

낙지(*Octopus minor*)의 배 발생

김 동 수 · 김 재 만^{1†}

목포지방해양수산청 해남해양수산사무소, ¹목포대학교 기초과학부 생물학전공

Embryogenesis in the *Octopus minor*

Dong-Soo Kim and Jae-Man Kim^{1†}

Haenam Maritime Affairs and Fisheries Office, Mokpo Regional Maritime Affairs and Fisheries Office, 741-1
Shinheung-Ri, Samsan-myeon, Haenam-Gun, Jeonnam 536-812, Korea

¹Division of Natural Sciences, Mokpo National University, 61 Dorim-Ri, Chunggye-Myeon, Muan-Gun,
Jeonnam 534-729, Korea

ABSTRACT : The small octopus(*Octopus minor*), a species in the cephalopod class spawns the fewer eggs compared with its relatives such as *Octopus vulgaris* and *Octopus ocellatus* and exerts special efforts in nursing eggs hiding in the deep cave beneath the mud flat. Correspondingly, its embryogenic process had been hardly observed. In this study, we induced the small octopus to spawn its eggs in the artificial spawning tube and to nurse the developing embryos under the periodical observation.

The early embryogenic change in the fertilized eggs was appearance of blastodisc on the animal pole at 4 days after spawning. A mass of rudiments of several organs developed in the middle of the yolk sac at 28-th day and it moved gradually toward the animal pole. At 38 days after spawning, two eyes appeared on the head and the trunk with heart developed on the apical part of the yolk sac. At 45-th day of embryonic development, the trunk and head occupied a half of the egg capsule and consequently the yolk sac was reduced to a half of its original size. Two eyes became prominent at the bottom of the trunk with several spots at day 60. Embryonic development was completed at about 80 days after spawning and the arms stuffed the lower half of egg capsule. The young fry squeezed out of the egg capsules with their long and slender arms first and mantles later. Soon after hatching, it swam actively and squirted ink.

Key words : *Octopus minor*, Embryogenesis, Artificial culture.

요 약 : 소형 두족류의 일종인 낙지(*Octopus minor*)는 근연종인 문어나 주꾸미에 비하여 산란수가 적고 갯벌 속 깊은 은신처에서 어미 낙지의 독특한 포란 행동으로 부화하기 때문에 배의 발달 과정을 관찰하기가 매우 어렵다. 본 연구에서는 인공 산란관을 설치하여 낙지의 산란과 부화를 유도하고 배 발달과정을 관찰하였다. 낙지의 배아에서는 산란 후 4일째에 배반엽이 형성되었으며 28일이 경과하면 여러 기관의 원기들이 난황낭의 중앙부에 출현하였다. 이 발생 원기는 동물극 쪽으로 이동하여 38일이 경과되면 두부에 두 눈이 생기고 몸통과 심장이 난황낭의 정단부에 출현하였다. 45일이 경과된 뒤에는 몸통과 두부가 난막의 절반을 차지하게 자라고 길고 가느다란 팔을 움직이기 시작하였다. 산란 후 60일이 경과한 뒤에는 여러 개의 반점을 갖는 몸통의 아래에 2개의 눈이 뚜렷하게 형성되었고 80일이 지나면 난황은 거의 흡수되고 그 자리에는 잘 발달된 8개의 팔이 가득 채우게 되었다. 발생이 끝난 새끼 낙지는 알 껍질을 찢고 팔부터 빠져 나왔으며 부화 후 곧바로 활발하게 수영하며 먹물을 분사하였다.

서 론

낙지(*Octopus minor*)는 왜문어(*Octopus vulgaris*), 주꾸미

(*Octopus ocellatus*)와 함께 우리나라 해안에서 주로 잡히는 두족강(Cephalopoda)의 문어과 동물이다. 낙지의 몸통 길이는 약 10cm 정도로 다른 문어과 두족류에 비하여 작은 편이나 다리가 잘 발달하여 몸통 길이의 2~4배에 이르고 자유 자재로 움직일 수 있어 먹이의 포획과 이동, 수정, 부화 행동 등을 정교하게 수행할 수 있다. 특히, 몸통 아래쪽에 위치한 머리는 잘 발달된 두 개의 눈을 가지고 있어 빛에 민감하게 반응한다. 머리에는 산막이 발달한 8개의 팔이 붙어 있는데 팔 길

[†] 교신저자: 전남 무안군 청계면 도림리 61, 목포대학교 생물학전공.
(우) 534-729 (전) 061-450-2348, (팩) 061-454-0267, E-mail: jkim@mokpo.ac.kr

이는 종에 따라서 현저히 다르다. 수컷의 경우, 오른쪽 3번 팔이 교점기로 발달하여 교점 시에 정협(spermatophore)을 암컷의 수란관으로 삽입하는 기능을 한다. 암컷에 비하여 수컷의 팔이 더 길고 흡반도 현저히 크다. 낙지는 우리나라 서, 남해 연안의 갯벌에 주로 서식하는데, 성숙한 암컷 낙지는 갯벌에 구멍을 뚫고 들어가 산란, 부화를 하며 주로 야간에 활동하는 생태적 습성을 가지고 있다. 암컷은 실험실 조건에서 교점 후 72~98일 사이에 21~112개의 수정란을 산란한다(Kim & Kim, 2006). 암컷은 산란 직전에 옅은 녹색의 부착물질을 분비하여 은신처의 천장에 부착하고 각각의 알을 1개씩 부착 물질에 붙여 1~3일에 걸쳐서 산란한다. 산란을 마친 어미 낙지는 섭이 활동을 중단한 채 알이 부화할 때까지 팔과 누두를 이용하여 알을 문질러 주고 물을 뽑아 침전물을 세척하는 행동을 계속한다. 부화를 마친 어미의 체중은 산란 직후에 비해 평균 56%가 감소되며 대부분 부화 후 곧 폐사한다(Kim & Kim, 2006).

이와 같이 낙지는 갯벌 속 약 1m 이상의 깊은 은신처에 100여개의 수정란만을 산란하고 특별한 방법으로 알을 보살피므로 낙지의 배 발생 과정을 자연 상태에서 관찰하는 것은 거의 불가능하다. 반면에 낙지와 같이 *Octopus* 속에 포함되는 왜문어나 주꾸미는 바위나 소라껍질 속에 다수의 수정란을 산란하므로 상대적으로 관찰이 쉬워서 그 배 발생과 유생 성장과정이 비교적 일찍부터 알려져 있었다. 일본에서는 문어류의 사육 시험(Kinoue, 1969; Itami, 1971)과 기술 개발(Itami *et al.*, 1963; Hamasaki *et al.*, 1991) 등이 보고되어 있고 우리나라에서는 주꾸미의 번식 생태(Chung *et al.*, 1999)와 문어와 주꾸미의 종묘 생산(Chu & Kim, 1990; Kim *et al.*, 1997), 등이 보고되어 있다. 반면 낙지의 배 발생에 관해서는 보고된 사실이 없고 산란과 부화 행동에 대해서도 본 저자의 연구 보고가 거의 유일하다(Kim & Kim, 2006; Kim, 2000). 우리는 낙지의 배 발생을 쉽게 관찰하기 위하여 낙지의 인공 부화 기술을 확립하고(Kim & Kim, 2006) 사육수조 안에 플라스틱 산란관을 넣어 그곳에 산란을 하고 부화하도록 유도하였다.

낙지의 배 발생 단계별로 전 과정을 관찰하고 각 단계 배아

의 특성을 기록하였다.

재료 및 방법

1. 실험 환경 및 조건

낙지는 사전 예비실험을 통하여 25°C 이상의 고수온과 해수 비중 1.020 이하의 저염분에 약하다는 것이 증명되었기 때문에 실험에 적합한 환경 조건을 만들기 위하여 수온 조절 기능이 있는 냉각 시스템과 사용 해수의 살균 소독을 위하여 자외선 살균기가 설치된 순환 여과식 시설을 사용하였다. 실험 수조는 원형(Ø 120×70cm) 수조 2조, 사각(270×60×70cm) 수조 2조를 사용하였으며, 여과 시설로는 침전조 2조와 순환 여과 디스크통을 사용하였다. 총 순환 수량은 3.7톤이고 매일 사이폰 실시 후 150~200ℓ씩 해수를 교환 후 보충하였으며 1일 3회 순환시켰다. 실험환경에 있어서 수온은 22°C 이하로 비중은 1.024~1.026 범위로 관리하였으며, 조도는 200 Lux 내외로 조절하였다(Table 1).

2. 산란과 부화

산란용 친어는 신안군 장산면 오음리 지선에서 99년 11월부터 2000년 7월까지 4회에 걸쳐서 도수로 채포한 개체 중 성숙한 어미를 골라 61미를 확보하였으며 무게는 102~294g의 범위로 평균 182g이었다. 도수로 채포한 것 중 상태가 양호하고 성숙한 암·수의 개체를 같은 수로 확보하여 이중 암·수 1미씩을 땅에 넣어 5~6일간 교점을 유도하였다. 땅은 25×25×75cm의 나일론 망을 사용하였으며 분재용 철사를 넣어 형태를 유지하였다. 교점을 완료한 성숙 개체들을 1미씩 분리하여 25×25×75cm의 양파망에 Ø 9cm, 길이 12cm의 PVC관 1개씩을 넣어주어 산란을 유도하였다.

3. 발생과정의 관찰

배 발생을 관찰하기 위하여 4~5일에 한번씩 산란관에서 알을 1개씩 떼어내어 해수를 넣은 샐레에 넣고 해부현미경으로 관찰하였으며 배아의 각 발달 단계별 사진 촬영은 주간 산란관을 수조에서 꺼낸 다음 필름 카메라를 이용하여 실시

Table 1. Experimental conditions used in this study

Month	99/11	99/12	00/1	00/2	00/3	00/4	00/5	00/6	00/7	00/8	00/9	00/10	00/11	00/12
Water temperature (°C)	12.9	7.4	4.9	3.2	7.4	13.2	17.9	20.9	21.5	21.5	21.5	20.4	19.4	12.5
Specific gravity	24.8	25.3	25.3	25.4	25.6	25.5	25.3	24.9	24.3	24.3	24.4	24.5	25.3	26.2

하였다. 사진 촬영과 함께 각 발달 단계의 관찰 결과를 손으로 정밀 묘사하여 그림 데이터를 만들었다.

결 과

1. 낙지의 초기 배 발생

산란전의 난소 속에 있는 성숙한 미수정란의 표면에는 여러 개의 가느다란 줄들이 세로로 새겨져 있다. 각 성숙란의 난병(egg stalk)은 난줄(egg string)에 부착되어 있다(Fig. 1). 교미 후 산란을 하면 어미낙지는 황록색의 부착물질을 몸에서 내어 산란관 벽면에 바른 다음 부착물질 속에 알을 1개씩 매달아 부착시켰다. 난소 내에서 열은 노란색을 띠던 알은 산란 후 미백색으로 색깔이 약간 바뀌면서 발생이 시작되었다(Fig. 2). 어미는 알을 붙여놓은 바로 밑에서 8개의 팔을 모두 이용하여 알과 알 사이를 어루만지고, 흡반과 흡반 사이로 발을 넣어 문질러주며 누두로 주변의 물을 가끔씩 불어내면서 알을 돌보았으며 산란 후 4일째가 되면서 난황낭 위의 동물극 쪽에 배반이 출현하였다(Figs. 3, 4B).

산란 후 28일이 경과하면, 배반 밑 난황낭의 약간 아래 부분에 여러 기관의 원기들이 출현하였다(Fig. 4C). 이 원기는 기관의 형태가 뚜렷하게 구분되지는 않았지만 팔 위치와 몸



Fig. 1. Mature eggs in the ovary of *Octopus minor*.



Fig. 2. A fertilized egg of *Octopus minor* after spawning.

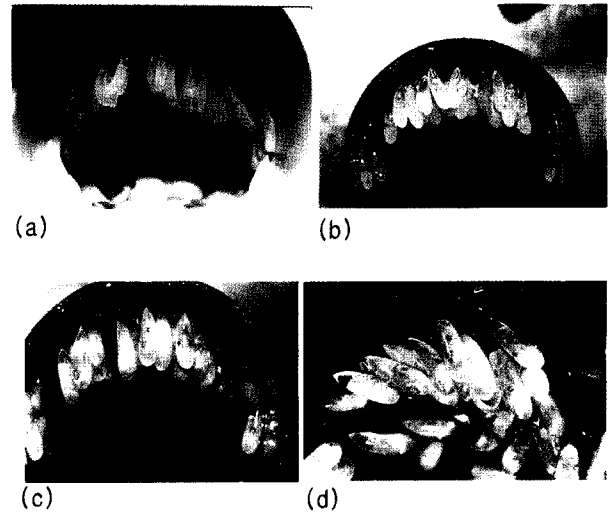


Fig. 3. Photographs of developing embryos of *Octopus minor* attached to the PVC spawning tube through the egg stalks. Embryos at 30 days(a), 45 days(b), 60 days(c), and 80 days (just before hatching)(d) after spawning.

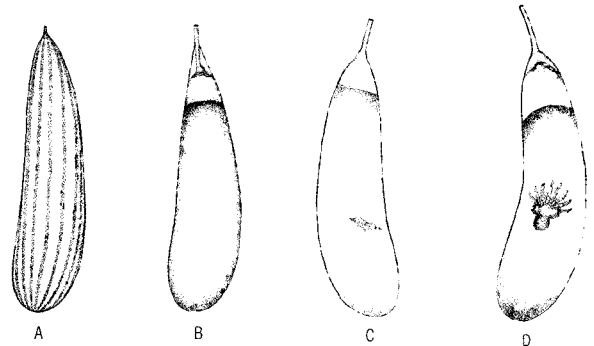


Fig. 4. Early embryogenesis of *Octopus minor*. A. Several slender lines were apparent on the surface of unfertilized eggs in the ovarian sac. The egg stalk of each mature egg was attached to an egg string. B. Early embryo at 4 days after spawning. The blastodisc on the yolk sac was observed at the animal pole. C. At 28 days after spawning, the rudiments of the organs were developed beneath the blastodisc at the lower part of the yolk sac. D. Rudimentary organs developed on the central part of the yolk sac at 32 days after spawning.

통 부위는 구분되기 시작했다. 산란 후 32일이 경과되면 몸통과 두 눈 그리고 8개의 팔이 뚜렷한 형태를 갖춘 배아가 난황낭의 중앙부에서 관찰되었다(Figs. 3a, 4D). 팔의 길이는 배아의 1/2 정도가 되었고 몸통은 1/4로 매우 작았다. 시간이 경과할수록 배아는 난황낭 위를 따라서 점차 난막 부착 부위로 이동하였다.

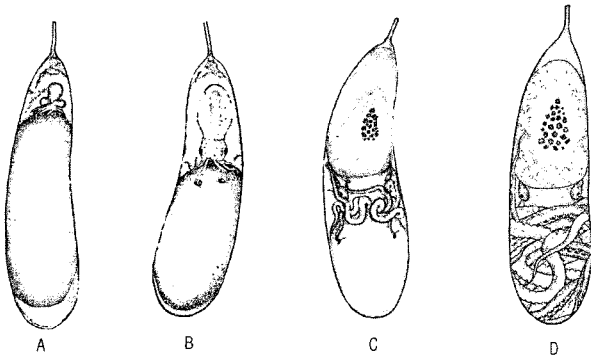


Fig. 5. Late embryogenesis of the *Octopus minor*. A. Embryo at 38 days after spawning. Two eyes on the head, the trunk with 8 arms and heart developed at the apical part of the yolk sac. B. Embryo at 45 days after spawning. The head with two eyes grew to occupy a half of egg capsule and the yolk was reduced to the half of its initial length. C. At 60 days after spawning, the yolk was reduced to about 1/4 of the initial size and the octopus larva occupied 2/3 of the egg capsule. D. Just before hatching at 80 days after spawning, most of yolk substances were absorbed in the egg capsule. Arms with several suckers stuffed the lower part of the egg capsule, while the trunk located at the upper part of the capsule. Two eyes became prominent at the bottom of the trunk on which a characteristic mass of several large and small spots was appeared.

2. 낙지의 후기 배 발생

산란 후 38일이 지나면, 중앙부에 있는 배아는 난막이 부착된 부위로 이동하고 두부와 몸통의 위치는 거꾸로 뒤집혀 팔이 난황낭을 감싸는 형태가 되었다. 그 결과, 난황낭의 정단부에는 몸통과 심장이 위치하게 되고, 8개의 팔이 자라난 두부에는 두 개의 눈이 뚜렷하게 발달되었다. 몸통의 길이는 점차 늘어나 배아의 1/2 정도로 커졌다. 이때까지 난황낭의 길이는 산란 직후에 비교하여 크게 감소하지 않았다(Fig. 5A). 산란 후 45일이 경과되면 난황낭의 길이가 처음 길이의 절반으로 감소하였다. 난황낭의 반대쪽 부위에 자리잡은 몸통과 두부는 배아 전체 길이의 2/3 정도로 커지고 두부와 연결된 가느다란 팔은 움직이기 시작했다. 심장 박동도 관찰되었다(Figs. 3b, 5B). 60일이 경과하면, 난황낭 길이는 처음의 1/4 정도로 축소되고 대신에 빠르게 성장한 난막 내부의 3/4을 차지하게 되었다. 팔의 길이는 5~10mm 정도로 길어졌으며 중앙의 좌측 1번과 우측 1번 팔이 가장 길게 자랐다. 배아의 외투막에는 검은 반점이 뚜렷하게 생겨났으면 빛에 반응하여 색소가 퍼지거나 위축되었다(Figs. 3c, 5C). 부화 직전(수정 후 80일) 난막 내에는 난황이 모두 흡수되어, 낙지 배

(embryo)의 팔들이 난의 하부로 이동되고, 상부에는 몸통이 위치하며, 여러 개의 크고 작은 반점을 갖는 몸통의 아래에 2개의 눈이 뚜렷하게 발달하였다(Figs. 3d, 5D).

낙지의 팔은 몸통의 3~5배 정도의 길이로 길어졌으며 난막 내에서 서로 뒤엉켜 있는 모양이 되었다. 이 팔들은 부화 과정에서 난막을 찢고 밖으로 빠져 나올 때 맨 먼저 막 밖으로 빠져나와 새끼 낙지의 탈출을 쉽게 하였다. 난막 안에서 일부 개체들은 몸을 움직여 몸통과 다리의 위치가 뒤집어지기도 하였다. 산란 후 80일이 경과된 갓 부화된 어린 낙지의 팔 표면 아래에는 여러 개의 흡반이 뚜렷하게 출현하고 있으며, 몸통에는 여러 개의 크고 작은 반점들의 색깔이 짙어져 뚜렷한 갈색이 되었다(Fig. 3d). 부화할 때 대부분의 개체들은 난황을 완전히 소모하여 난황낭이 없이 부화하였지만 일부 개체는 입 주위에 난황란을 달고 부화하였다. 어류나 조류, 파충류에서는 대개 난황이 복부의 내장으로 흡수되는데 비하여 낙지에서는 입 주위에서 흡수되는 것은 몸통이 난황낭의 반대쪽에 형성되고, 입과 머리가 난황낭 쪽에 위치하므로 입 주위에 난황이 남아있게 되는 것 같다. 이 난황은 부화 후 2~3 시간 안에 모두 소모되었다. 갓 부화한 낙지의 팔 길이는 8개의 팔 중 좌측 제1 및 우측 제1 팔의 완장(arm length)이 가장 큰 것으로 나타났다. 부화 직후 어린 낙지의 크기는 길이 약 4cm, 무게 0.2g 내외로 부화 즉시 활발하게 유영하며 먹물을 분사하고 주간에는 어두운 곳으로 바로 은신하여 거의 움직임이 없었다. 몸통에 갈색 반점은 빛의 밝고 어두움에 따라 색소의 진하기가 바뀌었다(Fig. 6).

고찰

낙지의 수정란은 길이 18.1~19.0mm, 폭 5.0~6.1mm, 무게

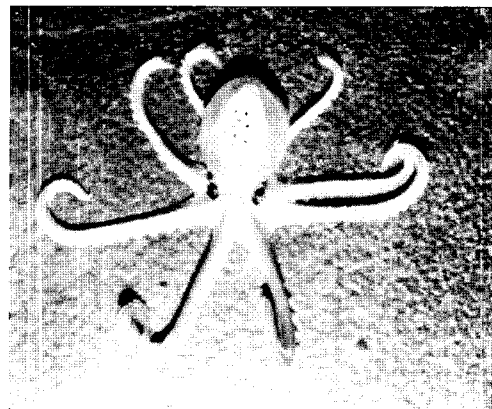


Fig. 6. Just hatched octopus fry with 8 arms bearing several suckers.

0.30~0.38g으로 알의 크기가 6.9mm×2.5mm인 주꾸미(*Octopus ocellatus*)의 수정란이나 문어의 수정란에 비하여 크기가 크고 평균 산란수도 적다. 실험실 조건에서 낙지의 평균 산란수는 약 54개로 주꾸미나 문어의 산란수에 비하여 월등하게 적었다(Kim & Kim, 2006). 이와 같이 적은 수의 수정란을 부화하면서도 낙지가 성공적으로 종을 보존해 온 이유는 어미 낙지의 철저한 수정란 보호에 그 이유가 있는 것으로 추정된다. 산란 후 부화까지의 알을 보호하는 형태는 주꾸미는 패각 속에 낳은 알을 품고 있는 상태에서 관리를 하며(Kim, 2003), 문어는 누두와 팔을 이용하여 물을 뿜어주면서 부니 등이 부착되어 사멸하지 않도록 매달려 있는 알을 전체적으로 보호하나(Itami *et al.*, 1963), 낙지는 매달아 놓은 알을 품지 않고 일정거리에서 알 1개 1개를 8개의 팔과 흡반을 이용하여 씻어내고 누두로 노폐물을 불어내는 작업을 부화할 때까지 계속하였다(Kim & Kim, 2006). 이와 같이 낙지는 알의 수가 적어 적극적으로 관리함으로써 부화율과 생존율을 높일 뿐만 아니라 갯벌의 깊은 구멍 속에 산란하여 수정란을 부화시키므로 포식자의 공격을 효과적으로 피할 수 있어 적은 수의 산란으로도 생존율이 높아 효과적으로 증식할 수 있는 것으로 판단되었다.

낙지의 독특한 번식 특성 때문에 아직까지 낙지의 인공 종묘 생산이 성공적으로 이루어지지 않고 있다. 또 그 때문에 낙지 배아 발달과정도 정확히 보고된 바가 없다. 이 연구에서 낙지의 배 발생 과정을 상세하게 관찰할 수 있었던 이유는 낙지의 산란과정과 부화 과정을 갯벌이 아닌 실내 실험실에서 살펴볼 수 있었기 때문이었다.

낙지의 부화 기간은 약 73일에서 90일 사이로 알의 크기가 작은 주꾸미나 문어에 비하여 더 오랜 시간이 소요되었다. 초기 배 발생 과정에서 두부와 팔의 원기가 난황낭의 중간지점에서 형성되는 점은 주꾸미나 문어의 발생과정에 비교하여 매우 독특한 현상이다. 주꾸미는 난병에 인접한 난황 말단에서 바로 두부와 몸통의 원기가 도립된 형태로 발생하였지만, 낙지는 몸통 부분이 아래쪽 즉 난병의 반대쪽으로 향한 형태로 난황의 중앙 부위에서 발생하였다. 이것이 점차 난황의 정단부로 이동하면서 주꾸미와 같이 팔을 아래로 향한 도립형태를 보이게 되었다. 낙지는 부화할 때까지 이 자세로 있다가 난막을 탈출하였다. 반면, 주꾸미는 부화 직전 몸통이 아래쪽을 향하는 형태로 난막 내에서 도립하는 자세가 되었다(Kim, 2003). 낙지의 팔은 문어나 주꾸미에 비하여 더 길고 가늘다. 이와 같은 형태적 특성은 배 발달 과정에서도 뚜렷하게 대비되었다. 주꾸미는 부화기의 약 70%가 지난 다음에 비로소 팔의 원기가 나타났지만(Kim, 2003) 낙지는 부

화기의 절반 정도를 지나면서 팔이 형성되었고 이후 발달하는 팔의 형태도 매우 가늘고 길어서 문어나 주꾸미의 팔과 크게 대비되었다. 부화 직전에는 팔의 길이가 30mm 정도로 몸 전체 길이의 3/4을 차지할 정도 길게 발달하였다. 낙지는 상대적으로 풍부한 난황을 이용하여 부화 직후부터 독립 생활을 할 수 있도록 충분히 성장한 상태로 부화하였다. 부화 전에 낙지의 팔에 형성된 빨판은 바로 먹이를 붙잡아 먹을 수 있도록 도와 줄 것이다. 이런 성장 상태는 낙지의 종묘 생산에 어려움으로 작용할 수 있다. 낙지는 부화 직후부터 개체간 영역 다툼을 보였으며 함께 사육될 경우 공식 현상이 심하게 나타났다(data not shown).

이 연구에서는 낙지 배 발생의 육안적 관찰만을 기록하고 현미경적 조사는 하지 못하였다. 이후의 연구에서는 배 발생 과정의 보다 정밀한 연구관찰이 수행되어야 할 것이다.

인용문헌

- Chu C, Kim SG (1990) Studies on the development of techniques on seedling production of *Octopus vulgaris*. Nat'l Fish Res Dev Inst 86:92-97.
- Chung EY, Kim BG, Kim SW, Ko TS (1999) Reproductive ecology of *Octopus ocellatus* on the west coast of Korean yellow sea. J Int Soc Yellow Sea Res 5:33-45.
- Hamasaki K, Hukunaga K, Yosida Y, Maruyama K (1991) Notes on the effects of Nannochloropsis on the reproduction and growth of octopus larvae and laboratory culture using 20 fish tank. Res Dev Cult Fish Tech 19:75-84.
- Itami K (1971) On the feeding of the hatched octopus larvae. Hyogo Prefectural Fish Exp Reports pp 1-6.
- Itami K, Izawa Y, Maeda S, Nakai K (1963) Notes on the laboratory culture of the *Octopus larvae*. Bull Japan Soc Fish 29:514-519.
- Kim, BG (2003) Reproductive ecology and seeding production of the octopus, *Octopus ocellatus* on the west coast of Korea. Ph. D. thesis. Kunsan National University. 102□
- Kim DS (2000) Development of breeding technique for the *Octopus minor*. Case Reports on the Propagation of Outstanding Fishery Techniques. Ministry of Maritime Affairs and Fisheries, pp 5-24.
- Kim DS, Kim J (2006) Studies on spawning and hatching in the *Octopus minor*. J Kor Fish Soc (Submitted).
- Kim BG, Kim SW, Jun JC, Kim CH, Kim JS (1997) Studies on

the development of Techniques on seeding production of *Octopus ocellatus*. Rep West sea Fish Res Inst. Nat'l Fish Res Dev Inst pp 297-304.

Kinoue K (1969) Breeding of the octopus. Series Fish. Breeding Cult 20:1-50.