Korean J. Ichthyol. 8(1), 83~89, 1996 韓魚誌, 8(1), 1995

동자개 *Pseudobagrus fulvicraco* (Pisces, Bagridae)의 초기생활사

강 언 종 · 이 철 호
진해내수면연구소

동자개 *P. fulvidraco*의 양식 및 자원 증강에 관한 기초 자료를 얻고자 초기 생활사에 대한 실험을 수행한 결과 다음과 같은 결과를 얻었다.

수정난은 구형에 가까운 분리침성난으로 난막은 투명하고 난 표면에는 미세한 주름무늬의 점액층이 있어 쉽게 다른 물체에 부착되며, 난황은 연노랑색으로 유구는 없다. 수정 직후의 난경은 1.4±0.03mm(1.3~1.5mm, n=10)이었으나, 난할이 시작되는 1시간 30분 후에는 난막이 다소 팽창되어 1.7±0.08mm(1.6~1.8mm, n=10)이었다.

난내 발생에 있어서 수온 25.0℃일 때 배반은 수정 30분 후에 형성되었고, 1시간 후에는 난할이 시작되었으며 이후 약 30분 간격으로 난할이 계속되었다. 한편, 32세포기에서 낭배기가 끝나는 시기까지 난황의 굴곡 운동이 관찰되어 특이하였다.

부화는 약 53시간이 소요되었으며 부화 자어는 전장 4.2~4.3mm, 근절은 18~19+20~21(38~40)이었다. 부화 1주일 후에는 비공의 후연과 상악에 각각 1쌍 그리고 하악부에 2쌍의 수염이 완성되었고, 꼬리지느러미는 상 · 하 양엽으로 분화되기 시작하였으며, 부화 3주 후에는 체측반문, 지느러미 형태 등이 성체와 같은 치어기에 달하였다.

서 론

동자개科의 어류는 전세계에 27屬에 약 205種이 알려졌으며 주로 아세아大陸과 아프리카 일부의 담수역에 널리 분포한다(Nelson, 1984). 우리나라의 동자개과 어류에 대해 鄭(1977)은 9종으로 정리하였으나 金 等(1981)과 Lee and Kim(1990)은 동종이명을 정리하고 미기록종을 추가하였으며 퉁가리科가 동자개科에서 분리됨으로서(孫, 1987), 한국산 동자개과에는 동자개屬(genus *Pseudobagrus*)에 동자개 *Pseudobagrus fulvidraco* (Richardson), 눈동자개 *P. koreanus Uchida*, 꼬치동자개 *P. brevicorpus*(Mori)의 3종이, 그리고 종어屬(genus *Leiocassis*)에 밀자개 *Leiocassis nitidus*(Sauvage er Thiersant), 대농갱이 *L. ussuriensis*(Dybowski) 그리고 종어 *L. longirostris* Guenther의 3종 등 모두 6종이 알려졌다(金 · 姜, 1993).

이들 동자개과 어류 중에서 우리 나라에서 양식에 이용되는 종은 동자개 *P. fulvidraco*로 일본에는 같은 종이 없으나(Okada, 1959~1960 ; Masuda *et al.*, 1984) 중국에는 같은 종이 분포하는데(成 · 鄭, 1987), 우리 나라에서는 원래 서해와 남해로 유입되는 하천의 중.하류에 널리 분포하였다. 낙동강은 본 종의 분포지로 기재된 바가 없으나 근래 崔 等(1990)에 의해 소량 분포하는 것으로 기재된

* 본 논문은 국립수산진흥원 수산시험연구사업비(1995년)에 의해 수행되었음.

바 있으며, 현재는 밀양강까지도 점차 출현량이 늘고 있어 이입된 것으로 생각된다.

한편, 동자개 *P. fulvidraco*에 대한 생물학적 자료는 內田(1939)와 白(1987)의 일부 일반 생태에 대한 보고, 임(1994)의 생식년 주기에 대한 보고가 있는 정도이어서 자원 증강과 양식 기술 개발 및 실제 양식을 위해서는 더 정확한 정보가 요구되고 있다.

따라서 본 연구는 동자개 *P. fulvidraco*의 양식 기술 개발을 위한 연구의 일환으로 아직 밝혀지지 않은 초기생활사에 대하여 조사하였기에 그 결과를 정리하였다.

재료 및 방법

실험에 이용된 성어는 금강 수계인 전북 진안군 상전면 월포리에서 삼각망으로 채집하여 실험실로 운반하였다. 사용한 성어는 암컷은 체장 13.0~15.5cm, 수컷은 15.6~20.5cm이었고, 암컷의 생식소 숙도지수는 29.7~31.2%이었다.

실험실로 운반된 성어는 당일로 태반성숙호르몬(HCG, 유한양행)을 10,000IU/kg의 농도로 복강에 주사한 후 수온 25℃를 유지하면서 관리하였다.

성숙난은 호르몬을 주사한 20~22시간 후에 암컷의 복부를 압박하여 물기를 없앤 용기에 받았고, 난을 받기 전에 적출한 정소를 생리식염수(7%)에 마쇄하여 미리 준비한 정액을 이용하여 수정시켰다.

수정난은 망목 1mm의 채란상에 붙였고, 채란상은 수조에 띄운 후 폭기를 시키면서 수온 25℃에서 부화할때까지 유지 관리하였다.

부화한 자어는 입이 개구되는 부화 2일후 부터 초기먹이로 브라인 쉬림프 혹은 물벼룩을 공급하면서 사육하였고, 부화 1주일 후에는 실지렁이를, 부화 2주일 부터는 뱀장어 배합 사료를 반죽하여 공급하면서 사육하였다.

모든 관찰은 실체현미경(Nikon SMZ-U, Japan)을 이용하였고, 그림은 이에 부착된 투영기를 이용하여 제작하였다.

결 과

1. 암수의 크기

1994년 3월에서 10월까지 매월 30개체씩 채집하여 체장 분포를 조사한 결과 암컷은 12~14cm 계급에서 최대빈도수를 보였고 수컷은 14~16cm 계급에서 최대 빈도를 보여 수컷이 암컷에 비해 크기가 큰 것으로 나타났다(Fig. 1). 한편, 생식돌기를 비교하였을 때 수컷은 1~2mm의 뾰족한 돌기가 나타나 암컷과 구분되었다(Fig. 2).

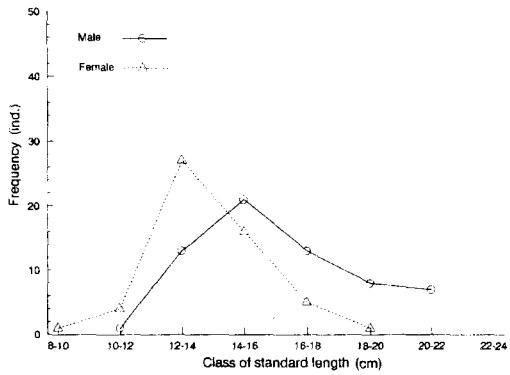

Fig. 1. Difference in standard length between male (A) and female (B) of Korean bullhead, *P. fulvidraco*.

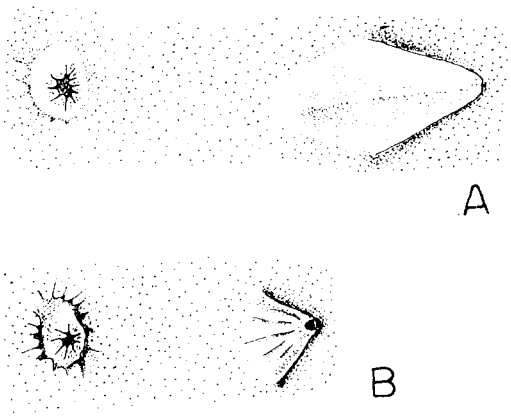

Fig. 2. Genital papillae of Korean bullhead, *P. fulvidraco*.
A : male and B : female.

2. 난의 특징

난막은 투명하고 난 표면에는 미세한 주름무늬의 점액층이 있어 쉽게 다른 물체에 부착된다.

난은 구형에 가까운 분리 침성난이며, 난황은 연노랑색으로 유구는 없다. 수정 직후 난경은 1.4±0.03mm(1.3~1.5mm, n=10)로 다소 큰 편이며, 수정 1시간 후에는 난막과 난황이 분리되었으나 난경은 변화가 거의 없이 1.4±0.05mm(1.4~1.5mm, n=10)이었고 난황은 1.2±0.08mm(1.1~1.3mm, n=10)이었다. 난할이 시작된 후인 1시간 30분 후에는 난막이 다소 팽창되어 1.7±0.08mm (1.6~1.8mm, n=10) 이었으며 난황 역시 다소 팽창되어 1.5±0.07mm(1.4~1.6mm, n=10)이었다.

3. 난내발생

수온 25℃를 유지하였을 때 수정 5분 후에는 난막과 난황의 분리가 일어났고(Fig. 3A), 수정 30분 후에는 동물극에 높이 0.24mm, 폭 0.98mm의 배반이 형성되었다(Fig. 3B). 동물극은 지면을 향하는 것이 많았다. 수정 1시간 후에는 배반이 균등히 둘로 나뉘는 제1난할이 일어났고(Fig. 3C), 1시간 30분 후에는 제1난할과 수직으로 제2난할이 일어났다(Fig. 3D). 수정 2시간 후에는 두 번째 난할면과 평행으로 난할이 진행되어 8세포기에 달했고 (Fig. 3E), 이후 약 30분 간격으로 난할이 계속되었다. 수정 3시간 후에는 32세포기에 달했고(Fig. 3F), 이 시기의 배는 난황 전체가 특이한 굴곡 운동을 보이기 시작한다. 즉 난황의 어느 한 쪽이 안으로 함몰되고 이 부위는 시계방향쪽으로 이동하는데 1회전에 약 30초가 소요되었다(Fig. 3 F^1~F^5). 이러한 운동은 다른 屬에 속하는 대농갱이 *L. ussuriensis*의 난내 발생에서도 관찰되었는데 다만 1회 굴곡운동을 완료하는 시간이 아주 느렸다.

수정 5시간 후에는 낭배기가 시작되는데(Fig. 3G) 동물극 쪽에 투명한 반구 모양의 세포덩이가 나타나고, 난황의 굴곡 운동은 식물극을 정점으로 胚 부위가 위쪽에서 원운동을 하는 듯 움직이나 주기는 아주 느려 1회전에 약 2분이 소요된다.

수정 10시간 후에는 胚環이 난황의 표면을 덮기 시작하면서 胚體가 형성되어가고(Fig. 3H), 배환이 식물극을 거의 덮는 수정 15시간 후에는 식물극쪽 난황에 초생달 모양의 흔적이 나타난다(Fig. 3I). 이때 난황의 움직임은 거의 없어진다. 수정 17시간 후에는 세포층이 난황을 완전히 둘러싸고 2~6개의 근절이 관찰되며 두부와 미부의 구분이 확연하다(Fig. 3J).

수정 21시간 후에는 두부에 안포가 관찰되고 근절은 5개로 많아졌으며(Fig. 3K), 25시간 후에는 근절이 18개로 증가되었고 척색이 두 개의 실선으로 나타나며 미부는 난황과 분리된다(Fig. 3L).

수정 40시간 후에는 심장 박동(약 68회/분)이 관찰되고 눈에는 수정체가 형성되었으며, 이포와 이석도 관찰된다. 한편 심장의 앞쪽 배체의 옆쪽에는 한 쌍의 수염 원기가 관찰되고, 난황 표면에는 최초 혈관인 Cuvier's duct가 뚜렷하다(Fig. 4A). 이때 배체의 길이는 3.0mm, 난황은 1.2mm, 미부는 1.2mm이고 근절은 19~20+13~14(32~33)이다.

수정 52시간 후에는 심박이 빨라져 약 94회/분에 달하고 근절은 18+22(40), 배체의 길이는 3.7mm, 미부는 1.6mm로 다소 성장하였으며 난황은 거의 변화가 없다(Fig. 4B).

4. 부화 및 부화 자어의 성장

수정 후 53시간 경에는 난막을 뚫고 부화하기 시작하는데, 부화 자어는 뇌의 분화가 뚜렷하고, 수염의 원기는 눈의 아랫쪽과 심장의 앞쪽에 3쌍이 나타나며, 비공이 형성되었고, 난황 표면의 혈관은 더욱 발달되어 그물망을 이룬다. 흑색 소포는 이포의 등쪽, 근절이 시작되는 부위의 등쪽, 항문 시작 부위의 등쪽에 침착된다. 척색은 끝이 곧고, 지느러미는 가슴지느러미 원기가 아가미 뒤쪽 배체의 측면에 관찰되고 막지느러미가 발달하였다. 배체의 길이는 4.2~4.3mm, 난황은 타원형으로 긴쪽의 길이는 2mm이다. 미부 길이는 1.8mm이고, 심박은 더욱 빨라져 125회/분이다(Fig. 4C).

부화 2일 후에는 두부가 몸의 장축에 평행하게 되었고, 척색의 끝은 위로 약간 굽었으며 심장은 난황의 앞 끝에 위치한다. 새궁이 발생되었고, 후두부 뒤와 항문 뒤쪽의 막지느러미에 각각 제1등지느러미와 뒷지느러미의 원기가 나타나며, 꼬리지느러미 원기가 척색의 끝 막지느러미에 출현한

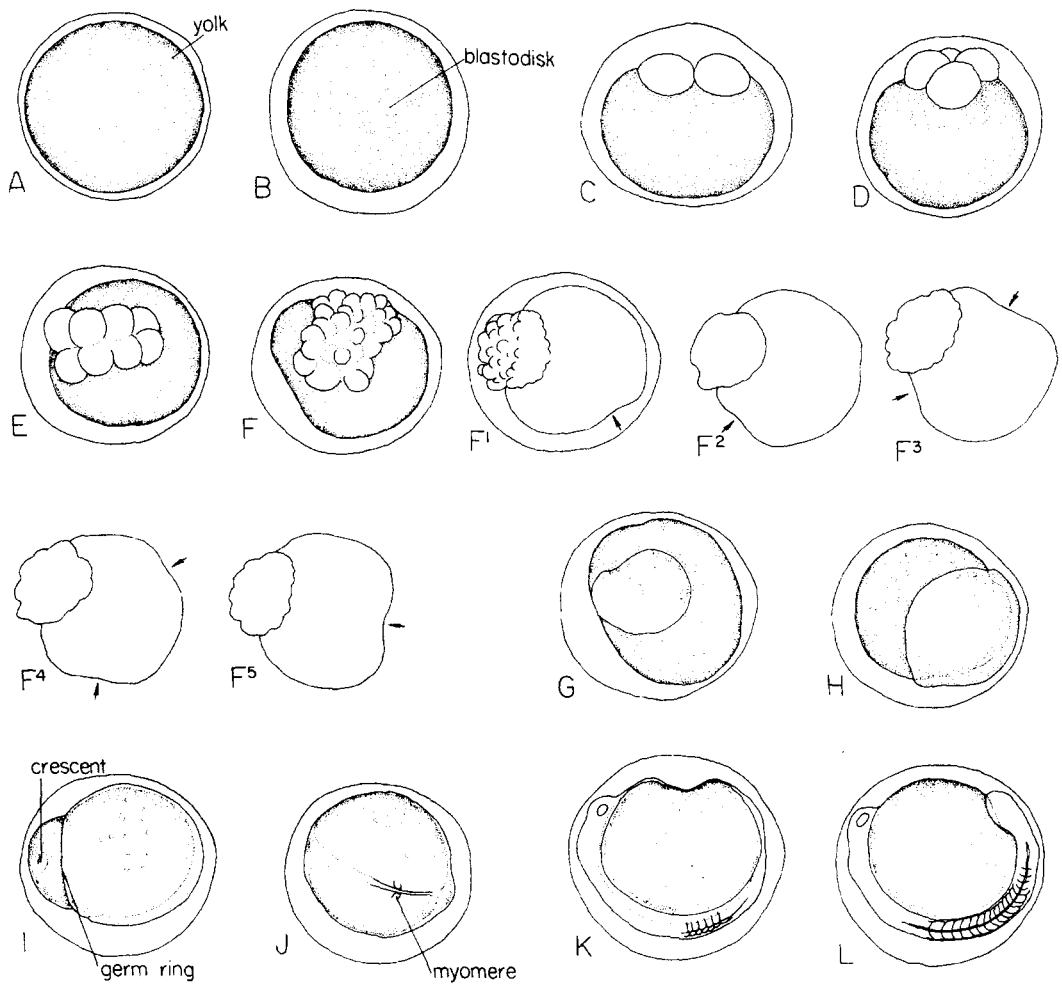

Fig. 3. Egg development of Korean bullhead *P. fulvidraco*.
A : Eggs inseminated, 5 min., **B** : Blastodisc stage, 30 min., **C** : 2 - cell stage, 1 hr., **D** : 4 - cell stage, 1 hr 30 min., **E** : 8 - cell stage, 2 hrs., **F** : 32 - cell stage, 3 hrs., **F¹ - F⁵** : changes in shape of yolk from 32 - cell stage to gastrula stage. Arrows indicates the part changed in shape. **G** : morula stage, 5 hrs., **H** : epiboly and gastrulation stage, 10 hrs., **I** : late epiboly stage, 15 hrs., **J** : organogenesis stage, 17 hrs., **K** : head and trunk development with optic capsule and myomeres, 21 hrs., and **L** : embryonic development with tail, 25 hrs.

다(Fig. 4D). 3쌍의 수염은 더욱 발달하여 길이는 0.4~0.5mm이고, 심박은 250회/분으로 아주 빠르다. 몸의 길이는 5.2~6.1mm, 항문 앞부분 길이는 2.7~3.1mm, 난황의 길이는 1.6mm이다. 이때의 자어는 수조의 바닥을 기면서 외부에서 먹이를 섭취하기 시작한다.

부화 3일 후에는 눈이 검게 착색되며 두부의 등쪽, 가장 긴 수염, 난황의 등쪽에도 흑색 소포가 침착되고, 꼬리지느러미 기부에도 흑색 소포가 나타난다(Fig. 4E). 지느러미는 제1등지느러미가 막지느러미에서 분리되기 시작하였고, 기조는 제1등지느러미와 뒷지느러미 그리고 가슴지느러미에 나타난다. 꼬리지느러미는 비스듬히 잘린 형태로 상부가 약간 뒤쪽으로 신장되기 시작한다. 체장은

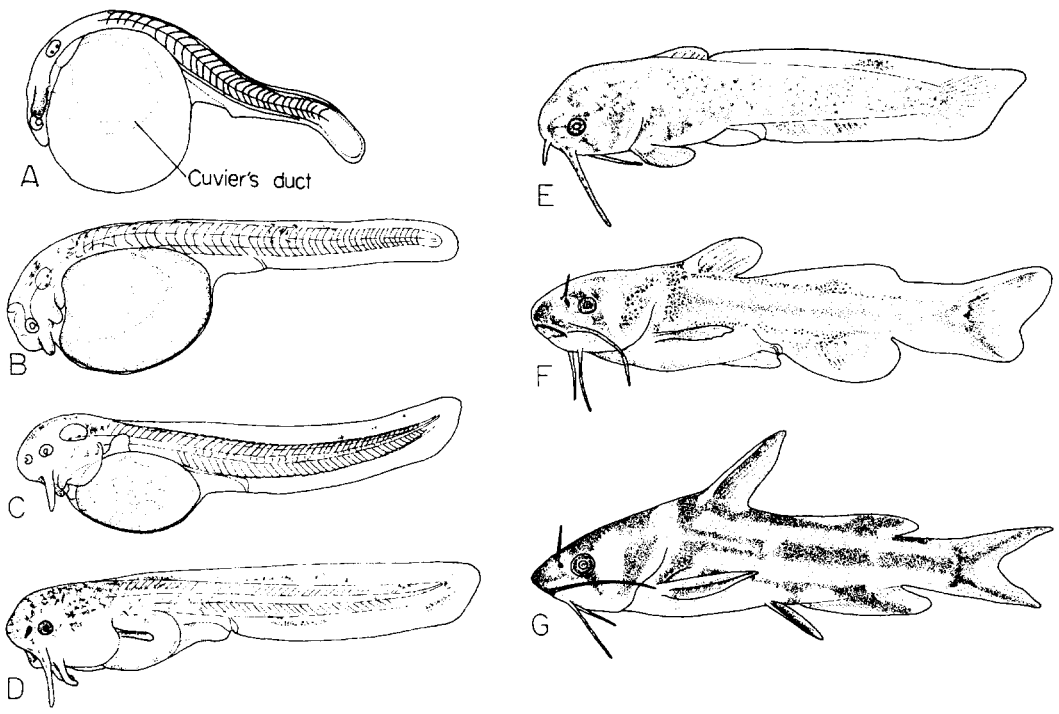

Fig. 4. Embryonic and larval development of Korean bullhead *P. fulvidraco*.
A : early blood circulation, excised embryo from egg membrane, 40 hrs., 3.0mm TL, **B** : excised embryo shortly before hatching, 48 hrs., 3.7mm TL, **C** : hatched larvae, 53 hrs., 4.2mm TL, **D** : 2 - day - old larvae, 5.5mm TL, **E** : 3 - day - old larvae, 7.3mm SL, **F** : 1 - week - old larvae, 9.8mm SL, and **G** : juvenile, 22.0mm SL.

7.2~7.8mm, 항문 앞부분 길이는 3.5~3.9mm, 두장은 1.4~1.6mm, 입의 개구부는 1.1mm 정도이다. 심박은 181회/분으로 다소 느려졌고, 자어들은 바닥의 어두운 곳에 떼를 지어 지낸다.

부화 1주일 후에는 비공의 앞쪽에 한 쌍의 수염이 형성되어 수염은 정수에 달한다. 지느러미는 제1등지느러미와 뒷지느러미가 막지느러미에서 완전히 분리되었고, 제2등지느러미가 막지느러미로부터 분리되어 형태를 갖추기 시작하며, 항문의 앞쪽 난황이 달려있는 막지느러미에 배지느러미 원기가 나타난다. 한편, 꼬리지느러미가 후연의 중앙이 파여 상하 양엽으로 분화되기 시작한다(Fig. 4F). 체장은 9.6~10.4mm, 항문 앞 거리는 5.6~6.0mm, 두장은 2.5~3.1mm, 안경은 0.4~0.5mm이다. 기조는 제1등지느러미가 II - 7, 가슴지느러미는 I - 5로 가시의 안쪽에 3~4개의 거치가 발달되었고, 뒷지느러미는 20~22기조이다. 체색은 성체와 유사하게 눈 부위, 아가미뚜껑 부위, 제1등지느러미 앞부분에 세로 무늬가, 그리고 몸에는 3줄의 가로 무늬가 나타나지만 색소의 침착이 불완전하여 무늬는 불분명하다. 이 때의 자어는 거의 수조 바닥이나 벽면에 부착하여 붙어 있으며 중층으로 유영하지는 않는다.

부화 3주 후에는 반문, 꼬리지느러미의 형태, 가슴지느러미 등이 성체와 완전히 같은 형태를 갖추며(Fig. 4G), 모든 지느러미 기조수 역시 성체와 같은 정수에 달해 치어기로 된다. 체장은 21.6~24.0mm, 체장은 두장의 3.3±0.2(3.1~3.6)배, 뒷지느러미 기점 거리의 1.6±0.1(1.5~1.7)배, 등지느러미 기점 거리의 2.5±0.1(2.3~2.7)배이고, 두장은 안경의 4.9±0.3(4.7~5.5)배이다.

고 찰

동자개 *P. fulvidraco*는 최근 하천 오염과 남획으로 자원이 감소되고 있어 양식에 의한 식용어 생

산과 자원 증강을 위한 연구가 진행되고 있으나(구 등, 1995) 생태와 생활사 등 생물학적 자료는 한국산에 대하여 보고한 內田(1939)와 白(1987)의 일부 자료가 있을 뿐이다. 한편, 동자개과에 해당하는 다른 종에 대해서도 일본산 *P. auranticus*에 관한 초기 생활사의 보고가 있을 뿐(Takeshita and Kimura, 1994) 거의 전무한 실정이다.

본 조사결과 나타난 동자개 *P. fulvidraco*의 발생 과정은 다음과 같은 특이한 점을 나타내 주목되었다.

먼저 난막표면의 구조는 동속에 해당하는 일본산 *P. auranticus*의 경우 방사상의 무늬가 나타나는 것으로 알려졌으나(Takeshita and Kimura, 1994), 동자개 *P. fulvidraco*의 경우에는 비정형 주름무늬로 나타나 전자와는 달랐다.

한편 동자개의 수정난은 난내 발생 도중 32세포기부터 낭배 말기까지 난황의 굴곡운동이 관찰되어 이 점 역시 일본산 *P. auranticus*의 경우와 다른 점이었다. 이러한 운동은 자연에서 수정난이 부착되는 장소가 정체된 물속의 수초 등이기 때문에 난의 표면에 부니가 끼는 등 (白, 1987) 용존 산소가 부족한 상태에서 산소의 분산을 원할히 하고자 하는 종 자체의 전략이 아닌가 사료되며, 부화 직후 난황 표면에 잘 발달한 혈관 분포는 생식 전략에서 용존 산소가 부족한 환경에 관련된 것이라는 견해(Balon, 1985)와도 연관된 것으로 보인다.

이러한 난막 구조의 차이점과 난내 발생의 특징은 내·외부 형태에 근거하여 同屬으로 분류된 *P. auranticus*의 발생 과정에서는 보고되지 않았으며, 다른 속으로 분류된 대농갱이 *L. ussuriensis*에서는 관찰되고 있어 주목된다.

부화 소요 일수에 있어서 본 조사 결과는 25.0℃에서 약 53시간이 걸려 자연에서의 조사 결과와 거의 유사하나(白, 1987), 內田(1939)의 7월에 1주일이 소요될 것이라는 보고와는 아주 판이하였다.

인용문헌

구자현·강언종·이철호. 1995. 동자개 양식시험. 내수면연구소사업보고서(국립수산진흥원) : 56 - 61.

金益秀·姜彦鍾. 1993. 原色 韓國 魚類圖鑑, 아카데미서적, 서울. 477pp.

金益秀·李金泳·朱日永. 1981. 韓國産 동자개科 魚類의 分類學的 硏究. 生物學硏究年報(全北大) 2 : 1 - 18.

孫永牧. 1987. 韓國産 퉁가리科(Pisces, Siluriformes) 魚類의 系統分類學的 硏究. 中央大學校 대학원 박사학위 논문. 81pp.

白允傑. 1987. 나의 淡水魚 硏究(5) - 동자개의 生活史에 대하여 - 양식개발 5 : 66 - 71.

임상구. 1994. 동자개 *Pseudobagrus fulvidraco* (Richardson)의 생식년주기. 동의대학교 대학원 석사학위논문. 33pp.

鄭文基. 1977. 韓國魚圖譜, 一誌社, 서울. pp. 222 - 230.

崔基哲·田祥麟·金益秀·孫永牧. 1990. 原色 韓國 淡水魚 圖鑑. 향문사, 서울. 276pp.

成廣泰·鄭保珊 編. 1987. 中國魚類系統檢索(上), 科學出版社, 北京. pp. 213 - 222.

內田惠太郎. 1939. 朝鮮魚類誌. 朝鮮總督府水産試驗場報告 6. 458pp.

Balon, E. K. 1985. Additions and amendments to the classification of reproductive styles in fishes. pp. 59 - 72. *In* E. K. Balon (ed.), Early life histories of fishes : New developmental, ecological and evolutionary perspectives, Dr. W. Junk Publishers, Dordrecht.

Lee, C. L. and I. S. Kim. 1990. A taxonomic revision of the family Bagridae (Pisces, Siluriformes) from Korea. Kor. J. Ichthyol., 2(2) : 117 - 137.

Masuda, H., K. Amaoka, C. Araga, T. Uyeno and T. Yoshino. 1984. The fishes of the Japanese archipelago. Tokai Univ. Press, Tokyo, text 456pp, pls. 378.

Nelson, J. S. 1984. Fishes of the world(2nd ed.). John Wiley & Sons, New York. 523pp.

Okada, Y. 1959 - 1960. Studies on freshwater fishes of the Japan. Journal of the Faculty of Fisheries Prefectural University of Mie, 4 : 574 - 588.

Takeshita, N. and S. Kimura. 1994. Eggs, larvae and juvenile of the bagrid fish, *Pseudobagrus auranticus*, from the Chikugo River, Kyushu Island, Japan. Jap. J. Ichthyol. 40(4) : 504 - 508.

Early Life History of Korean Bullhead, *Pseudobagrus fulvidraco* (Pisces, Bagridae), from Korea

Eon-Jong Kang and Cheol-Ho Lee

Chinhae Inland Fisheries Research Institute, Chinhae 645 - 251, Korea

The early life history of Korean bullhead, *Pseudobagrus fulvidraco* was studied to obtain some information required in aquaculture and reinforcement of natural population. The fertilized eggs were almost spherical in shape and demersal. The egg membranes were transparent with minute folds on the surface, causing them to stick to other substrates. Yolk is yellowish without oil droplets. The eggs just after fertilization were measuring 1.4±0.03mm(1.3~1.5mm, n=10) and expanded to 1.7±0.08mm(1.6~1.8mm, n=10) in diameter in 1.5 hr. The blastodisc was formed in 30 min and cleavage started in 1 hr after fertilization, and the intervals of each stage of cleavage was about 30 min at 25.0℃. The yolk from 32-cell stage to gastrula stage partly depressed and the depressed part moved clockwise.

Hatching occurred in 53 hr after fertilization and hatched embryos had 18~19+20~21(38~40) myomeres measuring 4.2~4.3mm in total length. At the age 7 d after hatching, 4 pairs of barbels were already formed ; 1 pair on the posterior part of the nostril, 1 pair on the upper jaw, and 2 pairs on the lower jaw. And the posterior margin of caudal fin changed into two folds. The lateral band and the form of all fins were completed in 3 weeks.