

실내수조에서 인위적 수온자극이 참가리비 폐사에 미치는 영향

오봉세, 조규태¹, 이정용¹, 권문경¹, 이 주²

남서해수산연구소, ¹국립수산과학원, ²동해수산연구소

A Study on the Mortality of Korean Scallop, *Patinopecten yessoensis* Affected Critical Changed Water Temperature at Indoor Tanks

Bong-Se Oh, Q-tae Jo¹, Jeong-Yong Lee¹, Mun-Gyeong Kwon¹ and Chu Lee²

Southwest Sea Fisheries Research Institute, Yeosu 556-823, Korea

¹National Fisheries Research and Development Institute, Busan 610-900, Korea

²East Sea Fisheries Research Institute, Gangneung 556-000, Korea

ABSTRACT

We examined the effect of an artificial change of water temperature on the survival rate of Korean Scallop, *Patinopecten yessoensis*. As for the change of water temperature, the aspects appearing on the eastern coast of Korea during spring and summer were artificially prepared in the rearing aquarium in the laboratory. The survival rate of Scallop, due to the stimulus of a low water temperature in spring, was an average of 51.6%. Medium-sized scallops averaged 4.4%, which is lower than that of small-sized ones (85.82%) and large-sized ones (55.0%). The survival rate of Scallop, due to the stimulus of water at a high temperature in summer, was an average of 43.3%. As for small-sized scallops, they averaged a 46.7% survival rate which is lower than that of medium-sized scallops (60.0%). In general, the survival rate was lower in summer than in spring. Such results show that the death of Scallop, has close relevance to the change of water temperature. The low survival rate of medium-sized ones. Alternatively, medium-sized scallops have to get through winter, even if they cannot grow enough compared with large-sized ones. This is because large-sized scallops have already been adapted to the change of water temperature by getting through winter twice.

Keywords: Mortality, Korean Scallop, Water Temperature

서 론

한국산 큰가리비는 가리비과 (family of pectinidae)에 속하며 이 과에는 총 24종이 보고되고 있다 (Lee and Min, 2002). 가리비 (큰가리비, 참가리비와 같은 호칭) 는 냉수성 종으로 수온 10℃에서 25℃ 사이, 수심 10 m에서 50 m까지 서식하고 있으며 (Yoo, 1979) 최대 각장 10-12 cm 이상, 중량 130-200 g까지 성장하는데 20-28개월이 걸린다는 보고

(Park, 1998) 가 있다.

한국에서 서식하고 있는 가리비과 중에서 산업적으로 생산이 되고 있는 종은 참가리비, *Patinopecten yessoensis* (Park, 1998), 비단가리비, *Chlamys farreri* (Na et al., 1995) 및 해만가리비, *Argopecten irradians* 3종이 있다. 해만가리비는 미국의 Gulf만이 원산지로 1982년 중국이 미국에서 이식하였으며 (YSFRI, 1991), 1996년 중국에서 한국으로 이식된 종 (Oh and Jung, 1999) 이다.

한국의 참가리비 양식은 1994년부터 동해 중부해역을 중심으로 시작되어 1996년 1,467 톤으로 최대 생산량을 기록한 후 1998년 대량폐사가 발생하여 573 톤으로 생산량이 급감하였고, 매년 연례적으로 대량폐사가 발생하는 현상을 보였다. 그러다가 2000년도에 생산량이 갑자기 회복되었으나 다음해 다시 대량폐사가 반복되었으며, 2003년에 23 톤의 최하 생산

Received August 22, 2011 ; Accepted September 27, 2011
Corresponding author: Bong Se Oh
Tel: +82 (61) 690-8970 e-mail: obsksy@nfrdi.go.kr
1225-3480/24395

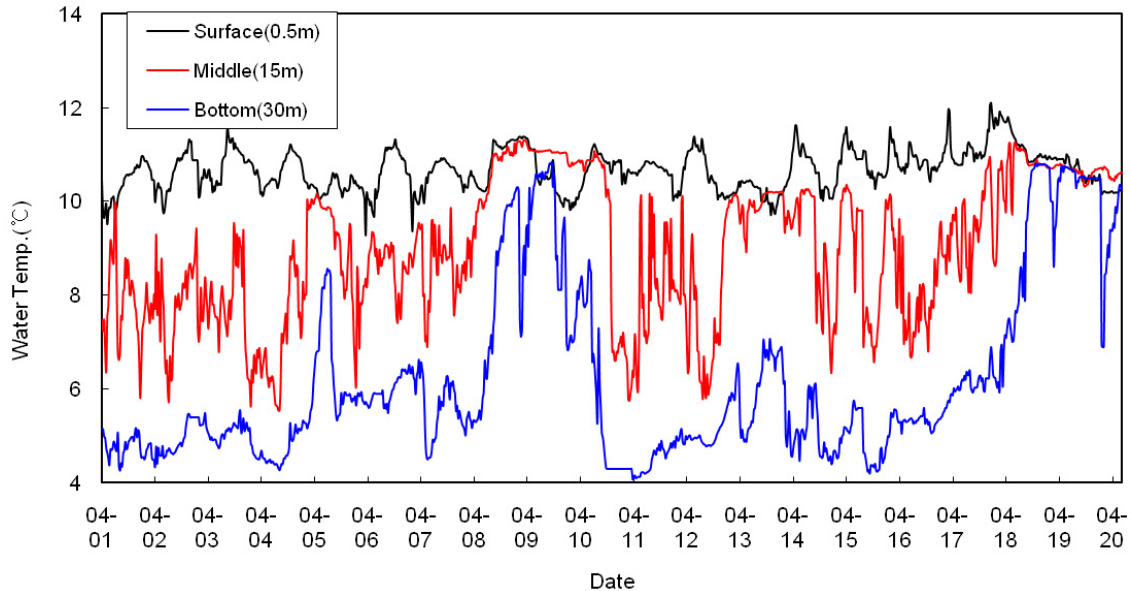


Fig. 1. Daily water temperature at scallop farms of East sea.

량을 기록 (fishery statistics system, 2009) 하였다. 그 이후 현재까지 서서히 생산량이 회복되고 있는 양상을 보이고 있다.

이와 같이 연례적으로 반복되는 참가리비 대량폐사의 원인으로 여러 가지 요인이 있을 수 있는데, 그 중에서 수온 급변을 주요 요인의 하나로 추정하였고 (Jo *et al.*, 2009), 먹이생물의 조성과 질적인 문제, 부니 (Oh *et al.*, 2010), 바이러스 등의 질병, 유전적인 열성화, 바닷물속의 CO₂ 농도 변화에 따른 폐각 형성의 문제 등도 폐사의 요인으로 될 수 있다고 가정되어 왔다.

수온이 이매패류의 대량폐사에 미치는 영향은 국외의 경우 큰가리비 (Akira, 2007) 와 비단가리비 (Jie *et al.*, 2005) 를 비롯해 많은 연구결과들 (Hegaret *et al.*, 2003; Chen *et al.*, 2007) 이 보고되고 있으나, 국내에서는 초기 치패의 대량폐사와 수온과의 관련 보고 (Jo *et al.*, 2009) 만 있을 뿐이다.

본 연구에서는 Fig. 1과 같이 실제 사육수조에서 봄철과 여름철 동해안의 급변하는 수온과 비슷한 수온변화를 인위적으로 주었을 때 가리비의 생존율을 조사하여 인위적인 수온 자극이 가리비의 폐사에 미치는 영향을 밝히고자 하였다.

재료 및 방법

수온 자극 시험에 사용한 해수는 연안의 일반 해수를 아쿠아트론 (상품명, 자동수온조절기) 를 통과시켜 수온을 급격히 낮춘 후 사육수조에 유수하는 방법으로 사용하였다. 시험은 봄철 저수온기와 여름철 고수온기에 걸쳐 두 번 실시하였고, 사

육시험에 사용한 시험수조는 플라스틱 원형수조 (직경 59 cm × 높이 15.5 cm) 를 3 반복구로 설치하여 사용하였다.

봄철 저수온기 수온자극은 4월 13일부터 5월 28일까지 46일간 실시하였고, 시험에 사용한 가리비는 크기가 다른 3종류의 참가리비를 사용하였는데, 평균 각고 33.5 mm 중량 5 g의 소형패, 평균 각고 52.7 mm, 중량 21.7 g의 중형패 및 평균 각고 88.5 mm, 중량 84.4 g의 대형패로 나누어 1칸에 각각 40, 30, 20마리씩 3반복 시험수조에 수용하였다. 수온자극은 해수를 아쿠아트론을 이용하여 수온을 하강시켜 시험수조에 연속 유수한 후 자연해수를 주수하여 정상으로 회복시키는 과정을 반복하면서 실시하였다.

여름철 고수온기 수온자극은 8월 9일부터 9월 1일까지 24일간 실시하였다. 시험에 사용한 참가리비는 평균 각고 47.2 mm 중량 15.5 g 및 평균 각고 59.1 mm, 중량 28.4 g의 두 종류를 사용하였는데, 사육수조는 봄철 시험과 동일한 크기의 원통형 수조 1칸에 10마리씩 3반복구로 수용하여 실시하였다. 수온자극은 봄철 수온자극 실험과 동일하게 실시하였다.

가리비의 사망유무는 수온이 정상으로 돌아온 후 육안 상 폐각을 벌리고 있거나 손으로 자극하였을 때 반응하지 않는 개체를 사망개체로 판단하였다. 실험기간 중의 먹이 공급은 수온 자극 이후 정상수온일 때 매일 1회 *Chaetoceros calcitrans*, *Isochrysis galbana*, *Pavlova lutheri*를 혼합하여 해수 1 ml 당 3-5 × 10⁴ cell/day의 농도로 공급하였다. 봄과 여름철 수온자극 시험기간 중 사육수의 수질상태는 DO: 4.58 ± 0.20 (4.30-4.89), Salinity: 37.02 ± 0.34 (36.64-37.69),

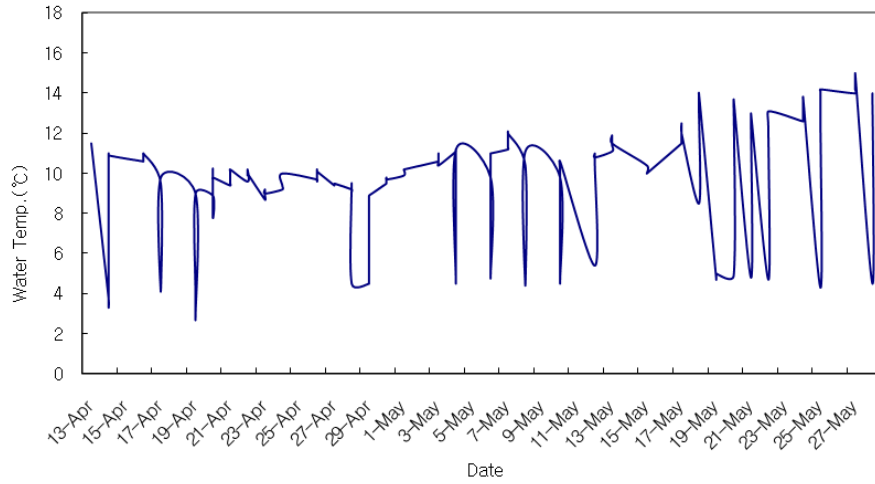


Fig. 2. Water temperature of the experiment in spring season.

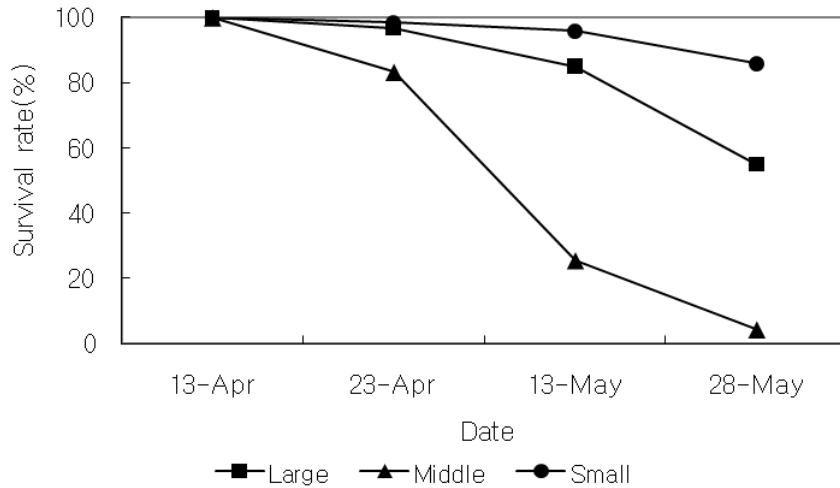


Fig. 3. Survival rate of scallop during the experiment in spring season.

pH: 7.83 ± 0.20 (7.34-8.05) 의 안정된 상태를 보였다.

결 과

봄철 저수온 기간 중 수온 급변을 유도하여 수온자극을 한 결과 Fig. 2와 같이 정상적인 해수 수온은 $8.5-14.5$ (10.8 ± 2.17) $^{\circ}\text{C}$ 였으나, 이를 아쿠아트론으로 평균 6.3°C 하강시켜 $3.5-5.4$ (4.5 ± 0.54) $^{\circ}\text{C}$ 의 사육수로 만들었다. 수온이 하강된 사육수는 Fig. 1의 시험수조에 연속 유수 (1회 평균 지속시간: 11.8시간) 한 후 자연해수를 주수하는 과정을 총 18회 실시하였다. 수온 자극시간 경과에 따른 생존율 변화를 보면 (Fig. 3), 4월 13일 수온 자극을 시작하고 10일이 경과한 4월 23일

에는 전반적으로 83% 이상 높은 생존율을 보였다. 그러나 계속 수온자극을 가하면서 20일이 경과한 5월 13일에는 소형패 95.8%, 대형패 85%, 중형패 25.6%로 10일경과 20일 사이에 중형패에서 많은 사망개체가 발생하였다. 시험 종료시 소형패는 85.8%, 대형패는 55%를 보였으나 중형패는 4.4%로 거의 폐사하는 양상을 보였다 (Table. 1). 봄철 시험 개시 및 종료시 참가리비의 성장은 Table 3과 같이 거의 차이가 없었다.

여름철 고수온 기간 중 수온자극 시험은 $20.7-25.2^{\circ}\text{C}$ ($23.1 \pm 1.15^{\circ}\text{C}$)의 연안 해수를 아쿠아트론을 이용하여 평균 6.3°C 하강시켜 $14.5-18.6^{\circ}\text{C}$ (16.8 ± 14.3) $^{\circ}\text{C}$ 의 해수로 만들었다. 이를 사육수조에 연속 유수 (1회 평균 저수온 지속시간: 20.5시간) 한 후 자연해수를 주수하여 수온을 정상으로 회복시키는

Table 1. Survival rate of scallops during the experiment in spring season

Dates Size	Large group		Middle group		Small group	
	Survival rate (%)	Numbers	Survival rate (%)	Numbers	Survival rate (%)	Numbers
13 April	100	60	100	90	100	120
23 April	96.7	58	83.3	75	98.3	118
13 May	85.0	51	25.6	23	95.8	115
28 May	55.0	33	4.4	4	85.8	103

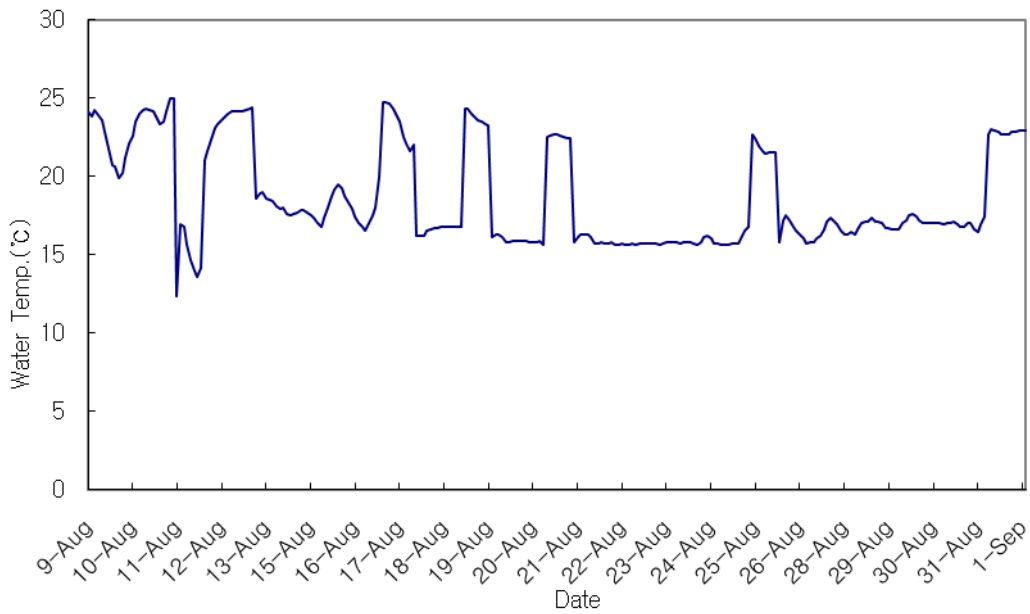


Fig. 4. Water temperature during the experiment in summer season.

과정을 Fig. 4와 같이 총 8회 실시하였다. 수온자극에 따른 참가리비의 생존율은 평균 각고 47.2 mm, 중량 15.5 g의 가리

비 (이하 M-S로 표기)는 46.7%, 평균 각고 59.1 mm, 중량 28.4 g의 가리비 (이하 M-L로 표기)는 60.0%의 생존율을 보였다 (Fig. 5).

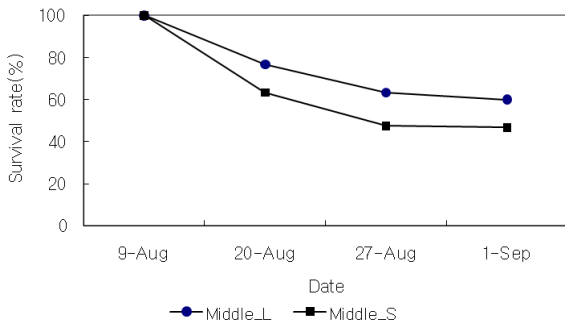


Fig. 5. Survival rate of scallop during the experiment in spring season.

고수온기 수온 자극 시간 경과에 따른 생존율 변화를 보면, 8월 9일 수온 자극 시작 후 11일이 경과한 8월 20일에 M-L 가리비는 76.7%, M-S 가리비는 63.3%의 생존율을 보였고, 다시 7일이 더 경과한 8월 27일에 M-L 가리비는 63.3%, M-S 가리비는 46.7%의 생존율을 보였다. 9월 1일 시험 종료 시 생존율은 M-L 가리비는 60%, M-S 가리비는 46.7%의 생존율을 보였다. 이는 여름철 수온급변도 봄철과 마찬가지로 가리비 생존율에 영향을 준 것으로 나타나 수온급변이 실제 가리비 양식장에서 가리비 폐사의 주요 원인 중에 하나로 작용하고 있음을 보여준다 (Table. 2). 또한 사망하거나 자극에 미세하게 반응하는 개체 중에는 외투막이 말려들어가는 현상이 빈번하게 관찰되어 금후 이에 대한 추가적인 연구가 필요하다고 생

Table 2. Survival rate of scallop during the experiment in summer season

Dates Size	Middle-Large group		Middle-Small group	
	Survival rate (%)	Numbers	Survival rate (%)	Numbers
9 August	100	30	100	30
20 August	76.7	23	63.3	19
27 August	63.3	19	46.7	14
1 September	60.0	18	46.7	14

Table 3. Growth of scallop during experiment

Exp. periods	Size	Initial		Final		Number
		SH (mm)	Weight (g)	SH (mm)	Weight (g)	
Spring Exp. April 13 - May 28일 (47 Days)	Large	88.5 ± 2.65	84.4 ± 3.57	89.4 ± 4.24	83.8 ± 14.56	60 (20 Ind. × 3)
	Middle	52.7 ± 0.62	21.7 ± 0.48	53.8 ± 0.78	18.0 ± 2.33	90 (30 Ind. × 3)
	Small	33.5 ± 0.73	5.0 ± 0.19	34.8 ± 3.50	5.8 ± 4.39	120 (40 Ind. × 3)
Summer Exp. August 9 - September 1 (24 Days)	Middle-Large	59.1 ± 0.56	28.4 ± 1.67	60.0 ± 3.05	29.1 ± 4.65	30 (10 Ind. × 3)
	Middle-Small	47.2 ± 2.10	15.5 ± 1.67	46.3 ± 3.50	14.3 ± 2.74	30 (10 Ind. × 3)

각되었고, 시험기간 중 참가리비의 성장은 봄과 마찬가지로 여름철에도 차이가 없었다 (Table 3).

고 찰

봄철 저수온기 수온 급변에 따른 생존율 시험은 해수의 수온이 10.8 ± 2.17°C 일 때 인위적으로 4.5 ± 0.54°C로 낮춘 사육 수온을 평균 11.8시간 유지한 후 정상수온으로 회복하는 과정을 18회 실시하였다. 수온 급변에 따른 참가리비 크기별 생존율은 평균 각고 33.5 mm의 소형패는 85.82%, 52.7 mm의 중형패는 4.4%, 88.5 mm의 대형패는 55.0%의 생존율을 보여 봄철 저수온 변화에 따른 가리비의 생존은 성패이거나 종묘크기인 경우 높은 생존율을 보였다. 반면 중형패는 성패나 종묘보다 봄철 저수온 변화에 민감한 반응을 보였다. 이런 현상은 중국에서 비단가리비, *Chlamys farreri* 양식을 할 때 2년째 여름에 대량폐사가 발생한다는 보고 (Zhang and Yang, 1999) 와 한국에서도 동해안 참가리비양식장에서 2년째 양성하는 가리비가 당년산 종묘나 3년산 성패보다 봄철과 여름철에 많이 폐사한다는 어업인들의 주장과 같은 경향을 보

였다. 그 원인으로는 중형패는 중패로 여름철을 보낸 후 충분히 성장하지 못한 상태로 겨울을 맞이하고 겨울 동안 생리적으로 쇠약한 상태가 되어 봄을 맞이하게 될 때 봄철 심한 수온변화는 실내에서 충분한 먹이로 사육되어 영양상태가 양호한 소형패(중패)나 두 번의 겨울을 넘긴 성패보다 수온변화에 잘 적응하지 못하여 폐사율이 높게 나타나는 결과를 보인 것으로 사료된다. 이는 여름철 비슷한 크기의 중간패를 가지고 수온자극 시험을 한 결과 봄철 시험보다 생존율이 46% 이상으로 좋게 나타난 것으로도 추정해볼 수 있다.

고수온기 수온 급변에 따른 생존율 시험은 해수의 수온이 23.1 ± 1.15°C 일 때 인위적으로 16.8 ± 14.3°C까지 낮춘 사육 수온을 평균 20.5시간 유지한 후 정상수온으로 회복하는 과정을 8회 실시하였다. 이 기간 중 평균 각고 59.1 mm, 중량 28.4 g의 가리비가 60.0%, 평균각고 47.2 mm 중량 15.5 g의 가리비는 46.7%의 생존율을 보였다. 평균 생존율은 43.3%를 보여 고수온기의 수온 급변이 저수온기의 수온 급변 시보다 생존율에 많은 영향을 주었다.

여름철 패류의 대량폐사 (Summer mortality) 는 수온, 성숙속과 관련한 생물학적 스트레스, 질병, 오염, 양식과정 등의

복합요인에 의해 발생한다고 보고 (Gouletquer *et al.*, 1998)되고 있어 여름철 고수온기의 높은 폐사율은 일반적인 현상으로 사료된다. 사망개체는 폐각이 벌어져 있거나 축각으로 자극을 가하여도 반응이 없는 등 육안으로도 식별이 가능하였다.

본 실험 기간 중 참가리비는 거의 성장하지 않았으며 이는 낮은 수온쇼크에 따른 스트레스와 단기간의 시험이 원인으로 보인다. 그리고 시험 기간 중 수질상태가 양호하고 일정한 상태를 유지한 것은 자연해수를 수온자극만 가한 후 유수식으로 사용하였기 때문이라 사료된다.

요 약

인위적 수온급변이 참가리비의 생존율에 미치는 영향을 조사하였다. 수온변화는 봄과 여름철에 동해안에서 나타나는 변화양상을 실험실 내 사육수조에서 인위적으로 유도하였다. 봄철 저수온 기간 중 수온 자극에 의한 참가리비의 생존율은 평균 51.6%를 보였고, 소형패 (85.82%) 와 대형패 (55.0%) 보다 중형패에서 4.4%로 가장 낮았다. 여름철 고수온 기간 중 수온 자극에 의한 참가리비의 생존율은 평균 43.3%를 보였으며, 중형패 (60.0%) 보다 소형패가 46.7%로 낮게 나타났다. 대체적으로 봄철보다 여름철에 생존율이 더 낮았다. 이와 같은 결과들은 참가리비의 폐사가 수온 변화와 밀접한 관련이 있음을 보여주고 있다. 봄철 중형패의 낮은 생존율은 충분한 영양공급을 받는 소형패나 두 번의 겨울을 보내 수온변화에 적응한 대형패에 비해 충분히 성장하지 못한 상태에서 겨울을 보내기 때문에 나타나는 결과로 보인다.

REFERENCES

Akira M. (2007) Relationship between triglyceride concentration in juveniles of Japanese scallop, *Mizuhopecten yessoensis* and exposure tolerance in air. *Nippon Suisan Gakkaishi*, **73**(6): 1109-1111.

Chen, M., Yang, H., Delaporte, M. and Zhao, S. (2007) Immune condition of *Chlamys farreri* in response to acute temperature challenge. *Aquaculture*, **271**: 479-487.

Gouletquer, P., Soletchnik, P., Le Moine, O., Razet, D., Geairon, P. and Faury, N. (1998) Summer mortality of the Pacific cupped oyster, *Crassostrea gigas* in the Bay of Marennes-Oleron (France). *International Council for the Exploration of the Sea, Mariculture*

Committee, Copenhagen.

Hegaret, H., Gary, H.W. and Philippe, S. (2003) Flow cytometric analysis of haemocytes from eastern oysters, *Crassostrea virginica*, subjected to a sudden temperature elevation. II. Haemocyte function: aggregation, viability, phagocytosis, and respiratory burs. *Journal of Experimental Marine Biology and Ecology*, **293**: 249-265.

Jie, X., Susan, E.F., Hongsheng, Y., Guofan, Z., Fusui, Z. and Ximinig, G. (2005). Studies on mass summer mortality of cultured Zhikong scallops (*Chlamys farreri* Jones et Preston) in China. *Aquaculture*, **250**: 602-615.

Jo, Q.T., Kim, S.K., Lee, C., Mohammad, M.R., Lee, C.S. and Oh, B.S. (2009) A report on the mass mortality of the farmed Japanese scallop, *Patinopecten yessoensis* on the Korean coasts of the East Sea (Sea of Japan). *Korean Journal of Malacology*, **25**(2): 93-96.

Lee, J.S. and Min, D.J. (2002) A catalogue of molluscan fauna in Korea. *Korean Journal of Malacology*, **18**: 93-217.

Na, G.H., Jeong, W.G. and Cho, C.H. (1995) A study on seedling production of jicon scallop, *Chlamys farreri*. 1. Spawning, development and rearing of larvae. *Journal of Aquaculture*, **8**(4): 307-316.

Oh, B.S., and Jung, C.G. (1999) Studies on the growth of the bay scallop, *Argopecten irradians* in Winter Season in South Sea of Korea. *Korean Journal of Aquaculture*, **15**(2): 71-79.

Oh, B.S., Jung, C.G., Kwon, M.G. and Lee, J.S. (2010) The effect of yellow soil on mortality of Korean Scallops, *Patinopecten yessoensis* at Indoor tank. *Korean Journal of Aquaculture*, **26**(3): 179-183.

Park, Y.J. (1998) Biological studies on aquaculture of the scallop, *Patinopecten yessoensis* (Jay). Philosophy Doctor Dissertation, Cheju National University, 185pp.

Yoo, S.K. (1979) 淺海養殖. Sero Publishing Company, 639pp.

YSFRI (Yellow Sea Fisheries Research Institute). (1991) Training manual on breeding and culture of scallop and sea cucumber in China. Regional Sea Farming Development and Demonstration Project (RAS/90/002). 84 pp.

Zhang, F. and Yang, H. (1999) Analysis of the causes of mass mortality of farming *Chlamys farreri* in summer in coastal areas of Shandong, China. *Marine Science*. I, 44-47 (in Chinese with English abstract).