「The Sea」 Journal of the Korean Society of Oceanography
Vol. 17, No. 2, pp. 112 ― 119, May 2012

Free Access

동해 영일만 쇄파대에 서식하는 곤쟁이 *Archaeomysis kokuboi*와 *Acanthomysis nakazatoi*의 성장단계에 따른 주야 및 조석간 분포

조수근* · 김청아 · 서해립[1]
군산대학교 해양생물공학과
[1]전남대학교 해양학과

Diel and Tidal Distributions of the Sand-burrowing Mysids *Archaeomysis kokuboi* and *Acanthomysis nakazatoi* on a Sandy Shore Surf Zone of Yongil Bay, Eastern Korea, in Relation to Growth Stages

SOO-GUN JO*, CHUNG-A KIM AND HAE-LIP SUH[1]
Department of Marine Biotechnology, Kunsan National University, Gunsan 573-701, Korea
[1]Department of Oceanography, Chonnam National University, Gwangju 500-757, Korea

한국 동해안 영일만 쇄파대에 서식하는 두 종의 곤쟁이, *Archaeomysis kokuboi*와 *Acanthomysis nakazatoi*의 성장단계에 따른 주야 및 조석간의 분포에 관해 조사하였다. 곤쟁이의 채집은 썰매형 채집망을 이용하여 3 지점, 즉 수심 1 m의 해수 표층과 해저 모래 표면, 물가장자리에서 2시간 간격으로 24시간 동안 이루어졌다. *Archaeomysis kokuboi*의 유체는 주야간 모두 출현개체수가 없거나 매우 적어 주야간의 차이를 알 수 없었다. *A. kokuboi*의 미성숙개체는 해수표층에서 야간의 밀도가 주간보다 유의적으로 더 높았으나, 다른 곳에서는 주야간 밀도 차이가 없었다. *A. kokuboi* 성체, 특히 숫컷에서는 바닥에서 주간의 밀도가 야간보다 유의적으로 더 높았으며, 해수표층에서는 주야간 모두 전혀 출현하지 않았다. 그에 비해서 *Acanthomysis nakazatoi*의 경우, 유체는 모든 정점에서 주야간에 유의적인 밀도 차이가 없었으나, 바닥에서 가장 높은 밀도로 분포하였다. *A. nakazatoi*의 미성숙단계에서도 모든 곳에서 주야간에 유의적인 밀도 차이가 없었으며, 해수표층에는 전혀 출현하지 않았다. *A. nakazatoi*의 성체, 특히 암컷에서는 바닥에서 야간의 밀도가 주간보다 유의적으로 높았고, 다른 장소에서는 주야간 밀도 차이가 없었다. 두 종 곤쟁이의 밀물과 썰물 간의 밀도 차이는 *A. kokuboi*의 미성숙개체를 제외하고는 유의적인 차이가 없었다. *A. kokuboi*의 미성숙개체, 특히 숫컷은 해수표층에서 썰물 때의 밀도가 밀물 때보다 유의적으로 높았다. 쇄파대 모래해변에서 두 종의 주야간 분포는 종간에는 물론이고 종내의 성장단계에 따라서도 약간의 차이가 있었으며, 밀도변화는 주로 주야간에 의해 일어나고 조석의 영향은 크지 않은 것으로 나타났다. 또 쇄파대에서 *A. nakazatoi*의 개체수 밀도는 주야간 모두 *A. kokuboi*보다 훨씬 더 높았으며, 유체단계부터 성체에 이르기까지 높은 밀도로 주로 모래바닥에 서식하였다. 이러한 결과는 *A. nakazatoi*는 유체단계부터 모래 저층으로의 잠입능력이 *A. kokuboi*보다 더 뛰어나며 동해안 쇄파대에서 매우 잘 적응한 곤쟁이라는 것을 의미한다.

This study investigated the diel and tidal distributions of the two mysids, *Archaeomysis kokuboi* and *Acanthomysis nakazatoi*, in relation to their growth stages in the sandy surf zone of Yongil Bay, located on the southeastern part of Korean Peninsula. Sampling was conducted with a sledge net at every two hours for almost 24 hours at three sites: water edge, water surface and sand bottom both in 1-m deep water areas. The abundance of *Archaeomysis kokuboi* juveniles was too low to count both in day and night samples. While there was no difference in immature *A. kokuboi* abundance between day and night in the bottom or water edge, that at the water surface was significantly higher at night than daytime. The abundance of *A. kokuboi* adults, especially of males, in the bottom was significantly higher in daytime than night and no individuals appeared to the water surface either day or night. In comparison, the abundance of *Acanthomysis nakazatoi* juveniles between day and night did not differ significantly at all the three sites, with the highest number being distributed in the bottom. The abundance of immatures between day and night also did not differ significantly and no individuals appeared to the water surface either day or night. The abundance of *A. nakazatoi* adults, especially females, in the bottom was significantly higher at night than daytime and there was no

*Corresponding author: sgjo@kunsan.ac.kr

significant difference in abundance between day and night in the other sites. There was also no significant difference in abundances of the two species between ebb and flood tides, except for *A. kokuboi* immatures which appeared significantly more during the ebb tides at the water surface. Overall, the distribution of the two sympatric species, *A. kokuboi* and *A. nakazatoi,* was not the same in the sandy surf zone. Its difference seems to depend on their stages of growth, and the change in their abundance may be influenced more by diurnal rhythms than tidal effects. The population density of *A. nakazatoi* in the sandy surf zone was much higher than that of *A. kokuboi*, and relatively higher densities in all growth stages of the former were found in the sandy bottom ranging from juveniles to adults. These results indicate that *A. nakazatoi* has exceedingly better ability of sand burrowing even from the juvenile stage, and thus is an ecologically better adapted species in the sandy surf zone than another sympatric species, *A. kokuboi.*

Key words: Mysids, *Archaeomysis kokuboi*, *Acanthomysis nakazatoi*, Distribution, Surf zone

서 론

소형갑각류에 속하는 곤쟁이류 (Mysidacea)는 열대에서 극지까지 광범위하게 분포한다(Mauchline and Murano, 1977). 곤쟁이는 연안에서 실제로는 적지 않은 양으로 존재하지만, 대부분 해저 가까운 곳에서 주로 서식하여 플랑크톤 시료에는 그다지 흔하지 않다(Murano, 1979). 이들은 연안역에서 육상 및 해조류 기원의 유기쇄설입자, 식물플랑크톤 및 동물플랑크톤 등을 섭식하는 한편 유영어류 및 저서어류의 먹이로서 천해 및 쇄파대 먹이사슬의 중요한 부분을 차지한다(Fulton, 1982; Wooldridge, 1989). 따라서 유기물입자 및 플랑크톤과 같은 하위 영양단계와 어류 같은 상위 영양단계 간 에너지의 중간전달자 역할을 하는 분류군이라 할 수 있다(Webb *et al*., 1988).

해양의 다양한 서식처 중에서 쇄파대는 파도, 저질 및 탁도와 같은 물리적 요인이 매우 동적인 환경으로 이곳에 서식하는 생물의 밀도나 종조성은 일정하게 유지되기 어렵다(Clark *et al*., 1996). 따라서 강한 물리적 환경요인의 변화에도 불구하고 환경에 잘 적응하여 서식지를 유지·확보할 수 있는 종류만이 쇄파대에서 번식하며 살아갈 수 있을 것이다.

일반적으로 쇄파대 곤쟁이는 저질인 모래를 파고 빠르게 잠입할 수 있는 능력이 있다(Brown and McLachlan, 1990). 그러한 적응능력으로 인해 곤쟁이는 쇄파대에서 가장 우점적으로 출현하는 분류군이다(미발표 자료). 그러나 쇄파대에 서식하는 곤쟁이라 하더라도 종이나 성장단계에 따라 유영능력과 잠입능력의 차이에 따라 분포형태가 조금씩 다를 것으로 예상된다.

쇄파대 모래해안에서의 곤쟁이에 관한 생태학적 연구는 일부 연구진에 의해 수행되었으나(Wooldridge, 1981; Takahashi and Kawaguchi, 1997; 1998; Nonomura *et al*., 2007), 단기간의 집중적인 연속관찰과 성장단계에 따른 현존량의 변동 및 분포에 관한 연구는 많지 않다. Suh *et al*. (1995)은 본 연구와 동일한 장소에서 곤쟁이의 수평이동에 관해 보고하였으나 성장에 따른 분포에 대한 보고는 이루어지지 않았다.

본 연구에서는 영일만 쇄파대에 우점하는 2종의 곤쟁이 *Archaeomysis kokuboi*와 *Acanthomysis nakazatoi*를 대상으로 성장단계별로 주·야간 및 조석에 따른 곤쟁이의 분포 형태에 관해 조사하였다.

재료 및 방법

채집장소 및 채집방법

한국 동해안 영일만의 후포 모래해변 쇄파대에서 1995년 5월 14일 18시에서 5월 15일 14시까지 생물 채집을 실시하였다(Fig. 1). 수온은 현장에서 봉상온도계를 이용하여 표층수온을 0.1 까지 측정하였고 염분은 표층수를 채수하여 염분계(YSI 30)를 이용하여 0.01 psu까지 측정했다. 또 모래 해변의 경사와 모래 입자의 크기도 측정하였다.

곤쟁이의 성장단계별 공간분포의 변동을 조사하기 위해 22시간 동안 조사가 이루어졌다. 이를 위해 2시간 간격으로 쇄파대의 세 지점(수심 1 m의 표층과 저층, 물가장자리)에서 3회 반복채집 하였다.

Sledge net(폭 30 cm, 높이 12 cm, 망목 300 μm)를 이용하여 곤쟁이를 채집하였고, 표층과 저층의 채집 위치는 수심 1m 되는 곳에서 이루어졌고, 물가장자리는 수심 20 cm 내외되는 곳에서 이루어졌다. 채집은 모두 해안선과 평행하게 예망하였다. 물가장자리와 저층채집의 경우 표층 모래를 가볍게 접촉하면서 끌 때 모래표면에 잠입해 있는 곤쟁이가 자극받아 수중으로 움직일 때 채집되도록 하였다. 표·저층에서 예망속도는 약 1 m/s로 해안선과 평행하게 20 m를 예망하여 채집했다. 채집된 표본은 현장에서 약 5%의 농도가 되도록 중성포름알데히드 용액으로 고정한 후 실험실로 운반하였다.

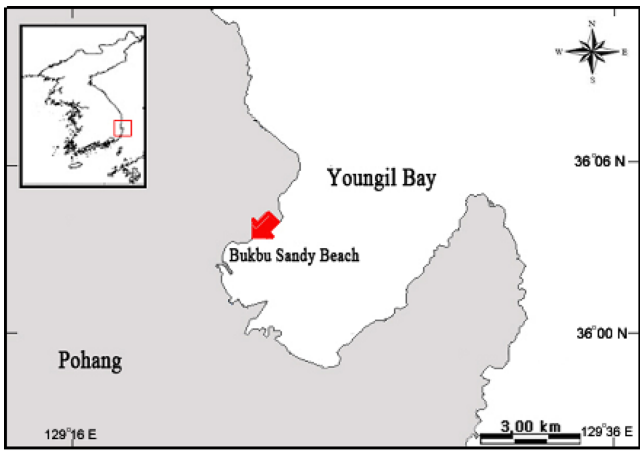

Fig. 1. Map showing the sampling site in the present study.

표본의 동정과 분류

모래와 함께 채집된 곤쟁이를 실험실로 옮겨와 육안으로 구별하여 핀셋으로 가려내고 해부현미경(Nikon, SMZ-U)과 고배율 생물현미경(Nikon, Optiphot-2)하에서 동정 및 계수하였고, Ii(1964), Jo and Ma(1996), Jo *et al*.(1998), Chihara and Murano(1997) 등의 분류문헌을 참고하여 종을 동정하였다.

*A. kokuboi*는 외부형태상 미절 끝부분에서 *A. nakazatoi*와는 큰 차이를 나타내고 있다. 즉 *A. kokuboi*의 경우 미절의 외연측에 대략 7쌍의 극이 존재하고 있으며, *A. nakazatoi*는 미절의 후연에 있는 4개의 긴 가시 사이에 각 2개의 짧은 가시가 있는 특징을 보인다. 이러한 형태적 특징을 이용하여 *A. nakazatoi*와 *A. kokuboi*를 구분하였다(Ii, 1964).

Takahashi and Kawaguchi(1996)과 Calil and Borzone(2008)을 참고하여 이 두 종의 곤쟁이를 유체, 미성숙 개체, 성숙 개체의 세 가지 발달단계로 구분하였고, 미성숙 개체와 성숙 개체는 다시 암수로 세분하였으며 그 기준은 다음과 같이 정하였다.

개체의 크기가 매우 작고(약 2~3 mm 이하) 생식기나 보육낭으로는 암수를 식별할 수 없는 개체를 유체로 간주하였고, 보육낭이 충분히 발달하였거나 알이나 유생이 포함된 보육낭을 가진 개체를 성숙한 암컷으로 구분하였다. 또한 개체의 크기가 약 7 mm 이상이며 생식기가 충분히 발달한 개체를 성숙한 수컷으로 보았으며 상기의 특징들을 갖지 않는 중간단계에 해당하는 개체들은 미성숙 개체로 판단하였다.

통계처리

곤쟁이의 주야간 및 조석간 밀도에 대한 차이를 검정하기 위해 SPSS 10.1 통계패키지를 사용하여 *t* test 및 one-way ANOVA test를 실시한 후 사후검정을 위해 Tukey HSD test를 이용하였다.

결 과

채집 장소의 환경

조사 현장에서 채집하는 동안 주간의 조차는 약 15 cm 정도였다. 평균 해수면을 기준으로 했을 때 저조시에는 19시 30분에 29 cm, 고조시에는 01시 31분에 44 cm로 나타났다. 수온은 평균 21.5 ℃, 염분은 25.90 psu로써 표층과 저층에서 수온과 염분의 차이는 거의 나타나지 않았다. 또 채집 장소의 모래해변 경사면은 1:40이었고, 중간입자 지름은 약 125 μm 이었다.

성장단계별 개체수 밀도의 경시적 변동

1) 유체(Juveniles)

A. kokuboi 유체의 출현 개체수는 물가장자리(water's edge), 표층, 저층 등 모든 곳에서 매우 낮아 그 경향을 파악할 수 없었다(Fig. 2). *A. nakazatoi*의 유체는 표층과 물가장자리에서는 거의 나타나지 않았으나, 저층에서는 높은 밀도로 분포하였다. *A. nakazatoi*의 유체는 자정인 24시와 일출인 06시에 가장 높은 현존량을 나타냈고, 전반적으로 개체수가 크게 변동하였다.

2) 미성숙 개체(Immatures)

A. kokuboi 미성숙 개체는 물가장자리와 표층에서는 5 inds/m^3 이하의 낮은 현존량을 나타냈다. 최고 23 inds/m^{3}로 비교적 높은 현존량을 보인 저층에서는 시간에 따라 크게 개체수 감소와 증가를 반복했다. 특히 일몰과 일출시간대인 18시와 06시에 높은 현존량을 나타냈다. 또 미성숙체의 전체 개체수 변동은 수컷 개체의 비율이 높았기 때문에(df=8, t=2.339, p=0.047) 수컷의 변동패턴과 거의 일치하였다. *A. kokuboi*의 미성숙 개체는 일몰 직전까지 저층에서 밀도가 높았으나, 일몰부터 표층에서 밀도가 증가하는

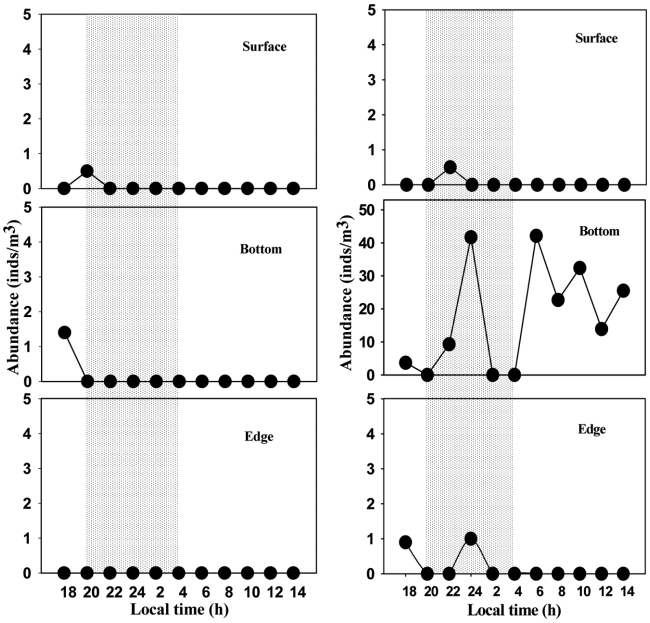

Fig. 2. Temporal variation in the abundance of juveniles of the two mysids, *Archaeomysis kokuboi* (left) and *Acanthomysis nakazatoi* (right) at the water surface, bottom and water's edge over the 22 h sampling regime. Stippled areas denote the night time.

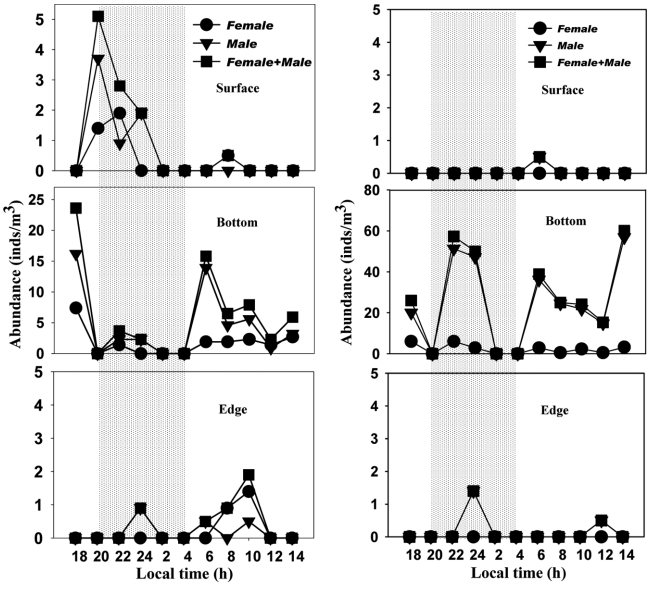

Fig. 3. Temporal variation in the abundance of immatures of the two mysids, *Archaeomysis kokuboi* (left) and *Acanthomysis nakazatoi* (right) at the water surface, bottom and water's edge over the 22 h sampling regime. Stippled areas denote the night time.

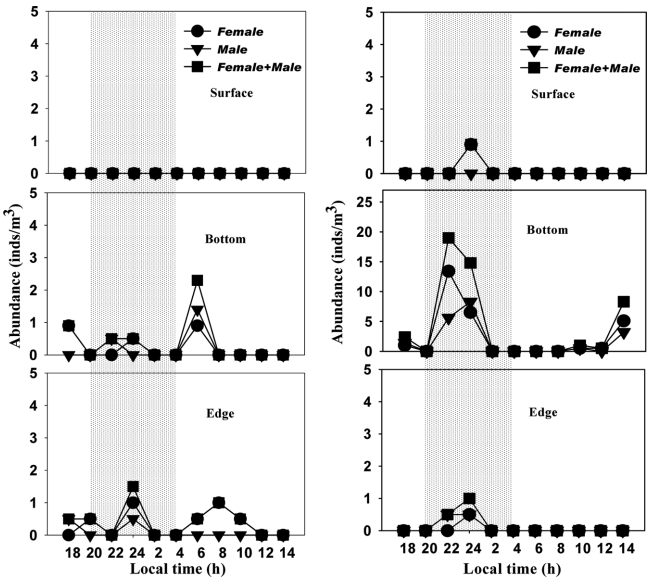

Fig. 4. Temporal variation in the abundance of adults of the two mysids, *Archaeomysis kokuboi* (left) and *Acanthomysis nakazatoi* (right) at the water surface, bottom and water's edge over the 22 h sampling regime. Stippled areas denote the night time.

경향이 있었다(Fig. 3).

*A. nakazatoi*의 미성숙체는 물가장자리와 표층에서는 극히 소수의 개체만 나타났고, 저층에서 가장 많은 개체가 출현하였다. 저층에서의 *A. nakazatoi* 미성숙 개체는 주야간 모두 개체수 증감을 반복하였고, 전체 개체수 중 수컷 비율이 높았기 때문에(df=8, t=4.675, p=0.002) 전체 미성숙체의 개체수 변동은 수컷의 변동패턴과 거의 일치하였다(Fig. 3).

3) 성숙 개체(Adults)

*A. kokuboi*의 성숙 개체는 표층에서는 전혀 출현하지 않았고, 물가장자리와 저층에서 주로 출현하였으나, 그 밀도는 낮았다. 물가장자리와 저층에서의 개체수 변동양상은 거의 유사하였다. 그러나 성숙 암컷의 평균 개체수는 물가장자리에서 수컷에 비해 약간 높았으나 유의차는 없었다(df=8, t=-1.890, p=0.095; Fig. 4).

*A. nakazatoi*의 성숙 개체는 물가장자리와 표층에서는 최고 밀도가 2 inds/m^3 이하로 매우 낮은 밀도로 나타났으나, 저층에서는 최고 20 inds/m^{3}에 달할 정도로 많은 개체가 분포하였다. 22~24시의 야간에 상대적으로 높은 현존량을 보였고, 주간에는 14~18시에 약간의 개체수 증가가 있었으나 매우 낮은 개체수를 나타냈다. *A. nakazatoi*의 성체는 주로 야간에 채집되었다(Fig. 4).

성장단계별 주야간 현존량

*A. kokuboi*의 성장단계 및 서식처별로 주야간 개체수 밀도를 Table 1에 나타냈다. 유체는 표층을 제외하고는 물가장자리와 저층에서는 개체수가 채집되지 않았다. 미성숙체의 경우, 물가장자리에서는 주간의 밀도가 야간보다 약간 높았으나 통계적으로는 유의하지 않았다(p=0.52). 표층에서는 야간의 밀도가 주간보다 더 높았으며(p=0.01), 특히 미성숙 수컷에서 그러한 경향이 강했다(p=0.02). 저층에서는 주야간 미성숙 개체의 밀도 차이가 없었으나, 미성숙 암컷의 주간 밀도가 야간 밀도보다 더 높았다(p=0.02). 성체의 경우, 표층에서는 채집되지 않았고, 물가장자리에서는 통계적으로 주야간 밀도의 차이가 없었으나, 저층에서는 주간의 밀도가 야간보다 더 높았다(p=0.04; Table 1, Fig. 1).

Table 1. Comparison of abundances for different growth stages of *Archaeomysis kokuboi* between day and night at the water surface of the surf zone, Yongil Bay

Habitat	Growth stage	Night	Day	t	Probability
Waer surface	Juvenile	0.17±0.29	0	1.19	0.28
	Immature ♂	2.17±1.42	0	3.16	0.02
	Immature ♀	1.10±0.98	0.13±0.25	1.95	0.1
	Immature (♂ + ♀)	3.27±1.65	0.13±0.25	3.87	0.01
	Adult ♂	0	0		
	Adult ♀	0	0		
	Adult (♂ + ♀)	0	0		
Sea bottom	Juvenile	0	0		
	Immature ♂	1.53±1.33	0	2.39	0.06
	Immature ♀	0.47±0.81	2.08±0.56	-3.15	0.02
	Immature (♂ + ♀)	2.00±1.87	2.08±0.56	-0.07	0.94
	Adult ♂	0.17±0.29	3.58±2.04	2.8	0.03
	Adult ♀	0.17±0.29	0	1.19	0.28
	Adult (♂ + ♀)	0.33±0.29	3.58±2.04	-2.67	0.04
Water's edge	Juvenile	0	0		
	Immature ♂	0.30±0.52	0.13±0.25	0.6	0.57
	Immature ♀	0	0.58±0.69	-1.39	0.22
	Immature (♂ + ♀)	0.30±0.52	0.70±0.91	-0.67	0.52
	Adult ♂	0.17±0.29	0	1.19	0.28
	Adult ♀	0.33±0.29	0.38±0.48	-0.13	0.9
	Adult (♂ + ♀)	0.50±0.50	0.38±0.48	0.33	0.75

Table 2. Comparison of abundances for different growth stages of *Acanthomysis nakazatoi* between day and night at the surface of the surf zone, Yongil Bay

Habitat	Growth stage	Night	Day	t	Probability
Waer surface	Juvenile	0.17±0.29	0	1.19	0.28
	Immature ♂	0	0		
	Immature ♀	0	0		
	Immature (♂ + ♀)	0	0		
	Adult ♂	0	0		
	Adult ♀	0.30±0.52	0	1.19	0.28
	Adult (♂ + ♀)	0.30±0.52	0	1.19	0.28
Sea bottom	Juvenile	17.00±21.89	23.63±7.66	-0.57	0.58
	Immature ♂	32.83±28.51	29.50±18.72	0.18	0.85
	Immature ♀	2.93±3.00	1.63±1.35	0.79	0.46
	Immature (♂ + ♀)	35.77±31.19	31.13±19.81	0.24	0.81
	Adult ♂	4.63±4.23	0.93±1.53	1.65	0.15
	Adult ♀	9.95±3.45	1.53±2.39	3.85	0.01
	Adult (♂ + ♀)	14.58±3.24	2.45±3.92	4.33	0.007
Water's edge	Juvenile	0	0		
	Immature ♂	0.47±0.81	0.13±0.25	0.81	0.45
	Immature ♀	0	0		
	Immature (♂ + ♀)	0.47±0.81	0.13±0.25	0.81	0.45
	Adult ♂	0.33±0.29	0	2.39	0.06
	Adult ♀	0.25±0.25	0	2.07	0.09
	Adult (♂ + ♀)	0.58±0.52	0	2.32	0.06

Table 3. Comparison of abundances for different growth stages of *Archaeomysis kokuboi* between ebb and flood tides at the water surface of the surf zone, Yongil Bay.

Habitat	Growth stage	Ebb tide	Flood tide	t	Probability
Waer surface	Juvenile	0.13±0.25	0	1.13	0.29
	Immature ♂	1.63±1.59	0	2.33	0.05
	Immature ♀	0.83±0.97	0.10±0.22	1.63	0.14
	Immature (♂+♀)	2.45±2.12	0.10±0.22	2.5	0.04
	Adult ♂	0	0		
	Adult ♀	0	0		
	Adult (♂+♀)	0	0		
Sea bottom	Juvenile	0.35±0.70	0	1.13	0.29
	Immature ♂	5.20±7.41	5.64±4.94	-0.1	0.91
	Immature ♀	2.20±3.53	2.04±0.49	0.1	0.92
	Immature (♂+♀)	7.40±10.91	7.68±4.99	-0.05	0.96
	Adult ♂	0.13±0.25	0.28±0.63	-0.46	0.65
	Adult ♀	0.35±0.44	0.18±0.40	0.6	0.56
	Adult (♂+♀)	0.48±0.37	0.46±1.03	0.02	0.97
Water's edge	Juvenile	0	0		
	Immature ♂	0.23±0.45	0.20±0.27	0.1	0.92
	Immature ♀	0	0.46±0.65	-1.38	0.2
	Immature (♂+♀)	0.23±0.45	0.66±0.79	-0.97	0.36
	Adult ♂	0.25±0.29	0	1.97	0.08
	Adult ♀	0.38±0.48	0.40±0.42	-0.01	0.93
	Adult (♂+♀)	0.63±0.63	0.40±0.42	0.64	0.53

*A. nakazatoi*의 성장단계 및 서식처별로 주야간 개체수 밀도를 Table 2에 나타냈다. 유체는 물가장자리와 표층에서는 없거나 매우 적은 수로 출현하였고, 저층에서는 주간의 밀도가 야간보다 높았으나 통계적으로는 유의차가 없었다(p=0.58). 미성숙개체의 경우, 유체와 마찬가지로 물가장자리와 표층에서는 개체수가 적거나 없었고, 저층에서는 주야간 모두 밀도가 높았으며 통계적으로도 유의한 차이가 없었다(p=0.81). 성숙개체의 경우, 모든 곳에서 야간의 밀도가 높았고, 특히 저층에서 야간의 밀도가 유의적으로 높

았고(p=0.007), 성숙 암컷의 밀도에서도 유의적인 차이가 있었다(p=0.01; Table 2).

성장단계별 조석에 따른 현존량

*A. kokuboi*의 성장단계 및 서식처별로 조석간 개체수 밀도를 Table 3에 나타냈다. 유체는 물가장자리를 제외하고는 표층과 저층에서 썰물 때의 밀도가 더 높았으나 통계적으로는 유의차가 없었다(p=0.29). 미성숙개체의 경우, 물가장자리와 저층에서 썰물 때의 밀도가 밀물보다 약간 더 낮았으나 유의차는 없었다(p=0.36, p=0.96). 그러나 표층에서는 썰물의 밀도가 밀물 때보다 유의적으로 더 높았으며(p=0.04), 수컷이 그러한 경향이 더 컸다(p=0.05). 성체의 경우, 밀물 때와 썰물 때의 밀도에 유의적인 차이가 없었고, 표층에서는 전혀 개체수가 채집되지 않았다(Table 3).

*A. nakazatoi*의 성장단계 및 서식처별로 조석간 개체수 밀도를 Table 4에 나타냈다. 미성숙개체가 표층에서 밀물 때의 밀도가 약간 더 높은 것을 제외하고는 그 외의 경우에는 모든 성장단계의 개체는 썰물 때의 밀도가 밀물 때보다 약간 더 높았으나 모두 통계적으로는 유의차가 없었다(Table 4).

성장단계 및 서식장소별 개체수 밀도의 비교

*A. kokuboi*와 *A. nakazatoi*의 두 종 모두에서 성장단계에 따라 개체수 밀도의 차이가 있었다(각각 df=2, F=7.748, p=0.001; df=2, F=4.335, p=0.018). *A. kokuboi*에서는 유체의 밀도가 미성숙 개체와 성숙 개체의 밀도에 비해 유의적으로 낮았지만(각각 Tukey's HSD test, p=0.001; p=0.042), 미성숙 개체와 성숙 개체의 밀도 간에는 유의차가 없었다(p=0.349). *A. nakazatoi*에서는 미성숙 개체

Table 4. Comparison of abundances for different growth stages of *Acanthomysis nakazatoi* between ebb and flood tides at the water surface of the surf zone, Yongil Bay.

Habitat	Growth stage	Ebb tide	Flood tide	t	Probability
Water surface	Juvenile	0.13±0.25	0	1.13	0.29
	Immature ♂	0	0.10±0.22	-0.88	0.4
	Immature ♀	0	0		
	Immature (♂ + ♀)	0	0.10±0.22	-0.88	0.4
	Adult ♂	0	0		
	Adult ♀	0.23±0.45	0	1.13	0.29
	Adult (♂ + ♀)	0.23±0.45	0	1.13	0.29
Sea bottom	Juvenile	13.68±19.07	27.32±10.59	-1.37	0.21
	Immature ♂	29.63±24.15	30.82±16.48	-0.08	0.93
	Immature ♀	3.70±2.89	1.86±1.28	1.28	0.23
	Immature (♂ + ♀)	33.33±25.93	32.68±17.50	0.04	0.96
	Adult ♂	3.83±3.82	0.74±1.39	1.69	0.13
	Adult ♀	5.23±6.15	1.22±2.18	1.37	0.21
	Adult (♂ + ♀)	9.05±9.28	1.96±3.57	1.59	0.15
Water's edge	Juvenile	0.48±0.55	-	1.96	0.08
	Immature ♂	0.35±0.70	0.10±0.22	0.76	0.47
	Immature ♀	0	0		
	Immature (♂ + ♀)	0.35±0.70	0.10±0.22	0.76	0.47
	Adult ♂	0.25±0.29	0	1.97	0.08
	Adult ♀	0.13±0.25	0	1.13	0.29
	Adult (♂ + ♀)	0.38±0.48	0	1.78	0.11

Table 5. Analysis of variance for determining the effects of growth stage, habitat, and interactions on the densities of the two mysids *Archaeomysis kokuboi* and *Acanthomysis nakazatoi* in the sandy surf zone, Yongil Bay, Korea.

Source	DF	*Archaeomysis kokuboi*			*Acanthomysis nakazatoi*		
		SS	MS	F	SS	MS	F
Corrected model	8	45.874	5.734	4.706	8083.816	1010.477	11.673
Intercept	1	35.213	35.213	28.897	3009.789	3009.789	34.769
Growth stage	2	18.884	9.442	7.748**	750.586	375.293	4.335*
Habitat	2	14.201	7.100	5.827**	5812.089	2906.045	33.571**
Growth stage × Habitat	4	12.790	3.197	2.624*	1521.140	380.285	4.393**
Error	54	65.803	1.219		4674.468	86.564	
Total	63	146.890			15768.072		
Corrected total	62	111.677			12758.284		

DF=degree of freedom, SS=sum of squares, MS=mean square
*p<0.05, **p<0.001

의 밀도가 성숙개체의 밀도보다 유의적으로 높았으나(p=0.013), 유체의 밀도와는 유의적으로 차이가 없었다(p=0.318). 그러나 두 종 모두 미성숙체의 밀도가 가장 높았다(Table 5).

또한 *A. kokuboi*와 *A. nakazatoi*의 두 종 모두에서 서식장소에 따라서도 개체수 밀도의 차이가 있었다(각각 df=2, F=5.827, p=0.005; df=2, F=33.571, p=0.0001). *A. kokuboi*에서는 저층의 개체수 밀도는 물가장자리 및 표층의 밀도보다 유의적으로 높았다(각각 Tukey's HSD test, p=0.006; p=0.030). 특히 저층에서 미성숙개체와 성숙개체의 밀도가 높았다. *A. nakazatoi*에서도 저층의 밀도가 물가장자리와 표층의 밀도보다 유의적으로 높았다(둘 다 p<0.001; Table 5).

*A. kokuboi*와 *A. nakazatoi*의 두 종 모두에서 성장단계와 서식처 간의 두 요인이 상호 작용하여 밀도 차이를 나타내는 것으로 나타났다(각각 df=4, F=2.624, p=0.045; df=4, F=4.393, p=0.004).

고 찰

*Archaeomysis kokuboi*를 포함한 *Archaeomysis*속 곤쟁이는 모래연안에 서식하는 종류라는 사실이 일찍이 보고된(Matsudaura *et al*., 1952) 이후로 쇄파대 모래연안에 서식하는 곤쟁이들, 즉 *Gastrosaccus* 속, *Archaeomysis* 속 및 *Iiella* 속 등의 상세한 분포생태에 관해서 여러 연구자들에 의해서 이루어졌다(Morgan, 1972; Nathan and Pillai, 1973; Macquart-Moulin, 1977; McLachlan *et al*., 1979; Wooldridge, 1981; Suh *et al*., 1995; Takahashi and Kawaguchi, 1995; 1997; 1998; 2004; Nonomura *et al*., 2007). 그러나 이번 연구의 대상종 중 한 종인 *Acanthomysis nakazatoi*의 쇄파대에서의 분포생태에 대해서는 본 연구에서 처음으로 보고된다.

본 연구 결과에서 *A. kokuboi*의 유체는 표층, 저층, 물가 등 모두에서 매우 낮은 개체수를 보인 반면, *A. nakazatoi*의 유체는 저층에서만 상대적으로 높은 밀도를 나타낸 것으로 보아 두 종은 유체단계에서 쇄파대에 적응하는 능력이 다른 것으로 판단된다. 즉 유체시기의 *A. kokuboi*는 모래 속에 잠입하는 능력이 부족하거나 주로 플랑크톤으로 존재하여 파도에 의해 분산되어 개체수 밀도가 낮아진 결과로 보이며, 이에 반해 *A. nakazatoi*는 충분하지는 않지만 상당한 수준으로 유체단계부터 쇄파대 저층 모래에 잠입하는 능력을 가져 서식지를 유지하는 것으로 볼 수 있다.

유체단계 이후의 미성숙 개체들은 두 종 모두 모래 저층으로의 잠입능력을 충분히 획득한 결과, 쇄파대에서 비교적 높은 밀도를 유지하게 된 것으로 판단된다. *A. kokuboi*의 미성숙개체는 주로 저층에 많이 분포하지만, 일몰을 전후하여 표층에서 개체수가 증가하는 경향을 보였다. 그 이유는 아마도 저층의 미성숙개체가 야간에 표층으로 이동하였거나 밖으로부터 유입되었기 때문으로 보인다. 그러나 *A. nakazatoi*의 미성숙 개체는 물가장자리 및 저층에서 채집되고 표층에서는 채집되지 않았으므로 저층 잠입생활을 주로 하고 표층에는 거의 나타나지 않는 것으로 판단된다. 잠입성 곤쟁이가 모래 연안에서 이종 간에 분포할 경우에 서로 중첩되지 않게 미세한 대상분포를 하는 것이 보통이다(Suh *et al*., 1995; Nonomura *et al*., 2007). 동일한 공간 또는 인접하여 출현하는 *A. kokuboi*와 *A. nakazatoi* 같이 두 종의 미성숙개체가 상이한 출현양상을 나타낸 것은 곤쟁이의 먹이는 이종 간에도 유사하거나 거의 중복되므로 경쟁을 완화하기 위해 서로 중복되지 않는 시·공간 먹이활동을 하기 위한 때문인 것으로 판단된다(Takahashi and Kawaguchi, 1998).

*A. kokuboi*의 성숙개체는 미성숙 개체와는 달리 표층에서는 채집되지 않았고 물가장자리와 저층에서만 채집되어 이 종의 성체는 모래 잠입생활이나 저층 가까이에서만 활동하고 표층 가까운 수중에서는 유영하지 않는 것으로 판단된다. 한편 *A. nakazatoi* 성숙개체는 물가장자리, 표층, 저층 모든 곳에서 출현하지만, 특히 저층에 가장 높은 밀도로 존재한 것으로 보아 주로 저층 중심의 잠입생활을 한다고 볼 수 있다.

성숙 암컷이나 미성숙 개체가 저층에 많은 이유를 다음과 같이 생각해 볼 수 있을 것이다. 쇄파대에서 수중 환경은 물리적 파도에너지가 대부분 크기 때문에 수중의 곤쟁이는 서식지를 벗어나 다른 곳으로 이동되기 쉽지만, 저층에 잠입한 개체는 난류에 의한 저층 기질인 모래의 이동이 적어 수중보다 비교적 안정한 서식처가 될 수 있을 것이다(Wooldridge, 1981). 또 하나는 곤쟁이가 모래 속에 잠입함으로써 어류 등에 의한 시각 포식자로부터 자신을 숨길 수 있는 이점이 있기 때문으로 보인다(Takahashi and Kawaguchi, 1997).

주야간 현존량의 차이를 살펴본 결과, *A. kokuboi*의 미성숙 개체수는 야간에 저층에서 감소하고 주간에 표층에서는 증가하는 주야간의 개체수 밀도 변화가 있었으므로 주간 저층 잠입생활에서 야간 수중 유영 활동을 하는 주야간 이동(diel migration)을 했다는 것을 의미한다. 성체에서는 물가장자리를 제외하고는 주야간 변화가 거의 없어 성체와 미성숙체 간에 다른 양상을 보였다. Takahashi and Kawaguchi(1997)는 일본 동부 태평양 연안에서 *A. kokuboi*의 야간 수중활동은 성체보다 미성숙체에서 더 활발하다고 보고한 것과 같은 맥락이라 볼 수 잇을 것이다. 한편 *A. nakazatoi*의 경우에는 *A. kokuboi*와는 달리 미성숙개체를 제외하고 유체와 성체는 물가장자리, 표층 및 저층에서 야간에 개체수가 증가하는 현상을 보였고, 특히 저층에서 성체의 밀도가 크게 증가하였다. 그러나 미성숙 개체는 주야 모두 표층에서는 채집되지 않았고, 저층에서만 야간 밀도가 증가하였다. 대체로 이 종의 미성숙 개체와 성숙 개체는 표·저층간에 적극적인 주야이동을 하기보다는 주로 야간에 저층을 중심으로 활발한 활동을 하되 표층 가까운 수중에서는 유영하지 않는 것으로 보인다.

본 조사에서 조석간 현존량의 차이를 보면, 두 종 모두에서 통계적으로 유의한 차이는 없었다. Takahashi and Kawaguchi(1997)는 동일한 장소에 서식하는 3종의 곤쟁이, 즉 *Archaeomysis kokuboi, A. japonica, Iiella ohshimai*에 대해서 연구하여 *A. kokuboi*는 조석이동을 하지만 나머지 2종은 그렇지 않아 종에 따라 조석 효과가 다름을 보고한 바 있다. *A. kokuboi*의 경우 서식 환경에 따라서도 조석에 대한 반응이 다른 게 나타나는 것 같다. 즉 일본 동북부 해안과 같은 노출형 모래해변에서 조석에 대한 영향은 보다 크게 나타나고, 본 조사 해역과 같은 차폐형 해변에서의 조석에 대한 영향은 크게 나타나지 않는 것으로 판단된다(Suh *et al*., 1995).

동해안 포항 쇄파대 모래해변에서의 두 종의 잠입성 곤쟁이의 분포형태는 종에 따라서도 다르며 동일한 종 내에서도 성장단계에 따라 달랐다. *A. nakazatoi*의 개체수 밀도는 *A. kokuboi*보다 훨씬 더 높았다. 이는 *A. nakazatoi*가 쇄파대에서 잠입능력이 더 뛰어나며 더 잘 적응한 결과로 판단된다. 차기 연구에서는 물리적

파도 에너지가 큰 모래저층에서 두 종의 잠입능력에 대한 검증이 이루어질 필요가 있을 것 같다. 두 종 모두 모래 저층에 주로 분포하지만, 분포 형태에는 약간의 차이가 있다. 즉 *A. kokuboi*는 유체단계에서는 저층보다는 주로 수중에 존재하며, 미성숙 단계에서는 수중과 저층에 같이 존재하지만 성숙단계에서는 주로 저층에만 서식한다. 그에 비해서 *A. nakazatoi*는 유체단계에서는 수중과 저층에 서식하지만 주로 저층에 분포하고, 미성숙단계와 성숙단계에서는 거의 저층에 서식한다. *A. nakazatoi*는 쇄파대에서 유체단계부터 저층에 서식하기 시작하여 모든 단계에서 상대적으로 높은 밀도로 모래저층에 존재한다는 것은 모래저층으로의 잠입능력이 매우 뛰어나 쇄파대에서 매우 잘 적응한 곤쟁이라는 것을 의미한다. 따라서 동해안 쇄파대에서의 두 종 곤쟁이, *A. kokuboi* 및 *A. nakazatoi*의 분포양상은 종과 성장단계에 따라 다르게 나타났다.

사 사

본 논문을 심사하면서 좋은 의견을 주신 두 분의 심사위원님께 감사드립니다.

참고문헌

Brown, A.C. and A. McLachlan, 1990. Ecology of Sandy Shores. Elsevier, Amsterdam, 328pp.

Calil, P. and C.A. Borzone, 2008. Population structure and reproductive biology of *Metamysidopsis neritica* (Crustacea: Mysidacea) in a sand beach in south Brazil. Rev. Bras. Zool., **25**: 403–412.

Chihara, M. and M. Murano, 1997. An Illustrated Guide to Marine plankton in Japan. Tokai University Press.

Clark, B.M., B.A. Bennett and S.J. Lamberth, 1996. Factors affecting the spatial the variability in seine net catches of fish in the surf zone of False bay, South Africa. Marine Ecology Progress Series, **1312**: 17–34.

Fulton, R.S., 1982. Preliminary results of an experimental study of the effects of mysid predation on estuarine zooplankton community structure. Hydrobiologia, **93**: 79–84.

Ii, N., 1964. Fauna Japonica, Mysidae (Crustacea). Biogeogr. Soc. Japan, 1–610.

Jo, S.G. and C.W. Ma, 1996. Mysidacea (Crustacea) from the west coast of Korea. J. Korean Fish. Soc. **29**(6): 805–82.

Ma, C.W., S.Y. Hong and S.G. Jo, 2002. Marsupial development and molt cycle of *Acanthomysis nakazatoi* (Crustacea: Mysidacea). J. Fish. Sci. Tech., **5**(4): 271–280.

Matsudaira, C., T. Kariya and T. Tsuda. 1952. The study of the biology of a mysid *Gastrosaccus vulgaris* Nakazawa. Tohoku J. Agricul. Research, **3**: 155–174.

Mauchline, J. and M. Masaaki, 1977. World list of the Mysidacea. J. Tokyo Univ. Fish., **64**(1): 39–88.

Macquart-Moulin, C., 1977. Le controle de Iemnergence et des nages nocturnes chez les Peracarides des plages de Mediterranee. *Eurydice affinis* Hansen (Isopoda), *Gastrosaccus mediterraneus* Bacescu, *Gastrosaccus spinifer* (Gos) (Mysidacea). J. Exp. Mar. Biol. Ecol., **27**: 61–81.

McLachlan, A., T. Wooldridge and G. van der Horst, 1979. Tidal movements of the macrofauna on an exposed sandy beach in South Africa. J. Zool., Lond., **187**: 433–442.

Morgan, S., 1972. Ecology of distribution of the sand-dwelling mysid *Gastrosaccus sanctus* (van Beneden, 1861) along the Mediterranean sandy shore of Israel. Crustaceana (Suppl.), **3**: 357–361.

Murano, M., 1979. A guide to mysidology: systematics, distribution and ecology. Aquabiology, **1**(1), 1–10.

Nathan, C.N. and N.K. Pillai, 1973. The alimentary system of the littoral mysid *Gastrosaccus simulans* (van Beneden). J. Mar. Biol. Ass. India, **15**: 577–586.

Nonomura, T., Y. Hayakawa, Y. Suda and J. Ohtomi, 2007. Habitat zonation of the sand-burrowing mysids (*Archaeomysis vulgaris, Archaeomysis japonica* and *Iella ohshimai*), and diel and tidal distribution of dominant *Archaeomysis vulgaris*, in an intermediate sandy beach at Fukiagehama, Kagoshima Prefecture, southern Japan. Plankton Benthos Res., **2**(1): 38–48.

Suh, H.L., S.G. Jo and K.Y. Kim, 1995. Diel horizontal migration of the two mysids *Acanthomysis nakazatoi* and *Acanthomysis* sp. in the sandy shore surf zone of Yongil Bay, eastern Korean. J. Kor. Soc. Oceanogr., **30**(6): 523–528.

Takahashi, K. and K. Kawaguchi, 1995. Inter- and intraspecific zonation in three species of sand-burrowing mysids, *Acanthomysis nakazatoi*, *A. grebnitzkii* and *Iiella ohshimai*, in Otsuchi Bay, northeastern Japan. Mar. Ecol. Prog. Ser., **116**: 75–84.

Takahashi, K. and K. Kawaguchi, 1996. Practical key characters to identify the closely related sand-burrowing mysids, *Archaeomysis kokuboi* and *A. japonica* (Mysidacea: Gastrosaccinae) throughout all developmental stages. Bull. Plankton Soc. Japan, **43**: 133–137.

Takahashi, K. and K. Kawaguchi, 1997. Diel and tidal migrations of the sand-burrowing mysids, *Acanthomysis nakazatoi*, *A. japonica* and *Iiella ohshimai*, in Otsuchi Bay, northeastern Japan. Mar. Ecol. Prog. Ser., **148**: 95–107.

Takahashi, K. and K. Kawaguchi, 1998. Diet and feeding rhythm of the sand-burrowing mysids, *Acanthomysis nakazatoi* and *A. japonica* in Otsuchi Bay, northeastern Japan. Mar. Ecol. Prog. Ser., **162**: 191–199.

Takahashi, K. and K. Kawaguchi, 2004. Reproductive biology of the intertidal and infralittoral mysids *Acanthomysis nakazatoi* and *A. japonica* on a sandy beach in NE Japan. Mar. Ecol. Prog. Ser., **283**: 219–231.

Webb P., R. Perissinotto and T.H. Wooldridge, 1988. Diet and feeding of *Gastrosaccus psammodytes* (Crustacea: Mysidacea) with special reference to the surf diatom *Anaulus birostratus*. Mar Ecol Prog Ser **45**: 255–261.

Wooldridge, T., 1981. Zonation and distribution of the beach mysid, *Gastrosaccus psammodytes* (Crustacea, Mysidacea). J. Zool., Lond., **193**: 183–189.

Wooldridge, T., 1989. The spatial and temporal distribution of mysid shrimps and phytoplankton accumulations in a high energy surfzone. Vie Milieu, **39**: 127–133.

2011년 4월 1일 원고접수
2012년 4월 3일 수정본 접수
2012년 5월 11일 수정본 채택
담당편집위원: 강창근