

옥정호 육봉형 은어 *Plecoglossus altivelis* (Pisces: Osmeridae)의 서식분포와 생태

고명훈 · 김익수 · 박종영* · 이용주¹

전북대학교 자연과학대학 생물과학부 · 전북대학교 부설생물다양성연구소

¹전주교육대학교 과학교육과

Distribution and Ecology of a Land-Locked Ayu, *Plecoglossus altivelis* (Pisces: Osmeridae) in Lake Okjeong, Korea

Myeong-Hun Ko, Ik-Soo Kim, Jong-Yeong Park* and Yong-Joo Lee¹

Faculty of Biological Science, College of Natural Science,
Chonbuk National University and Institut for Biodiversity Research,
Chonbuk National University, Jeonju 561-756, Korea,

¹Department of Science Education, Jeonju National University of Education,
Jeonju, 560-757, Korea

After releasing more than 1,000,000 fertilized eggs of *Plecoglossus altivelis* into Lake Okjeong, Jeollabuk-do, on October, 2001 by KOWACO, they seem to be land-locked. Study on the distribution and ecology of a land-locked ayu, *P. altivelis*, was performed from Lake Okjeong to upper streams as Jowon, Churyeong, Oknyedong where consisted of rocky bottom with fast current freshwater system during April to October. The hatched larva and juveniles descended from streams to Lake Okjeong and inhabit Lake Okjeong from November to next March. The sex ratio of female to male was 1 : 2.70, and the size in standard length of females and males was similar, in 90~220 (142±29.3) mm. During the middle September to the middle October, they laid eggs on the pebbly bottom of the rapids which are 20~22°C in water temperature and 30~70 cm in depth. The number of full-grown eggs was greatly various from 14,283~91,500.

Key words : *Plecoglossus altivelis*, Lake Okjeong, population ecology

서 론

은어 *Plecoglossus altivelis*는 우리나라, 일본, 중국, 대만 등의 동북아에 서식하는 1년생 어류로 하천에서 산란하고 부화된 자어는 연안에서 성장한 후 봄에 소상하

는 양측회유형 어류이다 (Nishida, 1986; 김 등, 2005). 최근 하천 오염과 댐 축조 등 서식환경이 악화됨으로써 은어가 이동할 수 있는 수역은 매우 제한되면서 개체수가 급격히 감소되고 있는 실정이다.

한편, 일부 대형호수와 댐호에서 육봉형 은어의 출현이 알려졌는데 대표적인 것이 일본의 비와호이다 (Shiraish and Suzuki, 1962). 비와호의 육봉형 은어는 자연분포로 4가지 group으로 나뉘어 진다고 알려져 있으며

*Corresponding author: Park7877@chonbuk.ac.kr

(Azuma, 1973), 산란생태 (Nishida, 1978; Matsuyama and Matsuura, 1984, 1985; Iguchi, 1996), 세력권 (Iguchi and Hino, 1996; Katano and Iguchi, 1996), 이주경로 (Iguchi *et al.*, 2004), 섭식 (Kawabata *et al.*, 2002) 등이 이루어졌다. 우리나라에서 육봉형 은어는 대형 댐호에 방류된 수정란에서 유래하였으며 안동호, 진양호, 합천호에서 확인되었고(최, 1995; 이, 1996), 이에 대해 생물학적 특성 및 영양생리(이, 1996), 담수에서의 은어 종묘생산 기술 개발(농림부, 1998) 등의 연구가 있었다.

옥정호는 전라북도 임실군 강진면의 섬진강 상류에 위치한 인공 호수로 1928년에 동진강 유역의 농업용수 공급을 위하여 유역변경식 댐 건설로 만들어졌다. 그 후 1965년에 전력생산과 저수량 증대를 위하여 지금의 섬진강댐(높이 64 m, 길이 344 m, 최대저수용량 4.7억톤)으로 확대 축조되었다(한국수자원공사, 1985~1994). 옥정호의 유입하천은 크게 조원천(51 km), 옥녀동천(14 km), 추령천(37 km) 등이 있으며 여러 개의 소지류가 유입된다.

한국수자원공사(KOWACO)는 2001년 10월 옥정호에 은어 수정란 100만립을 방류하였다. 이후 더 이상의 은어 방류는 이루어지지 않았지만 옥정호에서 은어가 다수 서식하는 것이 관찰되었다. 본 연구에서는 옥정호에서 출현하는 은어의 육봉화 정도를 확인하고, 은어의 서식환경과 분포, 성장, 산란 등의 생태학적 특성을 밝히고자 하였다.

재료 및 방법

조사는 2004년부터 2005년까지 실시하였는데, 은어의 서식현황 및 동소출현종 조사는 2004년 5월부터 9월까지, 자어의 이동 및 서식지 조사는 2004년 10월부터 2005년 4월까지 실시하였다. 조사지역은 전라북도 임실군과 정읍시의 옥정호 유입하천인 조원천 6개 지점, 추령천 5개 지점, 옥녀동천 3개 지점과 추령천 부근의 호내 1개 지점 등 총 15개 지점을 선정하여 은어의 서식분포 및 동소출현종을 조사하였고(Table 1, Fig. 1), 동소출현종의 동정은 김 등(2005)에 따랐다.

서식지 환경인 기온과 수온은 매달 20~30일 사이에 측정하였고, 줄자를 이용하여 유폍, 하폭, 수심, 하상 등을 조사하였으며, 하천형태(River type)는 可兒(1944)의 방법을, 하상구조는 Cummins(1962)의 방법을 적용하였다. 표본의 채집은 투망(망목 5×5 mm), 족대(망목 5×5 mm), 뜰채(망목 1×1 mm) 등을 사용하여 지점 당 30분간 실시하였으며, 자어는 제작한 뜰채(망목 1×1 mm)와 족대(망목 1×1 mm), 동물성플랑크톤네트(구경 30 cm, 길이 1.2 m, 망목 150 μm)를 사용하였다. 호수로 내려가는 자어를 채집하기 위한 동물성플랑크톤네트는 하천에 가로로 1 m 간격으로 설치하였다. 또한 은어의 소상과 서식 여부를 관찰하기 위하여 수중관찰을 병행하였다. 채집된 표본은 현장에서 전장과 체장을 측정하고 대부

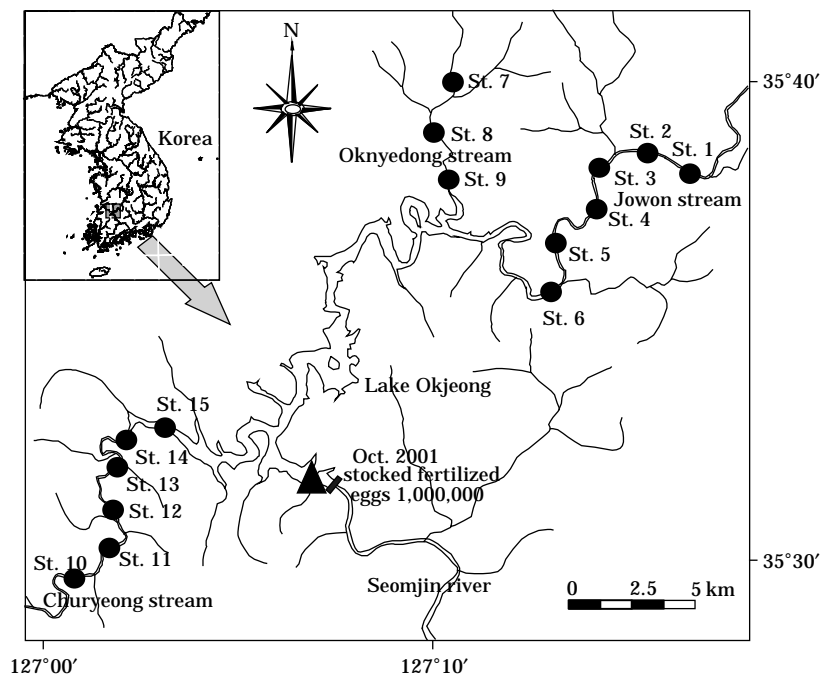


Fig. 1. Collection sites for a land-locked *Placoglossus altivelis* in Lake Okjeong, Korea.

Table 1. Lists of the collection sites in Lake Okjeong, Korea

Stream	Site	Locality
Jowon	1	Changan-ri, Sinpyeong-myeon, Imsil-gun, Jeollabuk-do
	2	Hoam-ri, Sinpyeong-myeon, Imsil-gun, Jeollabuk-do
	3	Woncheon, Sinpyeong-myeon, Imsil-gun, Jeollabuk-do
	4	Yongam-ri, Sinpyeong-myeon, Imsil-gun, Jeollabuk-do
	5	Yongam-ri, Sinpyeong-myeon, Imsil-gun, Jeollabuk-do
	6	Samhak-ri, Sinpyeong-myeon, Imsil-gun, Jeollabuk-do
Oknyedong	7	Sinheung-ri, Unam-myeon, Imsil-gun, Jeollabuk-do
	8	Ssangam-ri, Unam-myeon, Imsil-gun, Jeollabuk-do
	9	Sayang-ri, Unam-myeon, Imsil-gun, Jeollabuk-do
Churyeong	10	Guumpyeong-ri, Ssangchi-myeon, Sunchang-gun, Jeollabuk-do
	11	Ssanggye-ri, Ssangchi-myeon, Sunchang-gun, Jeollabuk-do
	12	Yongjeon-ri, Ssangchi-myeon, Sunchang-gun, Jeollabuk-do
	13	Maejuk-ri, Sannaemyeon, Jeongeup-si, Jeollabuk-do
	14	Neunggyo-ri, Sannaemyeon, Jeongeup-si, Jeollabuk-do
Lake	15	Neunggyo-ri, Sannaemyeon, Jeongeup-si, Jeollabuk-do

분 방류하였으며, 일부 표본만 10% 포르말린용액에 고정하였고 고정된 표본은 실험실로 운반 후 외부형태, 체장, 체중, 생식소 등을 조사하였다.

산란이 시작되는 9월에 채집된 표본을 근거로 생식소 성숙도, 포란수, 난경을 조사하였으며, 추령천 하류인 전라북도 정읍시 산내면 능교리 (St. 14) 일대에서 수중관찰을 통하여 산란행동 및 산란장의 환경조건 등을 조사하였다. 또한 산란한 은어의 수정란을 채집하여 실험실로 옮긴 후 부화 여부 및 부화 기간을 조사하였다.

결 과

1. 서식지 환경

옥정호는 섬진강댐이 1928년 유역변경식 댐에서 1965년 다목적댐(높이 64 m, 길이 344 m)으로 확대 축조되어 만들어진 인공호로 담수면적이 26 km²에 달하고 최대저수용량은 4.7억톤이며 최대수심은 50 m이다. 계절에 따라 수위 변동이 심하여 2004년에는 겨울에 거의 만수

위였지만 봄이 되면서 점점 수위가 내려가 5월과 6월에 최저수위를 보였다. 이후 6월 말부터 장마가 시작되면서 수위가 올라가기 시작하여 8월에 만수위를 보이고 이후 10월까지 지속되었으며, 11월부터 수위는 조금씩 내려갔다.

옥정호의 유입하천은 조원천, 옥년동천, 추령천과 여러 개의 소지류가 있으며, 이중 은어가 출현하는 곳의 물리적 환경은 Table 2와 같다. 조원천은 하천형태가 대부분 Bb형이고 하폭은 80~120 m (유폭 30~80 m), 수심은 대체로 50~100 cm로 하천규모가 가장 컸다. 하상은 여울부에 해당하는 St. 1, 3, 5는 돌과 큰돌의 비율이 매우 높게 나타나고 있는 특징을 보였으며, 정수역에 해당하는 St. 2, 4, 6은 자갈과 돌이 우세하나 잔자갈, 모래, 진흙이 쌓여 있는 곳도 많았다. St. 1, 3, 5에는 큰 보가 설치되어 있어 여울부보다 정수역이 더 길게 나타났으며, St. 3의 보에는 계단식 어도(전면 월류식)가 설치되어 있었으나 높이 대 길이 비가 1:3으로 매우 경사가 심하였다. 옥년동천은 하천형태가 Aa-Bb, Bb형으로 대부분 여울부였으며 하폭 20~70 m (유폭 10~30 m), 수심 20~70 cm로 하천 규모가 작았다. 하상은 자갈과 돌이 공통적으로 높은 비율을 보였으며, St. 7에 높이 1.2 m의 보가 설치되어 있었다. 추령천은 하천형태가 Aa형 또는 Bb형으로 여울과 작은 소가 반복적으로 나타나고 있으며, 하폭 60~100 m (유폭 40~80 m), 수심 30~100 cm였다. 하상은 상류부(St. 10~12)가 자갈과 돌이 높은 비율을 보였고 하류부(St. 13~14)는 주로 바위와 암반으로 되어 있었다. 은어의 서식 구간에 11개의 많은 보가 설치되어 있었고, 어도가 설치된 보는 4개 뿐이었으며 어도의 종류는 계단식 어도(전면 월류식)였다.

수온은 1월에 3.0°C로 가장 낮게 나타났으며 이후 온도가 급격히 올라가면서 3월에 13.2°C를 보였다. 은어가 하천으로 소상하는 4월의 수온은 17.2°C였으며, 5월은 23.1°C, 6월은 25.1°C를 보이고, 7월에 28.0°C로 가장 높게 나타났다. 8월부터 수온은 다시 낮아지기 시작하여 8

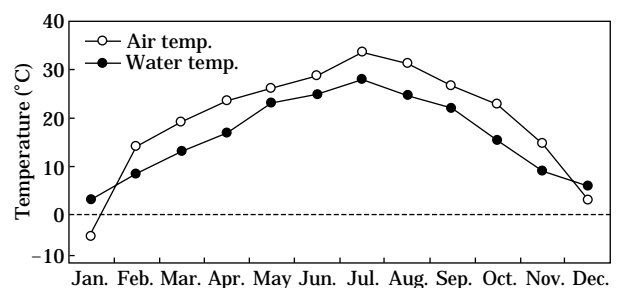


Fig. 2. Monthly changes of air and water temperature (°C) in Lake Okjeong, Korea from 2004.

Table 2. The environmental conditions in Lake Okjeong, Jeollabuk-do, Korea

Stream	St.	River width (m)	Water width (m)	Water depth (cm)	River type	Bottom structure* (%)						Weir			Fish way		
						M	S	G	P	C	B	Length (m)	With (m)	Hight (m)	Angle** (°)	No.	High: Length Type
Jowon	1	80~100	80	50~150	Bb				20	50	30	80	5.5	5.0	73		
	2	80~100	70~80	50~100	Bb	10	5	5	40	30	10						
	3	90~110	80	20~40	Bb				10	30	60	80	7.0	2.0	65	2	1:3 +Pool
	4	80~100	30~40	30~70	Bb	20	5	10	30	30	5						
	5	100~120	80	50~120	Bb				20	50	30	100	4.5	0.8	60		
	6	100~130	70~80	50~100	Bc	20	10	10	20	30							
Oknyedong	7	20~30	15~20	30~50	Aa-Bb	10	10	20	40	20	30	30	4.5	1.2	70		
	8	40~50	10~15	20~40	Aa-Bb				30	60	10						
	9	60~70	10~30	30~70	Bb				10	30	60						
Churyeong	10	70~80	60	50~100	Bb	10	20	30	30	20	20	60	10.3	1.7	60		
	11	80~100	80	30~50	Bb				30	50	20	80	12.0	1.5	50	1	1:18 Pool
	12	80~100	80	30~50	Bb			10	30	40	20	80	11.2	1.1	75	1	1:25 Pool
	13	70~80	60	50~100	Aa-Bb				10	20	70	60	18.7	1.5	10		
Lake	14	60~80	30~40	50~100	Aa				20	30	50						
	15	150~200	150~180	100~500	Bc	90											

*M. Mud (~0.1 mm), S. Sand (0.1~2 mm), G. Gravel (2~16 mm), P. Pebble (16~64 mm), C. Cobble (64~256 mm), B. Bolder (256 mm >) -by Cummins (1962), **The angle of inclination,

+Pool type fish way-front overflow (KOWACO, 2001)

Table 3. Fish species composition investigated in Lake Okjeong, Korea, from July to August 2004

Species	Stream Station	Jowon					Oknyedong			Churyeong				Lake	Total	R.A**		
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13			14	15
Cyprinidae 잉어과																		
<i>Cyprinus carpio</i> 잉어					1											1	0.03	
<i>Carassius auratus</i> 붕어			1							5		1			2	9	0.31	
<i>Pungtungia herzi</i> 돌고기		1	4	4					1	7		15	5	4	7	48	2.10	
* <i>Rhodeus uyeckii</i> 각시붕어					2											2	0.07	
<i>Acheilognathus lanceolatus</i> 남자루			35													35	1.48	
* <i>Acheilognathus koreensis</i> 칼남자루		2	6	45	4	5	5			4		5		15	11	102	4.14	
<i>Acheilognathus rhombeus</i> 납지리		1	2													14	0.48	
* <i>Acanthorhodeus gracilis</i> 가시납지리											2					2	0.07	
* <i>Coreoleuciscus splendidus</i> 쉬리									2			35		3		40	1.38	
<i>Hemibarbus labeo</i> 누치				4	5	4									3	16	0.55	
<i>Hemibarbus longirostris</i> 참마자			35	4				1	2	3					2	49	1.69	
* <i>Sarcocheilichthys variegatus wakiyae</i> 참중고기		1	9	1										1		22	0.76	
* <i>Squalidus gracilis majimae</i> 긴물개			10							15	65	4				98	3.38	
* <i>Squalidus chankaensis tsuchigae</i> 참물개		2	85	7		25	75				2	2	7		5	45	278	9.58
* <i>Microphysogobio yaluensis</i> 돌마자			7			4		2		4		5		3	5	35	1.21	
* <i>Microphysogobio koreensis</i> 모래주사				4												4	0.14	
<i>Pseudogobio esocinus</i> 모래무지				1			2	1		1		1		3	8	17	0.59	
<i>Pseudorasbora parva</i> 참붕어				3						5	3					11	0.38	
* <i>Zacco koreanus</i> 참갈겨니		3	30	4						35	55	30	10	23		217	7.48	
<i>Zacco platypus</i> 피라미		11	120	100	25	45	50	40	37	12	21	125	35	55	45	25	845	29.12
<i>Rhynchocypris oxycephalus</i> 벼들치									1	5						6	0.21	
* <i>Hemiculter eigenmanni</i> 치리						10	5									17	32	1.10
Cobitidae 미꾸리과																		
<i>Misgurnus anguillicaudatus</i> 미꾸리									1		1	1					3	0.10
* <i>Iksookimia longicorpa</i> 왕종개			2						5	7		6		5	2		28	0.96
* <i>Cobitis tetralineata</i> 줄종개			2											27	7	2	40	1.38
Centropomidae 꺾지과																		
* <i>Coreoperca herzi</i> 꺾지												3	1	1	2		14	0.48
Siluridae 메기과																		
<i>Silurus asotus</i> 메기			1									1					2	0.07
* <i>Silurus microdorsalis</i> 미유기												1					1	0.03
Bagridae 동자개과																		
<i>Pseudobagrus fulvidraco</i> 동자개																	2	0.07
* <i>Pseudobagrus koreanus</i> 눈동자개													1	1	1		3	0.10
Amblycipitidae 통가리과																		
* <i>Liobagrus mediadiposalis</i> 자가사리												2	3	2	2		9	0.31
Osmeridae 바다빙어과																		
<i>Plecoglossus altivelis</i> 은어		18	5	2	3			3	2	1	2	87	7	30	45		207	7.13
Centrarchidae 검정우럭과																		
<i>Lepomis macrochirus</i> 블루길				2		1										5	8	0.28
<i>Micropterus salmoides</i> 베스			5	5	2	4		14	12					35	16		101	3.48
Odontobutidae 동사리과																		
* <i>Odontobutis platycephala</i> 동사리			2	1						1	1	1	1	3			10	0.34
* <i>Odontobutis interrupta</i> 얼룩동사리					1												1	0.03
Gobiidae 망둑어과																		
<i>Rhinogobius brunneus</i> 밀어		2	45	50		15	250	5	4	5		2	2	10	4		412	14.20
<i>Tridentiger brevispinis</i> 민물검정망둑						3	15	55	45						20		138	4.76
Channidae 가물치과																		
<i>Channa argus</i> 가물치																1	1	0.03
No. species		1	19	16	18	8	11	10	9	15	10	17	11	16	17	8	39	
No. individuals		28	419	240	42	119	402	127	111	101	157	325	73	186	204	113	2902	

*Endemic species of Korea, **Relative abundance

월 24.5°C, 산란기인 9월과 10월은 각각 22.0°C, 15.5°C 였고, 12월에 6.2°C로 낮아졌다 (Fig. 2).

2. 미세분포

옥정호의 은어는 11월부터 이듬해 3월까지의 호수에서 서식하였고 이후 4월부터 하천으로 소상하였다. 은어가 소상하는 하천은 비교적 규모가 큰 조원천, 옥녀동천, 추령천 3개 하천이었다 (Table 2). 조원천 (St. 1~6)에서 은어가 서식하는 구간은 8 km였는데 하천에 큰 보가 설치되어 있어 정수역이 비교적 길었으며, 생활하수와 축산폐수 등의 유입으로 물이 혼탁하였다. St. 1 (임실군 신평면 창안리)에 설치된 보는 높이가 5 m (경사각 65°)에 달해 소상한계를 초과한 은어는 더 이상 상류로 올라가지 못하였다. 옥녀동천 (St. 7~9)에서 은어가 출현한 구간은 5 km였다. 물이 맑았으나 소규모 하천으로 소수의 은어가 채집되었으며 St. 7 (임실군 운암면 신흥리)에 설치된 보는 높이 0.8 m (경사각 60°)로 소상한계가 되었다. 추령천 (St. 10~15)에서 은어가 서식하는 구간은 12 km로 가장 길었으며, 오염원의 유입이 거의 없어 물이 맑고, 정수역보다 여울부가 대부분을 차지하여 가장 많은 개체가 채집되었다. 특히 하류부 (St. 2~5)는 암반과 바위로 된 여울부가 많아 다른 지역에 비해 서식밀도가 높았다. St. 10 (순창군 쌍치면 금평리)에 설치된 보는 높이 1.7 m (경사각 55°)로 더 이상 은어가 소상하지 못하였다.

3. 동서출현종

각 조사지점에서 출현한 어류는 Table 3과 같이 총 11과 39종이었다. 각 하천별로 살펴보면 조원천이 9과 31종, 옥녀동천 6과 18종, 추령천 10과 28종, 옥정호가 4과 8종으로 조원천이 가장 많은 어류가 출현하였다. 전체적으로 우점종은 피라미 *Zacco platypus* (상대풍부도 29.1%), 아우점종은 밀어 *Rhinogobius brunneus* (14.2%), 참물개 *Squalidus chankaensis tsuchigae* (9.6%), 우세종은 갈겨니 *Z. koreanus* (7.5%), 은어 (7.1%), 민물검정망둑 *Tridentiger brevispinis* (4.8%), 칼납자루 *Acheilognathus koreensis* (4.1%), 배스 *Micropterus salmoides* (3.5%) 등의 순으로 나타났다. 이들 중 한국 고유종은 19종 (48.7%)으로 높은 비율을 차지하였으며, 환경부 멸종위기종 II급의 모래주사 *Microphysogobio koreensis*가 St. 3에서 소수 채집되었다. 외래어종은 배스와 블루길 *Lepomis macrochirus*이 출현하였는데, 배스는 호내와 조원천과 옥녀동천 중·하류, 추령천 하류에서 다수 서식하고 있었으며, 블루길은 조원천 St. 3, 5에서 소수 서식하였다.

4. 체장조성

은어는 4월부터 옥정호에서 유입하천으로 소상하기 시작하였다. 추령천으로 소상한 은어는 급격한 성장을 보였는데, 5월에 채집된 개체의 체장은 평균 80±11.3

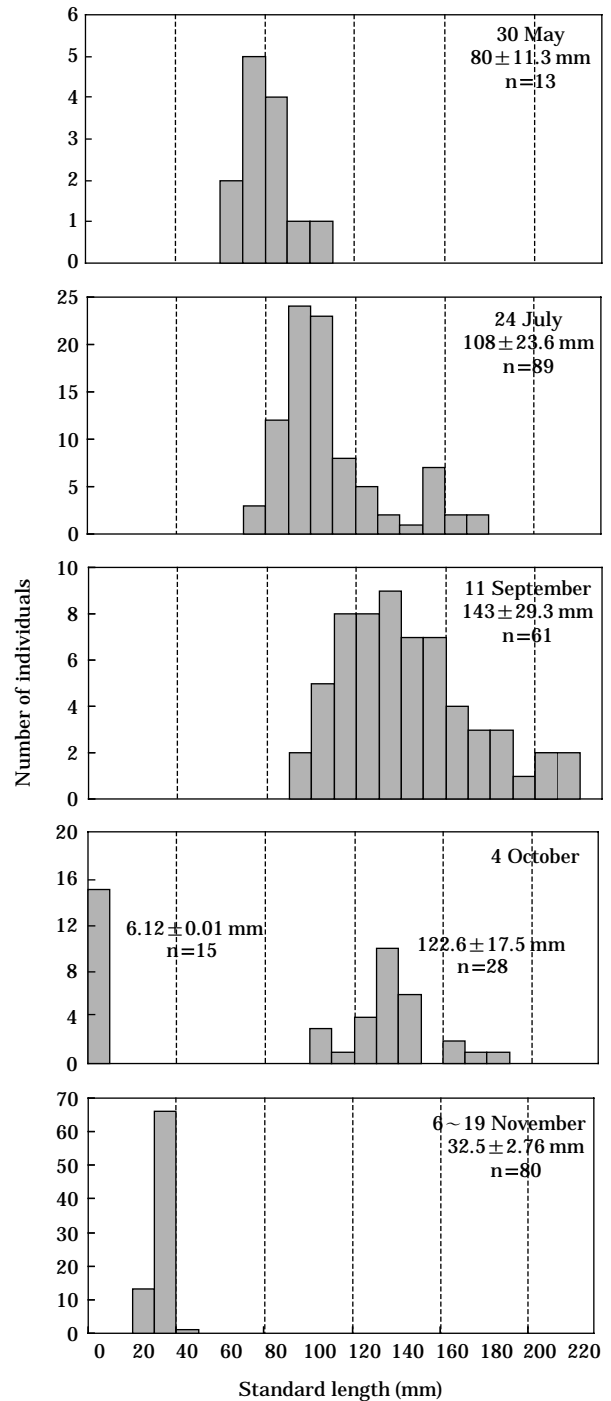


Fig. 3. Histograms showing standard length frequency distribution of *Placoglossus altivelis* in Churyeong Stream, Korea from May to November 2004.

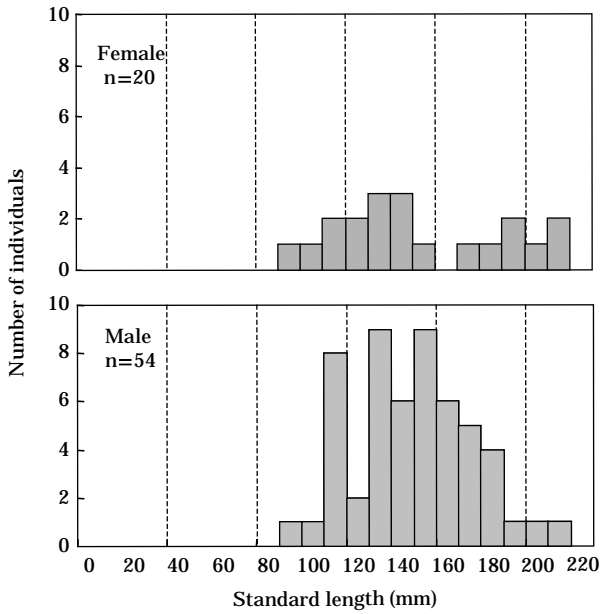


Fig. 4. Histograms showing standard length frequency distribution of female and male of *Placoglossus altivelis* in Churyeong Stream and Jowon Stream, Korea from September 2004.

mm였고, 7월은 108 ± 23.6 mm, 9월은 143 ± 29.3 mm였다 (Fig. 3). 또한 성장하면서 개체간의 성장률의 차이가 커져 체장의 분포 폭도 넓어지는 경향을 보였으며 결국 9월에 채집된 개체는 90~220 mm로 체장 범위가 넓었다. 암·수의 체장분포는 Fig. 4와 같이 뚜렷한 차이를 보이지 않았으며 채집된 가장 큰 개체의 체장은 암컷 216 mm, 수컷 213 mm였다. 10월에 채집된 개체크기는 123 ± 17.5 mm였고 체중이 급감하여 왜소해졌으며 하천 주변에 많은 개체들이 죽어 있었다. 또한 갓 부화한 전기자어의 크기를 확인한 결과 6.12 ± 0.01 mm였다. 11월에 채집된 후기자어의 크기는 32.5 ± 2.76 mm였다.

5. 이차성징 및 성비

혼인색은 8월부터 나타나기 시작하여 9월에 절정에 도달하였으며, 온몸이 검게 변하였는데 수컷이 암컷보다 색이 더 진하게 나타났다. 또한 수컷은 가슴지느러미, 배지느러미, 뒷지느러미, 꼬리지느러미 기조와 머리 및 몸통의 비늘 부위에 돌기모양의 추성이 나타나고, 배 부위에 굴곡이 생겨 암컷과 구별되었다. 9월에 암·수가 확연히 구별되는 총 74개체 중 암컷이 20개체, 수컷이 54개체로 조사되어 성비는 1:2.70으로 수컷이 암컷보다 우세하였다 (Table 4).

Table 4. Sex ratio of *Placoglossus altivelis* in Lake Okjeong, Korea from September 2004

Stream	Date	No. of female	No. of male	Total numbers	Sex ratio (M/F)
Jowon	11 Sep.	3	8	11	2.67
Oknyedong	4 Sep.	1	2	3	2.00
Churyeong	11 Sep.	16	44	60	2.75
Total number		20	54	74	2.70

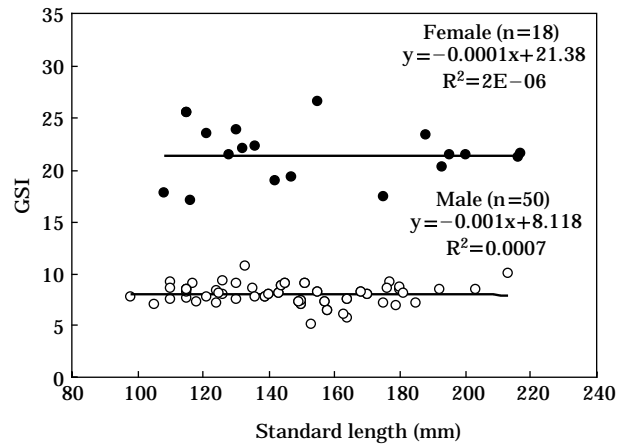


Fig. 5. Gonadosomatic indices (GSI) for females and males of *Placoglossus altivelis* in Lake Okjeong, Korea from September 2004.

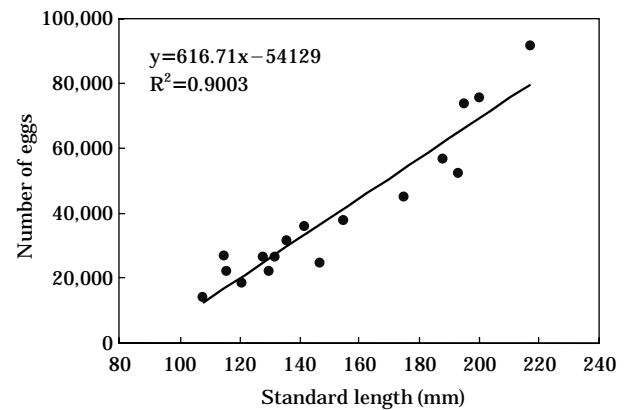


Fig. 6. The number of eggs from the ovaries of *Placoglossus altivelis* in Lake Okjeong, Korea, from September 2004.

6. 생식소 성숙

생식소는 8월부터 성숙하기 시작하였다. 8월 4일 생식소성숙도지수 (GSI)는 암컷 $0.2 \pm 0.14\%$, 수컷 $0.1 \pm 0.05\%$ 로 아주 낮게 나타났지만 이후 아주 빠르게 발달하여

Table 5. Diameter of the mature eggs of *Plecoglossus altivelis* in Lake Okjeong, Korea

No	Standard length (mm)	Weight (g)	GSI (%)	Number of eggs	Egg diameter (mm)	Stream
1	216	151.9	21.2	84,850	0.85±0.050	Churyeong
2	193	103.8	20.2	52,350	0.75±0.082	Jowon
3	188	116.7	23.4	66,735	0.80±0.031	Churyeong
4	155	58.8	16.5	37,907	0.83±0.058	Churyeong
5	147	50.6	19.2	54,557	0.81±0.055	Churyeong
6	142	48.0	19.0	35,849	0.73±0.055	Churyeong
7	128	32.8	21.4	26,466	0.82±0.053	Churyeong
8	132	31.2	22.0	26,716	0.82±0.082	Churyeong
9	116	25.4	17.1	18,035	0.82±0.061	Churyeong
10	108	17.6	17.7	14,283	0.83±0.036	Churyeong
Mean±SD					0.81±0.040	

9월 11일에는 암컷 21.6±2.70%, 수컷 7.9±1.53%로 성숙하였다. 이후 산란이 이루어지면서 10월 14일에는 암컷 3.9±2.23%, 수컷 2.2±1.01%로 급속히 감소하였다. 암·수 모두 생식소성숙도지수는 각각 체장에 따른 차이를 보이지 않았다 (Fig. 5). 산란기인 9월 표본을 근거로 포란수와 난경을 조사하였는데 포란수 (n=18)는 40,119±22,564 (14,283~91,500)개였고, 알의 크기 (n=10)는 0.81±0.040 mm로 균일하게 나타났다 (Fig. 6, Table 5).

7. 산란

추령천에서 산란기인 9월이 되면 하천 상류로 소상한 은어들은 모두 정읍시 산내면 매죽리 일대의 하류 2km 구간에 내려와 서식하였다. 산란은 9월 중순부터 시작하였으며 10월 중순까지 지속되었다. 산란 성기는 9월 말이었으며 이때의 수온은 20~22°C였다. 산란장소는 옥정호로 유입되는 경계수역 위의 자갈과 돌이 깔린 여울 지역이었으며 유속은 25~65 cm/sec로 비교적 물의 흐름이 빠르며, 수심은 30~70 cm인 곳이었다. 산란행동은 낮에 이루어졌으며, 소수의 암컷이 움푹 들어간 자갈 틈에 산란을 하면, 수컷들이 때지어 몰려들어 방정을 하였다. 한번 산란행동을 하는데 7~10초의 시간이 걸렸으며 이러한 행동을 지속적으로 반복하면서 산란하였다 (Fig. 7).

산란된 알은 분리침성부착란으로 자갈 틈으로 밀려들어 가 자갈에 붙었으며 (Fig. 8), 난막 분리가 일어난 알의 크기는 1.86±0.221 mm (n=50)였다. 그러나 자갈 틈으로 들어가지 못하고 밖으로 노출된 일부 알은 주위에 있던 피라미, 민물검정망둑, 밀어 등에 의해 포식되었다. 산란장에서 산란 직후 채집된 알을 실험실로 옮겨 부화 시간을 관찰한 결과 산란 후 6~9일 사이에 모두 부화하였으며 (부화수온 18~21°C), 부화된 자어의 크기는

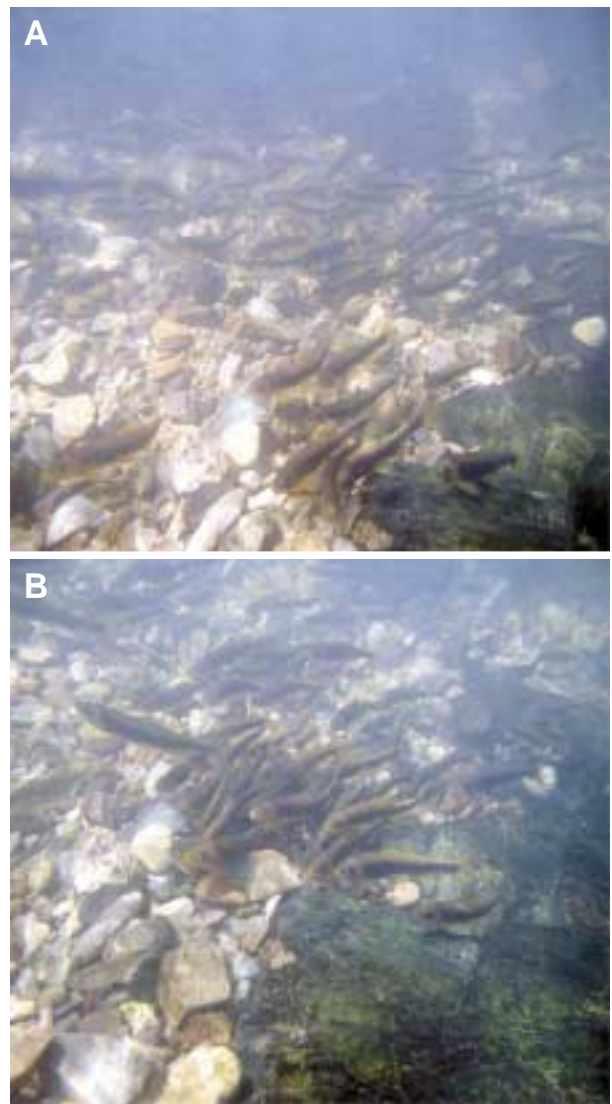


Fig. 7. Spawning behavior of *Plecoglossus altivelis* in Churyeong Stream, Korea. A. egg deposition; B. sperm ejaculation

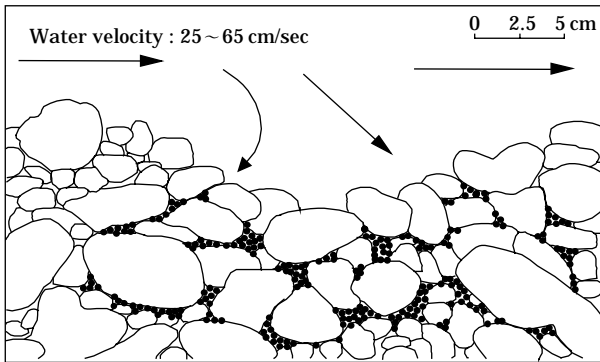


Fig. 8. Schematic figure showing a relation between egg deposition (black spots) and the direction of water flow (arrows) on spawning bottom in *Plecoglossus altivelis*.

6.12 ± 0.01 mm (n=15)였다.

부화된 자어는 운동력이 적어 일시적으로 부화한 장소에서 머무르나 성장하면서 하류로 내려갔으며, 자어가 주로 채집되는 시간대가 밤과 아침으로 낮에는 하천 바닥에 숨고 밤에 하류로 이동하는 것으로 판단된다. 11월 중순까지 대부분의 자어 (32.5 ± 2.76 mm)가 옥정호 상류인 하천 유입부에 내려왔으며, 배스 등의 포식어류를 피해 때를 지어 수심 2~4m의 암반과 바위가 있는 지역에 머물렀다. 11월 말 이후 자어는 좀더 깊은 곳으로 이동하여 이듬해 3월까지 호수에서 서식하였다.

고 찰

옥정호에 은어 수정란이 2001년 10월에 100만립이 방류된 후 3년 뒤인 2004년에 옥정호 유입하천에는 다수의 은어가 채집 관찰되었다. 출현한 은어가 2003년 방류되어 출현하였는지를 검토한 결과 한국수자원공사 섬진강댐 관리사무소 및 임실군과 정읍시에서 더 이상의 은어 방류 기록은 없었으며, 2004년에 출현한 은어 개체수가 수만에서 수십만의 개체군으로 추정되어 부화율과 생존율을 고려해 볼 때 2003년에 방류된 것이 아님을 알 수 있었다.

현재 우리나라에서 대형 댐인 소양호, 의암호, 대청호 등에 은어가 방류되고 있으며 안동호, 합천호, 진양호에서도 은어가 방류되어 옥봉형 은어의 출현이 보고된 바 있다(이, 1996; 최 등, 2003). 하지만 은어가 방류된 후 사후 조사가 면밀히 이루어지지 않아 댐호의 옥봉형 은어의 생활사와 관련된 많은 것이 밝혀지지 않았다.

옥정호에서 은어는 4월부터 8월까지 유입하천인 조원천(서식구간 8 km), 옥녀동천(5 km), 추령천(12 km)에서

소상하며 성장하였고, 이후 9월에 하천 하류로 내려와 9월 중순부터 10월 중순까지 산란하였다. 부화된 자어는 호수로 내려가 11월부터 3월까지 월동하며 성장하고 다시 4월부터 소상하였다. 따라서 옥정호에 서식하는 은어는 생활사가 정상적으로 이루어져 옥봉화(land-locked) 되었다고 판단된다.

하천으로 소상하는 어류는 하천에 설치된 보로 인해 상류로 이동하는데 많은 제약을 받게 된다. 은어의 서식구간에 설치된 보의 수는 조원천 4개, 옥녀동천 2개, 추령천 11개였으며, 세 하천 모두 하천에 설치된 보로 인해 은어의 소상한계가 결정되었다. 조원천은 하천 길이가 51 km로 가장 크고 길었지만 하천에 설치된 보가 2~5 m로 매우 높고 경사각이 커서 서식구간이 8 km로 추령천보다 짧았고 개체군 크기도 작았다. 추령천은 11개의 보가 1.0~1.7 m의 높이로 설치되어 있어 갈수기 때에는 은어의 소상에 많은 지장을 주었다. 어도는 조원천 1곳, 추령천 4곳에 설치되어 있었으나 어도의 경사가 높거나 폭이 적고, 갈수기 때에는 일부 어도에 물이 흐르지 않아 은어의 소상에는 큰 도움을 주지는 못하였다. 따라서 은어의 안정된 소상과 성장을 위해서는 적절한 어도를 시급히 설치해야 한다.

옥정호에서 산란전인 9월에 채집된 성숙된 은어의 크기는 체장 143 ± 29.3 (98~216) mm였다. 자연 상태에서 은어의 크기는 강원도 삼척 70~190 mm, 경상북도 강구 90~190 cm, 경상남도 하동 100~200 mm이고, 옥봉형 은어의 크기는 안동호 130~240 mm, 진양호 130~230 mm, 합천호 130~240 mm라고 하여(이, 1996) 옥정호산 옥봉형 은어는 다른 옥봉형 은어보다 크기가 약간 작았으며 오히려 자연형 은어와 비슷한 체장범위를 보였다.

은어의 산란은 지역이나 서식장소 또는 크기에 따라 성숙 회수와 산란 회수가 달라지는 경향을 보인다(Iguchi, 1996). 일본의 자연형 하천인 규슈의 Chikugo강에서는 은어의 산란이 한 번 이루어지지만, 홋카이도의 Mogusa강에서는 2번의 산란이 이루어지는데 개체 크기가 결정적으로 작용한다고 보고 되었다(Matsuyama and Matsuura, 1982; Sakai et al., 1991). 또한 비와호에 서식하는 옥봉형 은어에서는 이동패턴에 따라 달라지는데 이른 봄부터 하천으로 소상하여 성장하는 large type은 1회 성숙 1회 산란을 하지만, 대부분을 호수에서 보내다 산란기에만 하천으로 이동하여 산란하는 dwarf type은 짧은 기간 내에 3회 성숙 2회 산란을 하는 것으로 알려져 있다(Matsuyama and Matsuura, 1984, 1985). 옥정호의 옥봉형 은어는 인위적으로 이입되어 형성된 것으로 개체 크기가 큰 하나의 type만 존재하였으며 난

이 모두 균일하였고 1회 성숙 1회 산란을 하여 우리나라 하천에 서식하는 자연형 은어와 비슷한 경향을 보였다.

은어의 산란장소 및 산란시기에 대해 Shiraishi와 Suzuki (1962)는 하류의 여울과 소의 자갈이 깔린 지역에 산란하고, 일반적으로 위도상 북쪽이 남쪽보다 산란시기가 빠르며, 산란행동은 낮이나 밤보다 저녁때 활발하다고 보고하였다. 또한 Nishida (1978)는 비와호의 육봉형 은어의 산란은 가을에 하천과 호수 접경지역의 모래와 자갈이 깔린 수심 10~30 cm, 유속 30~70 cm/sec 인 여울지역에 산란하며, 보통 밤에 산란을 한다고 하였다. 그리고 우리나라 안동호의 육봉형 은어(농림부, 1998)는 9월과 10월에 하류의 비교적 유속이 느리고 모래와 자갈이 깔린 곳에 주간보다는 야간에 주로 산란한다고 보고한 바 있다. 옥정호의 육봉형 은어의 산란기는 9월 중순부터 10월 중순으로 다른 곳의 은어와 비슷하였으나, 산란장소가 주로 비교적 유속이 빠르고 자갈과 돌로 이루어진 곳에서 산란을 하고 주 산란이 낮에 이루어져 다소 차이가 있었다.

적 요

2001년 10월에 한국수자원공사는 은어 *Plecoglossus altivelis* 수정란 100만립을 옥정호에 방류하였고 이후 은어는 육봉화 되었다. 육봉형 은어의 분포 및 생태를 조사한 결과 옥정호 유입하천인 조원천, 추령천, 옥녀동천의 비교적 유속이 빠르고 바닥이 큰 돌과 암반으로 된 지역에 4월부터 10월까지 서식하였다. 부화된 자어는 옥정호로 내려가 11월부터 이듬해 3월까지 서식하였다. 산란기는 9월 중순부터 10월 중순까지로 나타났으며, 산란 장소는 비교적 유속이 빠르고 자갈이 깔린 곳으로 수심은 30~70 cm, 수온은 20~22°C였다. 성비는 암컷대 수컷이 1:2.70이었고, 체장은 암컷과 수컷이 90~220 (142±29.3) mm로 암·수 차이가 없었다. 포란수는 414,283~91,500개로 조사되었다.

인 용 문 헌

김익수·최 윤·이충렬·이용주·김병직·김지현. 2005. 원색 한국어류대도감. 교학사, 615 pp.
 농림부. 1998. 담수에서의 은어 종묘생산 기술 개발. 국립수산진흥원 진해내수면연구소, 169 pp.
 이계안. 1996. 한국산 은어, *Plecoglossus altivelis*의 생물학적

특성 및 영양생리. 부산수산대학교 대학원 박사학위논문, 144 pp.
 최기철. 1995. 봉화군 일대에서 서식하는 육봉형 은어의 생태조사. 봉화군 용역보고서, pp. 5~6.
 최재석·이광열·장영수·고명훈·권오길·김범철. 2003. 소양호의 어류군집 동태. 한어지, 15(2) : 95~104.
 한국수자원공사(KOWACO). 1985~1994. 옥정호 다목적댐 관리연보.
 한국수자원공사(KOWACO). 2001. 대댐에서의 어족보호방안 연구 (2차년도). 수자원연구소, pp. 213~242.
 Azuma, M. 1973. Studies on the variability of the landlocked ayu-fish, *Plecoglossus altivelis* T. ET S., in Lake Biwa. VI. Consideration on the grouping and features of variability. Japan. J. Ecol., 23 : 255~265. (In Japanese)
 Cummins, K.W. 1962. An evolution of some techniques for the collection and analysis of benthic samples with special emphasis on lotic waters. Am. Midl. Nat., 67 : 477~504.
 Iguchi, K. 1996. Size-specific spawning pattern in ayu, *Plecoglossus altivelis*. Ichthyol. Res., 43(3) : 193~198.
 Iguchi, K. and T. Hino. 1996. Effect of competitor abundance on feeding territoriality in a grazing fish, the ayu *Plecoglossus altivelis*. Ecol. Res., 11 : 165~173.
 Iguchi, K., Y. Iwata, M. Nishida and T. Otake. 2004. Skip of routine in an amphidromous migration of ayu. Japan J. Ichthyol., 52 : 98~100.
 Katano, O. and K. Iguchi. 1996. Individual differences in territory and growth of ayu, *Plecoglossus altivelis* (Osmoridae). Can. J. Zool., 74 : 2170~2177.
 Kawabata, K., T. Narita, M. Nagoshi and M. Nishino. 2002. Stomach contents of the landlocked dwarf ayu in Biwa, Japan. Japan. Sci. Limnol., 3 : 135~142.
 Matsuyama, M. and S. Matwuura. 1982. Ovarian maturation and ovulation of the amphidromous type ayu *Plecoglossus altivelis* in Chikugo River based on histological observation. Bull. Japan. Soc. Sci. Fish., 48(2) : 1573~1582. (In Japanese)
 Matsuyama, M. and S. Matwuura. 1984. The multiple spawning in landlocked dwarf ayu *Plecoglossus altivelis* in Lake Biwa. Bull. Japan. Soc. Sci. fish., 50(2) : 183~187. (In Japanese)
 Matsuyama, M. and S. Matwuura. 1985. On the ovarian maturation and spawning of the landlocked large type ayu *Plecoglossus altivelis* in Lake Biwa. Bull. Japan. Soc. Sci. Fish., 51(5) : 691~698.
 Nishida, M. 1978. Spawning habits of the dwarf ayu-fish in Lake Biwa. Bull. Japan. Soc. Sci. fish., 44(6) : 577~585. (In Japanese)
 Nishida, M. 1986. Geographic variation in the molecular,

morphological and reproductive characters of the ayu *Plecoglossus altivelis* (Plecoglossidae) in the Japan-Ryukyu Archipelago. Japan. J. Ichthyol., 33(3) : 232~ 248.

Sakai, H., K. Katsura, T. Hirata and A. Goto. 1991. Multiple spawning in amphidromous ayu, *Plecoglossus altivelis*, from Hokkaido, Japan. Bull. Fac. Fish. Hokkaido

Univ., 42 : 39~45. (In Japanese)

Shiraish, Y. and N. Suzuki. 1962. The spawning activity of ayu-fish, *Plecoglossus altivelis*. fresh water annual report, 12(1) : 83~107. (In Japanese)

可兒藤吉. 1944. 溪流昆蟲の生態. 研究士, 東京.

Received: January 3, 2007

Accepted: March 8, 2007