

## 대용량 부화기를 이용한 대구 *Gadus macrocephalus* 수정란 부화율

곽우석 · 한동훈\* · 이소광<sup>1</sup>

국립경상대학교 해양과학대학 해양산업연구소, <sup>1</sup>경상남도수산자원연구소

**Hatching Rate of Pacific Cod (*Gadus macrocephalus*) in a Large Volume of the Hatching Jar by Woo-Seok Gwak, Dong-Hoon Han\* and So-Gwang Lee<sup>1</sup>** (College of Marine Science, The Institute of Marine Industry, Gyeongsang National University, Tongyeong 650-160, Korea; <sup>1</sup>Gyeongsangnamdo Fisheries Resources and Research Institute, Tongyeong 650-974, Korea)

**ABSTRACT** A large volume of hatching jar was tested whether it is an effective to hatch fertilized eggs of Pacific cod. The volume of hatching jar did not show any significant differences in survival of the fertilized eggs; 48.3% for the jar of 15 L and 50.4% for that of 42 L. Survival rate of the fertilized eggs in a large volume of hatching jar ranged from 40.0 to 71.2%, which was higher than those of conventional small circular tank. A higher survival could be achieved even though stocking density of fertilized eggs was as high as 5,000 mL/jar. Consequently, the tested hatching jar allowed for incubation of a greater number of eggs with higher survival rate in a much smaller space. In addition, it reduces costs and manpower, and requires a relatively small amount of water per individual unit (6,700 mL/min), and provides a way to incubate multiple rearing groups in a quarantine environment.

**Key words** : Pacific cod, hatching jar, fertilized egg, survival rate

### 서 론

경상남도에 위치한 진해만은 우리나라에서 가장 큰 대구 산란장으로 알려져 있으며 12월부터 그 다음해 2월의 대구 산란기가 되면 진해만으로 산란을 위한 회유를 한다. 이와 같이 산란 회유하는 대구의 생태적 특징을 이용하여 매년 1월을 금어기로 설정하고 수정란 방류사업을 위해 친어를 포획하여 채란 후, 인공수정된 대구 수정란을 진해만에 방류하고 있다. 진해만에서 대구 인공수정란 방류를 통한 자원증강 노력은 1936년 이전부터 행해졌고 1936년도에는 경상남도어업조합연합회 주최로 약 4억 개의 수정란이 방류된 것으로 보고되었다(Uchida, 1936). 그 이후 1981년부터 최근까지 계속되어 약 235억 개의 대구 인공수정란이 방류되었다. 또한 2002년도부터 매년 20,000~50,000마리의 대

구 종묘가 동일 해역에 방류되고 있는데(Gyeongsangnamdo, 2008) 이는 대구 자원회복 및 관리를 위한 노력에 대해 대구 수정란보다는 부화자어를 방류하는 것이 생존율을 높일 수 있다는 의견이 제기되고 있기 때문이다. Uchida(1936)는 진해만에서 대구 수정란이 수정 후 부화되기까지 12~14일이 소요된다고 보고하였고, KORDI(2003)는 진해만에서 방류된 대구 수정란의 대부분이 방류 후 주변에 있던 어류의 먹이가 되었다고 보고하였는데, 현재 수행되고 있는 것처럼 침성란인 대구 수정란을 표층에서 방류할 경우, 수중에서 가라앉는 동안 그리고 바닥에서 부화하는 기간 중에 어류에 의해 포식당할 위험이 매우 높을 것으로 추측된다.

자연에서 어류의 수정란 또는 난포는 포식당하기 쉽고 계속되는 자연환경의 변화에 손상되기 쉬운 반면, 부화기는 이와 같은 환경요건을 인위적으로 조절할 수 있으므로 부화기에서 수정란을 부화시켜 방류하면 생존율을 높일 수 있다(Watson and Chapman, 2002). 어류의 수정란을 부화시키

\*교신저자: 한동훈 Tel: 82-55-640-3102, Fax: 82-55-642-4509,  
E-mail: han7757@hanmail.net

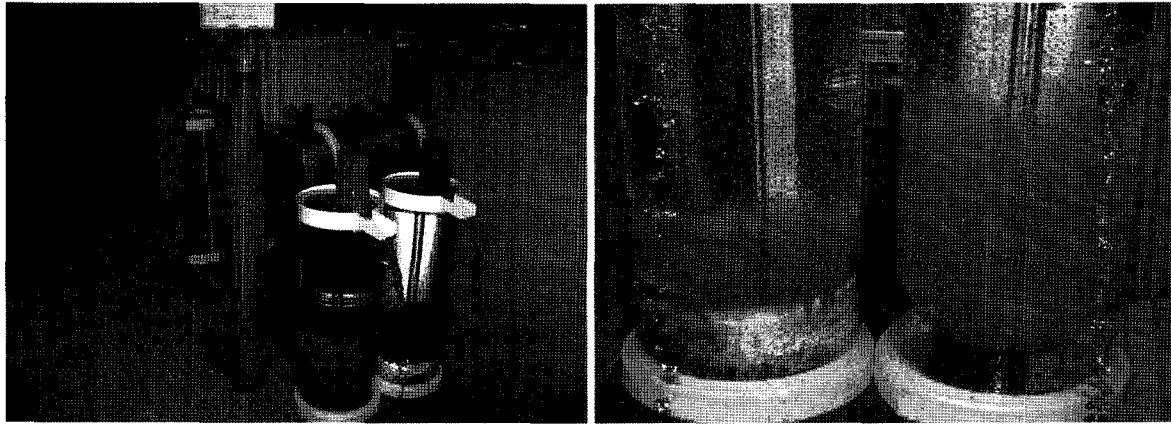


Fig. 1. A hatching jar used for the experiment: an overview of a hatching jar unit (left) and a close view of stirring fertilized eggs of Pacific cod (right).

는 부화기 종류는 플라스틱 또는 코코넛 섬유 등으로 mat형의 부착기질을 만들어 침성 점착란을 부착시키는 mat형, 플라스틱 쟁반 바닥에 작은 구멍을 뚫어 물이 잘 통하도록 만든 tray형 그리고 점착성이 없고 부화기간 동안 지속적인 교반이 필요한 수정란 부화 시 이용할 수 있는 원형부화기의 3가지로 나눌 수 있다. Mat형 부화기는 관상어인 angel-fish (*Pterophyllum eimekei*), discus (*Symphysodon aequifasciatus*), 은어 (*Plecooglossus altivelis*) 등의 산란 또는 부화용으로, tray형 부화기는 연어 (*Oncorhynchus keta*)나 송어 (*Oncorhynchus masou*)와 같이 점착성이 없는 대형 난을 낳고 부화 시 물의 움직임이 거의 없고 어두운 환경에서 부화하는 수정란 부화용으로 그리고 원통형 부화기는 channel catfish (*Ictalurus punctatus*)와 striped bass 등의 수정란 부화용으로 사용되고 있다 (Dorman, 1977; Brooks, 1994; Watson and Chapman, 2002).

우리나라 연안에 서식하는 대구 수정란과 관련한 보고는 Uchida (1936)가 수정란 방류결과, KORDI (2003)가 대구자원의 효율적 증강대책의 일환으로 수정란 방류의 문제점 및 개선 방안 제시 그리고 이 등 (2009)이 대구 수정란 방류 시 부착기질과 저질의 영향에 대하여 보고하였으나 대구 부화자어 대량 방류를 위한 수정란 부화율 향상에 관하여는 아직 연구되지 못하였다. 최근에는 경상남도 거제를 비롯한 통영과 고성 등에서도 수정란 또는 부화자어 방류를 시행하고 있거나 준비 중에 있어 대구 수정란 부화율 향상을 위한 연구가 절실하다.

본 연구에서는 대구 부화자어 대량방류를 위한 기초 연구로서 부화기를 이용한 대구 수정란 부화 방법을 검토하였다. 부화기는 일반적으로 6L 용량이 이용되고 있는데 대구 수정란의 경우 대량부화에 초점을 맞추어 42L로 별도로 제작한 용기를 이용하여 부화기 용량 증가에 따른 부화

율을 조사하였다. 또한 기존의 수정란 부화방법인 원형수조와 부화기에 의한 수정란 부화율 차이 그리고 부화기내 수정란 수용밀도에 따른 부화율 차이를 보고하여 효율적인 대구 수정란 부화방법을 제시하고자 한다.

## 재료 및 방법

### 1. 부화기 용량에 따른 생존율 실험

부화기는 polycarbonate와 acrylic으로 만든 용기로 바닥은 구형이고, 중앙의 파이프( $\phi 20\text{mm}$ )를 통하여 부화기 바닥으로 사육수가 유입되어 침강된 대구 수정란을 바닥에서 부상시키거나 서로 붙지 않고 떨어지게 하는 역할을 한다 (Fig. 1). 기존의 부화기 표준크기인 6L( $\phi 160 \times H 458\text{mm}$ )에서 42L( $\phi 260\text{mm} \times H 800\text{mm}$ )로 용량을 증가시켰을 때 그에 따른 생존율 차이를 조사하기 위하여, 2010년 1월 19일 대구 암컷 13마리와 수컷 4마리로부터 인공수정을 통해 얻은 수정란을 하나로 합쳐 부화기 15L에 1,000mL, 42L에 2,000mL의 수정란을 수용하여 반복 실험을 통해 생존율을 비교하였다. 어미 한 마리에서 얻어지는 수정란의 양이 최대 2L가 되지 않기 때문에 실험에 필요한 수정란을 얻기 위하여 수정란을 하나로 합쳐서 이용하였다. 수정란은 수정 다음 날 수정막이 형성되고 정상적으로 상실기로 진행된 24시간 후 조사하였고, 수정 후 5일과 9일 생존율을 조사하였으며, 수정 후 9일을 최종 부화율로 설정하였다. 수정란의 생존율을 조사하기 위하여 각 수조에 수용된 수정란을 무작위로 10회 반복 채집하여 입체 현미경 (Olympus DP20, Japan)하에서 영상촬영장치 (Imaging Soft, Olympus Co., Japan)를 이용하여 촬영한 후 수정란 100개 중 살아있는 수정란을 계수하였다. 수정란의 생존 여부는 발생이 정상적

으로 진행되어 수정란의 세포질 내용물 형체가 뚜렷하면서 투명한 것을 '생존', 발생이 중지되어 세포질 내용물 형체가 불분명하고 불투명한 것을 '폐사'로 판정하였다. 부화조건은 평균수온  $9.8 \pm 0.5^\circ\text{C}$ 이고,  $10\ \mu\text{m}$  하우스징 필터 및 자외선 살균기(DaeHyun, KUV-75SL)를 통과한 사육수를  $6.7\ \text{L}/\text{min}$ 로 공급하였다.

## 2. 부화용기에 따른 수정란 부화실험

실험에 이용할 대구 수정란은 경상남도 거제시 외포 위판장에서 2009년 1월 7일 암컷 8마리로부터 얻은 대구 난과 수컷 3마리로부터 얻어진 정자와 인공수정하여 얻었다. 수정란을 세란 후 해수와 산소를 채운 20L 비닐 용기에 수용하여 경상남도수산자원연구소로 운반하였다. 수정란을 원형수조 20 ton ( $5 \times 5 \times 1\ \text{m}$ ) 4개와 부화기 42 L 4개에 1,000 mL씩 나누어 수용하였다. 실험에 이용한 원형수조는 기존의 대구 종묘생산 시 수정란을 수용하던 수조를 사용하였고 대조구로 설정하였다. 수정란의 생존여부 판단 및 생존한 수정란 계수방법은 실험 1과 동일한 방법으로 수행하였다. 생존율은 수정 1일 후, 5일 후 그리고 9일 후 조사하였다. 수정란 수용 후 부화 직전인 9일까지의 부화조건은 부화기의 경우, 수온  $10.0 \pm 0.6^\circ\text{C}$ , 염분 33.8 psu였고, 원형수조는 수온  $8.8 \pm 0.5^\circ\text{C}$ , 염분 34.0 psu이었다. 사육수는  $10\ \mu\text{m}$  하우스징 필터 및 자외선 살균기(DaeHyun, KUV-75SL)를 통과시킨 후 부화기  $6.7\ \text{L}/\text{min}$ , 원형수조  $10.6\ \text{L}/\text{min}$ 로 공급하였다.

## 3. 밀도에 따른 수정란 생존율 실험

2010년 1월 7일 암컷 10마리와 수컷 3마리로부터 인공수정을 통해 수정란을 얻었고 실험에 필요한 충분한 수정란을 얻기 위하여 실험 1과 같이 수정란을 하나로 합쳐 실험을 진행하였다. 수정란을 하나로 합친 후 500 mL, 2,000 mL, 3,000 mL, 4,000 mL, 5,000 mL의 수정란을 5개의 42 L ( $\phi 260\ \text{mm} \times h 800\ \text{mm}$ ) 부화기에 수용하여 생존율을 비교하였다. 생존율은 수정 1일 후, 4일 후, 7일 후 그리고 9일 후 조사하였다. 수정란 생존여부 판단 및 생존한 수정란 계수 방법은 1번 실험과 동일한 방법으로 수행하였다. 부화조건은 평균수온  $10.1 \pm 0.3^\circ\text{C}$ , 사육수는  $10\ \mu\text{m}$  하우스징 필터 및 자외선 살균기(DaeHyun, KUV-75SL)를 통과한 것을  $6.7\ \text{L}/\text{min}$ 으로 공급하였다.

## 4. 통계처리 방법

통계처리는 일원배치 분산분석(Microsoft, 2005)을 실시하였고, 유의적 차이가 있을 경우 Tukey-test를 실시하여  $P < 0.05$  수준에서 유의성을 평가하였다.

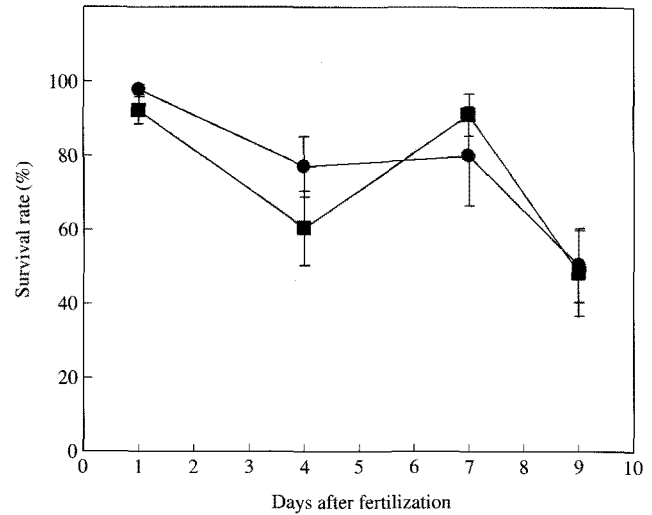


Fig. 2. Changes in survival rate of Pacific cod's fertilized eggs in different volumes of hatching jars: 15L (●), 42L (■).

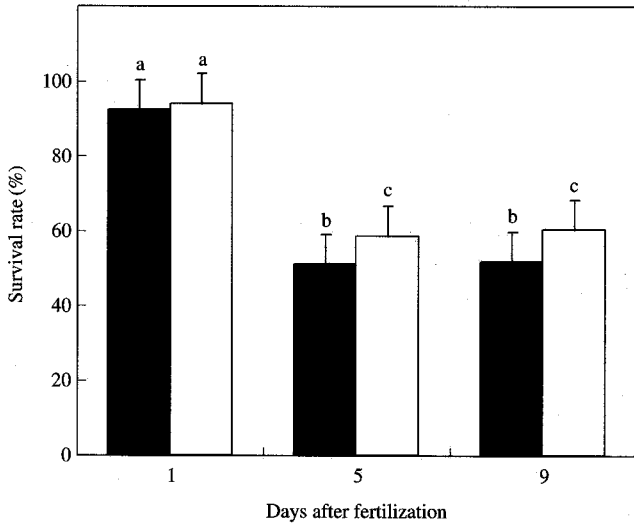
## 결과 및 고찰

### 1. 부화기 용량에 따른 생존율 실험

대구 경우 부화기 15L에 수정란 1,000 mL, 42L에 2,000 mL를 수용한 결과 9일째 생존율이 48.3%와 50.4%로 나타나 부화기 용량과 수정란 수용밀도가 증가하여도 수정란 생존율에 차이가 없고 높은 값을 유지하였다( $P > 0.05$ , Fig. 2). Kitsukawa *et al.* (2006)은 빙어(*Hypomesus nipponensis*)를 대상으로 부화기 용량 증가에 따른 생존율 차이를 조사한 결과 10L와 20L 부화기에 200만 개와 600만 개씩 수정란을 수용 후 발안율이 각각 82.8%와 81.3%로 나타났으므로 부화기 크기와 그에 따른 수용밀도 증가는 빙어 수정란 생존율에 영향을 미치지 않는다고 하였다. 결과적으로 대구 수정란 부화 시 기존의 부화기 크기보다 부화기 용량을 크게 하고 수용밀도를 높여도 수정란 생존율에 영향을 미치지 않으므로 부화기 용량을 현장 상황에 맞게 결정할 수 있을 것으로 생각된다. 또한 대구 수정란 또는 부화자어 방류사업을 위한 인공수정 작업은 대구 위판장 현장에서 수정란 방류사업을 위해 어획이 일시적으로 허가되는 1월의 제한된 기간에만 가능하고 대구는 암컷 한 마리의 포란수가 56~520만 개로 수가 많다. 그러므로 가능한 한 한 번에 많은 양의 수정란을 수용하여 부화시키는 것이 효율적이므로 대용량 부화기를 이용한 수정란 부화 작업이 바람직할 것으로 판단된다.

### 2. 부화용기에 따른 수정란 부화율 실험

기존의 대구 수정란 부화 방법인 원형수조(대조구)와 부



**Fig. 3.** Changes in survival rate of Pacific cod's fertilized eggs in a circular tank (■) and a hatching jar (□) during the experiment. Values with different letters are significantly different ( $P < 0.05$ ). Values are means  $\pm$  SD ( $n = 10$ ).

화기(실험구)에 수용된 수정란의 시간 경과에 따른 생존율을 Fig. 3에 나타내었다. 수정 1일 후 수정란은 상실기 단계에 있었고 부화기와 원형수조 간 수정율에 유의한 차이는 없었다( $P > 0.05$ ). 5일이 경과한 후 대구 수정란에 배체가 형성되었고, 생존 난과 폐사 난이 명확히 구분되었다. 수정 후 5일까지의 생존율은 실험구와 대조구에서 모두 감소하였고, 대조구에 비하여 실험구의 수정란 생존율이 높게 나타났다( $P < 0.05$ ). 수정 9일 후 생존율도 실험구에서 유의하게 높게 나타난 것으로 보아 부화기를 이용한 수정란 부화가 효율적인 것으로 판단된다( $P < 0.05$ ).

수정 후 9일까지 수정란의 생존율이 부화기에서 40.9~71.2%이고, 대구 난 1mL에 평균 1,650개의 난이 있으므로 1L는 약 165만 개가 된다(곽, 2010). 그러므로 본 연구에서 사용한 부화기에서 실험 종료 시 생존한 수정란의 수는 약 68만~118만 개가 된다. 이와 같은 결과는 KORDI(2003)가 원통형부화기에서 수정률이 90.7%인 1,000mL의 대구 수정란을 부화시켜 7.2%(48,520개)의 생존율을 보인 것과는 대조적이라고 할 수 있다. 이는 KORDI가 실험에서 사용한 원통형부화기는 사육수를 위쪽 방향에서 지속적으로 넣어 주면서 에어스톤을 이용하여 공기를 주입하는 방식인데 반하여 이번 연구에 사용된 부화기는 수정란이 원활히 교반될 수 있도록 사육수가 중앙의 파이프를 통하여 주입되어 사육수가 부화용기 바닥에서 표층으로 순환되도록 설계되어 부화기 안에서 물의 순환 방식이 달랐기 때문인 것으로 추측된다.

Hirai(2003)는 약한 점성이 있는 침성란을 낳는 대구의 경우 부성란을 낳는 명태(*Theragra chalcogramma*)와 비교

할 때 3배 두꺼운 10  $\mu$ m의 난막을 갖고 있어 부화까지 소요되는 15일~30일 동안 해저에서 굴러다니며 물리적인 충격을 견디며 생존할 수 있다고 하였다. 결과적으로 대구 수정란은 두터운 난막을 갖고 있어서 부화기 내에서 해수 순환에 의한 교반을 하여도 문제가 없고 오히려 자연의 산란장에서처럼 이물질 부착에 의한 오염을 막는 효과가 있어서 생존율 향상에 도움이 된 것으로 생각된다. 대구와 같이 침성란을 낳는 청어(*Clupea harengus*)와 도루묵(*Arctoscopus japonicus*)은 비교적 수심이 얇고 해조류가 번무한 연안 해역에서 산란하고 해조류에 부착된 수정란은 부화되기까지 약 1~2개월 동안 파도에 의한 물리적 충격을 견뎌야 하는데 두터운 난막을 갖고 있기 때문에 가능하다(Hirai, 2003). 그러므로 이와 같은 어종도 종묘생산 또는 자원증대를 위한 부화자어 방류사업을 한다면 부화기를 이용한 수정란 부화가 가능할 것으로 생각된다.

환수율에 있어서도 원형수조 20ton에는 24시간 동안 사육수 15,264L가 유입되어 0.76회/24h 환수되었고, 42L 부화기는 24시간 동안 사육수 9,648L가 유입되어 229.7회/24h의 환수율을 나타냈다. 즉, 실험기간 동안 원형수조보다 부화기에서 사용된 사육수량이 더 적었으나, 환수율은 원형수조보다 부화기에서 월등히 높았다. 이와 같은 낮은 환수율로 인해 원형수조에서는 사육수 순환이 거의 이루어지지 않아 수정란 수용밀도가 낮아짐에도 불구하고 수생균 발생 확률이 상대적으로 높았을 것으로 추측된다. 또한 20ton 수조의 경우, 사육수가 표층으로 유입되므로 바닥에 흩뿌려진 수정란에 새롭게 주입된 사육수가 원활하게 공급되지 않았을 수 있고 그에 따라 산소공급이 원활히 되지 않아 수정란 부화율이 낮게 나타난 것으로 생각된다.

Sakurai and Hattori(1996)는 대구 수정란이 많이 모여 있을 경우, 사람은 난 내부의 부패한 내용물을 해수 중으로 방출하며 근접한 난에 부착하여 알 덩어리를 형성하여 폐사를 일으킨다고 하였다. 이 등(2009)은 대구 수정란을 팜사보다는 모래와 펄에서 부화시켰을 때 부화율이 높다고 보고하였는데 이는 대구가 약한 점성이 있는 침성란을 낳으므로 해저에 침강된 난의 난막에는 미립자의 펄이나 모래가 부착하여 난끼리 부착하는 것을 방지하여 생존율을 높인다는 대구 수정란 생태가 반영되었기 때문이라고 할 수 있다(Hirai, 2003). 본 연구에서 부화기를 이용한 대구수정란 부화 방법이 원형수조 바닥에 수정란을 끌고루 흩어 부화시키는 것보다 부화율이 높게 나타났는데 이것은 사육수의 지속적인 교반 운동이 폐사된 수정란으로부터 생존한 수정란이 수생균에 감염되는 것을 막고 수정란끼리의 가벼운 접촉을 유도하여 수정란 표면에 부착해 있는 유기물 또는 수생균을 제거하는 역할을 하였기 때문으로 생각된다. Fig. 4는 수조바닥에 흩어 발생되고 있는 수정란 표면이 부화기에서 발생 중인 수정란 표면보다 유기물로 추정되는

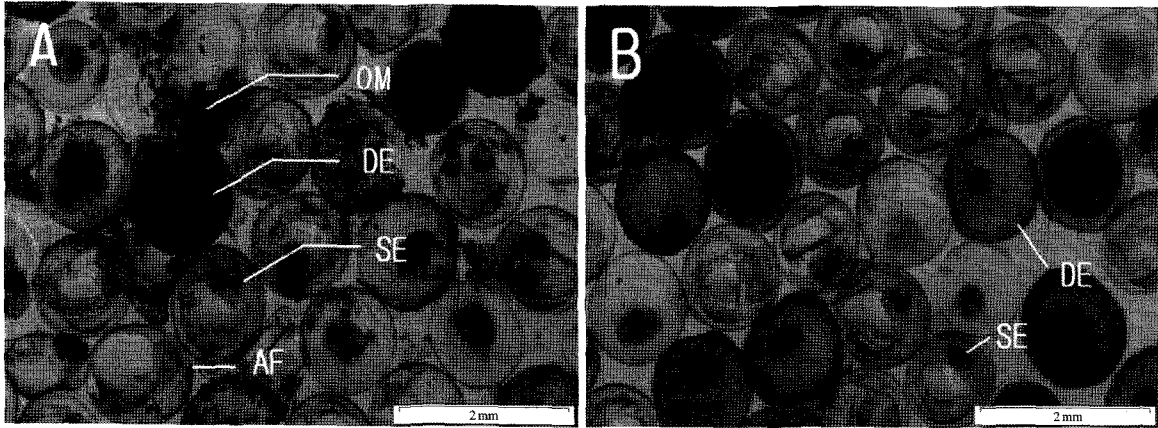


Fig. 4. Fertilized eggs of Pacific cod in a circular tank (A) and a hatching jar (B) during the experiment. OM, Organic Materials; DE, Dead Egg; SE, Survived Egg; AF, Aquatic Fungus. Scale bars=2 mm.

많은 오염물이 부착되어 있음을 보여준다.

빙어와 은어 (*Plecoglossus altivelis*)의 경우도 수정란을 부착기질에 부착시켜 부화시키던 기존의 방법에서 집착성을 제거한 후 원통형부화기에서 부화했을 때 생존율이 더 높은 것을 보고하였다 (Kitsukawa *et al.*, 2006; 相川, 2007). 은어의 경우, 기존의 수정란 부화 방법보다 수정란 고밀도 사육과 사육수 온도조절이 가능하고, 수생균 억제에 의한 생존율 향상 등의 장점이 있는 것으로 보고하였다. 결과적으로 본 연구에서도 실험구인 원통형 부화기에서 부화율이 높은 것은 사육수 주입에 의한 수정란의 지속적인 교반과 환수율 증가에 따른 원활한 산소공급, 수생균 발생 억제 등이 원인으로 생각된다. 또한 원통형 부화기를 사용할 경우, 사육공간과 비용 절감이 가능하고 안전한 친어별 수정란 수용이 가능하므로 수정란을 현장에서 인공수정을 통해서만 얻을 수 있는 대구와 같은 어종은 이동, 설치 그리고 관리가 간편한 원형부화기를 이용하여 수정란을 부화시키는 것이 효율적일 것으로 생각된다.

### 3. 대구 수정란 밀도에 따른 생존율 실험

대구 수정란 500 mL, 2,000 mL, 3,000 mL, 4,000 mL, 5,000 mL를 부화기에 수용하여 생존율을 비교하였을 때 24 시간 후 각 부화기에서 평균 98.6%의 수정율을 나타냈다. 수정후 4일까지의 생존율은 평균 79%였고 부화기 간에 생존율 차이는 나타나지 않았다 ( $P > 0.05$ , Fig. 5). 4,000 mL를 수용한 부화기에서 환수율 이상으로 수정후 9일째 생존율이 35.4%로 급격히 감소한 것을 제외하고 나머지 4개의 부화기에서는 실험 종료 시까지 평균 73.5%의 높은 생존율을 나타냈다. 본 실험을 통해 42L 부화기에 대구 수정란을 5,000 mL (약 825만 개)까지 고밀도로 수용하여 부화를 유도하여도 높은 생존율을 나타낸다는 것을 확인할 수 있었다. Kitsukawa *et al.* (2006)은 빙어 수정란 600만 개를

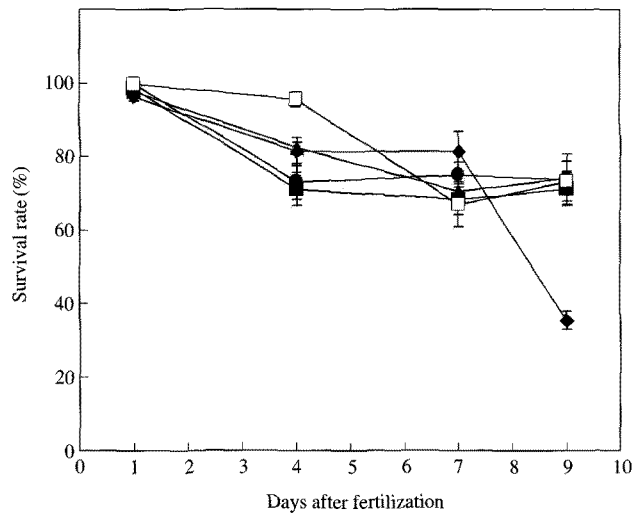


Fig. 5. Changes in survival rate of Pacific cod's fertilized eggs in a hatching jar in the 5 different stocking densities. ■, 500 mL; ●, 2,000 mL; ▲, 3,000 mL; ◆, 4,000 mL; □, 5,000 mL. Values are means  $\pm$  SD (n=10).

20L 원통형 부화기에서 부화시킨 실험에서 높은 생존율을 보고하고 소수의 인원이 종묘를 대량생산해야 하는 사육현장에서 부화기를 사용할 경우, 수정란 수용밀도가 증가해도 좁은 공간에서 사육가능하고 난 관리가 용이하여 생존율을 높일 수 있다고 하였다. 相川 (2007)도 원통형 부화기에서 은어 수정란을 고밀도로 수용하여도 발안율이 저하되지 않았고 부화기 1개로 1일 채란목표량을 모두 수용할 수 있어 효율적이라고 하였다. 대구 수정란의 경우 42L 부화기에 수용 가능한 최고밀도에 대해 추가적인 연구가 필요하지만, 본 연구결과에 따라 5,000 mL의 수정란 수용으로 고밀도 부화가 가능하므로 현장에서 활용 가능할 것으로 생각된다.

## 요 약

대구 부화자어 대량방류를 위한 기초 연구로서 대용량 부화기를 이용한 대구 수정란 부화 방법을 검토하였다. 기존의 용량 15L와 시험용 42L인 부화기에 수정란을 수용한 결과 9일째 생존율이 48.3%와 50.4%로 나타나 부화기 용량차이에 따른 생존율은 유의한 차이가 없었다. 제작한 실험 부화기와 기존의 원형수조에 수정란 생존율을 비교한 결과 40.0~71.2%로 부화기에서 높아 대구 수정란 부화에 실험 부화기가 효율적인 것으로 사료된다. 또한 42L 부화기에 수정란 5,000mL(약 825만 개)를 수용하여도 높은 부화율을 유지하였다. 결과적으로 대구 수정란 부화 시 대용량 부화기를 이용할 경우, 고밀도로 수용하여도 높은 수정란 생존율 유지가 가능하고 사육 공간과 인력 및 경비를 절감할 수 있을 것으로 생각된다. 또한 원형수조에 비하여 사육수 절약(6,700mL/min)과 수정란 그룹별 수용이 가능하다는 장점이 있다.

## 인 용 문 헌

광우석. 2010. 진해만에 산란회유한 대구 *Gadus macrocephalus*의

- 포란수. 한국어류학회지, 22: 121-125.
- 이소광 · 박경대 · 광우석. 2009. 대구 (*Gadus macrocephalus*) 수정란 방류 시 부착기질과 저질의 영향. 한국어류학회지, 42: 63-67.
- Brooks, G.B. 1994. A simplified method for the controlled production and artificial incubation of *Oreochromis* eggs and fry. *Progressive Fish Cult.*, 56: 58-59.
- Dorman, L.W. 1993. Spawning jars for hatching catfish. FSA, 9071: 4-5.
- Gyeongsangnamdo. 2008. 2008 Fisheries Production Yearbook. Gyeongnam, pp. 124-125.
- Hirai, A. 2003. Fish Eggs. Seizando, Tokyo, 102pp. (in Japanese)
- Kitsukawa, M., M. Ohba and S. Kudoh. 2006. Use of a new jar hatchery to control the hatching of adhesive-eliminated eggs of Japanese smelt, *Hypomesus nipponensis*. *Aquaculture Sci.*, 54: 231-236. (in Japanese)
- KORDI. 2003. Report of the effective strategy for stock-enhancement of Pacific cod. Seoul, pp. 63-64.
- Sakurai, Y. and T. Hattori. 1996. Reproductive behaviour of Pacific Cod in captivity. *Fish Sci.*, 62: 222-228.
- Uchida, K. 1936. On the Pacific cod of adjacent waters to Korea. *Chousen no Suisan*, 130: 24-39. (in Japanese)
- Watson, C.A. and F.A. Chapman. 2002. Artificial incubation of Fish Eggs. *Fact Sheet FA*, 32: 25-29.
- 相川 英明. 2007. 孵化器によるアユ卵の孵化管理の簡略化. *神水七研報*, 2: 67-71.