

각시붕어 (*Rhodeus uyekii*)와 떡납줄갱이 (*R. notatus*) (Pisces: Cyprinidae) 잡종의 초기 발생 특징

강언종* · 김치홍¹ · 박인석² · 양 현³ · 조용철

국립수산과학원 내수면양식연구소, ¹내수면생태연구소,
²한국해양대학교 해양환경·생명과학부, ³생물다양성연구소

Early Developmental Characteristics of Induced Hybrids between *Rhodeus uyekii* and *R. notatus* (Pisces: Cyprinidae)

Eon-Jong Kang*, Chi-Hong Kim¹, In-Seok Park²,
Hyun Yang³ and Yong-Cheol Cho

Inland Aquaculture Research Institute, NFRDI, Jinhae 645-806, Korea

¹Inland Fisheries Ecological Research Institute, NFRDI, Kapyeong 477-815, Korea

²Division of Marine Environment and Bioscience, Korea Maritime University,
Busan 606-791, Korea

³Institute of Biodiversity Research, Jeonju 561-211, Korea

In this study we conducted artificial hybridization between two sibling species, *Rhodeus uyekii* and *R. notatus*, and observed the morphological characteristics in early developmental stage. The two species showed difference in egg shape having rhombus and club respectively. The morphology of yolk of larva just hatched also showed well specific characteristics, that is the bean chaff type for *R. uyekii* (U type) and anchor type for *R. notatus* (N type). The rate of fertilization between female *R. uyekii* and male *R. notatus* (UN type) and between female *R. notatus* and male *R. uyekii* (NU type) were complete and its hatching rate were very high, 71.6% for UN type and 97.5% for NU type. The differences occurred in the yolk shape of hatched larvae for each combination of hybrids. In the group of UN, U type of larvae were found very rarely, but almost all the larvae showed intermediate shape polarized to NN type. Similar phenomenon was observed in the NU having intermediate polarized to UU, but without any NN type. These hybrids will be analyzed for their external morphology, sex ratio, the function of sexual organ and karyology after they grown up to adult.

Key words : induced hybridization, morphological characters of hybrids, *Rhodeus uyekii*,
Rhodeus notatus

서 론

*Corresponding author: ejkang@nfrdi.re.kr

납자루아과 어류는 담수산 이매패의 새강에 산란하는

특이한 습성(송과 권, 1994; Mills and Reynolds, 2002)을 가진 잉어과의 소형 담수어로 전 세계에 약 40 여종이 알려졌다. 한국에는 납줄개속 (*Rhodeus*), 납자루속 (*Acheilognathus*), 큰납지리속 (*Acanthorhodeus*)의 3속에 14종이 기록되어 있다(김, 1997).

우리나라의 납자루아과 어류는 보고된 14종 중 7종이 고유종으로 고유화 빈도가 50%에 이르러 중 분화 연구의 귀중한 자료이나 이중 서호납줄개 (*R. hondae*)는 이미 멸종된 것으로 알려졌다. 한편 환경부는 묵납자루 (*A. signifer*)와 입납납자루 (*A. seomjinensis*)의 2종을 “멸종위기에 처한 야생동·식물”로 지정하고 있어 보존의 필요성이 높은 분류군이다. 특히 아직 출현하고 있는 납줄개속의 각시붕어 (*R. uyekii*) 등 5종은 모두 유숙이 완만하고 수초가 비교적 많은 하천이나 저수지에 서식하고 있으며, 근래 가중되는 정수화 지역 확대와 생물·화학학적 환경오염에 노출되기 쉬우므로 보존이 시급한 분류군이다.

본 실험의 대상종인 각시붕어는 Mori (1935)가 서울에서 채집한 표본을 대상으로 기재한 우리나라 고유종이며, Uchida (1939)가 생태에 대해 보고한 이후 분류학적 재검토가 이루어져 *Rhodeus*속으로 정리되었다(김, 1997). 중국의 *Rhodeus*속에는 5종이 있으며, 이중 가장 유사한 *R. lighti*는 본 종의 동종이명으로 간주된 바도 있으나(Chu et al., 1984) 근래에는 별종으로 취급하는 등(Chen et al., 1998) 분류학적 논쟁이 있었다.

떡납줄개이는 Mori (1935)에 의해 발표된 *Pseudoperilampus* (= *Rhodeus*) *suigensis*와 동종 가능성, 유사종인 달납줄개 (*R. atremius*)의 언급(최, 1976) 등 분류학적으로 논란이 되어왔으나, 김 (1997)은 *R. notatus* 한 종으로 처리하였다. Suzuki and Jeon (1988a)은 각시붕어와 떡납줄개이가 아종 수준일 수도 있음을 시사하였다. 그러나 각시붕어를 떡납줄개이와 분류학적으로 논란이 되고 있는 일본산 납줄개이 *R. suigensis*와 인공 교잡한 실험에서는 교잡 1세대의 불임성 등을 들어 이들 2종을 별종으로 보는 등(鈴木과 田, 1988a) 아직도 분류학적으로 논란이 되고 있는 실정이다.

한편 납자루아과의 어종들은 소형으로 특이한 습성과 아름다운 색채를 보여 흥미를 유발하므로 초기 생활사 연구(김과 한, 1990), 생식주기와 생식주기에 미치는 환경 영향(안, 1995a, b), 골격적 연구(김, 1997)와 산란관의 신장에 대한 보고(채, 2001), 사료와 체색의 관계(김 등, 1999), 혼인색의 색소 조성 분석(김 등, 1999) 등 연구가 활발히 진행되었다.

어류를 대상으로 한 잡종 유도는 우량형질을 가진 서로 다른 두 종간의 교잡을 통해 생산된 잡종으로부터

잡종강세를 획득하기 위하여 시도되며, 단성집단 생산을 위한 방편 및 유도된 잡종 자체의 감수분열 능력 상실에 기인된 불임성 개체 생산을 위해 시도되고 있다(박 등, 1996, 1997; Park et al., 2003, 2006b)

본 보고는 고유종 연구 및 관상어 산업화 사업의 일환으로 유사성이 문제시되고 있으나 아직 교잡실험이 진행되지 않은 고유종인 각시붕어와 떡납줄개이 사이의 인공교잡 실험 결과로, 여기에서는 이들의 초기 생활사에서 나타나는 특성을 분석하였다. 이 실험은 또한 상품화 사업과 연관하여 형질 이입에 의해 새로운 반문과 혼인색 유형을 발굴하고 더불어 관상용 상품이 자연 수계에 방류되는 경우 자연 개체군과의 교배에 의한 유전적 오염을 방지하기 위해 불임화 개체 생산의 수단으로 가능성을 조사하기 위해 실시되었다.

재료 및 방법

인공 교잡 실험에 사용한 각시붕어(암컷 체장 3.8~5.3 cm, n=6; 수컷 체장 4.6~5.2 cm, n=3)와 떡납줄개이(암컷 체장 2.5~3.3 cm, n=8; 수컷 체장 3.3~4.1 cm, n=3) 친어는 2006년 5월 30일 전북 완주군 용진면 하리에서 시판되는 유인어망을 이용하여 채집하였다. 채집한 어미 물고기는 산소 포장하여 실험실로 운반한 후 저면 여과기가 설치된 가로 90×폭 30×높이 45 cm인 유리수조에 종별로 분리·수용하여 실내 환경 조건에서 관리하였다.

각 종의 성숙난은 사육중인 어미 물고기에서 산란관의 길이가 충분히 발달된 개체를 포획하여 복부 압박법으로 산출 가능성을 조사한 후 성숙난 산출이 용이한 개체들에서 얻었다. 실험에 이용된 각시붕어와 떡납줄개이는 최대 체장이 약 5 cm 정도의 소형 담수어로, 종별 생식력은 각시붕어는 체중 1.5~4.6 g 범위로 배출되는 성숙난의 수는 16~47(평균 31.2)개 이었다. 이에 반해 체장과 체중이 적은 떡납줄개이는 배란수가 5~17(평균 11.1)개로 아주 적었다(Table 1).

인공 수정 및 교잡 실험은 개체별 성숙난 포란수가

Table 1. Comparison of reproductivity shown in number of eggs stripped per individual for *R. uyekii* and *R. notatus* (n=10)

Species	Standard length (cm)	Body weight (g)	No. of eggs stripped per individual
<i>R. uyekii</i>	4.2 (3.7~5.3)	2.5 (1.5~4.6)	31.2 (16~47)
<i>R. notatus</i>	2.9 (2.5~3.3)	0.6 (0.4~0.9)	11.1 (5~17)

적어 한 개체에서 4가지 실험조합에 필요한 충분한 수의 난을 확보할 수 없었으므로, 반복실험 대신 여러 개체의 난을 혼합하여 난 수를 증대시킨 후 실험구별로 분할하여 이용하는 방법을 택하였다. 수정에 이용한 종별 정액은 충분한 양을 확보하기 위하여 난의 확보에서와 마찬가지로 여러 개체의 정액을 어류용 생리식염수에 혼합한 후 실험구별로 분할하여 이용하였다.

실험 조합은 각시붕어 정상교배군 (*R. uyekii* ♀ × ♂; UU), 떡납줄갱이 정상교배군 (*R. notatus* ♀ × ♂; NN), 각시붕어를 모계로 한 교잡 실험군 (*R. uyekii* ♀ × *R. notatus* ♂; UN), 떡납줄갱이를 모계로 한 교잡 실험군 (*R. notatus* ♀ × *R. uyekii* ♂; NU)의 4개로, 실험시 배우자의 오염을 막기 위해 배우자 운반시에는 매번 일회용 스포이드를 이용하였다.

실험구별 수정난은 약 20개씩 직경 100 mm의 petri-dish에 수용하였으며, 실험이 동시에 진행되고 시간별 발생 특징 등 일반 생물학적 조사가 아닌 실험구별 발생 특징의 비교가 목적이므로 수온 조절은 하지 않았고 실험 기간 중 모든 실험구에 적용된 실온을 동일 조건으로 간주하였다.

실험 결과는 기본 사항으로 수정 2시간 후 난 분할 시작한 빈도를 수정율로, 난막을 용해하여 배가 난막을 벗어난 개체 빈도를 부화율로, 정상 또는 실험구별 특정 형태와 대조하여 이상 형태를 보이는 개체 빈도를 기형 발생율로 간주하였다. 정성 분석을 위한 항목은 실험구별 난의 형태, 배발생 특징, 난황 형태의 변화, 자어의 형태 등 특징으로 실체현미경(니콘 SMZ-U, 일본) 아래에서 조사하여 비교하였으며, 영상분석 시스템(ImageSiS, 독일)에서 사진으로 촬영하여 크기를 측정하고 형태 비교 자료로 활용하였다.

결 과

1. 수정난의 형태 비교

각시붕어의 수정난은 장경 3.3 ± 0.2 (2.9~3.6), 단경 1.5 ± 0.1 (1.5~1.6) mm로 점착성을 약하게 띠지만 발생

이 진행되면서 그 점착력이 약해진다. 난황은 황색으로 불투명하며, 식물극은 끝이 뾰족하고, 동물극은 약간 둔탁한 마름모꼴이었다 (Fig. 1A). 한편 떡납줄갱이의 수정난은 장경 4.0 ± 0.1 (3.8~4.3) mm, 단경 2.0 ± 0.1 (1.9~2.1) mm로 분리 침강란이며, 동물극은 자루모양이지만 식물극으로 갈수록 넓어진 후 식물극은 둔각으로 좁아지는 곤봉형이었다 (Fig. 1B).

2. 수정율과 부화율 비교

종내 및 종간 교잡체의 수정율은 모두 100%로 난황이 진행되어 교잡이 이 단계에 미치는 영향은 없으므로 나타났다. 그러나 부화율은 실험구간 약간의 차이가 있어서 교잡구인 UN의 경우에 가장 낮아 71.6%에 불과했으며, 종내 교배한 수정난도 모든 개체가 부화하지는 못하였지만 부화율은 이보다 높아 92.3~97.5% 사이를 나타내었다. 한편 부화자어의 기형율은 부화율이 약간 낮은 각시붕어(UU)의 경우에 전혀 발견되지 않았지만, 떡납줄갱이(NN)는 부화율이 높음에도 5.2%를 기록하여 주목되었다 (Table 2).

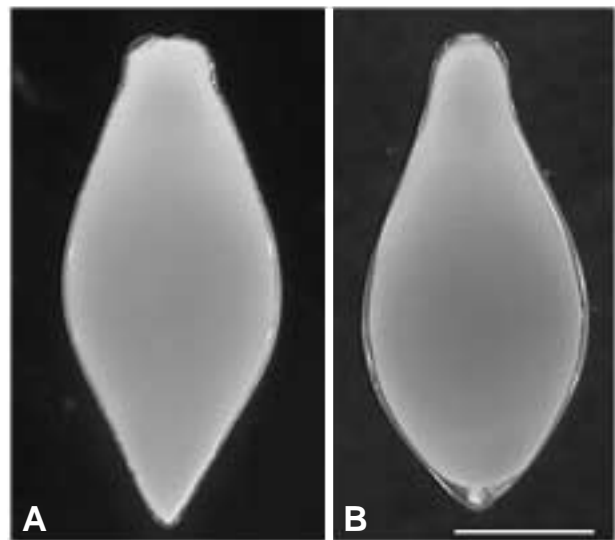


Fig. 1. Comparison of egg shape between *Rhodeus uyekii* (A) and *R. notatus* (B). Scale bar indicates 1 mm.

Table 2. Comparison of fertilization rate, hatching rate and the rate of deformity of hatched larvae among experimental groups

Experimental group	Fertilization rate (%)	Hatching rate (%)	Deformity (%)
<i>R. uyekii</i> (♀) × <i>R. uyekii</i> (♂) (UU)	100	92.3	-
<i>R. uyekii</i> (♀) × <i>R. notatus</i> (♂) (UN)	100	71.6	5.1
<i>R. notatus</i> (♀) × <i>R. uyekii</i> (♂) (NU)	100	97.5	2.5
<i>R. notatus</i> (♀) × <i>R. notatus</i> (♂) (NN)	100	94.8	5.2

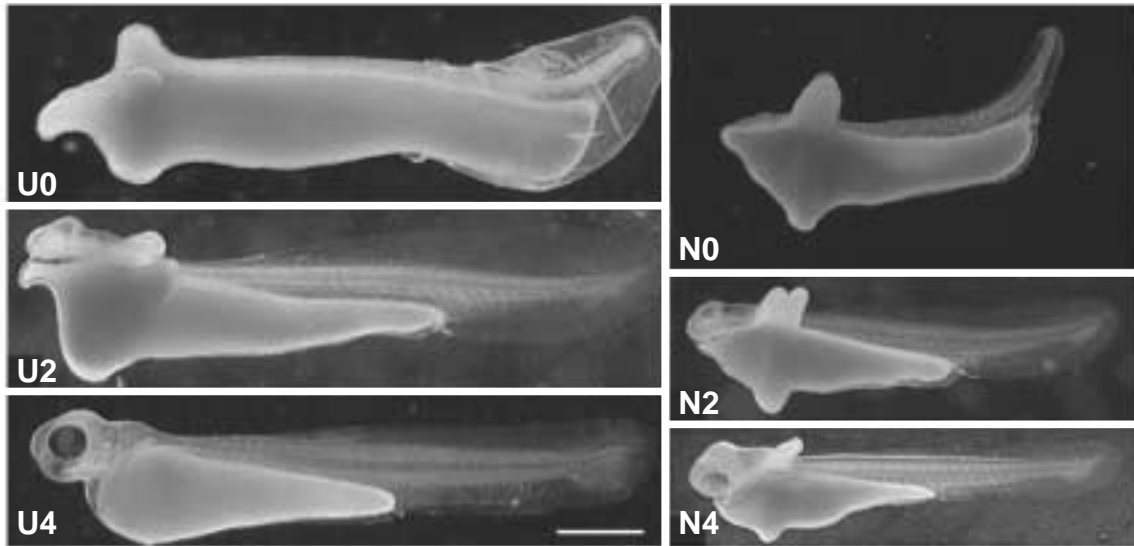


Fig. 2. Comparison of yolk type of larvae between *Rhodeus yuekii* (U) and *R. notatus* (N). Numbers of the abbreviation are the day after hatching. Scale bar indicates 1 mm.

Table 3. Comparison of some measurements for larvae between *R. yuekii*, *R. notatus* and its reciprocal hybrids. Mean \pm SD and range in parenthesis

Experimental group	Total length (mm)	Length of yolk (mm)	Height of yolk (mm)	Anterior process ok yolk (mm)
<i>R. yuekii</i> (UU)	4.67 \pm 0.15 (4.44 ~ 4.95)	4.37 \pm 0.16 (4.17 ~ 4.76)	0.96 \pm 0.05 (0.89 ~ 1.03)	0.51 \pm 0.05 (0.41 ~ 0.56)
<i>R. yuekii</i> ♀ \times <i>R. notatus</i> ♂ (UN)	4.10 \pm 0.19 (3.86 ~ 4.37)	3.76 \pm 0.21 (3.48 ~ 4.14)	0.68 \pm 0.04 (0.62 ~ 0.74)	0.29 \pm 0.05 (0.20 ~ 0.35)
<i>R. notatus</i> ♀ \times <i>R. yuekii</i> ♂ (NU)	4.83 \pm 0.34 (4.26 ~ 5.35)	3.81 \pm 0.14 (3.63 ~ 4.02)	0.75 \pm 0.03 (0.72 ~ 0.79)	0.79 \pm 0.08 (0.65 ~ 0.92)
<i>R. notatus</i> (NN)	4.06 \pm 0.09 (3.96 ~ 4.14)	3.88 \pm 0.18 (3.64 ~ 4.04)	0.72 \pm 0.02 (0.70 ~ 0.74)	0.57 \pm 0.11 (0.42 ~ 0.65)

3. 부화 자어의 특징 비교

부화 직후 각시붕어의 자어는 난황 전돌기가 가늘고 길며, 아래를 향해 약간 구부러졌고, 측돌기가 잘 발달하였으며, 난황 본체의 높이가 거의 일정하여 완두콩 깍지 형태이었다. 부화 2일 후에는 난황의 흡수가 진행됨에 따라 난황 전돌기와 본체의 끝 부분이 가늘게 변하였고, 4일 후에는 전돌기와 측돌기가 거의 흡수되어 나타나지 않게 되었다 (Fig. 2, U0-4).

떡납줄갱이의 부화 자어는 전돌기가 폭이 넓은 삼각형 모양으로 발달하고, 측돌기는 잘 발달하였으나, 본체는 뒤로 갈수록 약간 가늘어 지는 닳 형태를 보였다. 난황 흡수는 각시붕어에 비해 다소 늦게 일어나 부화 2~4일 후에도 이러한 전반적인 형태가 유사하게 유지되었다 (Fig. 2, N0-4).

교잡체의 부화 자어는 Fig. 3과 같이 나타났다. 먼저 UN형의 부화자어는 2가지 유형으로 나타났다. UN형의 대부분은 자어의 두부 뒤쪽 난황부분이 아래쪽으로 크게 혹을 이루며, 그 뒷부분은 가늘게 세장되지만 가장 뒷부분은 약간 두터우며, 난황 전돌기가 아주 짧고 가늘지만 발생이 진행되면서 난황 측돌기 앞부분이 삼각형으로 변화된다 (Fig. 3, UN0-4). 이 실험군에서 특이한 상황은 아주 희소하지만 완전한 각시붕어 자어형이 나타나는 점이였다 (Fig. 3, UN0').

교잡체 중 NU형의 자어는 난황 전돌기가 가늘고 길어 끝이 가는 삼각형이며, 난황 몸체는 가운데부분이 잘록하고 뒤로 갈수록 일관되게 가늘어지는 콩깍지 모양의 특징을 보였으며, 발생이 진행됨에 따라 전기 자어의 형태를 보였다 (Fig. 3, NU0-4).

이러한 형태적인 차이는 계측치에서도 나타나 시험군

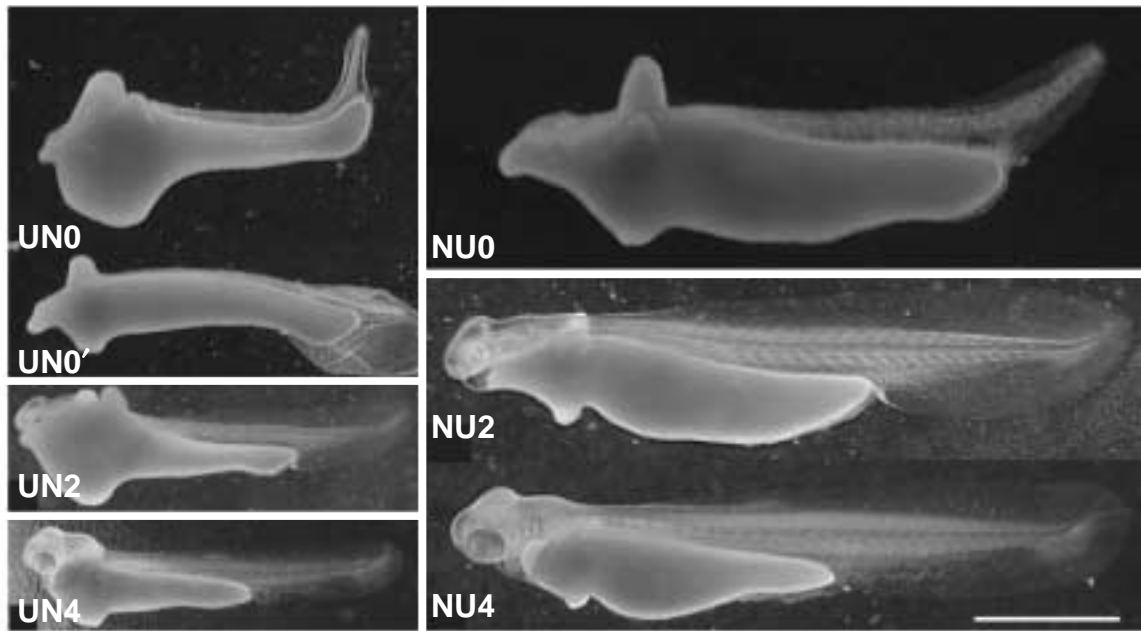


Fig. 3. Comparison of yolk type of larvae between *R. uyekii* (♀) × *R. notatus* (♂) (UN) and *R. notatus* (♀) × *R. uyekii* (♂) (NU). Numbers of the abbreviation are the day after hatching. Scale bar indicates 1 mm.

간 차이를 보였다 (Table 3). 부화 직후 자어의 길이는 각시붕어가 4.67 mm, 떡납줄갱이가 4.06 mm로 각시붕어의 자어가 훨씬 컸으며, 교잡체의 경우 UN형은 평균 4.10 mm, NU형은 4.83 mm로 차이가 나타났다. 난황의 길이는 각시붕어의 경우 가장 길어 평균 4.37 mm이었고, 나머지 3 시험군의 경우 평균 3.76~3.88 mm로 작았다. 난황 전돌기의 길이는 UN형이 가장 짧아 0.29 mm이었으며, NU형이 가장 길어 0.79 mm에 달하였고, 각시붕어와 떡납줄갱이 정상 교배 자어는 각각 0.51, 0.57 mm이었다.

고찰

어류는 자연 상태에서도 중간 교잡체가 출현 (진, 1983; Kim *et al.*, 1991)하는 등 분류에 애로사항이 될 정도 (Hubbs, 1955)로 자주 일어난다. 이를 바탕으로 잡종을 인위적으로 생산하기 위한 연구가 진행되어 왔으며, 납자루아과 어류에서는 중간 및 속간 교잡 실험 등이 진행된 바 있다 (鈴木과 田, 1988b; Suzuki and Jeon, 1993). 생산된 교잡체는 불임성과 중간형질 발현 특성을 보이며, 상업용 어종의 품종 개발과 육종의 수단으로 이용될 수 있으므로 중요하다 (박 등, 1997; Park *et al.*, 2003, 2006a, b).

하지만 자연에서는 형태가 유사한 종간에도 교잡이

거의 이루어지지 않으므로 교잡 가능성 여부는 종 구분의 한 방법으로 이용될 수도 있다. 어류에서 이러한 교잡체의 특성은 중간형질의 발현, 양성 중 한 성으로의 편중, 불임 등 특징이 있고 (박 등, 1997; Park *et al.*, 2003, 2006b), 생리적 성 전환 등 육종 방법 적용이 가능하므로 양식 품종의 개발 연구에 유용한 재료이기도 하다. 납자루아과 어류의 경우 유연종이 많고 수조에서 관리가 쉬워 그동안 속간 및 중간 교잡에 관한 연구가 비교적 많이 수행되었지만 (Suzuki and Jeon, 1993; Suzuki and Jeon, 1994) 아직 본 조합에 대해서는 보고된 바 없었다.

본 연구는 그간 분류학적으로 혼동이 되어온 각시붕어와 떡납줄갱이의 분류학적 위치를 고찰하고 우리나라 고유종 관상어를 개발함에 있어 외국에 수출시 자원 유출과 재이용 가능성을 줄이기 위해 불임 개체군을 생산하는 방법으로 교잡체의 이용 가능성을 조사하기 위해 실시하였다.

각시붕어와 떡납줄갱이는 모두 소형 담수어로 1회 배란 가능한 난의 수에 있어서 각시붕어가 16~47개로 많은 편이었다. 한편 이들의 수정난은 형태가 거의 유사하지만 각시붕어는 식물극이 아주 뾰족하고 (김과 한, 1990) 떡납줄갱이는 둔탁하면서 동글어 잘 구분이 되었다. 수정난을 담수산 이매패의 새강에 위탁하는 납자루 종류의 수정난은 형태적 차이가 유사종인 경우에도 종 구분 형질로 이용될 정도 (김과 김, 1989; Kim and Kim,

1990)이므로 이러한 형질은 두 종간 차이를 잘 나타낸다고 사료되었다. 한편 각시붕어의 난은 약한 점착성이 있어 난끼리 혹은 기질에 미약하게 점착되는 성질이 있어 떡납줄갱이의 경우와 구분되었다. 이러한 차이점은 위탁하는 담수산 이매패 내 수정란의 위치 및 강제 배출을 막는 기작과 관계가 있을 것으로 사료된다 (양, 2004).

본 교잡 실험 결과 각시붕어와 떡납줄갱이의 두 종간에는 교잡이 거의 자유스럽게 이루어지는 것으로 나타났다. 교잡 가능성은 종의 구분을 결정짓는 형질로 이용될 수는 없다. 그러나 우리나라산 각시붕어와 일본산 납줄갱이 *R. suigensis*와 교잡 결과 부화율이 64.5~27.5%, 부화자어의 생존율은 12.3~27.8% (鈴木과 田, 1988a)로 아주 낮아 본 결과와 비교하여 주목되었다. 즉, 우리나라산 *R. notatus*와 일본산 *R. suigensis*와 종수준에서 차이를 나타내는 증거로 볼 수 있는 것으로 사료되었다. 또한 *R. uyekii*는 동속에 해당하는 일본산 *R. ocellatus smithi*와의 교잡에서 수정율이 낮고, 초기 발생이 중단되는 등 생리장애가 많았고 부화율이 낮은 등 현상 (鈴木과 田, 1988b)이 나타나 이러한 결과와도 비교되었다. 본 실험 대상인 두 종은 서식처가 거의 같은 장소이다. 산란을 위한 조개 선택 특이성이 아직 보고되지 않았고, 산란기가 중복되고 있으므로 자연 교잡체의 출현도 가능하리라 보이므로 추후 연구가 요망된다.

납자루아과 어류는 담수산 이매패의 새강 내에 산란하며, 이에 따라 산란관의 길이와 난황 형태의 적응과 진화에 대해 고찰될 정도이다 (Mills *et al.*, 2005). 부화자어의 난황 형태 역시 납자루 종류의 부화자어가 담수산 이매패의 새강내에서 탈락되지 않도록 하는 적응 형질인 것으로 보고되었다 (Suzuki and Jeon, 1988a, b). 이러한 의미에서 부화자어의 난황 형태는 분류학적 계통학적으로 중요하다고 생각된다. 각시붕어의 부화자어 난황 형태는 난황 전돌기가 아주 짧고 긴 막대형이어서 닳 모양을 갖춘 떡납줄갱이와 잘 구분된다. 이 시기의 각시붕어 자어가 약한 점착력을 가지고 서로 응집되어 있는 특성과 떡납줄갱이의 크고 위로 뺨은 난황 측돌기는 이러한 기능에서의 차이를 보여주는 형질인 것으로 사료된다.

교잡체의 난황 형태는 어미종의 조합에 따라 달랐다. UN형의 경우 UU형이 아주 희소하지만 발현되는 특징을 보였고, 주된 형태는 수컷으로 사용한 *R. notatus*의 영향을 많이 받은 것으로 사료되었다. 즉, 전반적인 형태에 있어서 난황 앞부분이 두터우며 뒷 부분이 가늘어 둔탁한 닳 모양을 나타내었다. 그러나 난황 전돌기와 측

돌기 등은 모계와 유사하여 중간 형질을 보이고 있다.

NU의 경우 모계의 형질을 완전히 갖춘 NN 난황형은 출현하지 않았다. 이 조합의 경우 난황은 전반적으로 막대형을 보이며 난황 복면부에 굴곡이 지는 등 부계를 닮았으나 난황 전돌기가 아주 길게 발달하는 등 모계의 영향도 일부 받는 것으로 나타났다.

교잡체와 정상 교배 자어의 계측치에서도 중간형질을 보이면서 부계의 형질이 많이 나타나는 것으로 사료되었다. 즉, 정상 교배 자어에서 자어의 크기는 각시붕어가 떡납줄갱이에 비해 크며, UN형의 자어보다 NU형의 자어가 범위는 중복되지만 큰 편으로 나타났다. 그러나 난황 전돌기의 경우 UN형은 0.29 mm로 아주 짧아 길이가 짧은 각시붕어 정상 교배체의 자어 특징이 두드러져 암컷 형질을 많이 보이는 부분도 있는 것으로 사료된다.

이러한 교잡체의 형질은 교잡체에서 중간형질이 발현되지만 초기에는 부계의 형질이 주로 나타난다는 기존의 보고 (鈴木과 田, 1988b)와 일치하고 있으며, 추후 담수 유용어종의 육종 등 활용 분야에 적절하게 이용될 수 있으리라 사료되어 주목되었다. 즉, 우리나라 고유종인 각시붕어의 관상품종 개발에 있어 상업적인 가치를 높이기 위해 부계로서 떡납줄갱이를 이용하여 부계의 형질을 이입시키면서 감수분열 능력 상실에 기인된 불임화 및 단성 집단인 전 수컷 유도가 가능할 것으로 사료된다.

현재 이들 교잡체를 비롯한 실험군은 성어로 사육중이며, 차후 사육이 완료되면 외부형태 특징, 반문 등 선택의 혼합 특성, 핵형, 성별 분포, 생식소 기능 등 생물학적 특징에 관한 부수적인 연구가 뒤따라야 할 것으로 사료된다.

적 요

우리나라 고유종인 각시붕어 *Rhodeus uyekii*의 이용을 위한 연구의 일환으로 동속의 유사종으로 알려진 떡납줄갱이 *R. notatus*와 상호 교잡을 실시하였다. 이들 두 종은 난의 형태와 크기에 있어 뚜렷한 차이를 보여 잘 구분되었으며, 초기 자어의 난황 형태에 있어서도 각시붕어는 콩까지모양인 반면 떡납줄갱이는 닳 형이어서 잘 구분되었다. 한편 중간 상호 교잡은 수정율과 부화율에 있어서 정상 교배군과 큰 차이가 없을 정도로 자유로워 UN형이 부화율 71.6%이었으며, NU형이 부화율 97.5%에 달했다. 교잡체의 부화 자어 형태는 UN형에 있어서 극 소수이지만 UU형이 출현하여 주목되었으나 대부분 NN형이 우세한 중간형태이었고, NU형에 있어

서는 NN형이 전혀 출현하지 않았고 모두 UU형이 우세한 중간형태로 부계 형질이 우선하는 것으로 사료되었다. 이들 교잡체는 현재 사육중으로 추후 외부형태, 성별 구분, 생식소 기능, 핵형 등을 분석할 예정이다.

사 사

이 연구는 국립수산물연구원 경상과제 (담수 고유종 산업화 연구, RP-2006-AQ-037)의 지원에 의해 운영되었습니다. 실험의 수행과 논문의 작성에 도움을 주신 내수면 양식연구소의 여러분에게 감사드립니다.

인 용 문 헌

Chu, Y., H. Wu and X. Jin. 1984. Cypriniformes : Cyprinidae. In The fishes of Fujian Province (Part 1), Fujian Science and Technology Press, Fujian, pp. 225~387. (in Chinese)

Chen, Y. et al. ed 1998. Fauna Sinica. Osteichthyes, Cypriniformes II. Science Press, Beijing, 531pp. (in Chinese)

Hubbs, C.L. 1955. Hybridization between fish species in nature. Syst. Zool., 4 : 1~20.

Kim, I.-S. and C.H. Kim. 1990. A new acheilognathine fish *Acheilognathus koreensis* (Pisces: Cyprinidae) from Korea. Kor. J. Ichthyol., 2(1) : 47~52.

Kim, I.-S., Y. Choi and J.-H. Shim. 1991. An occurrence of intergeneric hybrid cross, *Pungtungia herzi* × *Pseudopungtungia nigra* from the Ungcheon River, Korea. Kor. J. Ichthyol., 3(1) : 42~47.

Mills, S.C. and J.D. Reynolds. 2002. Mussel ventilation rates as a proximate cue for host selection by bitterling, *Rhodeus sericeus*. Behaviour. Eco., 131 : 473~478.

Mills, S.C., M.I. Taylor and J.D. Reynolds. 2005. Benefits and costs to mussels from ejecting bitterling embryos: a test of evolutionary equilibrium hypothesis. Ani. Behav., 70 : 31~37.

Mori, T. 1935. Descriptions of three new cyprinoids (Rhodeina) from Chosen. Japan. Zool., 47 : 559~574. (in Japanese)

Park, I.-S., B.-S. Kim, S.J. Lee, J.W. Hur, J.S. Yoo, Y.-C. Song and Y.J. Kim. 2006a. Comparative morphometric traits of hybrids between red sea bream (*Pagrus major*) and black sea bream (*Acanthopagrus schlegelii*). J. Fish. Sci. Technol., 9 : 44~47.

Park, I.-S., Y.K. Nam and D.S. Kim. 2006b. Growth performance, morphometric traits and gonad development of induced reciprocal diploid and triploid hybrids between

the mud loach (*Misgurnus mizolepis* Gunther) and cyprinid loach (*Misgurnus anguillicaudatus* Cantor). Aquacult. Res., 37 : 1246~1253.

Park, I.-S., Y.K. Nam, S.E. Douglas, S.C. Johnson and D.S. Kim. 2003. Genetic characterization, morphometrics and gonad development of induced interspecific hybrids between yellowtail flounder, *Pleuronectes ferrugineus* (Storer) and winter flounder, *Pleuronectes americanus* (Walbaum). Aquacult. Res., 34 : 389~396.

Suzuki, N. and S.R. Jeon. 1988a. Development of the bitterling, *Rhodeus suigensis* from Korea, with notes on minute tubercles on the skin surface. Korean J. Lim., 21(4) : 231~242.

Suzuki, N. and S.-R. Jeon. 1988b. Development of the bitterlings, *Acheilognathus limbata* (Cyprinidae) from Korea and Japan, with notes on minute tubercles on the skin surface and on the genetic implication in hybrid embryos. Kor. J. Lim., 21(4) : 211~229.

Suzuki, N. and S.-R. Jeon. 1993. Intergeneric hybridization experiment between *Acheilognathus lanceolatus* and *Rhodeus uyekii*. J. Basic Sci., 7 : 11~20.

Suzuki, N. and S.-R. Jeon. 1994. Interspecific and intergeneric hybridization experiments between females of four species of *Acheilognathus limbara*, *A. koreensis*, *Rhodeus ocellatus* and *R. suigensis* and male of *A. signifer* (Cyprinidae, Teleostei). Kor. J. Lim., 27(4) : 339~348.

Uchida, K. 1939. The fishes of Tyosen. Part 1. Nematognathi, Eventognathi. Bull. Fish. Exp. Sta. Gov. Gener. Tyosen., 6 : 458. (in Japanese)

鈴木伸洋・田祥麟. 1988a. 납줄갱이와 각시붕어의 인공교잡 실험에 관하여. 한국육수학회지, 21(2) : 57~78.

鈴木伸洋・田祥麟. 1988b. 각시붕어 *Rhodeus uyekii*와 *R. ocellatus smithi*의 인공교잡에 관하여. 한국육수학회지, 21(3) : 129~142.

김용익·한경호. 1990. 실험실에서 사육한 한국산 각시붕어, *Rhodeus uyekii*의 초기생활사. 한국어류학회지, 2(2) : 159~168.

김익수. 1997. 한국동식물도감 제37권 동물편 (담수어류), 교육부, 서울, 629pp.

김익수·김치홍. 1989. 한국산 잉어과 어류 칼납자루(*Acheilognathus limbata*)와 목납자루(*A. signifer*)의 초기 발생과 분류에 관한 연구. 한국동물학회지, 32 : 22~33.

김인자. 1997. 각시붕어 (*Rhodeus uyekii*)의 골격학적 연구. 한국어류학회지, 9(1) : 130~140.

김화선·김유희·조성환·조재윤. 1999. Carotenoids 첨가 사료가 각시붕어 (*Rhodeus uyekii*)의 체색에 미치는 영향. 한국수산학회지, 32(3) : 276~279.

김화선·김유희·조재윤·윤길하·하봉석. 1999. 천연산 각시붕어 (*Rhodeus uyekii*) 혼인색의 색소 조성. 한국수산학

- 회지, 32(4) : 520~524.
- 박인석 · 김병기 · 김종만 · 최경철 · 김동수. 1996. 무지개송어 (*Oncorhynchus mykiss*)와 은연어 (*O. kisutch*)간의 잡종 및 잡종 3배체 생산. 한국양식학회지, 9 : 133~140.
- 박인석 · 최경철 · 김동수. 1997. 무지개송어 *Oncorhynchus mykiss*와 산천어 *O. masou*간의 잡종 및 잡종 3배체 생산. II. 성비 및 계층형질 특징. 한국양식학회지, 10 : 49~54.
- 송호복 · 권오길. 1994. 줄납자루, *Acheilognathus yamatsutae* (Cyprinidae)의 패류 체내 산란. 한국어류학회지, 6(1) : 39~50.
- 안철민. 1995a. 각시붕어, *Rhodeus uyekii*의 생식주기. 한국어류학회지, 7(1) : 33~42.
- 안철민. 1995b. 각시붕어, *Rhodeus uyekii*의 생식주기에 미치는 광주기 및 수온의 영향. 한국어류학회지, 7(1) : 43~55.
- 양 현. 2004. 칼납자루 *Acheilognathus koreensis*와 임실납자루 *A. somjinensis*의 생태와 종분화. 박사학위 논문 (전북대), 100pp.
- 전상린. 1983. 한국산 납자루아과 어류의 자연잡종에 관한 연구-예보-. 생물학연구연보, 4 : 21~26.
- 채병수. 2001. 각시붕어, *Rhodeus uyekii* (Pisces: Cyprinidae)의 산란관의 신장. 한국어류학회지, 13(2) : 111~116.
- 최기철. 1976. 고창 인천강의 어류상 조사. 한국육수학회지, 9(3-4) : 13~20.
- 환경부. 2005. 야생동식물보호법. 법률 제7457호.

Received: October 24, 2006

Accepted: November 13, 2006