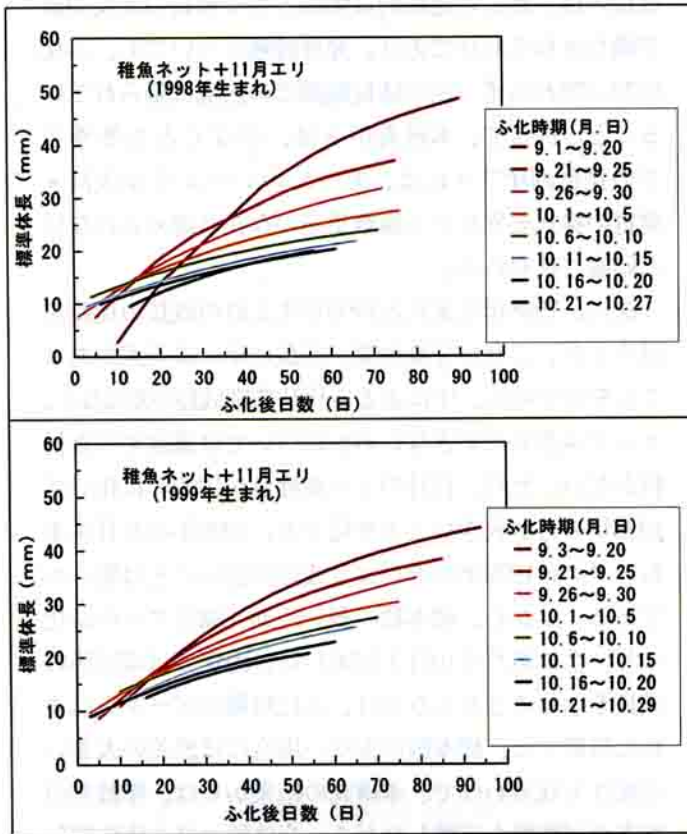


図9. 稚魚ネット採集標本と11月エリ漁獲標本による12月までのアユのふ化時期別成長曲線

長組成を図11に示す。ただし、ここでは、エリ毎の誤差(時期、場所等の差)は考慮していない。図10に示すように、11月のエリ漁獲標本のふ化時期が、両年も全個体が9月であったために9月の曲線のみを図8と図9の違いが見られた。1999年にはエリ標本を加えた場合と稚魚ネット採集標本のみの場合とで極限体長 $k$ の値(表7)に殆ど差がないが、1998年の場合はエリ標本を加えたことで9月生まれの成長曲線の $k$ 値(極限体長)の値が大きくなった(表7)。そのために、1999年の9月にふ化したアユの成長曲線は稚魚ネット標本のみの場合とエリ漁獲標本を加えた場合とで大差ないが(図8、図9の下図)、1998年の9月にふ化したアユの場合、エリ漁獲標本を加えた方が成長がよいように見える(図8、図9の上図)。これは、1998年には9月にヒウオ曳網でなく多層曳網を行ったことにより、その時点での大型個体(早生まれ)には逃避された可能性があり、そのことの影響も考えられる。また、図11に示すように、1998年のエリ標本(平均体長41.60mm)の方が1999年のそれ(平均体長37.81mm)より大きく、発育段階も高く、稚魚期(E)に達したものの割合が高い。このことが、稚魚ネット標本のみの場合とエリ標本を加えた成長様式の差が1999年に現れず、1998年に現れたことの要因かも知れない。

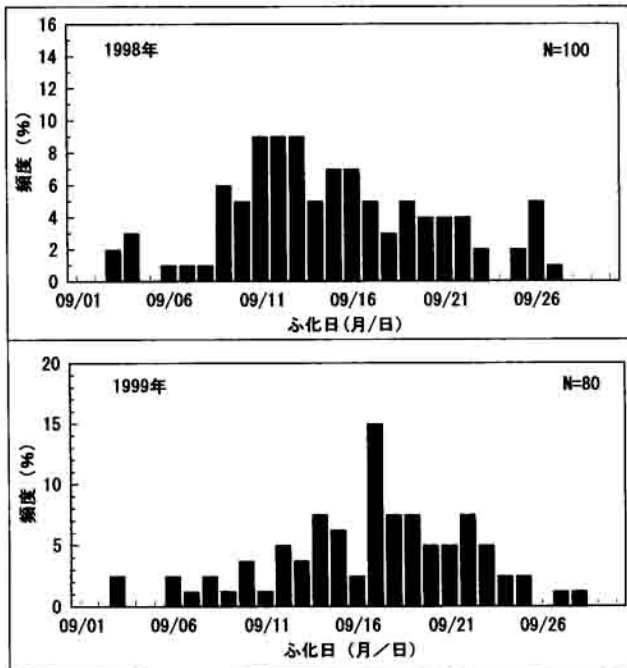


図10. 11月エリ漁獲アユのふ化日組成

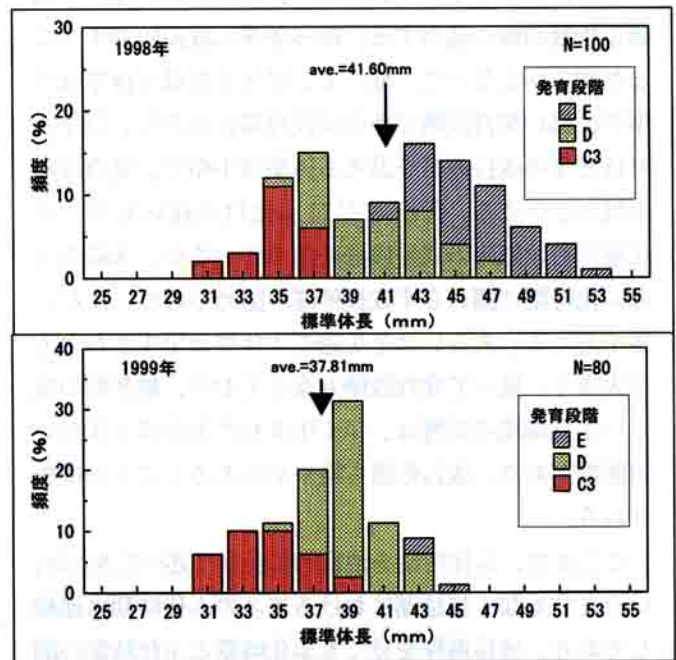


図11. 11月エリ漁獲アユの体長組成

以上のことから、12月までのアユの成長様式は稚魚ネット標本のみではなく、大型の稚魚の稚魚ネットからの逃避の可能性を考慮して、漁獲開始期に毎年（おそらく）必ず行われるエリの漁獲標本を加えて検討する方が、より安定的、かつ的確にとらえることができると思われる。

## まとめ

これまで述べてきたことをまとめると、以下のような考察ができる。

本研究では、秋から冬にかけてのふ化後140日頃（遅生まれでは100日頃）までの琵琶湖産アユの成長は、ふ化時期の違いによって差があり、ふ化時期が早いほど成長がよいことが示された。この結果は、塚本<sup>6)</sup>、澤田ら<sup>6)</sup>の結果と一致し、東<sup>1)</sup>のいう冬季に遅生まれが早生まれを追い越すという現象はないことを示す。

発育段階については、ふ化後日数の経過とともに高くなるが、ふ化後日数との関係は明瞭ではなく（ふ化後何日経ったら一定の発育段階になるのではなく）、各発育段階は次の発育段階と重なりを持ちつつ、一定の体長範囲にある（一定の体長になったら一定の発育段階になる）と判断できた。即ち、各発育段階はふ化時期に関わらず、一定の体長範囲内に収まっており、東<sup>1)</sup>のいう成長の割に発育が進んだ個体（集団）の存在を示唆する結果は得られていない。

また、秋から冬の成長様式は、ふ化時期に関わらず、修正指数曲線に適合する、即ち冬季に成長停滞することが明らかとなった。従って、早生まれほど体型は大型で、高い発育段階で冬の成長停滞に入るし、遅生まれほど冬の成長停滞を迎える体型は小型で、発育段階も低いといえる。澤田ら<sup>6)</sup>はふ化日の遅いものにふ化後70日頃以降の成長停滞を認めているが、本研究ではふ化時期に関わらず成長停滞が認められた。ただ、冬を迎える、あるいは冬を過ごす体型は早生まれの方が大きく、従って発育段階も進んでおり、越冬期の厳しい生息環境の影響は、早く生まれたものほど少ない可能性があり、成長停滞も緩やかであろうことが推察される。

ここまで、ふ化時期を便宜的に分けて述べてきたが、いうまでもなく琵琶湖におけるアユのふ化時期は連続しており、成長過程を見てもふ化時期とふ化時期の間は、連続しているどころか大きく重なり合っている（図3）。従って、本研究で示すふ化時期別の成長曲線

と成長曲線の間は、ふ化時期の早晩の傾斜によって、成長の良し悪しの連続的な傾斜として無数の成長曲線で満たされるわけであり、発育段階についても、ふ化時期に関わらず一定の体長範囲での出現に限られていることと併せて、本研究からは、少なくとも冬季までの琵琶湖産アユには、東<sup>1)</sup>のいうような成長・発育の様式を異にする複数集団の存在は認められないと結論づけられる。

次に、1998年生まれと1999年生まれの成長の比較を試みたが、これが仔稚魚期の成長に年による差があることを示すのか、年によるふ化時期別成長の差はなく、サンプル誤差にすぎないのかについては議論すべき材料がない。ただ、11月のエリ漁獲魚が1999年に比べて1998年の方が大きいことを見ても、1998年の9月生まれのアユは1999年のそれより成長が良いことは明らかである。しかし、標本数の多い時期（湖産アユのふ化のピークにあたる10月上旬頃）に、両年でほぼ同等の成長を示すことからみれば、ふ化時期のピークをはずれた時期では、標本数の少ない場合には誤差の大きい可能性も残るわけで、本研究の結果からは、年較差の存在の可能性も示唆しながら、全体的にはふ化時期毎に同様の成長をするという結論に留めた方が妥当であろう。いずれにせよ、この2年の比較だけでは、ふ化時期毎の成長について年較差の有無を論じるには不十分で、今後も継続して研究し、長期間のデータを比較することができれば、年較差の有無やその資源に及ぼす影響についても明らかになるであろう。また、仔稚魚期の成長とその後の漁獲の関係を明らかにすることで、本研究が資源予測に果たす役割も見えてくるものと思われる。

## 謝 辞

本研究を遂行するに当たり、滋賀県水産試験場調査船琵琶湖丸の町田六男船長（当時）には、曳網時の船位・船速の調節や網の脱着等に多大なるご苦勞をかけた。また、標本の計数・測定には高桑良子囀託（当時）の手を煩わせた。ここに記して深謝の意を表す。

## 摘 要

1. 1998年9月～翌年1月と1999年の9月～翌年2月の間に、稚魚ネットで採集したアユ標本とエリ及び

- 沖曳網で漁獲されたアユ標本を用いて、琵琶湖産アユ仔稚魚の成長と発育について検討した。
2. 耳石による日齢査定から推定したふ化日と日齢から、ふ化時期別の成長を検討し、9月から1月末（あるいは2月初め）頃にかけての成長は、ふ化時期の違いによって差があり、ふ化時期が早いものほど成長が良く、また、そのふ化時期別の成長様式は、ふ化時期の違いに関わらず、修正指数曲線に適合し、冬には成長停滞する傾向が見られた。
  3. この時期のアユの発育段階は前期仔魚～稚魚にわたり、各発育段階は一定の体長範囲において出現し、ふ化後日数との関係は明瞭ではなかった。即ち、この時期のアユはふ化後日数の経過とともに体長を増し、その一定の体長範囲内において前後の発育段階と重なりを持ちつつ一定の発育段階を経るといえる。
  4. 以上のことから、早生まれほど大型で、高い発育段階で冬季の成長停滞期を過ごすことが推測された。
  5. 2ヶ年のこの時期の成長をふ化時期別に検討したところ、各ふ化時期の成長は両年で類似し、同時期にふ化したものは同様の成長をする傾向があったが、9月20日頃以前と10月16日以降のふ化アユでは、1998年が若干成長が優る傾向にあった。しかしふ化時期毎の成長に関する年較差の有無を論じるには、この2年の比較では不十分と思われた。
  6. 資源予測への応用を検討するために、12月までのふ化時期別成長を検討したところ、1月末（あるいは2月初め）までの成長と同様の結論が得られることが解ったが、12月までの結果には稚魚ネット採集標本に11月のエリ漁獲魚の標本を加える方が的確に成長を捉えることができると推測された。

## 文 献

- 1) 東幹夫(1970)：びわ湖における陸封型アユの変異性に関する研究Ⅰ. 発育初期の分布様式と体形変異について. 日本生態学会誌, 第20巻(第2号), 63-75.
- 2) 東幹夫(1973)：びわ湖における陸封型アユの変異性に関する研究Ⅱ. 集団の分化と諸変異について. 日本生態学会誌, 第23巻(第3号), 126-139.
- 3) 東幹夫(1973)：びわ湖における陸封型アユの変異性に関する研究Ⅲ. 各集団における成熟過程, 産卵習性および形態的特徴について. 日本生態学会

- 誌, 第23巻(第4号), 147-159.
- 4) 東幹夫(1973)：びわ湖における陸封型アユの変異性に関する研究Ⅳ. 集団構造と変異性の特徴についての試論. 日本生態学会誌, 第23巻(第6号), 255-265.
- 5) 塚本勝巳(1988)：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), 100-133, 朝倉書店, 東京.
- 6) 澤田宣雄・中賢治・里井晋一・田沢茂・岩崎治臣・氏家宗二(1992)：湖産アユのふ化日と漁獲および成長との関係. 滋賀県水産試験場研究報告, 第42号, 5-13.
- 7) 田中秀具・片岡佳孝・井出充彦・太田滋規・氏家宗二・酒井明久(2002)：琵琶湖産アユの仔稚魚期における分布. 滋賀県水産試験場研究報告, 第49号(投稿中)
- 8) 東幹夫(1964)：びわ湖におけるアユの生活史. 生理生態, 第12巻(1・2 合併号), 55-71.
- 9) Tsukamoto, K. and T. Kajihara(1987)：Age determination of Ayu with otolith. *Nippon Suisan Gakkaishi*, 53(11), 1985-1997.

