

양식환경이 통영 북만의 참굴, *Crassostrea gigas*에 기생하는 난소기생충, *Marteilioides chungmuensis* 감염에 미치는 영향

정우건, 서정화¹, 조상만, 박찬일

경상대학교 해양산업연구소 경상대학교 해양생명과학과

¹굴수하식양식수산업협동조합

Influence of Environmental Factors on the Prevalence of the Ovarian Parasite, *Marteilioides chungmuensis*, in *Crassostrea* *gigas* Cultured in Pukman Bay, Tongyeong

Woo-Geon Jeong, Jeong-Hwa Seo¹, Sang-Man Cho and Chan-Il Park

Institute of Marine Industry & Department of Marine Biology and Aquaculture,

Gyeongsang National University, 445 Inpyeong, Tongyeong 650-160, Korea

INational Federation of Fishies Cooperative for Oyster Hanging Culture,

350 Dongho, Tongyeong 650-070, Korea

ABSTRACT

Occurrence and prevalence of *Marteilioides chungmuensis* have been reported in several waters around Tongyeong but no report has been made for Pukman bay. Therefore, we investigated that the prevalence and infection intensities in Pukman Bay at the inside and the outside areas which are hydrographically divided by tidal current. Furthermore, various environmental parameters were investigated in order to elucidate effective parameter for parasitic infection.

Infection rates of *Marteilioides chungmuensis* in adult oysters were ranged 3.3-20.0% at the inside area during September 2002 through January 2003, and 3.3-30.9% at the outside area during August 2002 through January 2003. External manifestation of infected oyster consisted of abnormal egg masses with nodular appearance in the soft tissue. Histopathological symptoms included massive

hemocytic infiltration within or around the follicle wall and atrophic epithelium of digestive diverticula.

For the environmental parameters, comparative study made differences between two side of the Bay during the infection period: inside > outside for SS while inside < outside for chlorophyll-a. A positive relationship was observed between chlorophyll-a and infection period, which might indicate the difference in food availability between two areas. The prevalence of ovarian parasite *Marteilioides chungmuensis*, therefore, was highly associated with food availability.

Pearson's correlation analysis was made between environmental parameters and infection prevalence. Significance was observed in water temperature ($p < 0.05$), suspended solids ($p < 0.01$) and chlorophyll-a ($p < 0.05$). A principle component analysis showed that infection of the ovarian parasite, *Marteilioides chungmuensis*, exhibited effects of seasonality (component I = 55.2%) and chemical/physical environmental factors (component II = 24.4%). These results clearly indicate that the infection of ovarian parasite, *M. chungmuensis* in the Pacific oyster *Crassostrea gigas* is closely associated with seasonality and food availability.

Keywords: Chlorophyll-a, Pukman Bay, *Marteilioides chungmuensis*, *Crassostrea gigas*.

Received December 8, 2004; Accepted May 28, 2005

Corresponding author: Seo, Jeong-Hwa

Tel: (82) 55-645-4514 e-mail: flower79@hanmail.net

1225-3480/21105

© The Malacological Society of Korea

서론

우리나라의 굴 생산량은 1970년대 수하식 양식법이 보급됨에 따라 급격히 증가하여 알굴 생산량이 1993년 최고 40,000톤까지 도달했으나, 다음해인 1994년에는 20,000톤으로 크게 감소한 바 있으며, 현재 약 30,000톤의 생산고를 유지하고 있다. 그러나 1990년대 초에 남해안의 굴 채료가 급격히 감소함에 따라, 이에 대한 연구가 활발히 이루어졌으며, 참굴 (*Crassostrea gigas*)에 기생하는 기생충이 생산량의 감소 원인이 될 수 있다고 밝혀졌다 (Park *et al.*, 1999, 2003). 아직 참굴 기생충인 *Marteilioides chungmuensis*에 의한 참굴의 대량폐사 보고는 없지만, 기생충 감염으로 인해 생식소 발달이 저해되고 나아가 종묘생산량이 감소하며 시각적인 혐오감 때문에 상품가치를 떨어뜨린다 (Ngo *et al.*, 2003).

현재 우리나라와 일본의 양식산 굴에 기생하는 *Marteilioides chungmuensis*는 원생동물 문에 속하며, 우리나라에서는 Chun (1970, 1972, 1979)이 김해 녹산의 송지식 굴과 진해만 및 거제만에서 처음 발견한 후 amoeba라고 명명한 바 있다. 이후 이종의 병원성에 대한 연구가 진행되어, 난소 기생충 감염이 양식굴의 폐사 원인 중의 하나로 거론되고 있고 (Bae *et al.*, 1976; Park *et al.*, 1999), 특히 산란 후 현저하게 악화된 영양상태로 인하여 서식환경이 열악할 경우 폐사에게까지 이를 수 있다 (Park *et al.*, 2003). 또한 난소기생충에 감염된 난의 경우 수정후 발생이 진행되지 않고 전량 폐사되는 것으로 보고하였다 (Park *et al.*, 1999). 따라서 난소기생충의 출현이 굴양식 생산에 미치는 영향은 매우 크다고 볼 수 있다.

*Marteilioides chungmuensis*의 감염은 굴의 산란 전후에 높은 감염율을 나타내고 있으며, 보고자에 따라 출현시기에는 조금씩 차이를 보이고 있다. 또한 저염분이나 고수온 등과 같은 환경요인의 영향을 받는 등 (Audemard *et al.*, 2001), 기생충 출현은 굴양식장 서식환경에 의해 크게 영향을 받는 것으로 생각된다.

지금까지 우리나라의 난소기생충 출현에 관한 보고는 수하식 양식 참굴의 최대 생산해역인 통영해역 일부에서 보고되었으나 (Bae *et al.*, 1976; Chun, 1970, 1972, 1979; Park and Chun, 1989), 우리의 조사해역인 통영시 북만의 난소기생충 출현에 관한 보고는 아직 없다.

북만은 경남 통영시 북서쪽에 위치한 반폐쇄성 내만으로 수심은 7 m 전후이며, 만의 내만은 인접한 육지로부터 유입되는 생활하수와 양식장의 자가오염으로 인한 부영양화로 수질 환경이 악화되고 있다 (Cho, 1993). 또한 도시하수의 영향을 받은 내만과 외양수의 영향을 받는 외만이 명백히 구분되는 수리학적

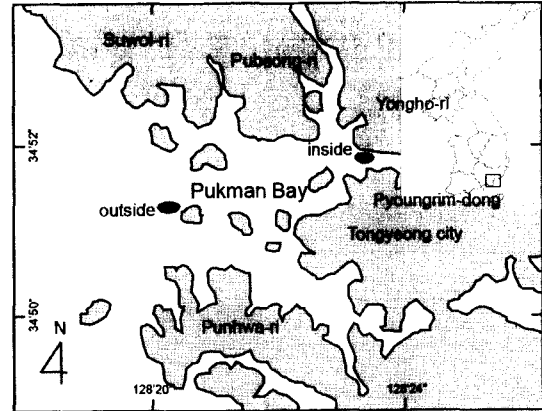


Fig. 1. Sampling sites for seawater and the Pacific oyster, *Crassostrea gigas* in Pukman bay

적 환경 특성을 보이고 있으며, 이는 만의 이화학적 수질환경과 참굴의 생산성에 영향을 주고 있다 (Jeong, 1998).

이 연구는 해수 수질의 이화학적 특성이 구분되는 북만을 대상으로 내만과 외만의 수하식 굴양식장의 환경특성이 참굴 난소기생충의 감염에 미치는 영향을 조사하고자 하였다.

재료 및 방법

1. 실험재료

경남 통영에 위치한 북만은 해수유동 특성에 의해 내 외만이 뚜렷이 구분되는 수리학적 특성을 지니고 있다 (Jeong, 1998). 따라서 내, 외만에 각각 1 개소의 굴수하식양식장 (Fig. 1)에서 양성중인 참굴을 2002년 8월부터 2003년 1월까지 매월 30 개체씩 채취하여 실험에 사용하였다.

2. 수질환경 조사

수질조사는 2002년 7월부터 2003년 6월까지 매월 1회, 표층 (1 m) 과 저층 (5 m) 으로 구분하여 실시하였다. 수온, 염분 및 용존산소 (DO) 및 pH는 현장에서 CTD (Searbird Electronics, SBE-19) 를 연직으로 수하하여 측정하였고, 투명도는 Secchi disk로 측정하였다. 총부유물질 (SS) 은 일정량의 시수를 건조된 GF/C 여과지를 이용하여 여과한 후, 여과지를 80°C에서 항량까지 건조시켜 무게를 측정하였다.

화학적산소요구량 (COD), 암모니아질소 ($\text{NH}_4^+\text{-N}$), 질산질소 ($\text{NO}_3^-\text{-N}$), 아질산질소 ($\text{NO}_2^-\text{-N}$), 용존무기질소 (DIN), 용존무기인 (DIP) 및 chlorophyll-a의 측정은 해양환경공정시험법 (해양수산부, 1998) 에 준하였다.

3. 조직학적 실험

채취한 굴은 각장, 각고, 전중량 및 육중량을 측정하고, 육질

부만 Bouin's solution으로 고정시켜 통상적인 파라핀 포매과정을 거쳐 6 μm 절편을 Harris' hematoxylin-eosin으로 염색하였다. 슬라이드 표본은 봉입하여 광학현미경으로 관찰하였다.

4. 통계분석

조사된 두 해역간의 수질의 변동 특성을 파악하기 위하여 변동계수 (coefficient of variance; CV) 를 구하였고 (CV = SD/X × 100; X = mean, SD = standard deviation), 수질환경 특성과 난조기생충의 감염율의 상호작용을 파악하기 위하여 상관관계분석 (Pearson correlation analysis) 및 주성분분석 (principal component analysis)을 실시하였다. 모든 통계분석은 통계패키지 SPSS 10.0을 사용하였다.

결과 및 고찰

1. 서식환경의 이화학적특성

수질항목별 변동계수를 살펴보면, pH, 염분의 변동계수는 모두 10% 미만으로 높지 않으나, 영양염류를 비롯하여 chlorophyll-a, COD, SS, 수온 등은 조사시기별 차이가 커 변동계수가 매우 높았다 (Table 1, 2). 특히 DO의 경우 두 조사지점의 저층에서 변동계수가 두 배 정도 차이가 나는 점에서 내만의 DO 변동이 심한 것으로 판단되고, Jeong (1998) 에 의하면 북만 내 해수유동의 특성으로 인해 필도와 장도 사이를 가로지르는 가상의 경계를 기점으로 육지로부터 만 내만으로 유입되는 오염물질이 외만으로 확산되지 못하여 나타나는 현상이라 하였다.

Jeong (1998) 에 따르면, 북만은 다른 해역에 비해 오염이

Table 1. Descriptive statistics of water quality of the surface water at the inside and the outside of Pukman bay.

Contents	Station	Mean ± SE	Range	CV(%)
Water temperature (°C)	I	16.06 ± 2.02	6.45-23.88	41.75
	O	16.37 ± 1.74	8.66-24.31	35.20
Salinity	I	31.38 ± 0.74	27.81-34.01	7.87
	O	31.46 ± 0.84	26.80-34.01	8.81
pH	I	8.17 ± 0.03	8.01-8.35	1.18
	O	8.13 ± 0.06	7.78-8.60	2.42
DO (mg/l)	I	5.86 ± 0.32	4.51-7.58	17.95
	O	5.79 ± 0.24	5.00-7.54	13.86
SS (mg/l)	I	11.70 ± 1.36	6.60-17.30	38.54
	O	13.56 ± 1.99	3.50-25.30	46.34
COD (mg/l)	I	1.46 ± 0.19	0.82-2.88	42.88
	O	1.26 ± 0.28	0.19-3.30	69.99
Chlorophyll-a (μg/l)	I	5.70 ± 1.14	0.60-14.80	66.23
	O	5.79 ± 1.39	0.58-12.56	75.88
Ammonia (mg/l)	I	0.047 ± 0.017	0.001-0.202	119.43
	O	0.041 ± 0.010	0.003-0.087	76.07
Nitrite (mg/l)	I	0.010 ± 0.002	0.002-0.024	65.42
	O	0.013 ± 0.002	0.001-0.022	47.62
Nitrate (mg/l)	I	0.070 ± 0.019	0.013-0.233	88.96
	O	0.083 ± 0.024	0.011-0.274	91.79
DIN (mg/l)	I	0.236 ± 0.103	0.039-1.203	144.76
	O	0.258 ± 0.111	0.040-1.221	136.84
DIP (mg/l)	I	0.016 ± 0.004	0.001-0.042	93.94
	O	0.016 ± 0.006	0.001-0.062	124.89

SE: standard error, CV: coefficient of variance (%), I: inside, O: outside

상당히 진행되어 있고, 특히 북만 내측의 대평포 해역은 해역 수질 II 등급을 초과한 부영양화 해역으로 내만으로 향할수록 COD, DIN이 높아지고 DO가 감소하는 경향이 뚜렷하게 나타난다고 하였다. 이는 필도와 장도사이를 가로지르는 잔차특성에 의한 경계에 의해 육지로부터 유입되는 오염물질이 외만으로 확산되지 못하기 때문이라고 하였다. 대부분의 수질항목이 내외만에 큰 차이가 없었지만, SS는 외만이 다소 높았고 ($11.7 \pm 1.36^\circ\text{C}$ vs $13.56 \pm 1.99^\circ\text{C}$), COD는 내만이 다소 높았다 (1.46 ± 0.19 vs 1.26 ± 0.28 mg/l).

2. *Marteilioides chungmuensis*의 감염특성

*Marteilioides chungmuensis*에 감염된 참굴 개체의 육질부는 불규칙한 난괴를 형성하고, 난괴 주위는 투명한 물갈 상태가 되므로 육안으로 쉽게 감염유무를 확인할 수 있었다. 그러나 육안으로 구분되지 않는 경우도 있으므로 정확한 진단을

위해 조직표본을 제작하여 현미경 관찰을 실시한 결과, 이상난괴를 형성하고 있는 감염 조직 내부에서는 정상적으로 발달중이거나 성숙한 난과 기생충에 감염된 난이 동시에 관찰되었으며 감염조직을 자세히 관찰하면 정상난괴의 경계는 뚜렷하였으나, 감염난괴의 경우 정상난괴에 비해 경계가 뚜렷하지 않고 무질서하게 분포하고 있었다. 그리고 *M. chungmuensis*에 감염된 개체는 생식소 여포벽 주위에 다량의 혈구 침윤 현상을 관찰할 수 있었고 (Fig. 2), 이는 기생충 감염에 대한 생체 방어 메커니즘에 의한 작용이라 할 수 있다 (Ngo *et al.*, 2003). *M. chungmuensis*에 감염된 개체의 다른 조직에서는 특별한 변화가 관찰되지 않았지만, 소화맹장이 짧아져 단순하고 커다란 원형의 reconstitution 단계 (Morton, 1977)의 소화맹장이 많이 관찰되었다 (Fig. 3). Bae *et al.* (1976)은 감염개체의 위 상피조직의 위축현상이 나타난다고 보고하였지만, 본 연

Table 2. Descriptive statistics of water quality of the bottom water at the inside and the outside of Pukman bay.

Content	Station	Mean ± SE	Range	CV(%)
Water temperature (°C)	I	15.77 ± 1.97	6.74-23.56	41.50
	O	16.11 ± 1.69	8.72-24.05	34.89
Salinity	I	32.12 ± 0.50	29.91-34.09	5.16
	O	31.66 ± 0.77	27.62-34.05	8.02
pH	I	8.08 ± 0.03	7.90-8.30	1.37
	O	8.13 ± 0.04	8.00-8.50	1.71
DO (mg/l)	I	5.39 ± 0.46	3.46-7.89	28.20
	O	5.79 ± 0.26	4.94-7.63	14.69
SS (mg/l)	I	9.92 ± 1.11	5.20-16.20	37.09
	O	11.02 ± 1.46	3.80-17.10	41.84
COD (mg/l)	I	1.35 ± 0.16	0.75-2.45	40.15
	O	1.07 ± 0.11	0.43-1.77	33.56
Chlorophyll-a (µg/l)	I	5.26 ± 1.08	0.56-11.48	67.99
	O	5.76 ± 1.66	0.34-14.22	91.24
Ammonia (mg/l)	I	0.036 ± 0.008	0.001-0.088	72.57
	O	0.038 ± 0.010	0.001-0.070	80.86
Nitrite (mg/l)	I	0.013 ± 0.002	0.002-0.022	50.20
	O	0.012 ± 0.002	0.002-0.017	45.83
Nitrate (mg/l)	I	0.071 ± 0.014	0.016-0.188	65.90
	O	0.076 ± 0.019	0.012-0.206	77.00
DIN (mg/l)	I	0.216 ± 0.091	0.048-1.103	139.88
	O	0.240 ± 0.108	0.033-1.185	141.92
DIP (mg/l)	I	0.017 ± 0.005	0.001-0.052	96.05
	O	0.017 ± 0.006	0.000-0.059	111.01

SE: standard error, CV: coefficient of variance (%), I: inside, O: outside

구결과에서는 관찰되지 않았다. 또한 Park and Chun (1989)은 소화맹낭이나 위 상피조직 등의 변화가 없는 것으로 보고하

여 우리의 결과와는 차이가 있었다. 일반적으로 참굴의 소화맹낭은 먹이섭이과정에 관여하고 질병, 스트레스, 공복 등의 자극에 의해 상피구조가 위축되어 수관이 차지하는 비율이 확대되는 빈영양 상태의 소화맹낭을 가지고, 이러한 특성은 참굴의 일반적인 영양상태를 나타내는 지표로 사용되고 있다 (Eble and Scro, 1996 NOAA, 1998). 따라서 난소기생충에 감염된 개체는 과도한 영양손실이 일어나고 있는 것으로 판단되고 (Lee et al., 2001; Park et al., 2003), 이는 잠재적으로 질병과 환경변화에 따른 스트레스에 대한 내성을 저하시킬 수 있을 것으로 판단되었다.

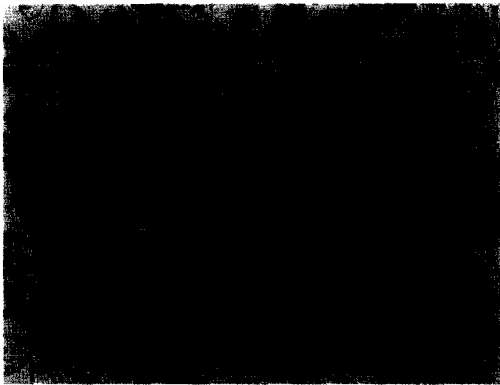


Fig. 2. Histological section of the normal gonad of the Pacific oyster, *Crassostrea gigas*. Arrows indicate the cells infected with *Marteilioides chungmuensis*.



Fig. 3. Histological sections of digestive diverticula of the normal (A) and infected *Crassostrea gigas* (B). scale bar = 100 μ m.

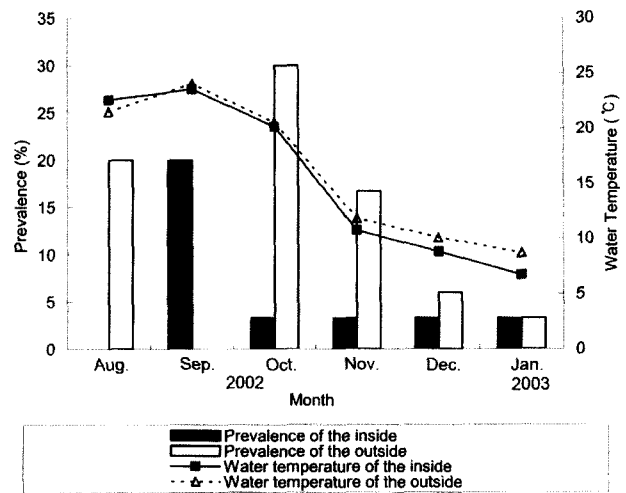


Fig. 4. Variation of water temperature during infection periods of ovarian parasite at the inside and the outside in Pukman bay.

Table 3. Pearson's correlation analysis for water quality and prevalence of parasite infection of *Marteilioides chungmuensis* in Pukman bay.

	Prevalence	WT	Sal	pH	DO	COD	SS	DIN	DIP	Chl-a
Prevalence	1.00									
WT	0.70*	1.00								
Sal	-0.61*	-0.82	1.00							
pH	-0.29	-0.46	0.25	1.00						
DO	-0.46	-0.80	0.51	0.72	1.00					
COD	0.19	0.78	-0.63	-0.63	-0.83	1.00				
SS	-0.78**	-0.91	0.72	0.32	0.68	-0.61	1.00			
DIN	-0.07	-0.25	-0.28	0.36	0.39	-0.24	0.33	1.00		
DIP	-0.04	0.07	-0.57	0.27	0.13	0.12	0.01	0.83	1.00	
Chl-a	0.59*	0.79	0.18	-0.65	0.71	0.62	-0.78	-0.72	-0.43	1.00

*Significant at p < 0.05 level (2-tailed)

**Significant at p < 0.01 level (2-tailed)

3. 서식환경과 *M. chungmuensis*의 감염율 간의 상관관계

북만에 수하된 참굴의 *Marteilioides chungmuensis*의 감염 시기는 8월부터 이듬해 1월 사이였으나, 주로 산란기 전후의 고수온기에 감염율이 높았고, 9월 이후 내만에서는 감염율이 현저하게 저하되었으나 외만에서는 수온이 10°C 이하로 떨어지는 12월에서야 감염율이 내만과 비슷한 수준으로 감소하였다 (Fig. 4). 따라서 *M. chungmuensis*의 감염은 수온의 영향을 강하게 받는 것으로 판단되었다. 염분의 경우 수온에 따른 감염율 변 패턴과는 상반되는 패턴을 보였다 (Fig. 5). Ngo *et al.* (2003)는 수온과 염분이 초기감염시기를 예측할 수 있는 중요한 자료가 된다고 하였지만, 이에 대해서는 보다 많은 연구가 필요하다.

수온, 염분과 달리, 총부유물질과 chlorophyll-a는 내외만의 측정치가 다소 차이가 있어, 총부유물질은 9월을 제외하고는 내만이 외만보다 높았지만 (Fig. 6), chlorophyll-a는 감염율이 높은 시기에 내만에 비해 외만이 대체적으로 높았다 (Fig. 7). 내만은 육지로부터 유입되거나 수심이 낮은 해역에서 해수의 물리적 작용에 의해 발생한 부유입자는 많았지만, 먹이원이 되는 식물플랑크톤은 오히려 외만보다 낮은 것으로 판단된다.

일반적으로 오염도가 높은 해역에서 기생충 감염율이 높은 것으로 알려져 있으나, 우리 조사결과 비교적 오염이 많이 진행된 내만보다는 외만에서 감염율이 오히려 높게 나타나, *Marteilioides chungmuensis*의 감염은 숙주의 영양상태가 많은 기여를 하는 것으로 생각되었다.

서식환경과 *Marteilioides chungmuensis*의 감염율의 상관관계를 분석한 결과 (Table 3), 수온, chlorophyll-a가 양의

상관관계를 가지며 ($p < 0.05$), 염분과 총부유물질이 유의한 수준의 음의 상관관계를 지니는 것으로 조사되었다 ($p < 0.05$). 이는 *M. chungmuensis*의 감염이 계절성을 띄는 것과 영양공급이 원활한 해역에서 서식하는 숙주가 기생충의 서식조건에도 유리하다는 우리의 결과를 뒷받침하고 있다. 수온이 *Marteilia refringens*의 포자형성을 좌우하는 결정적 요소하지만 (Audemard *et al.*, 2001), *M. chungmuensis*의 생활사에 관해서는 보다 많은 연구가 필요할 것으로 사료되었다.

감염율과 수질환경 간의 변동 요인을 알아보기 위해 주성분 분석을 실시한 결과 세 개의 주요 요인이 추출되었고, 이들 요

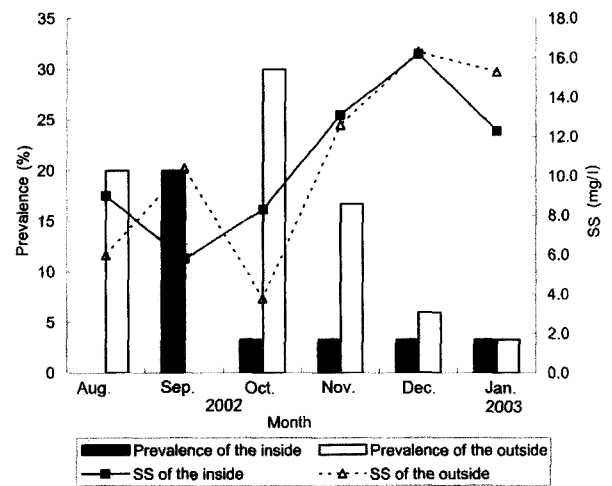


Fig. 6. Variation of suspended solids (SS) during infection periods of ovarian parasite at the inside and the outside in Pukman bay.

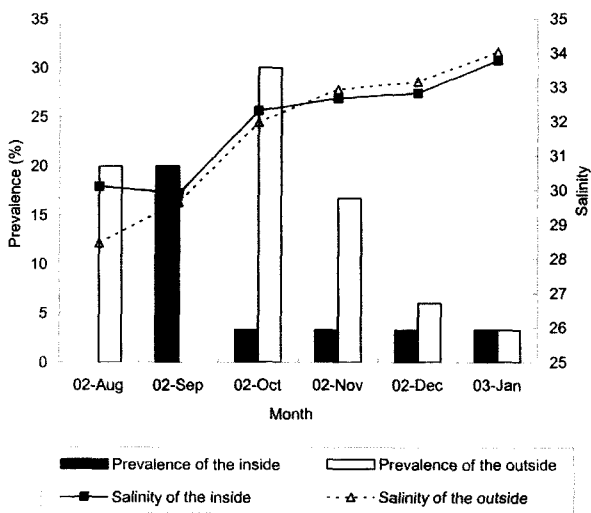


Fig. 5. Variation of salinity during infection periods of ovarian parasite at the inside and the outside in Pukman bay.

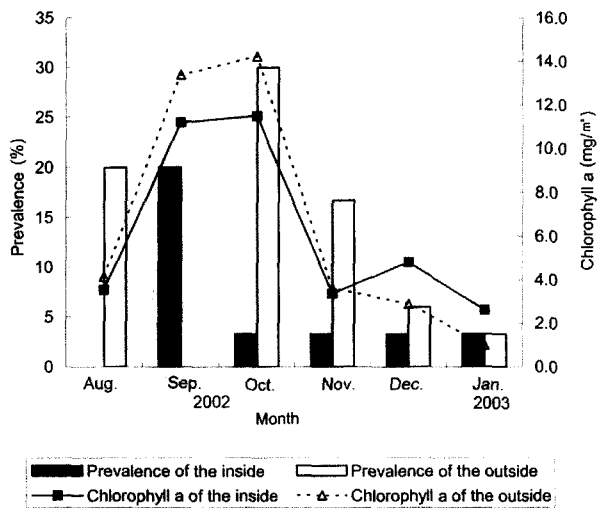


Fig. 7. Variation of chlorophyll-a during infection periods of ovarian parasite at the inside and the outside in Pukman bay.

인들이 90.6%를 차지하였다 (각각 55.2%, 24.4% 및 11.0%). 감염을 수온, COD, chlorophyll-a 등은 첫번째 주성분에 대해 음의 값을 보이고, pH, DO, SS 등과는 양 (+) 의 값을 보이고 있어, 계절성을 나타내는 것으로 판단된다. 두번째 주성분은 수질의 물리화학적 특성으로 대별되는 것으로 판단되었다. 따라서 난소기생충의 감염은 계절적 분포특성을 나타내는 수온, chlorophyll-a 등과 밀접하게 관련이 있고, 화학적 환경요인에 의해서도 다소 영향을 받는 것으로 판단되었다.

요 약

경남 통영시 북만의 수하식 굴양식장에서 난소기생충 *Marteilioides chungmuensis*의 감염시기는 8월부터 이듬해 1월 사이로 외만이 내만보다 빨리 나타났다. 감염율은 내만과 외만에서 각각 3.3-20%, 3.3-30%로 나타났으며, 산란 직후인 9월 (20%) 과 10월 (30%) 에 가장 높았다.

감염증상은 외부적으로 물갈 상태이고, 육질부에 부정형의 난괴를 형성하고 있으며, 조직학적으로는 난소조직내 여포의 경계가 뚜렷하지 않고 여포벽 주위에 혈구침윤 현상을 관찰할 수 있었다. 소화맹장이 recontitution의 단계인 개체가 많이 관찰된 것으로 보아 감염 후 영양손실이 일어나고 있는 것으로 판단되었다.

감염패턴은 chlorophyll-a 함량과 밀접한 관계가 있는 것으로 조사되었고, 이는 외만의 원활한 먹이공급이 굴의 서식조건 뿐만 아니라 기생충 감염율 증가에도 관련이 있을 것으로 것으로 판단되었다. 감염율은 수온과 chlorophyll-a에 대해 양 (+) 의 상관관계를, 염분과 총부유물질에 대해 음 (-) 의 상관관계를 지니는 것으로 조사되었다. 주성분분석결과, 기생충 감염을 결정하는 주요요인으로는 계절성과 물리화학적 수질환경이 미치는 영향이 큰 것으로 조사되었다. 따라서 계절적 변동 및 좋은 수질환경에 서식하는 숙주의 영양상태에 따라 기생충 감염율이 좌우되는 것으로 판단되었다.

REFERENCES

Audemard, C., Barnaud, A., Collins, C.M., Le Roux F., Sauriau, P.G., Coustau, C., Blachier, P. and Berthe, F.C.J. (2001) Claire pons as an experimental model for *Marteilia refringens* life-cycle studies: New perspectives. *Journal of Experimental Biology and Ecology*, **257**: 87-108.

Bae, P.A., Kang, P.A. and Kim, Y. (1976) A histological study of Chungmu Oyster, *Crassostrea gigas*. *Bulletin of Fisheries Research and Development Agency*, **15**: 83-89. [in Korean]

Cho, C.H. (1993) Red tides in mariculture farms in Puksinman Bay, Korea. *Journal of Aquaculture*, **6**(2): 63-69. [in Korean]

Chun, S.K. (1970) Diseases of oyster 1. Pathological study. *Bulletin of the Korean Fisheries Society*, **3**(1): 7-18. [in Korean]

Chun, S.K. (1972) Preliminary studies on the sporozoan parasites in oysters on the southern coast of Korea. *Bulletin of the Korean Fisheries Society*, **5**(3): 1-7. [in Korean]

Chun, S.K. (1979) Amoeba infection in oyster (*Crassostrea gigas*). *Bulletin of the Korean Fisheries Society*, **12**(4): 281-285. [in Korean]

Jeong, W.G. (1998) Studies on proper management of oyster farms in Pukman bay, Korea. pp. 60-73. Cheju National University Thesis for the Degree of Doctor of Science. [in Korean]

Eble, A.F. and Scro, R. (1996) General anatomy, *In: The Eastern Oyster (Crassostrea virginica)*. (ed. by Kennedy, V.S. and Newell, R.I.E.). pp. 49-66. Maryland Sea Grant College.

Lee, M.K., Cho, B.Y., Lee, S.J., Kang, J.Y., Jeong, H.D., Huh, S.H. and Huh, M.D. (2001) Histopathological lesions of Manila clam, *Tapes philippinarum*, from Hadong and Namhae coastal areas of Korea. *Aquaculture*, **201**: 199-209.

Morton, B.S. (1997) The tidal rhythm of feeding and digestion in the Pacific oyster, *Crassostrea gigas* (Thunberg). *Journal of Experimental Marine Biology and Ecology*, **26**: 135-151.

Ngo, T.T.T., Berthe, F.C.J. and Choi, K.S. (2003) Prevalence and infection intensity of the ovarian

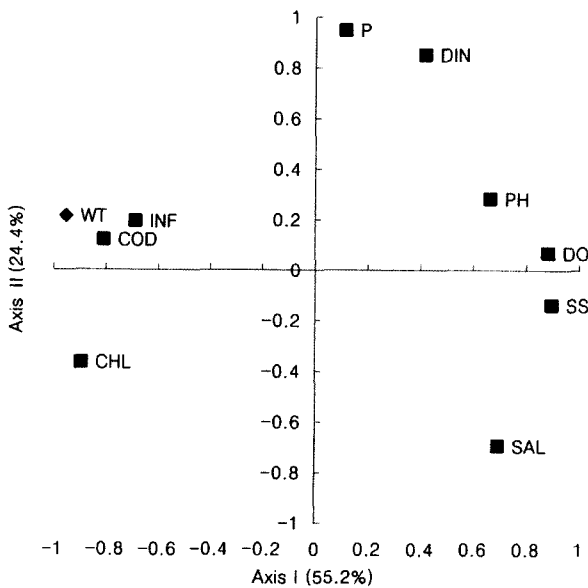


Fig. 8. Principle component analysis for parasite prevalence and water quality with the first and the second components. WT: water temperature, INF: infection rate, COD: chemical oxygen demand, CHL: chlorophyll-a, DIN: dissolved inorganic nitrogen, DO: dissolved oxygen, SS: suspended solids, SAL: salinity.

- parasite *Marteilioides chungmuensis* during an annual reproductive cycle of the oyster *Crassostrea gigas*. *Disease of Aquatic Organisms*, **56**: 259-267.
- NOAA (National Oceanic and Atmospheric Administration) 1998. Histological Techniques for Marine Bivalve Mollusks. 97 pp. NOAA Technical Memorandum NMFS-F/NEC-25.
- Park, M.S. and Chun, S.K. (1989) Study on *Marteilioides chungmuensis* Comps *et al.* 1986 parasite of the Pacific Oyster, *Crassostrea gigas* Thunberg. *Journal of Fish Pathology*, **2**(2): 53-70. [in Korean]
- Park, M.S., Lyu, H.Y. and Lee, T.S. (1999) Investigation on the cause of bad natural seed collection of the Pacific oyster, *Crassostrea gigas*: Relationships between the conditions of mother shell and viability of the released eggs and larvae based on the pathological and embryological survey. *Journal of the Korean Fisheries*, **32**(1): 62-67. [in Korean]
- Park, M.S., Kang, C.K., Choi, D.L. and Jee, B.Y. (2003) Appearance and pathogenicity of ovarian parasite *Marteilioides chungmuensis* in the farmed Pacific oysters *Crassostrea gigas*, in Korea. *Journal of Shellfish Research*, **22**: 475-479.
- 해양수산부 (1998) 해양공정시험법, 24-54.