

## 대한해협 부유성 요각류의 계절별 수직분포

이창래 · 이평강 · 박 철  
충남대학교 해양학과

## Seasonal and Vertical Distribution of Planktonic Copepods in the Korea Strait

Chang Rae LEE, Pyung Gang LEE and Chul PARK  
Dept. of Oceanography, Chungnam National University, Taejon 305-764, Korea

In the Korea Strait total of 96 copepod taxa (40 genera) were identified from the seasonal and vertically stratified samples. Species richness was the highest in fall and the abundance was the highest in spring. Spatial differences were not significant within each season, but was meaningful among seasons. The water column layers of high abundances were near bottom in spring, and surface in summer and fall. Species association of copepods was examined by the cluster analysis. There are the two different results on the timing of the intrusion of East Sea Cold Water to the Korea Strait in the deeper layer based on physical data [in winter (Lee et al., 1998) vs in summer (Cho and Kim (1998))]. This study based on the distributional characteristics of copepods supported Cho and Kim (1998)'s result. Although sea water temperatures was one of major controlling factors of the copepod distribution in this strait, biological interrelation among the species such as common or exclusive exploitation of the habitat was also responsible for the observed distributional patterns.

Key words: copepods, vertical distribution, Korea Strait

### 서 론

요각류는 전체 동물플랑크톤에 70%를 차지하며 해양의 1차 생산자인 식물플랑크톤을 소비하여 다음 영양단계로 에너지를 전달해 준다. 운동 능력이 제한된 이들의 군집구조와 분포 양상은 해양의 물리·화학적 조건에 따라 서로 다르게 되며, 분포의 양적 변동은 먹이사슬 내에서 보다 높은 영양단계 생물의 분포와 생산을 조절하는 요인이 된다. 특정한 환경에 적응된 지표종들의 분포 변화 양상은 때로는 다른 물리·화학적 해양 자료보다 더 의미 있는 환경 변화에 대한 정보를 보여주기도 한다 (Park, 1970; Kang, 1986; Park et al., 1990). 따라서, 부유성 요각류의 분포 변화 양상은 해양 생태계 변화를 파악하고 규명하는 주요 자료중의 하나가 된다.

한반도 주변 동해, 서해, 남해의 요각류의 분포 상에 대하여 직접적으로 비교한 논문은 없지만 동해의 요각류가 서해의 요각류보다 다양함을 알 수 있다 (Choi and Park, 1993; Park and Choi, 1997). 그 이유는 여러 가지 일수 있으나, 우선 해역 자체가 보다 심층 구조를 가지고 있다는 점, 동해에 유입되어 존재하는 수괴도 서해에 비해 보다 다양하다는 점 등을 생각할 수 있다. 또한, 동해는 쿠로시오 해류의 분류인 대마난류와 북한한류로부터 난류종과 한류종이 각각 유입되어 요각류의 분포가 다양함을 예측할 수 있다.

대한해협은 대마난류가 동해로 유입되는 길목이며, 역방향으로 동해 심층수 또는 북한한류수가 계절에 따라 유입되는 정도가 다르다. 이러한 대마난류의 영향이 미치는 대한해협 부근의 동물플랑크톤에 관한 연구로는 대한해협에서 플랑크톤의 계절적 변화에 관한 연구 (Park, 1956), 남해 동물플랑크톤의 분포 (Kim, 1972; Park, 1973; Kang, 1986, 1992; Park et al., 1990; Kim et al., 1993), 대한해협과 인접한 동해 남동해역의 종조성과 양적 분포에 대한 연구 (Shim and Lee, 1986) 등이 있다. 그러나, 과거의 연구

중에서 수층별 분포상을 파악한 것은 드물다. 동해 남동해역의 연구인 Shim and Lee (1986)의 경우, 대한해협을 통한 동물플랑크톤의 유입이 상당한 영향을 미칠 것으로 판단되는데, 보조 자료로 사용된 일부 시료가 수직 분포의 파악에 이용되었다. 그러나, 이들의 수층별 자료는 표층까지 인양된 네트의 이동 하한 수심에 차이를 두고 이들의 비교에서 얻어진, 일종의 계산된 수직분포의 자료로서 이는 본질적으로 수층별 채집이라 할 수 없는 문제가 있었다 (즉, 표층에서 100m 수심까지의 자료에서 표층에서 50m 수심까지의 자료를 뺀 나머지로 50~100m 수층의 분포를 파악하였다). Kang (1988)의 경우는 폐쇄망 (closing net)을 이용하였는데, 이 경우에는 한 지점에서 여러 수층을 채집하는 동안 해수가 빠른 속도로 이동하는 문제가 있었고, 대상 종도 *Euphausia pacifica* 한 종류로 제한하였다. Na and Park (1989)의 경우는 지역은 대한해협 부근이었지만, 음파 산란 신호를 이용한 수직분포의 파악이었기에 직접적인 채집이 없었고 따라서 종류의 파악도 불가하였다. 따라서, 대한해협 부근의 요각류에 관한 연구는 Park (1956) 이래 몇 편에 불과하였을 뿐만 아니라 수층별 연구는 거의 이루어지지 않았다.

본 연구에서는 대한해협에서 수층별 채집을 통하여 요각류의 계절별 수층별 분포상을 조사하여, 동해로 유입되는 동물플랑크톤의 계절별 변동을 파악하고 인근 동해 남부역의 동물상과 비교하고자 하였다. 또한, 동해 심층수 또는 북한한류수를 따라 역방향으로 대한해협에 유입되는 동물플랑크톤의 유무를 조사하여 이러한 역방향 해수 유입의 시기 등을 파악하고자 하였다.

### 재료 및 방법

부산과 대마도 북단, 거제도과 대마도 중부를 연결하는 북서-남동 방향의 transect line을 2개 설정하여 각 line에 3개의 정점을

정하고 각 정점에서 수층별로 시료를 채집하였다 (Fig. 1). 이 지역은 양측의 육지로부터 발달한 대륙붕이 연속된 해저로 거의 대부분이 수심 120 m 이내의 얇은 해저이어서, 전 수층을 표층부터 20 m 간격으로 구분하여 채집대상으로 하였으며, 수심이 200 m 이상인 정점 3에서는 표층부터 수심 140 m까지는 20 m 간격으로 140 m 이상의 수심에서는 30 m간격으로 구분하였다.

채집에 사용한 기기는 망목 333  $\mu\text{m}$ 의 네트를 설치한 MOCNESS (Multiple opening/closing net with environmental sensing system, Wiebe et al., 1976)로 9개의 네트가 부착되어 있어 여러 수층을 동시에 채집할 수 있으며, 인양과 동시에 각각의 네트가 위치한 수심과 그곳의 수온, 염분, 네트의 각도, 해수 여과량 등을 파악할 수 있다.

시료의 채집은 1996년 5월, 8월, 10월, 1997년 2월에 각각 실시되었으며 이들은 각각 봄, 여름, 가을, 겨울을 대표하는 것으로 간주하였다. 채집은 모두 주간에 실시되었다.

채집된 시료는 선상에서 중성 포르말린으로 고정하였고, 포르말린의 최종농도는 생물량에 따라 다소 차이는 있었으나 5~8%가 되도록 하였다. 실험실로 운반된 시료는 Folsom 분할기를 이용하여 생물량이 1,000~1,500개체가 되도록 부차시료를 취하여 Bogorov 계수판에 넣고 해부현미경을 사용하여 가능한 낮은 단계까지 분류계수 하였다. 계수된 생물량은 해수 여과량으로 나누어 단위 체적당 개체수 (개체/ $\text{m}^3$ )로 환산하였다.

결 과

수온 및 염분 분포

대한해협 6개 정점의 계절별 수온 변화를 살펴보면 (Fig. 2), 평균 표층 수온의 경우 겨울철 16.0°C에서 여름철 26.2°C로 계절간

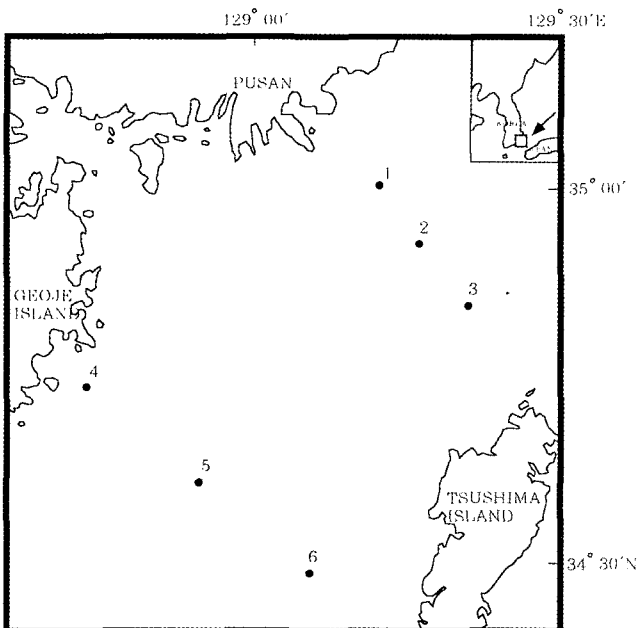


Fig. 1. Map of sampling sites.

10.2°C의 차이를 보였다. 봄철에는 평균 표층 수온이 19.2°C이며, 수평적으로는 대마도에 가까운 정점 3과 6에서 높은 값을 나타내었고, 수직적으로는 각 정점 표층 부근에서 다소 높은 수온을 보이고 있으나 전 정점에서 두드러진 수온약층의 형성은 보이지 않았다. 다만, 수심이 가장 깊은 정점 3에서 수심 약 140 m~160 m 사이에 수온약층이 형성되었다. 여름철에는 평균 표층 수온이 26.2°C이며, 수직적으로는 전 정점 30~50 m에 수온약층이 형성되었으며, 수심이 상대적으로 깊은 정점 3과 6에서는 수심 120~140 m에 또 하나의 수온약층이 형성되었다. 가을철에는 평균 표층 수온이 23.0°C이며, 수직적으로는 30~60 m에 수온약층이 형성되었고, 정점 3에서 수심 130~150 m에 수온약층이 형성되었다. 여름철에 비하여 수온약층이 다소 깊어진 것을 알 수 있었다. 봄철부터 가을철까지 계속 관찰되는 정점 3의 130~150 m층의 수온약층은 대마난류의 반류인 동해 심층수의 영향으로 판단되는데, 여름철에는 그 영향이 정점 6까지 확장하는 것으로 보였다. 겨울철에는 평균 표층 수온이 16.0°C이며, 표층의 수온감소로 인해 수온약층이 소멸되어 수괴의 수직적인 혼합에 의해 전 정점에서 일직선 형태로 수온의 변화가 없었다. 즉, 봄철에서 가을철까지 관측되었던 깊은 수심의 수온약층과 여름과 가을에 관측되었던 표층부근의 수온약층 모두가 소멸되었다. 대한해협을 통과하는 대마난류의 계절적 수온 변화 특성은 전 정점에서 두드러진 수온약층이 형성되지 않는 봄철과 겨울철, 수온약층의 형성 수심의 차이는 있었지만 수온약층이 형성되는 여름과 가을철로 구분할 수 있었다.

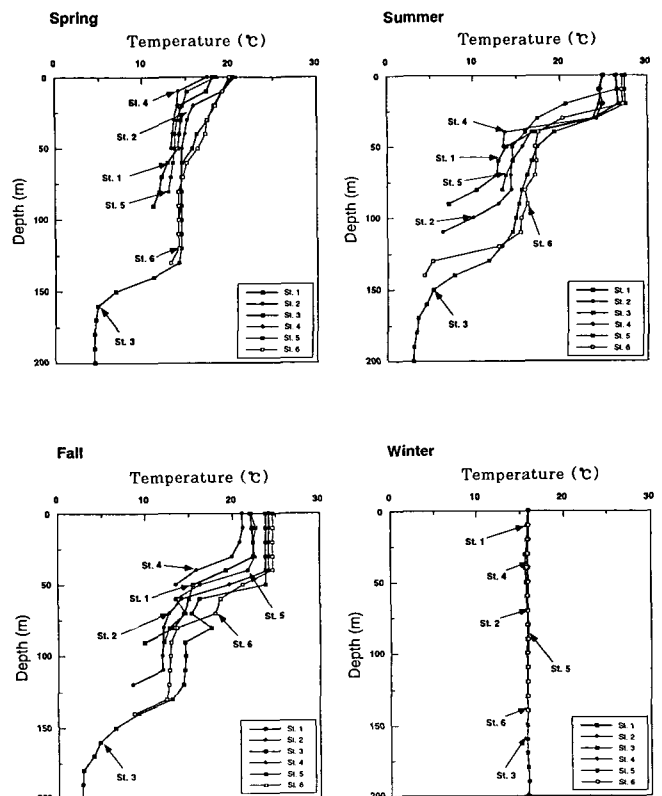


Fig. 2. Vertical profiles of seawater temperatures in the study area.

염분 변화를 살펴보면 (Fig. 3), 평균 표층 염분은 32.0~34.4 psu 범위로 계절간 약 2.4 psu의 작은 차이를 보였다. 봄철에는 약 34 psu로 수직적으로 일정한 양상이었고, 여름철에는 정점 2와 3을 제외한 전 정점의 표층에서 32 psu이하의 상대적인 저염이 나타났지만, 수심 40 m이하에서는 34 psu로 대체로 일정한 양상이었다. 가을철에는 한반도쪽 정점 1과 4의 표층에서 상대적인 저염 (32 psu)이 나타났으며, 수직적으로는 대체로 일정한 양상 (34 psu)이었다. 겨울철에는 정점 4를 제외한 정 정점에서 평균 표층 염분이 약 33 psu로 저층으로 갈수록 감소하는 경향을 보이고 있었으며, 거제도 연안 정점 4의 경우 표층 염분이 다른 정점에 비하여 약 2psu 낮으며 수직적으로 변화가 없었다.

대한해협의 염분 특성은 우기인 여름철에 표층에서, 가을철에는 한반도 인접 정점 1과 4에서 상대적 저염이 관측되고 있는 점과 40 m이상의 수심에서는 봄에서 가을까지 대체로 34.0 psu 이상을 유지하고 있다는 점, 겨울철에는 전 수층에서 33.0 psu 이하로 떨어져 수심이 깊어짐에 따라 염분이 감소하는 점 등을 보였다. 수온과는 달리 염분의 변화는 표층과 저층의 염분변화가 없는 봄철, 표층이 저염의 특성을 보인 여름과 가을철, 반대로 표층보다 저층으로 갈수록 저염의 특성을 보인 겨울철 등이 차이를 보였다.

수온과 염분 분포로부터 여름과 가을에는 수직적으로 표층, 중층, 저층이 뚜렷이 구분되는 점, 그러나 겨울과 봄 조사시기에는 수층별 구분이 상대적으로 미미한 점 등이 파악되었다.

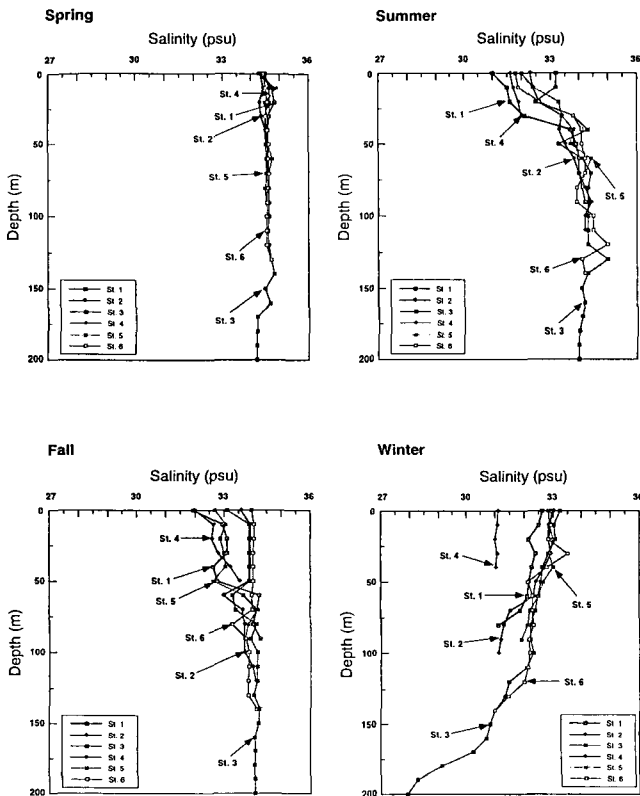


Fig. 3. Vertical profiles of salinities in the study area.

우점종의 종 조성과 요각류의 총량 분포

요각류는 전 계절에 걸쳐 총 40속 96개 분류군이 검색되었다. 봄철과 여름철에는 각각 총 56개 분류군, 가을철에는 총 85개, 겨울철에는 총 55개 분류군이 동정되었다. 이들 요각류 출현 분류군 수의 정점별 수심별 분포를 살펴보면 (Fig. 4), 정점별로는 모든 계절에서 유의적인 차이를 보이지 않았다 (ANOVA,  $p>0.05$ ). 각 계절의 수심별 비교에서는 여름철과 겨울철에 중·저층에서 다소 많은 종이 검색되었으나 그 차이 역시 크지 않았다.

전 계절에 걸쳐 나타나는 주요 우점 요각류로 (Table 1)는 *Calanus minor*가 21.1%로 가장 우점하였으며, 다음으로는 *Corycaeus affinis*, *Paracalanus parvus* s. lat가 각각 17.8%, 17.4%로 전체 출현 요각류의 56.3%를 차지하였다. 이를 다시 계절별로 살펴 보면 봄철에는 *C. affinis*와 *C. minor*가 각각 약 30.3%로 가장 우점하였으며, *P. parvus* s. lat (23.9%), *Scolecithrix nicobarica* (8.2%) 순으로 상위 3종이 전체 출현량의 약 84%를 차지하였다. 여름철에는 *C. minor*가 15.5%로 가장 우점하였으며, *Calanus* 유생 (10.6%), *Acrocalanus gracilis* (8.3%), *Undinula vulgaris* (7.0%) 순으로 나타났다. 가을철에는 *C. minor*가 17.5%로 가장 우점하였으며, *Calanus* 유생 (12.9%), *Clausocalanus furcatus*, *Oncaea venusta* 순으로 각각 10% 이상을 차지하였고 그 외 대체로 고른 분포를 보이고 있다. 여름과 가을철에는 봄철에 비하여 우점군의 개체수 조성이 크게 둔화됨을 알 수 있었다. 겨울철에는 *Calanus* 유생이 30.1%로 가장 우점하였으며, *P. parvus* s. lat (26.6%), *C. affinis*, *C. minor* (각 10.9%) 순으로 나타났다. 대체로 봄철과 겨울철에 상위 우점종 3종의 개체수 조성이 크다는 것을 알 수 있었다. 그리고 각 계절별로 나타나는 종다양성 지수 [H', Shannon and Weaver (1949)]는 2.1~3.0의 범위였다. 상위 몇종에 의해 우점도가 높은 봄과 겨울에 종다양성 지수가 가장 낮았다.

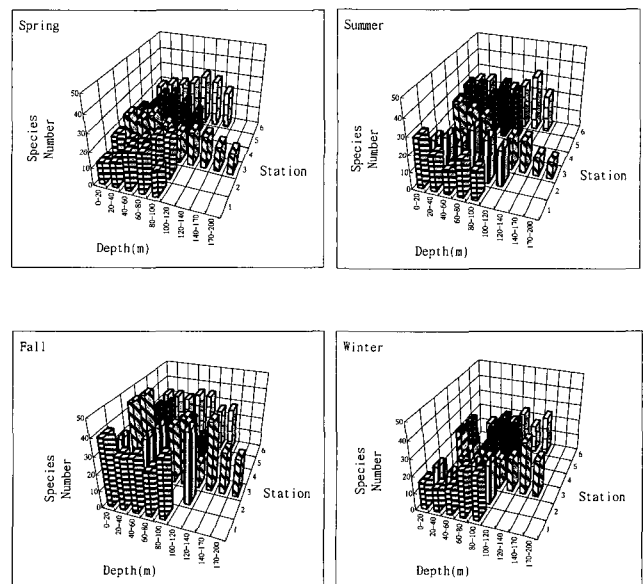


Fig. 4. Number of copepod taxa appeared at each sampling unit in the Korea Strait.

Table 1. Averaged abundance (AA: indiv./m<sup>3</sup>), percent composition and number of copepod species appeared along with species diversity in the Korea Strait

Taxa	Spring		Summer		Fall		Winter		Average	
	AA	%	AA	%	AA	%	AA	%	AA	%
<i>Calanus minor</i>	49.53	30.25	3.87	15.47	7.27	17.45	5.89	10.87	16.64	21.14
<i>Corycaeus affinis</i>	49.53	30.25	0.07	0.28	0.41	0.98	5.89	10.87	13.98	17.76
<i>Paracalanus parvus</i> s. lat.	39.12	23.89	0.001	0.005	1.25	2.99	14.40	26.59	13.69	17.39
<i>Oithona setigera</i>	3.03	1.85	1.06	4.25	0.26	0.61	1.58	2.91	7.92	10.06
Copepodite ( <i>Calanus</i> )	6.53	3.99	2.65	10.61	5.39	12.94	16.33	30.14	7.73	9.82
<i>Scolecithrix nicobarica</i>	13.39	8.18	1.10	4.41	0.42	1.02	0.89	1.64	3.95	5.02
<i>Oncaea venusta</i>	4.49	2.74	1.12	4.49	4.68	11.24	0.65	1.20	2.74	3.48
Copepodite ( <i>Euchaeta</i> )	2.78	1.7	1.21	4.85	1.35	3.24	2.30	4.25	1.91	2.43
<i>Clausocalanus arcuicornis</i>	5.57	3.4	0.67	2.68	0.90	2.16	0.29	0.53	1.86	2.36
<i>Paracalanus aculeatus</i>			0.63	2.51	2.67	6.41	1.37	2.53	1.67	2.12
<i>Clausocalanus furcatus</i>					4.84	11.63	1.39	2.56	1.56	1.98
<i>Pseudochirella</i> spp.	1.83	1.12	0.65	2.59	2.78	6.67	0.49	0.93	1.44	1.83
<i>Acrocalanus gracilis</i>			2.07	8.26	1.30	3.12	0.01	0.02	0.84	1.07
<i>Undinula vulgaris</i>			1.74	6.96	1.04	2.50	0.002	0.003	0.7	0.89
<i>Acartia omorii</i>	0.23	0.14	0.23	0.93	0.11	0.26	2.19	4.04	0.69	0.88
Copepodite ( <i>Undinula</i> )			1.72	6.87	1.00	2.39			0.68	0.86
<i>Scolecithricella minor</i>	0.01	0.01	1.30	5.20	0.05	0.13	0.07	0.13	0.36	0.46
<i>Temora discaudata</i>	0.14	0.09	1.12	4.49	0.15	0.35			0.35	0.44
Species number observed	56		56		86		55			
Species diversity (H')	2.1		3.0		3.0		2.2			

우점군의 개체수 구성이 크게 둔화된 여름과 가을에 종 다양성 지수는 가장 높았고, 비교적 성층 현상이 뚜렷했던 여름과 가을에 종 다양성 지수가 높게 나타남을 알 수 있었다.

각 정점별 수심별 자료를 평균하여 얻은 요각류의 총 개체수는 봄철에 가장 많은 163.8 개체/m<sup>3</sup>였으며, 여름철에는 25.0 개체/m<sup>3</sup>, 가을철에는 41.3 개체/m<sup>3</sup>, 그리고 겨울철에는 54.2 개체/m<sup>3</sup>였다. 이들을 수심별로 살펴보면 (Fig. 5), 가장 풍부했던 봄철에는 수심 60~100 m와 170~200 m 수층의 저층 부근에서 높은 개체수를 보였으며, 수심 140~170 m에서 20 개체/m<sup>3</sup> 이하의 가장 낮은 개체수를 보였다. 여름철과 가을철에는 봄철과는 달리 상대적으로 저층보다는 표층에서 가장 높은 개체수를 보였으며 수심이 깊어짐에 따라 점점 감소하다가 저층 부근에서 다소 증가하였다. 겨울철에는 수온의 수직분포와 같이 수직적으로 거의 균일한 분포양상을 보였다.

정점별 수직분포의 변화는 요각류가 가장 풍부했던 봄철의 경우를 제외하면 전 정점을 평균한 값과 비슷한 경향을 보였다. 요각류가 가장 풍부한 봄철의 경우 정점별 수직분포를 살펴보면 (Fig. 6), 부산쪽 연안 정점 1의 60~100 m 수층에서 가장 많은 개체수 분포를 보였고, 다음으로 대한해협 서수도 중부에 해당되는 정점 5의 80~100 m 수층에서 많은 개체수 분포를 보였다.

#### 집괴 분석 및 군집 특성

대한해협에서 전 계절을 통하여 상대적으로 많은 양의 출현을 보인 Table 1의 17개 주요 분류군의 분포량 쌍 (pair)들을 대상으로 이들 간의 상관관계를 파악하여 이 상관계수의 matrix를 유사도로 간주하여 집괴분석을 통하여 중간 유년관계와 정점별 수심별 유년관계를 파악하였다 (Fig. 7). 집괴분석을 통하여 중간 유년

관계를 살펴보면 함께 출현하는 확률이 높은 그룹을 2개의 대그룹으로, 각 그룹을 다시 2개의 소그룹으로 나눌 수 있었다. 각각의 대 그룹내의 중간에는 양의 상관관계가, 그리고 서로 다른 그룹의

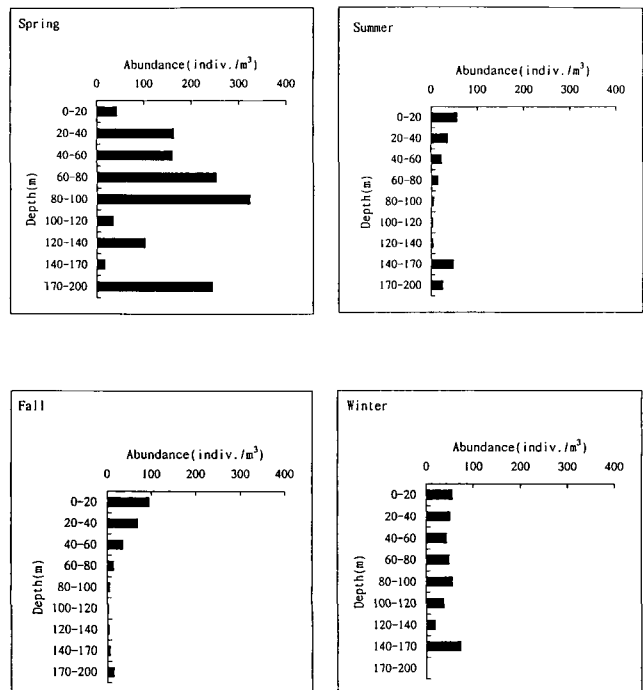


Fig. 5. Seasonal vertical distribution of total copepod abundance (indiv./m<sup>3</sup>, averaged over 6 stations) in the Korea Strait.

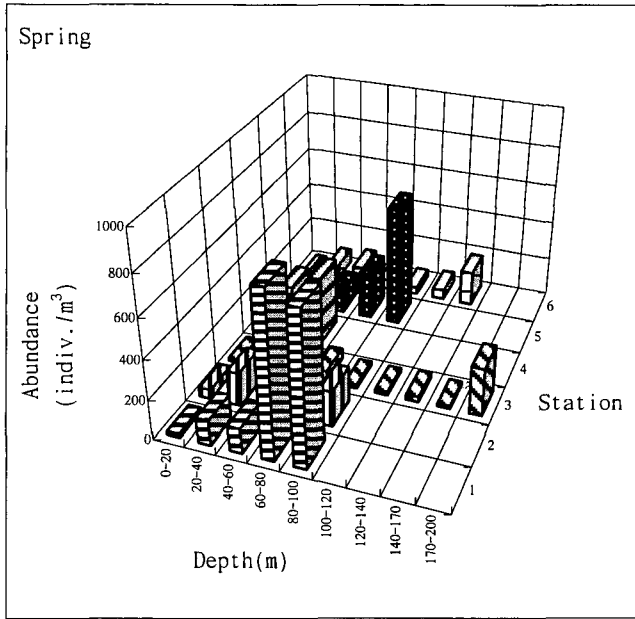


Fig. 6. Vertical distribution of total copepod abundances (indiv./m<sup>3</sup>) at each station in spring.

종간에는 대체로 음의 상관관계를 보여 서식처에 대한 공동 이용 혹은 배타적 이용 등을 판단할 수 있었다.

소그룹으로 묶인 종들의 분포양상에 대해 살펴보면 A1 그룹은 가장 우점하는 *Calanus minor*, *Paracalanus parvus* s. lat, *Corycaeus affinis* 등 8종이 속한 그룹이었다. 이 그룹은 대체로 봄철에 두드러진 출현량을 보였으며, 대체로 표층보다는 저층에 많은

출현량을 보였다(예를들면, Fig. 8). A2 그룹은 *Scolecithricella minor* 단 한종 만을 포함하는데 여름철 정점 3의 저층에서 두드러진 출현량을 보였을 뿐, 전 계절에 걸쳐 매우 적은 개체수 분포를 보이고 있다(Fig. 9).

B1 그룹은 *Undinula vulgaris*와 *Temora discaudata* 등 4종이 속한 그룹으로 여름철 표층에서 다량 출현하는 종의 그룹이었고(예를들면, Fig. 10), B2 그룹은 *Paracalanus aculeatus*와 *Clausocalanus furcatus* 등 4종이 속한 그룹으로 봄 혹은 가을철 40m 이내의 수층에서 두드러진 출현량을 보였다(예를들면, Fig. 11). 그러나, B2그룹으로 분류된 *Calanus* 후기 유생(copepodite)은 B2 그룹에 속한 다른 종들과는 분포의 특성이 약간 다르게 나타났다. *Calanus* 후기 유생(copepodite)은 겨울에 대마난류를 통해 서수도로 가장 많이 유입되는 것으로 나타났다.

4개의 소그룹을 살펴본 결과 A그룹과 B그룹간에는 계절에 따라 서로 다른 분포를 보였다. A그룹은 봄과 여름철에 저층에서, B그룹은 여름과 가을 주로 표층과 40m이내의 수층에서 두드러지게 출현하였다.

고찰

대한해협에 나타난 수온과 염분의 특성은 동해 심층수의 영향을 받아 봄철부터 가을철까지 계속 관찰되는 정점 3의 130~150m층의 수온약층과 홍수기에 세력이 강해진 양자강 희석수가 저밀도로 인한 부력 효과 때문에 고유한 특성(저염)을 유지하며 대한해협 서수도로 이동(Lee and Kim, 1998)하여 나타나는 여름과 가을 표층의 상대적인 저염 분포를 들 수 있었다.

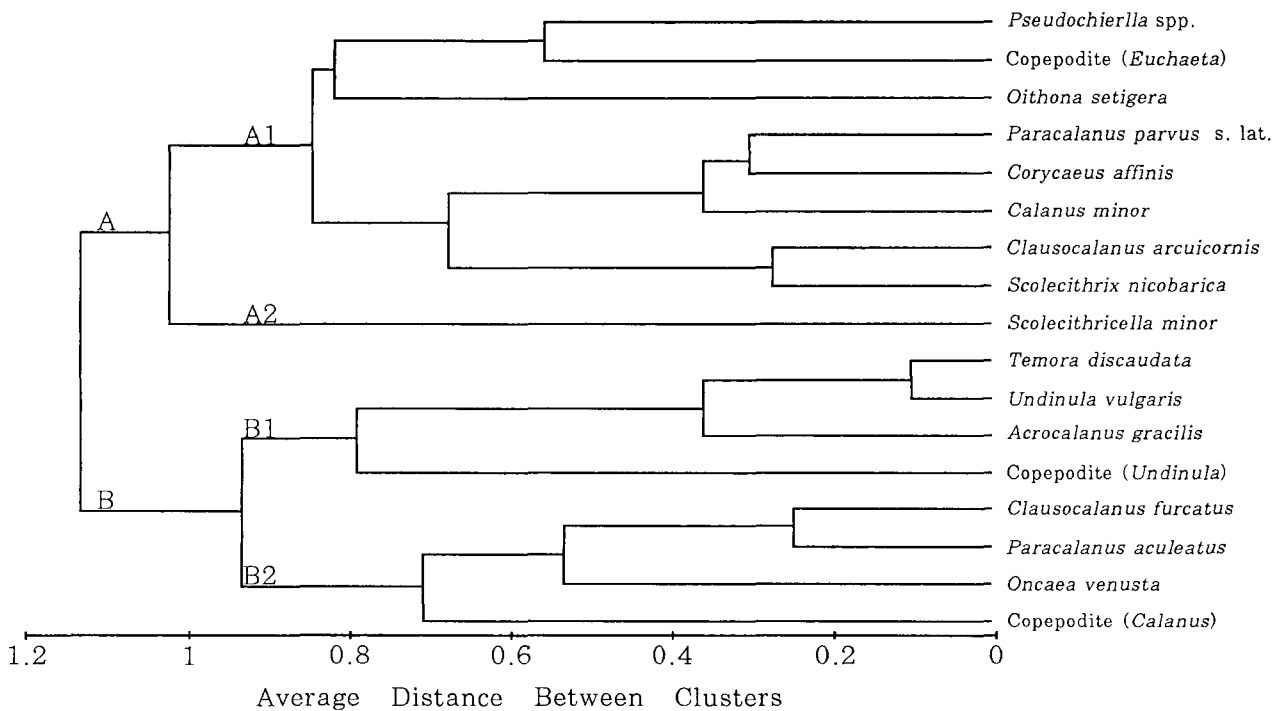


Fig. 7. Dendrogram showing the degree of co-occurrence among the major taxa of copepods obtained by the cluster analysis with correlation coefficients of abundances in the Korea Strait.

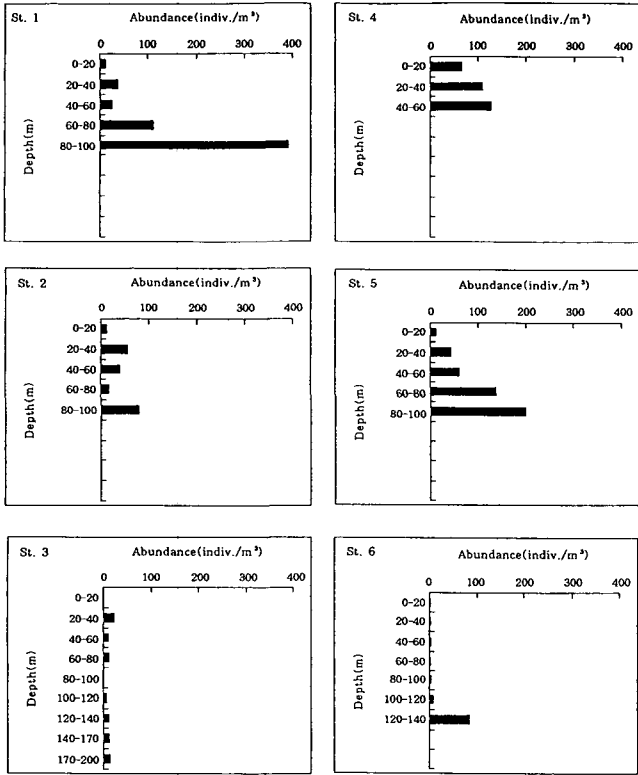


Fig. 8. Vertical abundance (indiv./m<sup>3</sup>) distribution of major copepod, *Corycaeus affinis*, in the Korea Strait in spring.

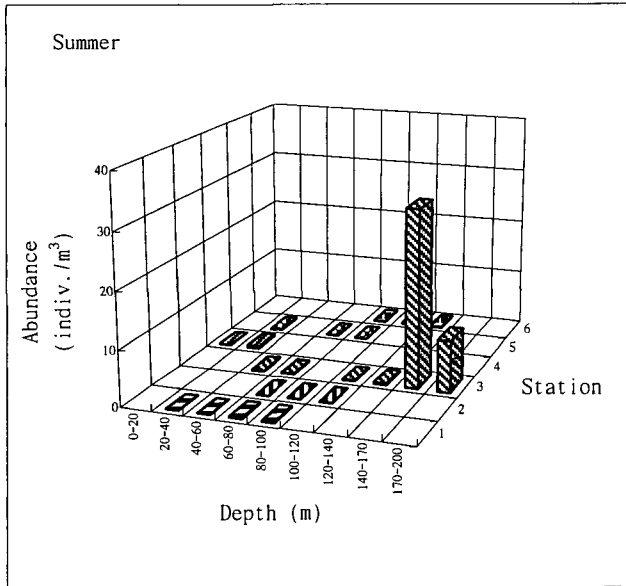


Fig. 9. Vertical abundance (indiv./m<sup>3</sup>) distribution of *Scolecithricella minor* in the Korea Strait in summer.

요각류는 전 계절에 걸쳐 96개 분류군이 출현하였는데, 가을철에 가장 많은 종류가 대마난류를 통해 대한해협으로 유입되고 있다. 그리고 이들 요각류 출현 분류군 수의 정점별 분포는 모든 계절에서 유의적인 차이를 보이지 않았고, 각 계절의 수심별 분

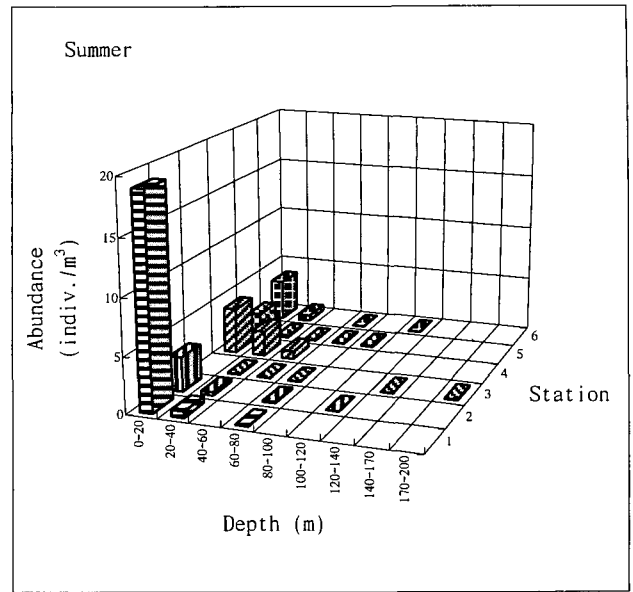


Fig. 10. Vertical abundance (indiv./m<sup>3</sup>) distribution of *Temora discaudata* in the Korea Strait in summer.

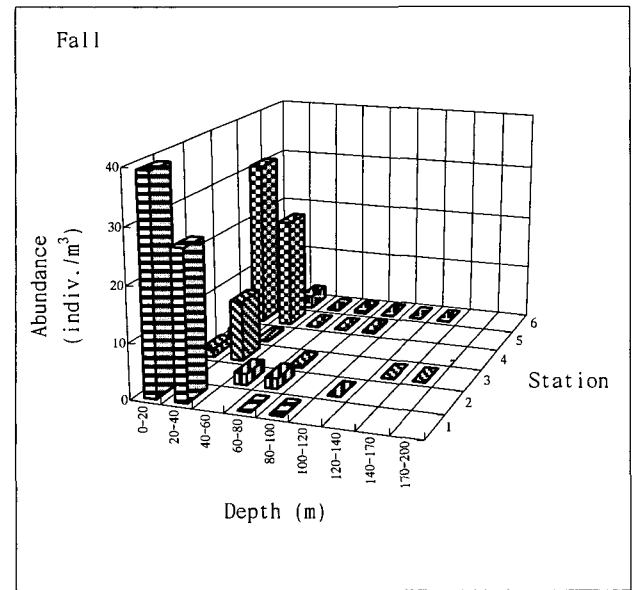


Fig. 11. Vertical abundance (indiv./m<sup>3</sup>) distribution of major copepod, *Oncaea venusta* in the Korea Strait in fall.

포는 여름철과 겨울철에 중·저층에서 다소 많은 종이 검색되었으나 그 차이 역시 크지 않았다. 각 정점별 수심별 분포하는 요각류의 총 개체수는 봄철에 가장 많은 개체수가 분포하였으며, 저층 부근에서 높은 개체수를 보였다.

동해 남부에서 24시간 연속 채집한 Park et al. (1997)의 경우 1996년 5월의 채집위치가 대한해협 바로 위쪽에 위치하고 있고 채집기기 및 채집방법이 본 연구와 같아서 본 연구의 봄철 분포와 직접적인 비교가 매우 용이하다. 이 결과를 비교해 보면 Park et al. (1997)에서 Calanoid copepods의 총 출현 종수가 20종

Table 2. A list of major copepod species previously reported in the South and East Sea of Korea and in the Korea Strait

Reported Area	Dominant Species	Reference	Mesh Size
South Sea			
Jinhae Bay	<i>Oithona nana</i> , <i>Paracalanus parvus</i> s. lat., <i>Acartia omorii</i> , <i>Temora turbinata</i>	KORDI, 1982	330 $\mu$ m
Jinhae Bay and adjacent waters	<i>Oithona similis</i> , <i>P. parvus</i> s. lat., <i>Corycaeus affinis</i> , <i>Calanus sinicus</i> , <i>Centropages abdominalis</i>	Lee, 1972	330 $\mu$ m
Yeosu embayment	<i>P. parvus</i> s. lat., <i>O. similis</i> , <i>O. nana</i> , <i>C. affinis</i> , <i>Tortanus forcipatus</i>	Shim and Ro, 1982	160 $\mu$ m
Kwangyang Bay	<i>P. parvus</i> s. lat., <i>O. similis</i> , <i>A. omorii</i> , <i>C. affinis</i>	Kim, 1984	158 $\mu$ m 330 $\mu$ m
Cheju Island	<i>Acartia pacifica</i> , <i>C. sinicus</i> , <i>Oncaea media</i> , <i>Oncaea venusta</i>	KORDI, 1989	330 $\mu$ m
Masan Bay	<i>Oithona davisae</i> , <i>O. similis</i> , <i>P. parvus</i> s. lat.	Lee, 1989	200 $\mu$ m
Southern coastal waters	<i>A. omorii</i> , <i>C. abdominalis</i>	Park et al., 1990	330 $\mu$ m
Pusan Harbor	<i>Acrocalanus gracilis</i> , <i>Euchaeta plana</i> , <i>Pareuchaeta russell</i> , <i>Pleuromamma gracilis</i> , <i>C. abdominalis</i> , <i>Metridia pacifica</i> , <i>A. omorii</i>	Hong et al., 1994	330 $\mu$ m
East Sea			
Pohang coastal waters	<i>M. pacifica</i> , <i>C. sinicus</i>	Park et al., 1997	333 $\mu$ m
Korea Strait			
Korea Strait	<i>O. similis</i> , <i>P. parvus</i> s. lat., <i>C. sinicus</i>	Park, 1956	333 $\mu$ m
This study	<i>Calanus minor</i> , <i>C. affinis</i> , <i>P. parvus</i> s. lat.		333 $\mu$ m

이었고, 본 논문에서는 봄철 Calanoid copepods의 총 출현 종수가 36종으로 상당히 많은 차이를 보여주고 있었다. 이것은 Park et al. (1997)의 경우 동해 심층수의 영향으로 한수종인 *Scolecithricella minor*, *Metridia pacifica* 등 한수종의 출현 영향이 큰 반면, 본 연구에서는 난수종의 영향이 우세함을 보이는 것으로, 대마난류 수계의 난수종이 동해로 북동진하며 점차 그 양적분포가 쇠약해짐을 알 수 있다.

대마난류의 직접적인 영향권에 있지는 않지만 거리적으로 매우 인접한 남해의 진해, 여수, 광양 지역의 출현 요각류와 대한해협에 출현하는 주요 우점 요각류를 비교해 보면 (Table 2), 남해 연안 근처에서는 *Paracalanus parvus* s. lat., *Oithona similis*, 진해 인접해역과, 여수만, 광양만에서는 *P. parvus* s. lat., *C. affinis*가 주요 우점 요각류로 출현하여 *P. parvus* s. lat., *C. affinis* 출현은 본 논문과 일치하였다. 대마난류의 직접적인 영향이 아닌 지역과 직접적인 영향권내의 지역에 동시에 다량 출현함은 이들 종이 지시종으로는 적절하지 않다는 것을 의미한다. 한편, 채집지역이 대한해협인 Park (1956)은 주요 우점종이 *O. similis*, *P. parvus* s. lat., *Calanus helgolandicus* (*Calanus sinicus*)로 남해 연안에 출현하는 주요 요각류와 일치하였지만 본 논문에서는 *O. similis*와 *C. sinicus*는 전혀 출현을 하지 않아 약간의 차이를 보였다. 그러나, 본 논문의 정점 1의 인접 해역인 Hong et al. (1994)의 주요 출현 우점종은 본 논문과 유사하였다.

대한해협은 대마난류의 영향권으로 주로 난류종이 분포하나 계절에 따라 남하하는 동해 심층수의 영향이 있을 것으로 생각할 수 있다. 동해 동남해역 (Park et al., 1997)에서 봄철 주요 우점종으로 출현하는 한수종 *Metridia pacifica*, *Scolecithricella minor*는 대한해협에서 출현량은 매우 적었다. Park et al. (1997)에서 가장 우점한 *M. pacifica*의 출현량은 약 29개체/ $m^3$  인데 반해 본 논문에서는 1개체/ $m^3$  미만의 개체수가 출현하였다. 이 종은 겨울철

에는 전혀 출현을 하지 않았고, 다른 계절 (여름, 가을)에도 1개체/ $m^3$  미만의 극소량이 출현하였다. 그러나, 본 논문의 채집지역이 Park et al. (1997)보다 남쪽에 위치하고 있고 *M. pacifica*가 적은 양이지만 출현하고 있음을 볼 때 동해의 심층 저온수가 여름과 가을철에는 약하지만 영향을 미치는 것을 알 수 있었다. Lee et al. (1998)이 겨울철에 대한해협 150~190 m 수심을 통해 남서방향의 저온수 유입을 보고하였으나, 본 논문의 요각류의 분포로는 해수의 물리적 특성 (저온수 유입)이 확인되지는 않았다. 본 논문의 요각류의 분포 (*M. pacifica*)를 통해 겨울보다는 오히려 여름철에 저온수 영향이 있는 것으로 판단되었으며, 이는 Cho and Kim (1998)이 보고한 동해 심층수 (KSBCW)가 여름철에 대한해협으로 유입된다는 사실과 일치하였다.

겨울철 저층에 많은 개체수를 보인 *Calanus* 후기 유생 (copepodite)이 봄철에 상층에서 많은 양 출현하고 있는 것을 보면, 수괴 자체는 연속적으로 흐르고 있지만, 그 대마난류 시스템 속에서 이들이 성장하고 있음을 유추할 수 있다. 겨울에 비교적 깊은 수심에 다량 출현한 유생들이 봄철에 오히려 상층에 더 많은 양이 출현하고 있어, 이들이 성장하면서 봄철에는 상층에 분포의 중심을 두는 것으로 여겨졌다. 또한, 봄부터 가을까지 출현량은 작았지만 지속적으로 나타나고 있어 이들의 경우 연중 계속적으로 산란이 있을 것으로 유추되었다.

대한해협과 동해 동남 해역의 중간 유연관계 (Fig. 12)를 비교해 보면 두 지역 모두 각각의 대 그룹내의 중간에는 양의 상관관계가, 그리고 서로 다른 그룹의 중간에는 대체로 음의 상관관계를 보이고 있었다. 각 그룹의 대표적인 종의 계절별, 수층별 분포 양상이 두드러지게 대별될 수 있고, 대마난류 해역이 서해나 남해에 비해 계절적 수온 변화가 상대적으로 작음에도 불구하고, 계절과 계절에 따른 수층별 차이가 수온변화에서 두드러진다는 점에서 요각류 분포 양상이 주로 수온에 의해 영향받고 있음을 보이는 것으로

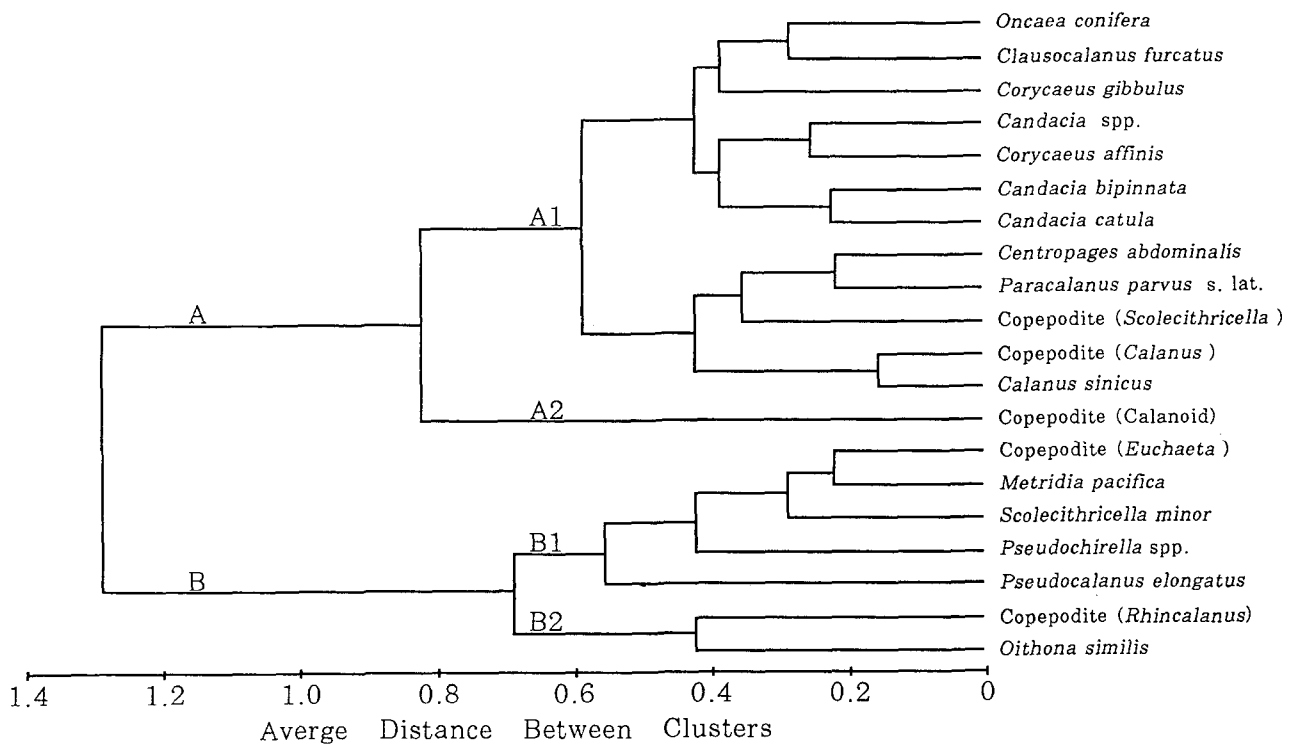


Fig. 12. Dendrogram showing the degree of co-occurrence among the major taxa of copepods obtained by the cluster analysis with correlation coefficients of abundances in the southeastern part of the East Sea.

해석된다. 그러나, 각 정점의 채집층, 즉 sampling unit를 기본으로 정점과 수층을 집괴분석한 결과는 뚜렷한 차이를 보이지 못하였다. 이것은 앞에서 언급한 상관관계의 계수의 절대치가 낮음과 유관하며, 수온만이 분포에 영향을 미치는 절대적인 요인은 아님을 의미한다. 서식처에 대한 공동 이용 혹은 배타적 이용 등 생물학적 상호관계의 중요성을 의미한다.

## 요 약

사계절 수층별 채집에서 요각류는 총 40속 96개 분류군이 동정되었다. 가을철에 가장 많은 종류가 대마난류를 통해 동해로 유입되고 있었다. 정점별로는 모든 계절에서 유의적인 차이를 보이지 않았다 (ANOVA,  $p > 0.05$ ). 각 계절의 수심별 비교에서는 여름철과 겨울철에 중·저층에서 다소 많은 분류군이 동정되었다. 요각류의 총 개체수는 중수와는 달리 봄철에 가장 많은 163.8 개체/ $m^3$ 가 분포하였다. 가장 풍부했던 봄철에는 저층 부근에서 높은 개체수를 보였으며, 여름철과 가을철에는 저층보다는 표층에서 가장 높은 개체수를 보였다. 집괴분석을 통하여 중간 유연관계를 파악한 결과, 대한해협에 출현하는 요각류는 공동출현과 배타적 출현의 두 그룹이 분명하였다. 각 그룹은 계절변화에 따라 수층별 분포 양상이 달랐다. 동해 냉수가 대한해협 저층에 유입되는 계절에 대하여 물리적 자료를 바탕으로 서로 다른 결과가 있는데 [여름 (Cho and Kim, 1998)과 겨울철 (Lee et al., 1998)], 요각류 분포 자료를 바탕으로한 이 연구에서는 여름철에 두드러지는 것으로 나타났다. 서해나 남해에 비하여 상대적으로 작은 변화를 보

이는 수온 구조이지만 여전히 수온이 부유성 요각류의 분포에 상대적으로 큰 영향을 미치고 있으며, 서식처의 공동 혹은 배타적 이용과 같은 생물학적 상호관계 역시 분포에 큰 영향을 미치고 있는 것으로 판단되었다.

## 감사의 글

본 연구는 1996년도 교육부 해양/수산과학분야 학술연구조성비의 지원 (과제번호 KIOS-96-M-14)에 의하여 이루어졌음. 본 논문의 심사를 맡아준 두분 익명의 심사자에게 감사드립니다.

## 참 고 문 헌

- Cho, Y.K. and K. Kim. 1998. Structure of the Korea Strait Bottom Cold Water and its seasonal variation in 1991. *Continental Shelf Research*, 15, 763~777.
- Choi, K.H. and C. Park. 1993. Seasonal fluctuation of zooplankton community in Asan Bay, *J. Korean Fish. Soc.*, 26, 424~437.
- Hong, S.Y., C.W. Ma and Y.S. Kang. 1994. Distribution of copepod indicator species and zooplankton communities in Pusan Harbor, Korea. *J. Oceanol. Soc. Korea*, 29, 132~144 (in Korean).
- Kang, Y.S. 1986. A study on the regional difference of zooplankton in the southern waters of Korea. *Bull. Nat'l. Fish. Res. Dev. Agency*, 37, 35~43 (in Korean).
- Kang, Y.S. 1988. Daily vertical migration of *Euphausia pacifica* larvae in the southeastern waters of Korea. *Bull. Nat'l. Fish. Res. Dev. Agency*, 42, 33~37 (in Korean).



- Kang, Y.S. 1992. Systematics and distribution of the oceanic warm-water calanoid copepods in the Korean Water. Ph. D. Thesis, Nat'l. Fish, Univ. Pusan, 44pp.
- Kim, Y.S. 1972. Secular variation of zooplankton biomass in the South Sea of Korea. J. Korean Fish. Soc., 5, 108~144.
- Kim, W.S. 1984. An ecological study on the zooplankton community in Kwangyang Bay, Korea. M. S. thesis. Seoul Nat. Univ. 76pp.
- Kim, W.S., J.M. Yoo and C.S. Myung. 1993. A Review on the copepods in the South Sea of Korea. J. Korean Fish. Soc., 26, 266~278.
- KORDI. 1982. Studies on the development of red-tide and pollution monitoring system in Jinhae Bay. KORDI. Report BSPE 00044-66-7, 166pp (in Korean).
- KORDI. 1989. A study on the atlas of marine resources in the adjacent seas to Korea-South Sea (Third Year). KORDI. Report BSPG 00091-251-7, 555pp. (in Korean).
- Lee, S.S. 1972. Distribution of copepods in Chinhae Bay and its adjacent region. Bull. Nat'l. Fish. Res. Dev. Agency, 37, 45~123 (in Korean).
- Lee, J.C., S.R. Lee, S.K. Byun, M.J. Park, J.C. Kim and H.J. Yoon. 1998. Variability of current and sea level difference in the western channel of the Korea Strait in winter 1995~96. J. Fish. Sci. Tech. 1, 276~282.
- Lee, T.S and K.H. Kim. 1998. A study on the origin of anomalously low saline Tsushima Current Water using  $^{228}\text{Ra}$ . J. Oceanol. Soc. Korea, 3, 175~182 (in Korean).
- Lee, W.C. 1989. Ecological study of copepod community in Masan Bay. M. S. Thesis. Hanyang Univ. 60pp. (in Korean).
- Na, J.Y. and J.S. Park. 1989. Acoustical estimation of zooplankton distributions from the backscattered signal of the acoustic doppler current profiler in the Korea Strait. Oceanol. Soc. Korea, 24, 172~183 (in Korean).
- Park, C. and J.K. Choi. 1997. Zooplankton community in the front zone of the East Sea of Korea (the sea of Japan) : 1. Species list, distribution of dominant taxa, and species association. J. Korean Fish. Soc., 30, 225~238 (in Korean).
- Park, C., C.R. Lee and S.Y. Hong. 1997. Patterns of vertical distribution and diel vertical migration of zooplankton in the East Sea of Korea (Sea of Japan). J. Oceanol. Soc. Korea, 32, 38~45.
- Park, J.S. 1970. The Chaetognaths of Korean waters. Bull. Nat'l. Fish. Res. Dev. Agency, 6, 1~174 (in Korean).
- Park, J.S. 1973. Zooplankton abundance in Korean Waters. J. Ocean. Soc. Korea, 8, 33~45.
- Park, J.S., S.S. Lee, Y.S. Kang, B.D. Lee and S.H. Huh. 1990. The distribution of copepods and chaetognaths in the Southern Waters of Korea and their relationship to the characteristics of Water Masses. J. Korean Fish. Soc., 23, 245~252 (in Korean).
- Park, T.S. 1956. On the seasonal changes of the plankton at Korean Channel. Bull. Pusan Fish. Colle., 1, 1~12 (in Korean).
- Shannon, C.E. and W. Weaver. 1949. The Mathematical Theory of Communication. University Illinois Press, Urbana, IL.
- Shim, J.H. and T.S. Lee. 1986. Studies of the plankton in the southwestern waters of the East Sea (Sea of Japan). III. Zooplankton-standing stock, composition and distribution. J. Oceanol. Soc. Korea, 21, 146~155.
- Shim, J.H. and I. Ro. 1982. The composition and abundance distribution of zooplankton in the vicinity of Yeosu. Proc. Coll. Natur. Sci. Seoul. Nat. Univ. 7 (2), 165~183 (in Korean).
- Wiebe, P.H., K.H. Hurt, S.H. Boyd and A.W. Morton, 1976. A multiple opening/closing net with environmental sensing system for sampling zooplankton. J. Mar. Res., 34, 313~326.

---

1999년 4월 9일 접수

1999년 7월 16일 수리