

남해안에 서식하는 왕우럭 (*Tresus keenae*)의 생식주기

김대희 · 임한규* · 민광식 · 장영진* · 김태익
국립수산진흥원 남해수산종묘배양장, *부경대학교 수산과학대학 양식학과

Reproductive Cycle of Surf Clam (*Tresus keenae*) in Southern Coast of Korea

Dae Hee KIM, Han Kyu LIM*, Kwang Sik MIM, Young Jin CHANG* and Tae Ik KIM

Namhae Hatchery, National Fisheries Research and Development Institute, Namhae 668-820, Korea

*Department of Aquaculture, Pukyong National University, Pusan 608-737, Korea

Gametogenesis, reproductive cycle, condition factor, and meat weight rate of the surf clam, *Tresus Keenae* were studied by histological observations and morphometric data based on the samples which have been collected from the south coast of Korea, from January 1995 to February 1996. The annual ranges of the mean seawater temperature and specific gravity in habitat of the surf clam were 4.9~24.9°C and 1.0210~1.0266, respectively. Monthly changes in the condition factor showed in a wide range from 0.2381 to 0.2827, began to increase in January and reached the first maximum (0.2827) in April. And then the value rapidly decreased in June, thereafter, reached the second peak (0.2812) in August. The condition factor of this species showed the two peaks, and gonadal development reached sexually mature and ripe conditions during the period of these two peaks. The meat weight rate ranged from 38.0% to 46.4%, and its change showed a similar tendency with the condition factor. The reproductive cycle of this species can be divided into five successive stages: in both sex, multiplicative (December to January, July to August), growing (January to February, September to October), mature (February to April, September to November), spawning (April to June, September to November), and degenerative and resting stage (May to July, November to January).

Key words: surf clam, *Tresus keenae*, reproductive cycle, gonadal development

서 론

왕우럭 (*Tresus keenae*)은 개랑조개과 (Mactridae), 왕우럭속 (*Tresus*)에 속하는 비부착성 대형 조개로 우리나라 남해안의 거제, 사천, 남해 및 여수 연안에 서식한다. 일반적으로 키조개나 개조개와 함께 살고 있는 경우가 많아서 전적으로 잠수부에 의해서 어획되지만, 우리나라에서 어획되는 양은 많지 않다. 왕우럭은 맛이 좋아 대부분 일본으로 수출되는 고가의 조개이지만, 어미로 성장하기까지 3년 이상이 걸리고, 현재는 남획으로 인하여 자원 자원이 점차 감소하고 있는 실정이다. 최근, 자원조성이나 양식을 위한 왕우럭의 인공종묘 생산이 시도되고 있지만, 생태나 번식에 관한 기초자료의 부족으로 많은 제약을 받고 있다. 지금까지 보고된 왕우럭을 대상으로한 연구는 모패축양 (大橋 · 山本, 1986), 채란적기 판정 (Hamamoto and Oobayashi, 1985), 유생이나 치패사육 (大橋 · 山本, 1986; 大橋 · 山本, 1987) 및 산란유발 (秋山, 1966) 등에 관한 내용으로 모두 일본에서 보고된 것들이고, 국내에서의 연구는 거의 찾아볼 수 없다.

왕우럭의 인공종묘 생산을 위한 국내의 자료가 거의 전무한 실정이므로 본 연구에서는 우선 남해안에 서식하는 왕우럭의 자원 증식 및 인공종묘생산을 위한 기초자료인 산란기, 생식소 발달과정 및 생식주기를 조사하였기에 보고한다.

재료 및 방법

실험에 사용된 왕우럭은 경남 거제군 장목면 연안에서 잠수부에 의해 어획된 것을, 1995년 1월부터 1996년 2월까지 매월 1회 또는 2회씩 조사하였다. 각 개체는 각장 (SL), 각고 (SH), 각폭 (SW)을 vernier caliper로 0.1 mm까지 측정하고, 전중 (TW)과 연체부중량 (MW)을 0.1 g까지 측정하여, 비만도[CF=MW/(SL×SH×SW)×1000]와 연체부중량비 (MWR=MW×100/TW)를 계산하였다. 측정후 적절한 생식소는 Bouin 용액에 고정하여 조직표본 제작에 사용하였다. 생식소는 상법에 따라 5~7 μm의 연속절편을 만들고, Harris's haematoxylin과 0.5% eosin으로 이중염색하였다. 난경과 핵경은 인이 명확히 관찰되는 난모세포만을 골라 매월 100개씩 현미경과 연결된 컴퓨터에서 화상분석프로그램 (Copyright Matrox Electronic Systems Ltd, Canada)을 이용하여 측정하였다. 생식소의 발달 단계는 Chang et al. (1985)의 방법에 따라 분열증식기 (Mu), 성장기 (G), 성숙기 (M), 산란기 (S) 및 퇴화 및 휴지기 (D)의 5단계로 구분하였고, 왕우럭의 생식주기와 환경요인을 서로 비교하기 위하여 채집 수역의 수온과 비중을 조사하였다.

결 과

왕우럭이 서식하는 수역의 월별 수온과 비만도의 변화는 Fig. 1과 같다. 수온 변화는 4.9~24.9°C로, 3월 이후부터 서서히 증가하여 8월에 24.9°C로 가장 높았으며, 이후 이듬해 2월까지 서서히 감소하였다. 월별 비중의 변화는 수온 변화와 상반된 경향으로 수온이 가장 높았던 8월에 1.0210으로 가장 낮았다. 비만도는 0.2381~

본 논문은 국립수산진흥원 수산시험연구비 (1995)의 지원에 의해 수행되었음.

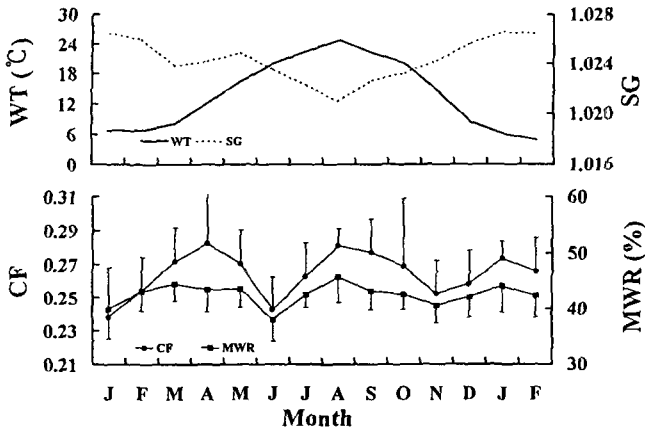


Fig. 1. Monthly changes in WT (water temperature), SG (specific gravity), CF (condition factor) and MWR (meat weight rate) of the surf clam (*Tresus keenae*).

0.2827로 1월부터 서서히 높아져 4월에 0.2827 ± 0.0312 로 최고값을 보였다가 6월까지 급격히 낮아진 후 다시 높아지기 시작하여 8월에 0.2812 ± 0.0142 까지 높아진 후 다시 낮아졌다. 즉, 비만도는 4월과 8월에 각각 두 번의 정점을 보였다. 연체부중량비의 월별 변화는 38.0%~46.4%로 비만도의 변화와 비슷한 경향으로 역시 두 번의 정점을 보였으나, 변화의 폭은 크지 않았다 (Fig. 1).

왕우럭의 생식세포와 생식세관의 형태적 변화에 따라 구분한 생식소 발달과정은 5단계로 구분되었다 (Fig. 2). 분열증식 전기 (Fig. 2-Mu1)에는 생식상피에 난원세포가 증식되어 있으나 소수에 지나지 않는다. 난원세포의 핵과 인은 뚜렷하게 관찰되었지만, 세포질은 매우 빈약하여 핵이 차지하는 면적에 비해 매우 좁았다.

정소 세관들 사이에서는 결합조직들이 발달해 있었고, 세관상피에는 소수의 정원세포가 관찰되었다. 분열증식 후기 (Fig. 2-Mu2)에는 점차 난원세포의 수가 증가하였다. 이시기에 정소에서도 정원세포가 분열증식에 의해 그 수가 점차로 증가하였다. 성장 전기 (Fig. 2-G1)의 난소 소낭은 아직 비어 있었으며, 난모세포는 점차 성장하여 세포질이 채워지기 시작하였고 세포질이 차지하는 면적이 핵과 비슷하게 되었다. 정소 세관의 상피에는 정원세포가 발달하여 정모세포가 형성되었다. 성장 중기 (Fig. 2-G2)의 난모세포는 세포질이 충실해지면서, 생식상피에 난병을 부착한 채 난소 소낭의 내강으로 성장해 나간다. 난소 소낭내에 난모세포가 차지하는 비율은 80%를 넘었다. 정소 세관내의 빈 공간은 대부분이 정모세포로 채워졌다. 성장 후기 (Fig. 2-G3)의 난모세포는 난병을 달고 있으나 상당히 성장하여 난소 소낭의 대부분을 채우고 있으며 소낭의 내부에는 등근 모양의 난모세포가 관찰되었다. 정소에서는 세관을 채우고 있는 대부분의 정모세포 사이에서 정세포가 출현하였다. 성숙 전기 (Fig. 2-M1)에 있는 난소 소낭의 내부는 난모세포로 가득차 있었고, 난모세포의 모양은 대부분이 등근 모양 또는 타원형이었다. 난소 소낭이 차지하는 단면적이 좀더 커진 반면 난소 소낭내 결합조직은 감소하였고 생식상피도 얇아졌다. 정소에서는 세관상피로부터 안쪽의 내강을 향하여 정원세포, 정모세포 및 정세포가 층을 이루듯 배열되었다. 정소 세관의 중앙에는 변태가 끝난 정자들이 출현하며, 정자로 변태중인 정세포도 다수 관찰되었다. 성숙 후기 (Fig. 2-M2)의 난모세포는 완전히 성숙하여 젤라틴질로 싸여 있었다. 세포질은 많은 수의 난황과립으로 채워져 있었고, 난소 소낭의 단면적은 연중 최대로 확장되어 있었다. 정소 세관은 변태를 마친 정자로 가득 채워져 있었으며, 세관의 중앙에는 물결모양을 이룬 정자배열이 관찰되었다. 방란 방정 전기

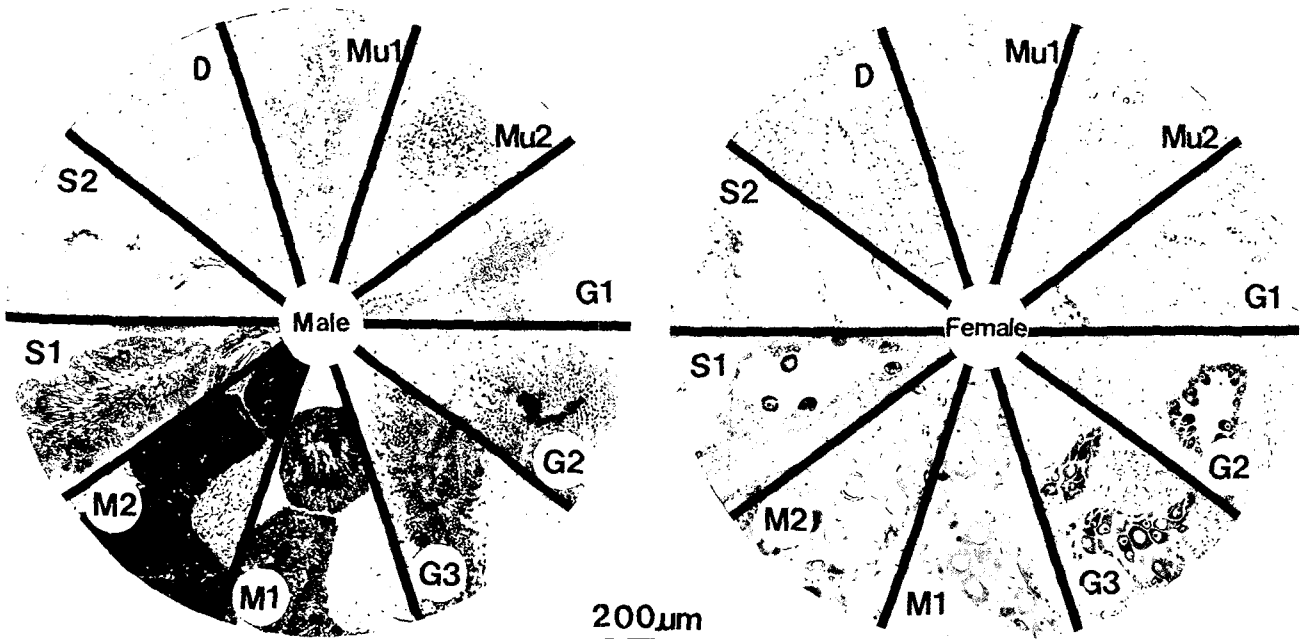


Fig. 2. Histological identification of the gonadal stages of the surf clam (*Tresus keenae*). Mu: multiplicative stage, G: growing stage, M: mature stage, S: spawning stage, D: degenerative and resting stage.

(Fig. 2-S1)에는 난소 소낭내 성숙한 난모세포가 방출되어 난소 소낭은 부분적으로 비워지기 시작하였고 일부 미 방출된 잔존 난모세포들이 관찰되었다. 정소의 경우는 정소 세관내 정자의 체외 방출에 의해 성숙후기에 관찰되었던 물결 모양의 정자배열이 흐트러지고, 세관내에 빈 공간들이 형성되기 시작하였다. 방란 방정 후기 (Fig. 2-S2)에는 대부분의 성숙 난모세포가 방출되고 난소 소낭은 좀더 위축되었다. 그러나 소낭내에는 미 성숙된 난모세포와 미 방출된 성숙 난모세포가 관찰되었으며, 세포붕괴가 일어나기 시작하였다. 정소 세관을 채웠던 정자들은 대부분 방출되었고 세관의 안쪽 공간은 대부분 비워지기 시작하였다. 방란 방정후 미 방출된 소수의 잔존 난모세포와 소량인 정자들의 세포붕괴 및 퇴화흡수가 일어났다. 그후 난소 소낭과 정소 세관은 텅비어있고 그 주위에 결체조직이 가득 채워진 퇴화 및 휴지기 (Fig. 2-R)의 조직상을 상당기간 보였다.

난모세포의 평균 직경은 4월이 $36.7 \pm 13.2 \mu\text{m}$ 였으며, 이후 8월 까지 점차 작아졌다가 9월부터 커지기 시작하여 10월에 평균 $43.5 \pm 10.3 \mu\text{m}$ 까지 증가하였다. 4월에 관찰된 난모세포는 $15.9 \sim 64.3 \mu\text{m}$ 크기로, 이중 62%가 $30 \mu\text{m}$ 이상이었으나, 산란이 진행된 5월에는 난모세포중 15%만이 $30 \mu\text{m}$ 이상이였다. 그러나 6월부터 난모세포의 크기가 급격히 작아져 가장 컸던 것이 $48.7 \mu\text{m}$ 였으며 7월에는 대부분의 난모세포가 $20 \mu\text{m}$ 이하였다. 이후 난모세포의 크기는 다시 점차 커져 9월에는 11%의 난모세포가 $40 \mu\text{m}$ 이상이였으며 10월에는 $40 \mu\text{m}$ 이상의 난모세포가 70% 이상을 차지하였다 (Fig. 3).

왕우럭에서 생식소의 발달단계는 산란기가 1년에 두 번씩 출현하였다. 퇴화 및 휴지기의 난소를 가진 개체가 출현하는 기간은 5~7월과 10~2월로, 6월과 12월에 각각 76.9%와 93.3%로 출현 빈도가 많았다. 분열증식기의 난소를 가진 개체는 7월과 8월 및 12~2월에 출현하였으며, 7월에 66.7%였던 것이 8월에 85.7%로 증가하여 대부분의 개체가 분열증식기의 조직상을 보이고 있었으나, 12~2월에는 10% 미만으로 출현빈도가 낮았다. 성장기의 난소를 가진 개체는 7~10월 및 1월과 2월에 나타났으며, 9월과 1월 및 2월에는 전체 개체중 50% 이상이 성장기의 난소로 출현 빈도가 높았다. 성숙기의 난소 조직상은 4월에 29.4%, 9~11월에 21.4~48.3%가 관찰되었다. 왕우럭에서 산란기의 조직상은 4~6월과 9~11월에 주로 관찰되었다. 특히 4월과 5월에는 65.0% 이상이 산란기의 조직상을 보였으며, 11월에도 50.0%로 출현빈도가 높았다 (Fig. 4).

정소에서 퇴화 및 휴지기의 조직상이 출현하는 기간은 암컷과 비슷하여 5~8월과 10~1월이었고, 7월부터 분열증식기의 정소를 가진 개체가 출현하여 8월에는 50.0%가 분열증식기였으며, 1월에도 분열증식기의 정소를 가진 개체가 관찰되었다. 성장기의 조직상을 보인 개체가 출현하는 기간은 9월과 10월 및 1월과 2월이었으며, 성숙기의 정소를 가진 개체는 7월부터 나타나기 시작하여 이듬해 2월까지 12월을 제외하고는 모든 달에서 출현하였다. 4월에는 모든 개체가 산란기였으며, 6월까지 산란기의 조직상을 보인 개체가 50% 이상이었고, 9~12월도 26.3~59.1%로 비교적 높은 출현빈도를 보였다 (Fig. 4).

고 찰

왕우럭의 생식소는 소화맹낭과 족부 근육사이에 위치하고 있어 Mackie (1984)가 언급한 조개류의 일반적인 생식소 구조를 가

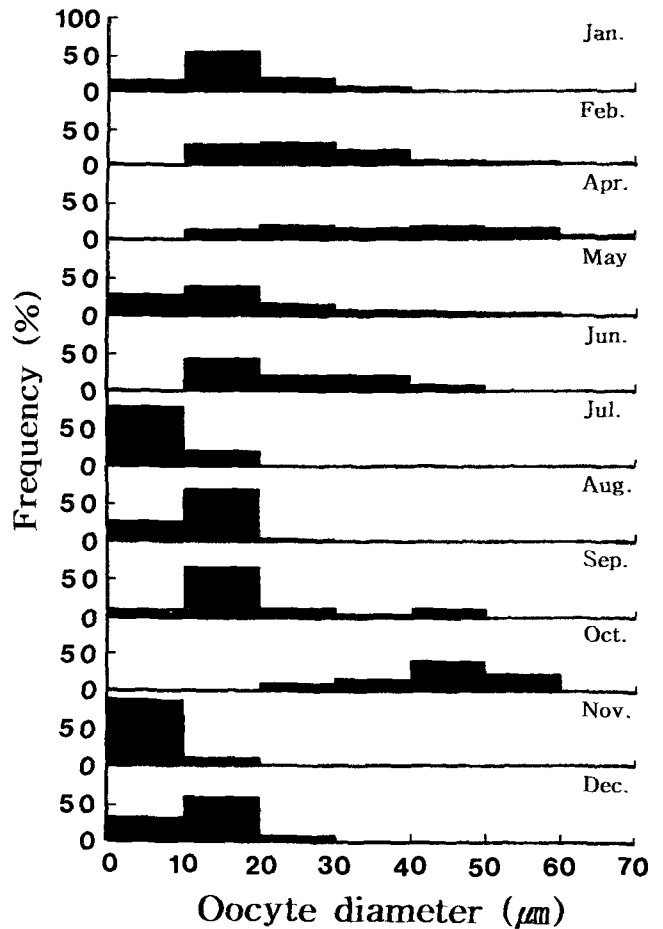


Fig. 3. Relative frequency distribution of the oocyte diameter of the surf clam (*Tresus keenae*).

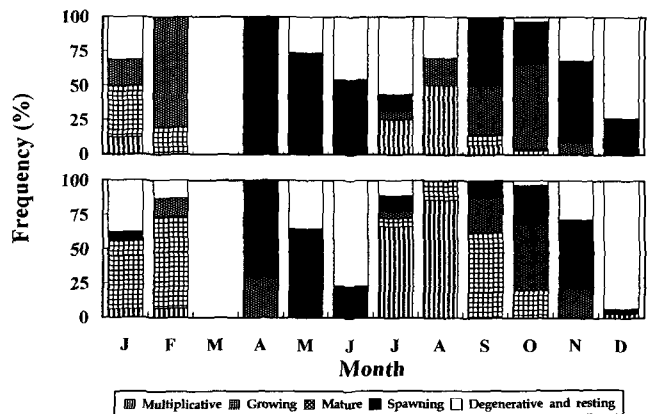


Fig. 4. Frequency of gonadal phases of female and male surf clam (*Tresus keenae*). Upper: male, Lower: female.

Table 1. Comparison of the spawning period of bivalves in each locality

Species	Locality (latitude)	Spawning period	Reference
<i>Atrina pectinata japonica</i>	Yoja Bay (34°N)	May~June	Yoo and Yoo, 1984
<i>Fulvia mutica</i>	Gamak Bay (34°N)	June~July, September	Chang and Lee, 1982
<i>Mactra sulcataria</i>	Keum River estuary (36°N)	June~July	Kim et al., 1985b
<i>Mactra chinensis</i>	Keum River estuary (36°N)	May~September	Chung et al., 1987
<i>Solen strictus</i>	Pusan (36°N), Kunsan (35°N)	June, July	Chung et al., 1986
<i>Spisula sachalinensis</i>	Chumunjin (38°N)	June~July	Lee et al., 1997
<i>Ruditapes philipinarum</i>	Gimje-gun (36°N)	July~August	Chung et al., 1994

지고 있었다. 생식소는 암컷이 등황색, 수컷이 유백색으로 녹색을 띤 소화낭과는 구별되었다.

조개류의 산란기를 추정하는 방법으로는 GSI 조사 (Kawamata, 1983)나 생식소의 조직학적 관찰 (Chang and Lee, 1982; Chang et al., 1997)과 같은 직접적인 방법과 부유유생의 출현량 조사 (Kim et al., 1985a; Yoo et al., 1988a; Yoo et al., 1988b)나 비만도와 육중비 조사 (Hamamoto and Oobayashi, 1985)에 의한 간접적인 추정 방법이 있다. 본 연구에서는 월별 비만도의 변화에 의해 산란기를 간접적으로 추정하였고, 생식소의 발달단계를 조직학적으로 관찰하여 정확한 왕우력의 생식주기를 조사하였다.

월별 비만도와 연체부중량비는 수온이 상승하기 시작하는 4월과 연중 평균 수온이 가장 높았던 8월에 높았다 (Fig. 1). 이것은 왕우력의 산란기가 1회 이상인 것을 시사하는 것으로 일본 山口縣 宇部岬沖·本山岬沖에서 채집된 왕우력의 산란기가 11~4월 (성기 12~3월)로 연중 1회뿐인 것과 차이를 보였다. 그리고 월별 연체부중량의 변화에서도 10월에 연체부중량비가 48.4%로 최고값을 보였으며, 이듬해 4월에 39.7%로 최저값을 보였다 (龜山, 1963). 香川縣에서도 1982년과 1983년에 香川縣 丸龜市와 小豆都豊島에서 채집한 어미를 유수식으로 사육한 결과, 연체부중량비는 11월에 35% 전후로 높았던 것이 이듬해 2월에 약 23%로 낮아졌으며, 11~1월에 절개법으로 인공수정을 실시하였다 (Hamamoto and Oobayashi, 1985). 그러나 본 연구의 경우 5월과 11월의 생식소 조직표본에서 방란 방정중인 개체가 다수 관찰되었고, 이 시기에 절개법으로 인공수정을 하였을 때 성공적으로 수정이 이루어짐을 감안할 때 산란기는 년 2회일 것으로 추정되었다. 월별 난경 분포의 변화도 4, 5, 10월에 50 μ m 이상의 난모세포가 다수 출현하였다. 이처럼 조개류의 산란기가 연중 2회 이상 보고된 경우는 여수 근해에서 채집한 새조개의 경우 수온이 20°C 전후인 5~10월이 산란기로 그 성기는 6~7월과 9월이었다 (Chang and Lee, 1982).

해산 무척추동물의 생식주기를 지배하는 환경요인으로 수온, 광주기, 염분 및 먹이 등을 들 수 있다 (Giese, 1959). 새조개는 수온이 상승하는 3~4월 이후부터 성숙 난모세포가 관찰된 바 있고 (Chang and Lee, 1982), 한류성 조개인 북방대합도 수온이 상승하는 3월 이후부터 난모세포의 급격한 성장이 이루어졌다 (Lee et al., 1997). 그러나 같은 한류성 조개류인 참가리비의 성숙은 수온 하강과 함께 촉진되었다가 수온이 상승하는 4월부터 산란이 이루어져 (Chang et al., 1997), 같은 해역에 서식하는 조개라도 종의 특성에 따라 환경요인에 반응하는 양상이 다른 것으로 생각된다. 본 연구의 왕우력 채취해역에서 조사된 수온은 뚜렷한 계절변화

를 보이고 있었다. 따라서 다른 조개의 경우와 비교해 볼 때 수온이 왕우력의 배우자 형성과정에 영향을 미치는 중요한 요인으로 생각된다. 왕우력과 같이 잠입하는 조개류중 국내에 서식하는 종들의 산란기를 살펴보면 Table 1과 같이 서식하는 수역에 따라 약간의 차이는 있지만 종에 관계없이 수온이 상승하는 5월 이후부터 산란이 시작한다는 공통점이 있었다. 따라서 수온변화가 큰 천해역에 서식하는 잠입성 조개류의 산란기는 수온에 가장 크게 영향받는 것으로 생각된다.

서식수역의 환경요인과 왕우력의 비만도, 월별 난경분포 및 생식소의 조직학적 관찰 결과를 종합해 볼 때 왕우력의 산란기는 4~6월과 9~11월로 추정되었다.

요 약

남해안에 서식하는 왕우력의 산란기를 파악하기 위하여 생식소 발달과정과 생식주기를 조사하였다. 생식소 성숙에 영향을 미치는 왕우력 서식 수역의 월별 평균수온은 4.9~24.9°C 였으며, 비중의 월별 변화는 1.0210~1.0266이었다. 월별 비만도의 변화는 0.2381~0.2827로 1월부터 서서히 높아져 4월에 0.2827로 최고값을 보였다가 6월까지 급격히 낮아진 후 다시 높아져 8월에 0.2812가 된 후 낮아졌다. 비만도는 각각 두 번의 정점을 나타냈으며, 이 정점에서 생식소도 최대로 발달하는 경향을 보였다. 월별 연체부중량비는 38.0%~46.4%로 비만도의 월별 변화와 같은 경향이었다. 난모세포의 평균 직경은 4월이 36.7 \pm 13.2 μ m로 커졌으며, 이후 8월까지 점차 작아졌다가 9월부터 다시 커지기 시작하여 10월에 평균 43.5 \pm 10.3 μ m까지 증가하였다. 생식소의 조직상, 비만도 및 월별 난경의 변화를 종합하여 본 남해안산 왕우력의 생식주기는 분열증식기 12~1월과 7~8월, 성장기 1~2월과 9~10월, 성숙기 2~4월과 9~11월, 산란기 4~6월과 9~11월 및 퇴화 및 휴지기 5~7월과 11~1월이었다.

참 고 문 헌

- Chang, Y.J., H.K. Lim and Y.J. Park. 1997. Reproductive cycle of the cultured scallop, *Patinopecten yessoensis* in eastern waters of Korea. J. Aquacult., 10, 133~141 (in Korean).
- Chang, Y.J., K. Mori and T. Nomura. 1985. Studies on the scallop, *Patinopecten yessoensis*, in sowing cultures in abashiri waters- Reproductive periodicity. Tohoku J. Agr. Res., 35, 91~105.

- Chang, Y.J. and T.Y. Lee. 1982. Gametogenesis and reproductive cycle of the cockle, *Fulvia mutica* (Reeve). Bull. Korean Fish. Soc., 15, 241~253.
- Chung, E.Y., D.K. Ryou and J.H. Lee. 1994. Gonadal development, age and growth of the shortnecked clam, *Ruditapes philippinarum* (Pelecypoda: Veneridae), on the coast of Kimje, Korea. Korean J. Malacol., 10, 38~54.
- Chung, E.Y., H.B. Kim and T.Y. Lee. 1986. Annual reproductive cycle of the jackknife clams, *Solen strictus* and *Solen gordonis*. Bull. Korean Fish. Soc., 19, 563~574 (in Korean).
- Chung, E.Y., Y.G. Kim and T.Y. Lee. 1987. A study on sexual maturation of hen clam, *Macra chinensis philippi*. Bull. Korean Fish. Soc., 20, 501~508.
- Giese, A.C. 1959. Comparative physiology. Annual reproductive cycles of marine invertebrates. Ann. Rev. Physiol., 21, 547~576.
- Hamamoto, S. and T. Oobayashi. 1985. The suitable time for taking eggs and some problems in breeding the larvae of shell, *Tresus keenae* (Kuroda et Habe). Bull. Kagawa Pref. Fish. Exp. Stn., 22, 1~9 (in Japanese).
- Kawamata, K. 1983. Reproductive cycle of the scallop, *Patinopecten yessoensis* (Jay), planted in Funka Bay, Hokkaido. Bull. Hokkaido Pref. Fish. Exp. Stn., 25, 15~20 (in Japanese).
- Kim, B.K., T.S. Ko, H.I. Song, S.D. Lee and S.Y. Kim. 1985b. Study on the spawning and growth of hen clam, *Macra sulcataria* (Reeve). Bull. Fish. Res. Dev. Agency, 34, 157~164 (in Koeran).
- Kim, Y., M.S. Park and S.D. Lee. 1985a. Occurrence and growth of pen shell, *Atrina pectinata* (Reeve) larvae in Yeoja Bay. Bull. Fish. Res. Dev. Agency, 34, 165~170 (in Koeran).
- Lee, J.Y., Y.J. Chang and C.S. Lee. 1997. Reproductive cycle of surf clam, *Spisula sachalinensis*. J. Korean Fish. Soc., 30, 132~138 (in Korean).
- Mackie, G.L. 1984. The mollusca. Vol. 7 Reproduction. 5. Bivalves, Academic press, London, 351~417.
- Yoo, S.K., H.S. Lim, H.Y. Ryu and K.H. Kang. 1988b. Improvement of the seed production method of the pen shell. The occurrence of larvae and the early growth of the spat. Bull. Korean Fish. Soc., 21, 206~216 (in Korean).
- Yoo, S.K., K.H. Kang and D.Y. Lee. 1988a. Occurrence and survival rate of the larvae of sea mussel, *Mytilus edulis*. Bull. Korean Fish. Soc., 21, 35~41 (in Korean).
- Yoo, S.K. and M.S. Yoo. 1984. Studies on the pen shell culture development (I). Reproductive ecology of pen shell in Yoja Bay. Bull. Korean Fish. Soc., 17, 529~535 (in Korean).
- 龜山展志. 1963. ミルクイ *Schizothaerus keenae* (Kuroda et Habe)の増殖學的研究, 第2報, 生態と蓄養, 山口内海水試調研業績, 13, 61~70.
- 大橋裕・山本翠. 1986. 昭和59年度ミルクイガイ種苗生産試験. 山口縣内海栽培漁業センタ-報告, 昭和59年度, 54~63.
- 大橋裕・山本翠. 1987. 昭和60年度ミルクイガイ種苗生産試験. 山口縣内海栽培漁業センタ-報告, 昭和60年度, 47~60.
- 秋山展示. 1966. ミルクイガイ幼生の水槽飼育について. 水産増殖, 14, 151~156.

1999년 3월 3일 접수

1999년 9월 17일 수리