

## 옥정호 육붕형 은어 *Plecoglossus altivelis* (Pisces: Osmeridae)의 성장에 따른 식성 및 섭식기관의 변화

고명훈 · 김익수 · 박종영\* · 이용주<sup>1</sup>

(전북대학교 자연과학대학 생물과학부, 전북대학교 부설생물다양성연구소,  
<sup>1</sup>전주교육대학교 과학교육과)

The Change of Feeding Habits and Feeding Organ of Land-locked *Plecoglossus altivelis* (Pisces: Osmeridae), in Relation to Growth in the Lake Okjeong, Korea. Ko, Myeong-Hun, Ik-Soo Kim, Jong-Yeong Park\* and Yong-Joo Lee<sup>1</sup> (Faculty of Biological Science, College of Natural Science, Chonbuk National University, Jeonju 561-756, Korea; Institut for Biodiversity Research, Chonbuk National University; <sup>1</sup>Department of Science Education, Jeonju National University of Education, Jeonju 560-757, Korea)

Changes of feeding habitat and feeding organ of a land-locked sweetfish, *Plecoglossus altivelis* related to their growth process were investigated in the Lake Okjeong, Sannaemyeon, Jeongeup-si, Jeollabuk-do, Korea from 2004 to 2005. In the lake, the post-larvae from 25 to 40 mm in standard length fed mainly on animal organisms such as Copepoda, Branchiopoda and Rotatoria. Also, the juveniles from 50 to 60 mm (SL) fed on Chironomidae of Diptera, Copepoda and Branchiopoda. However, the juvenile from 60 to 70 mm (SL) in the Churyeong Stream fed on animal organisms and aquatic algae, the immature fishes more than 70 mm (SL) fed on only periphyton such as *Synedra*, *Cymbella*, *Navicula* and *Pinnularia*. Also, the feeding organs of the tooth and stomach were changed according to its growth and food change.

**Key words :** *Plecoglossus altivelis*, Lake Okjeong, feeding habits

### 서 론

은어(*Plecoglossus altivelis*)는 우리나라, 일본, 중국, 대만 등의 동북아에 서식하는 1년생 어류로 하천에서 산란하고 부화된 자어는 연안에서 성장한 후 봄에 소상하는 양측회유형 어류이다(Nishida, 1986; 김과 박, 2002). 한편, 일본의 Biwa호, 우리나라의 안동호, 진양호, 합천호 등 대형 호소에 육붕형 은어의 출현이 알려졌다(Shiraish and Suzuki, 1962; 최, 1995; 이, 1996). 그러나 일본의 Biwa호를 제외하곤 대부분이 자연분포가 아니며, 우리나라의 대형 호소에 출현하고 있는 육붕형 은어 또한 인위

적인 수정란 방류로 인하여 서식하게 되었다. 이러한 육붕형 은어는 바다 역할을 호소가 대신하게 되며 새로운 호소생태계에 적응하는 것으로 알려져 있다. 호내 생태계에 새로운 어종이 도입되면 수온, pH, DO, 포식, 경쟁, 섭식 등 여러 가지 물리·화학·생물학적 환경요인의 영향에 따라 서식여부가 결정되어지며, 이때 생물학적 요인에 해당하는 먹이생물은 무엇보다 생존에 필수적이다. 또한 토착화 기간에 먹이생물의 종류나 먹이경쟁 등으로 인하여 먹이습성이 변화되기도 한다(Mittelbach, 1984; Peter and Joseph, 2000).

육붕형 은어의 식성과 관련된 연구는 성장에 따른 소화관의 변화(Iwai, 1962)와 이의 변화(Komada, 1982),

\* Corresponding author: Tel: 063) 270-3344, Fax: 063) 270-3362, E-mail: Park7877@chonbuk.ac.kr

Biwa호의 육봉형 은어의 식성(Kawabata *et al.*, 2002), 안동호 육봉형 은어의 식성(농림부, 1998) 등이 있으며, 은어 자어의 초기 먹이생물 개발에 대한 연구(농림부, 1998; 이 등, 2004)가 있다.

옥정호는 전라북도 임실군 강진면의 섬진강 상류에 위치한 인공 호수로 1928년에 동진강 유역의 농업용수 공급을 위하여 유역변경식 댐 건설로 만들어졌고, 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 육봉형 은어는 한국수자원공사(K-water)가 2001년 10월에 수정란 100만립을 방류한 후 출현하기 시작하였고, 현재 다수의 은어가 옥정호와 옥정호 유입하천인 조원천, 옥너동천, 추령천에 서식하고 있다(고 등, 2007).

본 연구는 옥정호에 이입되어 육봉형으로 서식하고 있는 은어의 성장기에 따른 먹이원을 분석하여 국내 담수호에 방류하고 있는 은어로 인한 담수생태계 먹이사슬에 미치는 영향 가능성에 대한 기초 자료를 제시하고 육봉화된 은어의 섭식전략을 파악하고자 하였다. 또한 자어부터 치어까지 나타나는 동물성 먹이의 상대중요도를 구하고, 더불어 섭식과 밀접한 관련이 있는 이(teeth)와 위(stomach)의 구조 변화를 알아보하고자 하였다.

## 재료 및 방법

본 조사는 옥정호 육봉형 은어 중 개체군이 가장 크고 안정된 전라북도 정읍시 산내면 일대에서 2004년 10월부터 2005년 7월까지 월 1회 이상 실시하였다(Fig. 1). 표본의 채집은 투망(망목 5×5 mm), 족대(망목 5×5 mm), 뜰채(망목 1×1 mm) 등을 사용하였고, 자어는 직접 제작한 뜰채(망목 1×1 mm)와 족대(망목 1×1 mm), 플랑크톤네트(구경 30 cm, 길이 1.2 m, 망목 150×150 μm)를 사용하여 채집하였으며, 은어의 섭식행동과 섭식장소를 관찰하기 위하여 스킨다이빙을 통한 수중관찰을 병행하였다. 채집된 개체는 Iwai(1962)에 따라 성장 단계를 전기자어기(pre-larva stage), 후기자어기(post-larva stage), 치어기(juvenile stage) 및 미성어기(immature stage)로 구분하였으며, 채집된 표본은 현장에서 10% 포르말린용액에 바로 고정하였고, 고정된 표본은 실험실로 가져와 이와 위의 형태를 관찰하였다. 체장은 0.1 mm, 체중 0.1g까지 측정하였고 성장단계 및 서식지에 따라 무작위로 10~20개체를 추출하여 위 내용물을 해부현미경과 광학현미경 상에서 관찰하였으며 윤(1995), 조(1993),

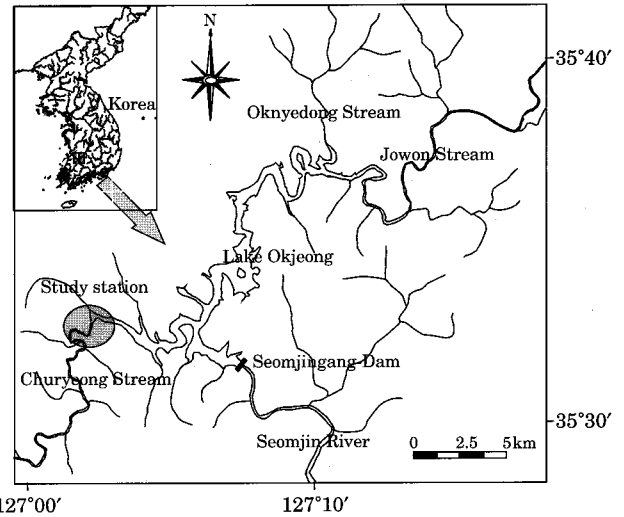


Fig. 1. Study station for a land-locked *Placoglossus altivelis* in the Lake Okjeong, Korea.

정(1993)에 따라 분류·동정하여 계수 및 부피를 계산하였다.

먹이생물은 동물성과 식물성으로 구분하여 분석하였다. 식물성 먹이는 먹이 출현빈도에 따라 다섯 개의 등급으로 나누어 표시하였고, 동물성 먹이는 상대중요성지수(index of relative importance, IRI)를 Pinkas *et al.* (1971)의 방법으로 계산하여 백분율로 환산하여(% IRI) 비교하였다.

$$IRI = (N + W) \times F_i$$

(N: 먹이생물 총 개체수에 대한 백분율, W: 먹이생물 전체 습중량에 대한 백분율,  $F_i$ : 각 먹이생물의 출현빈도)

## 결 과

### 1. 성장 단계별 위 내용물

은어의 위 내용물 분석 결과는 Table 1과 Table 2와 같다. 전기자어는 10월 초부터 중순까지 산란장인 추령천 하류부의 자갈이 깔린 곳에서 채집되었으며 난황이 완전히 흡수되지 않은 개체로 체장은  $6.1 \pm 0.01$  mm ( $n=15$ )이었다. 항문이 열리지 않아 먹이생물도 관찰되지 않았다. 후기자어는 10월 말부터 11월 중순까지 추령천과 옥정호 접경지역에서 채집되었으며, 크기는 체장 20~40 mm ( $n=81$ )로 성장되어 있었다. 소화관 내용물은 요각류(Copepoda)의 Cyclopidae와 Harpacticidae, 물벼룩류(Branchiopoda)의 Bosminidae와 Daphniidae가 주

**Table 1.** Alimentary contents (zooplankton) of *Plecoglossus altivelis* by the standard length in the Lake Okjeong and Churyeong Stream, Korea.

Prey organism	SL(mm) Locality	20~40	50~60	60~70	Total No.	Number (%)	weight (%)	Occurrence (%)	IRI	IRI (%)
		(n=10) S+L	(n=10) L	(n=10) S+L						
<b>Class Rhizopodea</b>			<b>6</b>		<b>6</b>	<b>1.5</b>	<b>+</b>	<b>13.3</b>	<b>19.7</b>	<b>0.2</b>
Family Arcellidae										
<i>Diffugia</i> sp.			6		6	1.5	+	13.3		
<b>Class Rotatoria</b>										
<b>Order Ploima</b>		<b>16</b>	<b>2</b>		<b>18</b>	<b>4.4</b>	<b>+</b>	<b>26.7</b>	<b>118.2</b>	<b>1.1</b>
Family Brachionidae										
<i>Branchionus</i> spp.		16	2		18	4.4	+	26.7		
<b>Class Crustacea</b>										
<b>Order Branchopoda</b>		<b>22</b>	<b>6</b>	<b>8</b>	<b>36</b>	<b>8.9</b>	<b>0.4</b>	<b>60.0</b>	<b>556.6</b>	<b>5.1</b>
Family Daphniidae										
<i>Daphnia</i> sp.		3			3	0.7	+	6.7		
<i>Ceriodaphnia</i> sp.		1			1	0.2	+	3.3		
<i>Moina</i> sp.		1			1	0.2	+	3.3		
Family Bosminidae										
<i>Bosmina</i> spp.		17	6	8	31	7.6	0.4	60.0		
<b>Order Copepoda</b>		<b>98</b>	<b>76</b>		<b>174</b>	<b>42.9</b>	<b>1.2</b>	<b>60.0</b>	<b>2645.6</b>	<b>24.4</b>
Family Cyclopidae		23	10		33	8.1	0.2	60.0		
Family Harpacticidae		75	66		141	34.7	1.0	53.3		
<b>Class Insecta</b>										
<b>Order Diptera</b>			<b>70</b>	<b>102</b>	<b>172</b>	<b>42.4</b>	<b>98.4</b>	<b>53.3</b>	<b>7504.9</b>	<b>69.2</b>
Family Chironomidae										
<i>Chironomus</i> spp. (larva)				42	42	10.3	6.0	20.0		
<i>Chironomus</i> spp. (pupa)			70	60	130	32.0	92.4	53.3		
Total		136	160	110	406	100.0	100.0	100.0	10845.0	100.0

S: Stream, L: Lake, +: less than 0.1%

로 관찰되었으며 그 다음으로 윤충류(Ploima)의 Brachionidae와 근족충류(Rhizopodea)의 Arcellidae가 소수 출현하였다. 치어는 3월 초 호소 가장자리의 3~5 m의 수초지대에서 채집되었으며, 이후 4월부터 호소에서 하천으로 소상하기 시작하여 하천에서 채집되었다. 3월에 채집된 치어는 체장 50~60 mm (n=10)였고, 위 내용물은 주로 깔다구류(Chironimidae)의 번데기와 요각류였으며, 소수의 물벼룩류와 윤충류, 근족충강류가 나타났다. 하지만 4월에 추령천과 옥정호 경계지역에서 채집된 치어들(50~70 mm, n=16)의 위에서는 깔다구류의 번데기와 유충, 물벼룩류 등의 동물성 먹이와 조류가 높게 나타났으나 3월 초에 출현한 요각류는 관찰되지 않았다. 한편 하천으로 소상한 치어들(50~80 mm, n=24)은 동물성 먹이대신 거의 대부분 조류가 관찰되었다. 5월에 채집된 개체는 하천으로 소상한 개체로 50~120 mm (n=61)였으며, 위 내용물은 대부분 조류로 규조강(Bacillariophyceae)의 *Navicula*, *Cymbella*가 가장 많이 나타나고, 그 다음으로 남조강(Cyanophyceae)의 *Phorimidium*, 규조

강의 *Synedra*, *Melosira*가, 그밖에 규조강의 *Cocconeis*, 녹조강(Chlorophyceae)의 *Closterium*, *Chlorella*가 소수 출현하였다. 또한 섭식과정에서 혼식된 것으로 추정되는 깔다구류의 번데기와 유충이 소수 출현하였다.

은어의 성장에 따른 먹이변화를 습중량으로 살펴보면 후기자어기(20~40 mm)에서는 20~50 µm로 먹이크기가 작은 요각류가 73.7%, 물벼룩류 26.4%를 섭식하고, 치어기(50~60 mm)로 성장하면서 먹이 전환이 일어나 먹이크기가 3~8 mm인 깔다구류가 93.2%로 대부분을 차지하였다(Fig. 2). 이후 소상준비단계에 있는 접경지역의 치어기(60~70 mm)에서는 먹이전환이 진행되면서 동물성먹이인 깔다구류가 32.2%로 비율이 감소하면서 조류가 67.5%로 증가하였으며, 이후 하천으로 완전히 소상한 치어들은 먹이전환이 일어나 거의 조류만을 섭식하였다.

## 2. 공복율과 상대중요성지수

위 내용물을 관찰한 개체의 공복율을 성장단계에 따라

**Table 2.** Alimentary contents (phytoplankton) of *Plecoglossus altivelis* by the standard length in the Lake Okjeong and Churyeong Stream, Korea.

Food items	Standard length (mm)	60~70	60~70	70~80	100~120	130~150
		(n=10)	(n=20)	(n=20)	(n=20)	(n=20)
Locality		Stream+Lake	Stream	Stream	Stream	Stream
<b>Class Cyanophyceae</b>						
<b>Order Nostocales</b>						
Family Nostocaceae						
<i>Nostoc</i> sp.						
						+
Family Oscillatoriaceae						
<i>Phorimidium</i> spp.						
		++	++	++	++	+++++
<b>Class Bacillariophyceae</b>						
<b>Order Centrales</b>						
Family Melosiraceae						
<i>Melosira</i> spp.						
		++	+++	++	++	++
<b>Order Pennales</b>						
Family Diatomaceae						
<i>Fragilaria</i> spp.						
		+	+	+	+	+
<i>Synedra</i> spp.						
		+	+++	+++	+++	+++++
Family Achnantheaceae						
<i>Cocconeis</i> spp.						
				+	+++	+
Family Naviculaceae						
<i>Cymbella</i> spp.						
		++	+++++	+++++	+++	+++++
<i>Gomphonema</i> spp.						
						+
<i>Navicula</i> spp.						
		++++	+++++	+++++	+++++	+++++
<i>Pinnularia</i> spp.						
		+++	++++	+++++	+++++	++
<b>Class Euglenophyceae</b>						
<b>Order Euglenales</b>						
Family Eugleninae						
<i>Euglena</i> sp.						
						+
<b>Class Chlorophyceae</b>						
<b>Order Zygnematales</b>						
Family Desmidiaceae						
<i>Closterium</i> spp.						
		+	++	++	+	
<i>Cosmarium</i> spp.						
			+	++	+	+
<b>Order Chlorococcales</b>						
Family Oocystaceae						
<i>Chlorella</i> spp.						
						++

+: 1~50 cells, ++: 50~100 cells, +++: 100~200 cells, ++++: 200~500 cells, +++++: above 500 cells

조사하였다. 전기자어기에 채집된 15개체에서는 먹이생물이 관찰되지 않았다. 후기자어는 채집된 81개체 중 30개체를 조사한 결과 2개체만이 위 내용물이 없어 공복율은 6.7%로 나타났으며, 3월에 호소에서 채집된 치어 10개체를 모두 조사하였는데 1개체만이 위 내용물이 없어 공복율은 10.0%였다. 또한 하천 경계지역과 하천에서 채집된 치어와 미성어 99개체 중 50개체를 관찰한 결과 위 내용물이 모두 관찰되어 공복율은 0%였다. 따라서 은어의 공복율은 전기자어기때를 제외하곤 공복율이 10% 이하로 낮게 나타났으며 특히 하천에 서식하는 치어와 미성어는 높은 섭식률을 보였다.

은어의 자어부터 치어까지의 동물성 먹이를 상대중요

성지수로 계산한 결과(Table 1) 깔다구류는 총 먹이생물 개체수의 42.4%, 전체 먹이양의 98.4%, 출현빈도는 53.3%로 나타나 상대중요성지수가 69.2%로 가장 높은 비율을 차지하였다. 요각류는 총 먹이생물 개체수의 42.9%, 전체 먹이양의 1.2%, 출현빈도는 60.0%로 나타나 상대중요성지수는 24.4%로 두 번째로 높게 나타났다. 물벼룩류는 총 먹이생물 개체수의 8.9%, 전체 먹이양의 0.4%, 출현빈도 60.0%로 나타나 상대중요성지수는 5.1%를 차지하였다. 윤충류는 총 먹이생물 개체수의 4.4%, 출현빈도 26.7%로 나타나 상대중요성지수는 1.1%를 차지하였고, 근족충류는 상대중요성지수가 0.2%로 낮게 나타났다.

3. 이와 위의 형태 변화

옥정호산 육붕형 은어의 치계와 식성변화를 조사한 결과 Table 3과 같다. 전기자어와 후기자어에서는 이가 관찰되지 않았다. 하지만 3월 호소에서 채집된 치어들은 턱의 모양이 타원형이며 동물성 먹이를 섭식하기 좋은 원

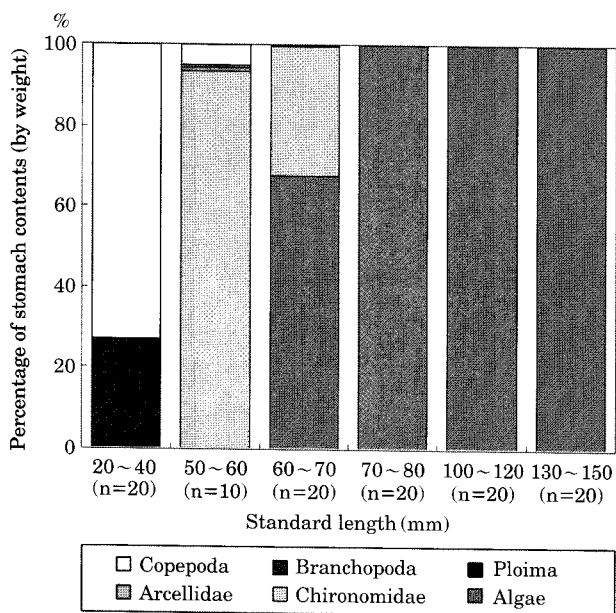


Fig. 2. Ontogenetic changes in percentage of stomach contents by weight of a land-locked *Plecoglossus altivelis* in the Lake Okjeong, Korea.

뿔형 모양의 원추치를 모두 가지고 있었고 위턱과 아래턱 안쪽에 모두 돌출되어 있었다(Fig. 3A). 소상을 시작

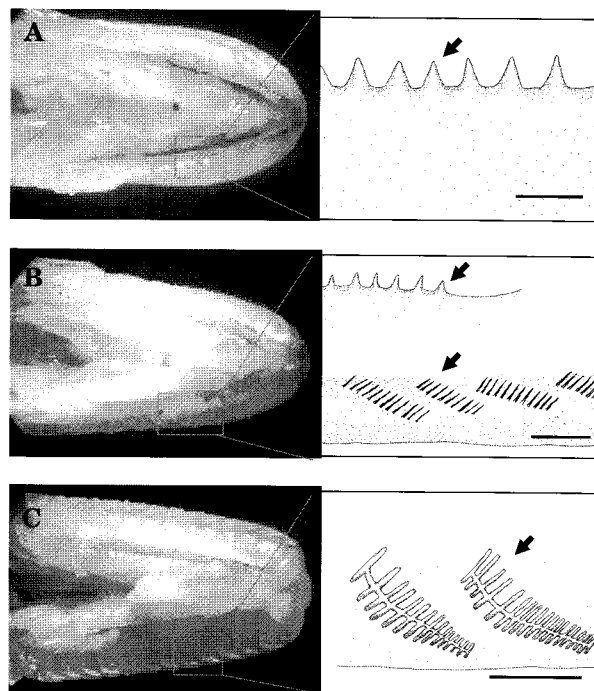


Fig. 3. Change of lower jaw teeth by growth and feeding habit in *Plecoglossus altivelis* in the Lake Okjeong, Korea. Scale bar=1 mm. A. Conical teeth, B. Conical+Comb-like teeth, C. Comb-like teeth.

Table 3. Relationships of diet and teeth form of the *Plecoglossus altivelis* in the Lake Okjeong, Korea.

	SL (mm)	Absent	Conical teeth	Conical+ Comb-like teeth	Comb-like teeth	Organism	
2004	4~10. Oct.	5~10	15			-	
	6~19. Nov.	20~30	13			zooplankton	
		30~40	68			zooplankton	
2005	6. Mar.	50~60	10			zooplankton	
	3. Apr.	50~60	7			zooplankton	
		60~70	5	5		zooplankton/periphyton	
	16. Apr.	50~60	2	2	6	2	zooplankton/periphyton
		60~70	2	2	5	2	zooplankton/periphyton
2005	70~80				4	periphyton	
	50~60			5	4	periphyton	
	60~70				18	periphyton	
	70~80				6	periphyton	
	8. May	80~90				9	periphyton
		90~100				10	periphyton
	100~110				6	periphyton	
	110~120				1	periphyton	
Total number		96	26	21	62		

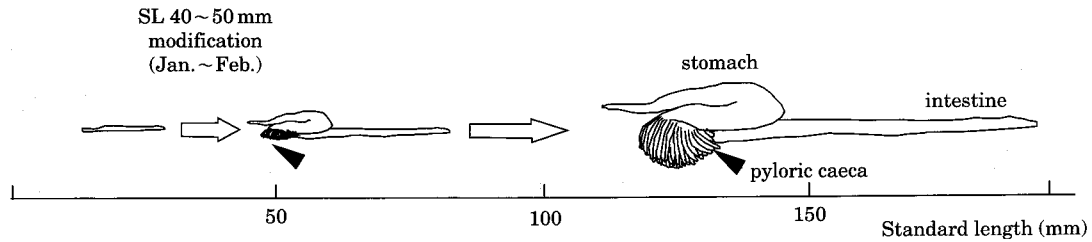


Fig. 4. The change of the alimentary canal by growth and feeding habit of *Plecoglossus altivelis* in the Lake Okjeong, Korea.

하는 4월의 치어는 동물성 먹이와 식물성 먹이가 같이 나타났으며 이는 입 안쪽에 원추치를 가지고 있었고 입 바깥쪽에 발달 초기의 즐상치가 관찰되었다(Fig. 3B). 5월에 하천상류에서 채집된 치어들은 원추치가 대부분 탈락하였고 턱 모양이 마름모 모양으로 변하였으며 위턱과 아래턱 양쪽으로 빗모양으로 발달한 즐상치가 배열되어 있었다(Fig. 3C). 이러한 즐상치의 모양은 돌 표면에 부착되어 있는 조류를 섭식하기에 적합한 구조였으며, 섭식된 먹이도 대부분 돌표면에 부착되어 있던 조류로 나타났다.

또한 성장에 따른 위의 구조에서도 변화가 나타났다. 자어의 소화관 모양은 I자였으나 1~2월 치어기(체장 40~50 mm)로 넘어가면서 소화관은 Z자 모양으로 두 번 회절이 일어났다. 소화관의 앞부분은 팽대해지면서 위로 발달하기 시작하였고 주변에 유문수도 발달하였으며 70 mm 이상의 개체에서는 위와 유문수의 성장이 가속화되었다(Fig. 4).

## 고 찰

은어는 바다와 하천을 왕래하는 양측회유성 어류로 바다에서는 자어기부터 치어기까지 성장하며 이후 하천으로 소상하여 성장 및 산란을 하게 되는데, 육봉형 은어는 자어기부터 치어기까지의 서식지가 바다 대신 호소로 바뀌었으며 이에 따라 먹이생물도 바다 연안의 동물성플랑크톤에서 호소내에 주로 서식하는 동물성플랑크톤으로 바뀌게 된다(김과 박, 2002). 농림부(1998)는 우리나라 안동호산 육봉형 은어의 자어기부터 하천으로 소상한 미성어기까지의 식성을 분석하고 하천과 바다를 오가는 자연형 은어의 하천에 소상한 미성어기의 식성을 분석한바 있다(Table 4). 안동호산 육봉형 은어의 전기자어기에는 동물질 포자를 섭식하고, 후기자어기에는 요각류와 윤충류를, 치어기에는 요각류, 물벼룩류 및 깔다구류를 주로

섭식을 하며 하천으로 소상한 치어와 미성어는 부착조류를 섭식한다고 하여 먹이생물이 본 결과와 비슷하게 나타났다. 하지만 동물성 먹이분석이 부피나 출현빈도는 고려되지 않고 수로만 분석하여 요각류(57.7%), 물벼룩류(29.1%), 깔다구류(12.4%)의 순으로 나타난다고 보고하였다. 본 연구로 육정호산 육봉형 은어의 동물성 먹이를 상대중요성지수(IRI)로 분석한 결과 깔다구류(69.2%), 요각류(24.4%), 물벼룩류(5.1%) 등의 순으로 나타나 깔다구류가 요각류나 물벼룩류보다 중요한 먹이생물로 판단되었다. 또한 하천과 바다를 오가는 자연형 은어의 동물성 먹이분석은 아직까지 이루어지지 않아 추후 세부적인 연구가 필요하다고 생각된다. 하천으로 소상한 은어들은 돌 표면의 부착조류가 주요 먹이원이 되는데 마읍천과 탐진강의 자연형 은어와 안동호와 육정호의 육봉형 은어는 공통적으로 규조류가 높게 출현하고 있었다. 하지만 세부적으로 우점하여 출현하는 규조류는 육정호가 *Nabucula*, *Gomphonema*, *Cymbella*, 안동호는 *Synedra*, *Cymbella*, *Nabucula*, 마읍천은 *Cymbella*와 *Nabucula*, 탐진강은 *Cymbella*와 *Fragilaria*로 나타나 약간의 차이를 보였다. Kawabata *et al.* (2002)은 일본의 Biwa호에 서식하는 육봉형 은어 중 Koayu type을 6월과 7월(평균체장 73 mm)에 채집하여 분석하였는데 주로 물벼룩류를 섭식하고 요각류, 수서곤충 및 망둑어 자어 등을 소수 섭식한다고 하였다. 따라서 성장에 따른 전반적인 먹이생물을 비교할 수 없지만 호내에 서식하는 치어의 먹이에서는 구성 비율에 차이를 보였다.

Song(1982)은 육정호의 플랑크톤 조성에 있어 남조류(Cyanophyceae)가 특히 풍부하게 나타나며, 동물성플랑크톤에서는 윤충류가 가장 우점하고, 그 다음으로 근족충류(꽃병벌레류), 물벼룩류, 요각류가 높게 출현한다고 보고한바 있어 자치어기의 은어는 육정호에 서식하는 동물성 플랑크톤을 선택적으로 섭식하는 것을 알 수 있다. 깔다구류 유충은 담수의 하천이나 호소에 풍부하게 서식하는 수서곤충으로 담수에 서식하는 소형 어류인 금강모치

**Table 4.** Alimentary contents of *Plecoglossus altivelis* on the several collecting sites.

Prey organism	Lake Okjeong <sup>1</sup> (Present study)	Lake Andong <sup>1</sup> (MAF <sup>***</sup> , 1998)	Maup S. <sup>2</sup> (MAF, 1998)	Tamjin R. <sup>2</sup> (MAF, 1998)	Lake Biwa <sup>3</sup> (Kawabata, 2002)
<b>Class Rhizopodea*</b>					
Arcellidae spp.	+	+			
<b>Class Rotatoria*</b>					
Ploima spp.	++	++			
<b>Class Crustacea*</b>					
Branchopoda spp.	++	+++			+++
Copepods spp.	+++	+++			+
Others spp.					+
<b>Class Insecta*</b>					
Chironomids spp.	+++	+++			+
Others spp.					+
<b>Class Pisces*</b>					
Gobiidae spp.					+
<b>Class Cyanophyceae**</b>					
<i>Nostoc</i> sp.	+				
<i>Phormidium</i> spp.	+++				
<i>Aphanocapsa</i> spp.			+		
<i>Oscillatoria</i> spp.				+	
<i>Scillatoria</i> spp.				++	
<b>Class Bacillariophyceae**</b>					
<i>Melosira</i> spp.	++	+			
<i>Fragilaria</i> spp.	+	+++	++	+++	
<i>Synedra</i> spp.	+++	+++++	++		
<i>Diatoma</i> spp.		+			
<i>Cocconeis</i> spp.	++				
<i>Cymbella</i> spp.	++++	++++	++++	++++	
<i>Gomphonema</i> spp.	+++++	+	+	+	
<i>Navicula</i> spp.	+++++	++++	++++	++	
<i>Pinnularia</i> spp.	+++	++	++	++	
<i>Amphora</i> spp.			+		
<i>Tabellaria</i> spp.				+	
<i>Diploneis</i> spp.				+	
<i>Achnanthes</i> spp.				++	
<i>Surirella</i> spp.	++				
<b>Class Euglenophyceae**</b>					
<i>Euglena</i> sp.	+				
<b>Class Chlorophyceae**</b>					
<i>Scenedesmus</i> spp.		++	+		
<i>Klensomidium</i> spp.				+	
<i>Stigeoclonium</i> spp.		+			
<i>Schizomeris</i> spp.			++	+	
<i>Spirogira</i> spp.		+		++++	
<i>Closterium</i> spp.	+	++	+	++	
<i>Cosmarium</i> spp.	+	++	++		
<i>Chlorella</i> spp.	+				

\*+: 1~10, ++: 10~50, +++: 50<, \*\*: 1~50 cells, ++: 50~100 cells, +++: 100~200 cells, ++++: 200~500 cells, +++++: above 500 cells, \*\*\*MAF. Ministry of agriculture and forestry, <sup>1</sup>larva to immature stage, <sup>2</sup>only immature stage, <sup>3</sup>collected in June and July

(*Rhynchocypris kumgangensis*), 연준모치 (*Phoxinus phoxinus*), 독중개 (*Cottus poecilopus*), 좁구갈치 (*Hyoseleotris swunhonis*), 돌상어 (*Gobiobotia brevibarba*), 꾸구리 (*G. macrocephala*), 통사리 (*Liobagrus obesus*), 왕중개 (*Iksookimia longicorpa*), 줄중개 (*Cobitis tetralineata*) 등의 어류에 중요한 먹이원이 된다(변 등, 1995; 윤, 1995; 김,

1996; 최 등, 2001; 백 등, 2002; 손과 변, 2004; 최 등, 2004; 김과 고, 2005; 김 등, 2006). 본 조사에서는 호소에 서식하는 은어 치어기에 깔다구류 번데기를 우점적으로 섭식하였는데 유충이 아닌 번데기 상태가 중요한 먹이원이 되는 것은 극히 드문 경우이다. 깔다구류의 번데기는 수초대에 많이 붙어 있거나 수초 속에 많이 서식하고 있

는데(윤, 1995), 은어는 겨울동안에 이러한 서식지에서 주로 먹이활동을 하며 서식하는 것으로 추정된다. 또한 하천으로 소상하려는 은어 치어의 경우는 깔다구류의 번데기 뿐만 아니라 유충도 중요한 먹이로 작용하고 있었다.

어류들은 성장하면서 여러 번 먹이전환이 일어나는데, 은어는 성장함에 따라 먹이전환이 3번 이상 일어나는 것으로 추정된다. 첫 번째는 전기자어에서 후기자어로 성장하면서 작은 초기먹이 생물에서 요각류나 물벼룩류로의 먹이 전환이다. 본 연구에서는 전기자어기에 먹이생물을 관찰하지 못하였지만 안동호의 전기자어에서는 동물성 포자가 관찰된 바 있고(농림부, 1998), 전기자어가 섭식할 수 있는 유충류가 다수 관찰되었다. 이러한 유충류 중 *Branchionus*는 크기가 3~5  $\mu\text{m}$ 로 자어가 충분히 섭식할 수 있는 크기이며, 현재 양식업에서는 *Branchionus*가 은어의 초기먹이로 개발되어져 이용되고 있어(농림부, 1998; 이 등, 2004) 유충류가 자어의 중요한 먹이원으로 판단된다. 두 번째는 후기자어기에서 치어기로 넘어가는 시기로 성장으로 인해 요각류나 물벼룩보다 큰 먹이인 깔다구류로의 전환이다. 세 번째는 호소에서 하천으로 서식지가 바뀌면서 동물성 먹이에서 식물성 먹이인 부착조류로 바뀌는 것이다. 성장으로 인해 보다 안정되고 충분한 먹이확보가 필요하게 되는데, 이때 하천으로 소상하여 하천에 풍부한 부착조류를 섭식함으로써 이를 해결할 수 있는 것으로 사료된다.

은어는 바다(호)에서 하천으로 소상할 때 이의 모양이 치어기의 원추치(conical teeth)에서 성어기의 즐상치(comb-like teeth)로 변화하며, 식성도 동물성에서 식물성으로 변화한다(Iwai, 1962). 호소의 치어에서 나타난 원추형 이는 깔다구와 같은 먹이를 물기에 적당한 이의 형태였으며, 하천으로 소상한 치어나 미성어의 즐상치는 돌 표면에 부착된 조류를 뜯어먹기 좋은 형태를 하고 있었다. 이러한 먹이습성과 이의 변화는 Yahagi강(Mikawa Bay)과 Biwa호, 안동호에서 보고 된바 있으며 변화되는 시기나 체장크기는 지역에 따라 약간의 차이를 보였다(Komada, 1982; 농림부, 1998). 위와 소화관은 먹이의 저장과 소화를 진행시키는 기관으로 먹이의 종류나 크기에 따라 여러 가지 종류로 나누어지며 성장에 따라 변화한다(김, 1978). 은어는 부화 후 후기자어까지는 I자 모양이었지만 1월부터 2월 사이에 장 모양이 Z자를 형성하면서 앞부분이 위로 발달하고, 위 주위에 유문수가 발달하기 시작하였다. 이 시기는 먹이생물의 크기가 작은 요각류와 물벼룩류에서 크기가 큰 깔다구로의 먹이전환이 일어날 때이며, 위와 유문수의 발달로 보다 많은 먹이의 지

장과 효과적인 소화를 가능하게 하는 것으로 생각된다. 따라서 이의 변화와 소화관의 발달 시기는 먹이생물과 매우 밀접한 관련이 있는 것으로 사료된다.

## 적 요

2004년부터 2005년에 걸쳐 육정호 육봉형 은어(*Plecoglossus altivelis*)의 성장에 따른 식성 및 섭식기관의 변화를 조사하였다. 호소에 서식하는 체장 25~40 mm의 후기자어는 요각류, 물벼룩류 및 유충류를 주로 섭식하였고, 체장 50~60 mm의 치어는 파리목의 깔다구류, 요각류 및 물벼룩류를 주로 섭식하였다. 반면에 추령천에 소상한 60~70 mm의 치어는 동물성 먹이와 조류를 같이 섭식하였으며, 70 mm 이상의 미성어는 *Synedra*, *Cymbella*, *Navicula* 및 *Pinnularia*와 같은 부착조류를 주로 섭식하였다. 또한 성장 및 먹이생물과 관련하여 이(teeth)와 위(stomach)의 형태도 바뀌었다.

## 인 용 문 헌

- 고명훈, 김익수, 박종영, 이용주. 2007. 육정호 육봉형 은어 *Plecoglossus altivelis* (Pisces: Osmeridae)의 서식분포와 생태. 한국어류학회지 19(1): 24-34.
- 김병직. 1996. 한국산 쯤구굴치 *Hypseleotris swinhonis* (Günther)의 생태와 생활사. 전북대학교 대학원 석사학위논문.
- 김용익. 1978. 어류학 총론. 태화출판사.
- 김익수, 고명훈. 2005. 섬진강에 서식하는 왕종개 *Iksookimia longicorpa* (Cobitidae)의 생태한국어류학회지 17(2): 112-122.
- 김익수, 고명훈, 박종영. 2006. 줄종개 *Cobitis tetralineata* (Pisces; Cobitidae)의 개체군 생태. 한국생태학회지 29(3): 277-286.
- 김익수, 박종영. 2002. 한국의 민물고기. 교학사.
- 농림부. 1998. 담수에서의 은어 중요생산 기술 개발. 국립수산진흥원 진해내수면 연구소.
- 백현민, 송호복, 심하식, 김영진, 권오길. 2002. 연준모치 *Phoxinus phoxinus*와 금강모치 *Rhynchocypris kumgangensis*의 서식지 분리와 먹이선택. 한국어류학회지 14(2): 121-131.
- 변화근, 심하식, 최재석, 손영목, 최준길, 전상린. 1995. 치악산 계류에 서식하는 독종개 (*Cottus poecilopus* Heckel)의 식성. 한국어류학회지 7(2): 160-170.
- 손영목, 변화근. 2004. 금강에 서식하는 통사리 (*Liobagrus obesus*)의 식성. 한국어류학회지 14(4): 336-340.



- 이계안. 1996. 한국산 은어, *Plecoglossus altivelis*의 생물학적 특성 및 영양생리. 부산수산대학교 대학원 박사학위논문.
- 이균우, 박흥기, 이상민, 한현섭, 임영수. 2004. 은어 자어 (*Plecoglossus altivelis*) 사육에 있어서 담수산 rotifer (*Braconionus calyciflorus*)의 먹이효과. *육수지* **37**(1): 7-12.
- 윤일병. 1995. 수서곤충검색도설. 정행사.
- 정준. 1993. 한국담수조류도감. 아카데미서적.
- 조규승. 1993. 한국담수동물플랑크톤도감. 아카데미서적.
- 최기철. 1995. 봉화군 일대에서 서식하는 육봉형 은어의 생태 조사. 봉화군 용역보고서.
- 최재석, 권오길, 박정호, 변화근. 2001. 홍천강에 서식하는 돌상어 (*Gobiobotia brevibarba*)의 식성. *한국어류학회지* **13**(4): 230-236.
- 최재석, 장영수, 이광렬, 권오길. 2004. 남한강에 서식하는 꾸구리 (*Gobiobotia macrocephala*)의 식성. *한국어류학회지* **16**(2): 165-172.
- 한국수자원공사(K-water). 1985~1994. 옥정호 다목적댐 관리연보.
- Iwai, T. 1962. Studies on the *Plecoglossus altivelis* problem: Embryology and histophysiology of digestive and osmoregulatory organs. *Bull. Misaki Mar. Biol. Inst. Kyoto University* **2**: 1-101.
- Kawabata, K., T. Narita, M. Nagoshi and M. Nishino. 2002. Stomach contents of the landlocked dwarf ayu in Lake Biwa, Japan. *Limnol.* **3**: 135-142.
- Komada, K. 1982. Growth and replacement of dentary teeth in young ayu *Plecoglossus altivelis*. *Japan J. Ichthy.* **29**(2): 213-219.
- Mittelbach, G.G. 1984. Predation and resource partitioning in two sunfish (Centrarchidae). *Ecol.* **65**: 499-513.
- 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.
- Peter B.M. and J.C.J. Joseph. 2000. Fishes. An introduction to ichthyology. fourth edition. Prentice Hall.
- Pinkas, L., M.S. Oliphant and I.K.K. Iverson. 1971. Food habits of albacore, bluefin tuna, and bonito in California water. *Calif. Dep. Fish Game Fish/Bull* **152**: 1-105.
- Shiraish, Y. and N. Suzuki. 1962. The spawning activity of ayu-fish, *Plecoglossus altivelis*. *Freshwater an Annual Report* **12**(1): 83-107. (In Japanese)
- Song, H.H. 1982. Composition and characteristics of plankton communities in Lake Ok-jeong. *Bull. Korean Fish. Soc.* **15**(4): 333-344.

(Manuscript received 19 April 2007,  
Revision accepted 27 May 2007)