

한국산 잉어과 어류 칼납자루(*Acheilognathus limbata*)와 묵납자루(*A. signifer*)의 초기발생과 분류에 관한 연구

김익수 · 김치홍

전북대학교 자연과학대학 생물학과

납자루 아과 어류에 속하는 칼납자루 *Acheilognathus limbata*와 묵납자루 *A. signifer*는 형태적으로 아주 유사하여 종의 분류에 있어서 혼동되어 왔으나, 본 조사에서는 이 2종의 여러 집단에 대하여 조사한 결과 그들의 형태적 특징과 발생과정 및 분포상에 있어서 현저히 다른 새로운 사실을 발견하였다. 두 종간에는 여러가지 계수 계측형질은 중복되는 면도 있었으나 다변량 분석에 의해 5개 집단의 15개 형질을 분석한 결과 2종간에 현저하게 구별되었고, 이들의 수컷 등지느러미와 뒷지느러미 기초상의 반문 형태와 체장에 대한 암컷의 산란과 길이의 비, 난의 형태 및 부화기간도 역시 2종간에 잘 구별되었으며, 이 2종의 인공교잡 결과는 발생중 중지하여 부화하지 못한 점 등은 분류학적으로 주목되었다. *A. limbata*는 금강, 섬진강 및 낙동강 수계, 그리고 *A. signifer*는 한강과 임진강 수계에 서로 분리되어 분포되고 있었다.

KEY WORDS: *Acheilognathus limbata*, *A. signifer*, Taxonomy

잉어과의 납자루아과 어류는 체형이 납작하고 체고가 높은 소형 담수어로서 산란시기에는 혼인색이 현저한데다 담수산 이매패인 석패과(Unionidae)에 산란하는 고유한 습성을 가지고 있어서 생물학연구 재료로 많이 사용되어 왔지만 종간에 형태적 차이가 근소하여 연구자에 따라 동일종 혹은 별종으로 취급하고 있어 분류학상 많은 논란이 있었다(內田, 1939; 中村, 1969; 長田, 1975; 金, 1982).

납자루속에 포함되는 칼납자루 *A. limbata*와 묵납자루 *A. signifer*는 모두 한국의 서남쪽으로 흐르는 하천의 중상류에 서식하며 형태적으로 아주 유사하여 이 두 종을 뚜렷히 구별하여 종의 특징을 나타낼 수 있는 분명한 기준이 없기 때문에 학명사용과 종의 특징 및 분포에 대한 재검토가 절실히 요청되고 있다. 분류학적인 연구방법으로는 형태형질의 비교를 기초로하여 초기 발생 과정의 비교와 인공교잡 실험 및 수리분류적인 방법 등이 많이 이용되고 있는데, 납자루류의 초기발생에 관한 연구는 內田(1939)가 한국산 7종에 대한 난

의 형태와 전기 자어에 대한 개략적인 기술을 한 바가 있고, 최근에 金·朴(1985)과 鈴木·田(1987a, 1987b)이 흰날달줄개와 줄납자루의 난발생 과정을 상세히 기술하였다. 또 일본산 납자루류에 대한 초기 발생 과정의 관찰은 中村(1969)가 12종에 대해 기록하였고, 그 후로 Suzuki와 Hibia(1984)는 납자루류 여러 종의 난발생 비교 연구를 통하여 각 종은 독특한 난의 형태와 발생 과정을 나타내 주고 있음을 보고하였다. 그리고 인공교잡 실험은 종의 유연관계와 생식적 격리에 대한 논의를 하는데 많이 사용되어 왔는데(Duyvene de Wit, 1962; 1964a; 1964b), 납자루류의 교잡 실험 결과로서 종간 및 속간의 genomic compatibility 관계를 논의 하기도 하였다.

한편 수리분류는 표본의 여러 형질에 같은 값을 주어 분석함으로써 보다 객관성이 있는 결과물을 얻을 수 있는 바(Sneath and Sokal, 1973; 고, 1985) 한국산의 동가리과와 동자개과 어류에 대해서도 다변량 분석에 의해서 종간, 속간 및 집단간의 유연관계를 밝혀낸 바 있다(孫, 1987; 李, 1988).

본 연구에서는 위의 두 종에 대한 원기재와 연구사에 따른 형태 형질을 재검토하고 남한의 여러 수계에서 채집한 표본을 수리분류에 의한 방법으로 지역별로 비교하고 특히 두 종의 초기 발생 과정을 비교 관찰하여 두 종의 특징을 보고하고자 하며 형태적인 검색 기준과 더불어 이들의 분포에 대한 문제점을 검토함으로써 종의 한계를 제시하여 분류학적 연구에 새로운 기초자료를 제시하고자 한다.

재료 및 방법

표본의 채집: 조사에 사용된 표본은 1985년 4월부터 1988년 8월까지 한탄강, 한강, 금강 및 섬진강에서 두방과 유인어망을 사용해서 채집하였다. 채집된 표본중 초기 발생 과정을 조사하기 위하여 혼인색이 현저한 수컷과 산란관이 있는 암컷은 생체로 운반 사용하였고 그 나머지는 10% 포르마린 용액에 고정하여 전북대 생물학과 표본실(CUB; Department of biology, College of Natural Sciences, Chonbuk National University)에 보관하였다.

형태형질 분석: 표본의 측정은 1/20 mm dial caliper를 사용하였으며 계수 형질은 Hubbs and Largler(1964)에 따라 제장에 대한 체고, 두장, 등지느러미, 가슴지느러미, 배지느러미, 뒷지느러미 기점까지의 거리와 미명상, 미명고의 백분비를 구했으며, 두상에 대한 미명상, 미명고, 문상 및 안경의 백분비를 구했고, 등지느러미와 뒷지느러미의 연조수 및 중분비율수도 조사했다.

다변량 분석을 하기 위하여 5개 비교집단(operational taxonomic unit, OTU)을 선정하여 100개의 표본을 대상으로 제장에 대한 체고의 비율비롯한 15개 형질로 주성분분석(principal component analysis) 및 정준판별분석(canonical discriminant analysis)을 실시하였고 Orloci and Kenkel(1984)의 PCAR/OK와 EMVO/OK 프로그램을 이용하였으며 모든 계산은 APPLE II+(64K) BASIC(Dos 3.3)으로 하였다.

초기발생 과정: 실험에 사용된 *A. limbata*는 전북 임실군 관촌면과 진안군 마령면에서 채집하여 1988년 4월 10~26일, 5월 6일 및 6월 14일에 인

공수정하여 총 14회 관찰하였고, *A. signifer*는 동여 6회 인공수정하여 관찰하였다. 교잡실험을 위하여 *A. signifer* 수컷과 *A. limbata* 암컷으로 3회 교배실험을 하였다. 인공수정은 산란관이 있는 암컷의 복부를 압박하여 petri dish에 채란하고 수컷의 정액을 주사기로 흡입하여 그 위에 수정시켰다. 부화후 자유유영 시기에는 유리수조에 옮겼으며 이 때의 수온 범위는 18°C~24°C(평균 22°C)였다. 발생과정마다 40배 실체현미경으로 관찰하고 스케치하였다.

결과 및 고찰

형태형질 비교

*A. limbata*는 1846년 Temminck et Schlegel에 의해 일본에서 처음으로 채집되어 기재 보고된 종으로 다른 남자루류에 비해 채측반문이 없고 아가미 상후단에 암점이 없음을 그 특징으로 하였다. 그 후 丙田(1939)는 한국의 밀양(낙동강) 등에서 채집한 표본에 대하여 계수 측정치와 간략한 초기 발생 및 형태만을 보고하였다. 그 후 中村(1969)는 일본산 잉어과 어류의 초기 발생 과정을 기록하면서 *A. limbata*의 측정치와 초기 발생을 보고하였는데 Temminck et Schlegel의 원기재와 丙田(1939)가 보고한 측정치에서는 모두 일치하지만, 난의 형태는 매우 상이한 것으로 보고하였다. 한편 *A. signifer*는 Berg(1907)에 의해 함경남도 풍동에서 채집된 1개체를 가지고 신종으로 보고했는데, *A. limbata*와 비교하면서 체측에 반문이 있는 *A. limbata*의 특징을 *A. signifer*의 특징이라고 하였고, 오히려 *A. limbata*는 체측 반문이 있다고 하였다. 그동안 연구자에 따른 두종을 형태학적으로 비교해 보면 Table 1에서처럼 여러 측정치에서는 서로 중복되어 나타나지만 뒷지느러미 연조수에 *A. signifer*가 1~2개 적은 특징을 갖는다. 본 실험에 사용된 한국산 표본의 계수 측정치 비교는 Table 2와 같은데 5개 수역에서 각 측정치는 중복되는 경향이 있으나 *A. signifer*는 *A. limbata*에 비하여 뒷지느러미 연조수가 적고 측선인수는 2~3개 더 많았다. 수컷의 등지느러미에 나타나는 반문은 Fig. 1에서 보는 바와 같이

Table 1. Comparison of some measurements and meristic counts in *A. limbata* and *A. signifer* from different sources.

	<i>A. limbata</i>			<i>A. signifer</i>	
	Temnick et Schlegel (1846) Japan	Uchida (1939) Korea	Nakamura (1969) Japan	Berg (1907) Korea	Uchida (1939) Korea
In % of standard length					
Head length	27.5	26.8	26.4	25.0	25.6
Body depth	36.5	39.2	41.3	36.4	34.1
In % head length					
Snouth length	27.9	31.4	32.6	33.3	30.0
Inter orbital width	41.8	41.8	33.4		41.1
Caudal peduncle length	51.5	53.7	56.2		51.0
Barbel length		22.7	26.5	14.6	31.0
Number of					
Dorsal fin rays	III. 8	III. 8	III. 8-9	II. 8	III. 8
Anal fin rays	II. 10-11	III. 9-10	III. 9-12	II. 8	III. 8-9
Scales	35	33-35	32-36	36	34-37

Table 2. Some measurements and meristic counts of *A. signifer* and *A. limbata* from different localities.

	<i>A. signifer</i>		<i>A. limbata</i>		
	Hantan 20	Han 20	Kum 20	Somjin 20	Nagdong 20
In % of standard length					
Body depth	39.8 ± 3.1	36.5 ± 2.9	38.8 ± 1.8	39.5 ± 2.0	41.9 ± 2.4
Head length	24.3 ± 1.2	24.6 ± 0.8	25.9 ± 1.1	23.7 ± 1.1	25.3 ± 0.6
Predorsal length	51.8 ± 2.3	51.1 ± 1.6	54.9 ± 5.9	52.0 ± 2.7	51.1 ± 2.4
Prepectoral length	24.1 ± 1.9	24.4 ± 0.7	25.6 ± 0.8	24.1 ± 1.5	24.8 ± 0.8
Preventral length	47.9 ± 1.8	46.2 ± 1.4	48.0 ± 2.0	45.9 ± 1.8	48.4 ± 1.5
Preanal length	64.8 ± 1.9	61.9 ± 1.4	64.6 ± 2.9	61.5 ± 1.6	64.2 ± 2.1
Caudal peduncle length	22.3 ± 1.7	23.1 ± 1.7	22.4 ± 1.6	20.2 ± 1.1	18.9 ± 1.4
Caudal peduncle depth	12.4 ± 0.7	12.3 ± 0.7	13.3 ± 0.7	13.4 ± 0.7	13.6 ± 0.4
In % of head length					
Caudal peduncle length	88.6 ± 7.1	95.9 ± 11.3	86.8 ± 6.4	85.5 ± 5.6	75.3 ± 6.3
Caudal peduncle depth	51.8 ± 2.7	49.5 ± 2.9	50.8 ± 2.3	56.9 ± 3.9	53.7 ± 2.3
Snout length	28.8 ± 2.7	26.5 ± 1.5	27.3 ± 2.3	30.0 ± 4.3	28.7 ± 2.1
Eye diameter	34.2 ± 2.7	35.3 ± 2.6	35.1 ± 2.4	32.6 ± 2.8	32.5 ± 2.5
Number of					
Dorsal fin rays	8-9	8-9	8-9	8-9	8-9
Anal fin rays	9	8-10	9-10	9-11	9-10
Scales	36-37	35-37	33-35	33-36	33-35

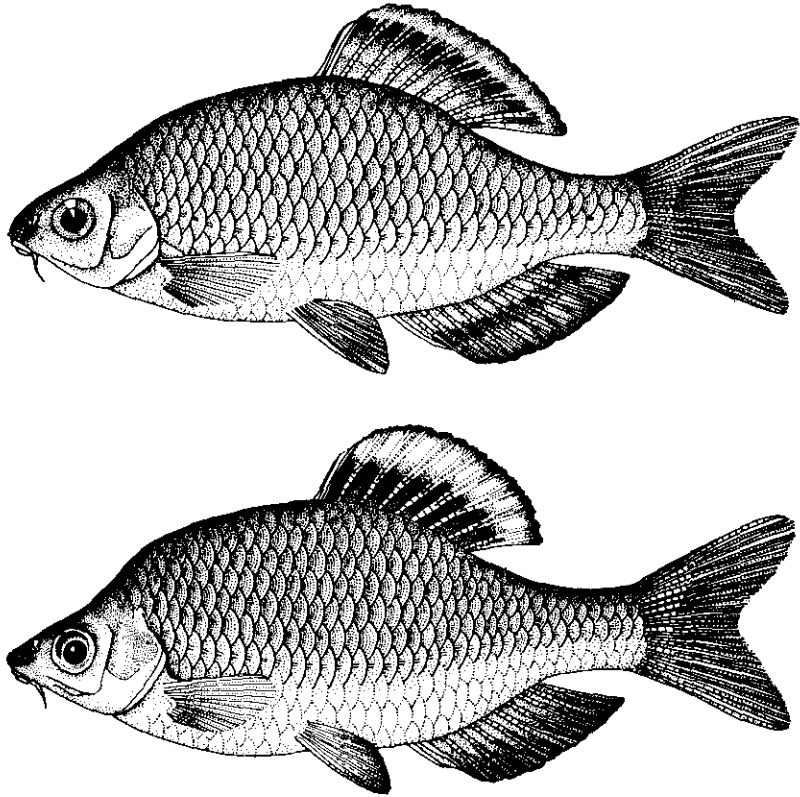


Fig. 1. Upper: Male of *Acheilognathus limbata*, 81.0 mm TL. Lower: Male of *A. signifer*, 79. mm TL.

*A. limbata*에서는 등지느러미의 가장자리에 얇은 점정선이 있고, 그 안쪽으로 탁황색 반분이 등지느러미 전체 높이의 1/5정도를 차지하고 또 그 기부에는 기초 사이에 백색의 반분과 진한 갈색의 반분이 교대로 있지만, *A. signifer*의 등지느러미 가장자리에는 짙은 점정선이 있으며 그 안쪽에는 등지느러미 전체 높이의 1/2정도를 차지하는 진황색의 띠가 있고, 그 아래는 흑색층이 넓게 이어지나 *A. limbata*처럼 기초 사이의 백색 반분은 현저하지 않다. 뒷지느러미 반분의 경우 *A. limbata*는 가장자리로부터 두 줄의 반분을 보이고 있으나, *A. signifer*는 가장자리에 한줄만 나타난다. 이러한 형태적인 차이가 분명함에도 아직 두 종의 계층지간에는 서로 중복되어지는 점이 많아서 서로 구별하기에 혼란이 되었다. 그래서 Table 2에 보이는 15개 형질을 가지고 5개 집단

(OTU 1-OTU 5) 100개 체로 성분관람분석을 실시하였다. Function과의 상관관계는 Table 3에 나타내고 ordination 결과는 Fig. 2에 나타내었다. Function I, II 및 III은 각각 69.9%, 17.5%, 10.0%였다. Function I과 II에서 (Fig. 2A), OTU 1과 2는 OTU 3, 4 및 5와 중복됨이 없이 분리되어 나타났으며, Function I과 III(Fig. 2B)에서도 같은 결과를 보였다. 그리고 II개 형질에 대한 주성분분석(PCA)을 실시한 결과는 Table 4와 같으며 factor I, II 및 III의 변이값은 각각 35.84%, 25.12%, 12.23%였다. I축에 대해서 상관관계가 높은 형질은 두장에 대한 몸장과 비명고, 제상에 대한 비명고와 제고의 비이며, 뒷지느러미의 연수수와 동일비늘수에서도 상관관계가 비교적 높게 나타났다. Factor I과 II (Fig. 3A), I과 III(Fig. 3B)에서 모두 나 OTU 1과 2의 한 집단과

Table 3. Canonical discriminant functions I, II and III expressed as correlations between characters and individual components from an analysis of two species of the genus *Acheilognathus* (*limbata* and *signifer*). Individual measurements of 15 selected characters of 100 adults were used.

Character	Function I	Function II	Function III
*BD /SL	-0.004	-0.262	0.228
HL /SL	0.047	-0.337	-0.366
PrD /SL	-0.011	0.033	-0.104
PrP /SL	-0.017	0.347	-0.093
PrV /SL	-0.073	-0.109	0.090
PrA /SL	0.042	-0.046	0.302
CPL /SL	-0.045	-0.153	-0.212
CPD /SL	0.138	-0.360	-0.311
CPL /HL	-0.002	-0.016	-0.053
CPD /HL	0.027	0.287	-0.089
SnL /HL	0.027	0.112	0.088
ED /HL	-0.016	-0.156	0.058
Dfs	-0.277	0.339	-0.662
Afs	0.825	0.275	-0.153
Scaes	-0.458	0.468	0.264
% trace	69.9	17.5	10.0

*SL, standard length; BD, body depth; HL, head length; PrD, predorsal length; PrP, prepectoral length; PrV, pre-ventral length; PrA, preanal length; CPL, caudal peduncle length; CPD, caudal peduncle depth; SnL, snout length; ED, eye diameter; Dfs, number of dorsal fin rays; Afs, number of anal fin rays.

OTU 3, 4, 5의 다른 집단으로 중복됨이 없이 분리되어 정준판별분석의 결과와 같은 결과를 보여 주었다.

이와 같은 결과로 한탄강과 한강에서 채집된 *A. signifer*는 금강, 섬진강, 낙동강에서 채집된 *A. limbata*와는 Table 2에서 보는 바와 같이 여러 형질이 중복되어 잘 구별되지 않지만, 이들을 다변량 분석에 의하여 동시에 비교하면 Fig. 2와 Fig. 3에서 보는 바와 같이 집단간에 두 그룹으로 뚜렷히 구별되는 결과를 보여주었다.

초기발생 과정

A. limbata: 실험에 사용된 *A. limbata*의 치어수는 모두 14쌍으로 암컷의 산란관은 연회색을 보이며 체장에 대한 산란관 길이의 백분율 평균은 22.3(18.0~26.6)%이다. 성숙난의 모양은 세장형으로 장경은 4.2~4.4 mm이고 단경은 1.6~1.8

Table 4. Principal components I, II and III expressed as correlations between characters and individual components from analysis of two species of the genus *Acheilognathus* (*limbata* and *signifer*). Individual measurements of 11 characters of 100 adults were used.

Characters	Factor I	Factor II	Factor III
*BD /SL	0.341	-0.193	0.376
HL /SL	0.188	0.488	-0.143
PrP /SL	0.165	0.446	-0.312
PrV /SL	0.251	0.350	0.414
CPL /SL	0.156	0.340	0.495
CPD /SL	-0.351	0.247	0.016
CPD /HL	0.383	-0.057	0.062
SnL /HL	0.417	-0.004	-0.069
ED /HL	0.208	-0.461	0.171
Afs	0.337	-0.106	-0.349
Scales	-0.366	0.004	0.405
trace	35.84	25.12	12.23

*SL, standard length; BD, body depth; HL, head length; PrP, prepectoral length; PrV, pre-ventral length; CPL, caudal peduncle length; CPD, caudal peduncle depth; SnL, snout length; ED, eye diameter; Afs, number of anal fin rays.

mm.로서 난황은 불투명한 난황색이다(Fig. 4A).

난내 발생은 수정후 10분후부터 난황과 난막이 분리하여 30분 후면 완전히 분리하고(Fig. 4B), 1시간후면 동물극 쪽에 배반이 형성되기 시작하여 2시간후에 뚜렷한 배반이 관찰된다(Fig. 4C). 3시간 30분후부터는 세포분열이 시작되어 2세포기, 4세포기, 8세포기, 16세포기, 32세포기가 되고 수정후 7시간만에 상실기가 된다(Fig. 4D, E, F, G, H, I, J). 또, 수정후 9시간이 되면 포배기에 달하며(Fig. 4K, L) 22시간만에 환구는 더욱 작아져서 배반은 난황을 덮기 시작하여 배환을 형성하고(Fig. 4M), 30시간 후에는 난황의 4/5정도를 덮고(Fig. 4N), 40시간 후에는 원구가 폐쇄되고 배체가 보인다(Fig. 4O). 55시간 후에는 8~10개의 근절이 보이며(Fig. 4P), 그 후 점차 근절수가 늘고 난황의 모양이 변화되어(Fig. 4Q), 수정후 85시간 후부터 식물극 쪽을 뚫고 난황의 머리부분이 나오며, 90시간 후에는 완전히 부화하게 된다(Fig. 4R). 이 때의 전장은 6.2 mm이며 약한 꼬리의 유동을 볼 수가 있다.

전기자이는 부화후 1일째에 전장 6.5 mm이며, 꼬리부분이 현저히 신장되고 두부가 발달되기 시

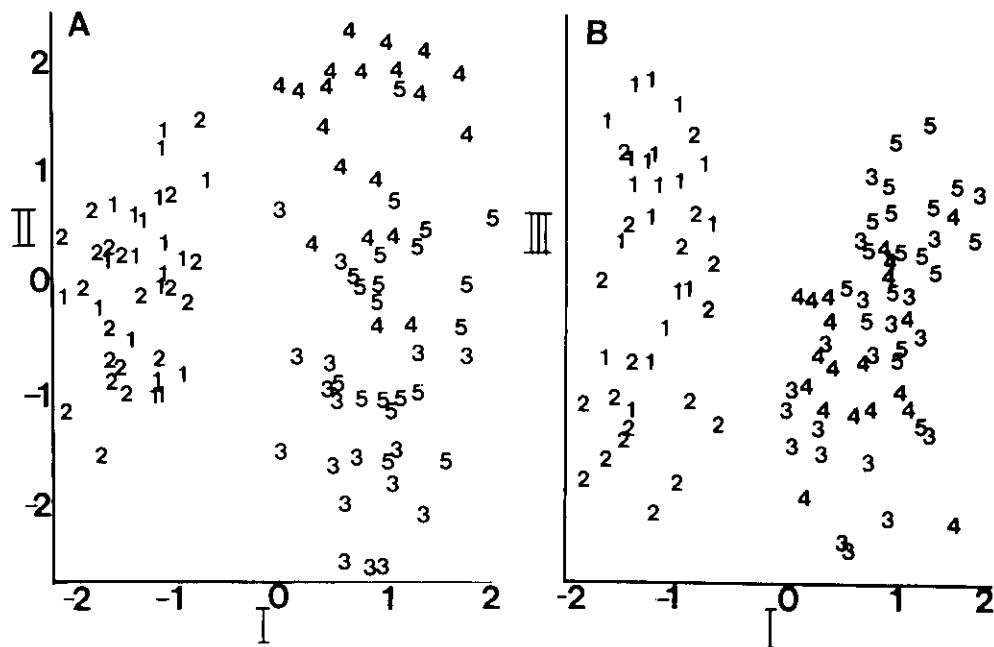


Fig. 2. Projections of 100 samples of *Acheilognathus signifer* and *A. limbata* based on discriminant analysis in three dimensions using individual measurements grouped into five OTU's. Functions I, II and III represented 69.9, 17.5 and 10.0 percent of 15 selected characters were used. Numerals indicate the specimens of each OTU. A: ordination with function I vs. function II, B: ordination with function I vs. function III.

작한다(Fig. 5A). 부화후 3일째는 전장 6.8 mm이며, 눈이 형성되고 미부에는 연한 적색을 띠는 혈액의 유동을 볼 수가 있다(Fig. 5B). 부화후 7일째는 전장 7.1 mm이며, 두부 아래로 난황이 축소되고 심장의 박동을 볼 수 있으며, 눈이 착색되고 가슴과 꼬리부분에 빠른 혈액의 유동을 볼 수 있다(Fig. 5C). 부화 후 19일째는 전장 8.7 mm이며 두부기 작을 이루고 등지느러미와 배지느러미의 원기를 볼 수 있으며, 가슴, 배, 꼬리 부분에 많은 혈관이 분포한다(Fig. 5D). 부화후 29일째는 전장 11.1 mm이며, 입이 개구되고 유동이 활발하며 가슴지느러미 원기가 보이고 난황의 뒷 부분에 검은 색 반점이 나타나 몸 전체가 검게 착색되기 시작한다(Fig. 5E).

A. signifer: 실험에 사용된 *A. signifer*의 치어 수는 모두 6쌍으로 암컷의 산란관은 진회색이며, 제장에 대한 산란관 길이의 백분율 평균은 32.2 (27.4~37.0)%이다. 성숙난의 모양은 둥근 타원형이며, 난경은 상경이 3.1~3.3 mm이고 단경이

2.8~2.9 mm이며, 난황은 불투명한 담황색이다 (Fig. 6A).

난내 발생은 수정 후 10분 후부터 난황과 난막이 분리되어 30분 후면 완전히 분리된다(Fig. 6B). 1시간 30분 후면 난의 측면 또는 동불극 부분에 배막이 형성된다(Fig. 6C). 2시간 후부터는 세포분열이 시작되어 2세포기, 4세포기, 8세포기, 16세포기, 32세포기를 거쳐 5시간 후면 상실기가 된다(Fig. 6D, E, F, G, H, I). 8시간 후면 포배가 형성되고(Fig. 6J), 25시간 후 배막은 난황의 1/2 을 넘어내려 오고(Fig. 6K), 30시간 후 원구가 폐쇄되기 직전에 이른다(Fig. 6L). 34시간 후에는 백색의 배재가 보이기 시작한다(Fig. 6M). 40시간 후에는 18~20개 정도의 근설이 관찰되고 꼬리 부분이 난황과 분리된다(Fig. 6N). 46시간 후 난황의 식물극쪽 또는 측면을 뚫고 부화한다(Fig. 6O). 이 때의 전장은 4.5 mm이다.

신기 자이는 부화후 1일째에 머리와 꼬리부분이 신속히 신장하며 전장 5.7 mm에 이르고 눈이

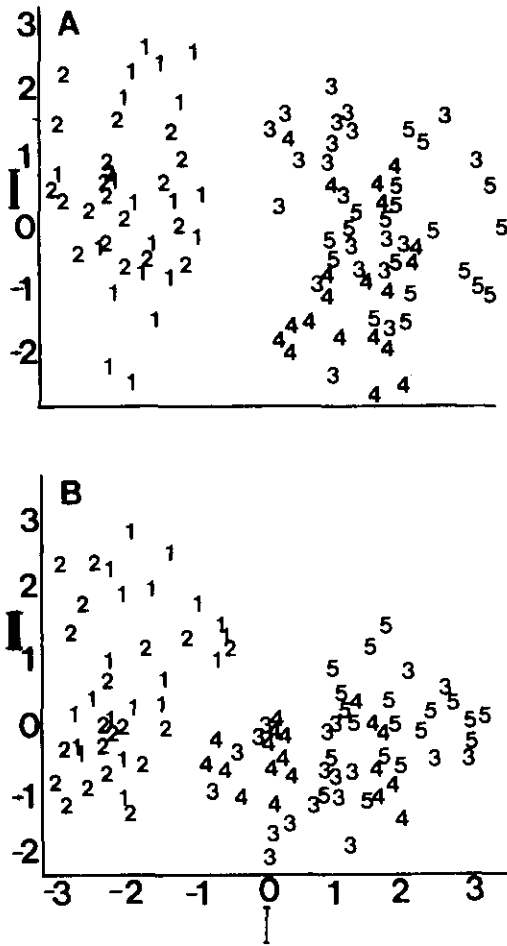


Fig. 3. Projections of 100 adults (five OTU's) of *A. signifer* and *A. limbata* based on principal component analysis in three dimensions, Factors I, and III represented 35.8, 25.1 and 12.2 percent of variance, respectively. Individual measurements of 11 selected characters were used. Numerals indicate the specimens of each OTU. A: ordination with factor I vs. factor II, B: ordination with factor I vs. factor III.

형성되기 시작한다(Fig. 6P). 부화 후 4일째는 전장 6.8 mm이고 연적색의 현판이 가슴과 등에서 꼬리로 이어지며, 눈이 착색되기 시작한다(Fig. 6Q). 부화후 8일째는 전장 7.6 mm이고 난황은 두 부보다 뒤쪽으로 축소되어 있고, 심장의 박동이 활발하며, 등지느러미 원기가 보이기 시작한다(Fig. 6R).

두 종의 발생학적인 차이로는 산란시 암컷의 계상에 대한 산란관의 길이는 *A. signifer*가 약간 길

며, 성숙난의 형태도 *A. limbata*는 세장형인 반면 *A. signifer*는 둥근 타원형으로 현저한 차이를 보여주고 있다(Fig. 4A and Fig. 6A). 발생 과정에 경과된 시간도 Fig. 7에서 지랴 그 과정에 있어서 서로 차이가 있고 또 부화 기간에 있어서도 *A. limbata*는 90시간이고, *A. signifer*는 46시간으로 *A. limbata*가 부화하는데 약 2배 정도 많은 시간이 걸렸다.

中村(1969)는 잉어과 어류의 초기 발생 과정을 조사하여 난의 형태와 초기 발생 과정이 종마다 독특함을 보고하였는데, 본 조사에서 나타난 *A. limbata*는 内田(1939)의 기록과 계수 계측치, 난의 형태와 초기 발생 과정 등에서 일치하였다. 일본산 *A. limbata*는 외부 형태적인 특징이 한국산과 아주 유사하여 동일종으로 취급되고 있는데 난의 형태가 한국산은 세장형이고 일본산은 단방추형으로 서로 다르고(中村, 1969), *A. signifer*의 난의 형태는 일본산 *A. limbata*의 난의 형태와 비슷하지만 난막의 분리형태 등의 난발생 과정에서는 분명한 차이가 있다. 한편 한국산 *A. limbata*와 일본산 *A. limbata*의 인공교잡시 전혀 수정이 이루어지지 않아서 형태적으로 아주 유사한 변종일 가능성이 있음이 지적된 점(Duyvene de Wit, 1964b)은 본 조사에서도 나타난 바와 같이 한국산 *A. limbata*와 일본산 *A. limbata*의 난 모양이 서로 다르다는 점과도 잘 일치되어 이 두 집단은 분류학적으로 구분되리라 예상되므로 추후 일본산의 표본과 면밀한 검토가 요구된다.

한편 남자부류의 종내 및 종간 교잡실험에서 동종에서는 genomic compatibility가 완전하나 이 종간에는 불완전하다는 여러 가지 결과를 Duyvene de Wit (1963; 1964a, b)가 보고한 바 있는데, 본 조사에서도 Table 5에서 보는 바와 같이 *A. limbata*와 *A. signifer*의 동일종내에서는 높은 수정율과 부화율을 보여 주었으나 *A. signifer* 수컷과 *A. limbata* 암컷 사이의 교잡에서는 낮은 수정율과 부화가 중단되는 결과를 보여 주어 형태적으로 유사한 이들 2종 사이에서도 생식적 격리가 잘 이루어졌다고 사료된다.

지리적 분포

한국의 *A. limbata*는 内田(1939)에 의해 낙동강

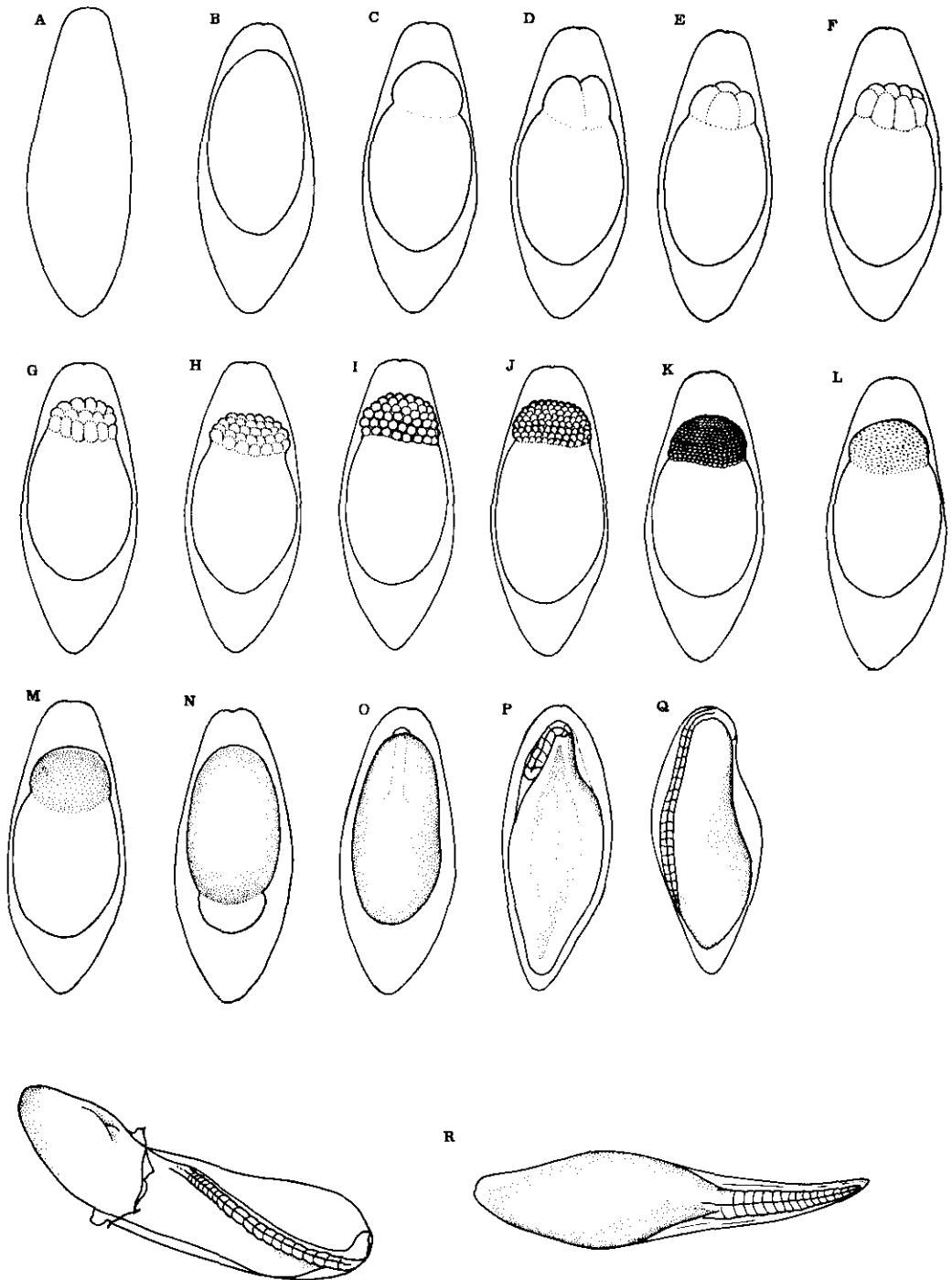


Fig. 4. Egg development of *A. limbata*. A, Matured egg. B, Membrane from the yolk separating. C, Formation of blastodisc. D-I, cleavage. J, Morula stage. K-L, Blastula stage. M-N, Gastrula stage. O-Q, Myotomes stage. R, Hatching of embryo, 6.2 mm in TL.

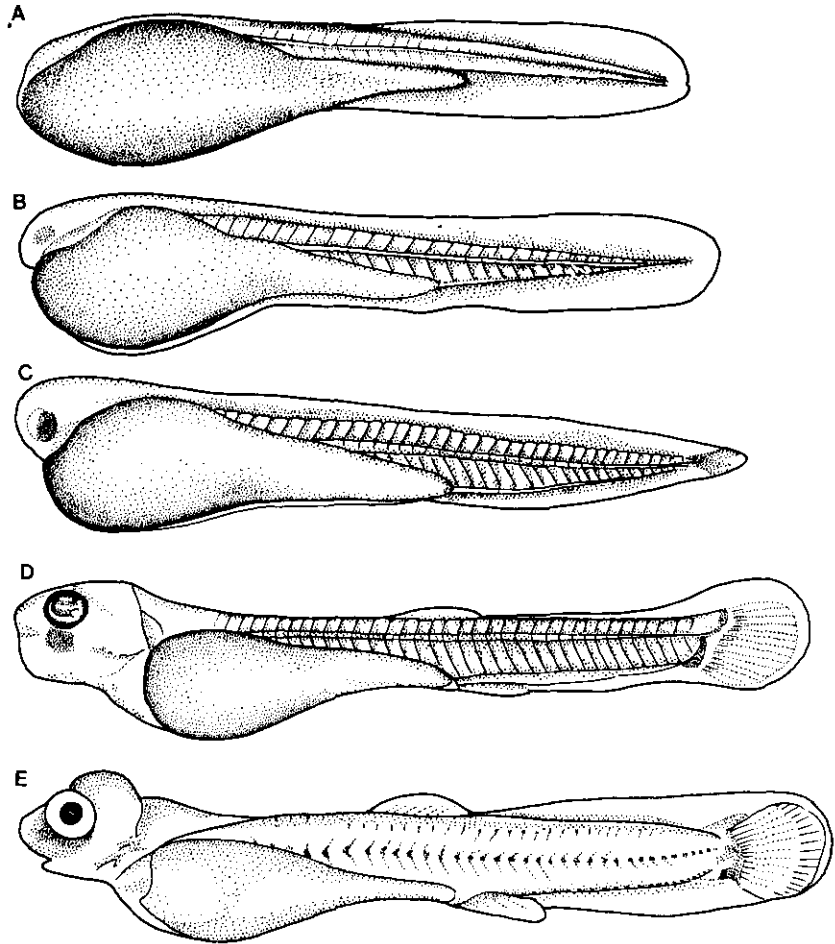


Fig. 5. Larvae of *A. limbata*. A, 1 day after hatching, 6.8 mm in TL. B, 3 days after hatching, 7.1 mm in TL. C, 7 days after hatching 8.7 mm in TL. D, 19 days after hatching, 8.7 mm in TL. E, 29 days after hatching, 10.1 mm in TL.

과 섬진강에서 채집 보고된 후 최등(1984)은 한탄강, 금강, 낙동강 및 섬진강 등에 고루 분포한다고 보고 하였다. 한편 *A. signifer*의 분포는 대동강, 한탄강, 북한강을 비롯하여 금강과 섬진강, 낙동강에도 분포하고 있는 것으로 보고되었다(内田, 1939; 森, 1936; 최 등, 1984). 그러나 본 조사에서 한탄강, 한강, 금강, 섬진강, 낙동강 수계에서 채집한 표본의 비교조사 결과, 한탄강(강원도 철원군 김화읍)과 한강(강원도 횡성군 안흥면)에서 채집된 모든 표본은 모두 *A. signifer*로 동정되었고 금강(전북 무주군 무주읍)과 섬진강(전북 진안군 마령면) 및 낙동강(경남 밀양군 하남면)

수계에서 채집된 표본은 *A. limbata*로 동정되었다. 즉 Fig. 8처럼 한강을 포함한 북쪽지방에서 *A. signifer*가 서식하고 금강을 포함한 그 남쪽지방에서는 *A. limbata*가 분리되어 분포되고 있으나 앞으로 그 중간의 하천을 비롯한 여러지역을 조사하여 두 종의 미세 분포에 관한 조사가 필요하다고 본다. 또 *A. limbata*는 우리나라와 일본에 모두 분포한다고 알려졌으나 이 두 지역의 표본이 동일종인지 별종인지에 대한 분류학적 연구를 위해서 추후 정밀한 검토가 요구된다.

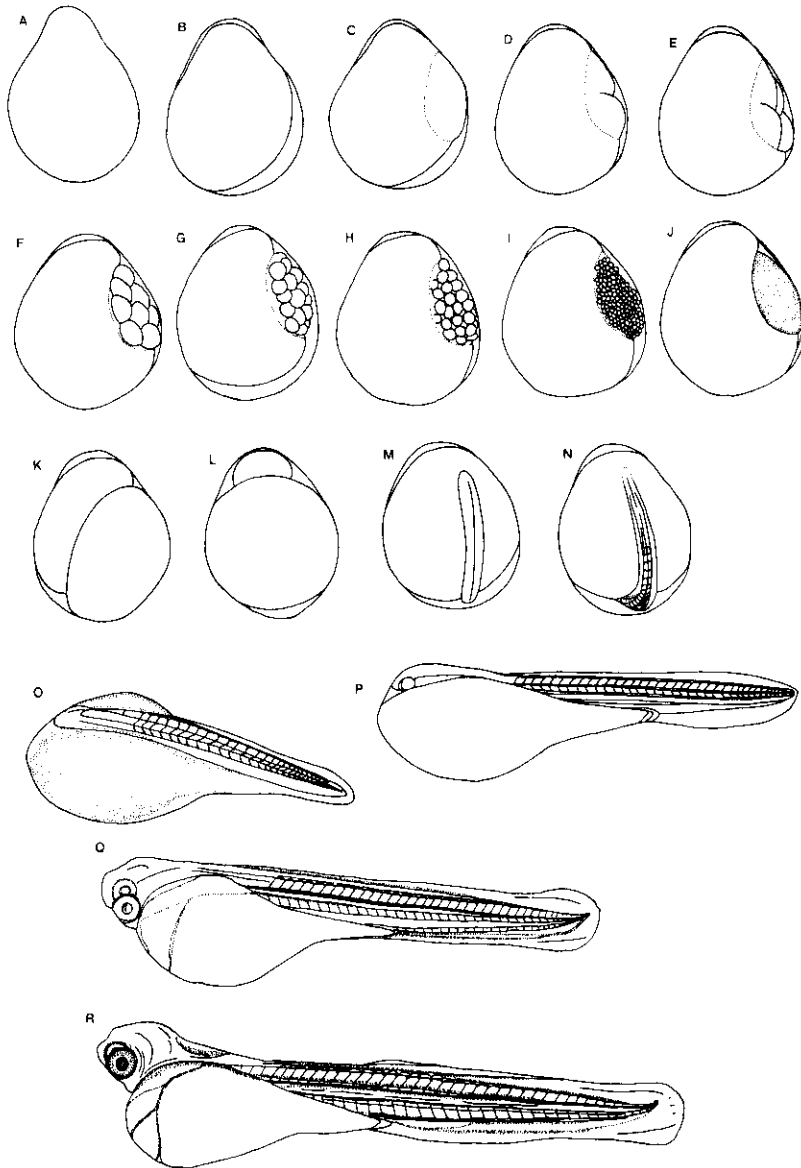


Fig. 6. Egg development and larvae of *A. signifer*. A, Matured egg. B, Membrane from the yolk separating. C, Formation of blastodisc. D-H, Cleavage. I, Morula stage. J, Blastula stage. K-L, Gastrula stage. M-N, Myotomes stage. O, Hatching of embryo, 4.5 mm in TL. P, 1 day after hatching, 5.7 mm in TL. Q, 4 days after hatching, 6.8 mm in TL. R, 8 days after hatching, 7.6 mm in TL.

Table 5. The rate of fertilization and hatching of hybrids between *Acheilognathus limbata* and *A. signifer*.

Parents		Number of used eggs (female)	Rate of fertilization (%)	Rate of hatching (%)
Female	Male			
<i>A. limbata</i>	\times <i>A. limbata</i>	266(5)	94.0	71.4
<i>A. signifer</i>	\times <i>A. signifer</i>	64(4)	89.1	68.8
<i>A. limbata</i>	\times <i>A. signifer</i>	134(3)	64.2	0

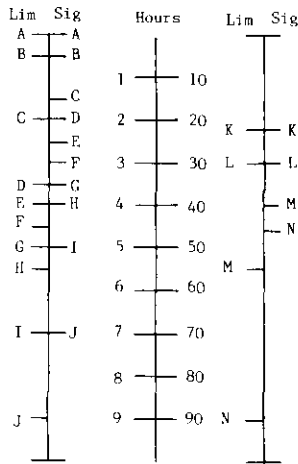


Fig. 7. Chronological order of developmental events during the embryonic period of *Acheilognathus limbata* and *A. signifer*. Lim, *A. limbata*; Sig, *A. signifer*; A, insemination egg; B, membrane from the yolk detached completely; C, formation of blastodisc; D, 2 cells stage; E, 4 cells stage; F, 8 cells stage; G, 16 cells stage; H, 32 cells stage; I, morula stage; J, blastula stage; K, middle gastrula stage; L, before enclosing of blastopore; M, formation of myotomes; N, hatching of embryo.

인용문헌

Berg, L. S., 1907. Description of a new cyprinoid fish, *Acheilognathus signifer* from Korea with a synopsis of all the known Rhodinae. *Ann. Mag. Nat. Hist.*, **19**:159-163.

Duyvene de Wit, J. J., 1962. Characteristics of *Rhodeus ocellatus* and *Acheilognathus lanceolatus* hybrids. *Copeia* **1962**:377-390.

Duyvene de Wit, J. J., 1964a. Hybridization experimets in acheilognathine fishes (Cyprinidae, Telostei). Hybrids between female *Paracheilognathus rhombeus* and male *Rhodeus ocellatus*, *Tanakia tanago*, *Acheilognathus tabira*, *A. limbata*, and *Rhodeus spinalis*.

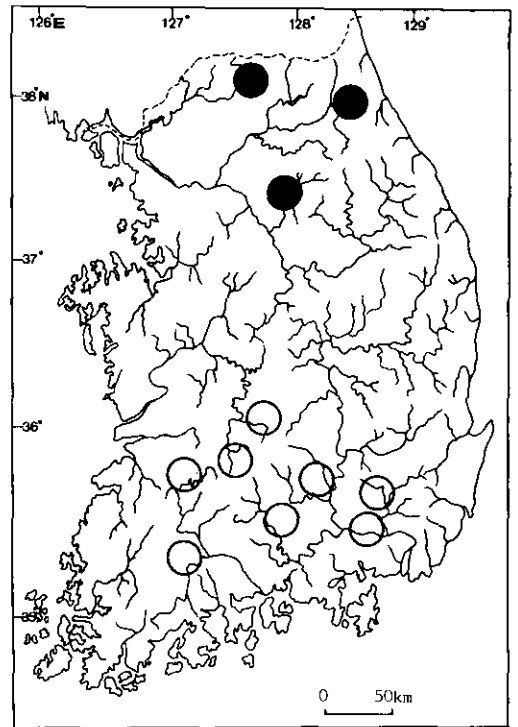


Fig. 8. Distribution map of *Acheilognathus limbata* (○) and *A. signifer* (●).

Copeia **1964**:150-155.

Duyvene de Wit, J. J., 1964b. Hybridization experimnts in acheilognathine fishes (Cyprinidae, Teleostei). Crossing between female *Tanakia tanago*, *Rhodeus ocellatus*, and *Acheilognathus limbatus*, and male *Acheilognathus limbatus*. *Copeia* **1964**:156-159.

Hubbs, C. L. and K. F. Lagler, 1964b. Fishes of the greates lakes region. Univ. Michigan Press **1**:19-26.

金益秀, 1982. 韓國産 남자루亞科 魚類의 分類學的 研究. 全北大學校 生物學研究年報 **3**:1-18.

金容德, 朴洋成, 1985. 흰줄납줄게의 卵發生과 孵化仔魚. 韓水誌 **18**:586-593.

고홍선, 1985. 數理分類學의 方法과 原理-한국산 소포

- 유 동물을 중심으로. 한국생물과학회지 6:4-14.
- 李忠烈, 1988. 韓國産 동자개科 魚類의 系統分類學的 研究. 全北大學校 大學院 博士學位 論文: 1-128.
- 森爲三, 1935. 朝鮮産 タナコ類の卵の形に就いて. 動物學雜誌 47:559-574.
- 長田芳和, 1975. 世界 のタナコ類. 淡水魚 2:120-133.
- 中村守純, 1969. 日本のコイ科魚類. 資源科學研究所業績 1198: 5-82.
- Orlaci and Kenkel, 1984. Introduction to data analysis with applications and community biology. London, Ontario. 1:210-212.
- Sneath, P. H. A. and R. R. Sokal, 1973. Numerical Taxonomy. W. H. Freeman and Co., San Francisco. 1:573.
- 孫永牧, 1987. 韓國産 동자개科 魚類의 系統分類學的 研究. 中央大學校 大學院 博士學位 論文:1-75.
- 鈴木伸洋, 田祥麟, 1987. 濟南자루의 卵發生, 仔魚의 發育 및 仔魚의 表皮上 突起와 咽頭齒 阻礙突起의 形態. 한국수산학회지 20:229-241.
- 鈴木伸洋, 田祥麟, 1987. 安城川産 흰줄남줄개의 卵發生과 仔魚의 發育 및 仔魚의 表皮上 突起에 關하여. 한국수산학회지 21:1-15.
- Suzuki, N. and T. Hibia, 1984. Development of eggs and larvae of two bitterlings, *Rhodeus atremius* and *R. suigensis* (Cyprinidae). *Jap. J. Ichthol.* 31:287-296.
- Temminck, C. J. and H. Schlegel, 1842-1848. Pisces (in Siebold's "Fauna Japonica"). 144 pls. Leiden, pp. 323.
- 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 6:80-177.

(Accepted December 23, 1988)

A Study on the Egg Development and Taxonomy of Two Bitterlings, *Acheilognathus limbata* and *A. signifer* (Pisces, Cyprinidae) from Korea

Ik Soo Kim and Chi Hong Kim (Dept. of Biology, Chonbuk National University, Chonju 560-756, Korea)

Comparison of morphological characters and development of eggs and larvae of two bitterlings, *Acheilognathus limbata* and *A. signifer* from Korea were observed and discussed taxonomically. *A. signifer* differs from *A. limbata* by the color pattern of dorsal and anal fin ray of male, egg form and the length of ovipositor of female. Although two species are overlapping each other in some morphometric characters, there is a great difference between the two in the multivariate analysis of 15 morphological characters of five comparative populations. These results indicate that *A. limbata* and *A. signifer* are two independent allopatric sibling species in Korea.