

Article

태안화력발전소 주변 암반조간대에 서식하는 대형저서동물의 종조성 및
군집구조에 미치는 온배수의 영향

정윤환¹ · 김형준¹ · 박흥식^{2*}

¹국립해양생물자원관 분류연구실
(33662) 서천군 장항읍 장산로 101번길 75
²한국해양과학기술원 생태기반연구센터
(49111) 부산광역시 영도구 해양로 385

Thermal Discharge Effects on the Species Composition and Community
Structure of Macrobenthos in Rocky Intertidal Zone Around the
Taeon Thermoelectric Power Plant, Korea

Yun-Hwan Jung¹, Hyung June Kim¹, and Heung-Sik Park^{2*}

¹Department of Taxonomy and Systematics, National Marine Biodiversity Institute of Korea
Seocheon 33662, Korea

²Marine Ecosystem and Biological Research Center, KIOST
Busan 49111, Korea

Abstract : This study was conducted to understand the distribution and changes of macrobenthos on rocky intertidal areas around Taeon thermoelectric power plant. Also, the purpose of this study was to produce a base-line data on the changes in water temperature due to the operation of the power plant and to understand its thermal impact on the macrobenthic community on intertidal rocky bottoms. A field survey was seasonally conducted at 3 rocky intertidal sites around the Taeon thermal power plant. There was no seasonal difference in the community parameters such as number of species, mean density, biomass and species diversity during the study period. The major dominant species were *Chthamalus challenger*, *Littorina brevicula*, *Crassostrea gigas*. In comparison with previous study, thermal discharge in the study area did not significantly affect the distribution of dominant species. The structure of the macrobenthic community revealed that there were showed 3 different faunal groups depending on the difference in the mean density of major dominant species. The result of SIMPER analyses to determine which species were the main contributors to the differences between each community, *C. challenger*, *Lottia* spp. And *Mytilus galloprovincialis*, etc., revealed that there was showed a significant difference between each group. The abundance of *M. galloprovincialis*, showed a significant difference between faunal groups.

Key words : macrobenthic community, intertidal rocky bottom, distribution, thermal discharge, power plant

1. 서론

암반조간대에 서식하는 생물은 조위에 의한 노출, 파도, 부착기질의 형태 등의 다양한 환경 요인의 영향을 받는다 (Raffaelli and Hawkins 1996). 다양한 해양환경 요인들 중에서 수온은 해양생물의 분포, 성장 및 대사를 조절하는 중요한 요인으로 알려져 있다(Hedgpeth 1957; Dickson 1975). 우리나라는 산업이 고도화 되고, 생활수준이 향상되면서 증가하는 전력 수요를 충족하기 위해 연안 곳곳에 화력 및 원자력 발전소를 건설하였다. 발전소는 발전에 사용된 증기를 물로 응축시켜 재사용하기 위해 다량의 냉각수를 필요로 하고, 이 과정에서 방출된 온배수에 의한 수온 변화가 해양생태계에 다양한 변화를 주는 것으로 알려져 있다(Gibbons and Sharits 1974; Durrett and Pearson 1975; Crema and Pagliai 1981; Warwick 1993). 또한, 온배수에 의한 수온 상승은 주변 해역에 서식하는 생물의 성장, 대사를 변화, 생태계의 군집구조 및 종조성 변화에 영향을 주는 것으로 알려져 있다(Suresh et al. 1993; Abbott and North 1971; Patrick 1974; Vadas 1979; Devinnny 1980; Snoeij and Prentice 1989). 국내에서 발전소 가동으로 인한 해양생태계의 변화에 관한 연구는 국내 최초의 원자력발전소인 고리원자력발전소가 가동을 개시한 1978년을 전후하여 온배수의 영향이 조사되기 시작하여 지난 30여 년간 다양한 연구 결과가 축적되어왔으나,

암반조간대 대형저서동물에 대한 연구는 태안화력, 월성 및 울진원자력 발전소 주변 해역에서 조사가 진행되었을 뿐, 많지 않은 실정이다(한국전력공사 2000, 2004, 2006; 한국해양연구원 2008, 2011). 태안 해안은 2007년 발생한 허베이스피리트호 유류유출 사건의 피해지역이지만, 연구 지역은 유출된 유류오염의 영향을 받지 않은 지역을 대상으로 선정하였다. 이 연구는 태안화력발전소 주변 암반조간대에 서식하는 대형저서동물상 분포 및 변화를 파악하고, 발전소 가동으로 인한 수온 변화가 암반조간대 대형저서동물 군집, 특히 우점종의 분포에 미치는 영향을 파악하기 위한 기초 자료를 생산하는데 목적이 있다.

2. 재료 및 방법

현장 조사는 2009년 1, 4, 7, 10월에 계절별로 수행하였고, 조사지역은 2006년 수행된 태안발전본부 주변 해양생태계 및 해양환경조사(한국서부발전 태안발전본부 2006)의 결과를 바탕으로 온배수 확산 범위내 2지역(배수구, 학암포) 및 온배수의 영향이 없는 1(몽산포) 지역을 대조구로 선택하였다(Fig. 1). 각 지역에서 조사 정점은 결과의 신뢰도를 얻기 위해 넓은 범위(조간대 상부에서 하부)에서 무작위로 6개를 선정하였고, 각 조사 정점에서 부착생물은 방형구(25 × 25 cm, 0.0625 m²)를 이용하여 채집하였다. 채집된 부착생물은 실험실에서 대형저서동물 선별과

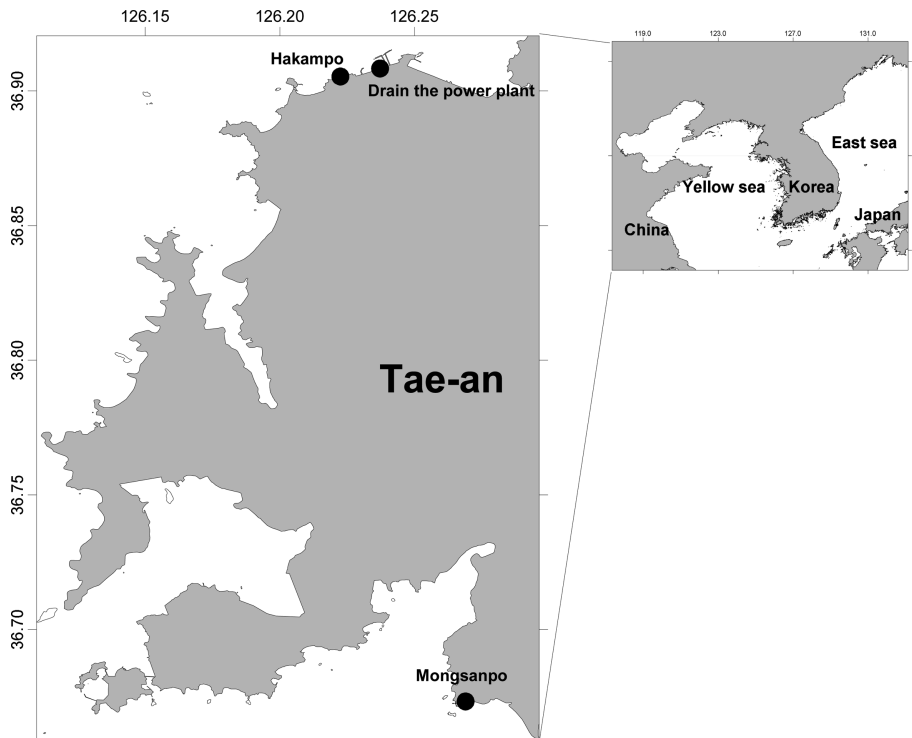


Fig. 1. The study area and sampling sites at intertidal rocky bottoms in the west coast of Korea

현미경을 이용하여 가능한 종 수준까지 분류한 후, 각 종 별로 개체수와 생체량을 측정하였다.

대형저서동물의 출현 종수, 평균 서식밀도, 생체량 및 종 다양도의 변화는 단변량 분석을 위해 조사시기 또는 정점별 출현 분류군별 분포 특성을 분석하였으며, 분석시 개체수 및 생체량 자료는 단위면적당(m²) 자료로 환산하여 사용하였다. 전체 출현 개체수를 바탕으로 선별된 주요 우점종의 서식밀도 변화는 대형저서동물 군집의 특성을 파악하기 위해 분석하였다.

집괴분석(cluster analysis)과 nMDS(non-metric multi-dimensional scaling)은 대형저서동물 군집 구조의 유사성을 파악하기 위해 종의 개체수를 square root로 변환하여 Bray-Curtis 유사도 지수를 구한 후 분석을 실시하였다. 각 군집은 SIMPROF test를 이용하여 구분하였고, 구분된 각 군집의 유의성 검증은 ANOSIM(analysis of similarities) 분석을 이용하였다. 또한, 각 군집구조에 기여한 종을 파악하기 위해서 SIMPER(similarity-percentages procedure) 분석을 실시하였다. Mann-Whitney U 검증은 각 지역간에 생태지수의 차이를 파악하기 위하여 실시하였다. One-way ANOVA 또는 Kruskal-Wallis 분석은 주요 종들의 밀도가 조사 지역 및 군집간에 차이가 있는지 파악하기 위하여 실시하였으며, 분석시 자료에 대한 normality 분석과 분산의 동질성 검증을 실시한 후, 모수적인 방법인 one-way ANOVA 또는 비모수적인 Kruskal-Wallis 분석을 선택하여 실시하였다.

택하여 실시하였다.

3. 결 과

생태지수의 변화

조사기간 동안 대형저서동물은 27-55종이 출현하였고, 출현 종수는 봄에 증가하여 여름에 감소하는 계절에 따른 변화 양상을 보였다(Fig. 2). 배수구는 다른 두 지역에 비해 많은 종이 출현하였으나 각 지역간에 유의한 차이는 없었다(Table 1). 서식밀도는 평균 3,730-26,099 개체/m²가 출현하였고, 배수구와 학암포 지역은 봄과 가을에 증가하였으나, 몽산포는 여름까지 증가한 후 감소하였다(Fig. 2). 서식밀도는 각 지역간에 차이가 없었다(Table 1). 생체

Table 1. Mann-Whitney U test results of ecological parameters between sites

	Drain areas & Hakampo	Drain areas & Mongsanpo	Hakampo & Mongsanpo
No. of species	0.057	0.114	1.000
Mean density (ind./m ²)	0.057	0.114	0.343
Biomass (g/m ²)	0.029	0.029	0.686
Diversity (H')	0.200	0.029	0.114

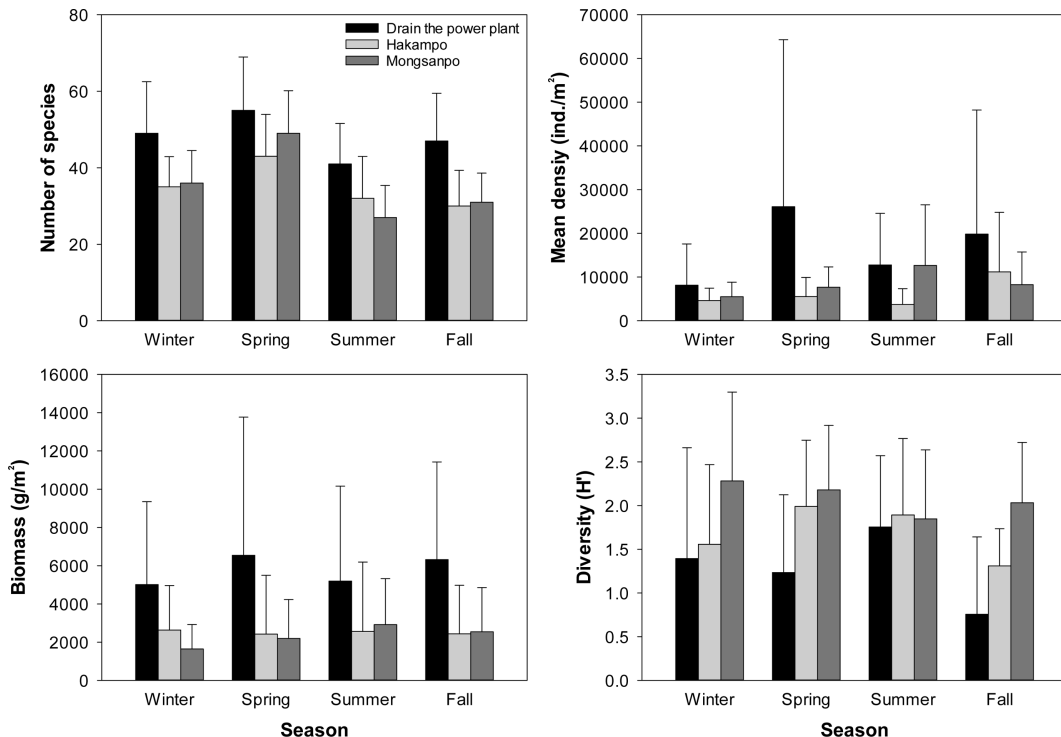


Fig. 2. Variation in the ecological parameters of intertidal hard bottom communities in the study sites

량은 1,644.3–6,541.3 g/m² 사이의 값을 보였고, 배수구에서는 봄과 가을에 증가하였으나, 다른 두 지역은 뚜렷한 변화를 보이지 않았다(Fig. 2). 각 지역간에 생체량은 배수구와 다른 두 지역 사이에 유의한 차이를 보였으며, 배수구가 다른 두 지역에 비해 높은 값을 보였다(Table 1). 종 다양도는 0.8–2.3의 범위를 보였고, 배수구와 학암포 지역은 가을에 감소하였으나 몽산포는 증가하는 양상을 보였

다(Fig. 2). 몽산포는 다른 두 지역에 비해 높은 값을 보였으며, 배수구와는 유의한 차이를 보였다(Table 1).

우점종의 종류 및 변화

출현 개체수를 바탕으로 선별된 상위 10위의 우점종은 조무래기따개비(*Chthamalus challenger*)를 포함한 갑각류 2종, 총알고둥(*Littorina brevicula*)와 배말류(*Lottia*

Table 2. Dominant species based on total individuals during the study period and the result of ANOVA test (or Kruskal-Wallis test) on the mean density between sites. Data are F-value from one-way ANOVA or H-values from Kruskal-Wallis test (*) were given

Species	Mean density (ind./m ²)			Total individuals	F (H) test	p Value
	Drain areas	Hakampo	Mongsanpo			
<i>Chthamalus challenger</i> (CCi)	10,793	3,521	1,378	62,768	7.538*	0.023
<i>Littorina brevicula</i> (MGs)	2,779	835	3,353	27,872	2.808*	0.246
<i>Crassostrea gigas</i> (MBi)	864	697	1,063	10,496	2.354*	0.308
<i>Lasaea undulata</i> (MBi)	801	101	399	4,423	2.885*	0.236
<i>Lottia</i> spp. (MGs)	369	270	154	3,173	3.731*	0.155
<i>Barleeia angustata</i> (MGs)	39	198	303	2,163	1.192*	0.551
<i>Hemigrapsus penicilatus</i> (CDB)	153	125	185	1,853	0.436	0.659
<i>Mytilus galloprovincialis</i> (MBi)	58	13	375	1,787	9.269*	0.010
<i>Stenotis smithii</i> (MGs)	0	0	279	1,115	7.157*	0.028
<i>Odostomia aomori</i> (MGs)	19	33	202	1,019	5.857*	0.053

+ CCi; Crustacea Cirripedia, CDB; Crustacea Decapoda Brachyura, MBi; Mollusca Bivalvia, MGs; Mollusca Gastropoda

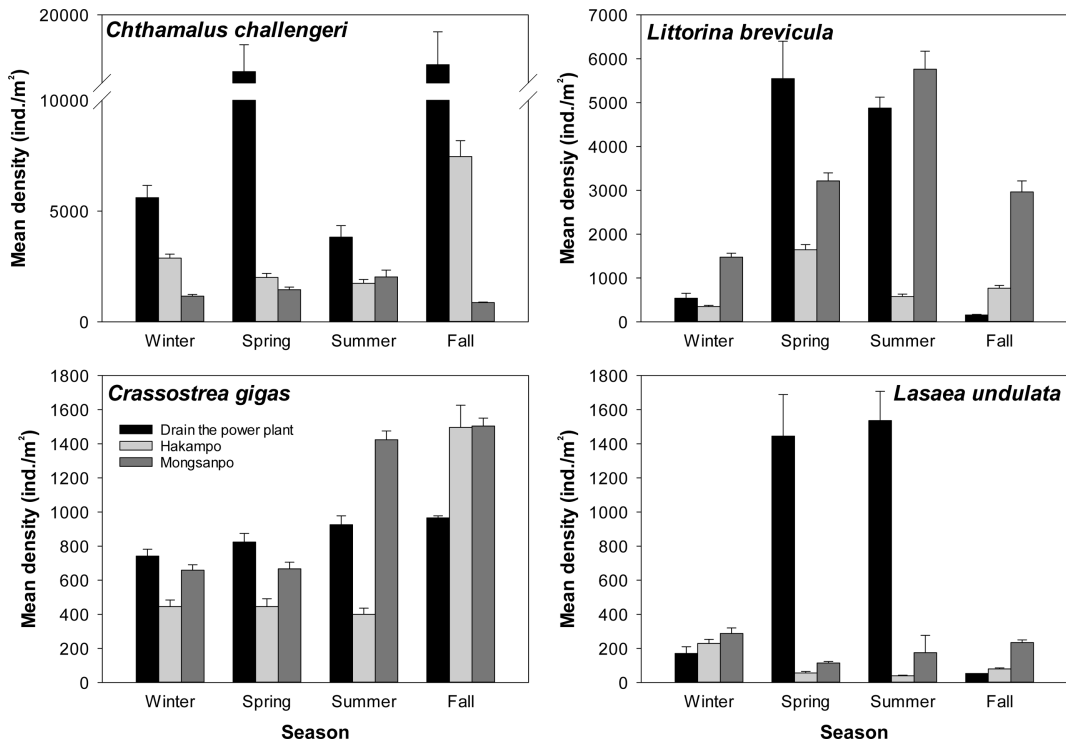


Fig. 3. Variation in the abundance of dominant species in the study sites

spp.)를 포함한 복족류 5종, 굴(*Crassostrea gigas*)를 포함한 이매패류 3종 이었다(Table 2). 그 중 조무래기따개비, 지중해담치(*Mytilus galloprovincialis*) 및 좁쌀알고둥(*Stenotis smithii*)은 지역간에 유의한 차이를 보였고, 좁쌀알고둥은 대조구인 몽산포에서만 출현하였다(Table 2). 가장 높은 출현 밀도를 보인 조무래기따개비는 평균 872–17,077 개체/m²가 출현하였다. 배수구와 학암포에서 조무래기따개비는 가을에 가장 높은 밀도로 출현하였으나, 몽산포에서는 여름까지 증가한 후 감소하는 양상을 보였다(Fig. 3). 총알고둥은 평균 157–5,763 개체/m²가 출현하였다. 배수구와 학암포에서 총알고둥은 봄에 증가한 후 감소하였으나, 몽산포에서는 여름까지 증가한 이후 감소하는 양상을 보였다(Fig. 3). 굴은 평균 400–1,504 개체/m²가 출현하였고, 모든 지역에서 가을에 가장 높은 밀도로 출현하였다(Fig. 3). 파도가재더부살이조개는 평균 40–1,536

개체/m²가 출현하였다. 배수구에서 파도가재더부살이조개는 봄과 가을에 평균 1,400 개체/m² 이상의 높은 밀도를 보였으나 가을에 큰 폭으로 감소하였고, 학암포와 몽산포에서는 뚜렷한 변화 없이 봄 이후 점진적으로 증가하는 양상을 보였다(Fig. 3).

대형저서동물 군집의 구조

조사지역에서 대형저서동물 군집은 배수구의 봄, 여름, 가을 군집을 포함한 그룹 A, 학암포의 4 계절과 배수구의 겨울 군집을 포함한 그룹 B 및 몽산포의 4 계절이 포함된 그룹 C로 나뉘었고(SIMPROF test, $p < 0.05$), 몽산포 군집은 다른 두 지역과 뚜렷하게 구분되었다(Fig. 4). 구분된 각 군집에 대한 유의성 검증에서도 각 군집은 유의한 차이가 있는 것으로 나타났다(Table 3). 각 군집별 출현 종수, 서식밀도, 생체량의 평균 값은 그룹 A에서 다른 두 지

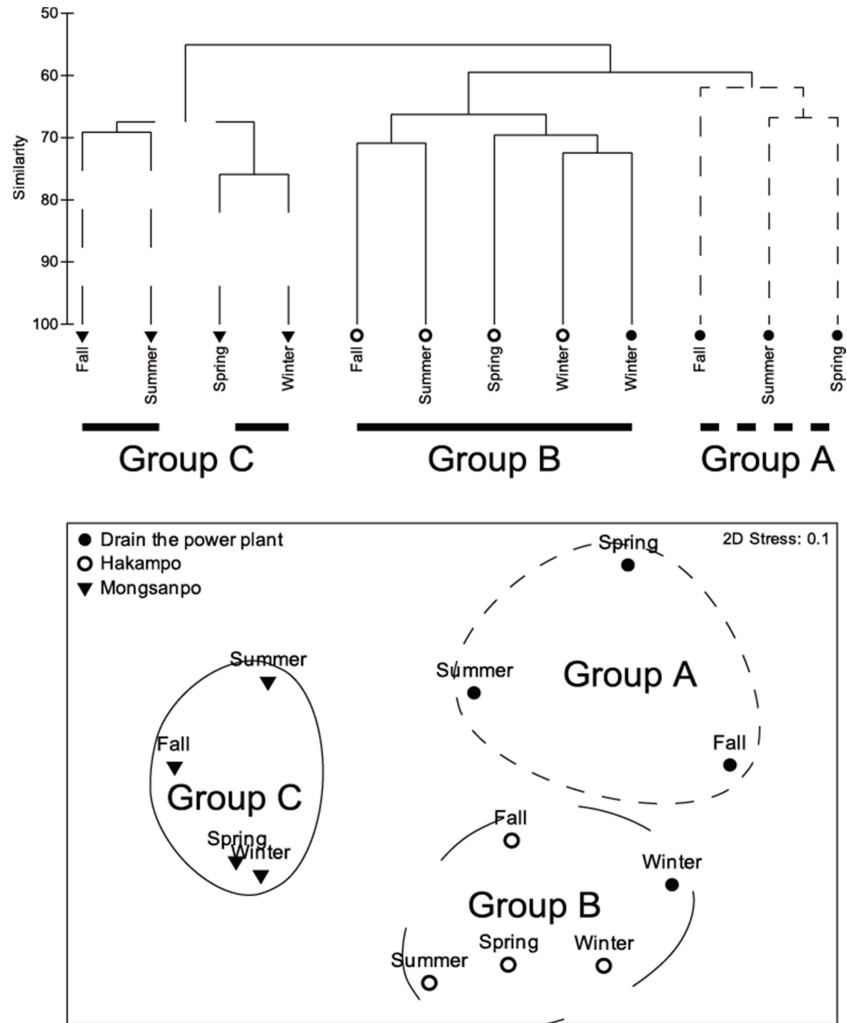


Fig. 4. Dendrogram from the Clustering analysis and two dimensional plot of nonmetric multidimensional scaling (nMDS) ordinations based on Bray-Curtis similarity values. Group A (Outfall of the power plant), Group B and C (Hakampo and Mongsanpo) were clearly separated regardless of seasons

Table 3. Results of global and pair-wise tests (global r and p -value) from one-way ANOSIM for difference in macrobenthic faunal composition between each site group of the study area

	Macrobenthos	
	Global r	p value (%)
Global test	0.872	0.1
Pair-wise test (Groups compared)		
Group a vs b	0.744	1.8
Group b vs c	0.963	0.8
Group a vs c	0.852	2.9

역에 비해 상대적으로 높게 나타났으나, 종 다양도는 낮은 값을 보였다(Table 4). 출현 종수는 각 그룹 사이에 유의한 차이가 없었으나, 평균 서식밀도, 생체량 및 종 다양도는 95% 유의수준에서 유의한 차이가 있는 것으로 분석되었다(Table 4). 각 군집을 구별하는 기여종을 밝히기 위해 실시된 SIMPER 분석 결과, 각 군집은 주요 우점종의 서식밀도 차이에 의해 구분되었고, 조무래기따개

비(*C. challenger*), 배말류(*Lottia* spp.) 및 지중해담치(*M. galloprovincialis*) 등의 밀도가 각 그룹 사이에 유의한 차이가 있는 것으로 분석되었다(Table 4).

4. 고찰

생태지수의 변화

조사지역에서 출현한 대형저서동물의 종수, 서식밀도, 생체량 및 종 다양도는 계절에 따라 변하였지만, 계절간에 차이는 없었다. 조사기간 동안 생태지수의 공간 변화를 살펴보면, 대형저서동물은 배수구 지역에서 다른 지역들에 비해 많은 종이 출현하였으나, 조사지역간에 유의한 차이는 없었다. 평균 서식밀도와 생체량도 배수구 지역에서 높은 값을 보였으나, 출현 종수와는 다르게 조사지역간에 유의한 차이를 보였다. 반면, 종 다양도는 대조구인 몽산포 지역에서 높은 값을 보였으며, 배수구와는 유의한 차이를 보였다. 태안화력발전소 주변 암반조간대에서 대형저서동물 군집을 대상으로 수행한 조사(한국전력공사 2000, 2004, 2006)에서 출현 종수, 서식밀도 및 종 다양도는 이번 연구 결과와는 다르게 취수구에서 높은 값을 보였으

Table 4. The ecological characteristic and major contributing species at each community group as determined by cluster analysis (The variables are the mean \pm standar deviation, range of min and max value). The p value from one-way ANOVA or H -values from Kruskal-Wallis test (*) were given

Parameters/Group	Group a	Group b	Group c	p value
Ecological characteristic				
Number of species	48 \pm 7	38 \pm 8	36 \pm 10	0.199
Density (ind./m ²)	19,563 \pm 6,671	6,639 \pm 3,023	8,526 \pm 3,000	0.005
Biomass (g/m ²)	6,019.6 \pm 720.4	3,013.2 \pm 1,120.4	2,326.3 \pm 542.2	0.001
Diversity (H')	1.2 \pm 0.5	1.6 \pm 0.3	2.1 \pm 0.2	0.025
Contribution species (ind./m ²)				
<i>Chthamalus challenger</i> (CCi)	12,522	3,938	1,378	0.027*
<i>Littorina brevicula</i> (MGs)	3,526	776	3,353	0.153*
<i>Crassostrea gigas</i> (MBi)	905	706	1,063	0.456
<i>Lasaea undulata</i> (MBi)	1,012	115	399	0.174*
<i>Lottia</i> spp. (MGs)	419	260	154	0.045
<i>Hemigrapsus penicilatus</i> (CDB)	148	134	185	0.708
<i>Mytilus galloprovincialis</i> (MBi)	71	14	375	0.008*
<i>Barleeia angustata</i> (MGs)	33	170	303	0.374*
<i>Odostomia aomori</i> (MGs)	15	33	202	0.030*
<i>Perinereis nuntia brevicirris</i> (Apol)	19	7	159	0.020*
<i>Cirratulus cirratus</i> (Apol)	100	15	23	0.428*
<i>Stenotis smithii</i> (MGs)	0	0	279	0.028*
<i>Balanus albicostatus</i> (CCi)	0	0	130	0.005*
<i>Parhyale</i> sp. (CAm)	43	2	6	0.281*

+ APol; Annelida Polychaeta, CAm; Crustacea Amphipoda, CCi; Crustacea Cirripedia, CDB; Crustacea Decapoda Brachyura, MBi; Mollusca Bivalvia, MGs; Mollusca Gastropoda

며, 이는 암반구조가 배수구에 비해 요철이 심하여 다양한 서식처를 대형저서동물들에게 제공하고 있기 때문인 것으로 해석하였다. 하지만 생체량은 배수구에서 높게 나타났는데, 이는 두 지역에서 우점적으로 출현하는 종과 개체의 크기에 따른 차이로 해석하였다. 생태지수의 공간분포 양상은 이번 연구와 기존의 연구결과에서 차이가 있었으나, 출현하는 생물의 종류와 분류군별 조성비는 차이가 없었다.

우점종의 종류 및 변화

대형저서동물 군집은 우점종의 분포 패턴과 변동에 따라 달라지며, 우점종의 분포 패턴과 변동 특성은 대형저서동물 군집의 특성을 파악하는데 필요한 정보를 제공한다 (임과 홍 1997). 또한 우점종의 비중은 생태계의 안정도를 평가하고, 환경 상태를 해석하는데 중요한 역할을 한다 (Borja et al. 2003; Pearson and Rosenberg 1978; Fried et al. 2000). 이번 연구에서 출현한 주요 우점종은 갑각류 2종, 복족류 5종, 이매패류 3종으로 조무래기따개비(*C. challenger*), 총알고둥(*L. brevicula*) 그리고 굴(*C. gigas*) 등이 포함되었다. 조무래기따개비, 총알고둥 그리고 굴은 태안해안국립공원내 암반조간대 7개 지역을 대상으로 실시된 조사에서도 우점종으로 출현하였다(국립공원관리공단 2006, 2007). 그중 조무래기따개비는 모든 지역에서 가장 우점종으로 출현하였으며, 이 종은 조간대 전체에 걸쳐 분포하였다. 하지만, 2007년 태안 앞바다에서 발생한 허베이스피리트 유류유출 사고 이후 일부 지역에서는 조사기간 동안 출현하지 않았다(정 등 2013). 두 번째 우점종인 총알고둥은 조간대 상부와 중부에서 높은 밀도로 분포하였다. 국내에서 총알고둥은 수온이 감소하는 겨울철에 산란이 이루어지며, 봄철에 가입하는 것으로 알려져 있다 (Son 1997). 이번 연구에서도 총알고둥은 봄철에 증가하여 가입하는 양상을 보였다. 마지막으로 굴은 조간대 중부와 하부에서 높은 밀도로 분포하였다. 서해의 다른 지역에서 굴은 수온 상승기 이후 가입이 이루어지는 것으로 알려져 있으며(Choi and Choi 1999), 이번 연구에서도 수온이 증가한 이후 가입하는 것으로 나타났다. 선행 연구와 이번 연구 결과를 비교하면, 주요 우점종의 분포 범위와 가입 시기는 크게 차이가 없었으며, 이러한 결과를 바탕으로 온배수로 인한 수온 증가가 연구지역의 주요 우점종인 총알고둥, 굴과 같은 종들의 변화에는 크게 영향을 미치지 않은 것으로 해석할 수 있다.

대형저서동물 군집의 구조

연구지역에서 대형저서동물 군집은 주요 우점종인 조무래기따개비(*C. challenger*), 배말류(*Lottia* spp.)와 지중해담치(*M. galloprovincialis*)의 서식밀도 차이에 의해 크게

3개의 군집으로 구분되었다. 국내에서 암반조간대 대형저서동물 군집은 기질의 종류, 수리역학적인 조건, 우점종의 출현 양상에 의해 결정되는 것으로 알려져 있다(차와 김 2012; 홍 등 2017; 한국전력공사 2000, 2004). 반면, 김 (2005)은 암반조간대 대형저서동물 군집에 미치는 온배수의 영향은 종의 출현을 제한하는 정도로 크지 않으나, 온배수가 주요 우점종들의 성장시기에 영향을 주어 대형저서동물 군집이 구분되는 것으로 해석하였다. 이번 연구에서도 대형저서동물 군집은 일차적으로 우점종의 출현 양상에 의해 구분되었다. 이 연구결과에서 출현 서식밀도, 생체량의 평균값은 배수구에서 높게 나타났는데, 이는 김 (2005)의 결과와 같이 온배수가 주요 생물군의 성장과 성장을 촉진시켜 나타난 결과로 해석할 수 있다. 이러한 결과는 수온이 낮은 시기에 온배수가 식물플랑크톤의 분포와 일차생산량에 긍정적 기여하는 선행 연구결과와도 부합되는 것으로 볼 수 있다(Xu et al. 1991; Suresh et al. 1993). 따라서, 태안화력발전소 주변 암반조간대 대형저서동물 군집은 전 세계 중위도 여러 해안의 암반조간대에서 나타나는 보편적인 생물분포 양상을 가지고 있는 것으로 해석할 수 있다.

사 사

이 논문은 국립해양생물자원관 연구사업 “해양수산생명자원 확보·발굴 및 기초조사 사업(2018M00100)”의 연구비 지원에 의해 작성 되었습니다. 또한, 이 논문을 작성하는데 많은 조언과 가르침을 주신 공동 저자분들과 세심하게 검토해 주신 평가 위원님들께 감사 드립니다.

참고문헌

- 국립공원관리공단 (2006) 태안해안국립공원 자원 모니터링. 국립공원관리공단, 326 p
- 국립공원관리공단 (2007) 태안해안국립공원 자원 모니터링. 국립공원관리공단, 314 p
- 김영환 (2005) 태안화력발전소 주변 조간대 저서무척추동물 군집의 생태 연구. 교육학석사 학위논문, 조선대학교, 132 p
- 임현식, 홍재상 (1997) 진해만 저서동물의 군집생태 2. 우점종의 분포. 한국수산학회지 30:161-174
- 정윤환, 박홍식, 윤건택, 이형곤, 마체우 (2013) Hebei Spirit 유류유출 사고 이후 암반 조간대 대형저서동물 군집 변화. Ocean Polar Res 35(3):219-228
- 차재훈, 김미경 (2012) 독도 암반조간대 무척추동물군집의 공간적 분포. 한국환경생물학회지 30(2):143-150
- 한국서부발전 태안발전본부 (2006) 2006년도 태안발전본부 주변 해양생태계 및 해양환경조사 4차 보고서. 태안발전

- 본부, 481 p
- 한국전력공사 (2000) 태안화력발전소 주변 해양생태계 및 해양환경조사 결과(2000년도). 한국전력공사 태안화력본부, 370 p
- 한국전력공사 (2004) 2004년도 태안발전본부 주변 해양생태계 및 해양환경조사 보고서. 한국전력공사 태안화력본부, 317 p
- 한국전력공사 (2006) 2006년도 태안발전본부 주변 해양생태계 및 해양환경조사 4차 보고서. 한국전력공사 태안화력본부, 342 p
- 한국해양연구원 (2008) 울진원전 6개호기 온배수영향 어업피해조사. 한국해양연구원, BSPI 48400-1972-3, 1097 p
- 한국해양연구원 (2011) 태안발전본부 5~8호기 가동관련 어업피해 용역조사. 한국해양연구원, BSPI 54930-10030-7, 678 p
- 홍성익, 최용규, 정희동, 이윤, 김상우 (2017) 동해안 죽변 조간대 저서동물의 계절적 군집 구조. 해양환경안전학회지 **23**(4):331-337
- Abbott IA, North WJ (1971) Temperature influences on floral composition in California coastal waters. Proc Intl Seaweed Symp **7**:72-79
- Borja A, Muxika I, Franco J (2003) The application of a marine biotic index to different impact sources affection soft bottom benthic communities along European Coasts. Mar Pollut Bull **46**:835-845
- Choi YR, Choi YS (1999) Studies on the culture of Pacific oyster (*Crassostrea gigas*), by rack method in the west coast of Korea. Bull Korean Soc Fish Tech **56**:91-99
- Crema R, Pagliai AMB (1981) The structure of benthic communities in an area of thermal discharge from a coastal power station. Mar Pollut Bull **11**:221-224
- Deviny JS (1980) Effects of thermal effluents on communities of benthic marine macroalgae. J Environ Manage **11**: 225-242
- Dickson DR (1975) Waste heat in aquatic environment. The National Republican Congressional Committee, Washington DC, 40 p
- Durrett CW, Pearson WD (1975) Drift of macroinvertebrates in a channel carrying heated water from a power plant. Hydrobiologia **46**:33-43
- Fried CLJ, Harwood KG, Hall SJ, Hall JA (2000) Long-term changes in the benthic communities on North Sea fishing grounds. ICES J Mar Sci **57**:1303-1309
- Gibbons JW, Sharits RR (1974) Thermal ecology. US Atomic Energy Commission, Springfield, Virginia, 670 p
- Hedgpeth JW (1957) Treatise on marine ecology and paleoecology. Geol Soc Am Mem **67**:157-184
- Patrick R (1974) Effects of abnormal temperatures on algal communities. In: Gibbons JW, Sharitz RR (eds) Thermal ecology. Defense Technical Information Center, Virginia, pp 335-349
- Pearson TH, Rosenberg R (1978) Macrobenthic succession in relation the organic enrichment and pollution of the marine environment. Oceanogr Mar Biol **16**:229-311
- Raffaelli D, Hawkins S (1996) Intertidal ecology. Chapman & Hall, London, 356 p
- Snoeij PJM, Prentice IC (1989) Effects of cooling water discharge on the structure and dynamics of epilithic algal communities in the northern Baltic. Hydrobiologia **184**: 99-123
- Son MH (1997) Ecology and reproduction of *Littorina brevicula* (Philippi) (Gastropoda: Littorinidae) in Korean Waters. Ph. D. Thesis, Pukyong National University, 111 p
- Suresh K, Ahamed MS, Durairaj G, Nair KVK (1993) Impact of power plant heated effluent on the abundance of sedentary organisms, off Kalpakkam, East coast of India. Hydrobiologia **268**:209-114
- Vadas RL (1979) Abiotic disease in seaweeds: thermal effluents as causal agents. Experimentia **35**:435-437
- Warwick RM (1993) Environmental impact studies on marine communities: paragramatical consideration. Aust J Ecol **18**:63-80
- Xu L, Fangyong L, Hongyun T, Junsan W (1991) Impact of thermal effluent from coastal thermos-electric power plant on oyster's growth and quality. Mar Environ Sci Haiyang Huanjing Kexue **10**:6-11

국문참고자료의 영문표기

English translation/Romanization of references originally written in Korean

- Korea National Park Service (2006) Monitoring of natural resources in Taeanhaean National Park. Korea National Park Service, 326 p
- Korea National Park Service (2007) Monitoring of natural resources in Taeanhaean National Park. Korea National Park Service, 314 p
- Kim YH (2005) Ecological study on the intertidal invertebrate community at the coast of Taean thermal power plant, Korea. Pedagogy master's thesis, Chosun University, 132 p
- Lim HS, Hong JS (1997) Ecology of the macrozoobenthos in Chinhae bay, Korea 2. Distribution pattern of the major dominant species. J Korean Fish Soc **30**:161-174
- Jung YH, Park HS, Yoon KT, Lee HG, Ma CW (2013) Structure changes of macrobenthic community on rocky shores after the Hebei Spirit Oil Spill. Ocean Polar Res **35**(3):219-228
- Cha JH, Kim MK (2012) Spatial distribution of marine

- invertebrate communities on intertidal rocky shore in Dokdo, Korean J Environ Bio **30**(2):143–150
- Korea Electric Power Corporation (2000) Result of marine ecosystem and marine environment around Taean thermal power plant. Taean power station of Korea Electric Power Co., 312 p
- Korea Electric Power Corporation (2004) Report of marine ecosystem and marine environment around Taean thermal power plant in 2004. Taean power station of Korea Western Power Co., 481 p
- Korea Electric Power Corporation (2006) Report of marine ecosystem and marine environment around Taean thermal power plant in 2000. Taean power station of Korea Western Power Co., 370 p
- KORDI (2008) Survey of fishery damage by thermal discharge drained by uljin nuclear power station 6 unit. Korea Ocean Research & Development Institute, BSPI 48400-1972-3, 1097 p
- KORDI (2011) Survey of fishery damage by thermal discharge drained by Taean power station 5~8 unit. Korea Ocean Research & Development Institute, BSPI 54930-10030-7, 678 p
- Hong SE, Choi YK, Jeong HD, Lee Y, Kim SW (2017) Community structure of macrobenthos at the intertidal zone of Jukbyeon in the East Coast of Korea. J Korean Soc Mar Environ Safe **23**(4):331–337

Received Feb. 19, 2018

Revised Jun. 7, 2018

Accepted Jun. 14, 2018