

송악산 주변 조간대 저서 대형무척추동물의 종다양성과 군집구조에 관한 연구

이정재, 현재민¹

제주대학교 해양과학대학, ¹제주도해양수산자원연구소

Species Diversity and Community Structure of Macrobenthic Invertebrate Inhabiting the Intertidal Zone near Songacksan Area, Jeju Island

Jung Jae Lee and Jae Min Hyun¹

Faculty of Applied Marine Science, College of Ocean Science, Cheju National University, Jeju 690-756, Korea
¹Jeju Province Fisheries Resources Research Institute

ABSTRACT

This study was performed to know the vertical distribution pattern and community structure of intertidal invertebrates at 9 sampling stations near Songacksan area located in Jeju Island from June 2000 to May, 2001. A total of 104 benthic invertebrate species was recorded during the survey period and it was composed of 50 families, 25 orders, 12 classes and 6 phyla. Among them, the most highest species richness was observed in the mollusks comprising 66.3% (69 species) and the next one in the arthropods showing 16.3% (17 species). Species diversity was largely different depending on their vertical distribution, revealing much higher in the lower intertidal zone than in the middle or upper zone, while there were no distinct differences between sampling stations. The dominant species were *Nodilittorina exigua*, *Littorina brevicula*, *Pollicipes mitella mitella* and *Nerita japonica* in the upper zone, *Monodonta neritoides*, *Lunella coronata coreensis* and *Nerita japonica* in the middle zone and *Notoacmea schrenckii*, *Omphalius nigerimus*, *Purpura clavigera* and *Chlorostoma argyrostoma lishckeii* in the lower zone. The

macrobenthic fauna surveyed could be divided into two groups based on their species similarities between sampling stations but their differences were not distinctive.

Keywords: Macrobenthic invertebrate, Dominant species, Species diversity, Species similarities.

서론

조간대에 분포하는 생물은 조간대가 갖는 물리·화학적 조건의 변화와 계절에 따른 기후변화 등 환경적 영향에 따라 서식 조건의 차이로 군집구조가 지역적으로 다르게 나타나고, 연안에 분포하는 서식생물의 기초 생육장이 되므로 마을어장의 생산력을 측정하는 기준으로도 조간대의 중요성은 매우 크므로 최근 조간대 생물에 대한 군집구조와 종다양성에 관한 연구가 많이 진행되고 있다.

조간대의 생물군집은 연안의 다른 수역에 비하여 생리적 저항성이 크고 또한 물리·화학적 및 지반의 기질과 형태 등의 영향에 따라 조간대의 생물의 분포는 다양하며, 계절적 기후변화에 따라서도 종의 다양성이나 군집구조의 지역적인 차이가 많다 (Dayton, 1971, Menge, 1976, Connell, 1975).

최근 산업화가 많이 진행되면서 육상의 각종 오염물질의 연안 유입 및 연안매립 등으로 연안의 자연적인 정화기능이 많이 상실되면서 조간대를 중심으로 한 서식생물의 군집변화 등 생물 생태학적 영향에 대한 연구도 많이 이루어지고 있다. 이러한 추세에 따라 제주지역에서도 조간대와 아조간대의 분포생물에

Received January 16, 2002; Accepted May 25, 2002

Corresponding author: Lee, Jung Jae

Tel: (82) 64-754-3423 e-mail: jungjae@cheju.ac.kr
1225-3480/18106

© The Malacological Society of Korea

대한 정성·정량적 분석을 통하여 군집의 구조와 계절적인 특성을 밝히는 연구들이 많이 진행되고 있다 (Lee *et al.*, 1989, Lee, 1991, Lee and Hyun, 1992, Lee and Kim, 1993, Lee *et al.*, 2001).

조사대상지역인 송악산 주변은 외해에 면한 만 형태를 이루고 있으나 암반 조간대가 잘 발달된 곳으로 주위에 화력발전소가 있어 조간대 생물군집의 종다양성이나 군집구조도 제주도의 타 지역과는 상이할 것으로 보인다. 특히 이 지역은 향후 해안관광개발 예정지구로 계획되어 있어 개발전 송악산주변 조간대를 대상으로 한 조간대 생물상의 기록과 지형구조에 따른 종 분포 등을 밝히는데 조사의 목적을 두었으며, 종다양성과 공간적 군집구조를 비교하여 제주도 연안에 분포하는 저서 무척추동물의 종 분포도를 작성하는데 기초자료를 얻고자 본 연구를 수행하였다.

재료 및 방법

1. 조사지역의 개황

송악산 주변의 조간대 생물상에 대한 조사는 송악산을 기점으로 화순 내만축을 따라 3개 지점을 선정하였으며, 이에 대한 조사는 2000년 6월부터 2001년 5월에 걸쳐 이루어 졌다. 조사지점은 송악산 주변 수직암반역 3개 지점 (Stations 1-3) 과 발전소주변 조간대 3개 지점 (Stations 4-6) 그리고 송악

산과 발전소가 위치한 중간지점인 사질과 암반이 혼재된 곳 3개 지점 (Stations 7-9) 등 총 9개 정점 (station) 을 대상으로 조사하였으며, 3개 지역 간 거리는 반경 2 km 그리고 각 조사 지점간 거리는 0.5 km로 설정하였다 (Fig. 1).

송악산주변은 남제주군 대정읍 산이수동 지역으로 조간대는 외해에 면해 있어 파도의 영향을 직접 받는다. 조간대 대부분은 크고 작은 경사가 급한 수직암반으로 이루어져 있으며 하부역은 수직암반으로 파도의 영향권에 직접 면해 있어 하부 조간대 폭은 매우 협소하였다 (St. 1, St. 2, St. 3).

발전소 앞 부분은 매립된 지역으로 바로 파도의 직접 영향권에 면해 있지만 주변 지역은 평탄한 암반과 돌출 암반이 혼재된 곳으로 조간대가 비교적 잘 발달된 곳이다 (St. 4, St. 5, St. 6).

송악산과 발전소의 중간부분인 사계리 지역은 사질과 암반이 혼재된 형태로 조간대가 형성되어 있으며, 일부는 수직 암반 역으로 형성되어 있다. 특히 암반역은 타 조사지점과는 다르게 현무암과 사암이 부분적으로 혼재된 형태로 형성된 특이한 지역이다 (St. 7, St. 8, St. 9).

2. 조사방법

저서무척추동물의 공간적 종 분포의 다양성 조사를 위하여 조사지점은 조간대를 조석간만의 차에 따라 대조시 최고조

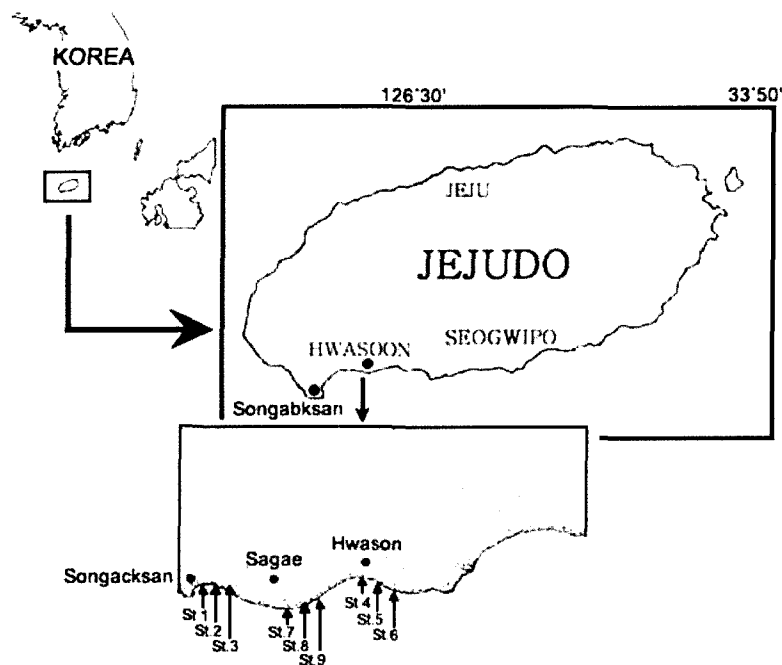


Fig. 1. Sampling sites for the present study of Songacksan at Jeju Islands.

(EHWS) 구역을 상부조건대구역 (upper zone), 소조시 최간조 (MTL) 구역을 중부조건대구역 (middle zone) 그리고 대조시 최간조 (ELWS) 구역을 하부조건대구역 (lower zone) 등 3개 구역으로 조사정점으로 구분하여 조사하였다. 조사지점별로 각 3 개의 vertical line transect에 의한 방형구법을 이용 육안적인 저서무척추동물 채집하였다. 채집한 표본은 종분류의 체계에 따라 목록을 작성하고 수도에 따른 동물상 및 종다양성 그리고 수직분포를 조사하였다. 조사지역에서 채집된 종은 각 조사지점에 따라 단위면적당 (1 m²당) 분포 개체를 평균개체수로 환산하여 종별 상대수도로 하였으며, 조건대 서식생물의 군집형태를 알아보기 위하여 우점종은 McNaughton (1968) 의 군집우점도지수 (community dominance index) 를 조사구 및 조건대 구역별로 구분하여 비교하였다. 또한, 조사지점에 따른 군집의 특징을 알기 위하여 종다양성 분석은 일반적으로 많이 활용되고 있는 Simpson (1949) 의 종다양도지수 (species diversity index, Ds) 로 분석하여 지점별 군집특성을 비교하였다. 군집내 종별 점유도는 Simpson (1949) 의 종우점도지수 (species dominance index, ds) 와 Shannon-Wiener function (Pielou, 1969) 의 균등도 (species evenness, J') 를 구하여 비교하였다. 유사도지수 (similarity index) 및 Cladogram은 Rohlf (1992) 의 방법을 이용하였다.

결 과

1. 저서무척추동물상

송악산 주변역 9 개 조사지점에서 채집하여 동정된 저서무척추동물은 총 6 문, 12 강, 25 목, 50 과, 104 종이었다. 분류군별로는 연체동물이 3 강, 69 종 (66.35%), 절지동물 3 강, 17 종 (16.3%) 의 순이었다. 조사지점별 총 전체 출현종을 보면 수직암반역인 St. 1에서 63 종, St. 2에서 67 종, St. 3에서 55 종 등 총 84 종이 분포하였으며, 분류군별로는 연체류가 63 종, 절지류가 16 종의 순이었다. 발전소 주변지역 조건대인 St. 4에서는 40 종, St. 5에서 45 종 그리고 St. 6에서 44 종으로 총 65 종이었고, 사질과 암반이 혼재된 혼합형 조건대인 St. 7에서는 44 종, St. 8에서 41 종 그리고 St. 9에서 45 종으로 총 66 종이 분포를 하고 있어 3 개 지역간 종의 분포는 다소 상이하었다 (Appendix. 1).

2. 우점종 및 군집우점도지수

조사지역내 총 출현종에 따른 군집내 제1우점종은 좁쌀무늬총알고둥 (*Nodilittorina exigua*), 제2우점종은 각시고둥 (*Monodonta neritoides*)으로 복족류에 의한 군집내 우점도가 높게 나타나고 있다. 조건대의 구역별 우점종은 상부조건대 (upper zone)에서 좁쌀무늬총알고둥 (*N. exigua*) 그리고 갈

고둥 (*Nerita japonica*)이 제1, 2우점종으로 출현하여 제주도 의 타 지역과 유사하였다. 중부조건대구역 (middle zone) 에서는 각시고둥 (*M. neritoides*) 과 눈알고둥 (*Lunella coronata coreensis*) 그리고 하부조건대구역 (lower zone) 에서는 눈알고둥 (*L. coronata coreensis*) 그리고 각시고둥 (*M. neritoides*) 이 각각 제1, 2우점종이었다. 조사지점별 우점종에서는 파도의 영향이 연중 직접적인 영향을 받고 수직 암반으로 이루어진 지역 (Stations 1-3) 은 거북손 (*Pollicipes mitella mitella*), 검은따개비 (*Tetraclita squamosa japonica*), 각시고둥 (*M. neritoides*), 좁쌀무늬총알고둥 (*N. exigua*), 대수리 (*Purpura clavigera*) 그리고 배무래기 (*Notoacmea schrenckii*) 등으로 비교적 강한 파도에 적응된 고착성 종들과 육식성이 강한 복족류들이 주로 우점종으로 나타나고 있다. 발전소 주변 조사지역 지역 (Stations 4-6) 에서는 갈고둥 (*N. japonica*), 참집게 (*Pagurus samuelis*), 눈알고둥 (*L. coronata coreensis*), 각시고둥 (*M. neritoides*), 율타리고둥 (*Monodonta labio labio*), 타래고둥 (*Buccinum ferrea*) 등이 우점종으로 출현하고 있다. 암반과 사질이 혼재된 조건대지역 (Stations 7-9) 에서는 눈알고둥 (*L. coronata coreensis*), 갈고둥 (*N. japonica*), 각시고둥 (*M. neritoides*), 애기뿔고둥 (*Omphalius nigerrimus*) 의 순으로 우점을 하고 있어 전체적으로는 거의 유사하게 보이지만 세부적인 분포 유형에서는 조건대의 특성에 따라 다소 차이가 많음을 알 수 있었다 (Fig. 2).

조사지역의 조건대 조대별 군집의 분포유형을 알아보기 위하여 군집우점도지수를 조사한 결과 전체적으로 평균 21.77이였으며, 조건대 구역별로는 상부조건대에서 46.84로 우점종에 의한 군집의존도가 대단히 높게 나타나고 있으며 중부조건대 23.36 그리고 하부조건대 18.55로 조하대로 내려갈수록 종의 다양도가 높게 나타나고 있어 전형적으로 외해에 면한 암반 조건대지역의 생물분포와 매우 유사하게 나타났다. 또한 조사지역별 군집우점도지수를 보면 수직 암반지역 (Stations 1-3) 군집우점도지수는 26.31, 발전소 인근 조건대 (Stations 4-6) 가 21.86 그리고 조건대지역 (Stations 7-9) 이 31.13로 암반과 사질이 혼재된 조건대에서가 특정종에 의한 군집우점도가 높게 나타나고 있음을 알 수 있었다 (Table 1).

암반과 사질이 혼재되어 있는 곳은 암반과 자갈이 혼재되어 있는 곳의 서식생물들처럼 분산된 형태를 보이는 것이 아니라 암반역을 중심으로 우점종에 의한 서식밀도가 대단히 높은 집중적 분포를 하고 있음을 알 수 있다. 이러한 곳에 분포하는 서식생물들은 조석간만의 차에 따른 주기적 노출과 포식자로부터 은닉을 할 수 있는 공간적 제약성 등에 따른 위험성으로 개체군을 유지하기 위한 수단으로 서식밀도가 높게 집중화되는 것으로 사료된다.

Table 1. Dominant species and CDI in the intertidal zone of the sampling stations.

Sampling stations	Community dominant species and index(CDI)		
	First dominant species	Second dominant species	CDI
St. 1	<i>Monodonta neritoides</i>	<i>Liolophura japonica</i>	21.45
St. 2	<i>Pollicipes mitella mitella</i>	<i>Tetraclita squamosa japonica</i>	42.06
St. 3	<i>Tetraclita squamosa japonica</i>	<i>Monodonta neritoides</i>	34.01
Total	<i>Tetraclita squamosa japonica</i>	<i>Pollicipes mitella mitella</i>	26.31
St. 4	<i>Monodonta neritoides</i>	<i>Nodilittorina exigua</i>	24.69
St. 5	<i>Nerita japonica</i>	<i>Lunella coronata coreensis</i>	30.57
St. 6	<i>Pagurus samuelis</i>	<i>Lunella coronata coreensis</i>	28.80
Total	<i>Lunella coronata coreensis</i>	<i>Monodonta neritoides</i>	21.86
St. 7	<i>Nerita japonica</i>	<i>Monodonta neritoides</i>	35.12
St. 8	<i>Nodilittorina exigua</i>	<i>Lunella coronata coreensis</i>	47.25
St. 9	<i>Nodilittorina exigua</i>	<i>Monodonta neritoides</i>	32.66
Total	<i>Nodilittorina exigua</i>	<i>Monodonta neritoides</i>	31.13

Stations 1-3: Songacksan area, Stations 4-6: Hwasoon area, Stations 7-9: Sagae area

3. 종다양성

조사지역의 조사지점별 분포종에 대한 군집내 종다양성은 Table 2와 같다. 조사지역 조간대에 분포하는 출현종을 기준 한 분포종의 종다양도 (Ds)는 0.7465-0.9370으로 평균 0.8713이었다. 조사지점별 군집내 출현종의 종다양도를 보면 수직암반지역인 Stations 1-3은 평균 0.7913, 발전소인근지역 조간대 지역인 Stations 4-6은 평균 0.8980 그리고 사질과 암반이 혼재된 조간대 지역인 Stations 7-9는 평균 0.8767로 파도의 영향이 직접적으로 미치는 수직암반역 조간대가 출현종수에 비하여 우점종들의 서식밀도가 상대적으로 높게 나타나는

Table 2. The value of Species diversity (Ds), Inverted dominance index (ds), Evenness (J') of macroinvertebrates collected from the intertidal zone in samplig stations.

Sampling stations	Community species diversity index		
	Ds	ds	J'
St. 1	0.8138	5.3716	0.0933
St. 2	0.7465	3.9452	0.0764
St. 3	0.8138	5.3716	0.1101
St. 4	0.9370	15.8741	0.3569
St. 5	0.8455	6.4745	0.1312
St. 6	0.9116	11.3107	0.2263
St. 7	0.8812	8.4171	0.1677
St. 8	0.8416	6.3150	0.1509
St. 9	0.9074	10.8032	0.2579

것을 알 수 있으며, 사질과 혼재된 혼합형 조간대는 암반역을 중심으로 우점종들이 집중적으로 서식하고 있음을 알 수 있다. 그러나 발전소 주변의 조간대의 생물종의 군집다양도는 상대적으로 낮게 나타나 이와는 좋은 대조를 이루고 있지만 이는 발전소 시설에 따른 영향에 의한 서식종의 차이에서 오는 것이 아니라 조간대가 갖는 지형적 또는 기질 등 구조적인 결과에 의하여 생물종이 분포함에 따른 군집형태의 차이라고 사료된다.

군집내 서식종의 분포유형을 알 수 있는 군집내 종 균등도에 서는 0.0764-0.3569의 범위로 낮게 나타나 조사지역내 종분포 또는 우점종에 의한 군집 의존도가 대단히 높음을 알 수 있었다. 조사지역별로는 Stations 1-3 지역이 0.0764-0.1101, Stations 4-6 지역은 0.1312-0.3569 그리고 Stations 7-9 지역은 0.1509-0.2579로 나타나 군집우점도지수와 마찬가지로 군집내 종우점도가 높은 지역일수록 균등도는 낮게 나타나고 있다. 이는 수직암반역으로 이루어진 조간대 일수록 특정 종에 의한 군집내 서식밀도가 상대적으로 높음을 알 수 있다. 조간대를 조석간만의 차에 의한 구분에 따라 종의 분포유형을 알아보기 위한 종다양도에서는 상부조간대구역이 0.8874, 중부조간대구역이 0.8057로 가장 낮았으며, 하부조간대구역이 0.95% 로 가장 높은 종다양도를 보였다. 중부조간대구역은 일반적으로 상부조간대 구역에 비하여 종의 분포가 다양하고 종다양도가 높게 나타나지만 조사지역의 중부조간대는 비교적 조간대 폭이 넓고 출현종들의 고른 분포를 보임에 따라 개체수를 기준한 종다양성이 타 구역에 비하여 상대적으로 낮게 나타났다. 이러한 현상은 조간대의 구조와 기질에 따라 종의 분포 유

Table 3. Comparison of vertical distribution of dominant species in nine stations and dominance species index (SI) in intertidal zone of the sampling sites.

Rank	Community dominant species of sampling sites and species dominance index(SI)					
	Stations 1-3		Stations 4-6		Stations 7-9	
		SI		SI		SI
1	<i>Pollicipes mitella mitella</i>	13.7	<i>Lunella coronata coreensis</i>	11.4	<i>Nodilittorina exigua</i>	20.3
2	<i>Tetraclita squamosa japonica</i>	12.6	<i>Monodonta neritoides</i>	10.5	<i>Nerita japonica</i>	10.8
3	<i>Monodonta neritoides</i>	9.44	<i>Nerita japonica</i>	10.2	<i>Monodonta neritoides</i>	9.50
4	<i>Nodilittorina exigua</i>	6.12	<i>Pagurus samuelis</i>	6.90	<i>Lunella coronata coreensis</i>	9.03
5	<i>Notoacmea schrenckii</i>	5.69	<i>Nodilittorina exigua</i>	6.79	<i>Omphalius nigerrimus</i>	5.36
6	<i>Lunella coronata coreensis</i>	5.47	<i>Monodonta labio labio</i>	5.96	<i>Chlorostoma a. lischkei</i>	4.23
7	<i>Liolophura japonica</i>	5.26	<i>Buccinulum ferrea</i>	3.35	<i>Monodonta labio labio</i>	3.29
8	<i>Nerita japonica</i>	3.67	<i>Nerita albicilla</i>	3.34	<i>Pagurus samuelis</i>	2.82
9	<i>Pagurus samuelis</i>	3.24	<i>Omphalius nigerrimus</i>	3.34	<i>Batillaria multiformis</i>	2.44
10	<i>Purpura clavigera</i>	3.17	<i>Purpura clavigera</i>	2.61	<i>Notoacmea concinna</i>	2.35

형태 매우 다양하게 나타남을 알 수 있었다.

4. 우점종의 수직분포

조사지역의 조간대 서식생물의 수직 분포형태를 비교하기 위하여 조간대를 조석간만의 차에 따른 우점종의 수직분포를 비교한 것이 Table 3이다. 파도의 영향이 직접적이고 형태가 수직암반 구역인 Stations 1-3 지역은 군집우점종은 거북손 (*P. mitella mitella*), 검은따개비 (*T. squamosa japonica*) 등 강한 파도의 영향에 잘 적응된 고착성 종들이거나 조석간만의 차에 따른 노출과 은닉하기에 알맞은 암반의 균열 틈 등에 적합하게 적응된 각시고둥 (*M. neritoides*), 좁쌀무늬총알고둥 (*N. exigua*), 갈고둥 (*N. japonica*) 등이 우점종을 형성하고 있다. 또한, Stations 7-9 지역과 같이 사질과 암반이 같이 혼재된 조간대에서는 각시고둥 (*M. neritoides*), 좁쌀무늬총알고둥 (*N. exigua*), 갈고둥 (*N. japonica*), 눈알고둥 (*L. coronata coreensis*), 애기밤고둥 (*Omphalius nigerrimus*), 밤고둥 (*Chlorostoma argyrostoma lischkei*), 울타리고둥 (*Monodonta labio labio*), 갯고둥 (*Batillaria multiformis*) 등과 같이 자갈암반 또는 사질지역에 잘 적응된 종들로 군집을 이루고 있어 종들의 서식 공간적 선택성에 다소 차이가 있다.

발전소 주변 조사지역인 Stations 4-6 지역은 편평한 암반으로 조간대 폭이 넓고 조잡하기는 하지만 tide pool이 일부 형성되어 있고, 파도의 영향이 비교적 덜 받는 지역으로 수직 암반역 조간대와는 달리 검은따개비 (*T. squamosa japonica*) 등 고착성 종보다는 초식성 복족류인 각시고둥 (*M. neritoides*), 애기밤고둥 (*Omphalius nigerrimus*), 밤고둥 (*C. argyrostoma lischkei*), 울타리고둥 (*Monodonta labio*

labio) 및 육식성 복족류인 타래고둥 (*B. ferrea*), 대수리 (*P. clavigera*) 그리고 참집게 (*P. samuelis*) 가 우점종으로 출현하고 있다. 조간대에 서식하는 종들은 Table 3과 같이 조간대가 갖는 구조라든가 기질 등 지형적 요인들에 의하여 분포하는 형태가 서로 다르게 나타나지만 수평적인 분포유형은 거의 유사하다. 그러나 주기적인 조석간만의 차에 따라서 조간대에 분포하는 미세조류 및 해조류 등 조간대의 일차생산자의 분포유형은 다르므로 이를 먹이로 하는 저서무척추동물의 수직적인 분포유형도 다른 양상을 보인다.

상부지역 조간대는 다른 구역에 비하여 간조시 노출시간이 상대적으로 길기 때문에 좁쌀무늬총알고둥 (*N. exigua*), 거북손 (*P. mitella mitella*), 각시고둥 (*M. neritoides*), 갈고둥 (*N. japonica*) 등 노출에 의한 생리적 적응이 강한 종들이 군집 우점종으로 분포하며, 중부조간대는 조초식성 복족류 및 이를 포식하는 육식성 복족류인 대수리 (*P. clavigera*), 타래고둥 (*B. ferrea*) 등이 군집우점종으로 나타나고 있다. 하부조간대는 중상부조간대에 비하여 분포유형이 더 복잡하여 초식성 복족류인 각시고둥 (*M. neritoides*), 애기밤고둥 (*O. nigerrimus*), 밤고둥 (*C. argyrostoma lischkei*) 그리고 육식성인 대수리 (*P. clavigera*), 타래고둥 (*B. ferrea*) 등이 분포하고 있어 조간대의 구역에 따른 저서무척추동물의 분포유형은 뚜렷한 차이가 있다 (Fig. 2).

특히 노출이 많은 조간대 상부구역에 서식하는 저서무척추 동물들은 수평 및 수직적인 분포범위가 분산형보다는 집중형 분포에 가까우며, 중하부조간대는 분산형 분포형태였다. 특히 조간대 하부구역은 우점종에 의한 개체군의 집중화가 미약하고 여러 종들과 혼재된 형태로 복잡한 군집유형을 보이고 있어 먹이를 기초한 종간 경쟁이 많음을 알 수 있으며, 상부조간대에

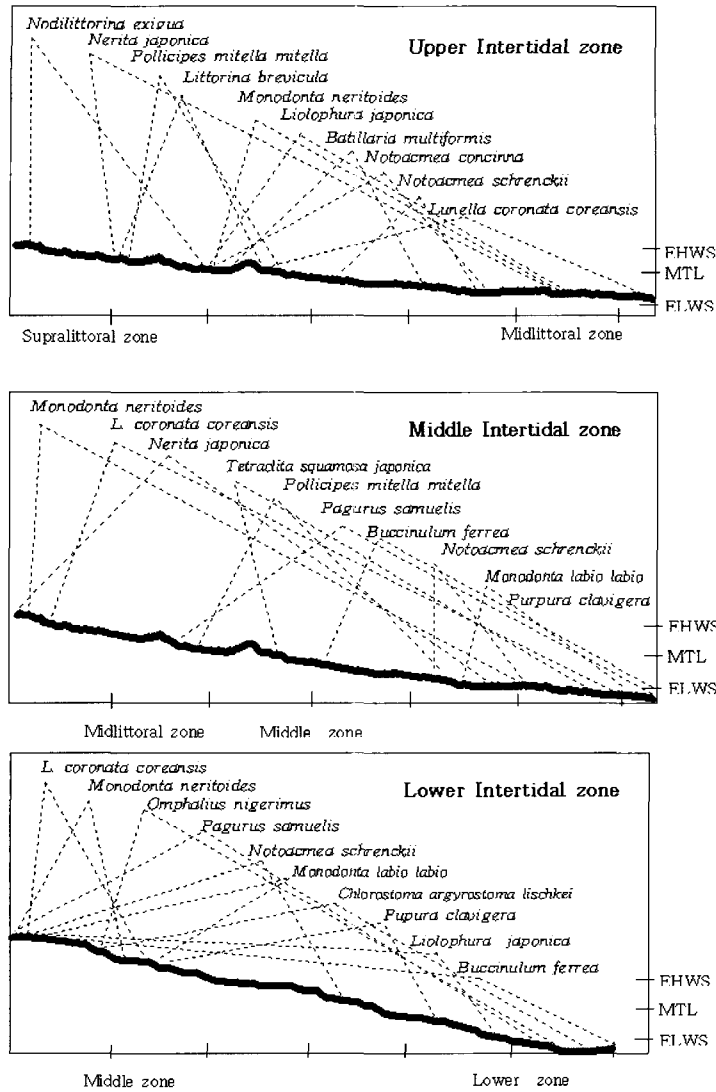


Fig. 2. The vertical distribution of dominant species on an exposed rocky shore at sampling sites.

서식하는 생물들은 공간적 중간 경쟁이 큼을 알 수 있다.

고찰

해양에 서식하는 생물들은 육상생물에 비하여 환경 적인 변화 폭이 많지 않기 때문에 서식환경은 비교적 안정화되어 있다고 볼 수 있다. 그러나 해양환경 중 조간대는 조석이라는 물리적 현상이 주기적으로 반복되고 또한 간조시 노출 등 해양생물들의 서식조건으로는 불리한 환경이라 볼 수 있다. 따라서 조간대에 서식하는 생물들은 외부의 환경 변화에 따라 타 해양생물에 비하여 환경적응력이 강한 생리적 적응 능력을 갖고 있

며, 또한, 연안 해양생물자원의 생산지 또는 양육지로서의 자원생태계의 한 축을 형성함에 따라 조간대 생물에 대한 생물생태학적·생리적 연구 등이 많이 진행되고 있다 (Menge, 1976). 해양환경 중 조간대가 차지하는 범위는 아주 미미하지만 조간대는 주기적인 조석의 차에 따라서 비록 그 규모는 협소 할 지라도 서식생물의 종 다양도는 매우 높기 때문에 지금까지 조간대 생물들을 대상으로 중간 경쟁과 수직적 분포 (Poole, 1974) 등에 대하여도 많은 연구가 이루어져 왔다.

최근에는 생물자원의 보전과 이용에 대한 환경적 측면 등이 중요시되면서 이에 대한 연구도 활발히 진행되고 있는 추세다.

Table 4. Similarity of macroinvertebrate in nine sampling stations.

Station	St. 1	St. 2	St. 3	St. 4	St. 5	St. 6	St. 7	St. 8	St. 9
St. 1	1.0000								
St. 2	0.7755	1.0000							
St. 3	0.6735	0.6813	1.0000						
St. 4	0.5714	0.7033	0.6585	1.0000					
St. 5	0.5102	0.5495	0.5610	0.7073	1.0000				
St. 6	0.5714	0.5934	0.6585	0.6341	0.6667	1.0000			
St. 7	0.6531	0.6154	0.6829	0.6341	0.6437	0.6437	1.0000		
St. 8	0.4898	0.4615	0.6341	0.5366	0.6207	0.5747	0.6098	1.0000	
St. 9	0.5102	0.5495	0.6098	0.6341	0.6207	0.6347	0.6341	0.7467	1.000

제주도는 우리나라의 타 연안과는 다르게 조간대가 대양에 직접 면해 있어 주기적인 태풍풍 등의 직접적인 영향을 받는 지역으로 갯벌 등 육상으로부터 유입되는 각종 생활 오폐수의 정화기능을 담당할 부분이 없기 때문에 연안보호 차원에서 조간대가 갖는 중요성은 더 크다 볼 수 있기 때문에 제주도에서도 조간대 일원을 대상으로 조간대 생물의 군집구조에 대한 연구가 활발하게 이루어지고 있다.

조사기간 중 송악산 주변 지역 조간대를 대상으로 3개 조사지역에 대한 조사기간 중 채집-동정된 저서무척추동물은 총 6문, 12강, 25목, 50과, 104종이었다. 분류군별 출현종을 보면 연체동물이 3강, 69종, 절지동물 3강, 17종으로 조사지역 조간대는 이 동물군이 주로 군집을 형성하고 있었다.

이를 제주도의 타 지역 조간대와 비교해 보면 성산을 중심으로 제주동부연안 조간대 10문, 201종 (Lee and Hyun, 1992),

한림 등 제주서부역 조간대 8문, 168종 (Lee and Kim, 1993), 제주북부연안역 조간대 7문, 135종 (Lee et al., 1989)이 보고 되어 있으며 이들 지역 조간대에 비하여 출현종수가 빈약하였다.

조사지역 조간대의 우점종의 수직분포는 상부조간대구역에서 좁쌀무늬총알고둥, 갈고둥, 거북손, 총알고둥, 중부조간대에서 각시고둥, 눈알고둥, 큰따개비, 배무래기 그리고 하부조간대구역에서 눈알고둥, 애기밤고둥, 배무래기, 밤고둥, 타래고둥, 대수리 등의 순으로 분포하는데 이러한 분포경향은 제주도 타 지역 조간대와 유사하였다.

조간대의 지반구조와 형태에 따라 우점종의 분포에 차이가 있는데 특히 파도의 영향을 직접 받고 대형 암반이 수직으로 형성된 조간대와 파도의 영향이 비교적 간접적이고 지반이 자갈과 암반으로 평평하게 발달된 곳과는 저서무척추동물의 수직분

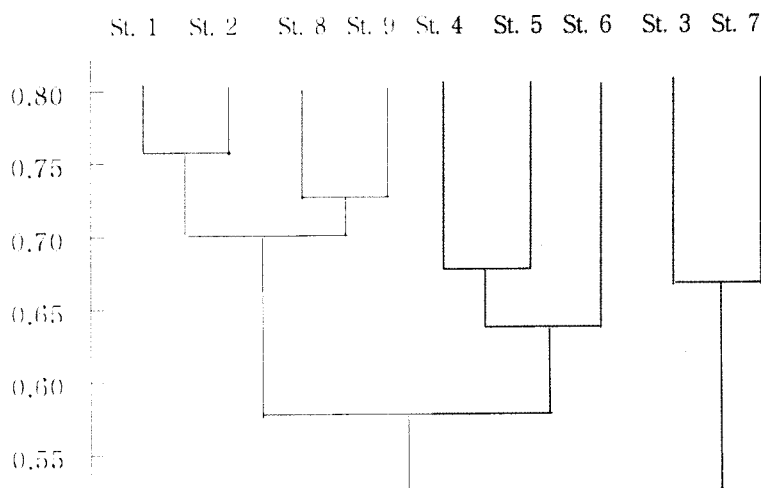


Fig. 3. Cladogram of nine sampling stations based on the simple matching coefficients and Sahn clustering method (Rohlf, 1992).

또는 다소 상이하였다. 이에 따라 조간대 상부조간대구역과 하부조간대구역간의 종다양도도 다소 차이가 있었는데, 이는 상부구역으로 갈수록 정착성의 종들이 우점을 보여 서식밀도가 대단히 높고, 하부구역으로 갈수록 계절적 요인에 따라 새로이 가입되거나 이동하는 종들의 서식밀도가 낮음에 따른 차이로 사료되지만 조간대의 구역별 출현종의 종다양도의 차이는 크지 않았다.

일반적으로 암반지역 조간대의 대상분포는 노출에 저항성이 강한 종들로 수직분포를 한다고 볼 수 있는데 조사지역인 송악산지역은 파도의 영향을 직접받고 지반이 대형 암반으로 되어 있는 곳으로 총알고둥류, 밤고둥류, 대형따개비류의 순으로 대상분포를 이루고, 파도의 영향이 강하지 않고 암반과 사질이 혼재된 조간대에서도 총알고둥류, 밤고둥류, 삿갓조개류 등의 순으로 수직분포를 보여 뚜렷한 대상분포는 인식할 수 없었다. 또한 발전소 주변 조간대의 저서무척추동물의 대상분포도 눈알고둥, 각시고둥, 울타리고둥, 갈고둥, 타래고둥, 대수리 등의 순으로 타 조간대의 생물대상분포와 유사하였다.

조사지역은 외해에 면해 있기는 하지만 조류의 영향이 간접적으로 미치는 내만 같은 지형적 구조를 하고 있으며, 특히 주변에 화력발전소가 위치하고 있어 발전소의 배출수에 의한 조간대 생물의 군집형태는 다르게 나타날 것으로 사료되지만 조사결과, 유사도지수에 따르면 발전소 인근 조간대와 발전소 배출수의 영향을 받지 않은 조간대 간의 저서무척추동물의 종조성의 차이는 크지 않은 것으로 보아 발전소배출수로 인한 조간대의 저서무척추동물의 생물분포에는 큰 영향을 주지 않는 것으로 사료된다 (Table 4). 그러나, 유사도에 따른 그룹화에 의하여 St.1, St.2, St.8, St.9, St.4가 같은 그룹으로 St.5, St.6, St.3, St.7이 같은 그룹으로 전체적으로는 차이는 없으나 두 그룹으로 형성되어 있는데 인근지역 지점들이 같은 그룹에 속했다 (Fig. 3).

요 약

2000년 6월부터 2001년 5월까지 제주남부연안 송악산주변 지역 조간대 3개 지역 9개 지점에 대한 조간대 저서무척추동물의 공간적인 수직분포와 군집유형에 관하여 연구하였으며 그 결과를 요약하면 다음과 같다.

조사기간 중 조사구역 3개 지역 조간대에서 서식하는 저서무척추동물은 총 6 문, 12 강, 25 목, 50 과, 104 종이었다. 분류군별 출현종을 보면 연체동물이 3 강, 69 종 (66.3%), 절지동물 3 강, 17 종 (16.3%) 이었다. 조간대의 구역별 종다양성에서는 하부조간대구역으로 내려갈수록 높았으나, 조사지점별 다양성에서는 뚜렷한 차이가 없었다. 조간대 구역별 우점종의 수직분포는 상부조간대의 좁쌀무늬총알고둥 (*N. exigua*), 총알고둥 (*L. brevicula*), 거북손 (*P. mitella mitella*), 갈고

둥 (*N. japonica*), 중부조간대는 각시고둥 (*M. neritoides*), 눈알고둥 (*L. coronata corensis*), 갈고둥 (*N. japonica*) 그리고 하부 조간대구역은 배무래기 (*N. schrenckii*), 애기밤고둥 (*O. nigerrimusa*), 대수리 (*P. clavigera*), 밤고둥 (*C. argyrostoma lischkei*) 의 순이었다. 9 개 지점간 유사도는 높았으며 2개 그룹으로 나눌 수 있었는데 St. 1, St. 2, St. 4, St. 8, St. 9가 한 그룹, St. 3, St. 5, St. 6, St. 7이 같은 그룹이었으나 두 그룹간 차이는 크지 않았다.

감사의 말씀

본 연구는 제주대학교 해양과학대학 BK 21 2000년 연구비 지원으로 수행되었음.

REFERENCES

- Connell, J.H. (1975) Some mechanisms producing structure in natural communities: a model and evidence from field experiments In: Ecology and evolution of communities (ed. by Cody, M. and Diamond, J.). pp. 460-490. Harvard Univ. Press.,
- Dayton, P.K. (1971) Competition, distribution and community organization: The provision and subsequent utilization of space in a rocky intertidal community. *J. Ecol. Monography*, **41**: 351-389.
- Lee, J.J. (1991) Bioecological studies of the southern coastal area in Cheju Island.-1. Distribution and community structure of the benthic macroinvertebrates in Gapa and Mara Islets. *Korean J. Malacol.*, **7**(1): 49-57. [in Korean]
- Lee, J.J. and Hyun, J.M. (1992) Bioecological study of the eastern coastal area in Cheju Island. - Seasonal change of macroinvertebrates community on the intertidal rocky shores. *Korean J. Malacol.*, **8**(1): 1-20. in Korean
- Lee, J.J. and Kim, J.C. (1993) Bioecological study of the western coastal area in Cheju Island. - Distribution and seasonal community changes of the benthic macroinvertebrates on the rocky intertidal zone of Biyangdo. *Korean J. Malacol.*, **9**(2): 68-84. [in Korean]
- Lee, J.J., Zhang C.I. and Cho, U.S. (1989) Community structure of the ecosystem on the intertidal zone and grass land in Cheju Island - Distribution and community structure of benthic macroinvertebrates. *Korean J. Malacol.*, **5**(1): 10-28. [in Korean]
- Lee, J.J., Kang, K.C. and Kim, J.C. (2001) Spatial species diversity of macrobenthos in the intertidal zone of Hwasoon, Jeju Island. *Korean J. Malacol.*, **17**(1): 63-70. [in Korean]
- McNaughton, S.J. (1968) Structure and function on California grasslands, *Ecology*, **49**: 962-972.
- Menge, B.A. (1976) Organization of the New England rocky intertidal community; The role of predation, competition, and environmental heterogeneity. *Ecol.*

- Monogr.*, **46**: 355-393.
- Pielou, E.C. (1969) An Introduction to Mathematical Ecology. pp. 291-331, Wiley-Interscience.
- Poole, R.W. (1974) An Introduction to Quantitative Ecology. 532 pp. MacGraw-Hill Publ. Co., Ltd.
- Rohlf, F.J. (1992) NTSYS-pc-Numerical Taxonomy and Multivariate Analysis System, Exter Software.
- Simpson, E.H. (1949) Measurement of diversity. *Nature*, 163(4148): 688.

Species Diversity and Community Structure of Macroinvertebrate in Songacksan Area, Jeju Island

Appendix 1. The number of species and individuals of the benthic macroinvertebrates collected from the intertidal zone in Sonacksan (100 × 100 cm).

Species & Sampling zone	St. 1			St. 2			St. 3			St. 4			St. 5			St. 6			St. 7			St. 8			St. 9					
	U	M	L	U	M	L	U	M	L	U	M	L	U	M	L	U	M	L	U	M	L	U	M	L	U	M	L	U	M	L
<i>Tethy amamensis</i>			1			1																								
<i>T. ovata</i>			2			1																								
<i>Halichondria japonica</i>						1																		1						1
<i>H. okadai</i>			2			2			1									1						1						1
<i>H. oshoro</i>	1	2				1																								
<i>H. panicea</i>	1	2		1	1		1	1								1														
<i>Actinia mesembryanthemum</i>	2	7				1			1												5		2							
<i>Anthopleura midori</i>	1	2		2	3							1																		
<i>Haliplanella luciae</i>			1						1		1																			
<i>Acanthochiton defilippi</i>							3	8	12	1	2				3	2	1	2	2		3	3	3	3	4			1		4
<i>Acanthochitona rubrolineata</i>	1	2	4				1	1										1			1									
<i>Cryptoplax japonicus</i>		5	5			3			1			1																		
<i>Liolophura japonica</i>	6	10	18	1	5	2	4	4	3	2	4				2	3		6	4	3	2	3	1	1	2		2	2		4
<i>Onithochiton hirasei</i>																					1									
<i>Ischnochiton comptus</i>	1	1	1		1	2			3		3				3			12	14		1		2				1	2		
<i>Lepidozona coreanica</i>		2		1		2	1	1	1	4	5		1	5		1	4	4			1		2	1	1		1	1		1
<i>Haliotis aquatilis</i>									1																					
<i>Acmaea pallida</i>						3																								
<i>Chiazacmea pygmaea lampanicola</i>			5	5	3	3			3	2																				
<i>Collisella dorsuosa</i>	4		1			7					1																			1
<i>Collisella heroldi</i>															1									1						
<i>Notoacmea concinna</i>	1	7	1	2	1		8	1	1	1	1	2	5	2	2		2	2	1	8	3	1	5	4			3	1		1
<i>N. schrenckii</i>	9	7	3	1	11	17	10	21		3	5	2		2	2	2	2	2	4		5	6		3	7		1	1		1
<i>N. gloriosa</i>																		1												
<i>Patelloida saccharina lanx</i>			1			1			3						1	4								1						
<i>Cellana grata grata</i>																1														
<i>C. nigrolineata</i>	1								2	1					1	1					1		3		1					
<i>C. toreuma</i>		3	1		1		1			1					12		8				1							9		2
<i>Cantharidus callichroa</i>									1																					1
<i>C. japonicus</i>		1				1			1																					
<i>Chlorostoma argyrostoma lischkei</i>		7	2		2	4		5	5	1	1	1		1	3		3	4		15	9		4	4	7		6			
<i>C. argyrostoma turbinata</i>			2															2												
<i>C. xanthostigma</i>			2		1	1	1	2	3	1	1						1		6	1										1
<i>Monodonta labio labio</i>			11		1	1		3	4				11	6	17		15	1	1	19	8		3		1	2	1			
<i>M. neritoides</i>	16	30	14	7	7	6	14	34	3	8	24		20	9	12		18	9	3	28	3	4	28	5		24	7			
<i>M. perplexa</i>		1			1					1				1			1			1						1	2			
<i>Omphalius nigerrima</i>		2	1		11	1	4	6	3	7	4	2			2		7	10		2	7	1	10	11		9	17			
<i>Clanaculus margaritarius</i>															2															
<i>Tristichotrochus unicus</i>			3			2																								

U: upper tidal zone, M: mid tidal zone, L: lower tidal zone

Appendix 1. Continued.

Species & Sampling zone	St. 1			St. 2			St. 3			St. 4			St. 5			St. 6			St. 7			St. 8			St. 9					
	U	M	L	U	M	L	U	M	L	U	M	L	U	M	L	U	M	L	U	M	L	U	M	L	U	M	L	U	M	L
<i>Astraium haematragum</i>						1			1									1												
<i>Turbo (Batillus) cornutus</i>			2			2			5												6			3						9
<i>Homalopoma nocturnum</i>			1			1												1												
<i>Lunella cornata coreensis</i>	4	9	14	19	5	7	1	14	1	16	3	3	14	14	22	27	10	1	3	11	23	37						7	14	
<i>Nerita (Heminerita) japonica</i>	14			18	5		10	2	2	3	14	1	57	15		2	5	12	78		16				8	1				
<i>N. albicilla</i>		2					2						1	11	19	1					1									
<i>Littorina brevicula</i>	2			3					1				3					5			7						4			
<i>Nodilittorina exigua</i>	30			37			18			31			18			16			15			131					70			
<i>Clypeomorus humilis</i>													2	3		1	1				1						1			
<i>Batillaria cumingii</i>							1			10	1		1	7													7			
<i>B. multiformis</i>	5												1			1			9			6					1			
<i>Cerithideopsilla djadjariensis</i>		1			1																			1						
<i>Serpulorbis imbricatus</i>	1	1			1			1	1												1									
<i>Cyprae (Lyncima) vitellus</i>																1					1									
<i>Ceratostoma fourrieri</i>					2				2																					
<i>C. rorifluum</i>	1				1		1			1			1			2											1			
<i>Purpura (Reishia) bronni</i>	1				1			1		1	2			4	5	1	1	1		1		2					1			
<i>P. (Reishia) clavigera</i>	4	12	13		3	2	5	4	1	2	4			3	9		3	4		1	1	3				3	2			
<i>Buccinulum (Japeuthria) ferrea</i>	6	7	2		3	2	4	6	2	10	10			4	3		2	3		2	3	4	3		4	3	4			
<i>Cantharus (Pollia) subrubiginosus</i>		1													1															
<i>Mitrella bicincta</i>		1																			2									
<i>Pyrene flava</i>															1							1			1		1			
<i>P. testudinaria</i>			1			1																								
<i>Melampus fasciatus</i>															2															
<i>Siphonaria japonica</i>					1																1						8			
<i>Aplysia (Varria) kurodai</i>			1						1																		1			
<i>Glossodoris pallescens</i>			1			1			1																					
<i>Arca boucardi</i>															1		1	1												
<i>Porterius dalli</i>									1		1		1	1																
<i>Lithophaga (Leiosolenus) curta</i>			1																							1				
<i>Modiolous modiolus difficilis</i>															1															
<i>Musculus senhausia</i>						1				1			1								1									
<i>Septifer keenae</i>	2	1			7	2			12																5		2			
<i>S. viragatus</i>																					1									
<i>Ostrea denselamellsa</i>									1				9			11														
<i>Cardita leana</i>						1				1																				

Species Diversity and Community Structure of Macrobenthic Invertebrate in Songacksan Area, Jeju Island

Appendix 1. Continued.

Species & Sampling zone	St. 1			St. 2			St. 3			St. 4			St. 5			St. 6			St. 7			St. 8			St. 9					
	U	M	L	U	M	L	U	M	L	U	M	L	U	M	L	U	M	L	U	M	L	U	M	L	U	M	L	U	M	L
<i>Gomphina veneriformis</i>	1			1																										
<i>Ruditapes variegata</i>				1									3	3																
<i>R. philippinarum</i>										1			4						1	3					1					2
<i>Neanthes japonica</i>					1						1						1	3												
<i>Pollicipes mitella mitella</i>	17	8		61	81		7	1		13	11						1				1									
<i>Cirolana harfordi japonica</i>									1															1						
<i>Idotea ochotensis ochotensis</i>				2																										
<i>Orchestia platensis</i>					11				9																					
<i>Ligia (Megaligia) exotica</i>	1	1																		2										
<i>Petrolisthes japonicus</i>		4		1	3		3	6	1		1			1	2	1	2	3		1	4	1		2				2		3
<i>Pagurus lanuginosus</i>								1									1	3		1			1							3
<i>P. samuelis</i>	5	27	3	3	8	1	3	5		1	1		1	2	11	18	32			4	3	6	7					5	5	
<i>Charybdis japonica</i>									1												1									1
<i>Leptodius exaratus</i>									1					1			2													
<i>Acamaepleura parvula</i>					2																									
<i>Helice penicillatus</i>					3					2	1		2				1	2			3									
<i>Hemigrapsus sanguineus</i>		2		4	1			2		2		3	1	1	2		1		1	2			5							
<i>Pachygrapsus crassipes</i>	1	1		1	2		1														1									
<i>Sesarma (Parasesarma) pictum</i>					1																									
<i>Pugettia quadridens</i>						1			1																					
<i>Anthocidaris crassispina</i>		1			3			3													1									11
<i>Hemicentrotus pulcherrimus</i>		1			1			3												1	8					1	5			
<i>Asterias amurensis</i>						1																								
<i>Ceratonardoa semiregularia</i>						1								1																1
<i>Ophioplocus japonicus</i>						1								2			6													2