

금강모치, *Rhynchocypris kumgangensis* (Cyprinidae)의 개체군 생태

송 호 복

강원대학교 자연과학대학 생물학과

Population Ecology of Fat minnow, *Rhynchocypris kumgangensis* (Cyprinidae) in Korea

Ho-Bok Song

Department of Biology, Kangwon National University, Chunchon 200-701, Korea

Population ecology of *Rhynchocypris keumgangensis* have been investigated at upper part of the Han River in Korea from January to December, 1995. The habitat was low water temperature and clean area, and stream form was Aa. The major cohabitation fish was *Phoxinus phoxinus*. The total lengths in this population indicated that below 40 mm group is one year old, 40~65 mm group is two years old, 65~80 mm group is three year and the 80 mm longer group is regarded over four years old. There were no differences in total length distribution between the female and the male. The males became sexually mature, when longer than 45 mm and females longer than 65 mm in total length. Spawning season was from April to mid May with the water temperature in 11~14°C and the properous period was April. The mean number of eggs in ovary was 1,616. The sex ratio all the year round of the female to the male was 1 : 0.75. The current velocity of the spawning ground was 44 (20~80) cm/sec and water depth was 35 (5~70) cm. Eggs were laied in 5~15 cm deep underneath the immaculate pebbles (2~6 cm). Sex ratio of the female to the male was 1 : 6.90 for spawning behavior.

Key words : *Rhynchocypris kumgangensis*, sex ratio, population

서 론

어류의 생태연구를 위한 서식지 조사는 하상구조, 유속, 수심, 수온, 수질 등과 같은 물리적 미세 서식지 환경 특성뿐 만 아니라 동일 장소에 혼서하고 있는 어류와 수서생물에 따라 생물 상호간의 먹이 및 서식지 경쟁, 먹이연쇄 등과 같은 다양한 정보를 제공해 준다. 또한 개체군생태에 관한 연구는 성장, 성비, 먹이생물, 산란시기와 산란적은, 성숙연령, 산란장, 생식행동 등 종에 대한 여러 가지 특징과 습성을 파악할 수 있다. 따라서 어류

의 서식지 환경과 개체군 생태에 관한 연구는 종의 이해와 더불어 다양한 생물학적 지식을 축적할 수 있으며, 이를 토대로 어족자원의 보존과 보호 및 증식 등에 다 각도로 이용될 수 있다.

버들치 (*Rhynchocypris*)속 어류는 동북아시아의 북부에서 분화된 어종으로 잉어과 (Cyprinidae)의 황어아과 (Leuciscinae)에 속하는 소형의 일차담수어로서, 중국 동북부, 한국, 일본 등에 분포하고 있으며 (Nishimura, 1974; 전, 1980, 1989; 川那部, 水野, 1989), 계통적 위치, 형태적인 유사성 등에 따른 문제점으로 인해 학명의 사용에 많은 논란이 있는 분류군이다 (Berg, 1949; 中村,

1969; 宮地 등, 1976; 김, 1980; 전, 1980, 1989; 김 등, 1985; Howes, 1985; 김, 강, 1993; 김, 1997). 우리나라에는 남북을 통틀어 5종의 버들치속 어류가 보고되어 있으며, 물이 차고 용존산소가 풍부한 산간계류에 주로 서식하는 것으로 알려져 있다(內田, 1939; 정, 1977; 최 등, 1990; 김, 1997). 금강모치 *Rhynchocypris kumgangensis*는 최초로 內田(1939)에 의해 *Moroco* sp.로 기록된 한국고유종으로 한강 상류와 금강 상류의 일부 지역, 그리고 북한의 압록강과 적벽강 상류, 외금강의 계류 등에서 서식하는 것으로 알려져 있다(內田, 1939; Mori, 1952; 최, 1973; 정, 1977; 최 등, 1977; 전, 1980; 김 등, 1985; 최 등, 1989, 1990; 김, 1997).

본 종에 관한 생태학적 연구는 內田(1939)가 생태와 생활사 등에 관하여 조선어류지에 간단히 기술한 것과 그리고 송과 최(1997)의 난 발생과 자어의 성장에 관한 연구 외에는 알려진 것이 거의 없는 실정이다. 그 밖의 생물학적 연구에는 김과 강(1986), 남(1991)의 골격에 관한 보고 그리고 이 등(1984), 이 등(1986)의 핵형 연구, 정 등(1986)의 효소변이에 관한 연구 등이 있다.

본 연구에서는 *R. kumgangensis*의 개체군 생태 연구의 일환으로 본 종의 성장, 성숙 및 생식생태를 중심으로 조사, 연구하였다.

재료 및 방법

*R. kumgangensis*의 서식지 환경특성을 조사하기 위하여 남한강의 지류인 강원도 정선군 동면 호촌리의 동대천 상류(St. 1)와 평창군 미탄면 마하리의 마하천(St. 2), 북한강의 지류인 인제군 기린면 진동리의 방동천 상류(St. 3)와 홍천군 내면 창촌리의 내린천 상류(St. 4) 등을 조사하였다(Fig. 1). 각 하천을 대상으로 *R. kumgangensis*의 서식 밀도가 비교적 높은 지점을 선택하여 1995년 5월과 6월에 걸쳐, 하천별 환경조사와 함께 죽대(망목, 5 5 mm), 투망(5 5 mm) 등을 사용하여 어류를 채집한 후 김(1988)의 방법으로 동정, 분류하였으며, 출현 어류상과 상대풍부도 등을 조사하였다.

본 종의 생태조사는 1995년 1월부터 동년 12월까지, 남한강의 동대천 상류(St. 1)에서 시행하였으며, 어류의 채집과 수은 측정은 산란기를 전후한 3~5월에는 월 2~3회 실시하였고, 그 외에는 월 1회 실시하였다. 채집된 어류의 대부분은 현장에서 성감별과 전장(total length) 측정 후 방류하였으며, 일부는 생태학적 연구를 위하여 10% 포르말린에 고정된 후, 실험실에서 분석하였다. 암·수 구별은 2년생 이상의 개체들을 대상으로 수컷에서 나타나는 생식돌기를 확인하여 구별하였으며,

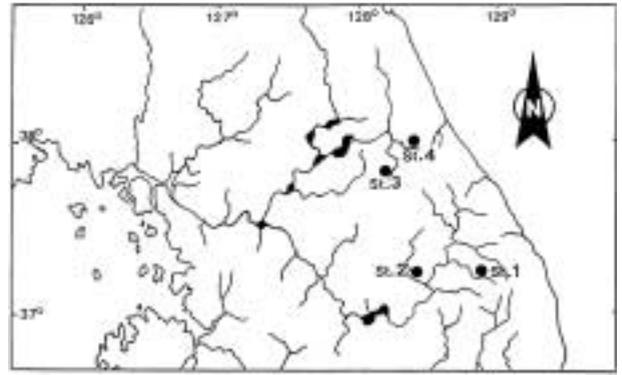


Fig. 1. Map showing the study stations in the Han River system, Korea.

- St. 1: Upper Dongdaechon in the Namhan River, Hochonri, Dongmyon, chungsungun, Kangwondo
- St. 2: Mahachon in the Namhan River, Mahari, Mitannyon, Pyongchanggun, Kangwondo
- St. 3: Upper Bangdongchon in the Pukhan River, Jindongri, Kirinmyon, Injegun, Kangwondo
- St. 4: Upper Naerinchon in the Pukhan River, Changanchonri, Naemyon, Hongchongun, Kangwondo.

전장은 1/20 mm vernier calipers를 사용하여 측정하였다. 체중, 생식소 무게 등은 0.01 g까지 측정하여 생식소 성숙도(gonadosomatic index (GSI) = gonad weight/body weight 100)를 분석하였다. 연령 산정은 전장빈도분포법(total length frequency distribution, Ricker, 1971)을 이용하였고, 포란수 조사를 위하여, 산란 성기에 채집한 암컷을 대상으로 난소를 적출하여 난을 계수하였다. 산란생태의 조사는 산란장의 물리적 조건 산란행동의 양상 등과 함께 산란행동 중인 개체군을 trap을 이용하여 채집, 산란 그룹의 전장조성(연령)과 성비, 생식소 성숙도 등을 조사하였다.

결 과

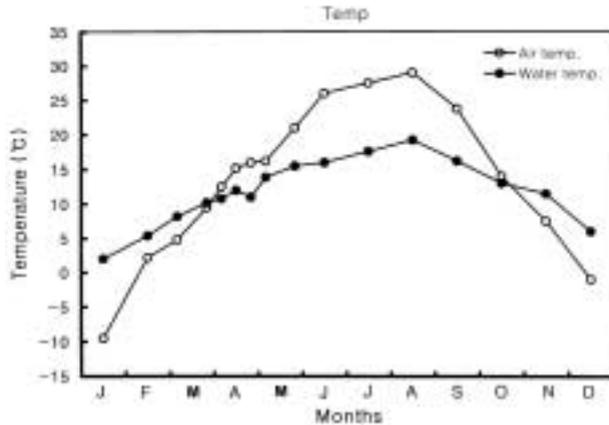
1. 서식지 환경 및 어류상

*R. kumgangensis*의 서식지는 모두 하천의 최상류 지역에 가까웠으며, 하폭은 약 5~30 m, 유폭은 2~10 m, 수심 15~100 cm 가량이었다. 하천형은(可兒, 1944) 여울과 소가 반복되는 전형적인 Aa형이었으며, 하상은 큰 돌과 자갈 등으로 구성되어 있었고, 유속이 느린 곳은 잔자갈 등이 깔려 있었다(Table 1). 생태 조사지역인 동대천 상류(St. 1)는 조사지역의 상류 2 km 지점에서 다량의 용천수가 흘러나와 하절기에도 수온이 낮은 특징

Table 1. Physical characters at habitats of *Rhynchocypris kumgangensis* in each station of the Han River in May and June 1995

Structure Stations	Form of stream	Width of stream	Width of water	Depth of water	Structure of bottom* B : C : P : G : S
St. 1	Aa	5~25	2~10	15~100	3 4 2 1 0
St. 2	Aa	10~20	3~8	20~80	3 5 2 0 0
St. 3	Aa	30~40	5~10	20~40	2 3 4 1 0
St. 4	Aa	15~20	5~15	30~100	3 3 3 1 0

* by Cummins (1962): B (boulder, ~256 mm), C (cobble, 256~64 mm), P (pebble, 64~16), G (graver, 16~2 mm), S (sand, 2~ mm).

**Fig. 2.** Monthly changes of air and water temperature (°C) at upper Dongdaechon, a tributary of the Han River from January to December in 1995.

을 보였다. 연중 수온의 변화는 1월이 2.0°C로 가장 낮았고 8월이 19.2°C로 최고 값을 보였다 (Fig. 2). 수소이온농도 (pH)는 연중 7.6~8.4로 비교적 높아 석회암지대의 특징을 잘 반영하고 있었으며, 용존산소량 (DO)은 9.2~14.0 mg/l 범위로 연중 과포화 상태였다. 생물화학적산소요구량 (BOD)은 연중 0.4~0.9 mg/l로 수질은 양호하였다 (Table 2).

*R. kumgangensis*의 주된 동서어류와 상대풍부도 등을 조사하기 위하여 각 지점별로 조사한 결과는 다음과 같다. 동대천 상류 (St. 1)의 어류상은 3과 5종으로 매우 단순하였으며, *Phoxinus phoxinus* 46.7%, *R. kumgangensis*가 43.9%로 두 종이 전체 90.6%를 차지하였고, *Cottus poecilopus*가 5.2%, 그 외 *Orthrias nudus*, *Iksookimia rotundicaudata* 등의 상류성 어종만이 소수 채집되었다. St. 2의 마하천에서는 모두 5과 9종으로 *P. phoxinus*가 36.9%, *R. kumgangensis*가 34.2%로 동대천과 같이 두 종이 거의 유사한 비율로 우점하였고, 그 외의 어류는 *O. nudus*만이 상대풍부도 10%를 넘어섰고 나머지는 매우 소수의 개체만이 채집되었다. 방동천 상류인 St. 3에서는 *R. kumgangensis*가 83.5%로 단연 우

Table 2. Monthly changes of chemical characters at upper Dongdaechon, a tributary of the Han River from January to December in 1995

	pH	DO (mg/l)	BOD (mg/l)
Jan.	7.9	14.0	0.6
Feb.	8.0	13.5	0.6
Mar.	8.3	13.1	0.4
Apr.	8.2	11.9	0.6
May	8.4	11.1	0.9
Jun.	8.3	10.4	0.8
Jul.	8.2	10.5	0.7
Aug.	7.9	9.2	0.8
Sep.	8.0	11.3	0.9
Oct.	7.9	11.1	0.8
Nov.	7.6	11.5	0.9
Dec.	7.8	13.3	0.8

세종으로 나타났으며 어류상은 3과 4종으로 매우 빈약하였다. St. 4인 내린천 상류에서는 모두 4과 10종으로 조사 지점 중 가장 많은 어종이 채집되었으며, 역시 *R. kumgangensis*가 48.8%로 우점하였고 *Ladislavia taczanowskii*가 23.6%로 비교적 많은 개체가 혼서하고 있었다 (Table 3). 본 종이 *P. phoxinus*와 혼서하는 하천의 경우, 두 종이 유사한 비율로 동일 장소에서 함께 채집되었으며, 그 밖의 하천에서는 *R. kumgangensis*가 단연 우세하게 나타났으나 *L. taczanowskii*, *O. nudus*, *C. poecilopus* 등의 동서 비율도 비교적 높게 나타났다. *R. kumgangensis*는 여울지역과 소지역 등에 다양하게 서식하고 있었으나 큰 개체들은 비교적 급류지역과 깊은 소 지역에서 다수 채집되었다.

2. 전장조성 및 연령

성장이 비교적 빠르고, 단기간 내에 산란을 마치는 본 종의 특성에 따라 전장빈도분포법 (Ricker, 1971)을 이용하여 주된 산란기인 4월의 전장조성의 유형과 연령을 조사하였다 (Fig. 3). Fig. 3의 A와 같이 전장에 따라 약 4개의 정점이 나타나고 각 정점에 속한 군을 각각의 연령 군으로 추정할 수 있는 바, 전장 약 40 mm 이하 군

Table 3. List, individual number and relative abundance of cohabitation fish of *Rhynchocypris kumgangensis* in each situation of the Han River in May or June 1995

Species	Stations	St. 1	St. 2	St. 3	St. 4	Total
Cyprinidae (잉어과)						
<i>Ladislavia taczanowskii</i> (새미)					30(23.6)	30(4.9)
<i>Pungtungia herzi</i> (돌고기)				4(3.3)	2(1.6)	6(1.0)
* <i>Coreoleuciscus splendidus</i> (쉬리)			10(6.7)		7(5.5)	17(2.8)
* <i>Microphysogobio longidorsalis</i> (배가사리)					2(1.6)	2(0.3)
* <i>Gobiobotia brevibarba</i> (돌상어)			5(3.4)			5(0.8)
* <i>Rhynchocypris kumgangensis</i> (금강모치)		93(43.9)	51(34.2)	101(83.5)	62(48.8)	307(50.4)
<i>Phoxinus phoxinus</i> (연준모치)		99(46.7)	55(36.9)			154(25.3)
<i>Zacco temmincki</i> (갈겨니)					12(9.5)	12(2.0)
Cobitidae (미꾸리과)						
* <i>Iksookimia koreensis</i> (참중개)					2(1.6)	2(0.3)
* <i>Iksookimia rotundicaudata</i> (새코미꾸리)		2(0.9)	5(3.4)		5(3.9)	12(2.0)
<i>Orthrias nudus</i> (중개)		7(3.3)	20(13.4)			27(4.4)
Salmonidae (연어과)						
<i>Brachymystax lenok</i> (열목어)				5(4.1)		5(0.8)
Siluridae (메기과)						
* <i>Silurus microdorsalis</i> (미유기)			1(0.7)		1(0.8)	2(0.3)
Amblycipitidae (통가리과)						
* <i>Liobagrus andersoni</i> (통가리)			1(0.7)		4(3.2)	5(0.8)
Cottidae (독중개과)						
<i>Cottus poecilopterus</i> (독중개)		11(5.2)	1(0.7)	11(9.0)		23(3.8)
Total number		212	149	121	127	609
Family/Species		3/5	5/9	3/4	4/10	6/15

*: Endemic species of Korea

Numbers in parenthesis are relative abundance (%).

은 만 1년생, 40~65 mm군은 만 2년생, 65~80 mm군은 만 3년생 그리고 80 mm 이상 군은 만 4년생 이상으로 추측되었다. 만 1년생 그룹이 만 2년생이나 기타 연령군에 비하여 개체수가 적은 것은 채집도구 망목의 크기로 인해 소형 개체들의 채집이 미비했기 때문으로 보인다. 한편 성 구별이 비교적 용이한 전장 40 mm 이상의 개체들을 대상으로 성별에 따른 연령별 전장조성의 차이를 비교해 본 결과 Fig. 3의 B와 C에서 보여주는 것과 같이 전장조성의 차이는 거의 없이 암·수가 유사한 것으로 나타났다.

3. 생식소 성숙

산란시기의 조사를 위하여 월별 생식소 성숙도 값을 조사한 결과 암·수 모두 3월부터 생식소가 현저히 발달하기 시작하여 암컷은 3월에 생식소 성숙도가 9.87±0.58% (95% 신뢰도), 4월에 14.11±1.50%로 절정을 이루

고 하강하기 시작하였다. 5월에는 10.51±0.71%로 감소하였으며, 9월에 2.53±0.55%로 최저 값을 기록하고 10월부터 다시 상승하기 시작하였다. 수컷 역시 3월에 4.66±0.34%로 상승하였으며, 4월에 7.17±0.62%까지 상승한 후, 5월에 5.07±0.48%로 하강하였고, 암컷과 마찬가지로 9월에 최저 값인 0.98±0.26%까지 감소한 후, 10월부터 상승하기 시작하였다 (Fig. 4).

한편 생식소가 발달하기 시작하고 성적으로 성숙하여 산란에 참여하는 개체군의 전장범위와 연령을 조사하기 위하여 산란 성기로 추정되는 4월에 서식지와 산란장에서 채집한 개체들을 대상으로 암·수의 전장별 생식소 성숙도를 조사하였다. 암컷은 1~2년생으로 추측되는 전장 65 mm 이하의 개체군에서는 생식소가 거의 발달하지 않았으며 3년생으로 추측되는 전장 65 mm를 전후하여 생식소 성숙도가 증가하기 시작하였다. 반면 수컷은 2년생으로 추정되는 전장 40~65 mm의 개체군 중

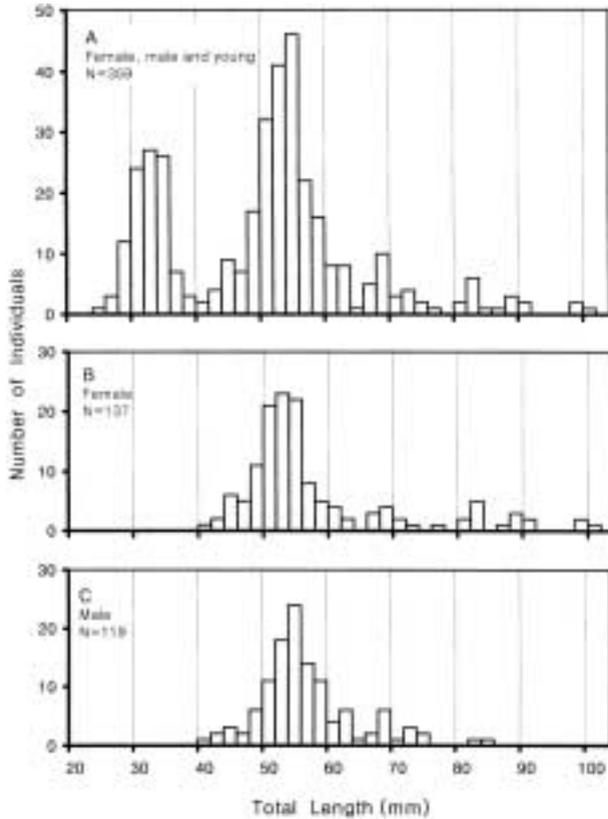


Fig. 3. Histograms showing total length frequency distributions of all fish (A), females (B) and males (C) of *Rhynchocypris kumgangensis* at upper Dongdaechon, a tributary of the Han River from April in 1995.

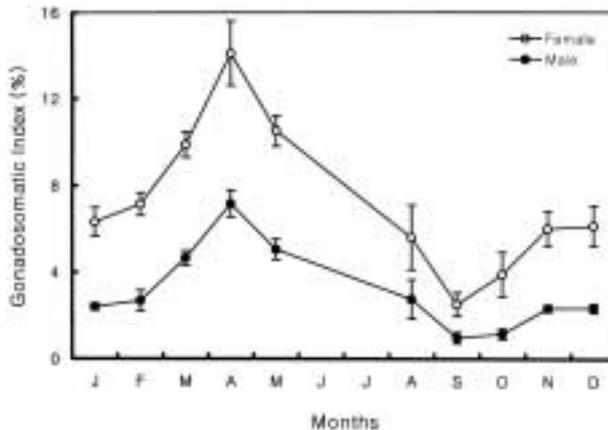


Fig. 4. Mean and 95% confidence intervals of the gonadosomatic indices (GSI) of *Rhynchocypris kumgangensis* in monthly samples at upper Dongdaechon, a tributary of the Han River from January to December in 1995.

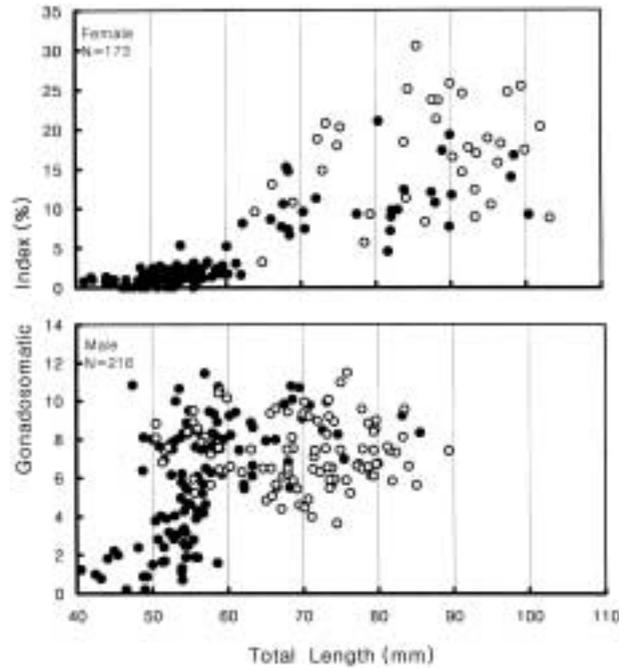


Fig. 5. Gonadosomatic indices for individual females and males of *Rhynchocypris kumgangensis* at upper Dongdaechon, a tributary of the Han River from April in 1995. Open circles: from spawning behavior populations, closed circles: from habitat populations.

45~55 mm 경부터 생식소 성숙도가 증가하기 시작하였으며, 성적으로 성숙한 개체들은 산란행동에 참여하는 것으로 나타났다. 그러나 동일 전장 그룹의 약 반 수 가량은 정소의 발달이 미약하거나 산란행동에 주로 참여하기 시작하는 개체들의 생식소 성숙도에는 미치지 못하였다 (Fig. 5). 조사된 개체들 중 생식소 성숙도 값이 가장 높은 암컷은 30.49%였으며, 수컷은 11.50%였다.

포란수 조사를 위하여 산란성기로 추측되는 4월에 전장 73.10~104.70 mm사이의 3~5년생 암컷 10개체를 임의로 선정하여 난소내의 알을 계수한 결과, 최저 포란수는 852개, 최대 포란수는 2,435개로 나타났으며, 평균 포란수는 1,616개였다 (Table 4). 3년생의 암컷은 4~5년생에 비하여 비교적 적은 수의 난을 가지고 있었으나 4~5년생의 경우는 연령에 큰 관계없이 유사한 포란수를 나타내었다. 한편 성숙한 암컷의 복부 압박 시에 배출된 성숙란은 황갈색으로 난각(chorion)은 투명하였으며 침성, 점착성이었다.

4. 성비

본 종은 암·수의 체형과 체색의 차이가 현저하지 않

Table 4. The number of egg from the ovaries of *Rhynchocypris kumgangensis* at upper Dongdaechon, a tributary of the Han River in April 1995

No.	Total length (mm)	Body length (mm)	Body weight (g)	Ovary weight (g)	GSI (%)	Age	Number of eggs
1	73.10	56.40	4.20	0.79	18.81	3	852
2	73.55	56.75	4.41	0.98	22.14	3	1,351
3	75.35	58.15	4.83	0.98	20.29	3	1,047
4	84.25	65.00	7.66	1.92	25.07	4	1,628
5	86.10	66.45	8.10	2.47	30.49	4	1,623
6	88.85	68.55	8.38	1.98	23.63	4	2,435
7	95.05	73.35	8.90	1.68	18.88	5	1,942
8	96.80	74.70	11.36	2.07	18.22	5	1,573
9	103.9	79.50	12.81	3.26	25.45	5	2,177
10	104.7	80.80	11.87	2.07	17.44	5	1,521
Average							1,616

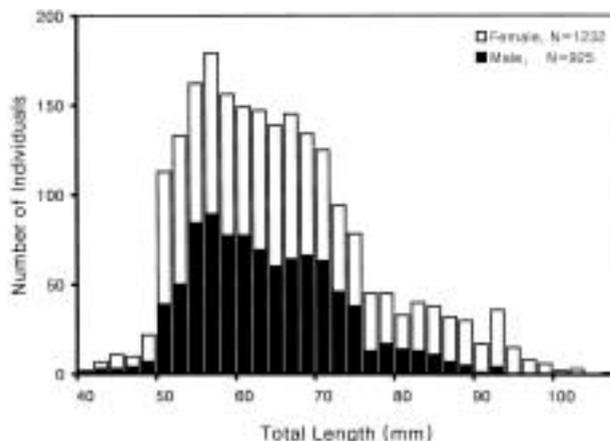
Table 5. Sex ratio of *Rhynchocypris kumgangensis* at upper Dongdaechon, a tributary of the Han River from January to December in 1995

	Female	Male	Sex ratio
Jan.	109	141	1:1.29
Feb.	134	114	1:0.85
Mar.	188	163	1:0.87
Apr.	137	119	1:0.87
May	333	128	1:0.38
Aug.	33	17	1:0.52
Sep.	79	50	1:0.63
Oct.	18	10	1:0.56
Nov.	146	133	1:0.91
Dec.	55	50	1:0.91
Total	1,232	925	1:0.75

생 이상의 개체들을 대상으로 월별 총 2,157개체를 조사한 결과 암컷이 1,232개체, 수컷이 925개체로 구별되었으며, 성비는 1:0.75로 암컷이 우세하게 나타났다 (Table 5). 그러나 동절기의 성비 1:0.94에 비하여 산란 이후인 5월부터 10월 사이의 하절기에는 1:0.44로 암컷의 성비가 매우 높게 나타나 주목되었다. 또한 성비를 전장별로 비교해 보면 40~65 mm군(만 2년생)은 1:0.84, 65~80 mm군(만 3년생)은 1:0.86 그리고 80 mm 이상 군(만 4년생 이상)은 1:0.27로 80 mm 이상에서는 암컷의 성비가 월등히 높게 나타나는 특징을 보여주었다 (Fig. 6).

5. 산란행동

본 종의 산란장은 직경 약 2~6 cm의 깨끗한 자갈이 깔려있는 유속 44 (20~80) cm/sec, 수심 35 (5~70) cm 정도의 여울지역에 형성되었다. 30~500여 개체들이 무리 지어 집단으로 산란행동을 하였으며 하상의 자갈 층을 완전히 파고 들어가 약 5~15 cm 깊이의 하천 밑바닥에 산란을 하였다 (Fig. 7). 산란행동은 주로 오전 중에 시작되어 오후까지 지속되는 경우가 많았으며, 한 마리의 암컷을 여러 마리의 수컷이 따라다니며 자갈 틈을 비집고 들어가는 행동을 반복하였다. 한편 산란행동 중인 개체군을 채집하여 산란에 참여한 암, 수의 전장분포와 성비를 조사한 결과, 암컷은 만 3년생 이상으로 추측되는 전장 65 mm 이상의 개체들이 산란에 참여하였으며, 주된 산란 연령 군은 4년생과 3년생이었다. 반면 수컷은 만 2년생 이상으로 추측되는 개체들이 산란에 참여하였으며, 만 2년생 중에는 전장 약 50 mm 이상의 개체들만이 산란에 참여하였다. 수컷의 주된 산란 연령 군은 만 3년생이었으며 만 2년생도 많은 개체가 참여하였으나 만 4년생 이상은 매우 소수인 것으로 나타났다. 산란 집단의 성비는 암컷과 수컷의 비가 1:6.90 (41:283

**Fig. 6.** Sex ratio in each total length of mature *Rhynchocypris kumgangensis* at upper Dongdaechon, a tributary of the Han River from January to December in 1995.

아 외형상 성 구별이 곤란하지만, 수컷의 성장에 따라 생식돌기가 외부로 돌출하여 구별이 용이해진다. 만 2년

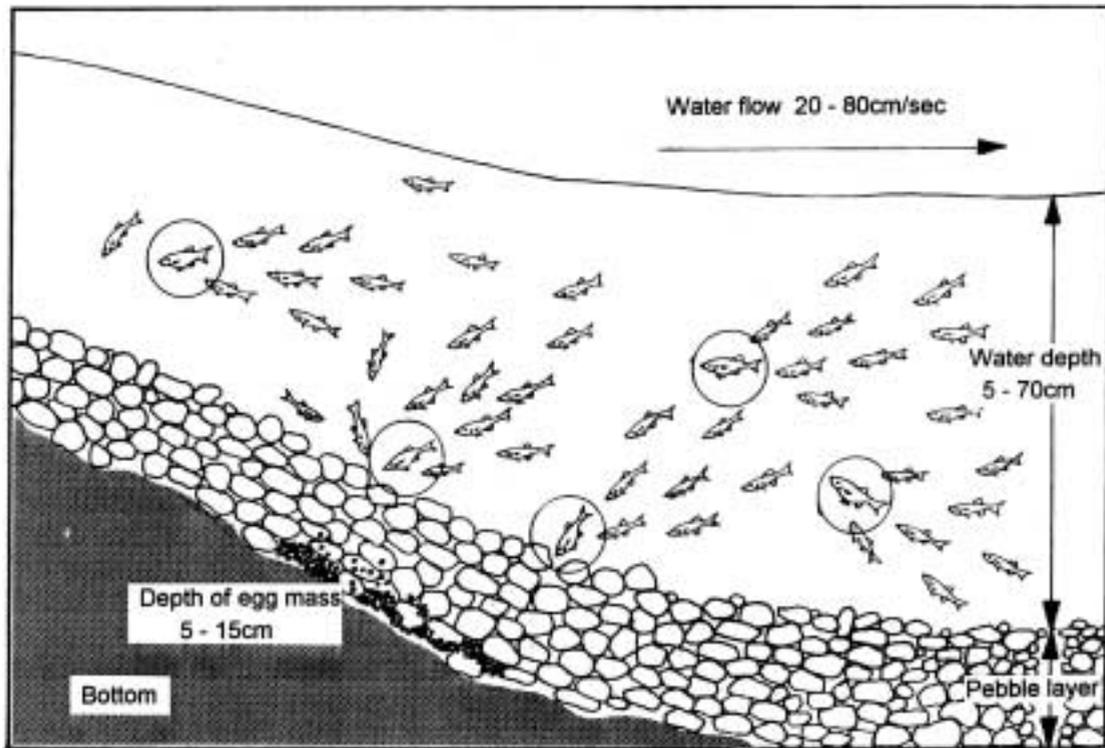


Fig. 7. Diagram showing the spawning ground and spawning behaviour of *Rhynchocypris kumgangensis*.

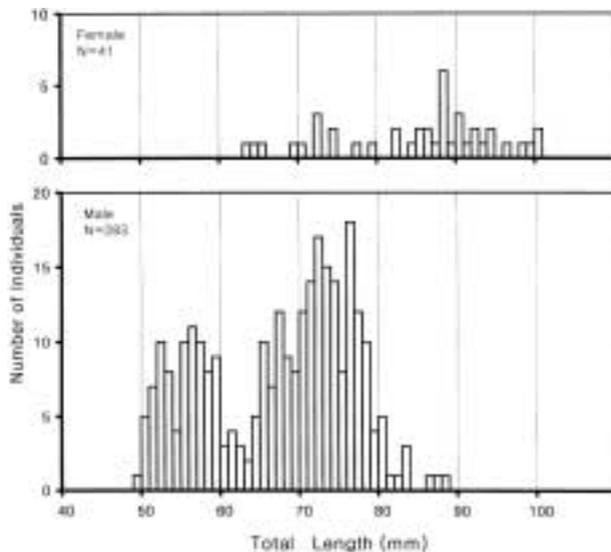


Fig. 8. Total length frequency distribution of females, males, and the sex ratio of *Rhynchocypris kumgangensis* from spawning behaviour populations at upper Dongdaechon, a tributary of the Han River from April in 1995.

마리)으로 수컷이 매우 우세하였다(Fig. 8). 한편 산란에 참여한 암컷의 평균 생식소 성숙도는 16.78 (3.19~

30.49)%였으며, 수컷의 평균 생식소 성숙도는 7.29 (3.66~11.50)%였고, 산란행동 중인 수컷의 대부분(95%)이 5% 이상의 생식소 성숙도를 나타내었다(Fig. 5). 본종의 혼인색은 암, 수컷 모두 아가미뚜껍의 위쪽 후단에서 꼬리지느러미 기점까지, 그리고 가슴지느러미 기점에서 뒷지느러미 부근까지 이어지는 2줄의 황색 세로줄이 비산란기때 보다 선명해지고 황갈색에 가까게 진해지는 변화를 보인다. 수컷의 혼인색이 약간 진한 경향을 보이지만 성을 용이하게 구별할 정도로 현저한 차이는 나타나지 않는다.

고찰

*R. kumgangensis*의 서식지는 주로 산간 계류의 최상류역에 가까웠으며 하류 쪽으로 내려올수록 서식 밀도가 감소하는 경향을 나타내었다. 서식지 환경은 조사장소 모두 주변 임상이 발달하여 수량이 풍부하였고 수온이 비교적 낮은 특징을 가지고 있었다. 하천별 어종의 구성비를 보면 모든 지점에서 *R. kumgangensis*가 단연 우세하게 나타났으며 어류상은 빈약하여 4~10여종의 상류성 어류가 소수 채집될 뿐이었다. 그러나 *P. phoxinus*가 서식하는 하천에서는 *R. kumgangensis*와 *P.*

*phoxinus*가 거의 유사한 비율로 동일 장소에 혼서하고 있었으며, 산란 시에는 산란장소를 공유하고 두 종이 함께 산란행동을 하는 현상이 관찰되기도 하였다. 생태적 지위 (ecological niche)가 유사한 종들이 동일장소를 공유하며 혼서하는 현상은 생태계에서는 찾아보기 힘든 바 (MacArthur, 1968; Horn and MacArthur, 1972; Keast and Fox, 1992) 강원도 인제군 기린면 방동천 수계의 경우 동일 속의 *R. kumgangensis*와 *R. oxycephalus*가 서로 다른 지류를 점유하며 분리 서식하고 있고, 강원도 고성군 현내면 남강상류 (고진동계곡)의 경우 상류쪽에 *R. semotilus*가 서식하고 그 아래쪽에 *R. kumgangensis*가 서식하는 등 유사종이 동일 하천에 함께 서식할 경우 서식지가 뚜렷이 구분되어 있는 것을 목격할 수 있는데, 분류학적 및 생태학적으로 유사하게 생각되는 *R. kumgangensis*와 *P. phoxinus* 두 종간의 동일 서식처에 대한 미세 서식지 구분이나 먹이자원의 분배, 그리고 산란생태 등 종간 관계에 대한 추후 연구가 필요할 것으로 본다.

본 종의 생식소 성숙도는 3월부터 현저히 발달하기 시작하여 암컷은 4월에 14.11%로 정점을 이룬 후 5월에 10.51%로 하강하였으며, 수컷 역시 4월에 1.17%, 5월에 5.07%를 나타내었다. 암·수의 생식소 성숙도를 산란 개체군의 생식소 성숙도 (Fig. 5)와 비교해 볼 때 산란 시기는 암컷의 생식소 성숙도가 10% 이상, 수컷은 5% 이상에 달하는 4월초부터 5월 중순까지로 보이며 (수온 11~14°C) 산란 성기는 4월 (11~12°C)로 추측되었다.

본 종의 생식소 성숙과 전장 및 연령과의 관계를 보면, 생식소가 성숙하기 시작하는 전장범위 (Fig. 5)와 생식행동에 참여하는 개체의 전장범위 (Fig. 8)가 거의 동일하게 나타나는데, 이것으로 보아 암컷은 전장이 65 mm 이상에 달하는 만 3년생부터 성적으로 성숙하여 생식이 가능한 것으로 보이고, 수컷의 경우 만 2년생의 전장범위가 40~65 mm이지만 (Fig. 3) 생식소는 전장 45~55 mm부터 발달하기 시작하는 것으로 보아 만 2년생 중 성장과 영양상태가 비교적 양호한 개체들만이 성적으로 성숙하여 생식활동이 가능한 것으로 추측되고, 성숙이 느린 개체들은 후기 산란 (Mills, 1987, 1988)에 참여하거나 또는 만 3년이 되는 다음 해에 성숙하는 것으로 사료된다.

한편 산란 개체군 (Fig. 8) 뿐만 아니라 연중 전 개체군 (Fig. 6)에서 암컷 4~5년생에 비하여 수컷 4~5년생의 개체수가 매우 적어, 연령에 따른 성비의 불균형이 주목되었다. 암·수의 전장조성 (성장률)이 거의 유사한 (Fig. 3) 동일 집단에서 이와 같이 연령에 따른 성비 불균형

현상이 현저하게 나타나는 원인은 생활사의 특정 시기에 일어나는 성전환 (Atz, 1964; Lodi, 1980)이나 생식활동 시작 연령의 차이에 의해 야기되는 조기 생식에 따른 조기 사망의 가능성 등으로 볼 수 있다. 유사종인 *P. phoxinus*의 경우 일부 자연 집단에서 성전환 사례가 논의된 바도 있으나 (Bullough, 1940; Rasotto *et al.*, 1987), 본 종의 경우 4년생 이상의 노화된 개체군에서 성비의 불균형 현상이 현저하게 나타나고 실제로 수컷이 암컷보다 약 1년 정도 먼저 성숙하는 것으로 보아 (Figs. 5, 8) 수컷의 조기사망의 가능성이 큰 것으로 사료된다. *Lepomis macrochirus*와 같은 일부 어류에서는 수컷의 각 생식형 (sneaker, satellite, parental male)에 따른 성적 성숙연령의 차이가 수명과 매우 밀접한 관계가 있음이 보고된 바 있다 (Gross and Charnov, 1980; Gross, 1991).

본 종의 산란장은 하천 여울 부의 깨끗한 자갈밭에 주로 형성되었는데, 천적으로부터 난을 보호하기 위하여 하상 바닥 깊숙이 알을 낳거나 묻는 형태의 산란을 하는 경우, 난에 대한 산소공급의 문제에 직면하게 된다. 따라서 유속에 따른 물의 순환률 (산소 공급률)과 유속에 의한 난 또는 산란소 (nest)의 유실 위험성 사이의 효율적인 지점에 산란장이 형성되게 되는데, 본 종의 산란장이 일정한 유속을 가지는 여울 부의 자갈밭에 형성되는 것이나 가급적 이기가 없는 깨끗한 장소를 선호하는 것도 물의 순환에 따른 산소 공급률의 효율과 연관된 선택으로 생각된다.

적 요

1995년 1월부터 12월까지 남한강과 북한강 상류에서 금강모치 *Rhynchocypris kumgangensis*의 서식지 환경 특성과 개체군 생태를 조사 연구하였다. 본 종의 서식지는 하천 최상류의 수온이 낮은 청수지역이었으며 어류상은 빈약하였고, *Phoxinus phoxinus*, *Ladislavia taczanowskii*, *Orthrias nudus*, *Iksookimia rotundicaudata* 등과 혼서하고 있었다. 전장 약 40 mm 이하 군은 만 1년생, 40~65 mm 군은 만 2년생, 65~80 mm 군은 만 3년생 그리고 80 mm 이상 군은 만 4년생 이상으로 조사되었으며, 성별에 따른 연령별 전장조성의 차이는 거의 없이 유사하였다. 산란 시기는 4월초부터 5월중순 경 (수온 11~14°C)이었으며 산란 성기는 4월이었다. 생식활동의 시작 연령은 암컷은 만 3년생부터, 수컷은 만 2년생 중 전장 45~55 mm 이상의 개체들만이 성적으로 성숙하였으며 평균 포란수는 1,616개였다. 성비는 1:0.75로 암컷이 우세하게 나타났으며 80 mm 이상 군에서는 암컷의

성비가 더욱 높게 나타났다. 산란장은 직경 2~6 cm의 깨끗한 자갈이 깔려있는 평균 유속 44 (20~80) cm/sec, 수심 35 (5~70) cm의 여울에 형성되었으며 집단으로 산란행동을 하였고 하상으로부터 약 5~15 cm 깊이의 하천 바닥에 산란을 하였다. 산란 집단의 성비는 1:6.90으로 수컷이 매우 우세하였다.

인 용 문 헌

- 김리태. 1980. 조선산 버들치속의 1 신종에 대하여. 생물학 (2) : 27~29.
- 김익수. 1988. 한국 담수어 골포상목과 극기상목 어류의 분류. 전북대 생물학연구연보, 8 : 83~173.
- 김익수. 1997. 한국동식물도감, 제 37권 동물편(담수어류). 교육부, 국정교과서(주), 연기. pp. 257~266.
- 김익수·강언중. 1986. 금강모치, *Moroco keumgang* Uchida (Pisces, Cyprinidae)의 골격에 관한 연구. 전북대학교 논문집(자연과학편), 28 : 319~337.
- 김익수·강언중. 1993. 원색한국어류도감. 아카데미서적, 서울, pp. 168~172.
- 김익수·이금영·양서영. 1985. 한국산 황어아과 어류의 계통분류학적 연구. 한수지, 18 : 381~400.
- 남명모. 1991. 한국산 잉어과(Cyprinidae) 어류의 계통분류-외형과 골격계를 중심으로- 경북대학교 박사학위청구논문, 163 pp.
- 송호복·최신석. 1997. 금강모치 (*Moroco kumgangensis*)의 난 발생과 자어의 성장. 육수지, 30 : 67~74.
- 이금영·장선일·윤명자. 1986. 한국산 잉어과 어류 9종의 핵형분석, 육수지, 19 : 59~69.
- 이금영·김성주·김현욱·전상린. 1984. 한국산 및 일본산 황어아과(잉어과) 어류의 핵형분석. 육수지, 17 : 11~21.
- 전상린. 1980. 한국산 담수어의 분포에 관하여. 중앙대학교 박사학위청구논문, 91 pp.
- 전상린. 1989. 한국산 황어속, 연준모치속 및 버들치속(황어아과) 어류의 검색과 분포. 상명여대 기초과학논문집, 3 : 17~36.
- 정문기. 1977. 한국어도보. 일지사, 서울, 727 pp.
- 정평림·강영희·전상린. 水野信彦, 1986. 한국 및 일본산 버들치속(잉어과) 어류 4종의 효소변이에 관한 연구. 육수지, 19 : 71~81.
- 최기철. 1973. 휴전선 이남에서의 담수어의 지리적 분포에 관하여. 육수지, 6 : 29~36.
- 최기철·전상린·김익수·손영목. 1989. 한국담수어분포도. 한국담수생물학연구소, pp. 15~16.
- 최기철·전상린·김익수·손영목. 1990. 원색한국담수어도감. 향문사, 서울, pp. 89~94.
- 최기철·이지영·김태용. 1977. 금강에 건설중인 대청댐을 중심으로 한 어류조사. 육수지, 10 : 25~32.
- 可兒藤吉. 1944. 溪流性昆蟲の生態. 古川晴男編(昆蟲), 上, 研究社, 東京.
- 川那部浩哉 水野信彦. 1989. 日本の淡水魚. 山と溪谷社, 東京.
- 中村守純. 1969. 日本のコイ科魚類. 資料科學研究所, 東京, pp. 209~223.
- 宮地傳三郎·川那部浩哉·水野信彦. 1976. 原色日本淡水魚類圖鑑. 保育社, 大阪, 462 pp.
- 內田惠太郎. 1939. 朝鮮魚類誌, 第1冊. 朝鮮總督府水産試驗場報告, pp. 228~322.
- Atz, J.W. 1964. Intersexuality in fishes. In intersexuality in Vertebrates including Man. Academic Press, New York, pp. 145~232.
- Berg, L.S. 1949. Freshwater fishes of the U.S.S.R. and adjacent countries. Vol. 2, 4th ed. Transl. in 1964 by O. Ronen. IPST Press, Jerusalem, 496 pp.
- Bullough, W.S. 1940. A study of sexual reversal in the minnow, *Phoxinus laevis*. J. Exp. Zool., 85 : 475~497.
- Cummins, K.W. 1962. An evaluation of some techniques for the collection and analysis of benthic samples with special on lotic waters. Amer. Midl. Natl., 67 : 477~504.
- Gross, M.R. 1991. Evolution of alternative reproductive strategies: frequency-dependent sexual selection in male bluegill sunfish. Phil. Trans. R. Soc. Lond. B, 332 : 59~66.
- Gross, M.R. and E.L. Charnov. 1980. Alternative male life histories in bluegill sunfish. Proceedings of the National Academy of Science of the USA, 77 : 6937~6940.
- Horn, H.S. and R.H. MacArthur. 1972. Competition among fugitive species in a harlequin environment. Ecology, 53 : 749~752.
- Howes, G.J. 1985. A revised synonymy of the minnow genus *Phoxinus* Rafinesque, 1820 (Teleostei: Cyprinidae) with comments on its relationships and distribution. Bull. Br. Mus. (Nat. Hist) Zool. V. 48(1) : 57~74.
- Keast, A. and M.G. Fox. 1992. Space use and feeding pattern of an offshore fish assemblage in a shallow mesotrophic lake. Environ. Biolo. of Fishes, 34 : 159~170.
- Lodi, E. 1980. Hermaphroditic and gonochoric populations of *Cobitis taenia bilineata* (Cobitidae, Osteichthes). Mon. Zool. Ital., 14 : 235~243.
- McArthur, R.H. 1968. Population biology and evolution (The theory of the niche). Syracuse Univ. Press, New York, pp. 159~176.
- Mills, C.A. 1987. The life history of the minnow, *phoxinus phoxinus* (L.) in a productive stream. Freshwater biology, 17 : 53~67.
- Mills, C.A. 1988. The effect of extreme northerly climatic conditions on the life history of the minnow, *Phoxinus phoxinus* (L.). J. Fish Biol., 33 : 545~561.
- Mori, T. 1952. Check list of the fishes of Korea. Mem.

- Hyogo. Univ. of Agriculture Vol. 1(3), Biological Ser., (1) : 53~56.
- Nishimura, S. 1974. Origin of the Japan Sea. Tsukiji-Shokan, Tokyo, 204 pp.
- Rasotto, M.B., Cardellini, P. and Marconato, E. 1987. The problem of sexual inversion in the minnow, *Phoxinus phoxinus*(L). J. Fish Biol., 30 : 51~57.
- Ricker, W.E. 1971. Methods for assessment of fish production in freshwater. IBP hand book, 3 : 112~113.

Received : April 10, 2000

Accepted : June 2, 2000