

등줄송어, *Chelon affinis* (Günther)의 난발생 및 자어의 형태발달

김용억 · 김진구*

부경대학교 해양생물학과, *국립수산진흥원 목포분소

Egg and Larval Development of *Chelon affinis* by Artificial Treatment in Aquarium

Yong Uk KIM and Jin Koo KIM*

Department of Marine Biology, Pukyong National University

*Mokpo Regional Laboratory, National Fisheries Research and Development Institute

Eggs and larval development of *Chelon affinis* were reared and observed in the laboratory with parent fishes obtained in the Minrak fish market, Pusan on March, 1997.

The spawned eggs of the species are transparent, round, separated, floated, and their diameters were varied within 0.95~1.06 mm. Hatching began about 73 hours after spawning at 16.0°C.

The newly hatched larvae were 1.72~1.92 mm in total length with 19 myomeres, mouth and unopened anus, rod shape melanophores distributed in body. The larvae absorbed yolk material completely in 5 days after hatching and became postlarvae.

Key words: morphology, egg development, larval development, *Chelon affinis*

서 론

등줄송어, *Chelon affinis* (Günther)는 송어과 (Mugilidae)에 속하는 어종으로 우리나라, 일본 북해도 이남, 타이완, 중국 등 동북아시아 지역에 편중되어 분포하며 (Senou et al., 1987; Lee and Joo, 1994; Nelson, 1994; Kim and Kim, 1998), 강의 중하류, 기수 및 연안에 서식하는 광염성 어종으로 (Senou et al., 1987), 2~3월 경에 성숙된 난을 가진다 (Chyung, 1977; Kim and Kim, 1998).

송어과 어류는 최근 양식 대상종 (Senou, 1989)으로 주목받기 시작하여, 양식에 대한 다수의 연구보고 (Lee et al., 1987; Eda et al., 1990; Walsh et al., 1991; Kim et al., 1994)가 있지만, 등줄송어에 대한 생태, 자원 조사는 매우 빈약한 실정이다.

따라서, 본 연구는 등줄송어의 난발생 및 자어의 형태발달을 상세히 관찰하여 개체발생학적 측면에서 송어과 어류의 계통 유연 관계를 추정하고, 나아가 동정이 곤란한 난발생 및 자어기에서의 유사종과의 식별형질을 제공하는데 목적이 있다.

재료 및 방법

1997년 3월에 부산광역시 민락동 어시장에서 등줄송어 암컷 22마리 (체장 122.1~150.1 mm)와 수컷 4마리 (체장 116.9~130.0 mm) (Fig. 1)를 구입하여 부경대학교 해양생물학과 어류학 실험실로 운반하여 건도법으로 인공수정시킨 후, 유리원형수조에 수용하여 난발생 과정 및 자어의 형태발달을 관찰하였다. 먹이로는 클로렐라 (*Chlorella* sp.) 및 로티퍼 (*Branchionus* sp.)를 혼합 급여하였고, 수질 악화를 막기 위해 매일 1회 1/2씩 환수시켜 주었다. 실험 기간 중 수온은 16.0~17.5°C 였으며, 부화후 자어의 형태 관찰을 위해 매일 1~2마씩 무작위로 추출하여 입체 해부 현미경 아래에서 관찰하였다. 한편, 몸의 각 부위의 측정과 스케치는 만능투영

기를 이용하였으며, 학명 사용은 Senou (1989) 및 Kim and Kim (1998)을 따랐다.

결 과

1. 난발생과정

미수정란은 무색투명한 원형의 분리부성란으로 지름이 0.95~1.06 mm, (n=5) 범위이며 1개의 유구를 가진다.

수정후 3시간 50분만에 난은 16세포기로 되며, 난은 원형에 가깝다 (Fig. 2, A). 수정후 7시간만에 난은 상실기로 된다 (Fig. 2, B).

수정후 10시간 45분만에 난은 포배 단계에 이르며, 17시간만에

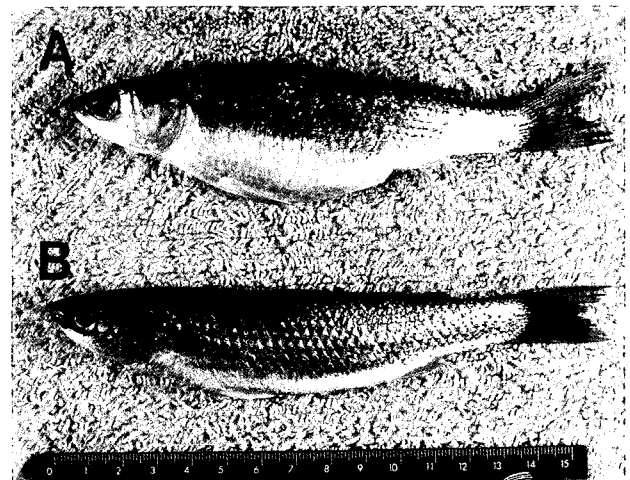


Fig. 1. Adult of *Chelon affinis*. A: female, 128.1 mm standard length; B: male, 130.0 mm standard length.

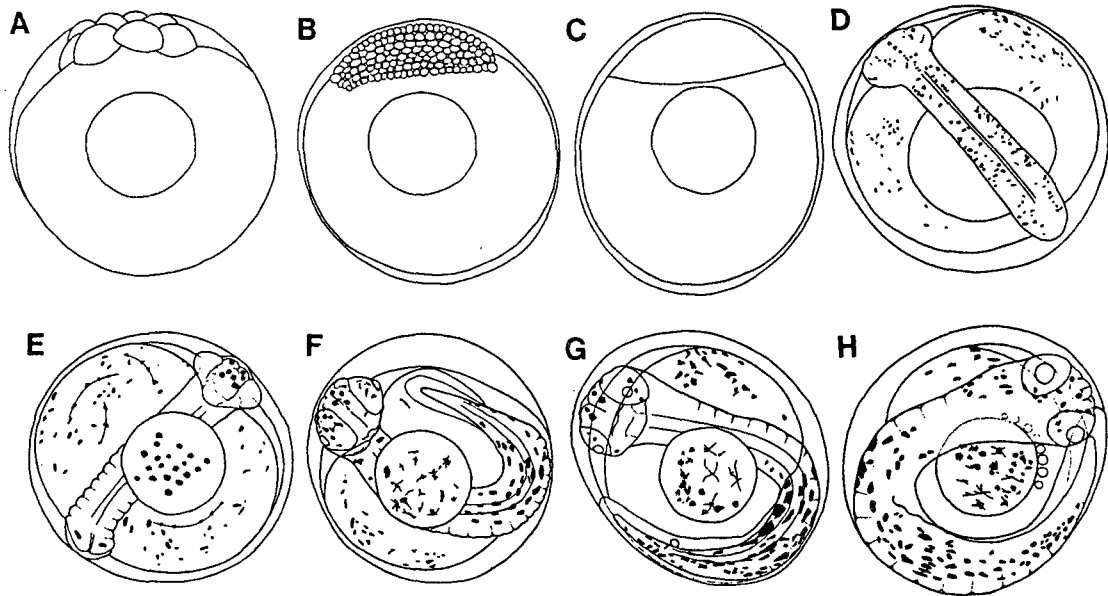


Fig. 2. Embryonic development of eggs of *Chelon affinis* in an aquarium. A: 16-cell stage, 3 hrs. 50 min. after fertilization; B: morula stage, 7 hrs.; C: gastrula stage, 10 hrs. 45 min.; D: embryo formation, 34 hrs.; E: 6-myotome stage, 39 hrs. 45 min.; F: 12-myotome stage, 50 hrs. 30 min.; G: 15-myotome stage, 56 hrs. 15 min.; H: 18-myotome stage, 62 hrs. 30 min.

난은 낭배기로, 분열중인 세포들은 난황을 덮으면서 아래로 내려간다 (Fig. 2, C). 수정후 23시간 30분만에 분열중인 세포들은 난황을 거의 덮었으며, 31시간 30분만에 난황은 완전히 덮이고 이 때 배체가 관찰된다. 수정후 34시간만에 배체는 형태가 뚜렷해지며, 몸의 중앙을 따라 가느다란 척색이 관찰되는 동시에 몸의 가장자리를 따라 처음으로 흑색소포가 나타난다 (Fig. 2, D).

수정후 39시간 45분만에 배체는 머리에 뇌가 분화되기 시작하며, 눈이 형태를 갖추게 된다. 흑색소포는 난황의 표면에 별모양으로 가느다란 선으로 연결되어 있고 유구에는 점모양 또는 나뭇가지모양이, 꼬리의 후단부에는 점모양이, 머리의 선단부에는 별모양의 것이 다수 나타난다. 이 시기에 근절이 출현하는데 유구 뒤쪽에서 꼬리까지 6개 전후의 근절이 나타난다 (Fig. 2, E).

수정후 50시간 30분만에 배체의 눈에 렌즈가 발달하며, 심장박동이 관찰되고 근절은 모두 12개로 증가한다. 배체는 길게 신장되어 말단부가 휘어져 있고, 꼬리의 후단부에 막지느러미가 나타난다. 흑색소포는 난황의 표면에서는 거의 사라지고 없지만 난황의 바깥쪽에 일부 나타나며, 배체의 표면에 점모양의 흑색소포가 배체의 후방으로 3~5열 줄지어 나타난다. 한편, 유구 뒤쪽으로 배체의 표면에 흑색소포가 집중적으로 나타난다 (Fig. 2, F).

수정후 56시간 15분이 경과되면 배체는 더욱 신장되어 꼬리의 말단부가 머리 가까이 까지 길게 뻗어 있으며, 배체의 후단부에 Kupffer's포가 나타난다. 흑색소포는 유구 표면에서 별모양을 띠며, 난황의 바깥쪽에는 소수 관찰되고, 유구 뒤쪽으로 배체의 표면에는 이전의 타원 모양에서 비교적 길게 연장된 막대기 모양의 것이 조밀하게 분포한다 (Fig. 2, G).

수정후 62시간 30분만에 배체는 완전히 한바퀴를 돌아 머리와 꼬리가 맞닿아 있으며, 처음으로 유구 앞쪽에 수개의 물방울 모양

의 구조가 나타난다. 이전에 꼬리 부근에만 나타났던 막지느러미는 더욱 발달하여 몸의 가운데까지 길게 뻗어 있다. 흑색소포는 눈주위, 난황의 바깥쪽, 유구, 배체의 중앙 및 배체의 꼬리 말단 부위의 조금 앞쪽까지 나타나며, 이 무렵 배체는 난내 운동이 활발해져 부화시기가 가까워졌음을 알 수 있다 (Fig. 2, H).

수정후 73시간이 경과되면 처음으로 배체가 난막을 뚫고 부화하기 시작한다.

2. 자어의 형태발달

부화직후의 자어는 전장이 1.72~1.92 mm (n=2)로 입과 항문이 아직 열리지 않았지만 눈 뒤쪽으로 작은 이포가 관찰되며 난황길이는 전장의 약 38%에 달한다. 난황의 뒤쪽에는 1개의 큰 유구가 있는데 유구경은 난황길이의 약 40%에 달하고 근절은 19개로 아직 정수에 달하지 않았다. 흑색소포는 눈의 테두리, 주둥이 선단부 및 머리의 등쪽에 일부 관찰되며 난황과 유구에는 뒤쪽에 치우쳐 나뭇가지 혹은 막대기 모양의 것이, 몸에는 머리의 뒤끝에서 13번째 근절까지 막대기 모양의 것이 산재하고 특히 몸의 중앙과 배쪽에 집중적으로 나타나고 꼬리의 후단부에는 혼적적으로 나타난다 (Fig. 3, A).

부화후 1일째의 전장 1.86~2.22 mm (n=2)인 자어는 난황이 줄어든 반면에 유구는 그대로이며, 유구는 난황의 중앙에 위치한다. 장은 난황의 후단부에서 몸의 배쪽 가장자리를 따라 가느다란 형태로 길게 뻗어 있으며 항문은 아직 열리지 않은 상태이다. 막지느러미는 물방울 모양의 구조를 띠며, 근절은 24개로 거의 정수에 달한다. 흑색소포는 눈의 바깥쪽에서 착색되기 시작하며, 체측에는 4~5번째, 7~10번째 및 13~19번째 근절 사이에 점모양의 것이 집중적으로 나타나 전반적으로 어둡게 보인다 (Fig. 3, B).

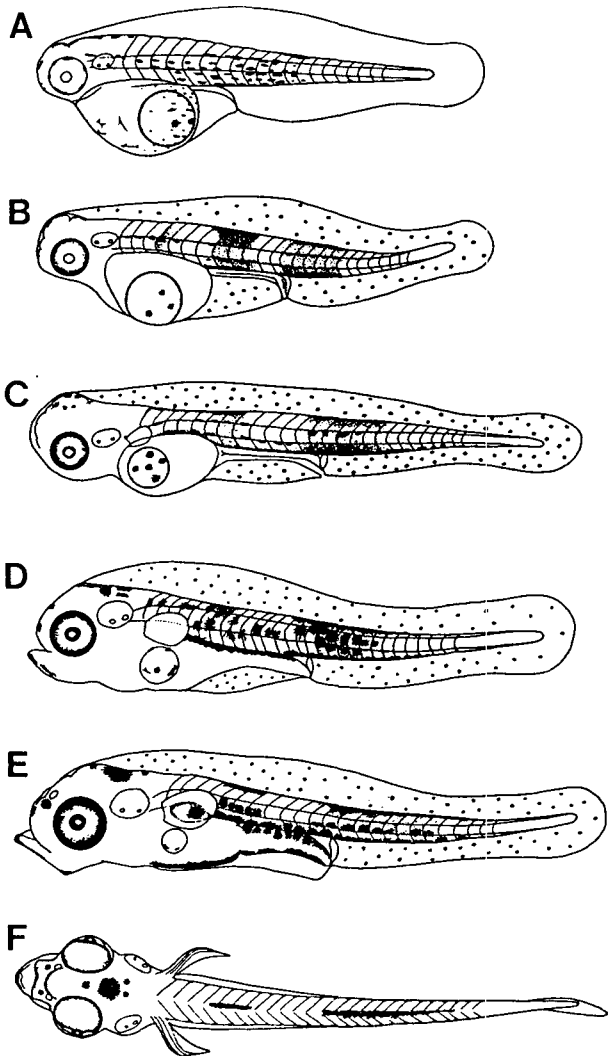


Fig. 3. Yolk-sac and larval stage of *Chelon affinis* reared in an aquarium.

A: just-hatched larva, 1.82 mm in total length (TL); B: 1 day after hatching, 2.04 mm TL; C: 3 days after hatching, 2.25 mm TL; D: 5 days after hatching, 2.48 mm TL; E, F: 8 days after hatching, 3.07 mm TL.

부화후 3일째의 전장 2.25 mm인 자어는 난황이 많이 흡수되어 약간 남아 있고, 유구는 난황의 선단부에 위치한다. 입은 형태를 갖추지만 열린 상태는 아니다. 장은 더욱 길어지고 주름이 생기며 장의 후단부에 비노생식기가 관찰되고, 항문이 열린다. 뇌의 분화가 상당히 진행되는 한편, 가슴지느러미가 막상으로 나타나기 시작한다. 흑색소포는 눈에 완전히 착색되어 있고, 머리의 등쪽에는 나뭇가지 모양의 것이 관찰되며, 몸의 중앙과 배쪽을 따라 막대기 모양의 것이 길게 분포한다. 또한, 흑색소포는 2~8번째 및 12~19번째 근절 부위에 조밀하게 나타나서 전체적으로 암갈색을 띠며, 꼬리의 후단부에는 점모양으로 4개, 가슴지느러미 기저의 상단부에는 점모양으로 1개, 유구에는 나뭇가지모양의 것이 소수 나타난다 (Fig. 3, C).

부화후 5일째의 전장 2.27~2.49 mm (n=2)인 자어는 최초로 입

이 열려 외부로부터 먹이를 섭취할 수 있게 된다. 난황은 완전히 흡수되고, 유구도 상당히 흡수되어 눈지름과 비슷한 크기이다. 이 시기에 오면 장은 앞쪽에서 한번 꼬인 형태로 되어 장이 계속 길어짐을 알 수 있다. 흑색소포는 머리의 등쪽에 커다란 나뭇가지 모양으로 1개, 그 주위에 크고 작은 별모양으로 2~3개, 주둥이의 등쪽 및 아래턱의 선단부에 점모양으로 1~2개, 몸의 등쪽에 6~7번째 및 14~22번째 근절 사이에 나뭇가지 모양의 것이 수개, 체측의 중앙과 배쪽을 따라 머리의 후단부에서 22번째 근절까지 나뭇가지 모양으로 집중적으로 나타난다 (Fig. 3, D).

부화후 6일째의 전장 2.30~2.55 mm (n=2)인 자어는 복부 등쪽에 최초로 부레가 나타나기 시작하며, 유구는 눈지름보다 작게 되고, 장의 형태가 보다 복잡하게 꼬인다. 흑색소포는 장의 배쪽 측면을 따라 처음에 나뭇가지 모양으로 조밀하게 나타난다.

부화후 8일째의 전장 3.07 mm인 자어는 턱이 현저하게 발달하고, 장은 매우 복잡하게 꼬여 있으며 부레가 선명하게 관찰된다. 유구는 약간 남아 있고, 눈의 앞쪽에 1쌍의 비공이 나타난다. 흑색소포는 머리의 등쪽 정중앙에 나뭇가지모양으로 1개, 그 주위로 별모양으로 3개, 비공의 앞쪽에 별모양으로 1개, 윗턱 및 아래턱의 선단부에 점모양으로 1~2개, 몸에는 4~6번째 및 12~22번째 근절 부위에 몸의 등쪽과 중앙을 따라 나뭇가지모양으로, 머리의 말단부에서 22번째 근절까지는 배쪽 측면을 따라 나뭇가지모양으로 조밀하게 나타나며, 복강의 등쪽 및 배쪽에는 항문 앞까지 1열로 나뭇가지모양으로 나타난다. 이 시기가 되면 무색투명하던 혈액은 붉은 색으로 된다 (Fig. 3, E, F).

고 찰

본 조사 결과 등줄승어의 주 산란기는 3월로, 승어의 산란기인 10~2월 (Kim et al., 1994)보다 한달 느린 것으로 나타났으며, 등줄승어의 성숙체장은 122.1~150.1 mm (♀), 116.9~130.0 mm (♂)로 수컷보다 암컷의 성숙체장이 조금 더 큰 것으로 나타났는데 승어의 경우는 체장 250 mm에서 산란에 참여한다고 보고하여 (Kim et al., 1994), 중간에 산란에 참여하는 크기에서 분명한 차이가 있음을 알 수 있다. 가승어, *Chelon haematocheilus*는 산란기가 3~5월경으로 (Okiyama, 1988) 승어 및 등줄승어와는 달리 비교적 따뜻한 시기에 산란하는 것으로 생각된다.

승어류는 양식과 관련된 많은 조사가 이루어진 반면에 난 및 자치어의 형태발달에 관한 조사는 빈약한 실정이다. Anderson (1957)이 조사한 *Mugil curema*의 난발생 과정과 본 조사 결과를 비교하면 등줄승어는 거의 모든 난발생 단계에서 *M. curema*보다 2배 가량의 시간이 소요되었는데 (Table 1), 동일과의 어류가 난발생 동안 시간적 차이를 보이는 것은 환경적 요인 또는 종간 차이에 의한 결과로 생각된다. Cha (1986)는 난 및 자치어의 출현이 온도에 의해서 결정되며 염분은 영향을 주지 못한다고 언급한 바 있어 등줄승어의 난발생 과정에서 소요되는 시간은 온도의 영향을 클 것으로 사료되지만, 이후 다양한 수은 실험구에서의 사육을 통한 조사가 요망된다.

부화직후 자어의 크기는 등줄승어가 1.72~1.92 mm, *M.*

Table 1. Comparison of the egg development between *Chelon affinis* and *Mugil curema*

Egg development	Species	<i>Chelon affinis</i> (Present study)	<i>Mugil curema</i> (Anderson, 1957)
16 cells		3 hrs. 50 min.	-
32 cells		-	2 hrs.
Brastulla stage		7 hrs.	4 hrs.
Monula stage		16 hrs. 45 min.	-
Gastrula stage		17 hrs.	8 hrs.
Formation of embryo		34 hrs.	16 hrs.
Formation of fin membrane and myotome		39 hrs. 45 min.	24 hrs.
Purpse of heart, elongation of fin membrane, formation of eye lens		50 hrs. 30 min.	-
Active movement of embryo		62 hrs. 30 min.	32 hrs.

*curema*는 1.76 mm로 비슷하였지만, 유사한 꼬치고기과의 *Sphyrana borealis*는 3.8 mm로 (Houde, 1972) 등줄송어보다 훨씬 크며, 날가지송어과의 *Galeoides polydactylus*는 2.75 mm로 (Aboussouan, 1966), 유사집단과 비교했을 때, 송어류의 부화자어가 가장 작은 것으로 나타났다.

부화직후의 등줄송어는 입과 항문이 열리지 않은 상태이지만, *M. curema* 및 *S. borealis*는 입은 열리지 않았지만 항문은 이미 열린 상태이며, *G. polydactylus*는 입과 항문이 모두 열린 상태로, 날가지송어류의 경우는 난내에서 난황의 대부분이 흡수된 후 부화되며, 부화 후 즉시 섭이할 수 있는 형태를 갖추고 있다.

부화직후 등줄송어 및 *M. curema*는 몸의 등쪽, 측면 그리고 배쪽에 고루 흑색소포가 분포하는 반면에, *S. borealis*는 몸의 등쪽과 배쪽에만 나타나며, *G. polydactylus*는 흑색소포가 거의 나타나지 않아 흑색소포의 분포형태에서 잘 구별되었다.

등줄송어와 *M. curema* 그리고 *S. borealis*는 장이 가늘고 길게 발달되어 항문장이 전장의 50%를 넘는 반면에, *G. polydactylus*는 장이 매우 짧아 항문장이 전장의 50%에 훨씬 못 미친다.

가슴지느러미는 등줄송어가 전장 2.92 mm, *M. curema*가 전장 2.36 mm에서 막상으로 출현하기 시작하는 반면에, *S. borealis*는 전장 3.8 mm에서, *G. polydactylus*는 전장 2.75 mm에서 막상으로 출현하여, 가슴지느러미의 출현시기에서 종간 차이를 나타내었다.

등줄송어는 전장 1.86~2.22 mm에서 눈에 흑색소포가 착색되기 시작하는데, *M. curema*는 전장 2.56 mm, *S. borealis*는 전장 4.3 mm, *G. polydactylus*는 전장 2.75 mm에서 착색되기 시작하여 3종과 비교했을 때 등줄송어가 가장 작은 크기일 때 눈에 흑색소포가 착색되는 것을 알 수 있다.

등줄송어는 난황이 완전히 흡수되는 전장 2.27~2.49 mm에서 최초로 입이 열리며, 동시에 먹이의 소화, 흡수를 돕기 위해 장은 이전보다 훨씬 길어져 한번 꼬이게 되는데, *M. curema*는 비슷한 크기인 2.56 mm에서 입이 열리지만, 난황은 아직 남아 있다.

흑색소포의 형태와 분포는 자치어기의 동정에 매우 중요한 형질로, 난황을 가진 시기에 등줄송어는 흑색소포의 분포가 *M. curema*와 비슷하지만, 형태에서 차이를 나타내었다. 즉, *M. curema*는 별모양의 흑색소포를 가지지만, 등줄송어는 긴 막대기 모양의 흑색소포를 가져 잘 구별되었으며, 난황흡수 완료 시기부터는 흑색소포의 분포에서 차이를 나타내었는데, 등줄송어는 체측 중앙에

나뭇가지 모양의 흑색소포가 나타나지만, *M. curema*는 등쪽과 배쪽에만 나타나 체측 중앙의 흑색소포는 두 종을 식별하는 중요한 형질로 사료된다. 한편, 가송어 *Chelon haematocheilus*는 체장 3.5 mm일 때 흑색소포가 머리의 등쪽, 비공 주위, 몸의 등쪽과 측면 그리고 배쪽, 복강의 등쪽과 배쪽에 걸쳐 나뭇가지 모양으로 산재하는데 (Okiyama, 1988), 본 실험의 전장 3.07 mm의 등줄송어와 비교하면 거의 차이가 없지만, 등줄송어는 가송어와 달리 7~10번째 근절의 등쪽에 흑색소포가 없고, 아래턱의 선단부에 흑색소포를 가지는 점에서 잘 구별된다.

송어과 어류의 대부분의 난은 유사한 색소포를 가지며 산란기가 비슷하다는 점 등에서 송어과 어류의 계통유연관계 및 진화를 분석하는데 실마리가 될 수 있기 때문에 (Sylva, 1985), 향후 보다 다양한 송어류의 초기생활사를 비교할 필요성이 제기된다.

요 약

1997년 3월에 부산시 민락동 어시장에서 채집한 등줄송어 어미들을 실험실로 운반하여 인위적인 방법으로 난을 수정시킨 후, 난의 형태, 난발생과정 및 자어의 성장에 따른 형태변화를 관찰하였다.

1. 등줄송어의 수정란은 무색투명한 원형의 분리부성란으로, 난경은 0.95~1.06 mm이고 부화에 소요된 시간은 수정후 16.0°C에서 73시간이었다.
2. 부화 직후의 자어는 전장 1.72~1.92 mm로 입과 항문은 열리지 않고, 근절은 19개로 아직 정수에 달하지 않았으며, 몸에는 막대기 모양의 흑색소포가 산재한다.
3. 부화후 5일째의 자어는 전장 2.27~2.49 mm로 입이 최초로 열리며 동시에 난황이 완전히 흡수되어 후기자어로 이행한다.

참 고 문 헌

- Aboussouan, A. 1966. Oeufs et larves de teleosteens de l'ouest africain. IV. *Galeoides polydactylus* (Vahl)[Polynemidae]. Bull. Inst. Fondam. Afr. Noire, Ser. A Sci. Nat., 28, 1037~1040.
- Anderson, W.W. 1957. Early development, spawning, growth, and occurrence of the silver mullet (*Mugil curema*) along the south Atlantic coast of the United States. Fish. Bull. U. S., 57, 397~414.
- Berg, L.S. 1940. Classification of fishes, both recent and fossil. Trav. Inst. Zool. Acad. Sci. URSS, 5 (2), 87~517. Also lithoprint, J. W. Edwards, Ann. Arbor, Michigan, 1947.
- Cha, S.S. 1986. A Study on the Ichthyoplankton Community in the Mid-east Coastal Waters of the Yellow Sea. Doctoral thesis, University of Seoul. 144pp. (in Korean)
- Chyung, M.K. 1977. The Fishes of Korea. Ilji-sa Pub. Co. Seoul, 727 pp. (in Korean)
- Eda, H., R. Murashige and C-S. Lee. 1990. Factors affecting intensive larval rearing of striped mullet, *Mugil cephalus*. Aquaculture, 91, 281~294.
- Gosline, W.A. 1962. Systematic position and relationships of the percocine fishes. Pac. Sci., 16, 207~217.

- Gosline, W. A. 1971. Functional morphology and classification of teleostean fishes. Univ. Press Hawaii, Honolulu. 208pp.
- Houde, E. D. 1972. Development and early life history of the northern sennet, *Sphyaena borealis* DeKay (Pisces: Sphyaenidae) reared in the laboratory. Fish. Bull. U. S., 70, 185~195.
- Kim, Y.U. and J.K. Kim. 1998. Taxonomic revision of the genus *Cheilon* (Pisces, Mugilidae) from Korea. Korean J. Ichthyol., 10 (2) : 250~259. (in Korean)
- Kim, Y.U., Y.M. Kim and Y.S. Kim. 1994. Commercial fishes of the coastal and offshore waters in Korea. National Fisheries Research and Development Agency. 299pp. (in Korean)
- Lee, C.S., C.S. Tamaru, G.T. Miyamoto and C. D. Kelley. 1987. Induced spawning of grey mullet (*Mugil cephalus*) by LHRH-a. Aquaculture, 62, 327~336.
- Lee, C.L. and D.S. Joo. 1994. Synopsis of family Mugilidae (Perciformes) from Korea. Bull. Korean Fish. Soc., 27 (6), 814~824.
- Mori, T. 1952. Check list of the fishes of Korea. Mem. Hyogo Univ. Agr., 1 (3), 228pp.
- Nelson, J. S. 1994. Fishes of the World (3rd ed.). New York, John Wiley & Sons, 550pp.
- Okiyama, M. 1988. An Atlas of the Early Stage Fishes in Japan. Tokai Univ. Press, 386~393. (in Japanese)
- Senou, H. 1989. Phylogenetic interrelationships of the mullets (Pisces: Mugilidae). Doctoral thesis, University of Tokyo. 172pp. (in Japanese)
- Senou, H., T. Yoshino and M. Okiyama. 1987. A review of the mullets with a keel on the back, *Liza carinata* Complex (Pisces: Mugilidae). Publ. Seto Mar. Biol. Lab., 32 (4/6), 303~321.
- Sylva, D.P., 1984. Mugiloidei : Development and relationships. In H. G. Moser et al. (Eds.), Ontogeny and Systematics of Fishes. Special Publ. No. 1. Amer. Soc. Ichthyol. and Herp., 530~533.
- Walsh, W.A., C. Swanson and C-S. Lee, 1991. Combined effects of temperature and salinity on embryonic development and hatching of striped mullet, *Mugil cephalus*. Aquaculture, 97, 281~289.
- White, B.N., R.J. Lavenberg and G. E. McGowen. 1984. Atheriniformes : Development and relationships. In H. G. Moser et al. (Eds.), Ontogeny and Systematics of Fishes. Spec. Publ. No. 1. Amer. Soc. Ichthyol. and Herp., 355~362.

1998년 11월 9일 접수

1999년 2월 10일 수리