

진해 괴정 암반 조간대 담치대의 대형저서동물 군집구조 및 수직분포

백상규 · 윤성규*
대구대학교 대학원 생물학과

Community Structure and Vertical Distribution of Macrobenthos in the Mussel Bed on the Goijeong Rocky Shore in Jinhae

Sang-Gyu PAIK and Sung Gyu YUN*
Department of Biology, Graduate School, Daegu University, Gyeongsan 712-714, Korea

The fauna associated with mussel (*Mytilus galloprovincialis*) beds and vertical distribution of macrobenthos were studied on the Goijeong rocky shore in Jinhae Bay, Korea. Sampling was conducted seasonally using a quadrat from January to October, 1998. In the first experiment, to reveal the community structure of macrobenthos in mussel bed, a total of 62 species (10,690 ind./m², 3,802.1 g/m²) were identified, which included polychaetes (32 spp., 52.6%), molluscs (16 spp.), crustaceans (10 spp.), and others. The density-dominant species were *Pseudopolydora antennata*, *Nereis heterocirrata*, *Littorina brevicula* and *Balanus kondakovi*. And the density of associated fauna was correlated with that of mussel ($r=0.951$, $P=0.049$). In the second experiment, to reveal the vertical distribution of macrobenthos on the rocky shore, ANOVA showed highly significant differences between the density of top 5 dominant species (*Chthamalus challengerii*, *Littorina brevicula*, *Balanus kondakovi*, *Septifer virgatus* and *Granulilittorina exigua*) and tidal levels ($P=0.000$). Vertical distribution of macrobenthos was characterized by *Chthamalus* belt and *Balanus-Septifer* belt in the mussel bed.

Key words: Rocky shore, Macrobenthos, Community structure, Jinhae, Mussel bed, Vertical distribution

서 론

암반 조간대에 서식하는 생물은 조위에 의한 주기적 노출, 파도에 의한 영향, 기질의 형태 및 구성요소, 염분도 등의 환경요인에 영향을 받는다 (Raffaelli and Hawkins, 1996). 이러한 물리·화학적 요인들과 더불어 생물상호간의 경쟁과 가입, 포식과 피식 등의 생물학적 요인은 생물군집 구성 요인이 되어 결국 조간대에 분포하는 각 종은 띠구조를 형성한다 (Connell, 1961, 1972; Lewis, 1964; Stephenson and Stephenson, 1972; Paine, 1974). 암반 조간대에는 저서동물의 수직적 분포와 더불어 부착한 생물들에 의해 만들어지는 미세 환경으로 인하여 더욱 다양하고 독특한 생물군집을 이루게 된다. 특히 조간대 하부를 주된 분포역으로 하는 담치류 (Mytilidae)는 범세계적인 종으로서 우리나라의 전 연안에서 쉽게 관찰되는 종이다 (Yoo et al., 1970). 이들 담치류는 고밀도로 부착하여 대 (bed) 또는 패치 (patch)를 형성하게 되는데, 즉사 부근에 형성되는 이러한 입체적 공간은 많은 종류의 저서동물에게 좋은 서식환경과 먹이원을 공급하게 되고 결국 담치류가 없는 주변의 서식처와 비교하여 풍부하고 다양한 종들을 서식하게 한다 (Suchanek, 1985, 1992; Alvaredo and Castilla, 1996). 담치대의 높은 종 다양성과 풍부도는 담치류의 연령 및 크기,

패치의 크기 등에 의해 많은 영향을 받는 것으로 알려져 있다 (Tsuchiya, 2002). 더욱이 이들 종은 해역의 오염정도와 무관하게 분포하며 (Damianidis and Chintiroglou, 2000), bio-indicator로 활용하여 생체 내에 축적된 중금속을 측정함으로써 해역의 환경을 평가하고 모니터링하는 연구 (mussel watch program)가 시도되고 있어, 암반 조간대의 부착생물 및 담치대에 서식하는 저서동물군집에 대한 지속적 모니터링에 의해서도 환경변화를 파악할 수 있을 것으로 기대된다 (Wenner, 1988; O'Connor, 1992; Choi et al., 1992). 우리나라의 암반 조간대에서 이루어진 연구들로는 서해의 안면 (Lee et al., 1985), 태안 대산 공단 주변 (Roh et al., 1996), 남해의 진도 (Roh, 1995), 해남반도 (Shin, 1993)에서의 연구가 있고 동해에서는 남부해역 (Yun and Song, 1997)과 울릉도·독도 (Paik, 1986; Je et al., 1997; Cha et al., 2000)에서 연구가 있다. 하지만 울릉도 및 독도에서 조위에 따른 저서동물의 수직적 분포를 밝힌 Cha et al. (2000)의 연구를 제외한 대부분의 연구가 해당 해역의 동물상을 밝히는 연구였으며, 더욱이 담치대 내의 저서동물군집에 대한 연구는 전무하다.

본 연구는 우리나라 남해안의 진해 괴정 암반 조간대에 서식하는 저서동물의 조위에 따른 띠 분포를 정량적으로 분석하는 한편, 담치대를 서식 기질로 하는 저서동물군집과 담치대의 계절 변동에 따른 우점종 변화를 파악하였다.

*Corresponding author: sgyun@webmail.daegu.ac.kr

재료 및 방법

조사지역의 환경

진해시 웅천동 괴정은 진해만 내에 위치한 곳으로 해안선의 약 80% 정도는 암반으로 형성되어 있으며, 조간대 하부 및 암반 사이에 갯벌 조간대가 혼재되어 있었다. 조간대의 수직적 폭은 약 15 m 정도며, 전체적으로는 완만한 경사를 이루나 지역적으로 수직의 암반이 돌출 되어 있다. 조석의 경우 반일 주조 형태를 띠고 있으며, 평균 조위 (MTL)는 104 cm 이며, 평균 소조차는 약 11-73 cm, 대조차는 129-191 cm 범위이다 (NORI, 1998). 대체로 북서-남동 방향의 조류가 지배적으로 나타나며, 창조류시는 북서방향이고 낙조류시는 남동방향이다. 또한 대조시 창조류의 최대유속은 약 32.0 cm/sec 이고 낙조류의 유속은 42.0 cm/sec 이다. 염분농도는 연간 28.9-32.8‰ 범위였으며, 수온의 경우 7.8-24.8℃ 범위였다.

저서동물의 채집

1998년 1월부터 10월까지 계절별로 조간대의 지중해담치 (*Mytilus galloprovincialis*)로 이루어진 담치대와 이 담치대를 제외한 수직암반을 대상으로 현장 조사를 실시하였다 (Fig. 1). 담치대 내에 서식하는 저서동물 군집 조사의 경우 수직분포 조사 대상 주변의 암반에서 담치류가 100% 피복하고 있는 암반을 대상으로 20×20 cm의 방형구를 임의로 4회 설치하여 실시하였다. 방형구 내의 모든 생물은 제거하여 1 mm 체에 거른 다음 10% 중성포르말린 수용액에 고정하여 실험실로 운반하였다. 채집된 저서동물은 실험실에서 분류학적 문헌에 의하여 종 수준까지 동정하였으며, 종별로 개체수를 계수하고 생체량 (습중량)을 측정하였다. 저서동물의 수직분포상에 대한 조사는 남동쪽을 향한 높이 약 2 m, 경사도가 약 70°인 암반을 선택하고, 생물이 존재하는 최상부에서부터 담치가 완전히 피복하기 이전의 조위 내에서 방형구 (50×50 cm)를 4회 설치하여 조사하였다. 이 방형구는 다시 가로·세로 각각 10 cm 간격으로 나누고 소방형구별로 계수하였으며, 방형구 내의 모든 생물은 제거하지 않고 그대로 두었다. 따라서 각 계절별로 조사된 총 방형구의 면적은 1 m²였다. 조사 정점의 종단면도는 수평자와 추를 이용하여 작성하였으며, 조위의

측정은 1월의 최대조시 저조선 (ELWS)을 기준으로 작성한 다음 조석표를 사용하여 보정하였다.

자료 분석

담치대의 저서동물 군집 조사에서 채집된 *M. galloprovincialis*의 경우 생물의 서식공간으로만 규정하여 출현 종수, 개체수, 생체량 분석자료에서 제외하였다. 또한 종다양도 및 균등도 분석 시, 종 수준까지 동정하지 못한 옆새우류와 와충류의 경우 편의상 1종으로 취급하였다. *M. galloprovincialis*의 개체수 및 생체량과 서식하는 저서동물의 종수, 개체수, 생체량과의 상관관계를 파악하기 위해 Pearson 상관관계수 (r)를 구하였다. 다양도 및 상관관계수 분석에 사용된 모든 자료는 지수로 변환하였다. 또한 각 계절별 조위에 따른 저서동물의 분포상을 파악하기 위해서는 이원분산분석 (two-way ANOVA)을 실시하였다.

결 과

담치대

담치대에 서식하는 저서동물

계절별로 담치대를 대상으로 실시된 네 차례의 조사에서 출현한 저서동물은 총 5개 동물문 62종이었으며, 출현 개체수는 10,690 개체/m²였다 (Table 1). 종수의 경우 다모류가 32종 (52.6%)으로 조사기간 동안 가장 우점한 동물군으로 나타났다. 다음으로는 연체동물이 16종 (25.8%), 갑각류가 10종 (16.2%), 자포동물과 편형동물이 4종 (6.4%) 출현하였다. 출현 개체수에서도 다모류가 5,735 개체/m² (53.7%)로 가장 많은 출현을 보였으며, 그 다음은 갑각류로 2,577 개체/m² (25.6%)의 출현을 보였다. 특히 갑각류에서는 옆새우류가 1,874 개체/m²로 대부분을 차지하고 있었다. 연체동물은 2,126 개체/m² (19.9%)의 출현을 보였으며, 기타 동물류에서는 91개체/m² (0.8%)의 출현을 보였다. 조사기간 동안의 생체량은 3802.1 g/m²였으며, 연체동물이 3,021.2 g/m² (79.5%)로 가장 높은 생체량을 보였다. 연체동물에서는 이매패류가 2,081.6 g/m²로 대부분을 차지하고 있었다. 다음으로는 갑각류가 648.6 g/m² (17.1%), 다모류가 119.3 g/m² (3.1%), 기타 동물류에서 13.1 g/m² (0.3%)의 생체량을 보였다. 한편 계절별로는 여름철과 겨울철에 각각 37종, 35종이 출현하여 봄철과 가을철에 비하여 상대적으로 많은 종이 출현하였다. 전 계절을 통해 다모류가 가장 우점적으로 출현하였는데, 겨울철인 1월부터 여름철인 7월까지의 13-18종의 출현을 보였으나, 10월에는 7종으로 출현 종수의 차이를 보였다. 연체동물에서도 다모류의 계절변화와 비슷하게 겨울철과 여름철에 각 10종으로 상대적으로 높고, 봄철과 겨울철에 각각 6종, 5종으로 차이를 보이고 있었다. 개체수의 경우 여름철에 21,329 개체/m²로 가장 높고, 겨울철에 4,268 개체/m²로 가장 낮았다 (Fig. 2). 전체적으로 겨울철부터 여름철까지 증가하다가 이후 감소하는 경향을 보였다. 또한 이러한 경향은 우점적인 몇 종에 의해 좌우되는 것으로

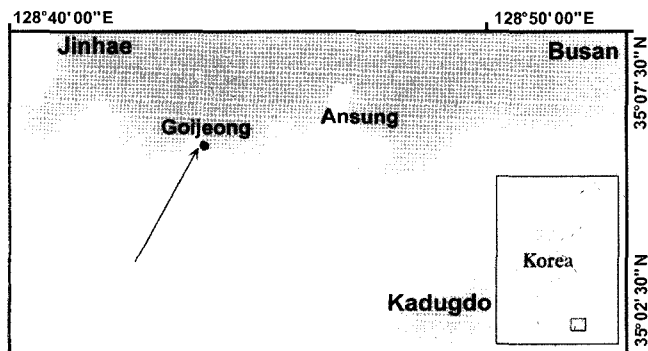


Fig. 1. Sampling site in Goijeong, Jinhae Bay, Korea.

Table 1. Associated fauna in the mussel bed on Goijeong rocky shore (ind./m²)

The mussels bed	Jan.	Apr.	July	Oct.	Mean
Anthozoa					
<i>Anthopleura japonica</i>	12	17	26	9	16
<i>Anthopleura fuscoviridis</i>	0	0	8	0	2
<i>Haliplanella luciae</i>	0	2	6	0	2
Polyplacophora					
<i>Liolophura japonica</i>	311	0	4	0	9
<i>Acanthochiton</i> sp.	4	15	15	0	9
Gastropoda					
<i>Littorina brevicula</i>	31	3,152	972	990	1,356
<i>Notoacmaea</i> sp.	0	0	128	0	32
<i>Saccolosiphonaria japonica</i>	1	0	29	6	9
<i>Collisella heroldi</i>	0	0	24	0	6
<i>Reishia clavigera</i>	12	0	0	0	3
<i>Nassarius</i> sp.	0	0	8	0	2
<i>Crepidula onyx</i>	4	2	0	0	2
<i>Notoacmaea schrenckii</i>	0	1	0	3	1
<i>Reishia luteostoma</i>	0	0	4	0	1
<i>Monodonta labio confusa</i>	0	2	0	0	1
<i>Lunella coronata coreensis</i>	1	0	0	0	0
Bivalvia					
<i>Septifer virgatus</i>	78	0	240	1,210	382
<i>Crassostrea gigas</i>	433	79	500	245	314
<i>Ruditapes philippinarum</i>	1	0	0	0	0
Polychaeta					
<i>Pseudopolydora antennata</i>	11	0	10,144	256	2,603
<i>Nereis heterocirrata</i>	1,708	1,984	32	1,888	1,403
<i>Trypanosyllis zebra</i>	288	1,248	352	128	504
<i>Eulalia viridis</i>	96	646	96	448	324
<i>Nereis multignatha</i>	0	0	704	0	176
<i>Lepidonotus tenuisetosus</i>	160	368	32	32	148
<i>Lomia medusa</i>	43	512	0	0	139
<i>Halosydna brevisetosus</i>	21	32	160	0	53
<i>Perinereis cultrifera floridana</i>	0	208	0	0	52
<i>Perinereis cultrifera</i>	139	0	32	0	43
<i>Lepidonotus squamatus</i>	11	0	0	128	35
<i>Arabella iricolor</i>	0	0	128	0	32
<i>Eumida sanguinea</i>	53	16	32	0	25
<i>Glycera chirori</i>	0	0	96	0	24
<i>Harmothoe imbricata</i>	0	0	96	0	24
<i>Platynereis bicanaliculata</i>	0	0	0	96	24
<i>Nereis pelagica</i>	11	0	64	0	19
<i>Nipponophyllum japonicum</i>	64	0	0	0	16
<i>Perinereis nuntia</i>	0	0	64	0	16
<i>Neanthes succinea</i>	11	0	32	0	11
<i>Neanthes japonica</i>	32	0	0	0	8
<i>Genetyllis castanea</i>	0	0	32	0	8
<i>Lepidonotus dentatus</i>	0	32	0	0	8
<i>Neanthes cacudata</i>	0	0	32	0	8
<i>Spio</i> sp.	0	32	0	0	8
<i>Syllis</i> sp.	21	0	0	0	5
<i>Ampharetidae</i> sp.	0	16	0	0	4
<i>Scoloplos armiger</i>	0	16	0	0	4
<i>Thalenessa digitata</i>	0	16	0	0	4
<i>Cirratulus cirratus</i>	11	0	0	0	3
<i>Nainereis lavigata</i>	11	0	0	0	3
<i>Sthenelais fusca</i>	11	0	0	0	3
Decapoda					
<i>Hemigrapsus penicillatus</i>	66	3	260	28	89
<i>Hemigrapsus sanguineus</i>	67	59	0	54	48
<i>Goetice depressus</i>	58	0	0	23	20
<i>Pagurus lanuginosus</i>	0	2	0	8	3
<i>Leptodius exaratus</i>	0	0	4	0	1
<i>Sphaerozium nitidus</i>	1	2	0	0	1
Other crustaceans					
<i>Gammarid amphipods</i>	472	46	6,568	411	1,874
<i>Balanus kondakovi</i>	0	2,540	210	19	692
<i>Ligia exotica</i>	0	0	17	8	6
<i>Isopodas</i>	0	1	0	4	4
Others					
<i>Turbellarians</i>	16	24	168	74	71
Number of species	35	29	37	22	62
Number of individual (/m ²)	4,268	11,093	21,329	6,068	10,690
Species diversity (<i>H'</i>)	2.27	1.97	1.64	2.08	2.44
Evenness (<i>J'</i>)	0.64	0.59	0.45	0.67	0.59

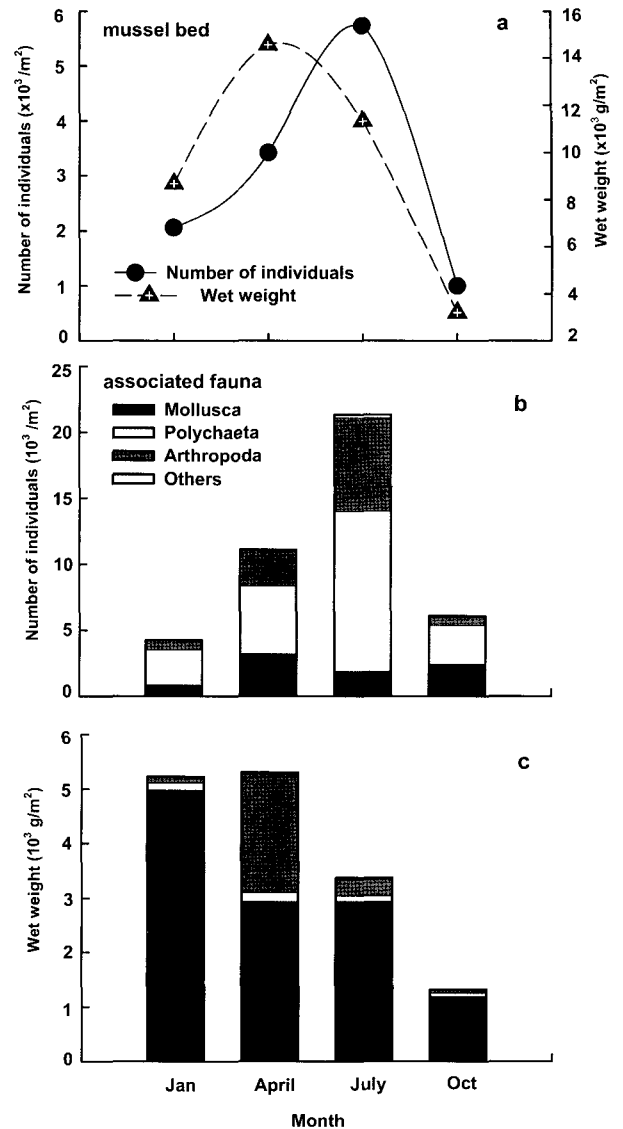


Fig. 2. Seasonal abundance of mussel (a) and associated fauna (b, c).

나타났다. 한편 생체량은 계절별로 1,315.2-5,300.6 g/m² 범위로 봄철인 4월에 가장 높고, 여름철 이후 감소하다가 가을철인 10월에 가장 낮았다 (Fig. 2). 이러한 경향은 전 계절을 통해 가장 높은 생체량을 보인 연체동물에서의 경우와 동일하였다. 하지만 각 계절별 생체량에서 연체동물이 차지하는 비율을 살펴보면, 봄철에 55.6%로 가장 낮았으며 나머지 계절에는 85.0% 이상을 차지하고 있었다. 특히 봄철인 4월에는 갑각류가 2,163.9 g/m²로 40.8%를 차지하고 있었다.

담치대에 우점적으로 출현하는 저서동물

조사기간 동안 담치대에서 출현한 62종의 저서동물 가운데, 총 개체수의 1% 이상을 차지하는 우점종은 12종이었으며, 이들은 총 출현 개체수의 92.8% 이상을 차지하고 있었다. 이

가운데 총 출현 개체수의 5%를 상회하는 종은 다모류인 선녀얼굴갯지렁이 (*Pseudopolydora antennata*) (2,603 개체/m²)와 굽은앞더듬이참갯지렁이 (*Nereis heterocirrata*) (1,403 개체/m²), 갑각류인 *Gammaridae* spp. (1,874 개체/m²)와 세로줄따개비 (*Balanus kondakovi*) (692 개체/m²), 복족류인 총알고둥 (*Littorina brevicula*) (1,356 개체/m²) 5종이었다. 또한 각 계절별 우점종의 경우 겨울철인 1월에는 *N. heterocirrata*로 출현 개체수의 40%를 차지하고 있었다. 봄철인 4월에는 *L. brevicula*와 *B. kondakovi*로 각각 28.4%, 22.9%를 차지하였으며, 여름철인 7월에는 *P. antennata*와 *Gammaridae* spp.가 각각 47.6%, 30.8%를 차지했다. 가을철인 10월의 경우 겨울철과 마찬가지로 *N. heterocirrata*가 출현 개체수의 31.1%를 차지하여 가장 우점적으로 출현하였다. 한편 주요 우점종의 계절별 출현 양상을 살펴보면, *P. antennata*와 *Gammaridae* spp.는 전체 출현 개체수의 약 80% 이상이 여름철에 집중되는 출현 양상을 보였다 (Fig. 3). *N. heterocirrata*는 여름철인 7월에 32 개체/m²로 빈약한 출현을 보였으나 다른 계절에는 1,708-1,984 개체/m² 범위로 많은 출현을 보였다 (Fig. 3). 특히 이 종은 봄철인 4월에 출현한 개체의 약 70% 정도가 포란 개체들이었다. *L. brevicula*는 겨울철인 1월에서 봄철인 4월까지 311 개체/m²에서 3,152 개체/m²로 많은 증가를 보이다가 이후 감소하지만 여름철과 가을철에 972-990 개체/m²가 출현하여 일정한 개체수를 유지하는 것으로 나타났다 (Fig. 3). *B. kondakovi*의 경우 겨울철인 1월과 가을철인 10월에는 거의 출현하지 않다가 봄철인 4월에 전체 출현 개체수의 91.7%가 집중되어 출현하는 것으로 나타났다. 특히 대부분의 개체가 담치의 패각에 부착한 것들이었으며, 여름철인 7월에도 많이 관찰되었으나 대부분 내부가 퇴적물로 가득 차있는 사망 개체들이었다. 한편, 생체량의 경우 전체 생체량의 1% 이상을 차지하는 종은 굴 (*Crassostrea gigas*), *L. brevicula*, *B. kondakovi*, *N. heterocirrata* 4종이었으며, 전체 생체량에서 차지하는 비율은 94.6% 이상이었다. *C. gigas*의 경우 채집된 모든 개체가 담치류 패각에 부착된 것들로 겨울철과 여름철에 각각 4,728.4 g/m², 2,864.7 g/m²로 봄철 (157.5 g/m²)과 가을철 (454.7 g/m²)의 생체량에 비해 높게 나타났으나 대형개체의 출현 유무에 따라 생체량의 계절성이 좌우되어 뚜렷한 계절성을 파악할 수는 없었다. *L. brevicula*는 봄철과 가을철에 2753.0 g/m², 643.5 g/m²로 겨울철 (155.5 g/m²)과 여름철 (43.7 g/m²)의 생체량에 비해 높은 것으로 나타나 *C. gigas*의 경우와는 반대의 경향을 보였다. *B. kondakovi*는 봄철인 4월에 2,146.3 g/m²로 4계절 중 가장 높은 생체량을 보였으며, *N. heterocirrata*의 경우 겨울철인 1월에 107.2 g/m²로 가장 높았다.

종다양도 및 상관관계

담치대에서 조사기간 채집된 저서동물의 총 종다양도는 2.44였으며, 계절별로는 1.64-2.27 범위였다 (Table 1). 여름철인 7월에 가장 낮았으며, 1월과 10월에 각각 2.27과 2.08로 비교적 높아 여름철인 7월을 제외하고는 비슷한 양상을 보

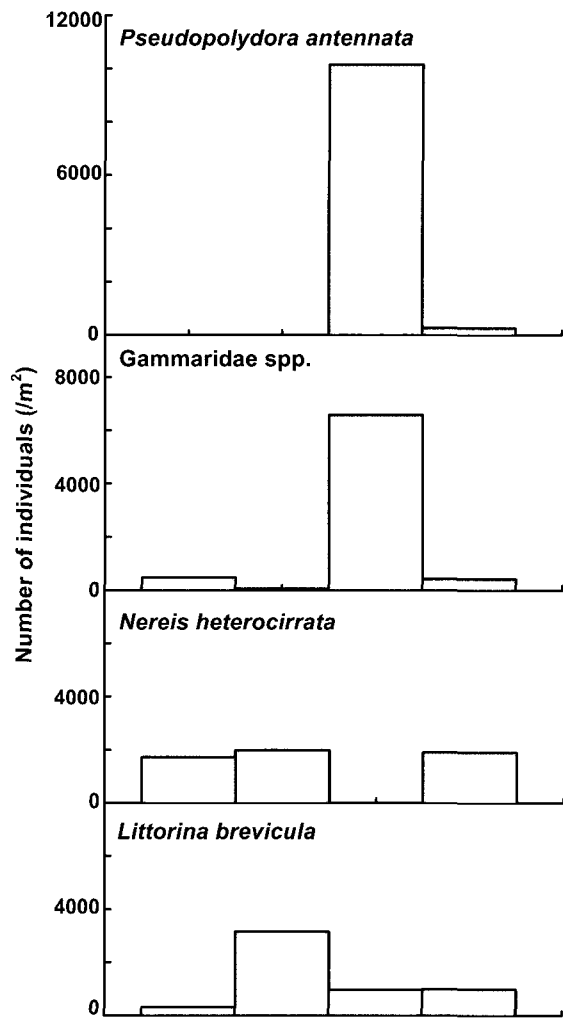


Fig. 3. Seasonal variation of the 4 dominant species in mussel bed.

였다. *M. galloprovincialis*의 분포밀도 및 생체량과 저서동물의 종수, 개체수, 생체량의 상관관계를 분석한 결과 *M. galloprovincialis*의 개체수와 저서동물의 개체수 사이에는 서로 상관관계가 있는 것으로 나타났다 ($r=0.951, P=0.049$). 하지만 *M. galloprovincialis*의 개체수와 저서동물의 종수 ($r=0.721, P=0.279$), *M. galloprovincialis*의 생체량과 저서동물 개체수 ($r=0.506, P=0.494$) 및 종수 ($r=0.555, P=0.445$)는 서로 유의한 상관관계를 나타내지 않았다.

암반 조간대 저서동물의 수직분포

저서동물의 시·공간적 분포

수직 암반을 대상으로 방형구를 이용하여 4계절 동안 조사한 결과 총 10종 (13,056 개체/m²)의 저서동물이 출현하였다 (Table 2). 이들을 분류군 별로 보면 연체동물 복족강에서 *L. brevicula*, 좁쌀무늬총알고둥 (*Granulittorina exigua*), 애기두드럭배말 (*Collisella heroldi*), 고랑딱개비 (*Siphonaria*

Table 2. Macrobenthos on the vertical rocky shore in Goijeong (ind./m²)

Bare rocky shore	Jan.	Apr.	July	Oct.	Mean
Polyplacophora					
<i>Liolophura japonica</i>	3	2	2	2	2
Gastropoda					
<i>Littorina brevicula</i>	657	732	1,515	728	908
<i>Granulittorina exigua</i>	29	125	141	30	81
<i>Collisella heroldi</i>	7	6	12	1	7
<i>Siphonaria japonica</i>	2	1	0	1	1
<i>Notoacmea schrenckii</i>	0	0	0	3	1
Bivalvia					
<i>Septifer virgatus</i>	1,407	1,843	2,109	2,311	1,918
<i>Crassostrea gigas</i>	13	3	41	108	41
Crustacea					
<i>Chthamalus challengerii</i>	9,664	8,580	7,710	5,452	7,852
<i>Balanus kondakovi</i>	4,582	1,636	1,604	1,164	2,247
Number of species	9	9	8	10	10
Number of individual (m ²)	16,364	12,928	13,134	9,800	13,056
Species diversity (H')	1.03	1.03	1.19	1.18	1.13
Evenness (J')	0.50	0.49	0.61	0.57	0.54

japonica, 배무래기 (*Notoacmea schrenckii*)가 출현하였으며, 이때 패각에서는 굵은줄격판담치 (*Septifer virgatus*), *C. gigas*가 출현하였으며, 다판강에서 군부 (*Liolophura japonica*)가 출현하여 총 8종이 출현하였다. 갑각류에서는 조무래기따개비 (*Chthamalus challengerii*)와 *B. kondakovi*가 출현하였다. 이들 종은 생물의 출현이 관찰된 최상부 (조위 200 cm)에서부터 *M. galloprovincialis*의 출현이 시작되는 조위 약 100 cm 까지 어느 정도 일정한 띠분포를 보이고 있었다. 각 출현 종의 조위 및 계절에 따른 분포를 살펴보면 *C. challengerii*의 경우 조사기간 동안 7,852 개체/m²가 출현하여 전체 출현개체수의 60% 이상을 차지하는 가장 우점적인 종으로 나타났다. 이 종은 완전한 고착성으로 계절에 따른 개체수의 변화는 보이지 않았으나 ($df=3$, $F=0.56$, $P=0.643$), 조위에 따른 차이는 뚜렷한 것으로 나타났다 ($df=9$, $F=13.18$, $P=0.000$).

특히 조위 150-190 cm 사이에서 출현개체수의 80% 이상이 집중되어 출현하였다 (Fig. 4). *L. brevicula*의 경우도 *C. challengerii*와 동일한 조위를 주된 분포역으로 하는 것으로 나타났으며 ($F=8.95$, $P=0.000$), 개체수의 계절적 변화는 보이지 않았다 ($F=0.60$, $P=0.622$). *C. challengerii* 다음으로 많은 출현을 보인 *B. kondakovi*는 2,247개체/m²의 출현을 보였다. 이 종 또한 계절성은 없어 보이며 ($F=2.23$, $P=0.108$), 조위에 따른 출현개체수의 차이는 뚜렷하여 ($F=9.05$, $P=0.000$) 주된 분포역이 조위 120-160 cm 범위인 것으로 나타났다 (Fig. 4). *S. virgatus*의 경우도 계절에 따른 개체수의 차이는 없었으며 ($F=0.43$, $P=0.731$), 조위에 따른 차이는 뚜렷하였다 ($F=51.82$, $P=0.000$). 또한 이종은 *B. kondakovi*와 거의 동일한 조위 (120-170 cm)에서 집중적으로 분포하는 것으로 나타났다 (Fig. 4). *G. exigua*는 연중 조위 130-190 cm 범위에 걸쳐 분포하였는데, 조위에 따른 차이가 뚜렷하여 170-190 cm 범위가 주된 분포역으로 나타났다. 특히 이 종은 조위에 따른 개체수의 차이뿐만 아니라 ($F=10.05$, $P=0.000$), 계절성도 띠는 것으로 나타났는데 ($F=5.87$, $P=0.003$) 겨울철인 1월에는 주로 상층부에 (170-190 cm) 분포하다가 여름철인 7월에는 조위 130 cm까지 아래로 확장되는 양상을 보였다. *C. gigas* 등 나머지 종들은 대부분 조위 160 cm 아래에 주로 분포하고 있었고, 개체수의 계절성은 보이지 않았다. 전체적으로 보면 조위 200 cm에서부터 생물의 출현하기 시작하여 160-200 cm 범위의 상층부는 *C. challengerii*, *L. brevicula*, *G. exigua*의 주된 분포역으로 보이며, 그 아래 조위 120-160 cm에는 *B. kondakovi*와 *S. virgatus*의 주된 분포역인 것으로 보인다. 따라서 이들 종들이 조건대를 양분하는 양상을 띠고 있는 것으로 보인다.

고찰

담치대와 수직암반에서 출현한 저서동물을 조사한 결과 괴정 암반 조건대에서는 *M. galloprovincialis*를 제외한 총 5개

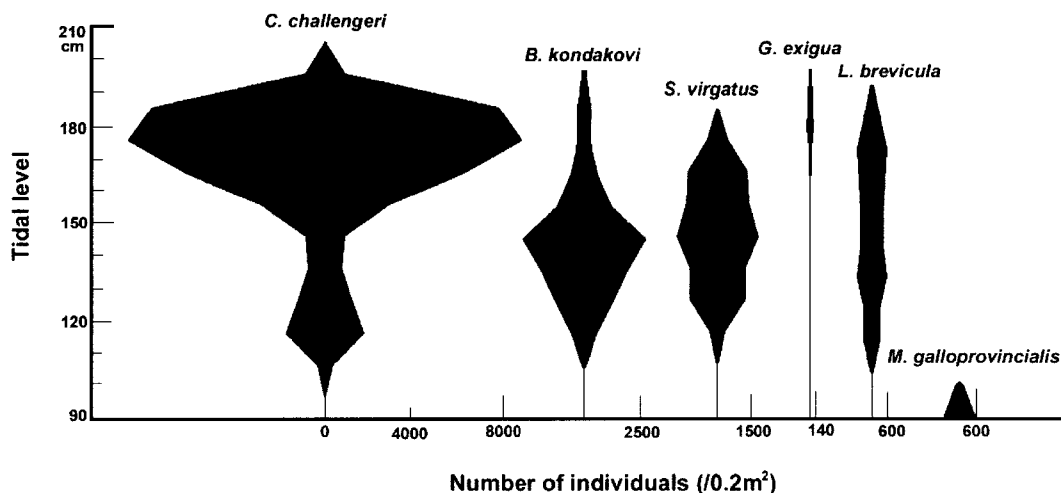


Fig. 4. Vertical distribution of the dominant species on Goijeong rocky shore, Korea.

동물문 62종이 출현하였다. 만약 수직암반에 대한 조사가 내서동물까지 포함되고, 담치대에서 많은 출현을 보인 옆새우류가 종 수준까지 분류된다면 출현 분류군의 종조성이 어느 정도는 달라지리라 예상된다. 이러한 종조성은 조사지역이나 방법에 따라 다르므로 객관적 비교는 될 수 없으나 몇몇 특정 분류군에서의 상대적인 비교는 가능할 것으로 보인다. 서해 안면 (Lee et al., 1985), 동해 연안 (Yun and Song, 1997) 등의 우리나라 각 지역의 암반 조간대와 비교하여 종 수에서 차이를 보이고 있음을 알 수 있었다 (Table 3). 더욱이 비교 대상 조간대에서는 다모류가 대부분 제외된 결과임에도 그 차이가 뚜렷하였으며, 연체동물의 경우에서도 다른 지역 조간대에서 28-54종이 출현한 것에 비해 본 조사지역에서는 16종이 출현하여 차이를 보였다. Shin (1993)은 해남반도에서 조간대를 연질과 암반지대로 나누어 조사한 결과 각각 69종과 114종이 출현하여 암반지대에 훨씬 다양한 종이 서식함을 밝히고 이러한 이유를 해면동물류, 대형동물류, 해초류 등 저서동물에 새로운 공간을 제공하는 부착생물의 출현에 의한 것으로 보고하였다. 본 조사의 경우에도 담치대가 형성된 암반과 그렇지 않은 암반과의 출현 종 수 및 개체수의 차이가 뚜렷하였으며, 종 다양도에 있어서도 계절별로 각각 1.64-2.27, 1.03-1.19의 범위로 차이를 보여 담치대가 형성하는 입체적 공간은 이 지역 조간대 생물상의 다양성 측면에 상당히 기여하고 있는 것으로 판단된다. 특히 괴정 암반조간대의 경우 해수로부터 담치대에 유입되는 니질 입자로 인하여 현탁물식자 (suspension feeder) 및 초식자의 출현이 감소하고 퇴적물식자 (deposit feeders)의 출현이 상대적으로 우세하였을 것으로 추정된다.

담치대를 서식처로 하는 저서동물의 출현은 담치류의 연령 및 크기, 패치 (patch)의 크기 등에 의해 많은 영향을 받는 것으로 알려져 있는데 (Seed and Suchanek, 1992; Tsuchiya, 2002), 본 조사에서는 담치류의 밀도와 저서동물의 밀도가 상관관계가 있는 것으로 나타나 계절에 따른 담치류의 가입과 탈락에 의해 저서동물군집이 좌우되는 것으로 보였다. 1월과 10월의 경우 상관관계분석과 상이한 결과를 보이고 있는데, 이러한 결과는 계측된 살아있는 담치와 실제 담치대

에 의해 형성되는 공간의 차이에서 기인하는 것으로 보인다. 즉 괴정 암반조간대의 경우 새로운 개체의 가입이 기존의 담치류 위에 중복되어 부착하고 성장하여 사망한 개체들의 탈락이 완전히 이루어지지 않았기 때문이다. 또한 현장에서 관찰에 의하면 실제 담치대가 형성하는 공간의 다양성은 여름철 최대를 보이며 이것이 가을철까지 지속되었다. *M. galloprovincialis*는 우리나라 전 연안에 분포하는 종으로 산란기는 3-4월이며 신생군은 6월에 출현하고, 탈락은 주로 8월과 10월 사이에 일어나는데 (Yoo et al., 1970), 이번 조사에서도 7월에 가장 많은 개체가 출현하였고, 이 시기에 어린 개체가 다량 유입된 것이 확인되었다. 담치대가 형성하는 입체적인 공간에는 다모류, 단각류 및 등각류 등의 갑각류, 소형 이매패류가 우점적으로 서식하는 것으로 알려져 있는데 (Lintas and Seed, 1994; Tokeshi and Romero, 1995), 담치대는 이러한 종들에게 포식자와 파도에 의한 노출을 피하게 하는 서식처 및 직간접적으로 먹이원을 공급하는 역할을 수행한다. 본 연구에서 담치대 내부에 퇴적되는 퇴적물양에 대한 조사는 이루어지지 않았으나, 현장조사시 관찰된 결과와 생물상으로 미루어 볼 때, 파도에 완전히 노출된 해역에서처럼 담치대 내부의 퇴적물이 완전히 소실되거나 혹은 과도한 퇴적물의 축적으로 인해 담치대의 분포가 제한되는 것별 조간대와는 다른 환경을 띠고 있는 것으로 보인다. 즉, 담치대의 주된 분포가 평균해면에서부터 아래에 분포하며 담치대 내에서 우점적으로 출현하는 생물이 퇴적물식자들로 구성되는 것이다. 또한 본 연구에서 출현한 대표적 퇴적물 식자인 *P. antennata*의 경우 계절에 따른 출현 개체수의 차이를 보이고 있어, 계절에 따른 담치대 내 퇴적물의 양적인 변화가 있을 것으로 추정된다. *P. antennata*의 명확한 생태적 특성이 밝혀져 있지 않으나 특정한 시기와 조건에 증가를 보이는 기회종 (opportunistic species)의 성격을 띠는 것으로 추정된다. 여름철에 집중적으로 출현하는 것으로 볼 때, 강수로 인해 유입될 것으로 추정되는 높은 유기물 및 염분 변화에 상당한 내성을 지니고 있음을 시사한다고 할 수 있을 것이다. 또한 퇴적된 많은 유기물들은 퇴적물식성의 다모류에 의해 소비되어지며 유기물 축적과 이들 중간에는 직접적인 연관이

Table 3. Comparison of the previous studies on the number of macrobenthic species on the intertidal rocky shores along the coast of Korea

Taxon	Locality					
	Anmyon ¹	Goijeong ³	Hyoam ²	Songri ²	Taesongri ²	Kanggu ²
Porifera	3		2	2	2	2
Anthozoa		3	3	3	2	1
Platyhelminthes		1				
Mollusca	48	16	34	30	36	28
Polychaeta	5	32		1		
Brachiopoda	1					
Crustacea	20	10	12	11	9	10
Echinodermata	3		2		2	2
Total	80	62	53	47	51	43

¹Lee et al. (1985), ²Yun and Song (1997), ³The present study.

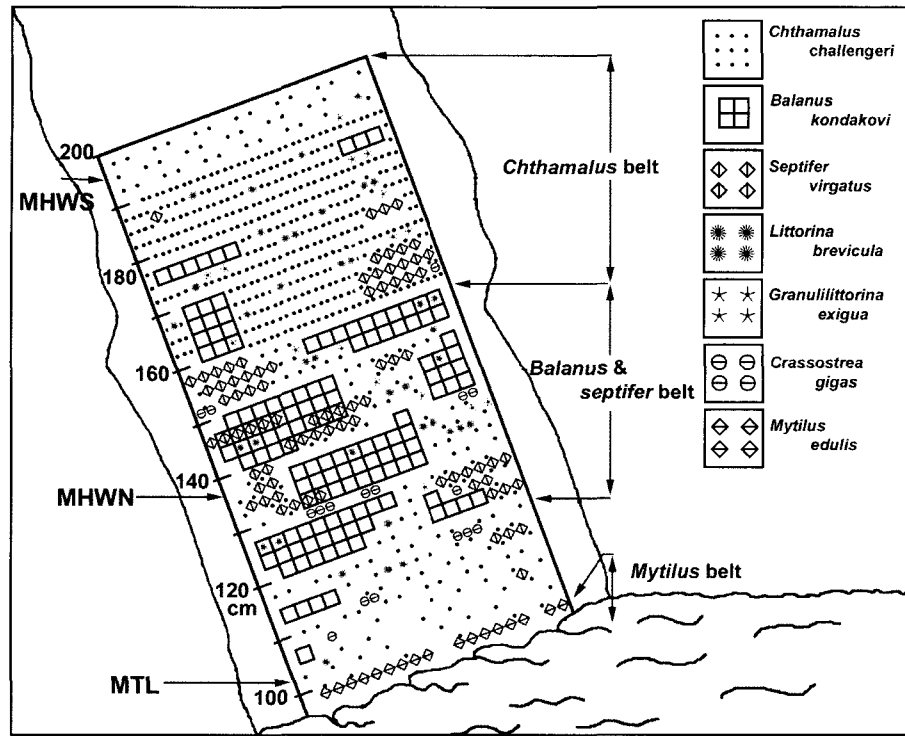


Fig. 5. Vertical distribution of macrobenthos on Goiyeong rocky shore, Korea.

있는 것으로 알려져 있으며 (Mayer et al., 1997; Norkko and Bonsdorff, 1996), 동일 속의 *P. kempii*는 상당한 염분 변화 (6.3-31.9%)에도 적응한다는 보고가 있다 (Light, 1969). Gammaridae spp. 또한 여름철에 대량으로 출현하였는데, 본 연구에서는 위 두 종간의 상관성에 대한 원인을 파악할 수 없었다. *N. heterocirrata*는 *P. antennata*와 Gammaridae spp.의 출현 양상과는 반대로 여름철에는 거의 출현하지 않는 것으로 나타났다. 앞에서 언급한 두 종과 비교하여 상대적으로 환경의 변화에 민감하게 작용한 것으로 가정해 볼 수도 있으나, 봄철에 출현한 개체의 대부분이 포란한 산란형으로 산란을 위한 유영시기에 해당될 것으로 추정된다 (Imajima, 1972).

암반 조간대를 수직으로 구분한 ‘보편적 체계’ (Lewis, 1964; Stephenson and Stephenson, 1972)에 의해 고정 암반 조간대를 살펴본 결과 가장 두드러진 특징은 생물의 분포가 극단적으로 좁게 분포한다는 것과 일반적 수직적 분포에 의하지 않는 것이다. 즉, 거의 평균대조시고조선 (MHWS)에서부터 생물의 분포가 처음으로 관찰되고 일반적으로 상부에 *Littorina*류가 분포하고 다음이 *Chthamalus*류가 분포하는 것과는 달리 *C. challengerii*가 가장 상부에서 출현하며 *L. brevicula*와 *G. exigua*의 분포가 혼재하고 있었다. 고정 암반조간대의 조간대 연변부와 진조간대를 특징적으로 나타내는 우점종을 살펴보면 조간대 연변부의 경우 *C. challengerii* belt가 형성되고, 진조간대는 *B. kondakovi*와 *S. virgatus* belt가 형성되어 두 지역이 뚜렷이 구분되었다 (Fig. 5). 수직분포에 대한 정량적 조사에서는 제외되었으나 진조간대 하부에는 *M. galloprovincialis*가

뚜렷한 분포대를 형성하고 있었다. 이러한 저서동물의 수직 분포상으로 미루어 볼 때 고정 암반 조간대의 경우 좁게 보면 파도의 유동에 직접적으로 노출된 외형을 띠고 있으나, 넓게 보면 만 내에 위치하여 지형학적 위치에 따른 노출의 정도에 상관없이 파도에 의한 노출로부터 어느 정도 보호되어 있는 것으로 생각된다. 따라서 생물의 띠분포 폭이 좁고, 보편적인 띠분포와 달리 *L. brevicula*를 포함한 몇몇 출현 종들은 뚜렷한 분포역을 가지지 못하며 혼재하여 분포하는 것으로 판단된다. 결론적으로 진해 고정 암반 조간대 및 담치대에 서식하는 저서동물은 그 해역의 환경을 잘 반영해주고 있는 것으로 생각된다. 즉, 만 내에 위치하여 파도에 대한 노출의 감소로 생물의 띠분포가 특정 조위에 좁게 형성되었을 것으로 판단된다.

사 사

이 논문의 일부는 2001학년도 대구대학교의 학술연구비지원에 의하여 연구되었으며, 이에 감사 드립니다.

참 고 문 헌

Alvaredo, J.L. and J.C. Castilla. 1996. Tridimensional matrices of mussels *Perumytilus purpuratus* on intertidal platforms with varying wave forces in central Chile. Mar. Ecol. Prog. Ser., 133, 135-141.
 Cha, J.H., J.G. Je and K.T. Kim. 2000. Seasonal variation

- of intertidal organisms of Ullungdo and Dokdo Island. Underwater Sci. Tech., 2, 67-80. (in Korean)
- Choi, H.G., J.S. Park and P.Y. Lee. 1992. Study on the heavy metal concentration in mussels and oysters from the Korean coastal waters. Bull. Kor. Fish. Soc., 25, 485-494.
- Connell, J.H. 1961. The influence of interspecific competition and other factors on the distribution of the barnacle *Chthamalus stellatus*. Ecology, 42, 710-723.
- Connell, J.H. 1972. Community interactions on marine rocky intertidal shores. Ann. Rev. Ecol. Syst., 3, 169-192.
- Damianidis, P. and C.C. Chintiroglou. 2000. Structure and functions of polychaetofauna living in *Mytilus galloprovincialis* assemblages in Thermaikos Gulf (north Aegean Sea). Oceanolo. Acta, 23, 323-337.
- Imajima, M. 1972. Review of the Annelid worms of the Family Nereidae of Japan. With description of five new species or subspecies. Bull. Natn. Sci. Mus., Tokyo, 15, 37-153.
- Je, J.G., R.S. Kang, C.S. Myung, J.S. Lee, S.W. Lee and S.H. Shin. 1997. Preliminary study on marine benthic organisms of Dokto. Underwater Sci. Tech., 1, 67-80. (in Korean)
- Lee, I.K., H.S. Kim, B.L. Choe and H.B. Lee. 1985. Studies on the marine benthic communities in inter and subtidal zones III. Qualitative and quantitative analysis of the community structure in western coast of Korea. Proc. Coll. Nat. Sci., Seoul Nat'l Univ., 10, 57-100. (in Korean)
- Lewis, J.R. 1964. The Ecology of Rocky Shores. English Univ. Press, London, pp. 323.
- Light, W.J. 1969. *Polydora narica*, new species, and *Pseudopolydora kempii californica*, new subspecies, two new Spionida (Annelida: Polychaeta) from central California. Proc. Calif. Acad. Sci. 36, 531-550.
- Lintas, C. and R. Seed. 1994. Spatial variation in the fauna associated with *Mytilus edulis* on a wave-exposed rocky shore, J. Mollusc. Stud., 60, 165-174.
- Mayer, L.M., L.L. Schick, R.F.L. Self, P.A. Jumars, P.H. Findlay, Z. Chen and S. Sampson. 1997. Digestive environments of benthic macroinvertebrate guts: enzymes, surfactants and dissolved organic matters. J. Mar. Res., 55, 785-812.
- NORI, 1998. Tide Tables (coast of Korea). National Oceanographic Research Institute, pp. 256.
- Norkko, A. and E. Bonsdorff. 1996. Population responses of coastal zoobenthos to accumulations of drifting algal mats. Mar. Ecol. Prog. Ser., 131, 143-157.
- O'Connor, T.P. 1992. Recent trends in coastal environmental quality: result from the first five years of the NOAA Mussel Watch Project. US Department of Commerce, NOAA, Rockville, pp. 45.
- Paik, E.I. 1986. Distribution of polychaetous Annelida worms from Ullung-do coast. Bull. Kor. Fish. Soc., 19, 363-367. (in Korean)
- Paine, R.T. 1974. Intertidal community structure experimental studies on the relationship between a dominant competitor and its principal predator. Oecologia (Berlin), 15, 93-120.
- Raffaelli, D. and S. Hawkins. 1996. Intertidal Ecology. Chapman & Hall, London, pp. 356.
- Roh, B.J. 1995. The Ascidians (Tunicata) from Chindo Islands, Korea. Kor. J. Syst. Zool., 11, 125-145.
- Roh, B.J., K.S. Park and J.W. Lee. 1996. An ecological study on the macrobenthos around Daesan industrial complex. Kor. J. Environ. Biol., 14, 69-80. (in Korean)
- Seed, R. and T.H. Suchanek, 1992. Population and community ecology of *Mytilus*. In: Gosling, E.M. ed. The Mussel *Mytilus*: Ecology, Physiology, Genetics and Culture (Developments in aquaculture and fisheries science 25). Elsevier, Amsterdam, pp. 87-169.
- Shin, S. 1993. Study on the environment and benthos in the intertidal zone of Haenam peninsula, Korea. J. Kor. Fish. Soc., 26, 63-75. (in Korean)
- Stephenson, T.A. and A. Stephenson. 1972. Life Between Tide-marks on Rocky Shores. W.H. Freeman, San Francisco, pp. 425.
- Suchanek, T.H. 1992. Extreme biodiversity in the marine environment: mussel bed communities of *Mytilus californianus*. Northwest Environ. J., 8, 150-152.
- Tokeshi, M. and L. Romero. 1995. Filling a gap: dynamics of space occupancy on a mussel-dominated subtropical rocky shore. Mar. Ecol. Prog. Ser., 119, 167-176.
- Tsuchiya, M. 2002. Faunal structures associated with patches of mussels on east Asian coasts. Helgol. Mar. Res. 56, 31-36.
- Wenner, A.M. 1988. Crustaceans and other invertebrates as indicators of beach pollution. In; Soule, D.F. and G.S. Kleppel, eds, Marine Organisms as Indicators, Springer Verlag, Berlin, pp. 199-229.
- Yoo, S.K., K.J. Kim and C.K. Lee. 1970. Biological studies on the propagation of important bivalves 4. Growth of the mussel, *Mytilus edulis* Linne. Bull.

Kor. Fish. Soc., 3, 103-109. (in Korean)
Yun, S.G. and S.J. Song. 1997. Distribution pattern of
intertidal animals on rocky bottoms in the southern
part of the East Sea, Korea. J. Nat. Sci., Taegu

Univ., 14, 281-299. (in Korean)

2002년 8월 30일 접수
2003년 10월 21일 수리