

한국산 긴몰개 (*Squalidus gracilis majimae*, Cyprinidae)의 난발생

박경서 · 홍영표¹ · 문운기² · 최신석² · 안광국^{2,*}

(미시건대학교 자연자원 및 환경학부,

¹국립중앙과학관 자연사연구실, ²충남대학교 생명과학부)

The Egg Development of Korean Slender Gudgeon, *Squalidus gracilis majimae* (Cypriniforms: Cyprinidae). Park, Kyung-Seo, Young-Pyo Hong¹, Woon-Ki Moon², Shin-Suk Choi² and Kwang-Guk An^{2,*} (School of Natural Resources and Environment, University of Michigan, Ann Arbor, MI 48109-1115, U.S.A.; ¹Department of Natural History, National Science Museum, Daejeon 305-705, Korea; ²School of Biosciences and Biotechnology, Chungnam National University, Daejeon 305-764, Korea)

This study was conducted, based on the field survey and laboratory observations, to elucidate egg developmental processes and their characteristics of the Korean slender gudgeon, *Squalidus gracilis majimae*. For the experiments, the mature adults were collected at the Woongcheon-Cheon Stream and Boreung Reservoir located in Boreung City, Chungnam Province and eggs were obtained from the natural spawning area. Morphological characteristics of the egg and embryonic development were summarized as follows: The shape of the fertilized egg was spherical, adhesive and transparent. The fertilized egg was 2.9 ± 0.3 mm ($n = 30$) in mean diameter under water temperature of $26 \pm 1.5^\circ\text{C}$, light white in color and had no oil droplets. After 20 minutes from the time of fertilization, a blastodisc was formed and divided into two cells at 48 minutes after fertilization. The blastular stage occurred at 5 hours 40 minutes after fertilization and the gastrular stage was detected at 8 hours 41 minutes after fertilization. The beginning of embryo formation was observed at 12 hours 58 minutes after fertilization and optic vesicles and 9 somites were discovered at 17 hours 05 minutes after fertilization. Differentiation of brains and embryo wiggling were observed at 37 hours 27 minutes after fertilization. Heart beating and the formation of melanophores in optic vesicles were detected at 44 hours 46 minutes after fertilization. The formation of pectoral fins and melanophores in the body were discovered at 50 hours 36 minutes after fertilization. Hatching occurred at 57 hours 49 minutes after fertilization. The newly hatched larvae were 3.3 ± 0.2 mm ($n = 120$) in total length. We believe that these results may contribute the species and population conservations under the situation of accelerated water pollution and the decreases of its diversity.

Key words : Korean slender gudgeon, *Squalidus gracilis majimae*, egg development

* Corresponding author: Tel: 042) 821-6408, Fax: 042) 822-9690, E-mail: Kgan@cnu.ac.kr

서 론

긴물개 (*Squalidus gracilis majimae*)는 잉어과(Cyprinidae) 모래무지아과(Gobioninae)에 속하는 소형 일차 담수어로서(정, 1977; 김과 이, 1984), 우리나라 서남부 및 중부 이남 하천에 널리 분포하고 있으며(전, 1980; 최 등, 1989; 김과 강, 1993), 한국 고유 아종으로 유속이 완만한 하천이나 저수지에 유명하다(정, 1977; 최 등, 1989). 또한, 북한에도 서식하는 것이 알려져 있고, 유연 아종으로는 *S. gracilis minkiagensis*가 중국에 분포하고, *S. gracilis gracilis*는 일본에 분포한다(정, 1977; 김, 1997).

긴물개는 Jordan과 Hubbs (1925)가 평양 대동강에서 채집한 개체를 *Gnathopogon majimae*로 기재 보고하였으나, Uchida (1939)는 이들을 정리하여 *G. strigatus*, *G. majimae* 및 *G. coreanus*의 3종으로 구분하였다(김과 이, 1984; 김, 1997). 이후에 Banarescu와 Nalbant (1973)는 이 종을 *Squalidus gracilis*에 포함시켜, 한반도에만 독립된 아종으로 구분하여 *Squalidus gracilis majimae*로 정리하였고(김과 이, 1984; 김, 1997), 김과 이(1984)는 다시 한국산 *Gnathopogon*과 *Squalidus*속을 비교하여 분류학적으로 정리하였다.

정(1977)과 김(1997)에 따르면, 긴물개의 산란 시기는 5~6월이고, 알은 물 속의 수초에 알을 붙이는 것으로 알려져 있다. 수정란에서 부화직후 자어의 전장은 3.3 mm이고, 만 1년이면 전장이 40 mm가 되며 만 3년에는 전장이 70~80 mm에 달한다고 보고되었다.

국내에서의 긴물개에 대한 연구는 최 등(1989)과 최(1994)에 의해 우리 나라 서식처와 간단한 생태 양상이 연구되었고, 김과 이(1984)에 의해 한국산 물개속 어류의 분류학적 재검토가 이루어졌다. Ryo (1962)는 *Gnathopogon elongatus elongatus*와 다른 종간의 잡종교배를 실시한 적이 있고, 일본내에서 *S. gracilis gracilis*의 발생이 간략하게 묘사되기는 했으나, 국내에서는 분포, 생식 및 생활사에 대한 간략한 기록(內田, 1939; Mori, 1952; Kawanabe and Mizuno, 1989; Nakamura, 1969; 정, 1977; 최 등, 1980; 김, 1997; 김과 박, 2002)에 의존하고 있을 뿐, 각 종에 대한 상세한 연구에 대한 보고는 전무하다.

담수어의 초기 생활사의 연구는 산란 서식지 선택, 난 발생, 자어기, 치어기, 미성어기 등을 거쳐가면서 종의 특성에 따라 고유적인 형질과 성장 변화가 다양하게 나타나게 되고, 하천의 형태와 환경에 따라 분포 양상이 달라지게 된다. 이런 기초적인 연구를 토대로 이미 미국과 많

은 국가에서 하천 환경의 변화와 어족 자원의 이동(Karr, 1978; Armstrong and Herbert, 1997; Lucas and Frear, 1997; Aparicio and De Sostoa, 1999; Owen and Secor, 1999; Lucas, 2000)에 관한 자원의 보존 방향 제시와 Zebra와 Medaka 등 지표 어족 자원을 활용하여 환경 유해물질 검색과 독성 연구에 활용하고 있고(U.S. EPA, 1993, 1996; APHA, 1995), 국내에서는 염(2002)이 왜물개를 대상으로 기초연구를 실시하였다.

초기 생활사의 연구 및 기타 서식지와 산란지 선호도 조사는 어족 자원의 보존과 보호 뿐만 아니라 발생학, 생태학 및 분자생물학과 기본이 되는 어종으로서 크게 영향을 미칠 수 있는데, 이에 대한 중요성을 인식함에도 불구하고 아직 국내에서는 긴물개 및 다른 국산 어종의 초기생활사 및 기초 생태에 대한 연구가 매우 부족한 실정에 있다.

본 연구의 핵심 목적은 야외현장 조사 및 실험실 관찰을 기반으로 한국산 긴물개의 자연수정에 의한 난 발생 및 발생단계별 기관발생을 밝혀 본 종 및 개체군의 향후 다양성 보존에 기초자료를 제공하고자한다.

재료 및 방법

1. 채집 장소 및 채집도구

본 실험을 위해 인근지역의 기본 어류 분포 및 생태조사를 실시한 결과 충청남도에 위치한 보령댐 일대에서 긴물개 개체수 빈도 및 성어채집이 용이하였다. 긴물개의 친어는 아래와 같이 3개 지점을 대상으로 하였고(Fig. 1), 채집시기는 산란의 최적기로 사료되는 5~6월 중순에 실시하였으며, 주로 채집도구는 투망(지름 2 m, 망목 8×8 mm, 5×5 mm) 및 족대(망목 5×5 mm)를 이용하였다.

St. A : 충청남도 보령시 미산면 도화담리

St. B : 충청남도 보령군 주산면 화평리, 화산

St. C : 충청남도 보령군 웅천읍 수부리

2. 개체측정 및 사육방법

실험실로 운반된 긴물개의 친어들은 20°C로 유지되는 자갈과 모래를 깔아준 저장조에 순응을 시킨 후, 1/20 mm 버니어 캘리퍼스(1/20 mm, Vernier caliper)와 정밀 저울(AEG-455 0.01 mg, AEG-45SM)을 사용하여 각 개체들의 전장(Total length), 체고(Body height)를 0.1 mm까지, 그리고 무게(Body weight)를 0.01 g까지 측정하였다.

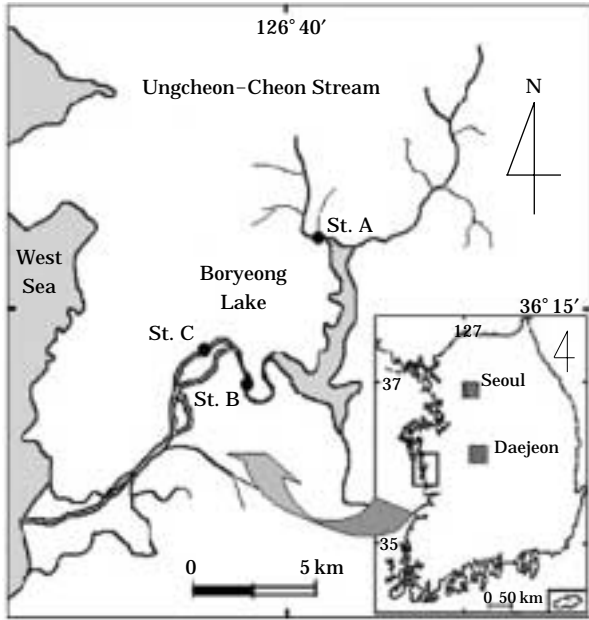


Fig. 1. Map showing the sampling sites of *Squalidus gracilis majimae*.

일정 기간 후, 암수를 구별하여 실험을 위한 사육조에 넣어주었고, 실험을 위해 사용된 모든 수조는 투명한 유리수조 (60 cm × 30 cm × 30 cm)를 이용하였다. 각각의 수조는 물 공급 밸브와 배수구를 갖추고 있어 사용된 물은 배수구를 통해 사육수를 지속적으로 교환해 주었다. 실험 기간동안 사육수는 Fig. 2와 같이 실험실로 공급되는 수돗물을 1차로 막성여과장치 (Pre-filter, 10 μm)를 이용하여 물속의 부유성 고형물질 (Suspend solid)을 제거하고, 2차로 활성탄으로 충전한 여과장치 (Carbon-filter)를 이용하여 정화된 물을 저장조에 1일간 저장해 탈염소하여 공급하였다. 또한 사육수의 수질 상태는 실험 전부터 실험 종료시까지 수시로 수질측정기 (YSI model 610-D)를 이용하여 측정하였다.

실험실내 일정온도는 냉난방기 (LS-091CS)를 이용하여 실험목적에 따라 최저온도(16~20°C)로 설정해 유지하였고, 2차적으로 수온은 자동조절히터 (IC point-heater)를 이용하여 실험 목적에 맞게 조절하였다. 또한 수조내 용존 산소는 공기 펌프를 이용하여 각각의 수조에 지속적으로 통기시켜 주었다. 외부의 빛은 완전히 차

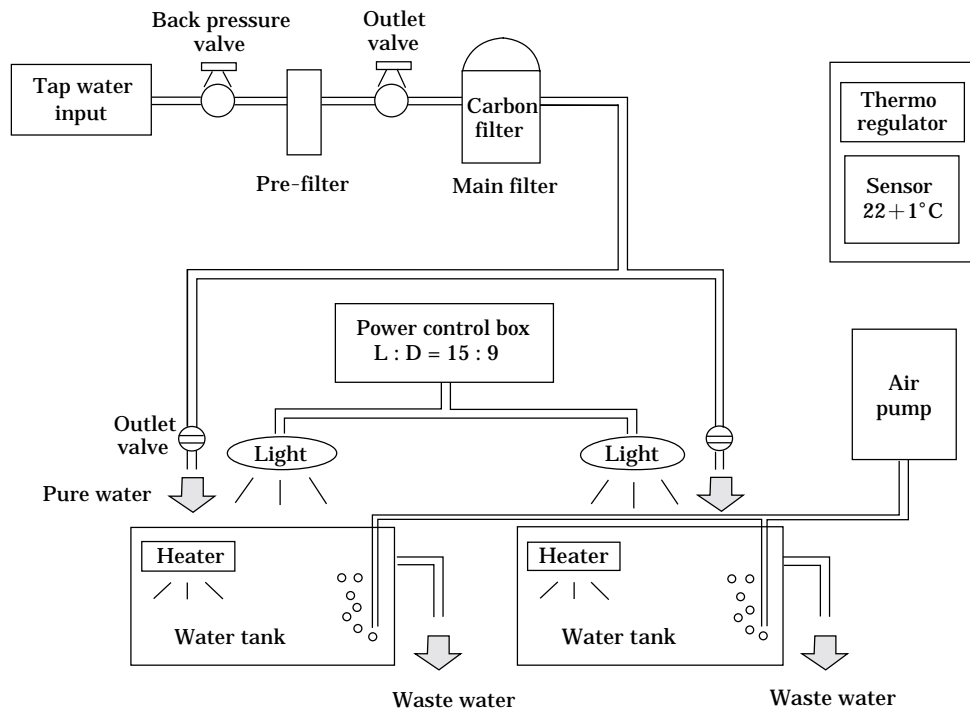


Fig. 2. Diagram of fish rearing system designed to study egg developments of the fishes. Tap water was filtered through two kinds of filters. Temperature was controlled by a thermo-regulator first and heaters in each water tank control experiment temperatures. Lights set 15 : 9 (light : dark) condition. Filtered water was supplied continuously to keep water clean.

단되었고, 시간 자동 조절기를 이용하여 광주기 (L/D = 15/9)를 일정하게 유지시켜 주었다 (Fig. 2).

먹이는 Brine shrimp (*Artemia* sp.)를 24시간 동안 부화시킨 유생을 1일 2회, 오전과 오후에 각 수조의 먹이섭취상태를 고려하여 공급하였고, 먹이의 부패 상태를 공급 후, 매일 2~3회 가량 관찰하여 기록하였고, 부패 우려가 있는 수조는 공급수를 통해 수질을 정화시켰다.

3. 난발생 관찰

자연수정을 통해 얻은 수정란을 산란직후 채취하여 부화조 (19 cm × 14 cm × 6 cm)에 분산 수용하고, 해부현미경 (Olympus SZH-10, × 10, × 20, × 30, × 40)을 이용하여 26 ± 1.0°C에서 관찰, 촬영 및 스케치하였으며, 난의 크기와 자어의 크기는 Ocular micrometer를 이용하여 측정하였다. 난 발생과정의 용어와 단계 표기는 Balon (1975)과 Soin *et al.* (1981)의 분류에 따랐다.

결 과

긴물개의 난 발생 과정은 수정, 난할, 포배, 낭배, 체절 형성, 기관 형성과 부화 단계의 7단계로 구분되었으며, 발생기간 (Period) 및 세발발생 단계 (Stage)는 Table 1과 Table 2에 제시되어있다.

Step I. 난의 팽창과 동물극으로의 세포질 응집 (Zygote)

Stage A. 긴물개의 수정란은 구형으로 평균 직경이 2.9 ± 0.3 mm (n = 30)이며 반투명한 흰색이고, 점착성 분리 침성란이다. 또한, 세포질에는 유구 (Oil droplets)가 존

재하지 않았다. 수정 직후 수분을 흡수하여 팽창하였고, 그 결과 난은 팽팽하게 되었다 (Fig. 3-A).

Stage B1. 10분 정도 지난 후, 수정란내에서 세포질이 동물극쪽으로 끌리는 것이 관찰되었고, 많은 줄기의 세포질 가닥 (Cytoplasmic strands)을 형성하여 동물극쪽으로 연결되어 응집되었다 (Fig. 3-B).

Stage B2. 수정 후 20분이 경과하면, 세포질로부터 동물극쪽으로는 응집이 계속되어 처음에는 편평해지나 후에는 볼록한 배반 (Blastodisc)이 형성되었다 (Fig. 3-B).

Step II. 난할과정 (Cleavage)

Stage C. 수정 후 48분, 배반의 중앙부위가 수직 이동되며 2세포기가 되었다 (Fig. 3-C).

Stage D. 수정 후 1시간 16분, 2세포기의 할구들이 다시 수직 이동분되어 4세포기가 되었다 (Fig. 3-D).

Stage E. 수정 후 1시간 48분, 세포분열이 계속되어 8세포기가 되었다 (Fig. 16-E).

Stage F. 수정 후 2시간 19분, 할구수가 더 증가하여 16세포기를 되었고, 할구의 크기가 비교적 작아졌다 (Fig. 3-F).

Stage G. 수정 후 2시간 50분, 세포분열은 32세포기가 되었다 (Fig. 3-G).

Stage H. 수정 후 3시간 21분, 64세포기가 되어 할구가 작아지고 조밀해졌으며, 난할의 속도가 점차적으로 감소함을 보였다 (Fig. 3-H).

Step III. 포배형성과과정 (Blastula)

Stage I. 수정 후 4시간 46분, 할구의 크기가 매우 작아지고, 세포의 수는 증가하여 상실배 (Morula)를 형성하였다 (Fig. 3-I).

Stage J. 수정 후 5시간 40분, 난할이 계속적으로 진행되

Table 1. The egg developmental stages and characteristics of *Squalidus gracilis majimae*.

Stage	Time lapsed (min)	Characteristics observed
Zygote	00:00	The newly fertilized egg through the completion of the first zygotic cell cycle
Cleavage	00:48	Cell cycles 2-cell stage through 64-cell stage rapidly and almost synchronously
Blastula	04:46	Rapid, metasynchronous cell cycles; cells are increased and smaller than cleavage period
Gastrula	06:55	Epiboly begins; Morphogenic movements of involution, convergence, and extension form the epiblast, hypoblast, and embryonic axis; through the appearing bud
Segmentation	15:40	Somites and neuromeres develop; primary organogenesis; earliest movements; the tail appears
Pharyngula	33:40	Body axis straighten from its early curvature about the yolk sac; circulation, pigmentation, and fins begin development; the tail gets longer
Hatching	57:49	Completion of rapid morphogenesis of primary organ systems; hatching occurs asynchronously

Table 2. The embryonic developmental stages of *Squalidus gracilis majimae*.

Stage	Time		Fig. 16	Characteristics
	Hrs	Min		
Zygote period				
Fertilization	00	00	A	Sperm and egg is fertilized; the chorion become hard
Swelling	00	09		Fertilized egg is swelling and hardening
1-cell	00	20	B	Cytoplasm streams toward animal pole to form the blastodisc and the chorion lifts away from the newly fertilized egg
Cleavage period				
2-cell	00	48	C	Partial cleavage
4-cell	01	16	D	2 × 2 array of blasomeres
8-cell	01	48	E	2 × 4 array of blasomeres
16-cell	02	19	F	4 × 4 array of blasomeres
32-cell	02	50	G	2 regular tiers (horizontal rows) of blastomeres, sometimes in 4 × 8 array
64-cell	03	21	H	3 regular tiers of blastomeres
Blastula period				
Morula	04	46	I	> 5 blastomere tiers; cleavage plans irregular; flattening produces an elliptical shape
Blastula	05	40	J	Elliptical shape; flat border between blastodisc and yolk
Gastrula period				
30%-epiboly	06	55	K	Blastoderm an inverted cup of uniform thickness; margin reaches 30% of distance between the animal and vegetal pole
50%-epiboly	08	41	L	Blastoderm remains uniform in thickness; germ ring and embryonic shield visible from animal pole, 50%-epiboly
90%-epiboly	10	35	M	Dorsal side distinctly thickened; notochord rudiment distinct from segmental plate; brain rudiment thickened
Bud	12	58	N	Tail bud prominent; early polster; 100%-epiboly; notochord rudiment distinct from segmental plate
Segmentation period				
4-somites	15	40	O	Forth somite furrow; polster prominent
9-somites	17	05	P	Nine somites furrow visible; optic vesicle
17-somites	23	30	Q	Seventeen somites furrow visible; otic vesicle; lens rudiment appear
25-somites	32	35	R	Lens visible from optic vesicle; tail begins to extend; brain neuromeres prominent; otholiths rudiment
Pharyngula period				
Tail prolongation	33	40		Early pigmentation in retina and skin; tail well extended
Brain growth	37	27	S	Heart visible and weak circulation; retina pigmented and body pigmentation; otholiths prominent
Heart-beating	44	46	T	Heart beating; pectoral fin rudiment; active movement in the chorion; straight and long tail
Pec-fin	50	36	U	Pectoral fin flattened into fin shape; xanthophores in head only; iridophores in retina only; embryo circling
Hatching period				
Hatching	57	49	V	York extention beginning to taper; iridophores plentiful on retina; many melanophores on the body

고 배반 (Blastodisc)의 가장자리가 식물극쪽으로 완만하게 기울어져 확장되었다. 그러면서 배반의 전체 높이가 약간씩 감소되었고 배반세포의 비율이 변화되었다 (Fig. 3-J).

Step IV. 낭배형성과정 (Gastrula)

Stage K. 수정 후 6시간 55분, 배반이 아래쪽으로 확장이 계속 되어 난황의 1/3을 덮게되고, 배반의 가장자리가 증가하며 식물극쪽으로 피복현상 (Epiboly)을 유지하였다 (Fig. 3-K).

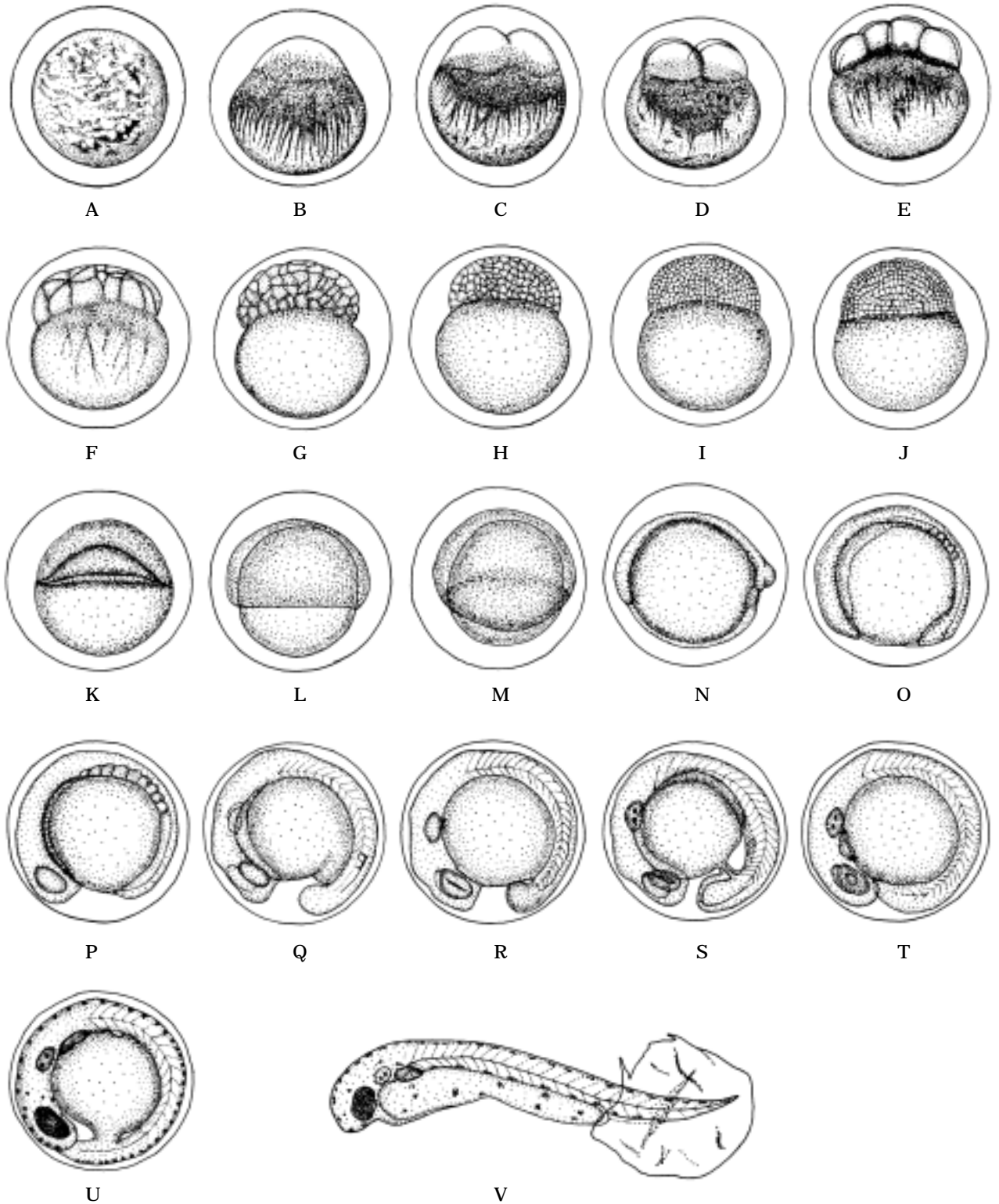


Fig. 3. Sketches of the embryos at selected stages. The animal pole is located on the top for the early stages. Face views are shown during cleavage and blastula stages. After the shield stage, the views are of the embryo's left side. Time elapses for each developmental period, developmental stages and characteristics are shown in Table 1 and 2 (Scale bar = 1.0 mm).

Stage L. 수정 후 8시간 41분, 배반이 난황의 1/2을 덮었고, 배환(Germ ring)이 최대에 이르렀다(Fig. 3-L).

Stage M. 수정 후 10시간 35분, 배반이 난황의 2/3 이상을 덮었고, 요크플러그(Yolk plug)가 나타났다(Fig. 3-M).

Stage N. 수정 후 12시간 58분, 발생 진행이 계속되어 난황위에 신경습(Neural fold)이 나타나고, 이후에 배체(Blastoderm)가 형성되었다(Fig. 3-N).

Step V. 기관형성과정 (Segmentation)

Stage O. 수정 후 15시간 40분, 배체의 형태가 뚜렷하게 나타나고, 4~5개의 체절(Somites)이 형성되었다(Fig. 3-O).

Stage P. 수정 후 17시간 05분, 배체의 머리부분에 안포(Optic vesicles)가 형성되기 시작하였고, 체절의 수는 9개가 되었다(Fig. 3-P).

Stage Q. 수정 후 23시간 30분, 안포가 명확해지고, 이포(Auditory vesicles)가 형성되었다. 체절수는 17~18개가 생성되었다(Fig. 3-Q).

Stage R. 수정 후 32시간 35분, 체절의 수가 25~26개에 이르렀고, 안포안에 렌즈(Lens)가 형성되었다. 발생이 계속되면서 꼬리가 신장되기 시작하였다(Fig. 3-R).

Step VI. 심장박동과 안내 흑색소포형성과정 (Pharyngula)

Stage S. 수정 후 37시간 27분, 배체의 두부 부분의 크기가 점점 커지고, 분화가 일어나기 시작했다. 이후에 배체의 미약한 움직임이 관찰되었다(Fig. 3-S).

Stage T. 수정 후 44시간 46분, 꼬리부분이 신장되어 머리부분을 지나 감싸게 되었고, 안포에 흑색소포(Melanophores)가 생성되기 시작하였다. 배체의 움직임이 이전보다 활발해졌고, 난 안에서의 회전운동이 관찰되었다(Fig. 3-T).

Stage U. 수정 후 50시간 36분, 체절이 매우 뚜렷해지고, 그것의 변화가 더 이상 일어나지 않았으며 가슴지느러미(Pectoral fins)가 형성되어 커지고 있었다. 또한 몸의 두부와 미부의 가장자리에 흑색소포가 나타나기 시작하였다(Fig. 3-U).

Step VII. 부화 (Hatching)

Stage V. 수정 후 57시간 49분, 배체가 난각의 안에서 매우 활발하게 회전운동을 하여 두부와 미부 부분으로 난각을 압박하여 점차 약화시켰다. 난각은 계속적인 운동의 결과로 얇아졌고 이후 배체의 머리부분이 먼저 난각을 뚫고 나왔다. 막 부화되어 나온 Larva는 전장이

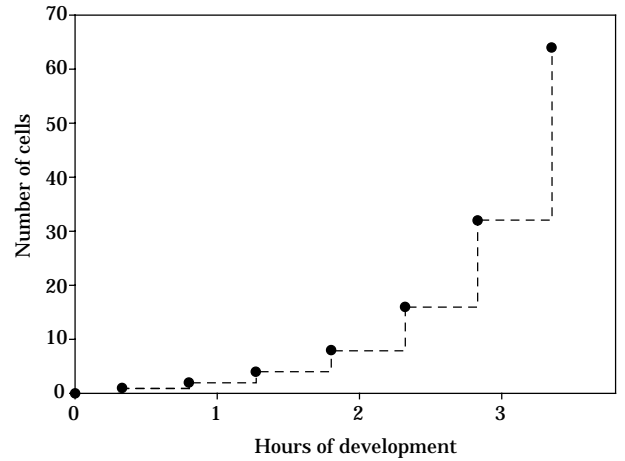


Fig. 4. Idealized blastomere number as a function of time after fertilization (at 25°C).

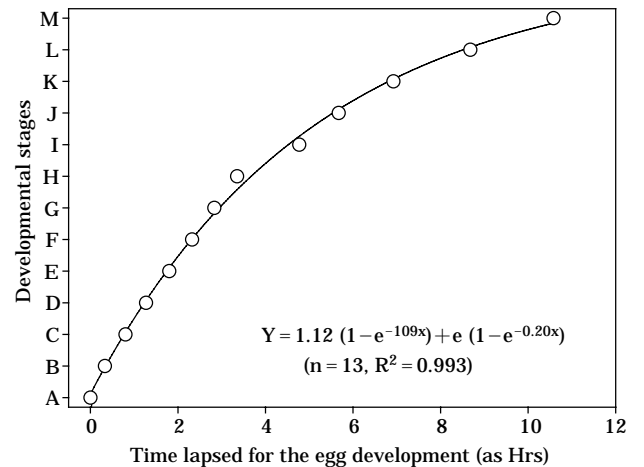


Fig. 5. Developmental processes for eggs incubated at 25°C. Developmental stage's abbreviations (A, fertilization; B, 1 cell; C, 2 cell; D, 4 cell; E, 8 cell; F, 16 cell; G, 32 cell; H, 64 cell; I, morula; J, blastula; K, 30% epiboly; L, 50% epiboly; M, 90% epiboly). Each interval of Y-axis was considered as 1 for the developmental stage.

3.3±0.2 mm이고 온몸에 흑색소포가 많이 분포해 있으며, 가슴지느러미로 운동을 할 수 있었다(Fig. 3-V).

긴물개의 난 발생 중 난할 단계의 각 특징을 시간별로 볼 때, Fig. 4와 같이 일련의 규칙을 갖는다. 64세포기가 될 때에는 이전에 비해 많은 시간이 지체되었던, 그전까지는 일정한 비율로 난할이 진행되었다(Fig. 4). 또한 수정으로부터 90% epiboly의 단계까지의 시간 변화 그래프를 보면 $Y = 1.12(1 - e^{-109x}) + e(1 - e^{-0.20x})$ 로서 stage의 변

화는 25°C에서 소요시간과 일정한 함수관계를 보였다 ($R^2 = 0.993$). Fig. 4와 마찬가지로 64세포기까지는 일정한 비율과 빠른 속도로 발생이 진행되었지만, 그 후로 갈수록 발생 시간과 속도가 지연되는 그래프의 모습을 보였다. 이는 각 기능에 해당하는 기관의 발생과 분화발달에 따른 시간 지연으로 보였다(Fig. 5).

고 찰

본 연구는 우리나라에 분포하는 긴물개 (*Squalidus gracilis majimae*)의 실험실 내에서 난 발생과정에 관하여 관찰하였다. 긴물개는 잉어과(Cyprinidae) 모래무지아과(Gobioninae) 물개속(*Squalidus*)에 속하며, 김과 이(1984)에 의해 분류학적 위치가 재검토되었으며, 남한 전체에 걸쳐 넓게 분포하고 있는 종이다(정, 1977, 최 등, 1989).

난 발생과정에 대한 보고는 국내 보고에서는 미미한 실정이고, 일본의 유사아종의 경우 자연상태에서 온도 조건없이 약 70시간의 부화시간이 걸렸다(Nakamura, 1969). 그러나, 이 실험에서는 $26 \pm 1.0^\circ\text{C}$, 광주기(L/D = 15/9)일 때의 조건을 주었으며, 그 결과 부화까지 걸린 시간은 약 57시간이었으며, 일본의 보고와 비교해볼 때 평균온도는 19~20°C에서 70시간인 반면, 본 실험은 평균온도 26°C에서 57시간이 경과한 후 부화한 것으로 미루어 볼 때 다른 실험들과 유사하게 수온이 발생시간에 크게 영향을 미침을 알 수 있었다(Alderdice and Velsen, 1978; Hidaka and Takahashi, 1987; Akio *et al.*, 1994; Charles *et al.*, 1995; 박과 최, 1998; 염, 2002).

난 발생과정은 Balon(1975)과 Soim *et al.*(1981)에 의한 분류법을 따랐고, 긴물개의 발생과정은 수정에서 부화까지 8단계(Step)로 대별되었고, 세부적으로 23개의 발생과정(stage)으로 구성되었다. 자연수정에 의한 수정란은 직경이 $2.9 \pm 0.3 \text{ mm}$ 이었고 유구가 존재하지 않았으며, 20분후 배반이 형성되었다. 같은 아과에 속하는 감돌고기와 돌마자를 비교할 때 난의 형태는 같은 구형이었고 직경이 각각 2.2~2.3 mm, 2 mm로 두 종보다는 긴물개의 난이 비교적 크기가 크고, 유구를 가지지 않는 특징을 나타내었다(백, 1978; 김 등, 1991). 수정 후 48분이 경과하면 배반이 2세포로 세분되었고, 약 18분 간격으로 64세포까지 규칙적인 난할이 이루어졌다. 이후로 발생의 속도가 느려지게 되고, 수정 후 5시간 40분이 경과된 후 포배기에 이르렀으며, 6시간 55분에서 10시간 35분에 이르기까지 낭배형성과정을 보였다. 이후의 단계에서 기관

이 형성되는데, 배체의 발생으로 시작하여 흑색소포가 나타나는 것을 마지막으로 하여 부화되었다. 김(1997)은 부화직후 자어의 전장은 3.3 mm라고 보고하였는데, 본 실험에서의 결과와 비슷한 결론을 얻었고, 감돌고기의 경우 부화직후 전장 5.6~7.5 mm(김 등, 1991), 참붕어는 4.7~5.1 mm, 모래무지는 4 mm 내외(김, 1997)였고, 돌마자는 0.7 mm 내외(백, 1978)로 보통 다른 종보다는 부화직후 자어의 크기가 작은 편이었다.

기존의 연구에서 제시된 바와 같이, 같은 속(Genus)에 속하는 물개나 참물개, 점물개에 대한 발생학적 연구가 부재하므로 앞으로 이에 대한 비교 연구가 진행되어야 할 필요성이 있다고 사료된다. 이런 기초적인 연구를 토대로 이미 미국과 많은 국가에서 수환경의 변화 및 종 다양성에 관한 자원의 보존 방향 제시(Lucas and Frear, 1997; Aparicio and De Sostoa, 1999; Lucas, 2000), 환경 유해물질 검색(Owen and Karr, 1978; Secor, 1999) 및 생태지표종 개발에 의한 독성 연구(U.S. EPA, 1993, 1996; 염, 2002)에 효율적으로 활용할 수 있을 것으로 사료된다.

적 요

한국산 긴물개(*Squalidus gracilis majimae*)의 난발생과정을 연구하기 위하여, 긴물개의 친어와 생태적 조사는 충청남도 보령시에 위치한 보령댐과 웅천천에서 실시하였다. 자연 산란에 의해 수정된 난과 배 발생의 형태학적 설명은 다음과 같이 요약된다. 수정란의 형태는 둥글고, 점착성이 있으며 투명하였고, 수정란의 평균직경은 $2.9 \pm 0.3 \text{ mm}$ ($n = 30$)였고, 유구가 존재하지 않았으며, 수정란의 발생은 수온 $26 \pm 1.5^\circ\text{C}$ 에서 관찰되었다. 수정 후 20분에 배반이 형성되었으며, 48분 뒤 2세포로 나뉘어졌고, 포배기는 수정 후 5시간 40분에 나타났으며, 낭배기는 수정 후 6시간 55분에 관찰되었다. 배체의 형성은 수정 후 12시간 58분부터 시작되었고, 안포와 9개의 체절이 수정 후 17시간 05분에 발견되었다. 수정 후 23시간 30분에 이포가 생겼으며, 25~26개의 체절과 함께 안포안의 렌즈가 수정 후 32시간 35분에 발견되었다. 수정 후 37시간 27분에 뇌의 분화와 함께 배체가 꿈틀거리기 시작했으며, 심장박동과 안포내의 흑색소포가 수정 후 44시간 46분에 발견되었다. 수정 후 50시간 36분 가슴지느러미의 형성과 함께 몸 부분의 흑색소포가 형성되는 것을 끝으로하여 수정 후 57시간 49분에 수정란은 부화되었다. 이때 갓 부화된 자어는 전장이 $3.3 \pm 0.2 \text{ mm}$ ($n = 120$)이었다. 본 연구 결과는 최근 수질오염 및 종 다양성 감소

가 시급한 상황에서 중 및 개체군 보존에 기여할 것으로 사료된다.

사 사

본 연구는 부분적으로 한국과학재단 목적기초연구(과제번호: R08-2003-000-10535-0)의 지원으로 수행되었음.

인 용 문 헌

- 김익수, 이용주. 1984. 한국산 물개 (*Squalidus*)속 어류의 분류학적 재검토. 한국수산학회지 **17**: 132-138.
- 김익수, 강언중. 1993. 원색 한국어류도감. 아카데미서적. 서울.
- 김익수. 1997. 한국동식물도감, 담수어류. 교육부 **37**: 208-227.
- 김재구, 홍영표, 안광국, 최신석. 1991. 한국 특산종 감돌고기의 초기 발생에 관한 연구. 한국어류학회지. **24**: 129-142.
- 김익수, 박종영. 2002. 원색 도감, 한국의 민물고기. 교학사. pp. 1-449.
- 박두신, 최신석. 1998. 송사리와 대륙송사리의 산란, 난발생 및 자어의 성장. 한국육수학회지. **31**: 109-118.
- 백윤걸. 1978. *Microphysogobio yaluensis* (Mori)의 생활사에 관한 연구. 한국육수학회지. **11**: 43-49.
- 염동혁. 2002. 왜물개 (*Aphyocypris chinensis*)의 생식생태와 초기 생활사. 충남대 대학원 박사학위 청구논문.
- 전상린. 1980. 한국산 담수어의 분포에 관하여. 중앙대 대학원 박사학위 청구논문. pp 1-91.
- 정문기. 1977. 한국어도보. 일지사. pp 169-172.
- 최기철, 전상린, 양홍준, 김익수. 1980. 한국산담수어분포도. 한국담수생물학연구소. pp.1-54.
- 최기철, 전상린, 김익수, 손영목. 1989. 한국산담수어분포도. 한국담수생물학연구소. pp.10-11.
- 최기철. 1994. 우리나라 민물고기 백가지. 현암사. pp.216-223.
- 内田惠太郎. 1939. 朝鮮魚類誌, 第 1册, 朝鮮總督府水産試驗場報告. pp.1-458.
- Akio, S., K. Aida and I. Hanyu. 1994. Effects of photoperiod and temperature on gonadal activity and plasma steroid levels in an Autumn-spawning bitterling, *Acheilognathus rhombea*, during different phases of its annual reproductive cycle. *General and Comparative Endocrinology* **93**: 137-150.
- Alderdice, D.F. and F.P.J. Velsen. 1978. Relation between temperature and incubation time for eggs of Chinook salmon (*Oncorhynchus tshawytscha*). *J. Fish. Res. Board Can.* **35**: 69-75.
- Armstrong J.D. and N.A. Herbert. 1997. Homing movements displaced stream-dwelling brown trout. *Journal of Fish Biology* **50**: 445-449.
- Aparicio, E. and A. De Sostoa. 1999. Pattern of movements of adult *Barbus haasi* in a small Mediterranean stream. *Journal of Fish Biology*. **55**: 1086-1095.
- APHA. 1995. Standard methods for the examination of water and wastewater. 19th ed., APHA-AWWA-WPCF. New York.
- Balon, E.K. 1975. Terminology of intervals in fish development. *J. Fish. Res. Board Can.* **32**: 1663-1670.
- Banarescu, P. and T. Nalbant. 1973. Pisces, Teleostei, Cyprinidae (Gobioninae). Das Tierjaich. Lieferung 93. Walter de Grayfer. Berlin VII, 304p.
- Charles, B.K., W.B., William, R.K. Seth, U. Bonnie and F.S. Thomas. 1995. Stages of embryonic development of the Zebrafish. *Developmental Dynamics* **203**: 253-310.
- Gorman, O.T. and J.R. Karr. 1978. Habitat structure and stream fish communities. *Ecology* **59**: 507-515.
- Hidaka, T. and S. Takahashi. 1987. Effects of Temperature and Daylength on Gonadal Development of a Goby, *Rhinogobius brunneus* (Orange Type). *Japan. J. Ichthyol.* **34**: 361-367.
- Jordan, D.S. and C.L. Hubbs. 1925. Record of fishes obtained by David starr Jordan in Japan, 1922. *Mem. Carneg. Mus.* VI **2**: 1-65.
- Kawanabe, H. and N. Mizuno. 1989. Freshwater fish of Japan. Yama-Keitokyo, Japan. pp.318-321.
- Lucas, M.C. and P.A. Frear. 1997. Effects of a flow-gauging weir on the migratory behaviour of adult barbel, a riverine cyprinid. *Journal of Fish Biology* **50**: 382-396.
- Lucas, M.C. 2000. The influence of environmental factors on movements of lowland-river fish in the Yorkshire Ouse system. *The Science of the Total Environment* **251**: 223-232.
- Mori, T. 1952. Check list of the fishes in Korea. *Hyogo Univ., Agr.* **1**: 1-228.
- Nakamura, M. 1969. Cyprinid fishes of japan. Research Institute for Natural Resources. pp.105-106, 126-137.
- Secor, D.H. 1999. Specifying divergent migrations in the concept of stock: the contingent hypothesis. *Fisheries Research* **43**: 13-34.
- Soin, S.G., A.O. Kasutyan and N.I. Pashchenko. 1981. Ecological and morphological analysis of the development of the minnow, *Phoxinus phoxinus* (Cyprinidae). *J. Ichthyol.* **21**: 90-105.
- Suzuki, R. 1962. Hybridization experiments in Cyprinid fishes I. *Gnathopogon elongatus elongatus* (♀) × *Pseudorasbora parva* (♂) and the reciprocal. *Bulletin the Japanese Society of Scientific Fisheries* **28**: 992-995.

Uchida, K. 1939. The fishes of Tyosen. Part 1. Nematognathi, Eventognathi. *Bull. Fish. Exp. Sta. Gov. Gener. Tyosen*. **6**: 194-210.

U.S. EPA. 1993. Fish field and laboratory methods for evaluating the biological integrity of surface waters. EPA/

600/R-92/111.

U.S. EPA. 1996. OPPTS Test guidelines, Series 850. Ecological effects Volume I, II.

(Manuscript received 8 October 2004,
Revision accepted 18 December 2004)