

흔한가리비, *Chlamys nobilis*의 자극방법별 산란유발 효과와 난 발생에 미치는 수온의 영향

원승환 · 한석중

국립수산과학원 남해수산연구소 북제주수산종묘시험장

Effects of Various Stimulants on Spawning Induction and Early Development at Different Water Temperatures in the Noble Scallop, *Chlamys nobilis*

Seung-Hwan Won and Seock-Jung Han
Bukjeju Marine Hatchery, NFRDI, Jeju 695-830, Korea

We examined the effects of stimulants including sunlight and UV-irradiation on the spawning induction and early development of the noble scallop, *Chlamys nobilis*. The sunlight stimulation resulted in much faster spawning induction (100% success within 40 minutes) compared to UV-irradiation (100% success within 70 minutes). Early development of the scallop larva took place between 15°C to 30°C. The time to reach the early D-shaped stage was 63.5, 31.5, 18.5 and 17.0 hours at 15, 20, 25 and 30°C, respectively. The correlations between the water temperature-(WT) regimes and the time (t) required for each developmental stage are as follows.

2 cell stage: $1/t=0.0606WT-0.6194$ ($r^2=0.9791$)
8 cell stage: $1/t=0.0304WT-0.3453$ ($r^2=0.9941$)
Morula: $1/t=0.0100WT-0.1049$ ($r^2=0.9663$)
Trochophore: $1/t=0.0058WT-0.0618$ ($r^2=0.9848$)
D-shaped larva: $1/t=0.0030WT-0.0282$ ($r^2=0.9731$)

These correlations indicated that the biological minimum temperature of the species is around 10.44°C. The highest survival rate up to D-shaped larva at different water temperature was observed at 25°C.

Keywords: Noble scallop, *Chlamys nobilis*, Spawning stimulation, Egg development

서 론

흔한가리비, *Chlamys nobilis*는 가리비과(Pectinidae)에 속하는 아열대성의 품종으로 제주남부와 일본 중부이남에 주로 분포하고, 조간대 아래 수심 10 m 근방의 바위에 붙어산다. 방사능은 20~22개로 크기가 고르고, 방사능 위에 작은 비늘들이 나란히 배열한다. 최대성장은 각장 133 mm 각폭 40 mm 이른다. 또한 이종은 식용으로서 가치가 높으며 굴과는 달리 연중 식용이 가능하여 양식품종으로 개발시 산업화의 가능성이 있는 품종이나 양식을 위해서는 종묘생산 기술개발이 필수적이고, 그 중에서도 산란유발과 유생사육은 가장 기초적인 항목이라 할 수 있다.

일반적으로 패류의 산란유발은 원시복족목(전복이나 소라포

합) 이외의 복족류는 기본적으로 교미를 행하지만 이매패류는 체외수정을 하고(降島·羽生, 1989; Lee et al., 1997; Lee et al., 2002), 근년 전복류에 공통으로 산란유발효과가 인정된 자외선 조사해수 자극법은 이매패류 일부 종에서도 유효한 것으로 보고하고 있다(菊地·浮, 1974; 浮·菊地, 1974).

국내 이매패류 유용종에 대한 산란유발시험결과 비단가리비 종묘생산연구에서는 간출·온도자극에 화학자극(serotonin)을 병행했을 때 90.6%로 가장 높았고(Na et al., 1995), 해가리비, *Amusium japonicum japonicum*와 해만가리비, *Argopecten irradians*에 있어서는 5~6°C의 수온상승자극법이 유효하다고 서술하였다(Son et al., 1998, Oh, 2000).

또한 코끼리조개, *Panope japonica*에서는 간출자극, 자외선 조사해수자극, 생식소절개, NH₄OH용액 해수첨가자극 등의 방법에서 생식소절개자극 방법이 가장 유효하였고(Lee et al., 1997), 북방대합, *Spisula sachalinensis*의 경우는 절개법에 의한 방법

*Corresponding author: shwonaqua@hanmail.net

으로 종묘생산 연구가 이루어졌다(Lee et al., 2002).

패류의 인공종묘생산을 위해서는 수정에서 유생단계까지의 초기 성장과 생존율이 중요하고 종묘생산 기간 중 먹이를 필요로 하지 않는 난 발생 및 부화단계에서는 수온과 염분 등의 환경요인에 따라 유생의 생존율이 달라진다(Immai, 1953). 또한 이때패류 유생 발생속도에 관한 연구는 단일 수온 조건 하에서의 발생에 미치는 수온의 영향을 파악한 연구가 있으나(Lee et al., 1996), 최근에의 이상 기온현상과 수계의 불안정으로 단일 수온조건 하에서의 연구로는 효과적인 발생방법을 밝히기 어려워 산업화의 가능성이 있는 크기리조개(Lee and Rho, 1997), 북방대합(Lee et al., 2002) 등에 대해서는 다양한 수온에서의 난 발생을 파악하여 종묘생산시 직접적인 도움이 가능하게 하였다.

따라서 이 연구는 흔한가리비의 효율적인 인공종묘생산 기술개발을 위한 기초자식을 얻고자 흔한가리비 모패의 자극방법별 산란유발 효과와 난 발생에 미치는 수온의 영향에 대하여 조사하였다.

재료 및 방법

실험모패 및 사육환경

본 연구에 사용한 흔한가리비 어미는 2001년 4월에 일본 大分縣으로부터 이식한 후 6월부터 남제주군 남원읍 지귀도 인근에서 수하양성중인 것을 채집하여 사용하였고, 크기는 평균 각장 87.7 ± 2.2 mm 평균 각고 89.2 ± 2.3 mm 및 평균 전중량 123.7 ± 12.1 g으로 채집 후 FRP 사각수조에서 사육하였다. 실내사육시 사육수온은 자연수온 18°C 에서 실내사육수조로 입식 후 서서히 상승시켜 $20 \pm 1^\circ\text{C}$ 에서 사육하였고, 산란기에 외부 자극 및 스트레스를 최대한 줄이기 위해 실내를 어둡게(10 lux 이하) 하였다. 먹이는 식물성 플랑크톤을 실내에서 배양한 후 먹이로 공급(*Chaetoceros calstrans*, *Isochrysis galbana*, *Pavlova lutheri*, 3종 혼합)하였고, 공급밀도는 30,000~50,000 cell/ml/일이었다. 실험모패 개체수는 각 산란유발자극 방법별로 암, 수 10마리씩 선별하여 조사하였다.

산란유발 및 산란량 조사

산란유발자극방법 실험에서 햇빛노출자극방법은 햇빛이 잘 드는 실외에 2 L 용량, 10개의 비이커에 충분한 양의 해수와 가리비를 각각 한 마리씩 수용하였고, 자외선 조사해수자극방법은 실내에서 같은 용량의 비이커에 자외선 조사해수를 넣어 조사하였고, 간출자극은 그늘에서 30분 정도 간출 후 다시 해수에 수용하였으며, 수온상승자극방법은 실내에서 30~40분 동안에 인위적으로 수온을 $6.0 \pm 1.0^\circ\text{C}$ 상승시켜 산란여부를 조사하였다.

자극방법별 산란반응시간은 실험개시 후 산란반응을 보이는 최초시간까지를 측정하였으며, 산란반응률은 산란반응을 보이는 개체수의 비율을 계산하였다.

산란량 조사는 산란 완료 후 깨끗한 해수로 3~5회 세란하여, 1,000 ul 용량의 마이크로 피펫을 사용하여 피펫내의 난수를 현미경하에서 3회 계수하여 평균을 해수용적에 곱하여 계산하였다. 수정률의 계산은 수정 후 4세포기까지 난할이 발달한 상태에서의 알을 계수하여 판정하였다.

수정 및 발생소요시간

수온에 따른 난 발생 조사는 직사광선노출방법에 의해 산란시킨 후 인공수정 하였고, 수정 시 알과 정자는 1:10,000의 비율로 하였으며, 수정 5분 후에 세란하여 각 수온별 실험구에 수용하였다.

수온에 따른 발생 소요시간의 차이를 파악하기 위하여 수정란을 5, 10, 15, 20, 25 및 30°C 의 수온으로 조절된 3 L 비이커에 ml당 50개의 밀도로 수용하여 각 발생단계에 이르기까지의 소요시간과 생존율은 30~60분 간격으로 광학현미경을 사용하여 조사하였다.

발생단계별 소요시간은 관찰된 알의 50% 이상이 발생단계에 이르는 시간으로 하였고, 답륜자와 D상 유생은 섬모로 유평하는 것을 생존한 것으로 간주하여 조사하였다.

또한 부화율(부화된 난의 수/수정된 난의 수 \times 100), D상 변태율 및 D상까지의 생존율은 각 수온구에서 발생과정 관찰 후 D상으로 완전히 변태하였다고 판단된 후에 조사하였다.

수온과 발생관계별 소요시간과의 관계식, 각 발생단계까지의 소요시간 및 적산수온과의 관계식은 Yoo and Kang (1996)에 의한 방법을 사용하였다.

결 과

산란유발

산란유발을 위한 자극방법별 모패의 반응은 햇빛노출 및 자외선 조사해수자극방법에서 암, 수 모두 100%의 반응을 보인 반면, 간출자극에서는 암컷 60%, 수컷 70%의 반응을 보였고, 수온상승자극에서는 암컷 70%, 수컷 80%의 반응을 보여 암, 수 성별에 대한 차이는 수컷이 암컷에 비해 산란반응이 빨랐다. 또한 산란반응 시간을 조사한 결과, 햇빛노출자극에서 실험개시 후 40분 이내에 암, 수 모두 산란을 보여 가장 좋은 결과를 보였다(Table 1).

또한 자극방법별에 따른 산란량은 햇빛노출자극방법에서 암컷 1마리당 산란량이 1,000~3,000천개 범위로 가장 많았고, 간출자극방법은 100~1,300천개로 가장 적은 산란량을 나타내었으나 수정률에서는 88.6%로 가장 높았다(Table 1).

난 발생

수온별 초기 발생속도를 파악하기 위한 단계는 수정란, 2세포기, 8세포기, 상실기, 답륜자기, 초기 D형 유생으로 구분하였다. 흔한가리비의 발생가능수온은 $15\sim 30^\circ\text{C}$ 로 나타났고, 각 수온

Table 1. Number of eggs spawned and fertilization rates at each stimulating treatment for spawning induction

Stimulation methods	Sex	Response times (min.)	Spawning rates (%)	Eggs (thousand/indi.)	Fertilization rates (%)
Sunlight exposure	♀	11~39	100	1,000~3,000/indi.	82.8
	♂	5~15	100	-	
UV irradiation	♀	12~56	100	500~3,000/indi.	79.3
	♂	8~17	100	-	
Air dry	♀	43~98	60	100~1,300/indi.	88.6
	♂	12~35	70	-	
Temperature rise (5~7°C)	♀	51~110	70	100~1,500/indi.	86.1
	♂	13~51	80	-	

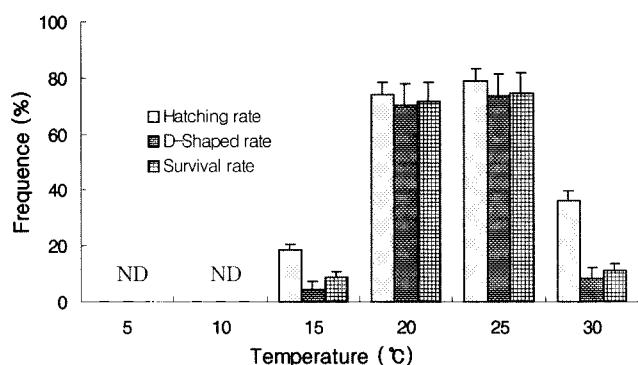


Fig. 1. Hatching, D-shaped and survival rate of fertilized eggs of *Chlamys nobilis* at different water temperatures (ND: not developed).

별 부화율, D상 변태율 및 생존율은 25°C 실험구에서 78.7, 73.6, 74.7%로 가장 높았고, 20°C구에서는 74.2, 69.9, 71.8%로 양호한 결과를 나타내었으나 15°C구는 18.8, 4.4, 8.8%이고, 30°C에서는 36.4, 8.2, 11.3%로 매우 낮은 결과를 보였다(Fig. 1).

혼한가리비 수정란의 각 수온별(15, 20, 25, 30°C) 발생속도는 수정 후 2 cell까지의 소요시간은 각각 3.0, 1.8, 1.2, 0.8 시간으로 모두 3시간 이내에 이루어졌지만 상실기까지는 각각 25.0, 9.0, 7.5, 5.0시간이 소요되었고, 초기 D상 유생에 도달하는 시간은 각각 63.5, 32.5, 19.5, 17.0 시간이 소요되어, 수온 15°C구에서 상실기 이후 발생속도가 현저히 느려졌다(Table 2).

이상의 결과를 그림으로 나타내면, 수온별 발생속도는 직선적인 관계를 보였다(Fig. 2). Fig. 2에서 X축은 수온, Y축은 시간의 역수를 나타내고, 여기에서 얻어진 발생 단계별 소요시간

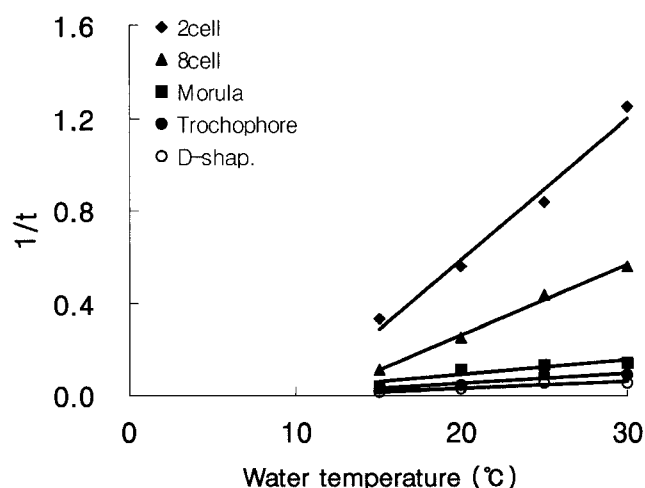


Fig. 2. Relationships between water temperature and time required to reach each development stage after fertilization of *Chlamys nobilis*. WT: water temperature, t: hour.

(t: hour)과 수온(WT: °C)과의 관계식은 다음과 같이 표시되었다.

2세포기: $1/t = 0.0606WT - 0.6194$ ($r^2 = 0.9791$)

8세포기: $1/t = 0.0304WT - 0.3453$ ($r^2 = 0.9941$)

상실기: $1/t = 0.0100WT - 0.1049$ ($r^2 = 0.9663$)

담륜자기: $1/t = 0.0058WT - 0.0618$ ($r^2 = 0.9848$)

D상유생: $1/t = 0.0030WT - 0.0282$ ($r^2 = 0.9731$)

위의 관계식을 근거로 Y축이 0일 때 X축에 접하는 수온, 즉 혼한가리비의 초기발생에 있어서 난 발생이 정지하는 생물학적 영도(biological minimum temperature)는 평균 10.44°C였다(Fig. 2).

Table 2. Relationships between water temperature and time (hour) required to reach each developmental stage from fertilized egg of *Chlamys nobilis*

Developmental stages	Water temperature (°C)					
	5	10	15	20	25	30
2 cell	ND	ND	3.0	1.8	1.2	0.8
8 cell	ND	ND	9.0	4.0	2.3	1.8
Morula	ND	ND	25.0	9.0	7.5	5.0
Trochophore	ND	ND	36.0	21.0	11.5	9.0
D-shaped larva	ND	ND	63.5	32.5	19.5	17.0

*ND: not developed

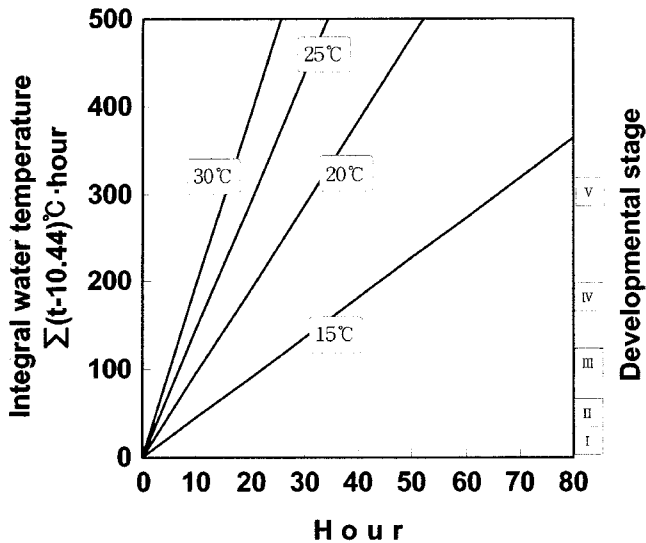


Fig. 3. Relationships between integral water temperature and time required to reach each developmental stage. I: 2cell (16 hr), II: 8cell (37 hr), III: morula stage (102 hr), IV: trochophore stage (177 hr), V: D-shaped larval stage (304 hr).

Fig. 3은 발생단계의 수온별 소요시간과 수온에 대한 회귀적 선식과 생물학적 기초수온을 이용하여 도출한 것으로서 좌측의 Y축은 각 발생수온에서 생물학적 기초수온을 뺀 수온의 시간적인 적산치이고, X축은 시간을 나타내었고, 우측의 Y축은 각 발생단계 변화를 변호로 표시하였다.

발생단계별에 따라 8 세포기, 담륜자기 및 D형 유생까지의 적산수온의 평균은 각각 37.0, 177.1, 304.2 시간으로 나타났다 (Fig. 3).

고 찰

패류의 산란유발 방법으로는 KCl 이용(岩田, 1948), NH_4OH 의 해수첨가(相良, 1958), 온도와 전기자극(岩田, 1949), 명암에 의한자극, 간출자극, 동종 또는 이종의 정자 현탁액의 첨가방법(Galtsoff, 1938) 등이 있고, 이들 중에서도 온도변화에 의한 산란유발법이 자주 이용되어 왔다(Galtsoff, 1964; Sastry, 1979).

혼한가리비에 대한 산란유발시험에 있어서 Hirata et al.(1978)은 명암자극, 간출자극, 수온상승자극 등 3가지 복합자극과 간출과 수온상승자극 병행법, 수온상승 단독자극 등에 의한 산란유발에서 87.0%, 26.7%, 0%의 산란반응률을 보고하였고, 산란량에서는 3가지 복합자극에서는 평균 4,500천개/마리, 2가지 병행에서는 1,500천개/마리로 보고하였고, Lee (1991)는 직사광선을 받은 상태에서의 간출 25분 후 산란수조에 수용시켜 산란유도를 하였을 때 60분 이내에 100% 산란하였고, 수정률은 85~90%, 평균 산란량은 3,125천개/마리로 보고하였다. 본 실험에서는 햇빛노출자극방법과 자외선 조사해수 자극법의 경우 100%의 산란유발률을 보여 Lee (1991)의 햇빛간출자극 결과와

일치 하였으며, 간출자극 산란유발률은 60%, 수온상승자극은 70%로 Hirata et al. (1978)의 병행자극보다 높았다.

또한 Hirata et al. (1978)의 수온상승 단독자극반응에서는 0%의 산란반응률을 나타내었는데 이것은 산란용 어미를 사육관리 하던 수온에서 직접 가온한 수온(3~4°C)에 수용한 방법을 이용하여 산란반응을 유도하였고 본 실험에서는 사육관리수온에서 서서히 5~7°C를 상승시킨 방법으로서 같은 수온상승자극이어도 수온에서 약 2~3°C 차이가 있었고, 수온상승방법에 있어서도 약간의 차이가 있어 이러한 상이점이 산란반응률에 영향을 미친 것으로 생각된다.

산란반응시간에 있어서는 본 실험의 경우 햇빛노출 방법을 사용하여 40분 이내로 높게 나타났고, 수정률에 있어서는 82.8%로 Lee (1991)의 결과에 비해 다소 낮게 나타났다. 또한 산란량에 있어서는 햇빛노출실험의 경우 2,600천개로 Hirata et al. (1978)의 3가지 복합자극 결과보다는 낮았지만 간출과 수온자극 병행자극 보다는 높은 결과였고, Lee (1991)의 산란 결과보다는 다소 낮은 결과였다.

수정률에서는 Tabel 1의 결과와 같이 간출자극 방법에서 88.6%로 가장 높았고 그 다음이 수온상승자극 86.1%이었고, 자외선조사해수자극 방법은 79.3%로 가장 낮은 결과를 보였다. 이러한 결과는 산란량과 연관관계가 있는 것으로 생각된다. 즉 많은 산란량을 보인 실험구에서는 비교적 낮은 수정률을 보였고 상대적으로 적은 산란량을 보인 간출자극에서 높은 수정률을 보여 산란량은 적지만 성숙상태가 좋은 양질의 난을 산란한 것으로 판단되나 이 부분에 대해서는 추가적인 연구가 필요하다고 생각된다.

본 실험의 혼한가리비에 대한 산란유발방법 결과를 산란반응률이나 산란량의 측면에서 종합해보면 Lee (1991)의 직사광선 간출 25분후 산란수조수용 산란유도방법과 햇빛노출자극방법이 유용한 것으로 판단되며 혼한가리비에 있어서는 성숙시 햇빛노출(직사광선노출)시 산란반응에 유효였으며, 다음이 자외선 조사해수 자극방법이었다.

Loosanoff (1951)와 Walne (1974)은 패류의 발생과 유생 사육시 가장 중요한 환경요인은 수온이라 하였고, Kinoshita (1989)도 유생의 부유기간이 수온에 의해 영향을 가장 많이 받는다고 하였다.

이때패류의 수정은 대부분이 난핵포가 소실된 후에 정상적인 수정과 발생이 진행되는 것으로 알려져 있으며(Loosanoff and Davis, 1963), 혼한가리비도 수란관을 거쳐 방란되면서 정자와 만났을 때 수정이 이루어지고 정상적인 발생이 시작된다.

혼한가리비의 수온별 발생실험결과 수온 5~10°C의 범위는 정상적인 발생이 이루어지지 않았고, 15~30°C의 경우는 정상적인 발생을 나타내었다. 초기발생은 대부분의 이때패류와 비슷한 과정을 거치며 변태하였고, 각 실험수온별 부화율, D상 변태율 및 생존율은 25°C 실험구에서 가장 높은 결과(Fig. 1)를 나타내어 인공종묘생산을 위해서는 단시간 내에 건강한 유생을

확보하는 것이 중요하기 때문에 25°C에서의 유생사육관리가 효과적일 것으로 생각된다.

초기 D상까지의 소요시간은 각 수온별(15, 20, 25 및 30°C)에 따라 63.5, 32.5, 19.5 및 17.0 시간으로 수온 15°C에서는 발생속도가 느리지만 수온이 높아질수록 난 발생이 빨라지는 것으로 나타났다(Table 1). 또한 다른 가리비류와의 발생속도 비교에서 수온 18°C 경우 비단가리비, *Chlamys farreri*는 40시간(박, 2002)으로 유사한 결과를 보였고, 해가리비, *Amusium japonicum japonicum*는 수온 20°C에서 45시간(Son et al., 1998), 해만가리비, *Argopecten irradians*는 수온 24°C에서 28 시간(오, 2000)으로 혼한가리비가 다소 빠른 결과를 나타냈다. 또한 D상까지의 생존율에 있어서는 비단가리비 수온 20°C에서 60.5%, 해가리비 수온 20°C에서 10.4~25.2%, 해만가리비 수온 24°C일 때 25.2%였고 혼한가리비는 수온 20°C일 때 71.8로 다른 가리비류보다 D상까지의 생존율이 높게 나타났다.

수온과 각 단계별 경과시간과의 관계에서 혼한가리비의 난 발생이 정지하는 생물학적 영도는 평균 10.44°C로 계산되어(Fig. 2), 한대성인 코끼리조개, *Panope japonica* 3.82°C (Lee and Rho, 1997)나, 북방대합, *Spisula sachalinensis* 5.5°C (Lee et al., 2002)보다 높게 나타났고, 온대성인 바윗굴, *Crassostrea nippona* 10.96°C (Yoo and kang, 1996)과는 비슷한 수온에서 발생이 이루어지는 종으로 판단된다.

요 약

혼한가리비, *Chlamys nobilis*의 산란유발 및 종묘생산을 위한 생물학적 기초자료를 얻고자 자극방법별 효과와 난 발생에 미치는 수온의 영향에 대하여 조사하였다.

산란유발방법으로는 햇빛노출자극방법이 자극 후 40분 이내 100%의 반응을 보여 반응시간이 가장 빨랐고, 그 외 자외선 조사해수자극방법에서도 70분 이내 100%의 반응으로 양호한 결과를 나타냈다.

발생 가능수온은 15~30°C로 나타났다. 또한 초기 D상 유생에 도달하는 시간은 15, 20, 25 및 30°C에서 각각 63.5, 31.5, 18.5 및 17.0 시간이 소요되었다.

수온(WT: °C)과 각 발생 단계별 소요시간(t: time)의 관계식은 다음과 같다.

$$2\text{세포기: } 1/t = 0.0606WT - 0.6194 \quad (r^2 = 0.9791)$$

$$8\text{세포기: } 1/t = 0.0304WT - 0.3453 \quad (r^2 = 0.9941)$$

$$\text{상실기: } 1/t = 0.0100WT - 0.1049 \quad (r^2 = 0.9663)$$

$$\text{담륜자기: } 1/t = 0.0058WT - 0.0618 \quad (r^2 = 0.9848)$$

$$\text{D상유생: } 1/t = 0.0030WT - 0.0282 \quad (r^2 = 0.9731)$$

이들 관계식을 기초로 한 혼한가리비의 초기발생에 있어서 난 발생이 정지하는 생물학적 영도(Biological minimum temperature)는 평균 10.44°C였고, 수온별 발생 시 D상까지의 생존율은 25°C에서 가장 높았다.

참고문헌

- Na, G. H., W. G. Jeong and C. H. Cho, 1995. A study on seedling production of Jicon scallop, *Chlamys farreri* I. Spawning, development and rearing of larvae. J. of Aquaculture, **8**(4): 307-316.
- Galtsoff, P. S., 1938. Physiology of reproduction of *Ostrea virginica*. I. Spawning reactions of the female and male. Biol. Bull., **74**: 461.
- Galtsoff, P. S., 1964. The American oyster *Crassostrea virginica* Gmelin. U. S. Fish Wildl. serv., Fish. Bull., **64**: 1-480.
- Hirata, H., Shinomiya, A. Kadowaki, S., Nakazono, T. and Kasedo, T., 1978. Seed production of scallop *Chlamys nobilis* (Reeve). I. Spawning induced by dark stocking. Mem. Fac. Fish., Kagoshima-Univ., **27**(1): 289-294.
- Immai, T., 1953. Mass production of molluscs by means of rearing the larvae in tanks. Venus, **25**: 157-167.
- Kinoshita, C. 1989. Thermal tolerance of eggs and larvae of Japanese surf clam, *Pseudocardium sachalinensis* (Schrenck). Suisanzoshoku, **37**(1): 9-14.
- Lee, C. S. and S. Rho, 1997. Studies on the artificial seedling production of geoduck clam, *Panope japonica*. Development of egg and larvae. J. Korean Fish. Soc., **30**(1): 132-138.
- Lee, C. S., S. Rho, and Y. J. Park, 1997. Studies on the artificial seedling production of geoduck clam, *Panope japonica*. Spawning Induction and Hatching. J. of Aquaculture, **10**(2): 113-121.
- Lee, J. H., 1991. Study on the artificial seedling production of *Chlamys nobilis*. Bull. Nat. Fish. Res. Dev. Agency, **45**: 175-181.
- Lee, J. Y., Y. J. Chang and Y. J. Park, 1996. Spawning induction and egg development of sulf clam, *Spisula sachalinensis*. J. of Aquaculture, **9**(4): 419-427.
- Lee, J. Y., Y. J. Chang, Y. S., Kim, Y. H. Choi and Y. J. Chang, 2002. Influence of water temperature on egg development of sulf clam, *Spisula sachalinensis*. J. of Aquaculture, **15**(1): 39-42.
- Lee, J. Y., Y. J. Chang, M. J. Chun, H. J. Chang and Y. J. Chang, 2002. Optimal method for fertilization of sulf clam, *Spisula sachalinensis*. J. Korean Fish. Soc., **35**(2): 135-139.
- Loosanoff, V. L., 1951. Culturing phytoplankton on a large scale. Ecology, **32**: 748-750.
- Loosanoff, V. L. and Davis, H. C., 1963. Rearing of bivalve mollusks. Adv. Mar. Biol., **1**: 1-136.
- Sastry, A. N., 1979. Pelecypoda (excluding Ostreidae). In 'Reproduction of marine invertebrates' (eds. A. C. Gies and J. S. Pearse), Academic Press, New York, pp. 113-292.
- Son, P. W., D. S. Ha, S. Rho, D. S. Chang, C. H. Lee and D. K. Kim, 1998. Study on spat production of the sun and moon Scallop, *Amusium japonicum japonicum* (Gmelin). J. of Aquaculture, **11**(3): 371-380.
- Walne, P. R., 1974. Shell fish culture. In; Sea Fisheries Research. (ed. by Jones, F. R. H.). 426 pp. Elek, London.
- Yoo, S. K. and K. H. Kang, 1996. Spawning induction according to stimulating treatment and influence of water temperature on egg development and larvae rearing of oyster, *Crassostrea nippona*. Korean J. Malacol., **12**: 91-97.

- 降島史夫·羽生功, 1989. 水族繁殖學. 綠書房, 346 pp.
- 菊地省吾·浮永久, 1974. あわび屬の採卵技術に関する研究. 第2報. 紫外線照射海水産卵誘發效果. 東北水研報, **33**: 79-86.
- 浮永久·菊地省吾, 1974. 紫外線照射海水のホタテガイ, *Patinopecten yessoensis*(Jay)に對する産卵誘發效果. 東北水研報., **34**: 87-92.
- 岩田清二, 1948. カリウム鹽注射によるシオフキの放卵放精現象. 日水誌., **13**: 188-192.
- 岩田清二, 1949. ムラサキガイの放卵方精. 第2報. 電氣刺戟による放出誘發. 日水誌., **15**: 443-446.
- 相良順一郎, 1958. NH₄OHによる二枚貝の産卵誘發. 日水誌, **23**: 505-510.
- 박기열, 2002. 비단가리비, *Chlamys farreri*의 번식생태와 종묘생산. 순천향대학교 대학원 박사학위 논문, 68 pp.
- 오봉세, 2000. 해만가리비, *Argopecten irradians* (lamarck)의 양식생물학적 연구. 인하대학교 대학원 박사학위논문, 43 pp.

원고접수 : 2003년 5월 28일

수정본 수리 : 2004년 4월 13일

책임편집위원 : 권준영