

## 돌산도 모래해안 쇄파대에 나타나는 요각류 *Acartia omorii* 분포에 미치는 주야·조석·계절효과

박은옥·서해립<sup>+</sup>·서호영\*  
전남대학교 해양학과·해양연구소, \*여수대학교 수산과학연구소

### Diel, Tidal and Seasonal Effects on the Distribution of *Acartia omorii* (Copepoda: Calanoida) in a Sandy-shore Surf Zone of Dolsan Island

Eun-Ok PARK, Hae-Lip SUH<sup>+</sup> and Ho Young SOH\*  
Department of Oceanography, Institute of Marine Sciences, Chonnam National University,  
Gwangju 500-757, Korea  
\*Fisheries Science Institute, Yosun National University, Yosun 500-749, Korea

In a sandy shore surf zone of Dolsan Island, diel, tidal and seasonal effects on abundance of *Acartia omorii* were investigated at three sites, the bottom and surface of 1 m depth and water's edge using a sledge-net. Of these sites, the abundance of *A. omorii* was the highest in the bottom. Seasonal abundance data showed that *A. omorii* was more abundant in winter than other seasons. During the study period, the abundance of *A. omorii* was always higher during ebb tide than flood. The distribution patterns of *A. omorii* were more influenced by tide than diel change. Strong current during spring tide possibly affected the diel migration pattern. In winter *A. omorii* showed a diel vertical migration in neap tide, whereas it showed a reverse vertical diel migration in spring tide. Distribution centers were located at a layer of 50~100 cm below mean sea level (MSL) during neap tide, and then it moved slightly upward during spring tide.

**Key words:** Sandy-shore, Surf zone, Distribution, Copepod, *Acartia omorii*

#### 서 론

쇄파대는 파도가 부서지는 곳에서 해안선까지를 가리킨다. 이곳은 치어의 먹이가 되는 테트리투스, 박테리아, 규조류, 원생동물, 동물플랑크톤 등이 풍부하여 어류의 성육장으로 중요하다 (Fenchel, 1978; Lasiak, 1981; Giere and Pfannkuche, 1982; Cockcroft and McLachlan, 1986; Lasiak and McLachlan, 1987). 또한, 쇄파가 만드는 난류 (turbulence)는 이 지역의 탁도를 높여 쇄파대에 서식하는 동물플랑크톤을 시각포식자인 어류로부터 보호하는 역할을 한다 (Lasiak, 1986). 그러나 쇄파대에 사는 동물플랑크톤은 크기가 다양하고, 다른 생태계의 동물플랑크톤에 비해 정량채집이 어려워 지금까지 많이 연구되지 않았다.

쇄파대에 서식하는 동물플랑크톤에는 요각류, 지각류, 화살벌레류 등과 같은 중생 플랑크톤뿐만 아니라, 등각류, 단각류, 곤쟁이류 등과 같은 저서부유 (benthoplankton) 생활을 하는 무리, 십각류, 다모류, 어류의 유생과 같이 일시적으로 플랑크톤 생활을 하는 정기성 플랑크톤이 있다 (Brown and McLachlan, 1990).

요각류의 주야 이동 양상은 광도 뿐만 아니라 암·수, 온도, 클로로필 양의 차이에 따라 다르다 (Fernández de Puellas et al., 1996; Suh and Yu, 1996; Rios-Jara, 1998). 쇄파대의 생물군 가운데 곤쟁이류 (Clutter, 1967; Suh et al., 1995)와 단각류 (Hager and Croker, 1980; Moran, 1972; De Lancey, 1987) 생물량은 조석과 주야주기에 따라 변동한다고 보고되었지만, 요각류에 대한

연구는 매우 드물다. De Lancey (1987)는 여름철 쇄파대에 나타나는 동물플랑크톤 중 대형 무척추동물의 출현량은 주로 주야의 영향을 받지만, 요각류처럼 작은 동물플랑크톤은 조석의 영향을 더 많이 받는다고 보고했다.

본 연구는 1) 돌산도 쇄파대에 연중 우점적으로 나타나는 *Acartia omorii*의 분포에 영향을 주는 요인, 2) 대조와 소조간의 분포 차이와 계절에 따른 변동양상을 밝히는 데 목적을 두었다.

#### 재료 및 방법

이 연구는 동물플랑크톤의 생물량에 영향을 주는 환경요인을 밝히기 위해 남해안 돌산도 방죽포 쇄파대 해안에서 1993년 1월 4일, 1월 25일, 4월 3~4일, 7월 3~4일과 11월 12~13일에 실시했다. 이 지역은 모래해안 길이가 190 m로, 동·서쪽은 암반으로 막혀있고, 남쪽으로 외양에 열려있는, 경사도가 1:48인 비교적 완만한 곳이다. 조간대의 폭은 약 150 m이며, 가는 모래 (2~3 ϕ, 66%)와 중간모래 (1~2 ϕ, 26%)로 이루어져 있다 (Fig. 1).

1993년 1월 4일 소조와 25일 대조의 조치는 각각 159 cm, 281.5 cm 였다. 그리고 4월 3~4일의 평균조차는 232 cm, 7월 3~4일, 11월 12~13일의 평균조차는 각각 258.5 cm, 306.8 cm로 대조에 가까웠다.

해지는 시각은 1월 4일에는 17시 35분, 1월 25일은 17시 55분이었고, 4월 3~4일, 7월 3~4일과 11월 12~13일의 해지는 시각은 각각 18시 57분, 19시 56분, 17시 22분이었다.

일일 평균 수온과 염분은 1월 4일에는 9.7 °C와 32.7 psu, 1월 25일에는 7.9 °C와 33.8 psu, 4월 3~4일, 7월 3~4일, 11월 12~13일

<sup>+</sup>Corresponding author: suhhe@chonnam.ac.kr

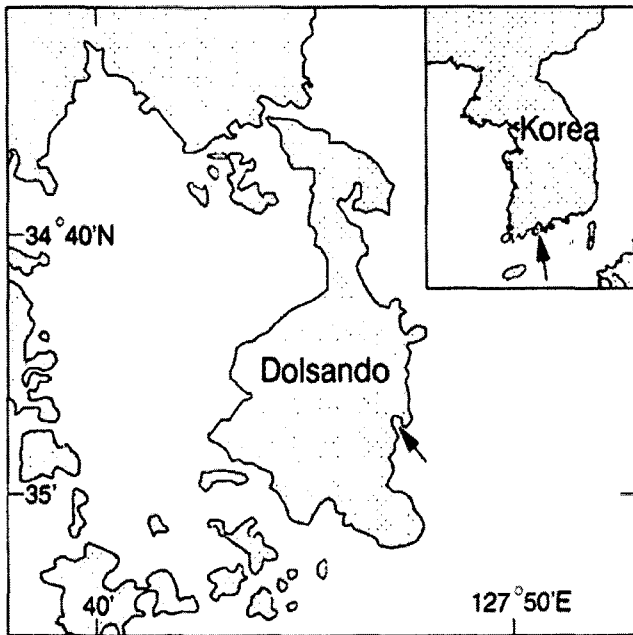


Fig. 1. Location of sampling site in the surf zone of Dolsan Island, southern Korea.

수온과 염분은 각각 12.4 °C와 33.7 psu, 21.4 °C와 31.7 psu, 16.1 °C와 33.6 psu였다.

채집에는 썰매네트 (망구: 12×30 cm, 망목: 330 μm)를 사용하여, 표층, 저층, 바닷가에서 1시간 간격으로 약 1 m/sec의 속도로 해안선과 평행하게 20 m를 3회 반복 채집했다. 표층을 채집할 때는 스티로폼을 부착하여 네트가 표층 약 12 cm 아래에 위치하도록 했으며, 저층과 바닷가는 스티로폼을 떼어낸 후 추를 달아 네트가 바닥에 끌리도록 채집했다. 1회 채집시의 여수량은 0.72 m<sup>3</sup> (0.12 m×0.3 m×20 m)였다. 채집된 시료는 현장에서 5% 중성 포르말린으로 고정된 후, 실험실에서 실체현미경 하에서 *Acartia omorii*만을 선별 분리한 후, 단위 용적당 평균 마릿수 (ind./m<sup>3</sup>)로 환산했다. 채집된 시료수는 1조석주기 동안 채집된 1월 4일과 1월 25일에는 각각 117개와 108개였고, 2조석주기 동안 채집된 4월 3~4일과 7월 3~4일 시료수는 각각 162개, 그리고 11월 12~13일에는 108개였다. 주야, 조석 및 계절에 따른 출현양상을 비교하기 위해, Mann-Whitney U-test를 사용하여 출현량의 차이에 대한 유의성을 검정했다.

결 과

1. 계절변동

*Acartia omorii*는 겨울철에 표층, 저층, 바닷가의 모든 수층에서 각각 26.1, 93.5, 그리고 37.1 ind./m<sup>3</sup>로 높은 출현량을 보였지만, 봄철, 여름철, 가을철에는 모든 수층에서 7 ind./m<sup>3</sup> 미만으로 낮게 나타났고, 수층별 출현량은 채집기간 동안 저층, 표층, 바닷가 순으로 높게 나타났다 (Table 1). 채집시간별, 수층별 출현량은 먼저 겨울철에 *A. omorii*는 14시에 표층과 저층에서 각각 171 ind./m<sup>3</sup>와

Table 1. Abundance (ind./m<sup>3</sup>) of *Acartia omorii* collected in a sandy shore surf zone of Dolsan Island. Values indicate mean ± S.D

	Surface	Bottom	Edge	Mean
Jan.	20.6 ± 23.5	45.3 ± 52.5	19.2 ± 21.8	28.3 ± 18.0
Apr.	0.8 ± 1.5	1.2 ± 1.5	0.8 ± 0.9	1.0 ± 0.3
July	1.6 ± 2.1	5.0 ± 8.3	1.3 ± 1.6	2.6 ± 1.7
Nov.	0.5 ± 1.0	2.0 ± 5.9	0.6 ± 1.2	1.0 ± 0.7

551 ind./m<sup>3</sup>로 최고의 출현량을 보였고, 바닷가에서는 13시에 205 ind./m<sup>3</sup>로 최고의 출현량을 보였다. 그러나 14시 이후에는 *A. omorii*의 출현량이 급격히 감소하기 시작하여 일몰 후에는 모든 수층에서 거의 출현하지 않았다 (Fig. 2A). 봄철과 여름철에는 이와는 달리 낮보다는 밤에 높은 출현량을 보였으며 (Fig. 2B, C), 가을철에는 겨울철에 비해 출현량은 훨씬 적지만 겨울철과 비슷한 출현양상을 나타냈다 (Fig. 2D).

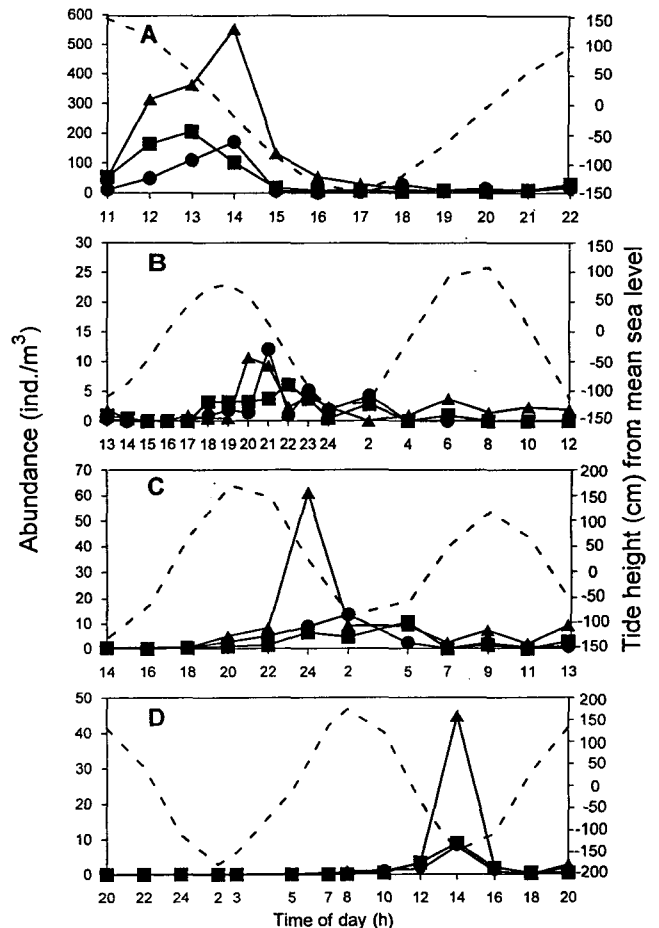


Fig. 2. Diel variation in mean abundance of the *Acartia omorii* collected at the three sites, the bottom (▲) and surface (●) of 1 m depth and water's edge (■), over the spring tide in a sandy shore surf zone of Dolsan Island. Solid and dashed lines indicate abundance and tide height, respectively. A, January; B, April; C, July; D, November.

2. 주야 및 조석변동

쇄파대에서 *A. omorii*의 출현량은 겨울철과 가을철에는 낮시간의 썰물 동안에 높게 나타났지만, 봄철과 여름철에는 밤시간의 썰물 때 높게 나타났다 (Fig. 2). 이처럼 주야와 조석에 따른 출현량의 차이가 계절에 따라 다르게 나타나는데, 이러한 조석과 주야 차이가 통계적으로는 의미가 있는가를 Mann-Whitney U-test로 유의성을 검증하였다 (Table 2). 조석에 따른 주야간 출현량의 차

이는 낮시간에는 1월 저층과 바닷가, 4월 저층, 그리고 11월 표층에서 유의한 차이를 나타냈고, 밤시간에는 4월 표층과 바닷가 그리고 7월 저층에서 유의했다 ( $p < 0.05$ ). 이에 반하여 주야의 조석에 따른 출현량의 차이는 썰물일 경우 4월 저층과 7월 저층과 바닷가를 제외한 전 수층에서 유의한 차이를 나타냈고, 밀물일 때에는 1월에는 표층과 저층, 7월에는 전 수층, 그리고 11월에는 저층에서 주야간 별로 조석에 따른 출현량에서 유의한 차이가 나타났

Table 2. Abundance (ind./m<sup>3</sup>) of *Acartia omorii* collected at the surface and bottom of 1 m water depth and water's edge, in a sandy shore surf zone of Dolsan Island. Paired comparisons (Mann-Whitney U-test) for the differences between ebb and flood, and day and night. Levels of significance: ns, not significant; \*,  $p < 0.05$ ; -, no data.

	Day									Night									U-test											
	Ebb			Flood			Ebb			Flood			E vs F						D vs N											
													Day			Night			Ebb			Flood								
	S	B	E	S	B	E	S	B	E	S	B	E	S	B	E	S	B	E	S	B	E	S	B	E						
Jan.	351.9	1,465.3	551.9	3.7	30.6	8.3	-	-	-	79.6	62.0	57.4	ns	*	*	-	-	-	-	-	-	*	*	ns						
Apr.	0	5.6	0	1.4	29.2	20.4	23.2	29.7	20.4	4.2	4.6	3.7	ns	*	ns	*	ns	*	*	ns	*	ns	ns	ns						
July	1.4	11.1	2.8	2.8	10.2	1.9	27.3	78.7	12.5	5.1	14.4	11.6	ns	ns	ns	ns	*	ns	*	ns	ns	*	*	*						
Nov.	10.6	49.1	12.5	0.9	3.2	1.9	0	0	0	2.3	2.8	0.9	*	ns	ns	ns	ns	ns	*	*	*	ns	*	ns						

다 ( $p < 0.05$ ).

3. 대조 · 소조간 변동

쇄파대에서 *A. omorii*의 조석변화에 대한 이동양상을 관찰하기 위하여 출현개체수가 가장 높은 1월의 대조 때와 소조 때를 선택하여 출현량을 비교했다. *A. omorii*의 소조 때 출현개체수는 총 1,417 ind./m<sup>3</sup>로 대조 때의 2,609 ind./m<sup>3</sup>에 비해 약 1/2 정도 적었다. 또한 소조 때에는 대조 때와는 달리 모든 수층에서 밤에 상대적으로 더 높은 출현량이 나타났다 (Table 3). 소조 때와 대조 때 출현량을 채집 수층별로 각각 나누어 살펴보면, 대조 때 낮에는 저층에서 표층이나 바닷가에 비해 상대적으로 높은 출현량을 보였으나, 밤에는 모든 수층에 생물이 거의 출현하지 않았다 (Fig. 2A). 소조 때 낮에는 대조 때와 비슷하게 저층에서 높은 출현량을 보였지만, 밤에는 대조 때와 다르게 상대적으로 높은 출현량을 표층과 저층에서 나타냈다 (Fig. 3).

소조 때 *A. omorii*의 분포변화는 밀물일 때는 MSL 아래 50 cm에서 MSL 위쪽으로 이동했고, 썰물일 때는 MSL 위 50 cm에서 아래로 이동했다. 그리고 밀물일 때 분포중심은 MSL 아래 25 cm

Table 3. Diel differences in abundance (ind./m<sup>3</sup>) of *Acartia omorii* at three sites, the surface and bottom of 1 m water depth and at the water's edge, over the neap and spring tide cycles in January. Mann-Whitney U-test for the differences between day and night. Levels of significance: ns, not significant; \*,  $p < 0.05$ .

	Neap tide			Spring tide		
	Day	Night	U	Day	Night	U
Surface	12.0	70.0	*	50.8	15.9	ns
Bottom	32.6	55.3	ns	213.7	12.4	*
Edge	11.4	31.9	*	80.0	11.5	*

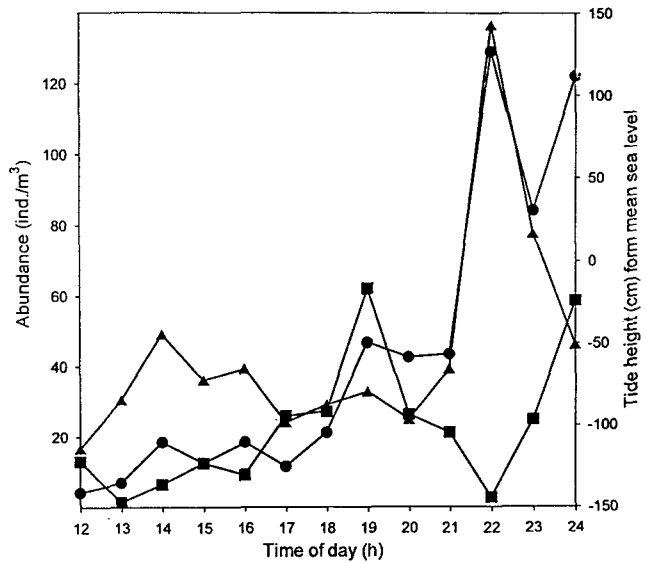


Fig. 3. As Fig. 2, but over the neap tide cycles.

였으나, 썰물일 때는 밀물일 때보다 중심이 약간 밑으로 이동했다. 출현량의 변화는 밀물이 일어나는 낮에는 표층과 저층과 바닷가에서 각각 4~18 ind./m<sup>3</sup>, 16~49 ind./m<sup>3</sup>, 1~25 ind./m<sup>3</sup>로 적었지만, 썰물 때에는 출현량이 각각 층에서 21~129 ind./m<sup>3</sup>, 25~136 ind./m<sup>3</sup>, 2~62 ind./m<sup>3</sup>로 많아졌다 (Fig. 4). 대조 때 *A. omorii*의 분포는 모든 층에서 밀물일 때는 MSL 위 100 cm부터 MSL 아래 150 cm 사이였으며, 썰물일 때는 MSL 위 150 cm부터 MSL 아래 150 cm까지로 조금 넓어졌다. 그리고 썰물일 때 분포중심은 표층과 저층에서는 MSL 부근에서 나타난 반면, 바닷가에서는 약간 MSL 위에 위치했다. 출현량의 변화는 썰물일 때는 표층과 저층과 바닷가에서 각각 1~171 ind./m<sup>3</sup>, 50~551 ind./m<sup>3</sup>, 9~205 ind./m<sup>3</sup>로 출현량

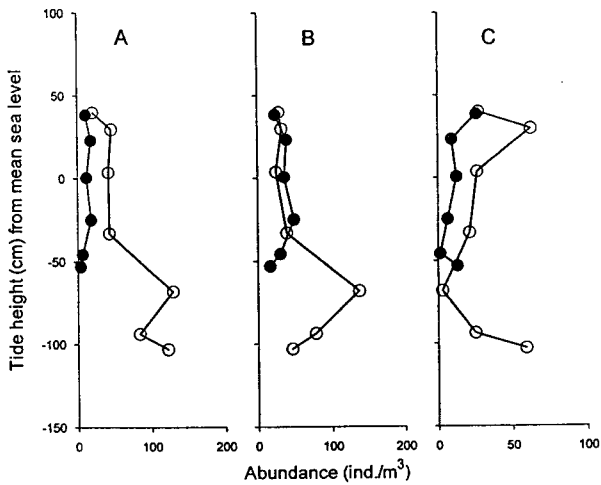


Fig. 4. Abundance (ind./m<sup>3</sup>) of *Acartia omorii* in relation to the tide height (cm) from mean sea level over the neap tide. Data were pooled regardless of time of the collection at the three sites: A, surface; B, bottom; C, edge. Open and solid circles indicate ebb and flood tides, respectively.

이 높게 나타나는 반면, 밀물에는 상대적으로 적은 출현량을 보였다 (Fig. 5). 그리고 썰물일 때 출현량은 소조와 대조에서 모두 높았는데, 대조 때는 밤이 아닌 낮시간 때 출현량의 증가를 보였다.

고찰

쇄파대에 출현하는 동물플랑크톤의 일반적인 모습은 patch 분포에 따른 커다란 swarm의 형성이다 (Brown and McLachlan, 1990). *Acartia omorii* 또한 저층 가까이에서 swarm을 이루는 종으로 알려져 있다 (Kimoto, 1990). 이러한 swarm의 형성은 쇄파대에 출현하는 생물의 분포 및 생물량 해석에 심각한 문제점을 야기할 수 있다. 그러나 본 연구에서는 Park (1989)에 의해 우리나라

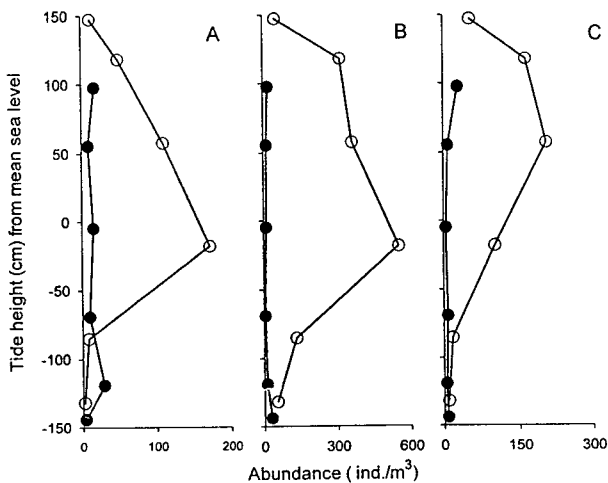


Fig. 5. As Fig. 4, but over the spring tide.

연안의 동물플랑크톤 채집용 표준 망목으로 제안된 바 있는 330 μm로 이루어진 썰매네트로 3회 연속채집하였기 때문에, 상당부분 patch에 의한 영향은 제거될 수 있었으리라 생각한다.

*A. omorii*는 우리나라 연안 및 내만역에 연중 출현하는 종으로, 특히 겨울철에 높은 출현량을 나타낸다 (Soh and Suh, 1993; Kang et al., 1996). 본 연구지역인 돌산도 쇄파대에서도 기존의 우리나라 내만에서의 연구결과와 마찬가지로 *A. omorii*는 겨울철에 많은 출현량을 보인 반면, 그 이외의 계절에는 적은 출현량을 유지하였다 (Table 1). 이처럼 쇄파대에서 *A. omorii*의 계절별 출현 양상이 인접 내만과 비슷하게 나타나는 것은 쇄파대가 내만의 영향을 직접적으로 받기 때문으로 보인다.

쇄파대에서 동물플랑크톤 생물량은 하루 중의 시간과 조석에 영향을 받는다 (Sameoto, 1975, 1978; De Lancey, 1987). 특히, 요각류의 생물량은 조석에 더 커다란 영향을 받는다. 본 조사지역인 돌산도 쇄파대 모래해안에서도 *A. omorii*의 출현량은 밀물일 때보다는 썰물일 때 높게 나타났다. 그러나 같은 썰물 중에서도 *A. omorii*의 출현 양상은 계절에 따라 다르게 나타난다. 대조 때 봄철과 여름철에는 밤시간 썰물일 때 출현량이 높게 나타났다. 반대로, 가을철과 겨울철에는 낮시간 썰물일 때 높은 출현량을 보였다 (Fig. 2). 위와 같은 현상은 이미 De Lancey (1987)와 Warman et al. (1991)이 지적했듯이 생물을 집적시키는 썰물의 작용 때문으로 사료된다. 한편, 겨울철 대조 때 *A. omorii*의 출현량은 전수층에서 낮에 높게 나타났으나 (Fig. 2A), 이와는 반대로 소조 때에는 밤에 높게 나타났다 (Fig. 3). 특히, 소조 때에는 낮에 저층에서 표층보다 높은 출현량을 나타낸 반면, 밤에는 표층에서 더 높았다. 이는 상대적으로 조류의 세기가 강한 대조 때 *A. omorii*의 분포양상은 조류의 영향을 강하게 받는 반면, 조류의 세기가 약한 소조 때 그들은 주야수직이동과 같은 일반적인 행동양식을 나타내는 것으로 보인다. 한편, Park et al. (1991)은 아산만에서 *A. omorii*의 주야수직이동은 빛이나 주지성보다는 먹이에 대한 경쟁과 같은 생물학적 요인에 영향을 더 받을 것으로 추정했다. 그러나 쇄파대에서 초식자인 *A. omorii* 먹이 생물인 식물플랑크톤은 blooms을 형성하는 것으로 알려져 있으며 (Gunter, 1979; Gianuca, 1983), 동물플랑크톤은 이러한 식물플랑크톤의 blooms 주위에서 생물량이 높게 나타나는 것으로 알려져 있다 (Brown and McLachlan, 1990). 그러므로 본 조사 항목에서는 빠져있지만, 돌산도 쇄파대의 *A. omorii*의 출현양상은 이들 먹이 생물의 분포양상에도 영향을 받을 수 있다.

쇄파대는 매우 역동적이며 급변하는 곳이지만 동물플랑크톤들은 이러한 환경에서도 잘 적응하며 산다. 저서 부유생활을 하는 단각류 *Amphiporeia*는 조석 주기에 맞춰 유영 활동이 증가하여 썰물 때 최대의 유영 활동을 보이며 (Hager and Croker, 1980), 또한 많은 종류의 동물플랑크톤은 밤에 그들의 활동성을 증가시킨다 (Moran, 1972; De Lancey, 1987). Suh and Yu (1996)는 영일만 쇄파대에서 요각류의 주야수평이동은 상대조도에 가장 큰 영향을 받으며, 이차적으로 포식자 출현과 먹이 밀도에 영향을 받는다고 하였다. 위에서 설명하였듯이 본 연구에서 *A. omorii*는 소조 때 일반적인 주야이동양상을 나타낸 반면, 대조 때에는 역주야

수직이동 (reverse diel vertical migration)을 했다. 그러나 겨울철 소조 때 *A. omorii*의 조위에 따른 분포역은 밀물보다 썰물일 때 분포수심이 아래로 50 cm로 약간의 변동은 있었지만 분포역은 같았다 (Fig. 4). 대조 때도 밀물일 때 물이 들어와 분포수심이 넓어짐에도 불구하고 *A. omorii*의 분포역은 밀물과 썰물이 모두 비슷했다 (Fig. 5). 단지 대조와 소조 모두 썰물일 때 출현량이 밀물 때보다 많았다. 이는 썰물일 때 물이 빠지면서 생물들이 한 곳에 집적되었기 때문이며 (Saiz and Alcaraz, 1992), 또한 자신의 분포수심을 유지하기 위한 *A. omorii*의 조위에 따른 능동적인 행동이 작용한 결과로 여겨진다.

## 요 약

돌산도 모래해안 쇄과대에서 썰매네트를 사용하여 1 m 수심의 표층, 저층 그리고 바닷가에서 주야, 조석 계절에 따른 요각류 *Acartia omorii*의 출현량을 조사하였다. *A. omorii*의 출현량은 표층과 바닷가에 비해 저층에서 많았으며, 계절별로는 겨울철에 가장 많았다. 또 연구기간 동안 *A. omorii*의 출현량은 항상 밀물일 때보다 썰물일 때 많이 나타났다.

*A. omorii*의 분포양상은 주야보다 조석 영향이 더 큰 것으로 나타났고, 대조 때는 강한 조류가 주야수직양상에 영향을 나타냈다. 겨울철에는 주야보다 조석주기 영향이 더 큰 것으로 나타났다. 겨울철에 *A. omorii*는 소조 때 주야수직이동을 하였고, 반면에 대조 때에는 역 주야수직이동을 했다. 소조 때 분포중심은 평균해수면 아래 50~100 cm층에 위치했으며, 대조 때는 약간 위쪽으로 분포중심이 이동했다.

## 감사의 글

현장조사에 도움을 준 유옥환, 정해건, 임효진 님께 감사드리며, 이 글의 부족한 곳을 지적해 주신 심사위원들께도 감사드립니다. 이 논문은 1998년도 전남대학교 학술연구비 지원에 의하여 연구되었습니다.

## 참 고 문 헌

- Brown, A.C. and A. McLachlan. 1990. Ecology of Sandy Shores. Elsevier Sci., Amsterdam, 328 pp.
- Clutter, R.J. 1967. Zonation of nearshore mysids. Ecology, 48, 200~208.
- Cockcroft, A.C. and A. McLachlan. 1986. Food and feeding habits of the surf zone penaeid prawn *Macropetasma africanus* (Balss). Mar. Ecol., 7, 345~357.
- De Lancey, L.B. 1987. The summer zooplankton of the surf zone at Folly Beach, South Carolina. J. Cost. Res., 3, 211~217.
- Fenchel, T. 1978. The ecology of micro- and meiobenthos. Ann. Rev. Ecol. Syst., 9, 99~121.
- Fernández de Puellas M.L., L. Valdés, M. Varela, M.T. Alvarez-Ossorio and N. Halliday. 1996. Diel variations in the vertical distribution of copepods off the north coast of Spain. ICES J. Mar. Sci., 53, 97~106.
- Frolander, H.F., C.B. Miller, M.J. Flynn, S.C. Myers and S.T. Zimmerman. 1973. Seasonal cycles of abundance in zooplankton population of Yaquina Bay, Oregon. Mar. Biol., 21, 277~288.
- Gianuca, N.M. 1983. A preliminary account of the ecology of sandy beaches in Southern Brazil. In *Sandy Beaches as Ecosystems*, A. McLachlan and T. Erasmus, eds. Junk, Hague, 413~419.
- Giere, O. and O. Pfannkuche. 1982. Biology and ecology of marine Oligochaeta, a review. Oceanogr. Mar. Biol., 20, 173~308.
- Gunter, G. 1979. Notes on sea beach ecology. Food sources on sandy beaches and localized diatom blooms bordering gulf beaches. Gulf Res. Rep., 6, 305~307.
- Hager, R.P. and R.A. Croker. 1980. The sand burrowing amphipod *Amphiporeia virginiana* Schoemaker 1933 in the tidal plankton. Can. J. Zool., 58, 860~864.
- Kang, Y.S., J.S. Park, S.S. Lee, H.G. Kim and P.Y. Lee. 1996. Zooplankton community and distribution of copepods in relation to eutrophic evolution in Chinhae Bay. J. Korean Fish. Soc., 29, 415~430 (in Korean with English abstract).
- Kimoto, K. 1990. Copepod swarms observed by SCUBA diving in a small inlet of Kyushu, Japan. NOAA Tech. Rep. NMFS, 85, 105~109.
- Lasiak, T.A. 1981. Nursery grounds of juvenile teleosts: Evidence from the surf zone of Kings Beach, Port Elizabeth. S. Afr. J. Sci., 77, 388~390.
- Lasiak, T.A. 1986. Juveniles, food and the surf zone habitat: Implications for teleost nursery areas. S. Afr. J. Zool., 19, 51~56.
- Lasiak, T.A. and A. McLachlan. 1987. Opportunistic utilization of mysid shoals by surf-zone teleosts. Mar. Ecol. Prog. Ser., 37, 1~7.
- Moran, S. 1972. Ecology of distribution of the sand-dwelling mysid, *Gastrosaccus sanctus* (Van Beneden, 1961) along the Mediterranean sandy shore of Israel. Crustaceana, Suppl. B, 357~361.
- Park, C. 1989. Zooplankton sample variability in the coastal area: The necessity for the replicate and time dependent sampling. J. Oceanol. Soc. Korea, 24, 165~171 (in Korean with English abstract).
- Park, C., K.H. Choi and C.H. Moon. 1991. Distribution of zooplankton in Asan Bay, Korea, with comments on vertical migration. Bull. Korean Fish. Soc., 24, 472~482.
- Rios-Jara, E. 1998. Spatial and temporal variation in the zooplankton community of Phosphorescent Bay, Puerto Rico. Est. Coast. Shelf Sci., 46, 797~809.
- Sameoto, D.D. 1975. Tidal and diurnal effects on zooplankton sample variability in a nearshore marine environment. J. Fish. Res. Bd Canada, 32, 347~366.
- Sameoto, D.D. 1978. Zooplankton sample variation on the Scotian Shelf. J. Fish. Res. Bd Canada, 35, 1207~1222.
- Saiz, E. and M. Alcaraz. 1992. Free-swimming behaviour of *Acartia clausi* (Copepoda: Calanoida) under turbulent water movement. Mar. Ecol. Prog. Ser., 80, 229~236.
- Soh, H.Y. and H.-L. Suh. 1993. Seasonal fluctuation of the abundance of the planktonic copepods in Kwangyang Bay. Korean J. Environ. Biol., 11, 26~34 (in Korean with English abstract).
- Suh, H.-L., S.-G. Jo and K.Y. Kim. 1995. Diel horizontal migration of the two mysids *Archaeomysis kokuboi* and *Acanthomysis* sp. in the sandy shore surfzone of Yongil Bay, eastern Korea. J. Korean

Soc. Oceanogr., 30, 523~528.  
Suh, H.-L. and O.H. Yu. 1996. Diel horizontal migration of planktonic copepod in the surf zone of Yongil Bay, Korea. J. Korean Fish. Soc., 29, 536~527 (in Korean with English abstract).  
Warman, C.G., T.J. O'Hare and E. Naylor. 1991. Vertical swimming

in wave-induced currents as a control mechanism of intertidal migration by a sand-beach isopod. Mar. Biol., 111, 49~54.

---

2001년 4월 28일 접수

2001년 11월 3일 수리