

의암호 말조개, *Unio douglasiae* (Unionidae) 의 번식생태

송미영, 임지례, 이완옥, 김성태¹, 김대희

국립수산과학원 중앙내수면연구소, ¹국립수산과학원 자원관리과

Reproductive Ecology of the Freshwater Bivalve, *Unio douglasiae* (Unionidae) in Lake Uiam

Mi-Young Song, Jire Im, Wan-Ok Lee, Sung Tae Kim¹ and Dae-Hee Kim

Inland Fisheries Research Institute, National Fisheries Research and Development Institute, Gyeonggi-do 477-815, Korea
¹Fisheries Resources Research Division, National Fisheries Research and Development Institute, Busan 619-705, Korea

ABSTRACT

The reproductive ecology of freshwater bivalve, *Unio douglasiae* in Lake Uiam were examined from March 2014 to February 2015. The gonads distributed in reticular connective tissue, the dioecious clams take an internal fertilization and fertilized eggs are stored in the foster-sack in the gills, then the hatched juveniles are released outside after an ovoviviparous process. The gonad index (GI) began to increase in April, reached the maximum value in July and to decrease in August. The reproductive cycle of *U. douglasiae* can be divided into five successive stages: multiplicative stage (November to January), growing stage (February to March), mature stage (February to May), spawning stage (April to September), recovery stage (August to December). The spawning periods were from April to September, and the main spawning occurred between April and July. The shell length at 50% group maturity was estimated to be 29.4 mm.

Key words: *Unio douglasiae*, spawning period, group maturity

서 론

말조개 (*Unio douglasiae*) 는 석패목 (Unionida), 석패과 (Unionidae) 의 담수패류로 (Kwon *et al.*, 2001), 비교적 오염이 심한 곳에서도 잘 서식하여 우리나라 전 지역에 고루 분포하는 대표적인 담수산 이매패이다 (Park and Kwon, 1995; Lee *et al.*, 2009).

지금까지 말조개에 대해 국내의 보고된 연구는 남조류에 의해 부영양화된 호소에서 여과섭식에 의한 정화작용에 관한 논문이 가장 많았으며 (Yokoyama *et al.*, 2002; Lee *et al.*,

2008; Lee *et al.*, 2009; Kim *et al.*, 2011), 납자루아과와 중고기의 산란숙주로서의 역할 (Shimizu *et al.*, 1987; Liu *et al.*, 2006; Kim *et al.*, 2013) 등이 있다. 말조개의 개체군 생태에 관한 연구는 국내에 서식하는 말조개의 발생시기 (Park and Kwon, 1995) 와 중국에 서식하는 말조개의 산란특성에 관한 연구 (Chen *et al.*, 2010) 가 보고되었다.

우리나라에 서식하고 있는 연체동물은 1,560종이며 이중 육산 및 담수에 서식하는 패류는 약 200여종 (Lee & Min, 2002) 으로, 이들 종들은 수생태계내에서 여과섭식, 납자루, 중고기과 어류들의 산란숙주 역할을 하는 등 생태적으로 중요한 생물군일 뿐만 아니라, 다슬기류와 재첩류는 수산자원으로도 중요한 위치를 차지하고 있다. 석패과 조개들의 패각 진주층은 광택이 화려하여 과거에는 담수진주 생산이나 나전칠기 제작에 활용되기도 하였지만, 현재에는 산업적 이용은 거의 없다. 내수면어업법 시행령 제17조 (포획·채취 금지 규정) 에는 말조개 각장 9 cm 이하를 포획·채취 금지체장으로 지정하고 있다. 하지만 자연에서 서식하고 있는 말조개의 각장의 크기는 9 cm 이하의 개체가 대부분 분포하고 있어 관련 규정에 대한 재검토가 필요한 상황이다.

Received: September 3, 2015; Revised: September 21, 2015; Accepted: September 30, 2015
Corresponding author : Dae-Hee Kim
Tel: +82 (31) 589-5130 e-mail: kdh3717@korea.kr
1225-3480/24581

This is an Open Access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution Non-Commercial License with permits unrestricted non-commercial use, distribution, and reproducibility in any medium, provided the original work is properly cited.

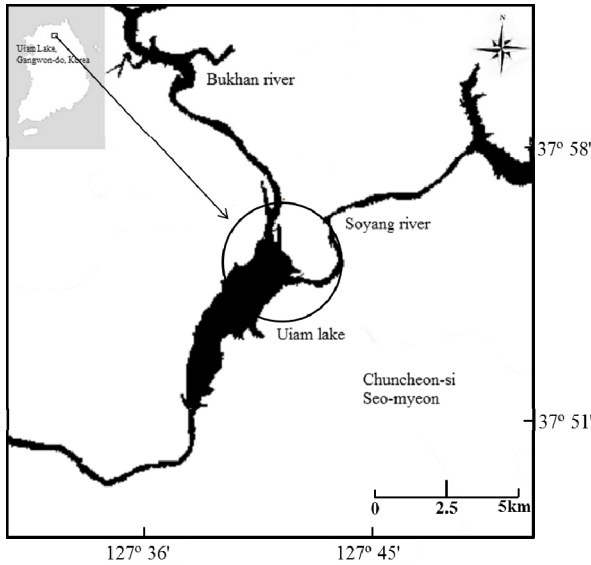


Fig. 1. Location of the study area and sampling sites.

따라서 본 연구는 말조개의 채취금지 규정 재검토를 위한 자원생물학적 특성을 파악하기 위하여, 의암호에 서식하고 있는 말조개의 상대성장, 비만지수 변화, 생식소의 발달 및 보육낭의 조직학적인 변화, 생물학적 최소체장 등 번식생태를 조사하였다.

재료 및 방법

1. 조사지역

조사지역은 강원도 춘천시에 위치한 의암호로 북한강 중류 수계에 있는 인공호이다 (Fig. 1). 말조개 (*U. douglasiae*) 가 서식하는 조사지점의 환경특성을 파악하기 위해 휴대용 수질 측정기 (YSI-556MPS, USA) 를 사용하여 수온, DO, pH, 전기전도도를 측정하였다. 말조개 서식처의 수심 및 하상구조는 잠수를 통하여 직접 조사하였다.

2. 재료의 채집 및 측정방법

말조개의 월별 산란특성을 조사하기 위하여 2014년 3월부터 2015년 2월까지 매월 1회 잠수조사를 통해 직접 채집하였다. 채집된 개체는 실험실로 운반하여 동정하였고, 말조개는 vernier caliper로 각장 (Shell length: SL), 각고 (Shell height: SH), 각폭 (Shell width: SW) 을 0.01 mm까지 측정하고, 전자저울로 전중 (Total weight: TW) 및 육중 (Meat weight: MW) 을 0.01 g까지 측정하였다. 생체측정 자료를 토대로 각장에 대한 각고, 각폭, 전중 및 육중의 상대성장식을 구하였다.

육질부의 월별 비만상태 변화를 간접적 방법으로 알아보기 위해 비만도 지수 (Condition factor: CF) 와 육중량비 (Meat weight rate: MWR) 를 매월 아래의 식에 의해 산출하였다 (Kim *et al.*, 2013).

$$CF = \text{육중량 (MW)} / [\text{각장(SL)} \times \text{각고 (SH)} \times \text{각폭 (SW)}] \times 10^3$$

$$MRW = \text{육중량 (MW)} / \text{전중량 (TW)} \times 100$$

3. 생식소 발달단계

생식소의 구조 및 발달과정을 관찰하기 위하여 계측 직후 생식소 및 아가미 일부를 절취하여 Bouin 용액에 고정한 후, 파라핀 절편법에 따라 5-7 μm 의 절편을 제작하였다. 제작된 표본은 Harris's haematoxylin과 0.5% eosin으로 이중 염색하여 광학현미경으로 관찰하여 생식세포의 발달단계를 구분하였다. 매월 제작된 조직표본은 Chang and Lee (1982) 의 방법을 준용하여 분열증식기 (Multiplicative stage: Mu), 성장기 (Growing stage: G), 성숙기 (Mature stage: M), 산란기 (Spawning stage: S), 휴지기 (Resting stage: R) 의 연속적인 5단계로 구분하였다.

산란기를 간접적으로 추정하기 위해 생식소지수 (GI) 는 Mann (1979) 과 Eversole (1997) 의 방법을 일부 변경하여 사용하였다. 조직표본 관찰결과 분열증식기 (Mu), 성장기 (G), 성숙기 (M), 산란기 (S), 휴지기 (R) 로 나누고 매월 각 개체에 대하여 단계별로 상수 (Mu = 1, G = 2, M = 3, O or C = 4, R = 0) 를 곱한 전체의 합을 전체 개체수로 나누었다

$$GI = [(\text{Mu개체수} \times 1) + (\text{G개체수} \times 2) + (\text{M개체수} \times 3) + (\text{S개체수} \times 4) + (\text{R개체수} \times 0)] / \text{총 개체수}$$

4. 군성숙도 (Group maturity)

군성숙도 조사는 성숙시기인 2014년부터 2015년까지 2년 동안 5-6월에 채집한 13.0-85.3 mm 크기의 90개체를 대상으로 각 개체의 생식소 조직표본의 성숙여부를 관찰하여 개체군의 50%가 성숙하여 재생산에 가담할 수 있는 각장의 크기를 아래의 식에 의해 산출하였다.

$$\text{군성숙체장} = 1 / [1 + \text{EXP}\{r(L - L_{50\%M})\}] \times 100$$

결 과

1. 서식환경

말조개 서식지역의 수온은 3.90-25.94 $^{\circ}\text{C}$ 로 1월에 가장 낮고 이후 8월까지 점차 상승하다 9월부터 급격히 떨어져 12월

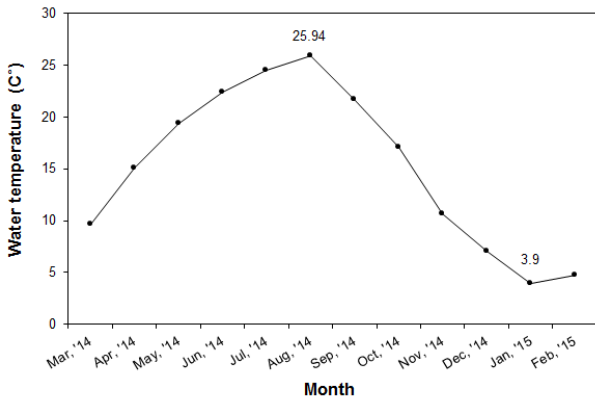


Fig. 2. Monthly variation of water temperature at Lake Uiam, Gangwon-do, Korea from March 2014 to February 2015.

에는 7.1°C를 나타내었다 (Fig 2). 용존산소는 5.74-12.67 mg/L으로 8월에 가장 낮았고 3월에 가장 높았다. pH, 전기전도도는 각각 7.16-9.14, 47-104 µS/cm 분포를 보였다. 월별로 채집지역의 수심은 1.0-7.0 m로 비교적 다양한 수심에 분포하였으며, 하상은 주로 모래와 펄로 구성되어 있는 곳에 서식하였다.

2. 상대성장

2014년 3월부터 2015년 2월까지 총 480개체의 말조개를 채집하였으며, 평균 각장은 67.76 ± 9.30 mm (19.24-86.54 mm), 평균 각고는 32.96 ± 3.91 mm (10.48-41.43 mm), 평균 각폭은 22.40 ± 3.15 mm (7.23-28.97 mm), 평균 전중은 36.82 ± 12.00 g (1.00-74.99 g), 평균 육중은 9.09 ± 2.71 g (0.23-17.23 g)이었다 (Table 1).

말조개의 각장 (SL) 에 대한 각고 (SH), 각폭 (SW), 전중 (TW), 육중 (MW) 의 상대성장식을 조사한 결과는 SH = 0.3882 SL + 6.6541 (R² = 0.8543), SW = 0.305 SL + 1.7225 (R² = 0.8137), TW = 0.0003 SL^{2.7616} (R² = 0.9441), MW = 0.0002 SL^{2.5223} (R² = 0.8246) 이었다 (Fig. 3).

3. 비만도 지수와 육중량비

조사기간 중 말조개의 연중 비만도는 0.16-0.22의 범위였고 월별 변화양상은 3월부터 6월까지의 유사한 범위를 나타내었다가 7월에 다소 증가한 후 8-9월에 급속히 낮아진 후 10월부터 증가하여 11월과 1월에 최고값을 나타내었다. 육중량 비도 비만도 지수와 유사한 경향을 나타내었다 (Fig. 4).

Table 1. Sampling numbers and measuring characteristics of *Unio douglasiae* (Mean ± SD) at Lake Uiam, Gangwon-do, Korea from March 2014 to February 2015

Date	Number of shellfish	Shell length (mm)	Shell height (mm)	Shell width (mm)	Total weight (g)	Meat weight (g)
Mar. 31, 2014	49	68.86 ± 7.91	33.14 ± 2.93	22.64 ± 2.64	37.08 ± 10.41	9.06 ± 2.28
Apr. 25, 2014	67	67.60 ± 6.52	33.47 ± 3.04	23.11 ± 2.28	37.07 ± 9.06	8.80 ± 1.86
May 21, 2014	48	71.34 ± 5.82	34.04 ± 2.04	23.26 ± 2.18	39.99 ± 9.08	9.42 ± 1.79
Jun. 17, 2014	46	70.05 ± 15.11	34.15 ± 7.07	22.87 ± 4.94	43.14 ± 15.54	10.23 ± 3.85
Jul. 16, 2014	49	65.34 ± 10.06	32.03 ± 4.43	22.12 ± 3.59	36.94 ± 14.66	8.76 ± 2.74
Aug. 28, 2014	25	71.37 ± 7.92	32.92 ± 3.25	23.75 ± 2.28	42.37 ± 12.67	8.87 ± 2.95
Sep. 17, 2014	49	64.26 ± 9.99	31.62 ± 3.86	20.52 ± 3.19	31.28 ± 12.35	6.66 ± 2.29
Oct. 28, 2014	29	68.97 ± 6.49	33.83 ± 2.39	22.60 ± 2.27	36.91 ± 9.43	9.25 ± 1.97
Nov. 19, 2014	30	59.28 ± 11.80	29.95 ± 5.17	19.50 ± 3.83	25.43 ± 13.37	7.46 ± 3.25
Dec. 12, 2014	30	71.02 ± 5.09	33.95 ± 1.89	23.12 ± 1.95	39.69 ± 7.84	10.89 ± 1.68
Jan. 19, 2015	28	66.77 ± 5.36	32.23 ± 2.15	22.18 ± 1.75	33.68 ± 6.77	10.50 ± 2.05
Feb. 23, 2015	30	68.78 ± 6.26	33.66 ± 2.24	22.94 ± 2.36	36.72 ± 9.17	10.58 ± 2.14
Total	480	67.76 ± 9.30	32.96 ± 3.91	22.40 ± 3.15	36.82 ± 12.00	9.09 ± 2.71

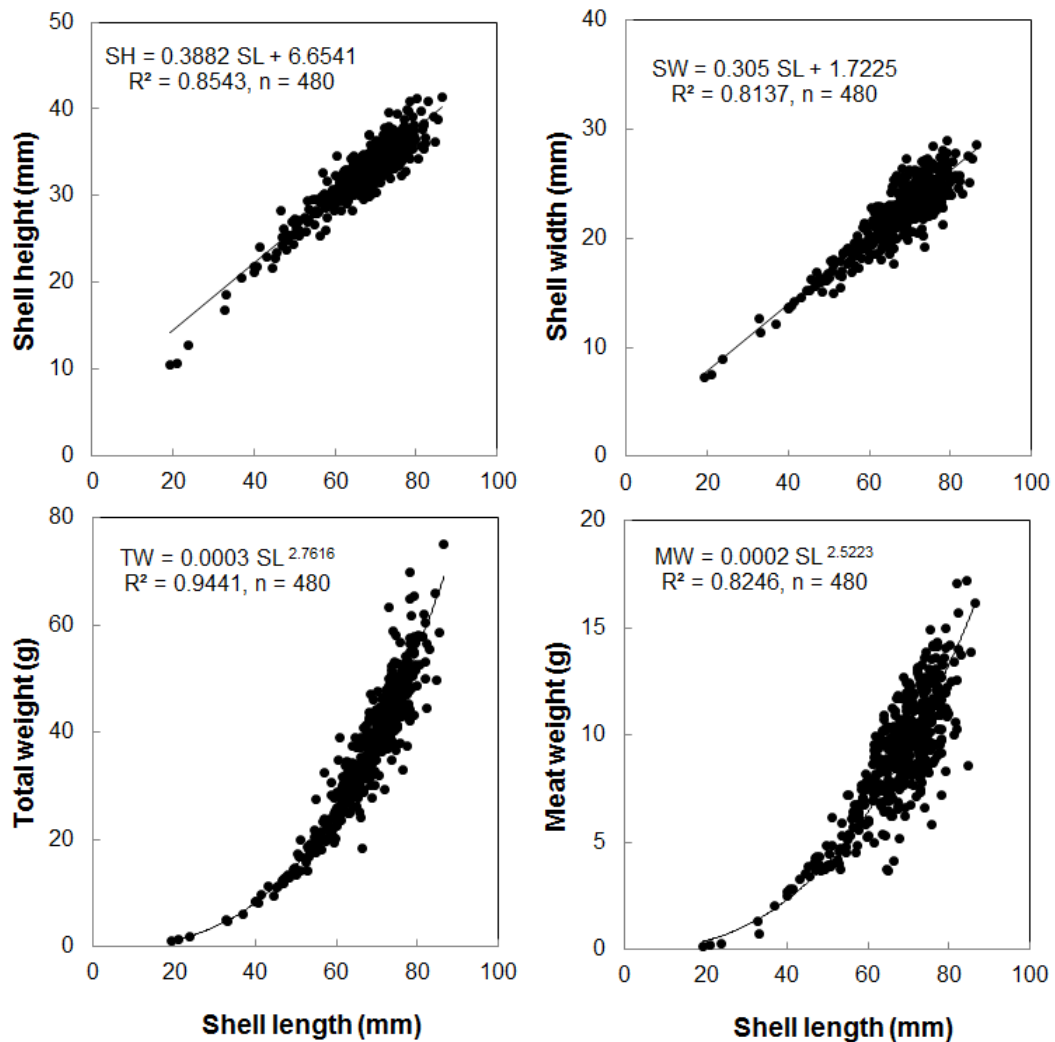


Fig. 3. Relationship between shell height (SH), shell width (SW), total weight (TW), meat weight (MW) and shell length (SL) of *Unio douglasiae* at Lake Uiam, Gangwon-do, Korea from March 2014 to February 2015.

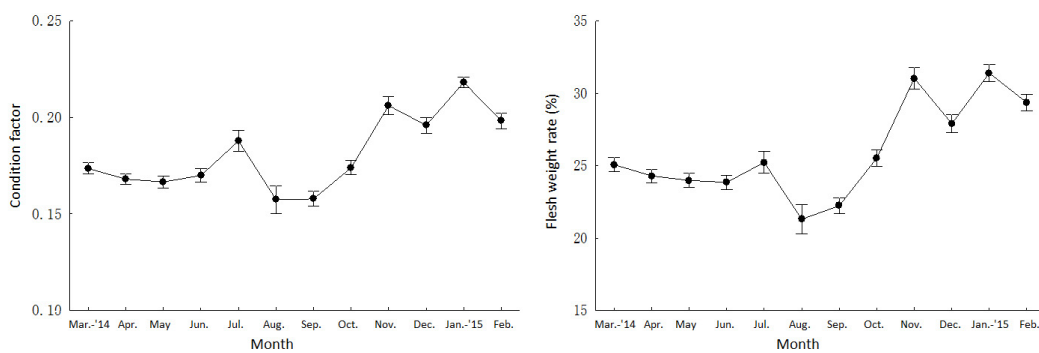


Fig. 4. Monthly changes in condition factor (CF) and flesh weight rate (FWR) in *Unio douglasiae* at lake Uiam, Gangwon-do, Korea from March 2014 to February 2015. Each value represents the mean \pm SE.

4. 생식소의 구조 및 발달

말조개의 생식소는 소화맹낭의 주변부에서 족부로 연결되는 망상결체조직에 분포하였으며 1개체에 난소 또는 정소가 각각 분포함으로써 자웅이체였으며, 정자 및 난자형성 과정은 외측 상피세포층의 간조직 사이에 발달하였다 (Fig 5).

난 및 정자 발생과정은 거의 동기화하여 성장, 성숙, 산란이 이루어졌다. 난소는 2월부터 5월초까지는 난모세포의 수가 급격히 늘어나면서 난소가 점차 커지는 것을 볼 수 있었다. 4월부터는 성숙된 난모세포가 난소의 대부분을 차지하며 이때 난의 직경은 평균 100 μm 정도였다. 5월에는 급격히 발달된 난모세포가 난소내에 거의 전부를 차지하며 방란 직전의 난 직경은 평균 140 μm 였다. 4월말부터는 일부 개체에서 방란이 일어나면서 소포 내에는 성숙된 난들이 들어 있었다. 4월 중순부터 10월까지 긴 기간 동안 방란이 지속적으로 이루어지며, 먼저 방란이 이루어진 빈 소낭과 성숙된 난모세포로 채워져 있는 소낭을 함께 관찰할 수 있었다. 산란이 이루어진 소낭에서는 여포벽에 붙어 생성되는 난원세포와 함께 영양과립이 다량으로 난소내에 차 있었다. 11월부터 12월 하순까지는 방란이 완전히 끝나면서 난소가 퇴화되거나 작아지고 대부분은 비어 있으며 방란되지 않은 성숙 난도 일부 남아 있었다. 짧은 퇴화가

를 거친 후 1월과 2월에는 난소 내에 영양과립이 풍부해지며, 새로이 난원세포가 생성되었다 (Fig 5).

정자 발생 과정은 11월 말부터 1월까지 초기 정자 형성 단계인 분열증식기 단계로 생식세포의 수는 현저히 감소된 상태였다. 이 시기에는 정소의 생식세포가 방정 후 회복되는 단계로 정소 소엽 표면에 정원세포가 대부분이었고 소엽의 크기는 작으며, 새로 형성되는 소엽도 나타났다. 2월부터는 정원세포의 수가 급격히 증가되면서 소낭 내부에는 정세포가 나타나기 시작하였고, 이후 급격히 정자의 수가 늘어나며, 6월까지 정소가 차지하는 면적도 급격히 늘어났다. 4월 중순부터 일부 소낭에서 방정이 일어나 비어 있는 곳도 있지만 뒤이어 지속적으로 다른 부위의 소낭에서 성숙된 정자가 11월까지도 방정이 이루어졌다. 11월 중순부터 12월까지는 방정 후 남은 정자와 빈 소낭은 결체조직으로 대체되고 정소는 축소되었다 (Fig 5).

말조개의 생식소 발달은 자웅이체인 관계로 난소와 정소의 발달단계가 비슷한 경향으로 변화하였다. 분열증식기는 11월부터 1월까지만 매월 나타났으며, 1월에는 분열증식기만 관찰되었다. 성장기는 2월부터 3월까지만 나타났으며, 2월에는 암컷은 80%, 수컷은 50% 이상의 개체가 성장기 단계를 나타내었다. 성숙기는 2월부터 5월까지 관찰되었고, 3월에는 암컷과

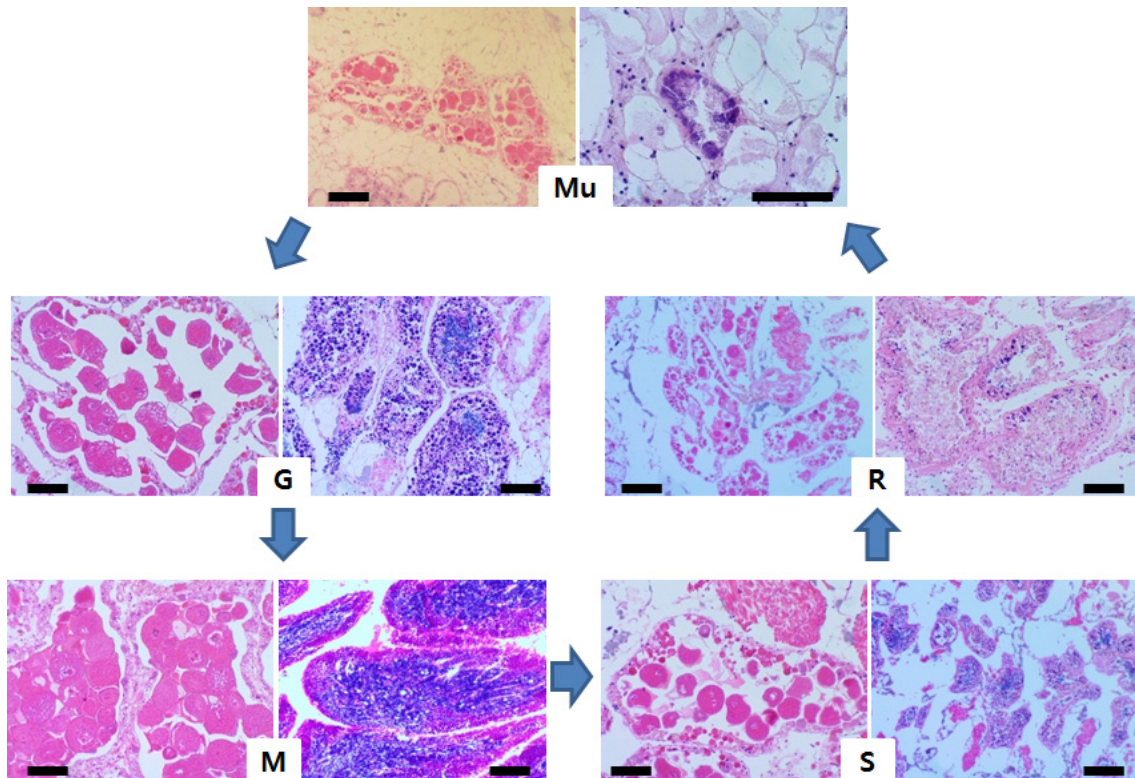


Fig. 5. Histological identifications of the gonad stages in *Unio douglasiae* at Lake Uiam, Gangwon-do, Korea from March 2014 to February 2015. Mu: multiplicative stage, G: growing stage, M: mature stage, S: spawning stage, R: recovery stage. Scale bar = 50 μm .

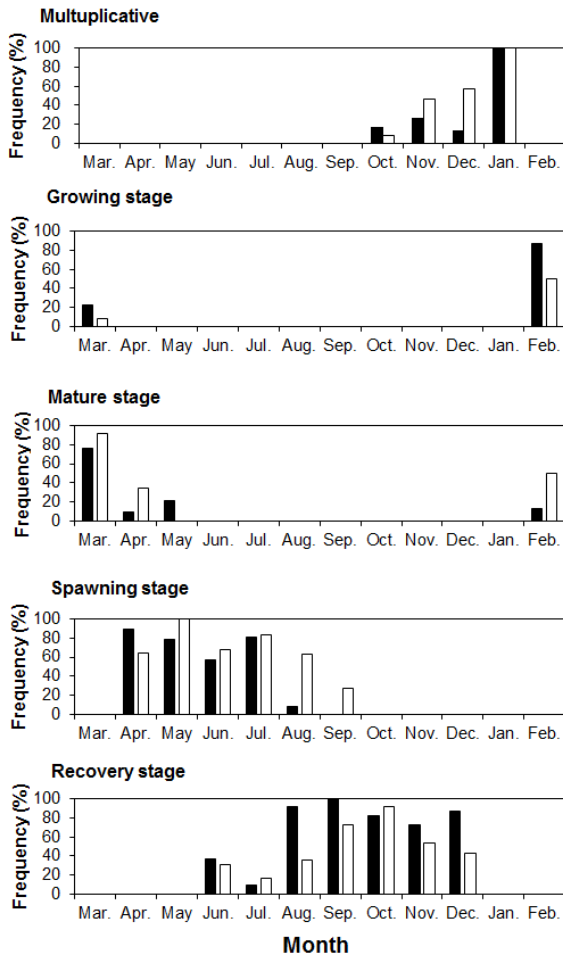


Fig. 6. Monthly frequency variations of the gonadal stages of *Unio douglasiae* at Lake Uiam, Gangwon-do, Korea from March 2014 to February 2015. Female (■), Male (□).

수컷이 각각 75%, 90% 이상의 개체가 성숙기 단계를 나타내었다. 산란기는 4월부터 9월까지 나타났으며, 특히 4월부터 7월까지 암컷과 수컷의 60% 이상의 개체에서 산란기 단계를 보였다. 회복기 (휴지기) 는 6월부터 나타나기 시작하여 암컷은 8월부터 12월까지 80% 이상의 개체가 회복기 단계를 나타내었고, 수컷은 9월부터 11월까지 60% 이상의 개체에서 회복기 단계를 보였다 (Fig. 6).

5. 생식소지수 (GI: Gonad index)

조사기간 중 말조개의 연중 생식소지수는 난소의 경우 0.00-3.90 범위, 정소는 0.03-4.00 범위를 나타내었으며, 월별 양상은 암수 비슷한 경향으로 변화하였다. 암수 모두 2월부터 익년 7월까지 생식소지수가 지속적으로 증가하다가 8월에 갑자기 낮아진 후 12월까지 지속적으로 낮아지는 경향을 나타내었다 (Fig. 7).

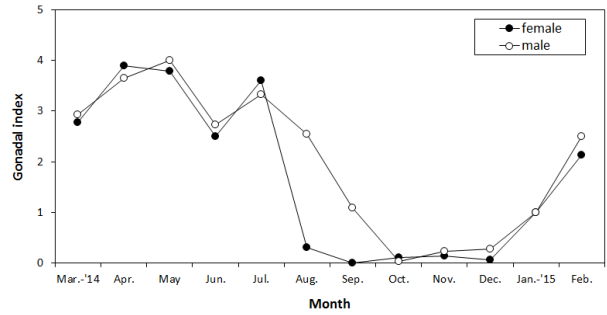


Fig. 7. Monthly variations of the gonad index of *Unio douglasiae* at Lake Uiam, Gangwon-do, Korea from March 2014 to February 2015.

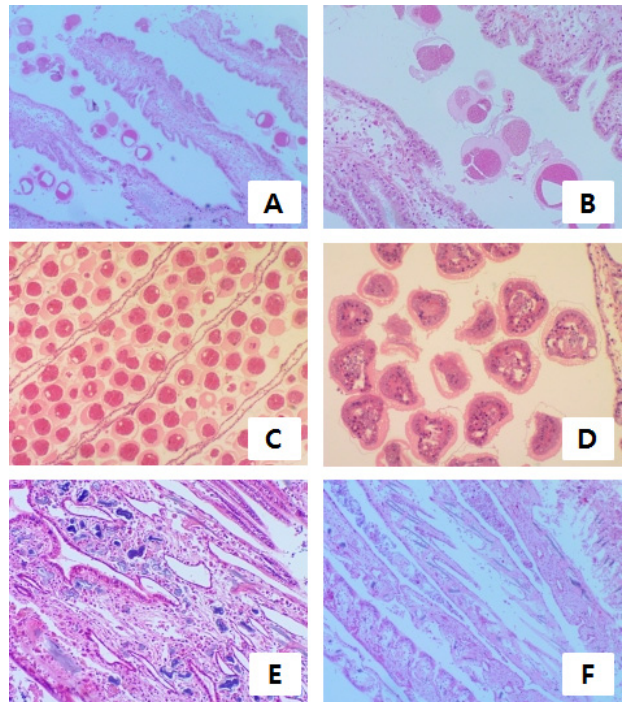


Fig. 8. Histological identifications in the brood pouch of *Unio douglasiae* at Lake Uiam, Gangwon-do, Korea from March 2014 to February 2015. A-B: early developmental stage, C-D: late developmental stage, E: release stage, F: recovery stage.

6. 반새 보육낭 형성 및 유생발생

생식소에서 성숙한 난과 정자는 4월부터 수관을 통해 보육낭 역할을 하는 아가미 반새로 이동하였고 (Fig. 8-A, B), 5월에는 초기 발생중인 유생을 확인할 수 있었다 (Fig. 8-B, C). 6월부터 10월까지의 각을 형성한 glochidia 유생을 확인할 수 있었으며 (Fig. 8-D, E), 11월에는 유생방출 후 회복상태를 나타내었다 (Fig. 8-F).

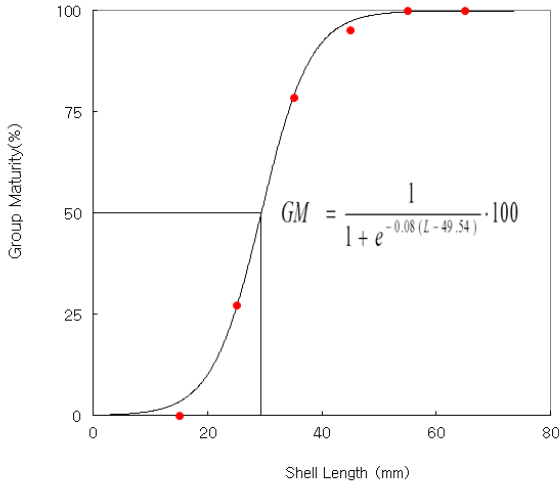


Fig. 9. The group maturity of *Unio douglasiae* in the shell length group.

7. 생물학적 최소각장 및 군성속도 (Group maturity)

말조개의 생물학적 최소각장을 조사한 결과, 20 mm 미만 개체의 생식소는 모두 미숙상태였고, 최소성숙한 개체의 각장은 25 mm였다 (Fig. 9). 개체군의 50%가 성숙하는 군성속각장은 29.41 mm로 조사되었다.

고 찰

말조개는 패각이 두껍고 단단하며 흑갈색을 띠는 중형 담수 이매패류로서 자웅이체이며, 성숙한 난과 정자는 수관을 통해 수정된 후 보육낭으로 이용되는 아가미 반새로 이동되어져 glochidium 유생으로 부화되어 체외로 방출하는 난태생종이다.

일반적으로 이매패류의 생식주기 및 산란기 추정은 생식소의 조직학적 관찰을 통해 생식소의 발달 단계에 따른 생식소 발달 등급별 지수로 나타내는 생식소지수 (GI) 를 이용하여 추정한다 (Mann, 1979; Eversole, 1997; Chung et al., 2001). 말조개의 생식년주기는 분열증식기 (11-1월), 성장기 (2-3월), 성숙기 (2-5월), 산란기 (4-9월), 회복기 (8-12월) 로 구분되었다.

Booolootian 등 (1962) 에 의하면, 연체동물은 산란습성에 따라 연중 1회 산란하는 종과 연중 다회 산란하는 종으로 구분할 수 있으며, 계절에 따라 연중산란형 (year-round breeder), 늦봄부터 초가를 사이에 산란하는 하계산란형 (summer breeder) 과 늦가을부터 이듬해 초봄 사이에 산란하는 동계산란형 (winter breeders) 으로 분류하였다. 본 연구결과 말조개는 연중 1회, 4월부터 9월까지 산란기인 하계산

란형에 속하였다. Park and Kwon (1995) 의 보고에 의하면 산란기를 4월 중순부터 11월말까지에 걸쳐 일어나는 하계산란 종이라 하였으나, 본 연구에서는 10월부터 생식소 지수가 크게 감소하였고, 생식소 발달단계도 회복기가 대부분을 차지하였다. 또한 주 산란기는 4월부터 7월까지 관찰되었다. 이는 중국의 Qinglan호의 말조개 산란기인 2월-6월보다는 다소 늦었다 (Chen et al., 2010). 이러한 차이는 Qinglan호가 중국 강서성에 위치하여 우리나라보다 수온이 더 높아 말조개의 산란시기가 좀 더 일찍 시작하는 것으로 사료된다.

의암호산 말조개의 군성속도 조사에서 각장 20 mm 미만 개체는 모두 미성숙이었고, 50%가 성숙하는 군성속 각장은 29.4 mm로 조사되었다. 이는 Chen et al. (2010) 이 Qinglan호 말조개의 최소성숙체장인 각장 27.6 mm와 유사한 결과를 보였다. 일반적으로 군성속체장은 수산자원 보호를 위한 포획-채취 금지 체장을 설정하는 기준으로 이용되는데, 말조개는 현행 내수면어업법 시행령 제17조에 각장 9 cm 이하를 포획-채취할 수 없다고 규정되어 있다. 그러나 본 연구결과, 의암호에 서식하는 말조개는 평균 각장 68 mm이며, 최소 19 mm에서 최대 87 mm까지 채집되어 현행 규정에 의하면 의암호에 서식하는 대부분의 말조개는 포획-채취할 수 없다. 그러므로 본 연구결과를 바탕으로 말조개의 포획-채취 금지 각장에 대한 재검토가 필요할 것으로 사료된다. 현재 내수면 수산업에서 말조개는 수산자원으로 활용되고 있지 않다. 그러나 말조개는 여과섭식을 통한 하천 환경개선 및 납자루아과 어류의 산란숙주로 담수생태계에서 중요한 역할을 하고 있으므로 (Shimizu et al., 1987; Yokoyama et al., 2002; Lee et al., 2008; Kim et al., 2013), 이 종에 대한 법적 규제는 생태계 건강성 유지를 위하여 필요할 것이다.

요 약

의암호에 서식하고 있는 말조개의 성장과 산란상태를 파악하기 위하여, 2014년 3월부터 2015년 2월까지 상대성장식, 생식소 발달단계에 따른 생식주기와 군성속도의 월별변화를 조사하였다. 각장에 대한 각고, 각폭, 전중, 육중간의 상대성장식에서 상관계수 (R²) 는 0.814-0.944로 높은 상관관계를 나타내었다. 말조개의 생식소는 소화맹낭의 주변부와 족부로 연결되는 망상결체조직에 분포하며 자웅이체로, 성숙한 난과 정자는 수관을 통해 아가미 반새에서 수정되어 수정란을 아가미의 보육낭에서 부화시켜 체외로 방출하는 난태생종이었다. 서식 지역의 월별 평균수온은 3.9-25.9°C 범위였다. 월별 비만도는 0.16-0.22 범위로 하계인 8월-9월에 낮은 값을 보이다가 10월부터 증가하여 11월과 1월에 0.22로 정점을 보였다. 월별 육중량비는 21.3-31.4%로 비만도의 월별 변화와 같은 경향을

나타내었다. 생식소지수는 0.00-4.00 범위를 나타내었고, 4월-7월까지 정점을 보인 후 8월부터 급격히 감소하였다. 생식년 주기는 분얼증식기 (11-1월), 성장기 (2-3월), 성숙기 (2-5월), 산란기 (4-9월), 회복기 (8-12월) 로 구분되어 하계산란종이었다. 의암호산 말조개의 산란기는 4-9월 (주산란기 4-7월) 이었으며, 균성숙 각장은 29.4 mm였다.

사 사

이 연구는 2015년도 국립수산물연구원 수산과학연구소사업 (R2015034) 의 지원으로 수행된 연구이며 연구비 지원에 감사드립니다.

REFERENCES

- Booolootian, R.A., Farmanfarmaian, A. and Giese, A.C. (1962) On the reproductive cycle and breeding habits of two western species of *Haliotis*. *Biological bulletin*, **122**: 183-192.
- Chang, Y.J. and Lee, T.Y. (1982) Gametogenesis and reproductive cycle of the cockel. *Fulvia mutica* (Reeve). *Journal of Korean Fisheries Society*, **15**: 241-253. [in Korean]
- Chen, T.-H., Ouyang S., Xiong L.-P., Qi, T. and Wu, X.-P. (2010) Studies on the population structure and reproductive traits of *Unio douglasiae* in Qinglan Lake, Jiangxi Province. *Acta hydrobiologica Sinica*, **34**(3): 479-487.
- Chung, E.-Y., Hur S.B., Hur Y.-B. and Lee J.S. (2001) Gonadal maturation and artificial spawning of the Manila clam, *Ruditapes philippinarum* (Bivalvia: Veneridae), in Komso Bay, Korea. *Journal of Fisheries Science and Technology*, **4**(4): 208-218.
- Eversole, A.G. (1997) Gametogenesis of *Mercennaria mercennaria*, *M. cappechiensis* and their hybrids. *Mutilus*, **110**: 107-110.
- Lee, J.-S. and Min, D.-K. (2002) A catalogue of Molluscan Fauna in Korea. *Korean Journal of Malacology*, **18**(2): 93-217. [in Korean]
- Lee, S.H., Baik, S.K., Hwang, S.J. and Kim, B.H. (2009) Comparison of Grazing Characteristics of a Freshwater Bivalve *Unio douglasiae* (Unionidae) on the Cold and Warm Phytoplankton Communities in Eutrophic Lake. *Korean Journal of Limnology*, **42**(1): 115-123. [in Korean]
- Lee, Y.J., Kim, B.H., Kim, Y.N., Um, H.Y. and Hwang, S.J. (2008) Effects of Temperature, Food Concentration, and Shell size on Filtering Rate and Pseudofeces Production of *Unio douglasiae* on *Microcystis aeruginosa*. *Korean Journal of Limnology*, **41**: 61-67. [in Korean]
- Liu, H.Z., Zhu, Y.R., Smith, C. and Reichard, M. (2006) Evidence of Host Specificity and Congruence between Phylogenies of Bitterling and Freshwater Mussels. *Zoological Studies*, **45**(3): 428-434.
- Mann, R. (1979) Some biochemical and physiological aspects of growth and gametogenesis in *Crassostrea gigas* and *Ostrea edulis* grown at sustained elevated temperatures. *Journal of marine Biological association of U.K.*, **59**: 95-110.
- Kim, B.H., Lee, J.H. and Hwang, S.J. (2011) Inter- and intra-specific differences in filtering activities between two unionids, *Anodonta woodiana* and *Unio douglasiae*, in ambient eutrophic lake waters. *Ecological Engineering*, **37**: 1957-1967. [in Korean]
- Kim, H.S., Yang, H. and Park, J.Y. (2013) Host species Preference of *Acheilognathus signifer* (Pisces: Acheilognathinae) for spawning in Freshwater Mussels. *Korean Journal of Ichthyology*, **25**(4): 208-215. [in Korean]
- Kwon, O.K., Lee J. S. and Park, G. M. (1987) the studies on the mollusks in the lake Uiam(7). *Kor. J. Limn.*, **20**(1): 30-38. [in Korean]
- Kwon, O.K., Min, D.K. Lee, J.R. Lee, J.S., Je J.G. and Choe, B.L. (2001) Korean Mollusks with color illustration. Min's shell House, 332pp. [in Korean]
- Park, G.M. and Kwon, O.K. (1995) Seasonal Gonadal Cycle of the Seven Species of Freshwater Unionidae (Pelecypoda: Unionoida). *The Korean Journal of Malacology*, **11**(2): 147-163. [in Korean]
- Shimizu, A., Aida, K. and Hanya, I. (1987) Annual Reproductive Cycle in an Autumn-Spawning Bitterling *Acheilognathus rhombea*. *Nippon Suisan Gakkaishi*, **53**(4): 529-536.
- Yokoyama, A. and Park, H.D., (2002) Mechanism and Prediction for Contamination of Freshwater Bivalves (Unionidae) with the Cyanobacterial Toxin Microcystin in Hypereutrophic Lake Suwa, Japan. *Environmental Toxicology*, **17**(5): 424-433.