長良川・木曾川・利根川を流下する仔アユの日齢

塚 本 勝 巳

(1991 年 4 月 17 日受付)

Age and Growth of Ayu Larvae *Plecoglossus altivelis* Collected in the Nagara, Kiso and Tone River during the Downstream Migration

Katsumi Tsukamoto*

Ayu larvae, amphidromous salmononidei fish with a 1 year life span, were aged with otolith daily ring in order to reveal the ecological aspects of their downstream migration from the spawning ground.

The age of larvae ranged from 0 to 12 d, body length from 4.6 to 8.8 mm and sagittal otolith diameter from 20.5 to 48.0 μm . Mean age of larvae collected in the Nagara, Kiso and Tone River was 4.5, 1.8 and 4.0 d, respectively, and mean body length was 7.2, 6.8 and 6.9 mm. Age, body length and otolith diameter had tendency to increase in the lower reaches of the rivers, whereas yolk volume decreased towards rivermouth.

Age, otolith diameter and yolk volume did not differ significantly between two samples collected up and down of a dam near the rivermouth of the Tone River, although body length was larger in the downstream, 7.4 mm, than in the upstream, 6.9 mm. The fish density was about 4 times higher at the upstream of the dam than at the downstream, suggesting that the drifting larvae were pooled in the dam.

アユは、海と河を往き来する両側回遊魚である。秋に河川の中・下流域に産みつけられた卵は約 2 週間で孵化し、仔魚は河の流れによって海へ出る。冬の約 6 ヶ月間を海で過ごしたアユは体長 6 cm 程の稚アユとなって春、河を遡上する。¹⁾ こうした回遊魚にとって河川構造物や河口域の汚染はその回遊を妨げる障害となる可能性がある。しかしながら河川構造物による影響の程度を正確に評価することはなかなか困難である。それは回遊魚の生態に関する知見が不足しているためと、さらには結論を出すには長いタイムスケールのデータの蓄積が必要とされるためである。

多くの場合、孵化したアユは河川を流下する期間餌は取らず、孵化時に持っている卵黄をエネルギー源として生きのび海に達すると言われる。このため流下多くの時間を費やした個体は飢餓に陥り死に至る。こうした個体の多寡はアユ資源の豊凶に大きく係わってくるものと思われる。近年、魚の耳石に 1 日に 1 本ずつ形成される日周輪のあることが発見され、²⁾ アユでもこれが認められた。³⁾ この耳石日周輪を計数することによりその個体の日齢(孵化後日数)を知ることができる。これを利用して流下仔アユの日齢査定を行えばアユの資源を論ず

る上で極めて有効な情報を得ることができる。

本研究の目的は河川を流下するアユ仔魚の日齢を調べ、その降海生態を明らかにすることにある。さらにこれらの日齢査定結果を近年問題となってきた河川構造物の生物資源に及ぼす影響評価の基礎資料とすることも狙いとしている。

本報告のとりまとめに際し、東京大学海洋研究所の大矢真知子氏の手を煩わせた。ここに記して謝意を表する。

材料および方法

1989 年 10 月 24 日～11 月 1 日に長良川・木曾川・利根川において各々 3～5 点ずつ定点を設け、河の流心部の表層において流下仔アユを採集した (Table 1, Fig. 1, 2)。採集には口径 56 cm, 目合 0.33 mm メッシュのプランクトンネットを用い、流速 (13～110 cm/秒)、網口面積 (0.25 m²)、採集時間 (一地点、計 8～50 分間) より濾水量 (一地点、計 90～228 m³) を求め、単位水量当たりの仔アユ密度を計算した (Table 1)。

採集された計 1043 尾の仔アユの中から無作為に 83

* 東京大学海洋研究所 (Ocean Research Institute, University of Tokyo, Minamidai, Nakano, Tokyo 164, Japan).

Fig. 1. Study sites at the Nagara River (sampling stations, *1~*4) and the Kiso River (*5~*7).

尾を選び、体長（標準体長；SL）を計測した後、Tsukamoto and Kajihara⁹⁾の方法に従って日齢査定を行った。なお、エタノール固定によって体長が縮少すると考えられるが、ここではその補正は行わなかった。各個体から1対の扁平石と礫石を摘出した。両者は共にほぼ円形で（後述）で酷似しているが、礫石は扁平石より耳胞の中でより前方に位置し、サイズもやや小さいことから両者は識別できる。1対の扁平石のうち大きい方の耳石について日齢査定を行った。日齢査定には光学顕微鏡（×

1250）と描画装置を用いた。耳石中心より縁辺までの距離の最も長い部分を半径とした。これに沿って日周輪を写しとり半径 $15\ \mu\text{m}$ より外側にある輪紋数を日齢とした。耳石直径は扁平石の最も長い軸とした。これは必ずしも耳石中心（核）を通らない（後述）。透過光による顕微鏡観察で通常の日周輪の暗帯（discontinuous zone）より太いひときわ目立つ輪紋が認められることがあった。これは環境条件の急変や生理障害等によって生じると考えられ、チェックリング（check ring 又は heavy check）と呼ばれる。⁴⁾ここでは直径 $20\ \mu\text{m}$ 以上の明瞭なチェックリングの直径を計測した。奇形の耳石をもつ個体は資料から除外して解析を行った。卵黄の消費程度の指標（卵黄指数；yolk index）を Fig. 3 のように定め、各個体について卵黄の残存量を観察した。

結 果

仔魚密度 採集された仔魚の密度は $0.04\sim 2.40$ 尾/ m^3 の範囲にあった（Table 1）。本調査において最大の仔魚密度 2.40 尾/ m^3 は利根川河口堰の上流にある小見川大橋で得られ、河口堰下の太田新田の 0.54 尾/ m^3 に比べて4.4倍高い値を示した。この最大値を除けば各採集地点の仔魚密度はおおむね 1.0 尾/ m^3 以下であった（平均 0.48 尾/ m^3 ）。

耳石 流下仔アユの扁平石・礫石ともに、ほぼ円形であった（Fig. 4）。調べた83個体の耳石のうち3個体（3.6%）にいびつな楕円形の奇形耳石が見つかった。残り80個体分の正常な耳石を以下の解析に用いた。耳石核は円形の耳石のほぼ中央にあるが、わずかに偏心していた。

扁平石の直径は長良川、木曾川、利根川のサンプルでそれぞれ $26.0\sim 48.0\ \mu\text{m}$ 、 $20.5\sim 36.0\ \mu\text{m}$ 、 $28.0\sim 40.5\ \mu\text{m}$ の範囲にあり、それぞれの平均耳石直径は 35.5 、 30.3 および $34.8\ \mu\text{m}$ であった（Fig. 5）。木曾川の仔魚の耳石は他の2河川に比べて小さい傾向が見られた。長良川では直径 $41.0\ \mu\text{m}$ 以上の大きな耳石を持つものが4個体出現した（Fig. 5）。

直径 $20\ \mu\text{m}$ 以上の明瞭なチェックリングは、耳石を解析した83個体のうち20.5%にあたる17個体に認められた。チェックリングの直径は $20.5\sim 31.5\ \mu\text{m}$ の間で、平均値は $25.4\ \mu\text{m}$ であった（Fig. 6）。また直径 $28\ \mu\text{m}$ 以下のチェックリングがその大部分（88.2%）を占めた。一方 $30\ \mu\text{m}$ を超えるチェックリングをもつものもわずか2個体ではあるが出現した。

各採集地点の平均耳石直径は $24.8\ \mu\text{m}$ （木曾川、木曾川橋）から $39.2\ \mu\text{m}$ （長良川、河口堰）の範囲にあった（Table 2）。利根川河口堰の上下に位置する小見川大橋と太田新田の間で仔魚の耳石直径に有意差は認められな

Fig. 2. Study sites at the Tone River (sampling stations, *8~*12).

Table 1. Materials and sampling stations at three rivers

River Station	Distance* ¹ (km)	Sampling date* ²	No. fish collected	W.V.* ³ (m ³)	Density (fish/m ³)	No. fish aged
Nagara R.						
Oyabu-ohashi	31.0	891024	159	144	1.01	11
Nagaragawa-ohashi	14.0	891026	16	120	0.13	5
Ise-ohashi	5.9	891024	88	126	0.70	10
River mouth-ebb	-3.0	891025	120	120	1.00	10
River mouth-flood	-3.0	891025	57	132	0.43	1
Kiso R.						
Kisogawa-bashi	40.0	891024	4	98	0.04	3
Kisogawa-ozeki	26.0	891026	51	120	0.43	5
Owari-ohashi	8.2	891026	35	108	0.32	5
Tone R.						
Sakai-ohashi	120.5	891101	93	99	0.94	5
Sakae-bashi	76.5	891031	23	135	0.17	5
Kouzaki-bashi	49.0	891031	4	90	0.04	3
Omigawa-ohashi	27.0	891031	271	113	2.40	10
Ota-shinden	17.0	891031	122	228	0.54	10

*¹ Distance from rivermouth.*² year/month/day (e.g., 891024: 24 October 1989).*³ Water volume filtered.

った ($P > 0.05$, t-test)。

一般に下流の採集地点ほど大きな耳石を持つ傾向が認められた (Table 2)。これを詳しく調べるために河口からの距離と耳石直径の関係をみてみると、木曾川と長良川では統計学的には有意ではなかったが ($P > 0.1$ および $0.1 > P > 0.05$)、利根川では強い負の相関関係が得られた (Table 3, $P < 0.001$, t-test)。すなわち降海回遊の過程で仔魚の耳石が成長するものと考えられた。

日齢 日齢は長良川、木曾川、利根川でそれぞれ 0~12 日, 0~5 日, 0~8 日の範囲にあり、平均値はそれぞれ 4.5 日, 1.8 日, 4.0 日であった (Fig. 7)。日齢頻度分布のモードは長良川で 4 日, 木曾川で 0 日, 利根川で 5 日で、木曾川の流下仔魚の日齢は他の 2 河川に比べて小さい傾向があった。長良川と利根川では 4~6 日齢のものが多く、それぞれ全体の 37.1, 46.9% を占めた。一方、木曾川では 0~2 日齢のものが多く、全体の

Fig. 3. Yolk index for the ayu larvae during the downstream migration. Standard length was also shown for each sample.

53.8% となった。また長良川には日齢 10 日以上の個体が 3 個体出現した。

各採集地点の平均日齢は 0.3 日 (木曾川, 木曾川橋) から 6.8 日 (長良川, 河口域) の範囲にあった (Table 2)。また利根川河口堰の上下の小見川大橋 (平均 4.7 日) と太田新田 (5.2 日) でサンプルの日齢に差は認められなかった (Table 2, $P > 0.1$, t-test)。

長良川と利根川では下流へ行くほど、採集された仔魚の日齢は大きくなる傾向があった (Fig. 8, 長良川, $P < 0.05$, 利根川, $P < 0.001$, Table 3)。木曾川でも同傾向が認められるが (Fig. 8), 有意ではなかった (Table 3)。10 日齢以上の高齢個体は長良川河口域の 2 個体の他に 31 km 上流の大藪大橋でも 1 個体採集された (Fig. 8)。木曾川河口から 40 km 上流の木曾川大橋では 2 日齢以上の個体は採集されなかった。利根川では河口から 49 km 上流の神崎橋で 8 日齢の仔魚が 1 個体出現した。

体長 流下仔魚の体長は長良川, 木曾川, 利根川でそれぞれ 6.1~8.8 mm, 4.6~8.5 mm, 5.5~8.2 mm で, 平均体長はそれぞれ 7.2 mm, 6.8 mm, 6.9 mm であった (Fig. 9)。体長頻度分布のモードは長良川と木曾川で 7 mm, 利根川で 6 mm であった。長良川には 6 mm 未満の仔魚は出現しなかった。木曾川には 1 個体ではあるが 4 mm 台の小さな仔魚が出現した。

Fig. 4. Sagittal otoliths of the ayu larvae during the downstream migration. Bar, 20 μ m. A: No. 1 fish collected at Nagaragawa-ohashi, Nagara River 24 October 1989. Age; 3d, SL; 7.3 mm, Yolk index; 1. B: No. 1 fish collected at the rivermouth of the Nagara River at ebb tide, 25 October 1989. Age; 10d, SL; 8.3 mm, Yolk index; 0. C: No. 8 fish collected at Ota-shinden, Tone River 31 October 1989. Age; 6d, SL; 7.3 mm, Yolk index; 0.

長良川では各採集地点の平均体長はすべて 7 mm 台で, 場所による差は見られなかった (Table 2, $P > 0.1$)。しかし木曾川 ($P < 0.001$) と利根川 ($P < 0.01$) では下流に行くほど仔アユの体長は大きくなる傾向が認められた (Fig. 10, Table 3)。利根川河口堰の上下に位置する小見

Table 2. Age, size, otolith diameter and yolk index of the fish examined

River Station	No. fish examined ^{*1}	Age ^{*2} (d)	SL ^{*2} (mm)	Ot. diameter ^{*2} (μm)	Yolk index ^{*2}
Nagara R.					
Oyabu-ohashi	11	3.6±3.0	7.18±0.66	34.0±5.6	1.9±0.8
Nagaragawa-ohashi	5	4.6±1.1	7.05±0.40	36.3±3.5	0.4±0.5
Ise-ohashi	10	3.3±0.8	7.38±0.72	30.4±9.5	0.1±0.3
River mouth-ebb	9	6.8±2.8	7.13±0.80	39.2±4.3	0.0
River mouth-flood	0	—	—	—	—
Kiso R.					
Kisogawa-bashi	3	0.3±0.6	5.45±0.83	24.8±6.3	3.5±0.7
Kisogawa-ozeki	5	2.4±1.8	6.66±0.83	32.7±3.1	0.8±0.8
Owari-ohashi	5	2.2±2.2	7.80±0.46	31.2±3.1	0.4±0.5
Tone R.					
Sakai-ohashi	5	2.4±1.1	6.42±0.59	31.7±2.4	2.0±0.7
Sakae-bashi	5	1.8±1.3	6.33±0.85	31.0±2.4	0.8±0.4
Kouzaki-bashi	3	4.3±4.0	6.88±0.77	34.5±6.3	0.7±0.6
Omigawa-ohashi	9	4.7±1.2	6.87±0.41	35.8±1.8	0.2±0.7
Ota-shinden	10	5.2±0.9	7.43±0.67	37.3±2.0	0.1±0.3

^{*1} Fish with deformed otoliths were deleted from the analysis.^{*2} mean±SD.

Table 3. Correlation matrix between distance, age, size, otolith diameter and yolk index of the larvae collected in the Nagara, Kiso and Tone River

River	Age (d)	SL (mm)	Ot. dia (μm)	Yolk index
(Nagara R.)				
Distance ^{*1}	*	NS	NS	***
Age	—	*	**	**
SL	—	—	*	NS
Ot. dia. ^{*2}	—	—	—	**
(Kiso R.)				
Distance ^{*1}	NS	***	NS	**
Age	—	NS	**	NS
SL	—	—	*	*
Ot. dia. ^{*2}	—	—	—	NS
(Tone R.)				
Distance ^{*1}	***	**	***	***
Age	—	**	***	*
SL	—	—	**	NS
Ot. dia. ^{*2}	—	—	—	**

NS means no significance ($P>0.05$), and *, **, and *** are $P<0.05$, $P<0.01$ and $P<0.001$, respectively.^{*1} Distance from the rivermouth (km).^{*2} Diameter of sagittal otolith.

川大橋と太田新田のサンプルの体長はそれぞれ平均 6.9 mm と 7.4 mm で後者の方が大きかった (Table 2, $P<0.05$, t-test)。

卵黄 流下仔魚の卵黄指数は長良川と利根川で 0~3, 木曾川で 0~4 の範囲にあり, 平均値は長良川で 0.7, 木曾川で 1.2, 利根川では 0.6 であった。いずれの河川でも卵黄指数 0~1 の個体が多く, 長良川で 84.4%, 木曾川で 69.2%, 利根川では 74.3% を占めた。

採集場所別に平均卵黄指数をみると木曾川の最上流地点木曾川橋で最大 3.5 で, 長良川河口域で最小値 0 をとった (Table 2)。利根川河口堰上下流の小見川大橋 (平均 0.2) と太田新田 (0.1) で卵黄指数に差はなく ($P>0.1$, T-test), とともに大部分が卵黄を完全に吸収し終わった個体であった。

いずれの河川においても明らかに卵黄は下流へ行くほど小さくなる傾向があった (Fig. 11, 長良川, 木曾川, 利根川それぞれ $P<0.001$, $P<0.01$, $P<0.001$, Table 3)。長良川河口域では卵黄をもった個体は 1 尾も出現しなかった。一方, 長良川最上流地点の大藪大橋では卵黄をかなり消費した状態の卵黄指数 1 か 0 の個体がそれぞれ 1 尾ずつ採集された。利根川でも最上流地点の境大橋 (120 km) で卵黄指数 1 の個体が採れた。また河口堰上流の小見川大橋 (27 km) では卵黄指数 2 の個体が 1 尾採集された (Fig. 11)。

木曾川では体長と卵黄指数の間に負の相関が認められた (Table 3, $P<0.05$)。統計学的に有意でないものの長良川と利根川でも同様な傾向が認められ, 成長に伴って卵黄吸収の進む様子が確認された。長良川と利根川では日齢と卵黄指数の間に負の相関が認められた (Table 3, それぞれ $P<0.01$, $P<0.05$)。しかし, 木曾川では同様な傾向があったが有意ではなかった (Table 3)。

成長 日齢と体長の関係は各河川とも正の相関を示した (Fig. 12)。被験個体数が少ないために木曾川ではこの関係は有意ではなかったが, 長良川と利根川ではそれぞれ $P<0.05$ と $P<0.01$ で有意であった (Table 3)。回帰直線の傾きは長良川, 木曾川, 利根川でそれぞれ 0.10

Fig. 5. Frequency distribution of sagittal otolith diameter of ayu larvae collected in the Nagara, Kiso and Tone River in 1989.

mm/日、0.26 mm/日および 0.17 mm/日であった。3 河川の資料をすべてまとめて直線回帰するとその傾きは 0.14 mm/日となりアユは河川を流下する間に成長することが確かめられた。

いずれの河川においても日齢と耳石直径の間には強い正の相関があり (Table 3, 長良川と木曽川は $P < 0.01$, 利根川, $P < 0.001$), 加齢にともなう耳石の成長が認められた。また, いずれの河川でも耳石直径と体長の間には正の相関があり (Table 3, 長良川, 木曽川, 利根川それぞれ $P < 0.05$, $P < 0.05$, $P < 0.01$), 体長と耳石サイズの間

Fig. 6. Frequency distribution of diameter of check rings larger than 20 μm observed in sagittal otoliths of ayu larvae in the Nagara, Kiso and Tone River.

の相対成長が認められた (Fig. 13)。

考 察

流下仔アユの日齢 兵藤ら^{*1}によって、信濃川では 0~6 日齢の仔アユが流下していることが明らかにされた。本研究の長良川、木曽川、利根川では信濃川よりさらに高齢の魚が出現した。またわずかではあるが、長良川で 10~12 日齢の仔アユも採集された。熊野川河口域の調査では、体長 8 mm 以下、日齢 7 日以下の仔アユと 12 mm 以上で 11 日齢以上の仔稚魚は数多く採集されたが、この間の体長 8~12 mm, 7~10 日齢のアユはほとんど出現しなかった。^{b)} また海域の波打際の調査においても上記サイズ・日齢の魚は採集されておらず、現在のところこのサイズ・日齢の魚はどこに生息するか明らかになっていない。^{c)} 一方、本研究ではこれに相当するサイズ・日齢の魚がわずかではあるが長良川と利根川において出現した。またこうした流下仔アユとしては比較的高齢・大サイズの魚が採集されたことは仔アユが河川内で餌を摂るか否かの問題を考える時に大きな手掛りとなる。

日齢査定法 本研究では Tsukamoto and Kajihara^{a)}の結果より、アユの孵化時の耳石半径を平均 15 μm として、その外側の輪紋数を日齢とした。この値は耳石の核が中心よりいくらか偏在しているため、直径になおすとおよそ平均 28 μm になる。孵化の前後には生理的ストレスがあり、耳石に孵化と対応したチェックリング (孵化リング) が出現すると考えられている。^{d)} これはアユ^{e)} やウナギ^{f)} でも確認されている。今回 17 個体にみ

*1 兵藤則行, 近藤伸一, 星野正邦, 小山茂生: 新潟内水試研報, 13, 9-13 (1986).

Fig. 7. Age of ayu larvae collected in the Nagara River, Kiso River and Tone River during the downstream migration.

られた直径 $20\ \mu\text{m}$ 以上のチェックリングが孵化リングであると断定はできないが、その可能性は高いと考えられる。本研究では直径 $20\ \mu\text{m}$ 以上のチェックリングの頻度分布は $26\sim 28\ \mu\text{m}$ にモードがあり、 $28\ \mu\text{m}$ 以上のチェックリングはわずか 2 個体に認められたのみであった (Fig. 6)。以上のことは今回解析した 3 河川の仔魚の孵化時の耳石直径は $28\ \mu\text{m}$ より小さかった可能性を示唆する。孵化時の平均耳石直径として $28\ \mu\text{m}$ を用いた本研究の日齢査定法はやや過小評価の可能性も考えられる。木曾川のサンプル 13 個体中、耳石半径が $15\ \mu\text{m}$ 以下のものは 3 個体 (23%) あった。齢査定では孵化時の耳石半径の平均値を用いているため、こうした耳石半

Fig. 8. Relationship between the distance from the rivermouth and the age of ayu larvae collected in each station of the Nagara, Kiso and Tone River.

径が $15\ \mu\text{m}$ 以下の個体が出現することはあり得る。しかし日齢と体長の関係を示す Fig. 12 において、体長が $7.5\ \text{mm}$ 以上あるにもかかわらず日齢が 4 日以下の個体が 80 個体中 13 個体 (16%) 出現することは、やはり本研究の日齢査定は多少過小評価の傾向があったものと考えられる。水温は孵化時の耳石径に影響する。すなわち高温で飼育された卵は孵化までの時間が短く、耳石サイズは小さい。⁸⁾ 今後は現地の水温条件下で孵化した個体について孵化時の平均耳石半径 (または直径) を求めて、これを日齢査定に用いることによってより正確な齢査定が可能となろう。

流下仔アユの摂餌と成長 一般にアユは流下時に餌を摂らず、河口に到着して始めて摂餌を開始すると考えられている。本研究でも実体顕微鏡下で消化管内容物を調べたが、83 尾のいずれにも明瞭な餌生物は発見できな

Fig. 9. Size distribution of ayu larvae collected in the Nagara, Kiso and Tone River during the downstream migration.

かった。信濃川の流下仔魚 100 尾を調べた結果でも消化管内に固形物のみられた仔魚は皆無であった。^{*1} また、別の信濃川のサンプルを解析しても、ほとんどの個体は空胃であり、わずかに 1 尾の消化管にワムシが認められたのみであった (兵藤・塚本 未発表)。しかし本研究で用いたサンプルとはほぼ同時期にとった仔アユの消化管からコペポダ、ノープリウス、サイクロポイダ、カラノイダなどの餌生物が見出された。^{*2} こうした差は固定法や河川の違いによるのか、あるいは単に被験個体数の不足によるのか現在のところ明らかではない。しかしながら、わずかに 1 尾ではあるが体長 8.8 mm、日齢 10 日の個体が長良川の最上流地点の大藪大橋で採集されたことは流

Fig. 10. Relationship between the distance from the rivermouth and the standard length of ayu larvae collected in each station of the Nagara, Kiso and Tone River.

下中に仔アユが摂餌し、成長する可能性を示唆している。アユは孵化後約 4 日で卵黄を吸収しつくす。また半数致死・絶食限界はおおよそ 5~8 日と考えられる。^{*1} したがって 8 日以上の日齢をもったアユが多数出現すれば、海へたどりつく前に河川内ですでに摂餌を開始して成長していることを意味する。

今回解析した 3 河川の資料の日齢と体長の関係から、降海回遊時の日間成長率は 0.14 mm/日と推定された (Fig. 12)。この値は熊野河川口^{*)} および熊野灘¹⁾ のアユ仔稚魚について得られた値 (0.2~0.6 mm/日) に比べるとやや小さい。固定による体長縮小の割合が孵化後まもない流下仔魚で大きいためかもしれない。今後、さらに多くのサンプルについて検討する必要がある。また長

^{*1} 兵藤則行, 関 泰夫: 新潟内水試研報, 12, 15-22 (1985).

^{*2} 中村 稔, 廣瀬卓雄, 西依忠之: *Proceedings of the International Symposium on Fishways '90 in Gifu*, 97-102 (1990).

Fig. 11. Relationship between the distance from the rivermouth and the yolk index (see Fig. 3) of ayu larvae collected in each station of the Nagara, Kiso and Tone River.

良川と利根川に比べて木曾川のサンプルの日齢・サイズは小さく、河川間で大きな差が認められた。これは河川の特長なのか、それとも単に採集誤差によるものなのか明らかでない。

流下速度 もう一つ特筆すべきことは比較的下流域の伊勢大橋や太田新田で日齢が2~4日の若齢個体が採れたことである。長良川、木曾川、利根川の主産卵場はそれぞれ河口から約43 km、42 km および 165 km の地点にある。すなわち産卵場より40~140 kmの距離を2~4

Fig. 12. Growth of ayu larvae collected in the Nagara, Kiso and Tone River during the downstream migration.

Fig. 13. Relationship between standard length and sagittal otolith diameter of ayu larvae collected in the Nagara, Kiso and Tone River during the downstream migration.

日で流下したことになる。一方信濃川で漂流ハガキを用いて仔アユの流下速度を推定したところ、最も速いものは120 kmの流程をわずか30時間で下るものと推定された。^{*1} また熊野川河口では卵黄指数3~4の孵化後間もない仔アユが多数採れた。⁵⁾

産卵場で孵化した仔アユの内、河川の流心部を流下するものはごくわずかな時間で餌の豊富な河口域へ到達するものと考えられる。ただ、今回調べた3河川では河口近くの下流域で孵化後1~2日以内と考えられる卵黄指数3~4の個体は採集されていない (Fig. 11)。しかし、本調査よりさらに遅い時期に採集をすれば、時期と共に産卵場は下流に移動するので、熊野川同様に卵黄の大き

*1 兵藤則行, 関 泰夫: 新潟内水試研報, 12, 15-22 (1985).

な仔魚が河口域で採れる可能性もある。

流下時の減耗 量的な検討はなされていないが、上記のように流心部のみたどって河口まで到達する個体の割合はむしろ小さいものと考えられる。逆に、淵の渦流や岸の淀みにつかまって流下に要する時間が増え、絶食限界を超えてしまう仔魚も多いものと考えられる。衰弱した魚は河川の水底へ沈み、流れによって下流へ輸送されにくくなる。こうして流下に時間を費やした個体は水底にひっかかって分解されてしまうために採捕されず、サンプル中には出現しない。今後流下の途中で減耗する魚の割合を知ることが重要である。なお、和歌山県の長野川においてテトラサイクリンによる耳石標識を施した孵化仔魚87万尾を河川放流して降海回遊中の減耗率を調べたところ、放流後4日間のうちに放流点より下流0.85 kmの地点で再捕された放流魚はわずか1867尾(0.21%)であった。^{*1}このとき1 km当たりの減耗率は99.9%と推定された。またその時の減耗要因は当水域に多数生息するカワムツ稚魚による食害であった。^{*1}大きな淵の渦流や川岸の植物の繁茂する浅水域のよどみに捕捉された仔魚は、食害に遭うか長期間の絶食によって餓死するものと考えられる。河川によって条件は大きく異なり、減耗率も変化するとと思われるが相当数の孵化仔魚が降海の途中で死んでゆくものと考えられる。

河川構造物と仔アユの降海回遊 利根川河口堰の上・下に位置し約10 km離れている小見川大橋と太田新田のサンプルを比べると、体長は後者のほうが大きかったが日齢と耳石直径にはほとんど差がない(Table 2)。堰の上では下に比べてアユ密度が4倍以上も高いことか

ら堰の湛水域に流下仔アユがたまっているものと考えられる。堰の上下で同日齢のアユが採れたのは堰でたまったアユの一部が堰下へ流下したものと考えられる。堰の存在によって仔アユの流下に要する時間は長くなるものと考えられるが、これが仔魚の生残にどの程度影響するかを正確に把握することが肝要であろう。さらには堰にたまった仔アユがその湛水域で摂餌・成長し、越冬するかどうかが問題となろう。次いで堰によっていわば陸封されたアユが再生産を行うか否か、またその資源量は将来的に維持されるかどうかを調べる必要があろう。こうした河川構造物が生物資源に及ぼす影響を検討する際には早急に結論を出すべきではなく、生態系の各構成員の関係にまで視点を広げた総合的で且つ息の長い調査、研究が必要であろう。

文 献

- 1) 塚本勝巳：現代の魚類学（上野輝弥，沖山宗雄編），初版，朝倉書店，東京，1988，pp.100-133.
- 2) G. Pannella: *Science (Wash., D. C.)*, **173**, 1124-1127 (1971).
- 3) K. Tsukamoto and T. Kajihara: *Nippon Suisan Gakkaishi*, **53**, 1985-1997 (1987).
- 4) S. E. Campana and J. D. Neilson: *Can. J. Fish. Aquat. Sci.*, **42**, 1014-1032 (1985).
- 5) 塚本勝巳，望月賢二，大竹二雄，山崎幸夫：水産土木，**25**，47-57 (1989).
- 6) A. Umezawa, K. Tsukamoto, O. Tabeta, and H. Yamakawa: *Japan. J. Ichthyol.*, **35**, 440-444 (1989).

^{*1} 山崎幸夫，塚本勝巳，望月賢二，大竹二雄，石田力三，沖山宗雄，梶原 武：1986年度日本水産学会春季大会講演要旨，p. 252 (1986).