

좁구굴치 (*Micropercops swinhonis*)의 산란습성 및 초기 난발생

김익수·김병직

전북대학교 자연과학대학 생물학과

Breeding Habits and Egg Development of the Goby, *Micropercops swinhonis*

Kim, Ik-Soo and Byung-Jik Kim

Department of Biology, College of Natural Sciences, Chonbuk National University

ABSTRACT

The freshwater goby, *Micropercops swinhonis* (Günther) was studied on the spawning behavior and egg development at the two areas of Chollabukdo, Korea from March to May 1995. Egg mass attached to a layer under stones and the inner wall of waterplant, *Cyperus*. Spawning behavior was divided into 1) pre-mating stage: selecting spawning sites and formation of territory by male, 2) mating stage: enticement with zigzag-like dance and intermittent shaking of head by male and fertilization, 3) post-mating stage: fanning, guarding and cleaning the nest by male. The eggs were transparent and spherical in shape, measuring 0.9×1.4 mm with yellowish yolk sac and many oil globules. Hatching began in about ten days after fertilization at water temperature 16~20°C. The newly hatched larvae were 3.8~4.0 mm in total length with 30 myomeres and their mouths and anuses were opened. Melanophores appeared at the air-bladder and the ventral side of caudal region.

Key words: Egg development, Goby, Hatching, *Micropercops*, Spawning behavior, Territory

서 론

농어목 Perciformes 동사리과 Odotobutidae에 속하는 좁구굴치 *Micropercops swinhonis* (Günther)는 중국대륙과 한반도에 분포하는 전장 50 mm내외의 소형 담수어이다. 중국에서는 王(1984)과 丁(1994)에 의해 본 종의 형태적 특징과 생태 및 분포에 대한 보고가 있었고, 우리나라에서는 김 등(1986)에 의해 처음으로 보고되었고, 최(1988)는 본 종이 전북지방의 담수역에 제한분포한다고 하였다. 그러나 그 후 좁구굴치의 출현이나 일반 생태 및 생활사에 대한 보고는 전혀 없었다.

1993년 전북지역의 담수어류 분포에 관한 조사를 실시하던 중 전북 완주군 삼례와 부안군 하

서에서도 그 집단서식이 추가로 확인되어, 본 조사에서는 한국산 줌구굴치의 생물학적 기초조사의 일환으로 본 종의 자연산란습성과 수조환경에서 관찰한 산란행동의 특징을 제시하고, 초기 난발생과정에 대해 보고하고자 한다.

재료 및 방법

1995년 3~5월까지 전북 완주군 삼례읍 고산천과 부안군 하서면 청호저수지에서 줌구굴치의 자연산란장을 조사하고(Fig. 1), 족대를 이용하여 친어(삼례상상 TL 50.5~39.0 mm, n=5; 우우 TL 41.8~32.8 mm, n=13/하서상상 TL 47.9~40.2 mm, n=3; 우우 TL 42.3~32.7 mm, n=15)를 채집하여, 전북대학교 생물학과 어류학실험실에서 저면여과식 사각형 유리수조(각각 120 × 30 × 45 cm, 60 × 30 × 45 mm)에 사육하였다. 자연적인 서식조건과 유사하게 수조바닥에는 3~5 cm의 모래를 깔고, 수초(*Ceratophyllum demersum*, 붕어마름)를 심어주었으며 주먹만한 크기의 납작한 돌을 산란장으로 설치하였다. 사육중 친어의 먹이는 요각류(*Cyclopoida* spp.)와 털모기(*Chironomus* sp.) 유충, *Moina macrocopa*, 깔다구(*Chironomus* spp.) 유충 등을 1일 1~2회 충분한 양 투여하였다. 사육중 산란행동은 비디오 카메라로 녹화 분석하였다.

초기 난발생과정은 삼례개체군의 경우 1995년 4월 11일 오전 10경에 산란한 알의 일부를, 하서개체군의 경우에는 1995년 4월 6일 오전 9시경에 산란한 알의 일부를 채취하여 해부 현미경하에서 매시간 관찰하고 만능투영기를 이용하여 도해하였다. 사육중 수온은 막대형 알콜온도계로 측정하였으며, 분류체계와 학명의 사용은 Hoese와 Gill(1993)과 Iwata(1994)에 따랐다.

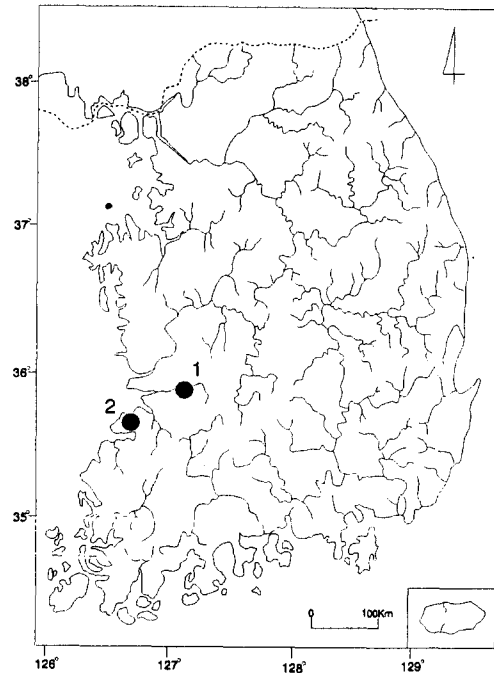


Fig. 1. Map showing the collection area of *M. swinhonis*. 1: Samnye-up, Wanju-gun; 2: Hasomyon, Puan-gun.

결과 및 고찰

산란습성

1) 자연산란장소

삼례개체군의 경우 산란장은 돌의 아랫면이고, 산란장을 보호하는 수컷의 크기는 32.4~41.9 mm(n=8)이며, 산란장의 수심은 10~20 cm, 산란장으로 이용된 돌의 크기 9 × 4~27 × 13 cm, 난피의 크기는 5.7 × 2.7~14.7 × 3.7 cm로 매우 다양하였다(Table 1). 한편 급작스런 수위하락으로 산란장이 물에 들어가 그 밀도를 측정할 바에 의하면 전체 6.3 × 2.3 m²에 총 37개

즉, 1 m²당 2.55개의 산란장이 들어있었으며 산란장끼리의 최단거리는 9 cm였으나 입구의 방향이 서로 반대였다. 일부 산란장의 형태가 구멍형인 곳에서는 돌의 아랫면과 경사면에 산란이 이루어지기도 하였으며, 참붕어와 산란장을 공유하기도 하였으나 이런 경우에는 좀구굴치는 돌의 아랫면에, 참붕어는 돌의 윗면과 경사면에 산란을 하여 두 종의 알은 분리되어 있었다.

하서개체군의 경우에 돌의 아랫면에 산란된 난괴는 관찰하지 못했고 사초과의 수생식물(*Cy-*

Table 1. Conditions of natural spawning sites in Samnye population of *Micropercops swinhonis* in April 1995

Total length (♂, mm)	Water depth (cm)	Size of stone (cm)	Size of egg mass (cm)
—	15	10 × 9	6.1 × 5.8
32.4	9	14 × 7	5.2 × 2.7
33.5	15	18 × 12	3.6 × 3.4
35.2	15	10 × 6	8.5 × 4.0
37.2	16	9 × 4	2.8 × 4.5
38.2	20	14 × 6	7.2 × 3.4
38.6	15	27 × 13	7.4 × 5.8
41.9	17	18 × 13	14.7 × 3.7

Table 2. Conditions of natural spawning sites in Haso population of *Micropercops swinhonis*. TL, total length; OD, outer diameter; ID, inner diameter

Date	TL (mm)	Water depth (cm)	Depth of egg mass (cm)	<i>Cyperus</i> (OD/ID, cm)	Size of egg mass (cm)
May 1, 1995	—	68	52	2.5/0.9	only ♂
	—	70	52	1.8/1.8	1.2 × 1.0
	—	86	56	1.5/1.0	5.8 × 1.8
	—	92	77	—	only ♂
	—	82	57	1.8/1.0	8.2 × 1.2
	—	88	57	2.0/1.0	only ♂
	—	74	58	2.0/1.0	2.0 × 1.5
	—	85	49	2.2/1.0	5.5 × 2.0
	—	84	60	—	only ♂
	—	89	52	—	only ♂
	—	88	73	2.0/1.2	15.5 × 2.0
	—	80	66	2.0/1.2	9.0 × 1.0
May 15, 1995	—	surface	—	2.5/1.5	6.5 × 1.2
	♀ 32.5	surface	—	2.0/1.3	3.8 × 1.4
	♂ 34.7	surface	—	2.5/1.8	3.6 × 1.8
	♂ 36.6	surface	—	2.6/1.2	only ♂
	♀ 36.8	surface	—	1.7/1.1	10.6 × 1.5
	♂ 41.3	surface	—	2.0/1.9	7.8 × 1.7
	♂ 40.3	surface	—	2.0/1.5	6.2 × 1.7
	♂ 40.5	60	47	1.9/0.7	11.4 × 1.9
	♂ 44.6	64	48	1.7/0.7	22.3 × 1.8
	♂ 42.5	58	36	1.4/0.8	9.5 × 2.3
	♂ 43.0	62	45	1.7/1.0	10.4 × 1.6

perus spp.)의 엽초 안쪽면이 산란장소로 이용되었다. 산란장을 보호하는 수컷의 크기는 34.7~44.6 mm(n=8), 난피의 수심은 36~57 cm, 산란장으로 이용된 사초과 수생식물(*Cyperus* spp.)의 바깥지름은 1.4~2.6 cm, 안지름은 0.7~1.9 cm이고, 난피의 크기는 1.5 × 2.0~22.3 × 1.8 cm로 다양하였다(Table 2). 수컷의 크기가 비교적 클수록 많은 수의 알을 보호하는 경향이 있었으며, 산란장으로 이용된 엽초가 수면에 떠다니는 경우에도 수컷은 산란장을 떠나지 않고, 수면에 뜬 엽초 안에서도 산란을 하고 있는 암수가 관찰되기도 하였다.

일반적으로 망둑어류의 산란생태를 보면 모두 난생이며 침성부착란으로 사상물에 의해 돌이나 고풍물의 아랫면에 만들어진 산란실의 천정부분에 조밀하게 부착시키거나(道津 1956, 1958, 道津·水戶 1958, 堤·道津 1961), 구멍을 파고 그 안에 알을 낳는다(道津·水戶 1955, 田北 1975). 본 종도 침성부착란으로 돌의 아랫면에 한 층으로 조밀하게 산란부착하는 것은 일반적인 망둑어류의 경우와 비슷하지만, 알덩어리를 1층 내지 2층의 겹으로 부착시키는 같은 과의 동사리와는 약간의 차이가 있다(최와 진 1977). 또한 수생식물의 엽초를 산란장으로 이용하는 것이 주목되는데, 동소적으로 서식하는 타 어종과의 경쟁과 서식조건에 따른 생태적인 적응에서 식물체를 새로운 산란장으로 선택한 것으로 생각되며, 여기에 관해서는 차후 면밀한 검토가 요구된다.

망둑어류는 제한된 산란장내에 많은 알을 낳고 부화할 때까지 수컷이 보호하는 등 부화율을 높이는 방향으로 적응 분화해 왔다(道津 1979). 본 종의 경우 삼례개체군에서는 돌의 아랫면, 특히 산란장의 형태가 입구가 작은 구멍형이기 때문에 타종에 의한 포식을 최소화시킬 수 있으며, 하서개체군의 경우 수생식물의 엽초 내측은 입구의 크기가 작아 좀구굴치의 친어가 간신히 들어갈 정도이기 때문에 외부와 거의 완전하게 차단되어 있다는 점에서 타종으로부터의 피해를 최소화할 수 있고, 수생식물이 바닥에서 분리되어도 수표면층에 항상 떠 있는 상태가 되므로 급작스런 수위변동에 의한 수정란의 피해를 최소한으로 감소할 수 있다. 따라서 수생식물의 엽초 내측을 산란장으로 이용한 것은 부화율을 최대로 높여 번식성공도를 높이는 잇점이 있는 것으로 생각된다.

2) 실험실에서의 산란행동

하서개체군을 중심으로 한 좀구굴치의 산란행동은 산란장을 선택하고 세력권을 형성하는 교미 전 단계(premating stage), 암컷을 유인하여 산란 수정하는 교미단계(mating stage), 그리고 산란장을 정리하고 수정란을 보호하는 교미 후 단계(postmating stage)로 구분된다(Fig. 2, Table 3).

(1) 교미 전 단계

산란준비과정으로 수컷은 산란장으로 돌을 선택하여 배복역위(背腹逆位)의 자세로 돌의 아랫면을 지느러미로 정리하면서 세력권을 형성한다(Fig. 2-A). 다른 수컷이 접근하면 두부가 현저하게 검어지고, 체측횡대가 진해지며 모든 지느러미를 최대한 펴고 새개부를 부풀린 상태로 서로 경쟁한다. 그러나 복부가 팽대해진 산란에 임박한 암컷이 영역내에 들어오면 유인행동을 보인다.

(2) 교미단계

영역내에 들어온 암컷의 유인과 산란, 방정을 통해 수정란을 형성하는 단계이다. 암컷유인행

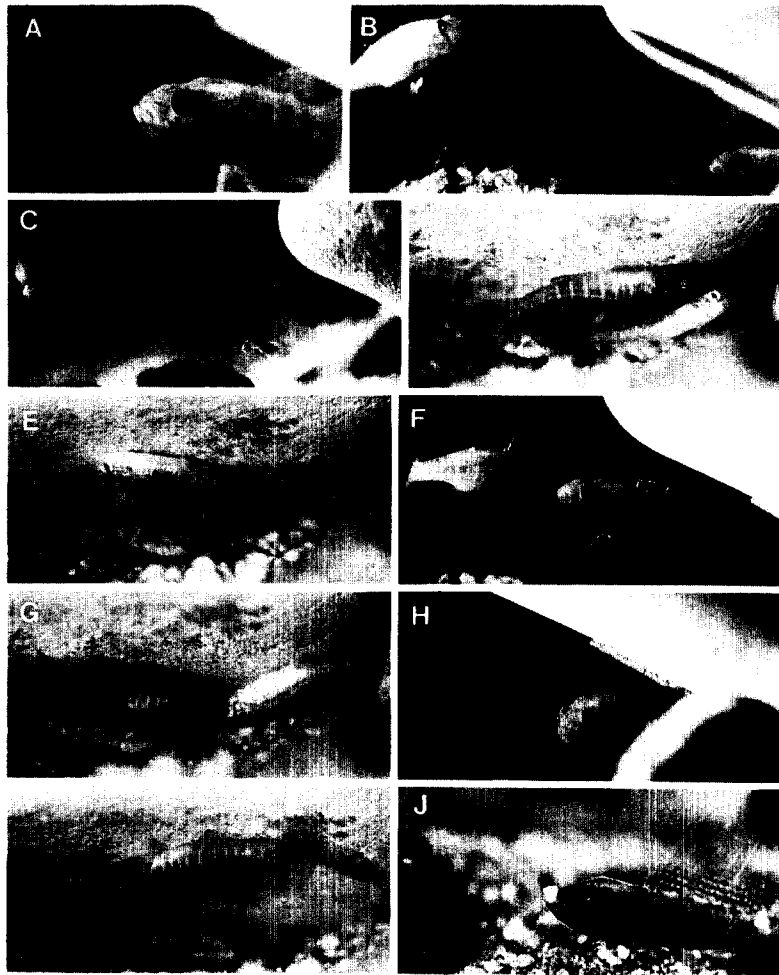


Fig. 2. Reproductive behavior induced in aquarium of *M. swinhonis*. A: selection of nest by male; B: approaching the female; C: enticement by male; D: indicating the laying site by male; E: laying eggs; F: competition with another female; G: stimulation of spawning (bite); H: guarding the nest; I: fanning; J: cleaning.

동은 전술한 경쟁행동과 유사하지만, 암컷과 나란히 하여 몸을 좌우로 흔들고(zigzag) 간혹 머리의 반동을 강하게 하는 특징이 있다(Fig. 2-B, C). 이러한 유인행동을 나타내면서 점차 산란장과의 거리를 좁혀 암컷을 산란장으로 유인한다. 1회 유인하여 산란에 성공하기도 하지만 대부분 여러차례의 유인행동을 시도하는데, 만약 암컷의 반응정도가 약하면 수컷은 도리어 암컷을 쫓아서 쫓아내기도 한다.

수컷의 유인을 수락한 암컷이 몸을 떨면서 산란장내로 진입하면 수컷은 배복역위자세로 산란지점을 지시하고(Fig. 2-D), 암컷이 배복역위의 자세로 10~20여개의 알을 부착시키고 바로 수컷이 방정하여 수정시킨다(Fig. 2-E). 산란중 다른 암컷이 접근하면 수컷은 강한 공격행동을 보여 쫓아내는데(Fig. 2-F), 이러한 과정에서 산란이 잠시 정지되면 수컷이 몸을 흔들어 산란을 부추기거나 머리를 쪼는 등 산란자극을 가한다(Fig. 2-G). 이와 같은 암컷과 수컷의 방란·방정은

Table 3. Idealized courtship behavior pattern of *Micropercops swinhonis* observed at artificial condition

Stages	Male	Female
Premating stage (preparatory stage)	Formation of territory Selecting and cleaning nest (fanning)	Free-swimming Approaching the nest
Inticement stage	Zigzag-like dancing Intermittant shaking of head (unfolded fins, darkened body color, expanded oral cavity)	Quivering
	Leading to the nest	Following
Mating stage	Sexual stage	Quivering, laying eggs
	Repetition stage	Repeating above
Postmating stage (patricare stage)	Fanning and guarding the fertilized eggs Removing an obstacles (mouth)	Leaving the nest

교대로 이루어지며 약 1시간 30분~2시간 30분정도 계속되어 약 385개(383~396개, n=3) 정도의 알이 1층으로 조밀하게 부착되어 난괴를 형성한다.

(3) 교미 후 단계

수컷 단독으로 산란장을 정리하고 수정란을 보호하는 단계이며 재차 산란준비기이기도 하다. 수컷이 정상위나 배부역위의 자세로 꼬리부분과 지느러미를 이용하여 알을 털어주거나 수류를 일으켜 신선한 물을 공급해 주는데(Fig. 2-H, I), 이러한 과정에서 등지느러미가 닳거나 약간씩 떨어져 나가기도 한다. 또한 산란장을 보호 정리하는 과정에서 방해가 되는 것을 정리하는 행동을 보인다(Fig. 2-J). 수컷은 수정란이 부화할 때까지 산란장을 지키고 알을 보호하며 외부 자극(산란장의 이동)에도 도망치지 않고 알을 찾아 보호하는 강한 보호본능이 있다. 이렇게 산란장과 수정란을 보호하는 과정중에 산란에 임박한 다른 암컷이 접근하면 위에 기술한 방식과 동일하게 유인하여 수차례에 걸쳐 산란하고 보호하는 일부다처의 생식체계가 운영한다.

수컷이 산란장을 선택하여 세력권을 형성한 다음 암컷을 유인하여 산란, 방정으로 형성된 수정란을 수컷이 보호하는 일련의 과정은 망둑어류(岸 1979, 堤·道津 1961)나 독중개류(Goto 1989)와 유사하다. 산란기에 체색이 검게 변하는 사실은 *Cottus hangiongensis*(Goto 1988), *Tridentiger obscurus*(岸 1979, 1981)에서도 보고되었고, 암컷유인행동은 *Gasterosteus aculeatus*(Wootton 1976), *Pterogobius zonoleucus*(堤·道津 1961)와 유사하지만, 그 과정에서 두부와 제 1등지느러미 기부가 현저히 검게 변하는 것이 특징적이다. 수컷에 의한 수정란의 보호는 수생균의 감염을 막고, 포식 및 산소부족으로 인한 손실을 막기위한 것으로(Goto 1989) 생각되며, 수정란을 보호하는 과정에서 외부 자극에 의한 친어의 난섭식과정(堤·道津 1961)도 관찰되었다.

초기 난발생과정

1995년 4월 11일 수조 바닥에서 7 cm정도 떨어진 모서리에 부착된 산란직후의 수정란을 대상

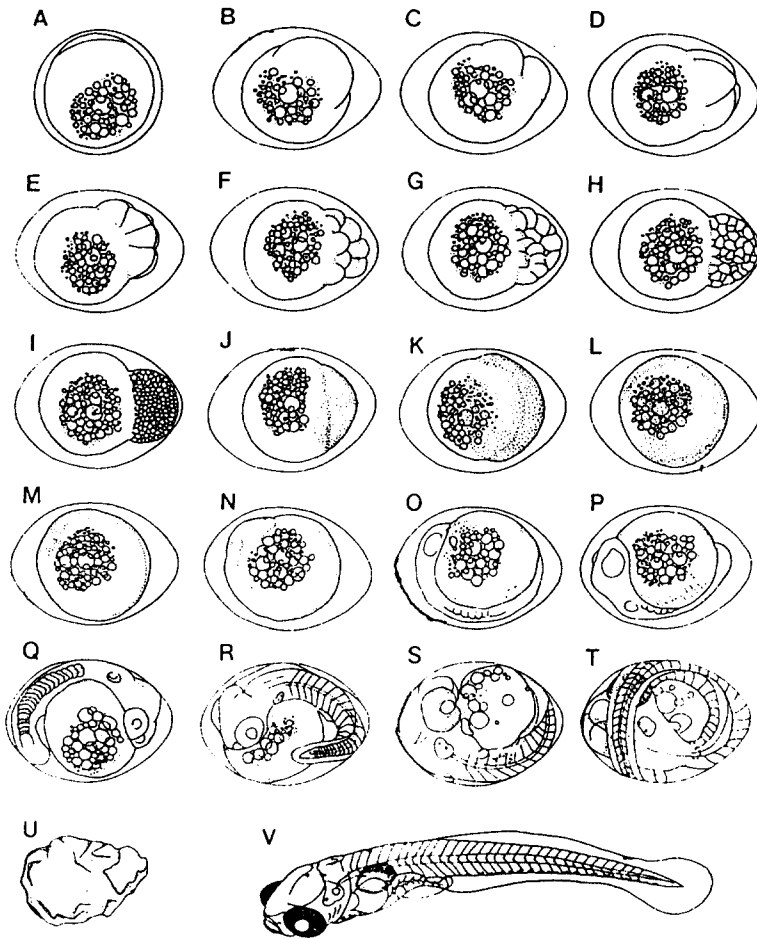


Fig. 3. The egg development in Samnye poluation of *M. swinhonis*. Scale bars indicate 1 mm.

으로 관찰된 난 발생과정은 다음과 같다(Fig. 3, Table 4).

산란당시 수온은 19℃였으며 발생과정이 진행되는 동안 수온은 16~20℃의 범위였다. 채란직 후 알의 대부분은 타원형(단경 0.8~0.9 mm, 평균 0.9 mm; 장경 1.1~1.2 mm, 평균 1.2 mm; n=16)으로 변화한 상태였고 1개만이 원형(직경 0.8 mm)이었다. 난막은 투명하고 열은 황색의 난황에 수많은 소유구(oil globules)가 있었다(Fig. 3-A). 1일동안에 난황과정을 거쳐 배체가 형성되고 안포(optic vesicles)와 이포(auditory vesicles)가 형성된다. 2일째 뇌가 분화되고 심장이 형성되어 박동하기 시작하며 꼬리가 신장되어 난내회전운동을 시작한다. 3일째 안구 가장자리에 흑색소포가 나타나기 시작하며 혈액순환의 관찰이 가능하고, 4일째는 안구의 흑색소포가 뚜렷하여 육안관찰이 가능해지며 부레원기가 나타난다. 6일째 하악이 형성되며 부레가 뚜렷해지면서 꼬리의 등쪽과 배쪽에 흑색소포가 나타나기 시작하며 유구와 난황이 감소하고, 수정후 약 10일 후에 부화하기 시작한다. 부화당일 자어의 크기는 전장 3.8~4.0 mm(n=9)이고 난황이 약간 남아 있거나 또는 완전히 흡수된 경우도 있다. 근절은 10+20개이고 활발히 움직이며 섭이한

Table 4. Embryonic development of *Micropercops swinhonis*

Time elapsed		Water temps (°C)	Fig. 3	Developmental changes observed
Days	Hours			
	1	19	B	Formation of blastoderm
	1:30	18	C	2 cell stage
	2:50	19	D	4 cell stage
	3:20	18	E	8 cell stage
	3:40	18.5	F	16 cell stage
	4:30	18	G	32 cell stage
	5:50	19	H	64 cell stage
	7:30	16	I	Morula stage
	12	17.5	J	Early blastula
	20	18	K	Middle blastula
	22	17.5	L	Blastopore comes near to closing
1	0:30	18	M	Gastrula stage
	5	18	N	Formation of embryo
	8:20	18	O	Formation of optic vesicle, apperance of Kupffer's vesicle, 5 myomeres
	14:10	17.5	P	Formation of auditory vesicle
	18:10	17		Differentiation of tail, 14 myomeres
	22:10	17	Q	Formation of lenses, 18 myomeres
2	4:10	18		Differentiation of brain, Embryo wiggled at intervals
	6:40	19		Beginning of heart beat
3	0:30	20	R	Prolongation of tail
	12	18.5		Apperance of melanophores in eyes. Current of blood was recognized
4	23	18	S	Beginning of pectoral fins and air -bladder formation
6	12	19		Opening of mouth
8	1	18	T	Melanophores appear dorsal and ventral side of the tail
9	22	18.5	V	Newly hatched larva, 4.0 mm in total length, 30 myomeres

다. 흑색 소포는 후두부에 4~6개가 산재하고 심장아래에도 나타나 있다. 또한 소화관 등쪽과 꼬리의 복부에 면한 쪽에 열지어 나타난다.

자연상태에서의 돌의 아랫면에 산란부착된 수정란의 난경을 조사한 결과 삼례개체군은 단경 0.9 ± 0.03 mm (0.8~0.9 mm, n=25), 장경 1.2 ± 0.02 mm (1.1~1.2 mm, n=25), 하서개체군은 단경 0.9 ± 0.03 mm (0.9~1.0 mm, n=20), 장경 1.4 ± 0.06 mm (1.2~1.5 mm, n=20)로 장경에서 약간의 차이를 보였으나 발생과정상의 큰 차이는 나타나지 않고, 단지 몇몇 단계에서 시간경과에 차이가 있었으나 부화하는 시간은 삼례개체군이 수정후 238시간, 하서개체군이 240시간으로 거의 동일하였다. 따라서 이와 같은 발생과정상의 시간경과의 차이는 발생과정중의 온도변화에 기인된 것으로 생각된다.

한편, 道津(1979)은 망둑어류의 난형의 계통의 논의하면서 구형에서 곤봉형의 13가지로 구분

하였는데, 그 중 일본산 *H. cyprinoides*와 동일 속인 *H. compressus*는 거의 구형에 가까워 줌구굴치와 동일 속이지만 차이를 보였고 *H. galli*는 타원형으로 동일하였다. 또한 본 종과 같은 과에 속하는 동사리 *Odontobutis platycephala*의 경우 최와 진(1977)은 침성부착란으로 장경 3.4 mm, 단경 2.0 mm인 타원형, 岩田 등(1988)은 장경 3.56 mm, 단경 1.86 mm인 타원형이라 했고, 일본산 *Parioglossus taeniatus*도 장경 1.3 mm, 단경 0.6 mm인 타원형으로(道津 1956) 본 종과 동일한 형태의 알을 낳는다.

망둑어류의 부화직후 자어의 크기 및 형태발달상태는 알의 크기에 의해 결정되는 것으로 알려졌는데, 소형란(장경 1 mm 이하)에서 부화한 자어는 체장이 작고 형태도 미발달 상태이며 대형란(장경 3 mm 이상)에서 부화한 자어는 체장이 크고 형태가 분화, 발달되어 치어형을 나타내고, 중형란에서 부화한 자어는 중간적인 특징을 나타낸다(道津 1979). 줌구굴치의 경우 알의 크기는 장경이 1.2~1.4 mm로 대다수의 망둑어류와 같이 중형란에 해당한다. 부화직후 자어의 형태는 눈이 발달해 있고, 입과 항문이 열려있으며, 난황을 지니고 있으나, 부화후 바로 섭이활동을 한다는 점등은 道津(1979)이 지적한 바와 잘 일치한다. 그러나 대부분의 중형란을 지니는 망둑어류는 치어기에 이르기까지 1~2개월 정도의 부유기를 보내고 저생생활로 들어가지만 일생동안 부유생활을 하는 종은 치어기로의 이행이 느린데 비해(道津 1979), 본 종은 일생동안 중층에서 부유생활을 하는데도 치어기에 도달하는데 1개월정도 소요되어 약간의 차이를 나타내었다. 대형란에 해당하는 동사리(최와 진 1977)는 부화직후 전장 4.5 mm로 줌구굴치와 부화직후의 크기는 거의 같지만 상당한 크기의 난황을 지니고 있고, 기초가 이미 형성되어 있는 등 치어기의 형태를 보이고 있어 줌구굴치와 많은 차이점이 있고, 일본산 *H. cyprinoides*(柳 1977)의 경우 전장 1 mm전후, 난황이 크고, 소화관이 미발달된 상태와 비교할 때 줌구굴치는 전장이 4.5 mm로 크기가 크고 난황은 거의 흡수된 상태이기 때문에 알의 크기와 부화직후 자어의 형태에서 많은 차이점이 있다.

적 요

1995년 3월부터 5월까지 전북 완주군과 부안군에서 줌구굴치의 자연산란장을 조사하고 수조 환경에서 산란행동과 초기 난발생과정에 대해 조사하였다. 자연산란장은 돌의 아래면과 사초과 수생식물(*Cyperus*)의 엽초 안쪽면이며 한 층으로 조밀하게 부착되어 난괴를 형성한다. 산란행동은 수컷이 산란장을 선택하고 세력권을 형성하는 교미 전 단계, 암컷을 유인하여 산란 수정하는 교미단계, 그리고 산란장을 정리하고 수정란을 보호하는 교미 후 단계로 구분된다. 침성부착란인 수정란은 0.9×1.4 mm의 타원형으로 담황색의 난황에 많은 유구를 가지며 수온 16~20℃ 범위에서 수정후 약 10일후에 부화하며 부화자어의 크기는 3.8~4.0 mm로 입과 항문이 열려있으며 약간의 난황을 지니고 있고, 흑색소포는 부레와 소화관 등쪽과 배쪽에 열지어 나타나며 근질은 30개이다.

인용문헌

- 김익수 · 김용익 · 이용주. 1986. 한국산 망둑어과 어류. 한국육수학회지 19:387-408.
 최기철. 1988. 전북의 자연. 전라북도교육위원회 386p.
 최기철 · 진창덕. 1977. 한국산 동사리의 산란습성과 난발생 및 초기발육과정에 대하여. 한국생

- 태학회지 1:44-48.
- Goto, A. 1988. Reproductive behavior and homing after downstream spawning migration in the river sculpin, *Cottus hangiongensis*. Japan. J. Ichthyol. 34:488-496.
- Goto, A. 1989. Effects of parental care on egg survival estimated from an experimental removal males in the river sculpin *Cottus amblystomopsis*. Japan. J. Ichthyol. 36:281-284.
- Hoese, D.F. and A.C. Gill. 1993. Phylogenetic relationships of eleotridid fishes (Perciformes : Gobioidae). Bull. Mar. Sci. 52:415-440.
- Wootton, R. J. 1976. The Biology of the Sticklebacks. Academic Press, London. 387p.
- 岩田明久. 1994. ハゼ亞目ドンコ科ドンコ屬魚類の分類と種分化に関する研究. 東京水産大學博士學位論文. 253.
- 道津喜衛. 1956. サツキハゼ(新稱)の生活史. 九大農學藝雜誌 15:489-496.
- 道津喜衛. 1958. シラヌイハゼの生態 生活史. 九大農學藝雜誌 16:427-432.
- 道津喜衛. 1979. ハゼ亞目魚類の卵と仔, 稚魚. 海洋科學 11:115-116.
- 道津喜衛・水戸敏. 1955. マハゼの産卵習性および仔, 稚魚について. 魚類學雜誌 IV: 153-161.
- 道津喜衛・水戸敏. 1958. ビゲミミズハゼの生態 生活史. 九大農學藝雜誌 16:419-425.
- 柳昌之. 1977. タナゴモドキの産卵まで. 淡水魚 :74.
- 岩田明久・田祥麟・水野信彦・崔基哲. 1988. ドンコの個 發生と, セマダラドンコ コウライドンコのそれとの比較. 魚類學雜誌 35:371-381.
- 岸由二. 1979. チチブ, *Tridentiger obscurus*の社會行動. 慶義大, 日吉論文集, 自然科學編 15:127-146.
- 岸由二. 1981. 雄が大きいハゼと雌が大きいハゼ, チチブとジュズカケハゼの繁殖習性. 淡水魚 :147-153.
- 田北徹. 1975. ハゼクチの水槽内産卵, 卵發生と仔稚魚について. 魚類學雜誌 22:31-39.
- 堤俊夫・道津喜衛. 1961. チャガラの産卵行動. 長大水部研報 10:149-154.
- 丁瑞華. 1994. 四川魚類誌. 四川科學技術出版社 四川, 中國. 641p.
- 王鴻媛. 1984. 北京魚類誌. 北京出版社 北京. 114p.

(1996년 9월 9일 접수)