J. of Aquaculture
Vol. 15(1) : 39~42, 2002

한국양식학회지
Journal of Aquaculture
©Korean Aquaculture Society

북방대합, *Spisula sachalinensis*의 난 발생에 미치는 수온의 영향

이정용* · 장윤정[1] · 김영신[1] · 최윤희[1] · 장영진[1]

국립수산진흥원 강릉수산종묘시험장 · [1]부경대학교 수산과학대학 양식학과

Influence of Water Temperature on Egg Development of Surf clam, *Spisula sachalinensis*

Jeong-Yong Lee*, Yun-Jeong Chang[1], Yeng-Sin Kim[1], Youn-Hee Choi[1] and Young-Jin Chang[1]

Kangnung Marine Hatchery, National Fisheries Research and Development Institute, Gangnung 213-800, Korea
[1]Department of Aquaculture, Pukyong National University, Busan 608-737, Korea

Water temperature, at which *Spisula sachalinensis* egg successfully completed development ranges from 10 to 25℃. Within this range, the development duration is reduced with increasing temperature. The relationships between temperature (WT, ℃) and the required time (t: hour) from egg to each developmental stage are described as follows: 2-cell : 1/t = 0.0554 WT - 0.3769; 8-cell : 1/t = 0.0210 WT - 0.1142; Morula : 1/t = 0.0125WT - 0.0712; Trochophore : 1/t = 0.0039 WT - 0.0203; D-shaped larva : 1/t = 0.0024W T - 0.0108. Biological minimum temperature for the egg development is 5.5℃.

Key words: Surf clam, *Spisula sachalinsis*, Egg development, Water temperature

서 론

북방대합, *Spisula sachalinensis*은 속초 · 강릉 연안 수심 8~20 m의 모래바닥에 서식하는 개량조개과의 비부착성 조개류로서 각장 10~12 ㎝, 중량 200~500 g에 이르는 대형종이다 (Lee et al., 1999). 북방대합의 자원 증대 및 양식을 위해서는 안정적인 종묘의 확보가 이루어져야 하며, 이를 위해서는 인공 종묘의 생산이 필수적이다. 조개류의 인공 종묘 생산을 위해서는 수정에서 유생단계까지의 초기 성장과 생존율을 높여야 하는데, 수산생물의 종묘생산 기간 중 먹이를 필요로 하지 않는 난 발생 및 부화에 있어 수온과 염분 등의 환경요인에 따라 그 생존율이 달라진다 (Imai, 1953).

조개류의 발생에서 온도는 초기 난할기의 세포 분열과 유생의 발생 및 사육에 큰 영향을 미치며, 대사율과 성장률에는 직접적으로, 환경 측면에는 간접적으로 영향을 미치는 요인이다 (Ventilla, 1982). 그러나 발생속도에 관한 연구는 단일 수온 조건하에서의 발생에 미치는 수온의 영향을 파악한 연구가 있으나 (Lee et al, 1996), 최근 들어 나타나는 이상 기온현상으로 인한 수계의 불안정으로 단일 수온 조건하에서의 연구로는 효과적인 발생 방법을 밝히기 어렵다.

따라서, 이 연구에서는 북방대합의 과학적이고 효율적인 인공 종묘생산을 위한 기초지식을 얻고자 난 발생에 미치는 수온의 영향에 대하여 조사하였다.

*Corresponding author : jylee@nfrda.re.kr

재료 및 방법

실험은 1999년 5월 하순 강원도 양양군 현남면 연안에서 형망으로 채취된 북방대합을 실내수조에 수용하여 실시하였으며, 충분히 성숙한 암수를 절개법으로 채란 · 채정한 후 인공수정하여 사용하였다. 수정시 알과 정자의 수는 1 : 100의 비율로 하였으며, 수정 5분 후에 세란하여 수온별 실험구에 수용하였다.

수온에 따른 발생 소요시간의 차이를 파악하기 위하여 수정란을 5, 10 ,15, 20, 25 및 30℃의 수온으로 조절된 3 ℓ 비이커에 ml당 100개의 밀도로 수용하여 각 발생단계에 이르기까지의 소요시간과 생존율은 30분 각격으로 쌍안입체현미경을 사용하여 조사하였다. 발생단계별 소요시간은 관찰된 알의 50% 이상이 발생단계에 이르는 시간으로 하였으며, 담륜자와 D상 유생은 섬모로 유영하는 것을 생존한 것으로 판정하여 조사하였다.

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

결 과

실험 결과, 북방대합의 발생 가능 수온은 10~25℃인 것으로 나타났으며, 5℃와 30℃에서는 D형 유생까지 발생하는 개체가 관찰되지 않았다. D형 유생까지의 생존율은 10℃에서 평균 58%였으며, 15℃와 20℃에서는 각각 평균 78%, 70%의 높은 생존율을 보였으나 25℃에서는 20%의 낮은 생존율을 보였다 (Fig. 1). 북방대합의 수정란은 10, 15, 20, 25℃에서 상실기까지 각각 16.5, 9.0, 6.0, 4.0시간이 소요되었으며, 초기 D상 유생에 도달한 시간은 각각 70, 42, 27, 20시간이 소요되었다 (Table 1).

이상의 결과를 그림으로 나타냈을 때, 수온별 발생속도는 직선적함수 관계를 나타냈다 (Fig. 2). Fig. 2에서 X축은 수온, Y축은 시간의 역수를 나타내고 있으며, 이로부터 얻어진 발생 단계별 소요시간 (t: hour)과 수온 (WT: ℃)과의 관계식은

2 세포기 : $1/t = 0.0554WT - 0.3769$
8 세포기 : $1/t = 0.0210WT - 0.1142$
상실기 : $1/t = 0.0125WT - 0.0712$
담륜자기 : $1/t = 0.0039WT - 0.0203$
D상 유생 : $1/t = 0.0024WT - 0.0108$ 로 표시되었다.

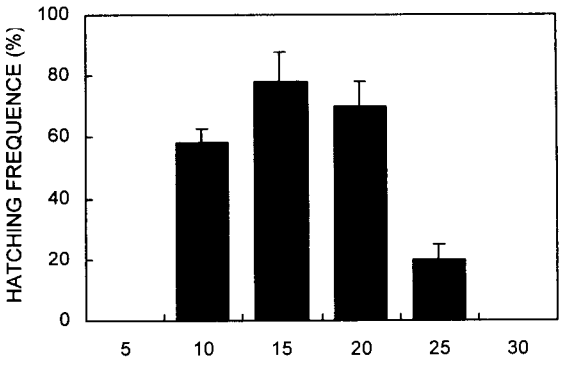

Fig. 1. Hatching frequency of fertilized eggs of *Spisula sachalinensis* at different water temperature.

Table 1. Relationships between water temperature and time (hour) required to each developmental stage from fertilized egg of *Spisula sachalinensis*

Developmental stage	Water temperature (℃)					
	5	10	15	20	25	30
2 cell	10.0	5.0	2.5	1.3	1.0	2.2
8 cell	ND	10.0	5.5	3.0	2.5	dead
Morula	ND	16.5	9.0	6.0	4.0	dead
Trochophore	ND	48.0	27.0	18.0	12.5	dead
D-shaped larva	ND	70.0	42.0	27.0	20.0	dead

ND : no more developed

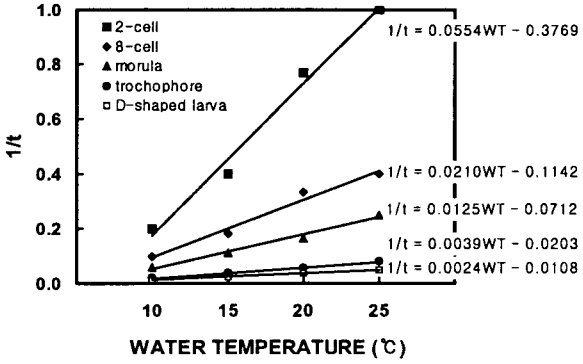

Fig. 2. Relationships between water temperature and time required to each development stage after fertilization of *Spisula sachalinensis*. T: water temperature, t: hour

이들 관계식을 기초로 Y축의 값이 0 일때 회귀직선이 X축에 접하는 수온, 즉 북방대합의 초기 발생에 있어서 난 발생이 정지하는 생물학적 영도 (biological minimum temperature)는 평균 5.5℃로 산정되었다.

Fig. 3은 각 발생단계에 이르는 소요시간에 대한 수온 · 시간 적산치의 직선회귀 관계를 발생 수온별로 보여주는 것으로, X 축은 소요시간을, 좌측의 Y축은 각 발생

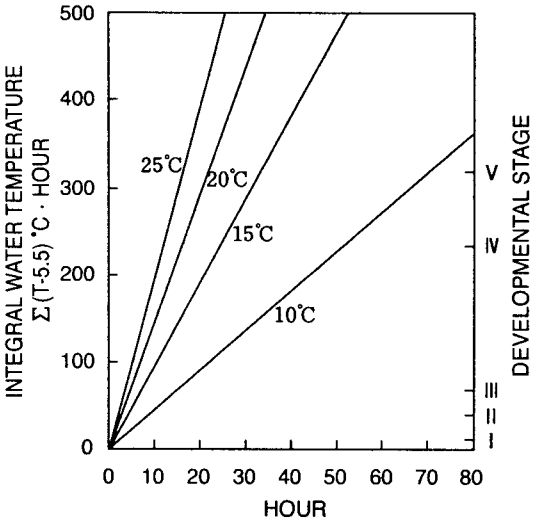

Fig. 3. Relationships between integral water temperature and time required to each development stage I: 2 cell, II: 8 cell, III: morular stage, IV: trochophore stage, V: D-shaped larval stage

수온에서 생물학적 영도를 넘어선 수온의 시간적인 적산치, 우측의 Y축은 각 발생단계의 번호를 각각 표시하였는데, 담륜자까지의 시간에 대한 적산수온은 평균 약 230℃, D형 유생까지는 약 320℃로 나타났다.

고 찰

조개류의 발생에 있어서 수온에 관한 연구는 가무락, *Cyclina sinensis* (Choi and Song, 1973), 백합, *Meretrix lusoria* (Choi, 1975), *Argopecten irradians* (Tettelbach and Rhodes, 1981), *Crassostrea rhizophorae* (Dos Santos and Nascimento, 1985), 참가리비, *Patinopecten yessoensis* (丸, 1985), 바윗굴, *Crassostrea nippona* (Yoo and Kang, 1996) 등에 대하여 이루어져 있으나 종의 다양성을 고려할 때 보다 많은 연구가 요구되며, 또한 인공 종묘생산을 위한 체계화된 연구가 필요하다.

이 연구에서는 환경으로서 수온의 적용 가능성을 알아보기 위해 여러 단계의 수온조건으로 적정수온을 찾고, 특히 수정란의 발생에 있어 적산온도를 산정할 때, 생물학적 영도의 적용이 필요함으로 북방대합의 발생속도에 관한 자료를 얻고자 하였다.

북방대합의 발생 가능 수온에 대하여 Imai (1953)는 12~22℃라 하였으며, Kinoshita (1989)는 23~24℃를 발생 가능 상한 수온으로 보고한 바 있다. 본 연구에서는 10~25℃ 범위에서 정상적인 D형 유생이 관찰되었으나 10~20℃ 범위에서 50% 이상의 생존율을 보임으로써 다른 연구자들의 연구결과와 유사하였다. 또한 본 연구에서 북방대합의 수정란은 15℃와 20℃에서 70% 이상의 생존율을 보임으로써 (Fig. 1), 유사 해역에 서식하는 코끼리조개, *Panope japonica*의 수정란이 수온 8~17℃ 범위에서 70% 이상의 부화율을 보인다는 보고 (Lee, 1995)와 비교하여 북방대합이 코끼리조개에 비하여 고수온에서 발생이 이루어지는 종으로 판단된다. 한편 북방대합 수정란의 발생 적수온은 15~20℃이나 인공 종묘생산을 위해서는 단시간내에 건강한 유생을 확보하는 것이 중요함으로 20℃에서 부화시키는 것이 더 효과적일 것으로 생각된다.

수온에 따른 발생단계까지의 소요시간에 대하여 동일 해역에 서식하는 참가리비의 경우, 수정란은 4℃에서 발생을 멈추고, 8~16℃에서는 발생속도가 중간정도이며, 20℃에서 가장 빨랐다. 그리고 23℃에서 기형이 출현하였으며, 28℃에서 모두 폐사하였다고 보고하였다 (丸, 1985). 이 연구 결과 북방대합 수정란의 D형 유생까지 발생 소요시간은 10℃에서는 70시간이었으나 15℃와 20℃에서는 42시간과 27시간이 소요되어 수온이 높을수록 난 발생이 빨라지는 것으로 나타났다 (Table 1). 이는 수온 상승에 따라 생화학 반응 및 생물학적 대사 속도가 빨라진다고 하는 Q_{10}의 법칙에 부합된다고 할 수 있다. 한편 5℃에서는 현미경 하에서 2 세포기 이후의 발생은 관찰되지 않았으며, 수온과 각 단계별 경과시간과의 관계에서 북방대합의 초기 발생에 있어서 난 발생이 정지하는 생물학적 영도가 평균 5.5℃로 계산되어 (Fig. 2) 코끼리조개의 3.95℃ (Lee, 1995)보다 높고, 바윗굴의 10.96℃ (Yoo and Kang, 1996)보다 매우 낮은 것으로, 코끼리조개보다는 고수온에서, 바윗굴보다는 저수온에서 발생이 이루어지기 시작하는 종으로 판단된다.

난 발생속도에 대한 관계식과 생물학적 영도를 이용하여 도출된 8 세포기, 담륜자기, D형 유생기에 대한 각각의 적산 수온으로 각 발생 수온별 부화까지의 소요시간을 Fig. 3과 같이 나타냄으로서, 양식현장에서 인공 종묘생산 시 예정 부화시간을 쉽게 산출할 수 있어 종묘생산의 공정화를 기할 수 있는 자료로 이용할 수 있다고 생각된다.

요 약

이 연구에서는 북방대합의 과학적이고 효율적인 인공종묘생산을 위한 기초지식을 얻고자 난 발생에 미치는 수온의 영향에 관하여 조사하였다. 북방대합의 발생 가능

수온은 10~25℃인 것으로 나타났으며, 북방대합이 초기 D상 유생에 도달한 시간은 10, 15, 20, 25℃에서 각각 70, 42, 27, 20시간이 소요되었다.

수온 (WT : ℃)과 각 발생 단계별 소요시간 (h : hour)의 관계식은 다음과 같다.

2 세포기 : $1/t = 0.0554WT - 0.3769$
8 세포기 : $1/t = 0.0210WT - 0.1142$
상실기 : $1/t = 0.0125WT - 0.0712$
담륜자기 : $1/t = 0.0039WT - 0.0203$
D상 유생 : $1/t = 0.0024WT - 0.0108$

이들 관계식을 기초로 하여 북방대합의 초기 발생에 있어서 난 발생이 정지하는 생물학적 영도 (Biological minimum temperature)는 평균 5.5℃로 산정되었다.

참 고 문 헌

Choi, S. S., 1975. Comparative studies on the early embryonic development and growth of *Meretrix lusoria* and *Cyclina sinensis*. Bull. Korean Fish. Soc., 8 : 185-195.

Choi, S. S. and Y. K. Song, 1973. Studies on the artificial fertilization and development of *Cyclina sinensis*. Bull. Korean Fish. Soc., 6 : 76-80.

Dos Santos, A. E. and I. A. Nascimento, 1985. Influence of gamete density, salinity and temperature on the normal embryonic development of the mangrove oyster, *Crassostrea rhizophorae* Guilding. Aquaculture, 47 : 335-352.

Imai, T., 1953. Mass production of molluscs by means of rearing the larvae in tanks. Venus, 25 : 157-167.

Kinoshita, H., 1989. Thermal tolelance of eggs and larvae of japanese surf clam *Pseudocardium sachalinensis* (Schrensk). Japan Aquacul. Soc., 37 : 9-14.

Lee, C. S., 1995. Studies on the reproductive biology of geoduck clam, *Panope japonica*. Ph. D. thesis, Cheju Nat. Uni., Republic of Korea. 109 pp.

Lee, J. Y., Y. J. Chang and C. S. Lee, 1999. Reproductive cycle of surf clam, *Spisula sachalinensis*. J. Korean Fish. Soc., 30 : 132-138.

Lee, J. Y., Y. J. Chang and Y. J. Park, 1996. Spawning Induction and egg development of surf clam, *Spisula sachalinensis*. J. of Aquaculture, 9 : 419-427.

Tettelbach, S. T. and E. W. Rhodes, 1981. Combined effects of temperature and salinity on embryos and larvae of the northem bay scallop *Argopecten irradians*. Mar. Biol., 63 : 249-256.

Ventilla, R. F., 1982. Scallop culture in Japan. Adv. Mar. Biol., 20 : 309-382.

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.

丸邦義, 1985. ホタテガイの發育初期における水溫と比重耐性. 北水試報, 27 : 55-64.

(접수 : 2001년 12월 7일, 수리 : 2002년 1월 21일)