

琵琶湖流入河川でのワカサギの産卵状況と特性

井出充彦・山中 治・片岡佳孝*

Characteristics and Circumstances on Spawning of Pond Smelt, *Hypomesus nipponensis*, in Rivers Flowing into Lake Biwa

Atsuhiko Ide, Osamu Yamanaka, Yoshitaka Kataoka*

1994年に琵琶湖でワカサギの増加が確認された。以来、沖曳き網漁業(小型機船底びき網漁業)やえり漁業(小型定置網漁業)などで漁獲されるようになった。漁獲量は1994年以降年々増加し、漁獲統計に初めて記載された1996年に119トンであったものが、1999年には496トンとなった¹⁾。一般に網走湖、霞ヶ浦、宍道湖など他地域の湖ではワカサギは重要な漁業対象魚種で、琵琶湖でも有効利用されはじめている。一方、影響の程度は不明であるが、秋季にアユ仔魚を捕食することが明らかになったことから²⁾、将来的には積極的に漁獲し、ワカサギの資源量をある一定の水準以下に押さえる必要が生じる可能性がある。そのためには、資源量調査の手法と資源管理の手法を確立することが必要となる。本報告ではその一環として、1995年から1997年の3月前後に琵琶湖流入河川下流部で行った産卵確認調査、産卵量把握調査、遡上親魚調査などの結果から得られた知見について報告する。

調査方法

1. 産卵場の確認と産卵量の把握

調査河川と目的

1995年から1997年に図1に示す琵琶湖流入河川下流部で産着卵の確認と計数を行った。年次によって調査河川数等が異なっており詳細を次に示す。

1995年：3月17日から3月31日までの期間中の5日間、滋賀県水産試験場が例年産卵量調査を行っているアユの主要産卵場とほぼ同じ、大川(塩津大川)、姉川、天野川、芹川、犬上川、宇曾川、愛知川、野洲川、和邇川、安曇川、知内川(以下、宇曾川を除き石田川を加えたアユの主要産卵場である11河川を主要河川または主要11河川と称する)で産着卵の確認と計数を行った。

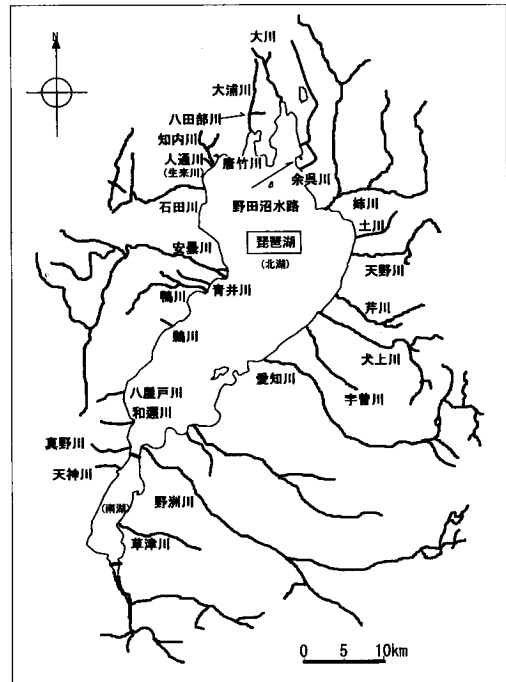


図1 調査対象河川。

1996年：3月11日から3月15日まで、主要11河川とその他中小13河川(支流、水路を含む)で、産着卵の確認を行った。調査範囲は作業の効率化のため、河口(支流の場合は本流との合流点)または最下流の瀬から上流約2km以内とした。また、産卵期を推定するため、知内川において1996年2月21日から4月26日まで7日~12日ごとに産着卵を計数調査した。

1997年：2月10日から4月8日までの期間中、約2週間ごとに、主要11河川において産卵量調査を行った。また、3月24日から3月28日まで中小10河川で産着卵の確認と、産着卵が確認された河川では、指標としてその河川最下流部の産卵床(以下に説明)のみの産着卵を計数した。

産着卵の確認方法

産卵基体と考えられる河床の砂礫等を徒手採取して、

現所属* 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)

それを現場で底を黒く塗ったバット上に広げ産着卵の有無を確認した。

産卵量の推定方法

産着卵の計数は、砂礫等を徒手採取することによって産着卵が連続して確認できる河床の範囲(本報ではこれを産卵床という。ふつう1河川内には複数の産卵床があった)内の任意の複数箇所に、直径、深さともに10cmの円筒を垂直に埋め込み、その中の砂礫等を産着卵ごと取り出し底を黒く塗ったバット上にひろげ、その場にて行った。卵は未発眼卵、発眼卵、死卵に分けて計数した。1産卵床内の産着卵密度は、使用した円筒の底面積あたりの産着卵数から求め、1㎡あたりの産着卵数(粒/㎡)に換算した。その産卵床の産着卵数は歩測により算出した産卵床面積(長方形に近似)と産着卵密度から算出した。その河川全体の産着卵数は各産卵床の産着卵数の合計とした。本報では、未発眼卵、発眼卵、死卵の各卵数の合計を総産着卵数、死卵を除いた各卵数(生卵数)の合計を有効産着卵数という。

2. 産卵床の環境調査

1996年2月21日、知内川において各産卵床の底質の分類、水深、流速の測定を行った。底質の分類は泥を除く粒径2mm未満を砂、粒径2mm以上4mm未満を細礫、4mm以上64mm未満を中礫、64mm以上250mm未満を大礫、250mm以上を巨礫とした。判定にあたっては、産卵床の中央部付近に定規を置いた上方から写真撮影し、現像後の写真により、砂～細礫、中礫、大礫～巨礫の3段階に分類される底質の投影面積の割合で評価した。水深と流速は産卵床中央部横断線上の平均水深と平均流速(中層部)を定規と電磁流速計により測定した。

3. 親魚の遡上実態調査

知内川下流部において、1995年4月3日の19:00から21:45の間の合計70分間、魚類調査用エレクトリック・ショッカー(SMITH-ROOT社製)を用い採捕した。

また、1996年3月19日の18:00から20日の02:00にかけて、30分ごとにかご状のトラップにより採捕された遡上親魚を計数した。トラップの設置位置および構造は図2のとおりで、垣網に誘導され遡上した親魚のみが採捕されるよう、トラップの入り口を下流に向けた。

採捕された親魚は両日とも直ちに10%ホルマリンで固定し、後日体型測定、雌雄の判別等を行った。

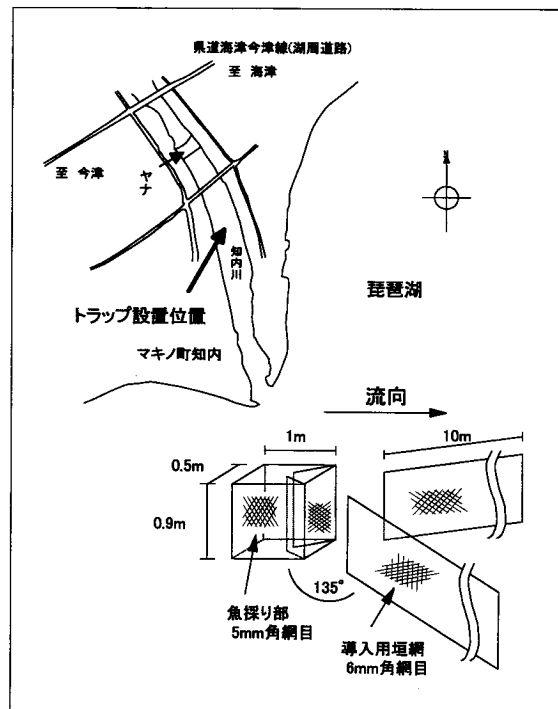


図2 トラップの設置位置および構造 (1996年3月19日～20日)。

結果

1. 産卵場の確認と産卵量の把握

産卵河川数

産卵確認調査の結果を表1に示した。1995年は調査した11河川のうち、3河川で産着卵が確認された。1996年は調査した24河川(支流・水路を含む)のうち、産着卵が確認された河川は、主要河川では7河川、中小河川では4河川で、合計11河川であった。1997年は調査した21河川のうち産着卵が確認された河川は、主要河川では8河川、中小河川では5河川、合計13河川であった。

1995年から1997年までの3カ年を総合すると、産着卵が確認された河川は、主要河川では大川、姉川、犬上川、愛知川、和邇川、安曇川、石田川、知内川の8河川、中小河川では真野川、八屋戸川、鶴川、鴨川、人通川(生来川)、大浦川の6河川、合計14河川となった。

産卵量の把握

1995年に産着卵が確認された3河川の産卵量は表2のとおりであった。産卵床は主に河口から上流1,000～1,500m以内の礫が主体の瀬につくられていた。産卵床の平均産着卵密度は知内川が最も高く和邇川、安曇川の順で低かった。なお、知内川では河口より上流

表1 産卵確認調査結果 (1995年~1997年)

河川	底質	1995年			1996年			1997年			総合	
		(河床表面)	月/日	水温(°C)	産着卵	月/日	水温(°C)	産着卵	月/日	水温(°C)		産着卵
主要河川	大川(塩津大川)	礫	03/30	9.8	×	03/11	8.4	○	*	*	○	○
	姉川	礫	03/30	-	-	03/11	8.0	○	*	*	○	○
	天野川	礫	03/17	12.4	×	03/15	9.0	×	3/12	11.9	×	×
	芹川	礫	03/17	12.2	×	03/15	9.8	×	3/12	13.0	×	×
	犬上川	泥・礫	03/31	10.6	×	03/18	9.8	○	*	*	○	○
	愛知川	砂・礫	03/22	12.4	×	03/15	7.8	×	*	*	○	○
	野洲川	泥・砂・礫	03/24	13.4	×	03/15	8.3	×	02/10	10.0	×	×
	和邇川	砂・礫	03/22	13.7	○	03/13	10.2	○	*	*	○	○
	安曇川	礫	03/24	9.3	○	03/12	5.1	○	*	*	○	○
	石田川	礫				03/12	4.8	○	*	*	○	○
	知内川	砂・礫	03/30	9.0	○	03/14	11.0	○	*	*	○	○
中小河川	野田沼水路	泥・砂・礫				03/11	9.1	×				×
	余呉川	泥・砂・礫				03/11	10.3	×				×
	土川	泥・砂・礫				03/11	9.0	×				×
	宇曾川	泥・礫	03/22	-	×	03/15	7.6	×	03/25	12.5	×	×
	草津川	砂・礫							03/25	14.4	×	×
	天神川	砂・礫				03/13	10.1	×	03/24	7.6	×	×
	真野川	泥・砂・礫							03/24	9.0	○	○
	八屋戸川	砂・礫				03/13	10.5	×	03/24	8.0	○	○
	鵜川	砂・礫				03/13	4.9	○	03/24	9.2	○	○
	鴨川	砂・礫				03/13	8.0	○	03/26	12.4	○	○
	青井川	泥・砂・礫				03/12	8.0	×				×
	新保川	泥・砂・礫							03/27	13.2	×	×
	人通川(生来川)	泥・砂・礫				03/12	5.0	○	03/27	12.0	×	○
	唐竹川	泥・砂・礫				03/12	7.7	×				×
	大浦川	泥・砂・礫				03/11	9.2	○	03/28	9.8	○	○
	八田部川(大浦支流)	泥・砂・礫				03/11	9.5	×				×

注) ○:産着卵あり ×:産着卵なし
* 図4参照

表2 産着卵のみられた河川での産着卵数 (1995年)

年/月/日	河川	各産卵床の合計面積 (㎡)	推定産着卵数 (×1000粒)	産卵床の平均産着卵密度 (粒/㎡)
95/03/22	和邇川	110	25	230
95/03/24	安曇川	15	2	130
95/03/30	知内川	230	1,318	5,730

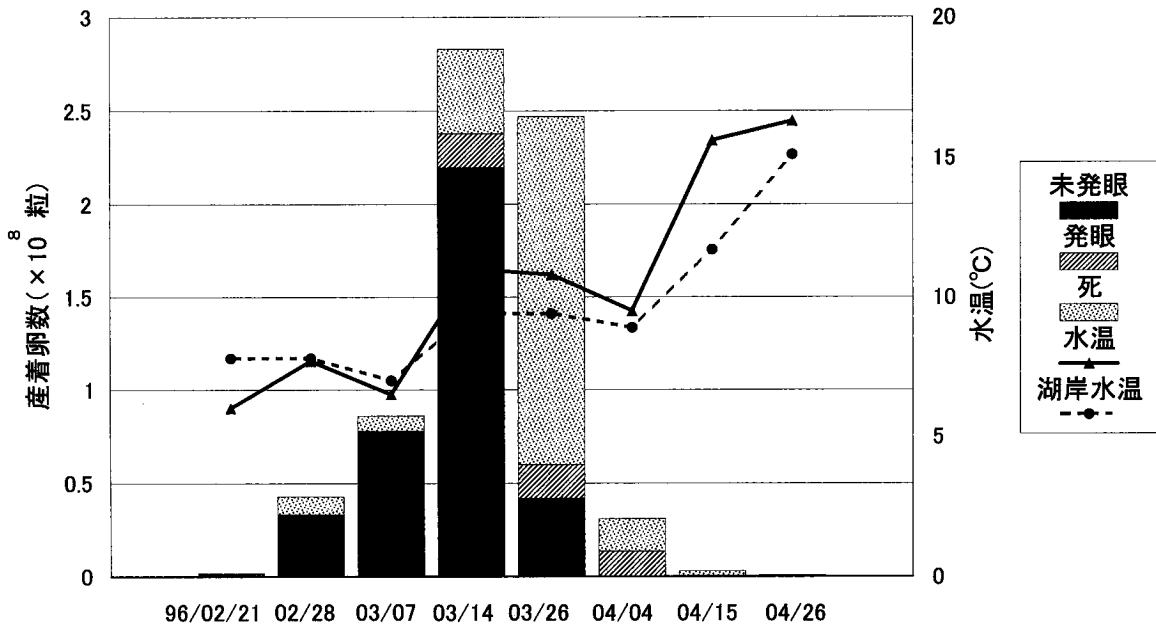


図3 知内川の産卵量の推移 (1996年).

450m～480mの区間に設置してあるやなの石積みによる横断構造物(水面落差約80cm)から下流約30mまでの区間の砂礫底で産着卵の密度が高く、やな構造物より上流では産着卵は確認されなかった。

1996年の知内川の産卵量の推移は図3のとおりであった。調査を開始した2月21日の8カ所(総産着卵数172万粒)以降徐々に産卵床が増加、拡大し、3月7日にはやな構造物の下流約30m以内の範囲は、ほぼ河床全体が産卵床となった。産着卵数は3月14日が最大で28,297万粒であった。このときの未発眼卵数、発眼卵数、死卵数はそれぞれ21,954万粒、1,828万粒、4,515万粒であった。12日後の3月26日には総産着卵数は24,696万粒と若干減少したが、死卵数が大幅に増加し、総産着卵数の75.7%にあたる18,701万粒となった。その後は生卵数、死卵数ともに減少し、4月15日には総産着卵数は309万粒となり、産卵床もやな下15m以内の4カ所のみとなった。

1997年の主要河川のうち産着卵が確認された河川の産着卵数の推移は図4のとおりであった。各河川の最大時の総産着卵数の合計は171,392万粒であった。また、最大時の有効産着卵数の合計は132,380万粒であった。ただし、大川と知内川の総産着卵数の最大時はともに第4次調査であったが、有効産着卵数の場合はともに第2次調査であった。各河川の最大時の総産着卵数のうち、知内川、大川、姉川、安曇川南流のみで151,742万粒で88.5%を占めていた。

以下に各河川ごとに産卵状況等を示す。

大川：産卵床は河口から約280m上流から同じく約750m上流の木製の取水堰堤(平均水面落差23cm)までの区間で確認された。産着卵数の推移は見かけ上、第2次調査(2月24日)と第3次調査(3月28日)の2峰型となり、それぞれの総産着卵数は21,710万粒と22,649万粒であった。

姉川：降雨後の増水のため、実際に河川内に立ち入って調査できたのは第1次調査(2月12日)のみであった。このときの総産着卵数は47,844万粒であった。この河川は河口から約850mと約950mに2重のやなの横断構造物があり、産卵床の確認された範囲は下流側のやな(平均水面落差7cm)の下流約30mから上流側のやな(平均水面落差56cm)直下までで、上流側のやなより上流では産卵床は確認されなかった。

天野川：河口から上流約1,500mに設置されているやなの堰堤状の横断構造物までの瀬を中心に調査したが、

産卵床は確認されなかった。

芹川：河口から約2,000mまでの瀬を中心に調査したが、産卵床は確認されなかった。

犬上川：第3次調査(3月10日)に初めて産卵床が確認され、総産着卵数は322万粒であった。第4次調査(3月28日)には総産着卵数は減少し91万粒となった。産卵床の確認された範囲は河口から約750m上流から同じく約1,400m上流までの区間内であった。

愛知川：第1次(2月10日)および第2次(2月24日)調査は濁水で流れがほとんどなく、産卵床も確認されなかったが、第3次調査(3月10日)では降雨後の増水で、水量が大幅に増加し、この時から産卵床が確認された。産卵床が確認された範囲は、河口から約2,600m上流から同じく約3,300m上流までで、この範囲はほぼ全域が平瀬状態で、産着卵もほぼ全域に薄く見られた。この時の総産着卵数は4,900万粒であった。第4次調査(3月27日)には562万粒に減少し、第5次調査(4月7日)では産卵床は確認されなかった。

野洲川：河口から約2,400m上流にある、最下流の平瀬付近を踏査したが、産卵床は確認されなかった。

和邇川：全期間を通して産卵床が確認された。総産着卵数は第3次調査(3月10日)が最大で、8,280万粒であった。産卵床が確認された範囲は河口から約250m上流から同じく約400m上流までであった。

安曇川：この河川は、琵琶湖岸から約2,000m上流で北流と南流に分流し琵琶湖に流入している。第3次調査(3月11日)は降雨後の増水のため、第5次調査(4月8日)はアユのやな漁が本格化しており、入川することができず欠測となった。総産着卵数が最も多かったのは、南流は第2次調査(2月26日)で23,492万粒であった。北流は第4次調査(3月26日)で349万粒であった。

南流の産卵床が確認された範囲は河口から約450m上流から同じく約1,500m上流に設置してあるやなの石積みによる横断構造物(平均水面落差76cm)までで、特にやなの直下から約30m下流までが密度が高かった。またアユ用のやなより約750m下流にあるピワマス採捕用のやなの石積みによる横断構造物(平均水面落差26cm)の直下から約30m下流でも高密度に産着卵が確認された。

北流の産卵床が確認された範囲は河口から上流約1,300mに設置してあるアユ用のやなの石積みによる横断構造物直下から下流約300mまでであった。ここ

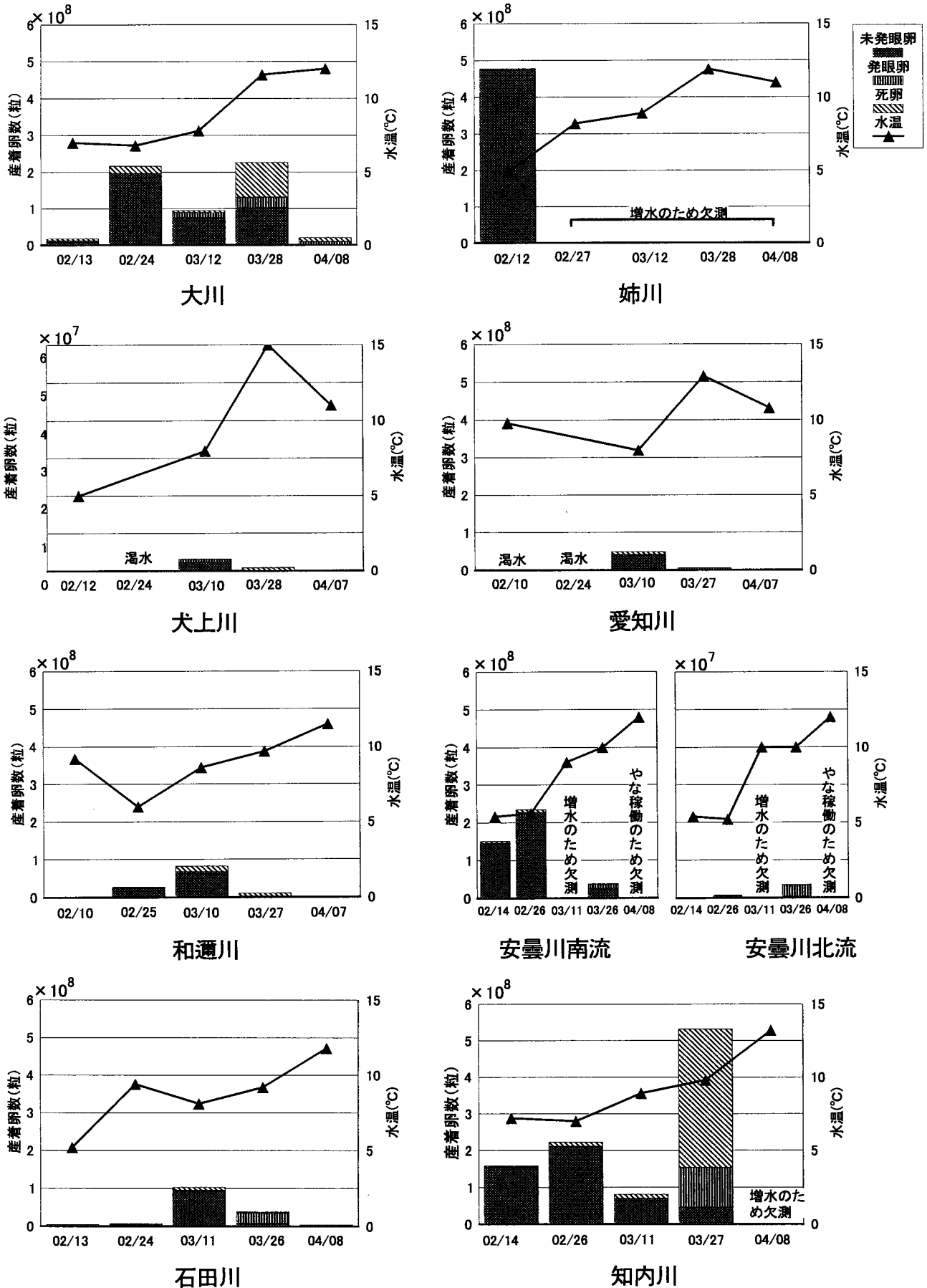


図4 各河川の産着卵数の推移 (1997年).

では特にやな構造物直下に産着卵の密度が高い傾向は見られなかった。やなより上流では産卵床は確認されなかった。この構造物(石積み)は流れの方向約15mの間に4段の落差が付けられており、各々の平均水面落差の合計は約90cmであった。

石田川：この河川には河口から約150mの地点にやなが設置されており、その石積みによる横断構造物(水面落差平均22cm)直下から下流約10mの範囲で産着卵密度が高い傾向が見られた。産卵床が確認された範囲はやなの直下から下流約30mまでであった。総産着卵数は第3次調査(3月11日)が最大となり10,355万粒であった。

知内川：前年、前々年と同様、やなの構造物直下から下流約30mまでの範囲の産卵床が特に高密度であった。総産着卵数の推移は見かけ上第2次調査(2月26日)と第4次調査(3月27日)の2峰型となり、それぞれ22,333万粒、53,200万粒であった。

中小河川の最下流部の産卵量

1997年の中小10河川の最下流部の産卵量調査の結果は表3とおりであった。調査した10河川のうち産卵床が確認された河川は5河川であった。最下流部の産卵床の産着卵数は鶴川が最も多く約616万粒、次いで大浦川と真野川がそれぞれ289万粒と261万粒、鴨川と八屋戸川は少なくそれぞれ34万粒と9万粒であった。

表3 中小河川の最下流部産卵量調査結果(1977年)

年/月/日	河川名	水温	最下流の産卵床の産着卵数(×1000粒)				死卵率(%)	面積(㎡)	密度(×1000粒/㎡)	河口からの距離(km)
			未発眼卵	発眼卵	死卵	合計				
97/03/24	鶴川	9.2	455	4,588	214	6,157	3.5	15	410.5	0.1
97/03/24	八屋戸川	8.0	13	70	4	87	4.4	15	5.8	0.1
97/03/24	真野川	9.0	46	545	2,024	2,614	77.4	45	58.0	0.7
97/03/24	天神川	7.6	—	—	—	—	—	—	—	—
97/03/25	草津川	14.4	—	—	—	—	—	—	—	—
97/03/25	宇曾川	12.5	—	—	—	—	—	—	—	—
97/03/26	鴨川	12.4	35	275	34	343	10	360	1.0	1.0
97/03/27	新保川	13.2	—	—	—	—	—	—	—	—
97/03/27	人通川	12.0	—	—	—	—	—	—	—	—
97/03/28	大浦川	9.8	287	1,907	691	2,885	24	30	96.2	1.2

表4 知内川につくられた産卵床の環境(1996年2月21日)

産卵床(図5に対応)	産卵床の大きさ(m)*		産着卵密度(粒/㎡)	産着卵数(粒)	平均流速(m/S)	平均水深(cm)	底質投影面積(%)			状態
	縦	横					砂~細礫	中礫	大~巨礫	
A	10	3	9,172	275,160	0.30	15	25	70	5	淵に移行する瀬
B	8	5	26,497	1,059,880	0.36	20	10	80	10	淵の右岸側の落ち込み
C	8	2	510	8,160	0.44	6	10	70	20	淵に移行する瀬
D	4	2	2,038	16,304	0.63	9	10	85	5	淵に移行する瀬
E	10	5	191	9,550	0.61	18	0	50	50	淵から移行した瀬
F	10	6	4,395	263,700	0.66	14	5	85	10	緩く下流に傾斜した瀬
G	8	3	2,548	61,152	0.65	9	20	50	30	淵の左岸側の浅場
H	4	3	510	6,120	0.43	13	40	60	0	淵に移行する瀬

*長方形に近似

2. 産卵場の環境

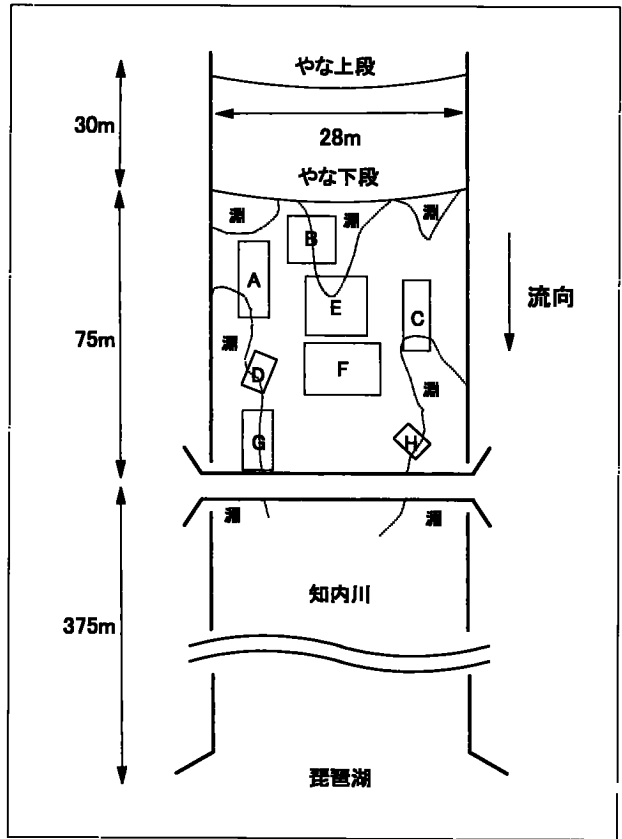


図5 長方形に近似した産卵床の分布模式図(1996年2月21日 知内川)
A:10m×3m B:8m×5m C:8m×2m D:4m×2m
E:10m×5m F:10m×6m G:8m×3m H:4m×3m

1996年2月21日の知内川の産卵床の分布と状態を図5に模式的に示した。また、各産卵床の産卵量、中央部横断線上の平均流速・平均水深・底質等を表4に示した。産卵床としては、やな直下の産卵床(図のB)などを除いて、下流に向かって瀬から淵に移行する、いわゆる緩いかけあがり状の場所が選ばれていた。産卵床の中央部横断線上の平均流速は0.30~0.66 m/s、平均水深は6~20 cmであった。底質は全体として中礫の割合が高かった。

3. 親魚の遡上実態調査

1995年4月3日の知内川における、エレクトリック・ショッカーによる産卵遡上親魚の採捕の結果は表5のとおりであった。この時合計143尾の親魚が採捕されたが、雌は1尾のみであった。なお、1尾のみ他の個体と比較して小型のもの(体長60.1 mm)が含まれていた。

1996年3月19日18:00~20日02:00までの、知内川におけるトラップによる採捕結果は図6のとおりであった。親魚は日の入り約1時間後にあたる19:00より採捕されはじめ、19:30には最多(28尾)となり、以降しだいに減少し、22:00以降は0~3尾となった。雌雄の全採捕尾数はそれぞれ37尾と77尾で雄の方が多く、雌の2.1倍であった。平均標準体長は雌の方がやや

大きく、雌が 105.1 ± 5.5 mm (Mean \pm S.D.)、雄が 101.9 ± 4.8 mmであった(T検定、 $P < 0.01$)。体重は雌が 13.6 ± 2.7 g、雄が 10.9 ± 1.7 gであった。GSI(生殖腺指数: 生殖腺重量 \div 体重 $\times 100$)の平均は雌が 21.4 ± 1.0 %、雄が 2.7 ± 1.2 %であった。なお、雌の中にはGSIが5%未満で腹腔内に卵がほとんど残っていないものが4個体含まれていた。

考 察

1. 産卵量と産卵場の特徴

産卵河川数と産卵量の増加

琵琶湖ではワカサギの卵放流が、1910年から1919年の10年間と1939年から1953年の15年間の2期間行われた。卵は三方湖、六道湖、霞ヶ浦などから合計14億粒移植された²⁾。しかし、一時的に漁獲されたものの、ワカサギ対象の漁業が継続的に可能になるまでには至らず、再生産が確認された記録はない。1994年にワカサギが増加した理由やワカサギの由来は不明のままである。

1994年に琵琶湖内で漁獲されたワカサギを調査したところ、成熟が順調で、琵琶湖内あるいは河川で産卵することが予想されたため²⁾、1995年から産卵調査を

表5 知内川での産卵遡上親魚採捕結果(1995年4月3日)

調査地点	調査時間	採捕尾数		標準体長(mm)		
		雌	雄	最大	最小	平均(mean \pm S.D.)
やな下30m区間	19:00~19:45	1	82	114.4	60.1	108.6 \pm 3.9*
"	21:05~21:15	0	59	117.5	98.6	107.8 \pm 4.5
河口付近	21:30~21:45	0	1	-	-	113.6

*最小の個体を除いた残りの平均

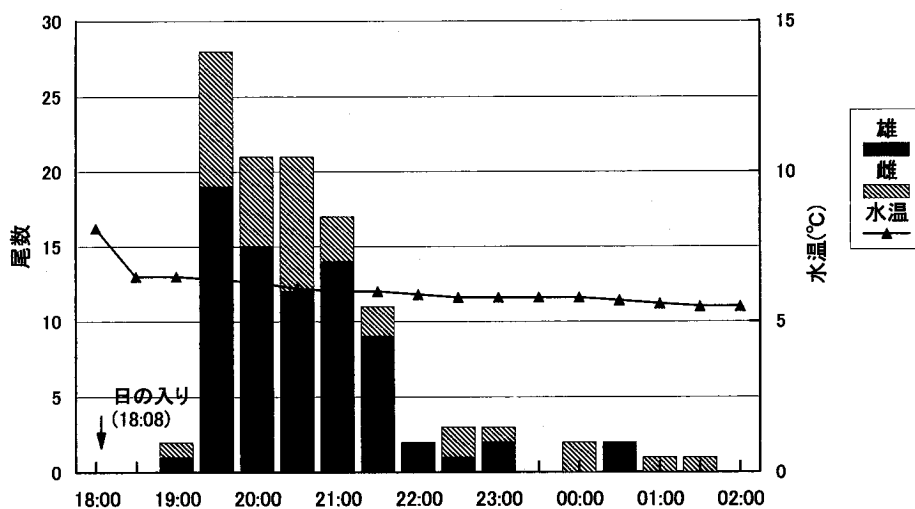


図6 遡上魚採捕尾数の推移(1996年3月19日~20日 知内川)

行った。その結果、毎年産卵が確認されるようになった。

産卵河川は、主要河川だけを見ても1995年の3河川、1996年の7河川、1997年の8河川と増加した。1996年と1997年にはその他の中小河川でも産卵が確認された(合計6河川)。産卵河川の増加の理由は、1994年にはやや偏りがあるものすでに北湖の広い範囲で漁獲されていることから、ワカサギの分布域の拡大にともなうて、産卵場所が拡大したことによるものではなく、資源量の増加によって産卵量が増加し、卵が発見される確率が高くなったことによるものと考えられる。1996年と1997年で産卵期間を通して産卵量を調査した知内川で比較すると、1997年の最大時総産着卵数は53,200万粒(3月27日)で、1996年の最大時総産着卵数28,297万粒(3月14日)の1.9倍となった。このことも資源量の増加を示しているものと考えられる。

資源量指標としての産卵量

滋賀県水産試験場がアユの資源量の指標とするために毎年行っている産卵量調査と同様に、ワカサギについても指標として産卵量が利用できるものと思われる。

1997年の調査で、アユの主要産卵場である11河川においては、産着卵が確認された8河川のうち、大川、姉川、安曇川、知内川の3河川の最大時総産着卵数が全体の88.5%であった。中小河川においては、比較的河川規模の大きな鴨川は最下流部の産卵床の産着卵密度が非常に低く、それより上流でも計数はしていないが同様に低かった。最下流部の産卵床の産着卵密度がやや高い大浦川は、下流部は全体的に泥混じりの河床が多く、この産卵床以外に産卵適地は少ないと考えられた。産着卵密度の高い鶴川は河川幅が2m前後と狭く流れも短いため、絶対量は少ない。これらのことから、中小河川はワカサギの主要産卵河川とはいえ、大川、姉川、安曇川、知内川の4河川が主要産卵河川であると考えられる。資源量の指標としては基本的にこれら4河川の総産着卵数または有効産着卵数の合計で代表できるものと考えられる。

産卵期間中3月下旬までは、日中の河川水温が10℃以下であり、3月中旬までに産出された卵はふ化までに3週間以上かかると考えられ⁴⁾、2週間ごとの計数では重複して計数することになる。よって、指標とするならば各調査次の産着卵数の合計値ではなく、最大時の産着卵数を利用することが合理的と考えられる。ただし、大川、知内川では産卵盛期以降に死卵率が高

まるため、場合によって補正等が必要になるものと考えられる。

この産卵量調査は、琵琶湖周辺の河川の多くがいわゆる天井川であり流量が比較的少ないため可能である。しかし、これらの中でも姉川(産卵場内の通常の水面幅は約50m、平均水深約40cm)など比較的大きな河川では、1997年のように増水により入川できないことがあるため、調査が不完全となりやすく、この点について考慮する必要がある。また、ワカサギは流入河川に遡上して産卵することが基本的な習性と考えられるが⁵⁾、例えば霞ヶ浦では湖岸で産卵していることが知られており⁶⁾、これは産卵に適した流入河川が少なく、琵琶湖に次ぐ広い面積をもっていることが一因と考えられる。琵琶湖でも水面が広いために河川にたどり着けず湖岸で産卵することも考えられるため、詳細な調査による検討が必要である。

なお、1997年の主要河川産卵調査における大川、知内川では見かけ上産卵量の推移が第2次と第4次調査時の2峰型であった。これは第3次調査の数日前に降雨があり、増水により河床表面の卵が流されたためと考えられる。

産卵河川の特徴

琵琶湖のワカサギは、秋季以降は20m以深の底層近くに分布していると考えられる。これは、秋季以降琵琶湖沖合の30mから時には70m以上の水深を曳く沖曳き網でまとまって漁獲されること、ある刺網の漁業者によると水深20m以深の湖底から約1m上方のところでよく獲れるとの情報があること、秋季の水深別沖曳き網による調査では水深30mの地点でまとまって採捕されたこと⁷⁾、ワカサギの胃内容物調査から、秋季にアユの仔稚魚が捕食される以外は、日中は主に底層に分布していると考えられるアナンデルヨコエビを多く捕食していること⁸⁾などから裏付けられる。

そこで、琵琶湖湖岸図(作成:滋賀県)をもとに各河川の河口から琵琶湖沖合に向かって水深20mまでの距離を測定した。その結果、東岸で河床の状態から良好な産卵場と考えられるが産着卵が見られない少量の野洲川、犬上川、芹川、天野川では距離が2,000m以上であるのに対し、産卵量が若干多い東岸の愛知川では約1,400m、産卵量の多い河川では大川が約1,300m、姉川、知内川、安曇川では300m以下の距離であった。琵琶湖は概して北岸～西岸が急深で、姉川流入部など一部を除き東岸が遠浅となっている。つまり、河口付

近が急深である河川に産卵量が多い傾向があった。これは産卵場所と親魚の分布域の距離が近い河川ほど産卵量も多くなる傾向があることを示しているものと考えられる。ただし、その他の要因として、河川の水温、水量、水質等の影響も考えられるため精査が必要である。

産卵床が形成される場所の特徴

1996年2月21日の知内川での調査結果によると、いわゆる緩いかけあがり状の場所が産卵床として主に選ばれていた。また、産着卵がやな下約30m以内に全面に見られるようになる最盛期を除き、淵の産着卵密度は低かった。産卵のない範囲の条件等のデータがないなどデータが不足しているため、産着卵数と流速、水深、底質との関係などは明確にできなかった。ワカサギの産卵環境については、白石ら(1958)によって相模湖流入河川において調べられている。それによると、産卵場所は瀬への移行点のいわゆるかけあがりであり、深度は20cm~40cm、流速は0.7~1.0m/s、底質は粒径0~0.9mmに最も多く産卵されていたと述べている⁹⁾。今回の結果から、淵からの移行点か、淵から移行する瀬であるかの違いはあるが、かけあがりの地点が産卵床として選ばれている点が共通していた。今回の方が深度は浅く、流速は低めであり、粒径は大きめであった。これらの違いは、やなの横断構造物で遡上が阻害されたためやむを得ずこれらの条件の場所が選ばれた結果であることが一因と考えられる。詳細に調査するには、横断構造物がないか、主産卵場よりも上流にある河川を対象とすることが望ましい。

産卵期の推定

調査期間中大きな出水がなかった1996年の知内川の産卵量の推移で検討すると、2月下旬にはすでにある程度の産着卵があり、3月7日には総産着卵数が約8,603万粒、3月14日には3月7日の約3.3倍の約28,297万粒に達し最大となっている。4月上旬には未発眼卵がほとんど見られない。これらのことから、環境条件等によって若干変動があるものと考えられるが、おおむね2月中旬から3月下旬までが産卵期で3月上旬から中旬が産卵の中心と思われる。これは、雌親魚のGSIの推移から推定したものとほぼ同様であった²⁾。

2. 親魚の産卵遡上と動向

遡上の時間帯

1996年3月19日~20日の知内川における夜間の遡上親魚の採捕調査において、親魚は日の入りから約1時

間30分後にあたる19:30頃から21:30頃にかけて一斉に遡上することが確認された。遡上がほぼ夜間に行われることは、白石(1952)によって諏訪湖のワカサギで明らかにされている⁹⁾。遡上の中心の時間帯ではやなの直下でも投網などで親魚が多量に採捕されたが、22:00以降はあまり採捕されなくなったことから、産卵が終わった後は比較的速やかに琵琶湖へ戻るものと考えられる。ただし、知内川をはじめ、ほとんどの河川で日中に親魚は確認されていないが、後述のとおり一部の河川では日中でも親魚が確認されている。

遡上距離

多くの河川でやななどの横断構造物の上流で産着卵が確認されなかったことから、遡上がこれら横断構造物で阻害されると考えられる。そのため、遡上距離を産卵の見られた範囲に横断構造物がない河川で比較すると、犬上川で1,400m、愛知川で3,300mが上流端であった。流速や産卵適地の分布状況によって差があると考えられるが、産卵後の親魚は多くが比較的速やかに琵琶湖に戻ると考えられることから、琵琶湖においては数km以内が遡上距離と考えられる。

産卵期間中およびその後の雌雄の動向

前報²⁾において、1994年11月から1995年5月に琵琶湖沖合で採捕されたワカサギを調査した結果、雌雄比は3月下旬までは雌の割合が40%から60%でほぼ1:1であった。ところが、1995年4月3日に知内川で採捕された産卵遡上親魚は143尾が雄で、雌は1尾のみであった。また、1996年3月19日~20日に知内川の産卵遡上調査で採捕された親魚は、全体として雄の方が多く雌の2.1倍であった。さらに、1998年以降も引き続き調査を行っているが、大浦川と鶴川では産卵期の日中に河川内で親魚が群泳しており、これらのほとんどが雄であった(井出, 未発表)。このように、沖合での性比はほぼ1:1であると考えられるにもかかわらず、産卵場内で確認された親魚は雄の割合が常に高かった。

一方、前報において、雄のGSIの平均値は、11月から12月までは5%付近であったものが、1月以降4月初旬までは3%から4%に減少した。また、雌のGSIの平均値は1月下旬の約7%から3月初旬の約22%まで急速に増大し、以降は3月下旬までほぼ一定となり、4月以降は産卵後の個体のみとなる傾向があり、雄とは異なるものであったと報告した。雄のGSIの平均値が1月以降減少する理由は、成熟したものから産卵場

に向けて回遊するためと考えられた。

これらのことから、雄の中に雌よりも早く成熟するものがいて成熟したものから産卵回遊し、産卵場内あるいはその付近の琵琶湖に留まり産卵期間中繰り返し生殖行動をとる。一方雌の場合は雄よりやや遅れて3月初旬前後から産卵可能となるものが多く、産卵後は速やかに産卵場を離れるものと推測される。この結果、産卵後期以降に産卵場で採捕された親魚の雄の割合が高かったものと考えられる。諏訪湖では、遡上河川で採捕される親魚は、産卵期のはじめに雄が多く、盛期には雌雄がほぼ同数となり、末期に雄が多くなることが知られている⁵⁾。今回は産卵場内における産卵後期以降の雌雄比の調査のみとなり、産卵期を通した調査で詳細を明らかにする必要がある。

産卵後の雌雄の動向は、4月後半の琵琶湖沖合で採捕されたワカサギのほとんどが産卵後の雌であること、聞き取り調査等によると、琵琶湖では1+年魚は7月頃まで漁獲されることがあるが、量的には非常に少ないことから、雄は産卵期間後まもなく、雌はほとんどが7月頃までに死亡するものと思われる。

3. ワカサギの産卵生態を利用した資源管理の方法

1996年の知内川の産卵量の推移で見ると、3月14日に84%が生卵であったのに対し、3月26日には76%が死卵となった。これは河口から上流450m~480m区間にあるやなの横断構造物によって遡上が阻害され、その直下から下流約30mまでの範囲で集中して産卵したことによるものと考えられる。つまり、産着してから孵化するまでに長期間を要するため、次々に新たな卵が堆積し、過密・腐敗による酸素不足、水生菌の繁殖などにより、死卵が増加したものと考えられる。このような傾向は1997年の主要河川産卵量調査においては、知内川の他、大川でも見られた。このことは、資源を管理するという観点から重要な意味をもつものと思われる。つまり、増殖を図るにはやなの石積みなどの構造物を全部あるいは一部を撤去するか、構造物の下流で遡上した産卵前の親魚を採捕し、構造物の上流に放流し産卵可能な範囲を広げる必要がある。ただし後者の場合、再放流した親魚が産卵をすかどうかの確認をする必要がある。また、構造物の直下で採捕した産卵前の親魚を採卵用で使用したり、構造物の直下にキンランやシュロ枠など人工産卵基体を設置し産卵させ、孵化槽に収容し人為的に卵を管理する等の方法も有効であると考えられる。一方、資源を抑制する場合は産

卵河川のできるだけ下流に土嚢、石積みなどで遡上を阻害する横断構造物を設置し、過密産卵を促し死卵率を高めるか、その直下に遡上した親魚が高密度となるため、日没後にこれら産卵前の親魚を投網などで採捕するなどの方法が考えられる。

姉川では2重のやなの横断構造物のうち、下流側のものは親魚が通過していた。これは下流側の構造物は、比較的水量が多いにも関わらず平均水面落差が7cmと低く落差の影響が小さいためと思われる。また、安曇川南流のビワマス用のやなも親魚が一部通過しているが、この場合、平均水面落差が26cmと比較的低く、しかも両端などに落差がほとんどない箇所がある不完全な状態であったためと考えられる。また、1996年3月19日~20日の知内川での夜間採集調査時にやなの横断構造物付近を観察したところ、遡上の中心の時間帯でもアユのように飛び跳ねて構造物の上流へ上ろうとする行動は観察されなかった。このことから堰堤状のものを越えるような極端な上方への移動はあまり行われぬものと考えられる。これらのことから、横断構造物によって遡上を阻害するためには、水面落差は少なくとも大川で遡上阻害が見られた最も低い堰堤の平均23cm以上が望ましく、流量を考慮した上で飛び跳ねるなど上方へ急角度に移動しなければ構造物を越せないようにすることと、構造物を河床を完全に横断させて設置する必要がある。流量等と必要な構造物の高さの詳細な関係については実験的に確かめる必要がある。

摘 要

- 1994年から琵琶湖で漁獲されるようになったワカサギの琵琶湖流入河川での産卵調査を1995年から1997年までの3月前後に行った。
- 産卵河川は、アユの主な産卵河川である主要11河川のうち、1995年に3河川、1996年に7河川、1997年に8河川と増加した。産卵が確認された主要河川は、大川、知内川、石田川、安曇川、和邇川、愛知川、犬上川、姉川であった。
- 1996年と1997年は主要河川以外の中小河川でも調査を行った。その結果、大浦川、人通川、鴨川、鶴川、八屋戸川、真野川で産着卵が確認された。
- 1997年、主要河川において2月10日から4月8日まで約2週間ごとに産卵量把握調査を行ったところ、産卵の見られた8河川の最大時の総産着卵数の合計

文 献

は171,392万粒で、このうち、知内川、大川、姉川、安曇川南流のみで88.5%を占めていた。資源量指標として産卵量を利用する場合、この4河川の産卵量のみで代表可能であることが示唆された。

- 産卵量の多い河川は、急深となっている琵琶湖岸へ流入する河川であった。ワカサギは秋季以降は琵琶湖底層に分布していると考えられ、ワカサギの生息場所に近い河川が産卵場として選ばれていることが示唆された。
- 1996年2月21日知内川において、産卵床は主に砂礫底の下流に向かって淵へ移行する瀬など、多くがいわゆる緩いかけあがり状の河床につくられていた。
- 1996年の知内川の産着卵数の推移から、産卵期はおおむね2月中旬から3月下旬で、産卵の中心は3月上旬から中旬までと推定された。
- 1996年3月19日～20日の知内川におけるトラップを用いた産卵週上親魚の採捕調査で、親魚は日の入り約1時間30分後の19:30頃から21:30頃までに一斉に週上することが確認された。産卵後は比較的速やかに琵琶湖へ戻るものと考えられた。この時採捕された親魚は全体として雄の割合が高く、雌の2.1倍の採捕尾数であった。
- 別途調査した雌雄のGSIの推移や河川内で確認された親魚の多くが雄であったことなどから総合すると、雄は多くの雌より早く成熟し、長期間生殖行動に加わるものと推測された。
- 産卵週上はやななどの水面落差のある横断構造物で阻害されると考えられ、構造物の直下から下流数十メートルまでに産着卵が高密度になる傾向が見られた。特に産着卵数が多い知内川では、やなから下流約30mまでの範囲に、産着卵が高密度に堆積していた。知内川で産卵後期に死卵率が増加する理由は高密度による酸素不足、水生菌の繁殖によるものと考えられた。増殖を計る場合には構造物を撤去するか、採卵後人為的に管理する必要があると考えられた。また、資源を抑制するには産卵河川の出来るだけ下流に週上を阻害する堰堤状の構造物を設置し死卵率を高めるなどの方法が有効と考えられた。設置する構造物は少なくとも23cm以上の水面落差が望ましく、流量を考慮した上で飛び跳ねるなど急角度で上方へ移動しなければ構造物を越せないように設置する必要がある。

- 1) 近畿農政局滋賀統計情報事務所(2000)：平成11年次滋賀県農林水産年報, 滋賀農林統計協会, 大津, 129-139.
- 2) 井出充彦・山中治(1998)：琵琶湖で増加したワカサギの特性, 滋賀県水産試験場研究報告, 47, 11-16.
- 3) 古川 優・栗野圭一(1969)：水棲生物の移植記録(資料), 滋賀県水産試験場研究報告, 22, 245-250.
- 4) 日暮 忠(1925)：公魚卵孵化適温試験, 水産講習所試験報告, 21(1), 8-11.
- 5) 白石芳一(1961)：ワカサギの水産生物学的ならびに資源学的研究, 淡水区水産研究所研究報告, 10(3), 1-263.
- 6) 矢口正直(1956)：霞ヶ浦におけるワカサギの漁業生物学的研究Ⅱ ワカサギの産卵場について, 茨城県水産振興場調査研究報告, 29-32.
- 7) 滋賀県水産試験場(1996)：平成6～7年度琵琶湖および河川の魚類等の生息状況調査報告書, 122-127.
- 8) 白石芳一・徳永英松(1958)：相模湖におけるワカサギの産卵環境について, 淡水区水産研究所研究報告, 8(1), 33-43.
- 9) 白石芳一(1952)：諏訪湖産ワカサギ(*Hypomesus olidus*)の標識による産卵移動調査並に溯河の生態に就いて, 淡水区水産研究所研究報告, 1(1), 26-41.

