

도서생물지리설의 관점에서 대형무척추동물 군집 비교

서인수* · 최병미 · 김미향 · 윤재성 · 박재영 · 이상엽

해양생태기술연구소

A Comparative Study on a Macrobenthic Community Structure from the Theory of Island Biogeography

In-Soo Seo*, Byoung-Mi Choi, Mi Hyang Kim, Jae Seong Yun,
Jae Yeong Park and Sang Yeop Lee

Marine Eco-Technology Institute Co., Ltd., Busan 608-830, Korea

Abstract – The Theory of Island Biogeography describes that the number of species on an island affected by island area and distance from the mainland. This study was performed to compare and analyze the community structure of the macro-invertebrates in three isolated islands, around Korean waters in terms of the Theory of Island Biogeography. Macrobenthic animals were collected using a modified underwater quadrat in August 2009. A total of 104 macrobenthic species were sampled with a mean density of 399 individuals m^{-2} and biomass of 1,506.70 $g m^{-2}$. Based on the abundance and biomass data, there were 10 dominant species accounting for approximately 67.17% of total individuals. The highest densities were found in the amphipoda *Amphipoda* spp., the bivalvia *Modiolus agripetus* and *Mytilus coruscus*, the Sipunculida *Phascolosoma scolops* and the polychaeta Syllidae unid.. On the contrary, the top ten species made up 95.66% of the total biomass while the three most abundant, the bivalves *M. coruscus*, *Streostria circumpicta* and *M. agripetus*. The conventional multi-variate statistics (cluster analysis and non-metric multi-dimensional scaling) applied to assess spatial variation in macrobenthic assemblages. Cluster analysis and nMDS ordination analysis based on the Bray-Curtis similarity identified 2 station groups. The group 1 was consisted with Gageodo (except for lower station at Transect 2) and Dokdo station and was numerically dominated by the polychaetes *Eunice antennata* and Syllidae unid., the cirripedia *Megabalanus rosa* and the bivalvia *M. coruscus*. However, group 2 was associated with Sohwado station and was characterized by high abundance of the anomura *Petrolisthes japonicus*, the gastropoda *Lirularia pygmaea* and the brachiopoda *Coptothyris grayi*. In conclusion, these results suggested that the species diversity and community structure of macrobenthos in three isolated island seemed slightly related to island area and distance from the mainland.

Key words : macrobenthos, species diversity, community structure, The Theory of Island Biogeography, Gageodo, Sohwado, Dokdo

*Corresponding author: In-Soo Seo, Tel. 070-8630-7113,
Fax. 051-611-0588, E-mail. isseo@marine-eco.co.kr

서 론

우리나라 주변의 수괴와 해류 순환은 쿠로시오 해류로부터 분리되어 유입되는 대마난류에 영향을 크게 받는 것으로 알려져 있다(승 1992). 적도해역에서 발원하여 북상하는 쿠로시오 해류는 일본의 규슈 남쪽에서 분리되어 일부가 제주도 남쪽을 지나 황해로 유입되고, 또 다른 일부가 대한해협을 통과하여 최종적으로 동해로 유입된다(제 등 2002). 이러한 해류 순환의 형태는 전반적으로 계절에 상관없이 일정한 것으로 파악되고 있다(승 1992). 따라서 해류 순환으로 고려해 볼 때, 가거도와 소화도는 대마난류의 직접적인 영향을 받는 반면, 독도는 대마난류와 동시에 동해를 따라 남하하는 북한한류가 혼합된다는 점에서 차이가 있다.

지금까지 가거도, 소화도 및 독도에 대한 해양학적 학술 조사는 기상조건 및 대상 섬의 지형학적 특수성 등으로 인하여 매우 제한적으로 실시된 것이 사실이다. 이 중 독도에서 수행된 대형무척추동물에 대한 연구는 생물상, 분포 및 군집연구(김과 최 1981; 홍 1981; 최 등 1996; 제 등 1997; 이 2000; 최 등 2002)와 분류적인 관점에서의 연구(Kim 1978; Son and Hong 1992; Choe and Lee 1996; Son *et al.* 2004; Choi *et al.* 2006; Hong *et al.* 2006; 홍 등 2008) 등으로 크게 양분되어 이루어져 왔다. 이 밖에도 산업종을 포함한 개체군 연구(차 등 2000; 박 등 2002)와 독도 생태계의 전반적인 파악을 위한 기초조사(해양수산부 1998)가 수행된 바 있다. 반면 가거도는 자연생태계 지역 정밀조사(환경처 1994)와 전국자연환경조사(환경부 1999)가, 소화도는 전국 무인도서 자연환경조사(환경부 2000)가 유일할 정도로 매우 미진하다. 이렇듯 독도에서의 연구가 대부분을 차지하는 이유는 정치·사회·인문 및 자연·과학적인 중요성이 다른 2개 섬과 비교해 상대적으로 크기 때문이다. 본 연구해역은 소화도를 제외하면, 연안역과 비교적 떨어져 있어 인간활동의 직·간접적인 영향을 상대적으로 적게 받고 있다고 볼 수 있다. 따라서 인위적으로 비교적 훼손되지 않은 자연환경 상태를 유지하고 있다는 공통점을 가지고 있다. 본 연구는 가거도, 소화도 및 독도에 대한 2009년 하계 조하대 암반조사를 통해서 해양생태계의 중요 구성생물 중의 하나인 대형무척추동물의 생물다양성, 생물량(개체수 및 생체량) 및 군집구조를 파악하고, 이를 기초로 도서생물 지리설(The Theory of Island Biogeography)의 관점에서 3개 섬에 서식하는 대형무척추동물 군집의 유사성을 검증하는 데 목적이 있다.

재료 및 방법

1. 조사지 개황

가거도는 한반도의 최서남단에 위치한 섬으로 목포와 흑산도에서 직선거리로 각각 약 136.0km와 65.0km 떨어져 있다. 행정구역상으로는 전라남도 신안군 흑산면 가거도리에 속하며, 8개의 부속 도서를 포함한 총 면적 9.18km²에 해안선의 길이는 22km이다. 가거도는 다도해해상국립공원의 공간적 범위에는 포함되지 않으나, 부속섬인 국홀도가 「문화재보호법」에 의거하여 1984년 8월에 천연기념물 제341호로 지정되었다.

소화도는 행정구역상 전라남도 완도군 금당면 옥산리에 속하는 금당도의 부속 도서로서 본 섬에서 남쪽으로 1.4km 떨어져 있으며 면적은 0.02km²로 매우 작다. 본 섬인 금당도와는 구별되게 1998년까지 사람이 거주하였으나, 이후 지금까지 무인도서로 남아있다. 특히 소화도는 자연생태계, 지형·지질 및 자연경관 등이 우수하다는 점에서 2002년 5월에 환경부의 특정도서로 지정 및 고시되어 보전되고 있다.

독도는 우리나라의 가장 동쪽에 위치하며, 지리적으로는 동해의 측면에서 약 216.8km, 울릉도에서 동남쪽으로 약 87.4km로 떨어져 있다. 행정구역상 경상북도 울릉군 울릉읍 독도리에 속하며, 지형적으로 주변에 크고 작은 89개의 바위섬을 가지는 약 0.19km² 면적(동도와 서도를 포함한 해안선의 길이는 5.4km)의 화산섬이다(www.dokdo.go.kr). 문화재청은 「문화재보호법」에 근거하여 1982년 11월에 중요한 해조류 번식지로서 천연기념물 제336호로 지정·보호한 바 있고, 1999년에는 독도천연보호구역으로 변경하였다. 또한 환경부는 「독도 등 도서지역 생태보전에 관한 특별법」에 의거하여 2000년 9월에 특정도서로 지정한 바 있다.

2. 현장조사 및 분석

본 연구는 가거도, 소화도 및 독도에 서식하는 대형무척추동물의 생물다양성, 생물량(개체수 및 생체량) 및 군집구조를 파악하고, 이들 3개 섬에 분포하는 대형무척추동물의 유사도를 도서생물지리설의 관점에서 알아보기 위하여 실시하였다. 현장조사는 2009년 8월에 가거도, 소화도 및 독도에서 공통적으로 각각 2개 정선과 6개 정점을 대상으로 수행하였다(Fig. 1). 현장조사에서는 각 정선에 대하여 수심별(상·중·하부)로 정점을 선정한 후, 50cm×50cm(0.25m²)의 수중방형구를 이용하여 대형무척추동물을 채집하였다. 채집된 대형무척추동물은 현장

에서 최종농도 5~10%의 해수-포르말린 용액으로 고정
한 뒤, 실험실로 운반하였다. 실험실에서는 확대경과 해

부현미경을 이용하여 종의 선별과 동정을 실시하였고,
개체수 및 생체량(습중량, g)을 측정하였다. 한편 군집분
석은 각 정점 간의 유사도를 파악하기 위하여 출현 종의
존재유무(Jaccard's index)를 기초로 분석을 실시하였고,
수지도(dendrogram)와 동시에 다차원배열법(nMDS)으로
표현하였다. 또한 각 해역별 우점종은 출현 개체수 및 생
체량 자료를 기초로 선정하였다.

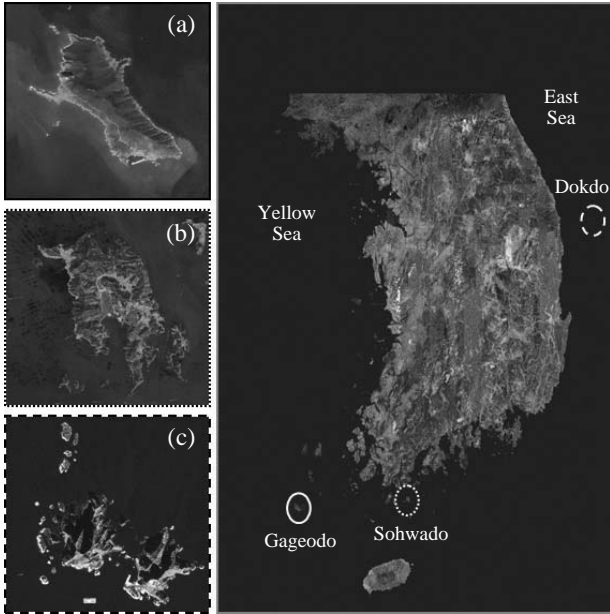


Fig. 1. Sampling sites in the study area, around Korean waters (a, Gageodo; b, Sohwado; c, Dokdo).

결과 및 고찰

1. 생물다양성 및 생물량(개체수 및 생체량)

본 연구해역에서 출현한 대형무척추동물은 총 104종,
7,176개체 (399 inds. m⁻²)와 27,120.68 g (1,506.70 g m⁻²)
이었다. 출현 종수에 있어서 연체동물류는 46종이 채집
되어 전체의 44.23%를 점유하였고, 다음으로 절지동물의
갑각류와 환형동물의 다모류가 각각 29종, 27.88%와 18
종, 17.31%를 차지하였다. 이 외에 극피동물류와 기타동
물류가 각각 7종과 4종이 출현하여 6.73%와 3.85%의
낮은 점유율을 보였다(Fig. 2). 해역별로는 독도에서 27
종으로 가장 적었고, 소화도에서 70종으로 가장 다양하

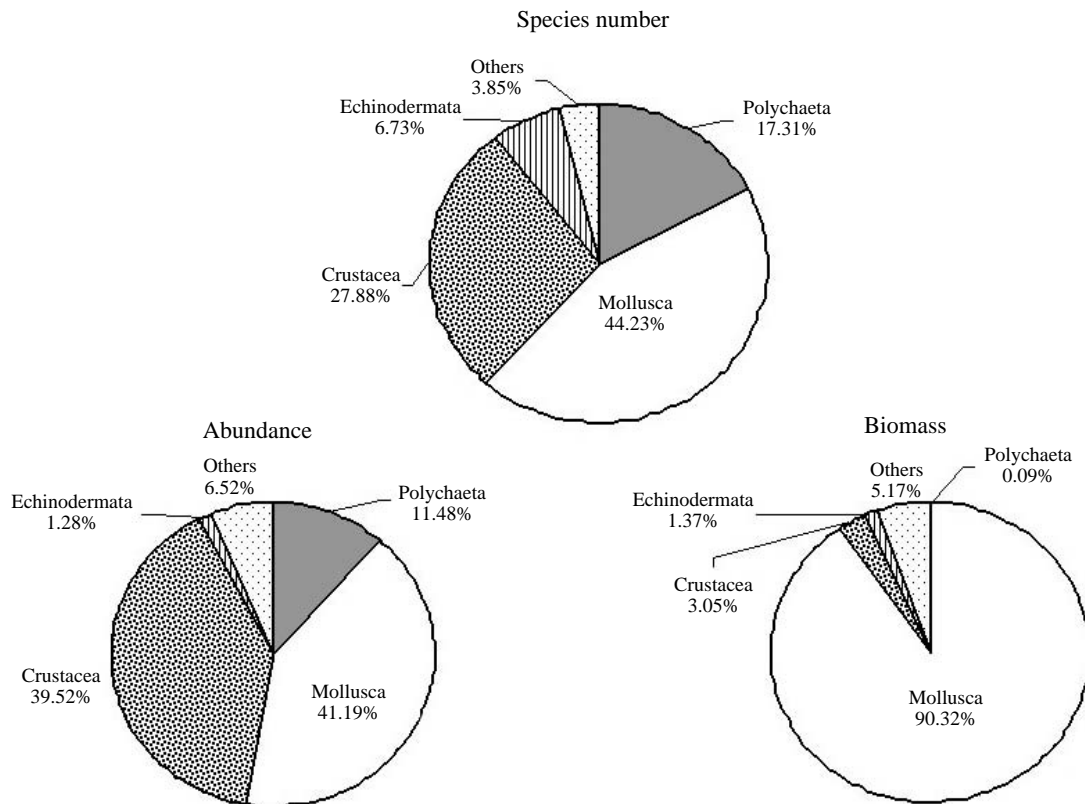


Fig. 2. Total species number, abundance and biomass of macrobenthic animals in the study area, around Korean waters.

였다. 이 밖에 가거도에서 51종이 출현하였다(Fig. 3). 또한 수심에 따라서는 상부 수심에서 60종으로 가장 적었고, 중부 수심에서 70종으로 가장 다양하였다. 이 외에 하부 수심에서 64종이 채집되었다(Table 1).

출현 개체수는 연체동물류와 갑각류가 각각 2,956개체, 41.19%와 2,836개체, 39.52%를 차지하여 가장 우점

하였고, 다음으로 다모류와 기타동물류가 각각 824개체와 468개체의 밀도를 나타내 11.48%와 6.52%를 점유하였다. 이 외에 극피동물류는 92개체, 1.28%로 점유율이 매우 낮았다(Fig. 2). 해역에 따라서는 최소 1,816개체(독도)에서 최대 2,980개체(가거도)의 밀도를 보였고, 소화도에서는 2,380개체가 채집되었다(Fig. 3). 수심별로는 1,944~2,644개체의 범위에 하부 수심에서 가장 적었고, 상부 수심에서 가장 많았다. 전반적으로 수심이 깊어질수록 개체수는 감소하는 경향을 보였다(Table 1).

생체량에 있어서도 연체동물류는 24,496.64g을 나타내 전체의 90.32%를 점유하였고, 다음으로 기타동물류, 갑각류 및 극피동물류의 순서로 각각 1,401.72g(5.17%), 826.88g(3.05%) 및 371.04g(1.37%)을 나타내었다. 이 밖에 다모류는 24.40g, 0.09%로 점유율이 매우 낮았다(Fig. 2). 해역별로는 3,114.80~19,156.20g의 범위에 독도에서 가장 낮았고, 가거도에서 가장 높았다(Fig. 3). 전반적으로 모든 해역에서 연체동물류의 생체량이 높은 공통점이 있었다. 반면 이를 제외하면, 각 해역에 따라 가거도에서는 갑각류, 독도와 소화도에서는 각각 극피동물류와 기타동물류가 상대적으로 높은 값을 나타내 차이가 있었다. 수심에 따라서는 최소 5,399.37g(하부 수심)에서 최대 12,956.92g(중부 수심)의 범위를 보였다. 이 외에 상부 수심에서 8,764.38g의 생체량을 나타내 상대적으로 높았다(Table 1).

지금까지 독도와 비교하여 가거도 및 소화도에서 대형무척추동물에 대한 조사는 환경처(1994)와 환경부(1999, 2000)가 유일할 정도로 매우 미진하다. 출현 종수에 있어 가거도에서는 총 111종이 보고되었고, 이 중 연체동물류와 갑각류가 각각 48종과 42종이 출현하여 가장 다양하였다(환경부 1999). 소화도에서는 총 44종이 출현한 가운데 연체동물류가 22종으로 가장 많았다(환

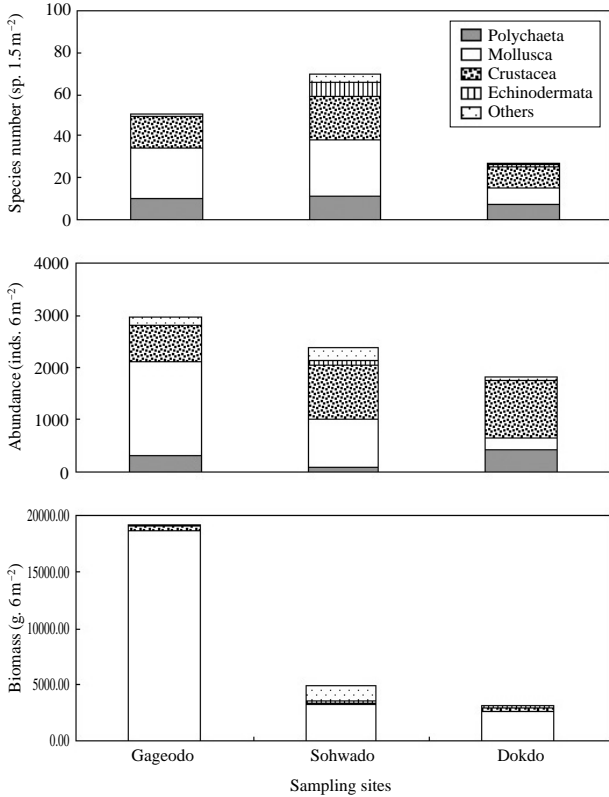


Fig. 3. Spatial variation of total species number, abundance and biomass of macrobenthic animals in the study area, around Korean waters.

Table 1. Species number, abundance, biomass of macrobenthic animals at each station in the study area, around Korean waters

Index	Tidal elevation	Sampling sites			Total (mean)
		Gageodo	Sohwado	Dokdo	
Species number	Upper	22	32	22	60
	Middle	28	48	14	70
	Lower	37	32	12	64
	Total (mean)	51 (29)	70 (37)	27 (16)	104 (65)
Abundance (inds. m ⁻²)	Upper	972	900	772	2,644
	Middle	912	916	760	2,588
	Lower	1,096	564	284	1,944
	Total (mean)	2,980 (993)	2,380 (2,392)	1,816 (605)	7,176 (2,392)
Biomass (g m ⁻²)	Upper	5,967.92	223.28	2,573.18	8,764.38
	Middle	9,856.52	2,853.58	246.83	12,956.92
	Lower	3,331.76	1,772.82	294.79	5,399.37
	Total (mean)	19,156.20 (6,385.40)	4,849.67 (1,616.56)	3,114.80 (1,038.27)	27,120.68 (9,040.23)

경부 2000). 상기의 조사는 주로 생물다양성의 보고에 그 관심이 있다는 점에서 정량적인 생물량(개체수 및 생체량)의 제시 및 직접적인 비교는 불가능하였다. 반면 독도는 지금까지 다수의 조사 및 연구활동이 이루어졌으며, 특히 제 등(1997)에 의해서는 총 157종의 대형무척추동물이 보고된 바 있다. 이 가운데 다모류, 극피동물류와 연체동물류의 순서로 각각 56종, 55종 및 40종이 출현하여 최우점 분류군에 있어 다른 해역과 차이가 있었다. 그러나 홍 등(2008)은 2006년부터 3개년에 걸친 조사를 기초로 독도에 서식하는 연체동물류가 총 106종임을 보고한 바 있어 우점 분류군의 생물다양성은 가거도와 소화도와 유사할 것으로 판단된다. 한편 독도해양수산연구회(2003)에 따르면, 독도의 바위해안에 서식하는 동·식물을 포함한 해양저서생물은 약 500종으로 추정된 바 있다. 이상에서와 같이 생물다양성은 현장조사의 방법, 시기, 면적 및 조사자의 동정 강도에 따라 차이를 보일 수 밖에 없다. 다만 본 연구에서는 일반적으로 암반으로 구성된 기질에서 이매패류 및 복족류를 포함하는 연체동물류가 생물다양성 측면에서 비교적 우세하다는 것은 확인할 수 있었다.

한편 MacArthur and Wilson(1963, 1967)이 주장한 평형설(Equilibrium Theory)과 도서생물지리설(The Theory of Island Biogeography)은 섬과 같이 고립된 해역에 서식하는 생물이 육상으로부터 지속되는 생물의 유입, 서식하는 생태계내의 물리적인 환경과 생물 상호작용 등으로 생물다양성이 결정된다는 이론이다. 즉 고립된 섬의 면적, 육지로부터 떨어짐 정도와 그에 따른 물리적 환경의 차이가 생물의 정착, 서식 및 소멸에 직·간접적인 영향을 미친다는 것이다(최 2000). 결국 하나의 섬이 나타내는 생물다양성은 섬의 면적에 비례하고, 동일한 면적일 경우에는 육지로부터 거리에 반비례하는 것으로 고려되고 있다(MacArthur and Wilson 1967). 이렇듯 도서생물지리설에서 섬의 면적은 생물다양성을 높이는 중요한 요인으로 섬의 면적이 클수록 새로운 서식처를 찾는 생물에게 유익하기 때문이고, 개체(군)의 원활한 분산을 통해서 보다 많은 개체군을 유지할 수 있는 원인이 된다. 또한 본토 또는 대륙과 지리적으로 가까운 섬은 상대적으로 멀리 떨어져 있는 섬보다 다양한 종 조성을 가지게 된다는 것이다. 지금까지 본 이론은 고립된 섬에서의 서식지 연구와 생물 진화에 지대한 영향을 미쳐온 것이 사실이다. 그럼에도 불구하고, 개별 섬들이 가지는 먹이사원, 인위적인 간섭활동과 생물 간 상호작용 등의 다양한 요인들이 배제되어 있어 생태학적인 견지에서 일반화된 이론으로 인정하기에 어렵다는 비판도 동시에 수용하고 있다(김과 홍 2007). 이에 독도해양수산연구회(2003)에

서는 가거도와 독도의 생물다양성이 본토와 비교적 멀리 떨어져 있는 고립된 섬이라는 관점에서 소수의 종을 부양하고, 대륙과의 거리와 크기에 관계가 있다는 점에서 독도의 생물지리학적 검토가 필요하다는 주장을 제시한 바 있다. 따라서 상기의 도서생물지리설의 관점에서 본 연구해역의 면적은 가거도가 9.18km²로 가장 넓었고, 다음으로 독도와 소화도가 각각 0.19km²와 0.02km²를 나타내었다. 육지와 떨어진 정도는 독도가 216.8km로 가장 멀었고, 다음으로 가거도가 136km이었다. 반면 소화도는 육지와 불과 1.4km 떨어져 있어 연안역에 위치한다고 볼 수 있었다. 결국 도서생물지리설의 이론적 근거인 섬의 면적과 육지와 떨어진 정도를 전반적으로 고려하면, 본 연구해역에서 생물다양성은 면적이 비교적 작으면서 육지와 매우 떨어져 있는 독도에서 상대적으로 적어야 한다. 본 연구결과에서도 독도의 생물다양성은 27종으로 가장 적어 이에 부합되고 있다고 판단된다. 그러나 가장 면적이 넓은 가거도는 51종이 출현하여 3개의 섬 가운데 중간 정도의 값을 보였다. 이와 같은 결과는 본토와의 떨어진 정도가 일정 부분 영향을 미친 것으로 추정된다. 반면 소화도는 면적이 매우 좁음에도 육지와 가까이 인접해 있어 생물다양성이 71종으로 가장 높았다. 결국 연구해역의 도서생물지리설에 근거한 생물다양성은 정확하게 일치하는 것은 아니지만 비교적 일정 부분 부합되는 것으로 추정된다. 다만 면적이 매우 좁은 소화도에서 나타내는 높은 종 다양성은 징검다리(steping stone)효과로 추정할 수 있다. 즉 징검다리 효과는 중간 서식지 역할을 하는 연속된 섬이나 육지에 매우 가까이 위치한 섬은 다수의 종들이 한 섬에서 다른 섬으로 이동하는 것과 같은 디딤돌 역할의 장소로 활용되기 때문에 고립된 섬으로서의 효과를 완화할 수도 있다는 것이다(최 2000). 그러나 해양에서의 생물의 이동, 분산 및 가입은 육상생태계와 차별되게 해류 순환에 의해 결정되기 때문에 육상생물과 비교해 제한요인으로 작용할 수 있다는 한계도 있다. 이상을 종합하면, 도서생물지리설에 근거하여 본 연구해역에서 생물다양성의 차이는 비교적 잘 부합되는 것으로 추정된다. 그럼에도 불구하고, 독도의 생물다양성이 다른 해역과 비교해 본 연구에서 약 2~3배 정도 적은 것은 매우 한정된 조사 시기와 장소에서 대상생물의 채집이 이루어졌다는 점에서 기인한 원인으로 판단된다.

2. 우점종 및 군집구조

연구해역에서 출현한 대형무척추동물의 개체수와 생체량을 근거로 상위 10위까지의 우점종을 선정하였다. 개체수에 기초한 상위 우점종을 최우선 순위별로 나열해

Table 2. The top 10 dominant species ranking based on abundance data in the study area, around Korean waters

Rank	Taxa	Species name	Sampling sites			Total	Percent
			Gageodo	Sohwado	Dokdo		
1	CAM	Amphipoda spp.	360	296	924	1,580	22.02
2	MBI	<i>Modiolus agripetus</i>	984	244	—	1,228	17.11
3	MBI	<i>Mytilus coruscus</i>	292	—	80	372	5.18
4	OSI	<i>Phascolosoma scolops</i>	156	80	68	304	4.24
5	APOL	Syllidae unid.	76	—	220	296	4.12
6	APOL	<i>Eunice antennata</i>	112	—	176	288	4.01
7	CDB	<i>Petrolisthes japonicus</i>	—	240	—	240	3.34
8	MGS	<i>Lirularia pygmaea</i>	24	184	—	208	2.90
9	MBI	<i>Striostrea circumpicta</i>	136	24	—	160	2.23
10	CAM	<i>Caprella</i> spp.	80	16	48	144	2.01

Index: APOL, Annelida polychaeta; CAM, Arthropoda crustacea amphipoda; CDB, Arthropoda crustacea decapoda brachyura; MBI, Mollusca bivalvia; MGS, Mollusca gastropoda; OSI, Sipunculida

Table 3. The top 10 dominant species ranking based on biomass data in the study area, around Korean waters

Rank	Taxa	Species name	Sampling sites			Total	Percent
			Gageodo	Sohwado	Dokdo		
1	MBI	<i>Mytilus coruscus</i>	12,709.32	—	2,458.32	15,167.64	55.93
2	MBI	<i>Striostrea circumpicta</i>	3,698.96	1,082.20	—	4,781.16	17.63
3	MBI	<i>Modiolus agripetus</i>	1,663.16	936.12	—	2,599.28	9.58
4	MBI	<i>Crassostrea gigas</i>	—	826.80	—	826.80	3.05
5	OBRA	<i>Coptothyris grayi</i>	—	732.64	—	732.64	2.70
6	CCI	<i>Megabalanus rosa</i>	395.04	—	268.52	663.56	2.45
7	OUR	<i>Halocynthia hispida</i>	—	364.68	—	364.68	1.34
8	EST	<i>Asterina pectinifera</i>	—	95.48	212.56	308.04	1.14
9	MBI	<i>Arca boucardi</i>	16.92	241.44	—	258.36	0.95
10	OUR	<i>Chelyosoma dofleini</i>	—	240.64	—	240.64	0.89

Index: CCI, Arthropoda crustacea cirripedia; EST, Echinodermata stelleroidea; MBI, Mollusca bivalvia; OBRA, Brachiopoda; OUR, Urochordata

보면 (Table 2), 절지동물 갑각류의 단각류에 속하는 미동정 옆새우류 (Amphipoda spp.), 연체동물 이매패류의 개적구 (*Modiolus agripetus*), 홍합 (*Mytilus coruscus*), 성구동물류의 상어잡질별벌레 (*Phascolosoma scolops*), 다모류의 Syllidae unid., 고리털갯지렁이 (*Eunice antennata*), 갑각류의 집게류인 갯가게불이 (*Petrolisthes japonicus*), 연체동물 복족류의 햇살뱀고둥 (*Lirularia pygmaea*), 이매패류의 태생굴 (*Striostrea circumpicta*) 및 갑각류의 미동정 바다대벌레류 (*Caprella* spp.) 등이었다. 이들 상위 10위 종들이 차지하는 밀도는 4,820개체로 전체의 67.17%를 차지하였다. 이 중에서 미동정 옆새우류와 개적구는 각각 1,580개체, 22.02%와 1,228개체, 17.11%를 점유하여 단일 종으로 가장 우점하는 생물이었다. 또한 해역별로 미동정 옆새우류는 독도에서 924개체로 가장 많았고, 가거도와 소화도에서는 각각 360개체와 296개체의 밀도를 보여 상대적으로 적었다. 반면 개적구는 가거도에서 984개체로 가장 많았고, 다음으로 소화도에서 244개체가 출현하였다. 그러나 독도에서는 채집되지 않았다.

생체량에 기초한 상위 우점종은 홍합, 태생굴, 개적구,

참굴 (*Crassostrea gigas*), 완족동물류의 세로줄조개사돈 (*Coptothyris grayi*), 갑각류의 만각류에 속하는 빨강따개비 (*Megabalanus rosa*), 척삭동물류의 게명게 (*Halocynthia hispida*), 극피동물류의 별불가사리 (*Asterina pectinifera*), 이매패류의 긴네모돌조개 (*Arca boucardi*) 및 척삭동물류의 거북등안장명게 (*Chelyosoma dofleini*) 등이었다 (Table 3). 이들 상위 우점종들이 나타내는 생체량은 25,942.80 g으로 전체의 95.66%를 차지하였다. 이 가운데 홍합과 태생굴은 각각 15,167.64 g과 4,781.16 g을 나타내 전체의 55.93%와 17.63%의 높은 점유율을 보였다. 특히 가장 높은 생체량을 나타낸 홍합은 가거도와 독도에서 각각 12,709.32 g과 2,458.32 g의 생체량을 보였고, 소화도에서는 출현하지 않았다. 반면 태생굴은 가거도와 소화도에서 각각 3,698.96 g과 1,082.20 g을 나타내었고, 독도에서는 채집되지 않았다.

본 연구에서 출현한 대형무척추동물의 출현 유무를 기초로 군집분석을 실시한 결과, 크게 2개의 그룹으로 나뉘었다 (Fig. 4). 이 가운데 그룹 1에는 가거도 정선 2의 하부 수심 정점을 제외한 가거도와 독도의 모든 정점이

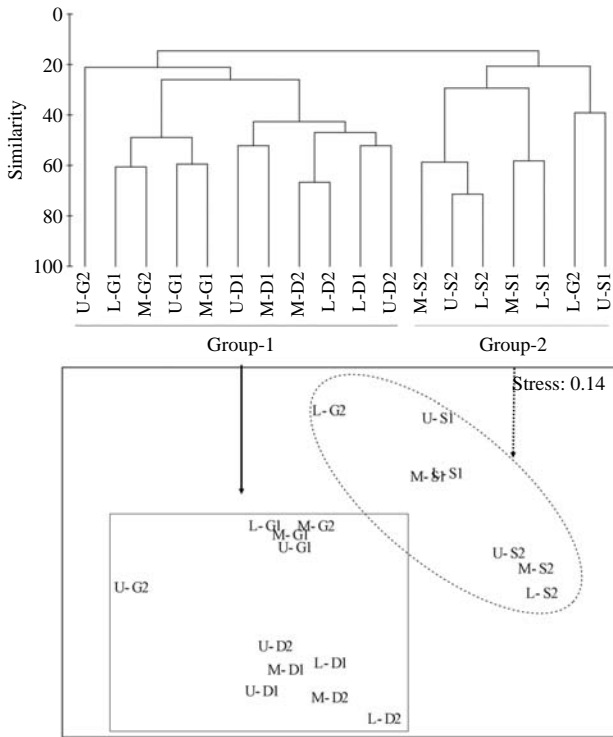


Fig. 4. Dendrogram for hierarchical clustering (upper) and 2-dimensional nMDS configuration (lower), calculated on abundance data in the study area, around Korean waters (U, upper; M, middle; L, lower; G, gageodo; S, sohwado; D, dokdo).

포함되었고, 그룹 2는 이를 제외한 정점들로 구성되었다. 전반적으로 연구해역의 모든 정점에서 미동정 옆새우류, 바다대벌레류 및 상어잡질벌레가 공통적으로 우점하였다. 이를 제외하면, 그룹 1에서는 고리털갯지렁이, Syllidae unid., 빨강따개비 및 홍합의 밀도가 높았다. 반면 그룹 2에서는 갯가게불이, 햇살밤고둥 및 세로줄조개사돈이 대표적인 생물이었다.

본 연구해역에서 출현한 대형무척추동물은 소화도에서 70종으로 가장 많았고, 다음으로 가거도와 독도가 각각 51종과 27종이었다. 이 가운데 개별 해역에서만 한정되어 출현한 대형무척추동물은 소화도, 가거도 및 독도의 순으로 각각 40종, 15종 및 10종이었다. 한편 3개 섬에서 공통적으로 출현한 종은 미동정 옆새우류 및 바다대벌레류, 갑각류의 애기털보부채게 (*Pilumnus minutus*), 이매패류의 애기돌맛조개 (*Lithophaga curta*)와 상어잡질벌레 등이었다. 이를 제외하면, 지리적으로 남해안에 위치한 소화도와 가거도에서는 총 22종이 공통적으로 출현하였고, 대표적인 생물로는 갑각류의 알통게불이 (*Pisidia serratifrons*), 빨물맛이게 (*Pugettia quadridens*), 새우류의 *Heptacarpus* sp., 개적구, 태생굴 및 햇살밤고둥 등이었다. 반면 독도와 가거도에서는 총 9종이 공통적으

로 출현한 가운데, 고리털갯지렁이, Syllidae unid., 빨강따개비 및 홍합이 대표적인 생물이었다. 마지막으로 독도와 소화도에서는 공통종이 매우 적어 갑각류의 꽃부채게 (*Macromedaeus distinguendus*), 별불가사리 및 이매패류의 아기가재더부살이조개 (*Kellia porculus*)가 유일하였다. 이상에서와 같이 남해안에 위치한 가거도와 소화도에서 공통적으로 출현한 대형무척추동물이 비교적 많았다. 그럼에도 불구하고, 군집구조에 있어서는 독도와 가거도에서 서식하는 대형무척추동물 군집이 보다 유사한 것으로 파악되고 있다. 이것은 본 연구의 군집구조 분석에 이용된 자료가 출현 종의 유무만을 판단하는 유사도를 적용하였다는 점에서 원인이 있다. 즉 소화도에서 특징적으로 출현하는 종이 전체 70종 가운데 40종으로 많았고, 종 조성에서도 2개 해역과 크게 차이를 보이고 있기 때문이다 (Fig. 5). 또한 기존연구에서 연체동물류만을 고려하여 비교한 결과, 독도는 가거도와 매우 유사한 종 조성을 나타낸다는 결과와도 일치한다고 볼 수 있다 (환경처 1994). 따라서 가거도의 대형무척추동물 군집이 대마난류의 영향을 받는 외해역에 위치한다는 점에서 보다 독도와 유사한 물리적 환경영향을 수렴한다는 것이 그 중요한 원인이었음을 추정할 수 있다 (독도해양수산연구회 2003). 제 등 (1997)도 독도의 조하대 생물군집은 남해역에 위치한 외양도서의 군집과 구조적으로 매우 유사한 형태를 보인다고 제시한 바 있어 동일하였다.

본 연구에서 가거도와 독도는 암반의 경사가 비교적 급한 절벽해안으로 이루어져 있으며, 여기에는 수직절벽을 서식처로서 선호하는 연산호류가 분포하고 있었다. 또한 소화도와는 구별되게 우리나라의 대표적인 수산생물인 홍합이 초 (reefs)를 형성하고 있었다. 반면 소화도는 암반의 경사도가 독도 및 가거도와 비교해 상대적으로 완만한 편이었으나, 2개 섬과 비교해 보다 큰 규모의 연산호 군락을 형성하고 있어 특징적이었다. 일반적으로 암반기질에 부착하거나 또는 군체를 형성하는 대형무척추동물은 파도와 같은 높은 물리적 에너지 환경으로부터 스스로를 보호하거나 또는 주변에 서식하는 생물 간의 경쟁과 그에 따른 서식처로부터의 이탈을 예방하기 위한 전략을 갖는다 (Harper 1991). 이 중 산호류, 이매패류, 갯지렁이류 및 현화식물류와 같은 생태계 선구종에 의해 형성된 생물초는 스스로의 서식에 유익할 뿐만 아니라, 다른 해양생물에게 서식 및 보육공간과 포식자로부터의 은신처를 제공하는 등 긍정적인 효과를 나타낸다 (Harper 1991). 따라서 생물초가 형성된 곳에 분포하는 대형무척추동물은 매우 다양할 뿐만 아니라, 이웃한 서식처와 비교해서도 상대적으로 높은 종 다양성과 밀도를 나타내게 된다 (Coen et al. 1999). 결국 홍합초의 존재만을 놓고 본

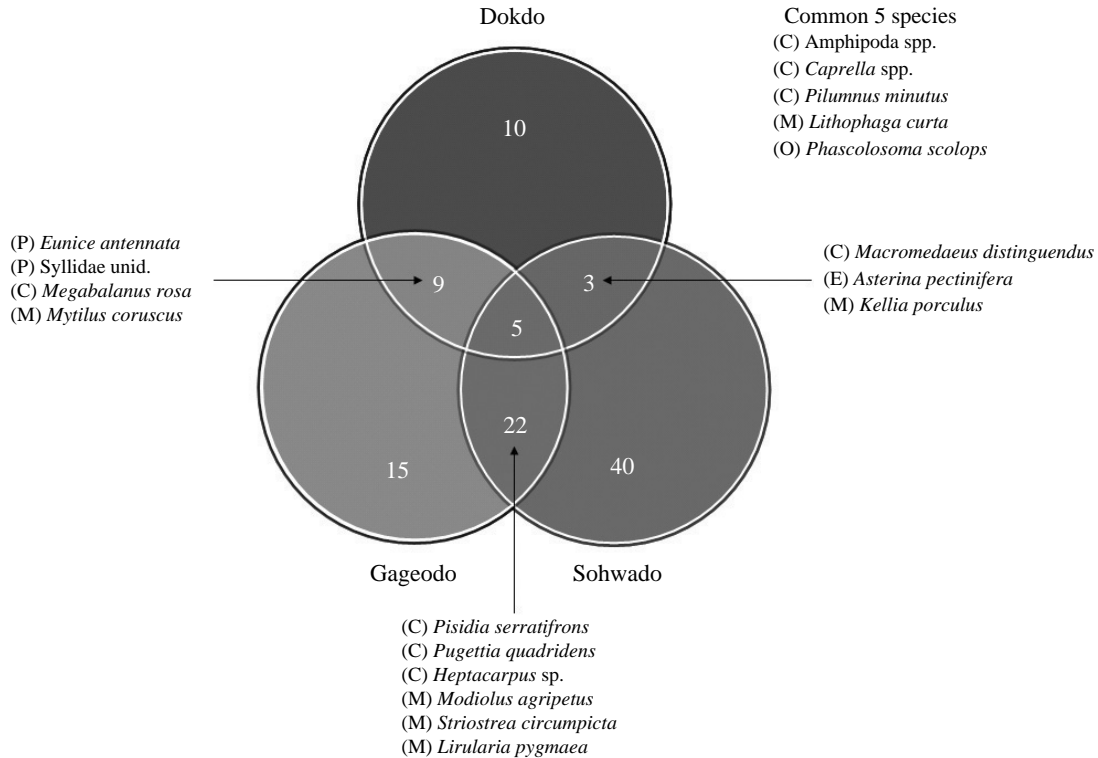


Fig. 5. Diagrammatic representation of the overall similarities and differences in number of macrobenthic animals collected in the study area, around Korean waters (P, polychaeta; C, crustacea; M, mollusca; E, echinodermata; O, others).

다면, 가거도와 독도가 소화도와 구분되는 유일한 차이로 볼 수 있다. 그럼에도 불구하고, 본 연구해역에서 소화도의 높은 생물다양성은 육지와의 거리에 따른 징집다리 효과와 함께 연산호 군락의 규모 정도가 크게 작용했을 것으로 판단된다. 다만 본 연구에서 가거도와 독도에 형성된 연산호 군락과 홍합초가 지지하는 높은 생물다양성은 발현되지 못하고 있다. 이것은 본 연구가 특정 시기인 하계에 단 1회의 현장조사에 한정하여 실시된 일과성 (snap-shot) 결과라는 점에서 그 원인이 있다고 생각된다.

적 요

본 연구는 가거도, 소화도 및 독도해역에 대한 2009년 8월의 조하대 암반조사를 통해서 해양생태계의 중요 구성생물 중의 하나인 대형무척추동물의 생물다양성, 생물량 및 군집구조를 파악하고, 이를 기초로 도서생물지리설 (The Theory of Island Biogeography)의 관점에서 3개 섬에 서식하는 대형무척추동물의 유사성 정도를 검증하였다. 연구해역에서 출현한 대형무척추동물은 총 104종, 7,176개체 (399 inds. m⁻²)와 27,120.68 g (1,506.70 g m⁻²)이었다. 연체동물류는 출현 종수, 개체수 및 생체량에 있어

서 각각 전체의 44.23%, 41.19% 및 90.32%를 점유하여 가장 우점하는 생물군이였다. 연구해역에서 출현한 대형무척추동물의 개체수와 생체량을 근거로 상위 10위까지의 우점종을 선정하였다. 개체수에 기초한 상위 10위 우점종들이 차지하는 밀도는 4,820개체로 전체의 67.17%를 점유하였다. 특히 절지동물 갑각류의 미동정 옆새우류 (Amphipoda spp.)와 연체동물 이매패류의 개적구 (*Modiolus agripetus*)는 각각 1,580개체, 22.02%와 1,228개체, 17.11%를 점유하여 단일 종으로 가장 우점하는 생물이었다. 생체량에 있어서도 상위 우점종들이 나타내는 생체량은 25,942.80 g으로 전체의 95.66%를 차지하였다. 이 가운데 이매패류의 홍합 (*Mytilus coruscus*)과 태생굴 (*Striostrea circumpicta*)은 각각 15,167.64 g과 4,781.16 g을 나타내 55.93%와 17.63%의 높은 점유율을 보였다. 연구해역에서 출현한 대형무척추동물의 개체수를 기초로 군집분석을 실시한 결과, 군집은 크게 2개의 그룹으로 나뉘었다. 그룹 1에는 가거도 정선 2의 하부 수심 정점을 제외한 가거도와 독도의 모든 정점이 포함되었고, 그룹 2는 이를 제외한 정점들로 구성되었다. 연구해역에서 갑각류의 미동정의 옆새우류, 바다대벌레류 및 성구동물의 상어집질벌레 (*Phascolosoma scolops*)가 공통적으로 우점하였다. 이를 제외하면, 그룹 1에서는 다모류의 고리털

갯지렁이 (*Eunice antennata*), Syllidae unid., 갑각류의 만각류에 속하는 빨강따개비 (*Megabalanus rosa*) 및 홍합의 밀도가 높았다. 반면 그룹 2에서는 갑각류의 집게류에 속하는 갯가게불이 (*Petrolisthes japonicus*), 연체동물 복족류의 햇살밤고둥 (*Lirularia pygmaea*) 및 완족동물의 세로줄조개사돈 (*Coptothyris grayi*)이 대표적인 생물이었다. 한편 본 연구에서 출현 종수는 소화도에서 가장 많았고, 다음으로 가거도와 독도의 순이었다. 각 해역의 면적과 육지와와의 떨어짐 정도를 기초로 도서생물지리설에 근거하면, 연구해역에서의 생물다양성은 도서생물지리설에 정확하게 일치하는 것은 아니지만 비교적 잘 부합되는 것으로 추정된다.

사 사

본 연구는 국토해양부의 해양생태계기본조사의 “경성기질(암반)생물조사 및 특별조사(2009)”의 일환으로 수행되었습니다.

참 고 문 헌

김재은, 홍선기. 2007. 도서의 경관생태학적 이해 - 섬생물지리학의 이론과 적용-. 도서문화. 30:30-54.
 김훈수, 최병래. 1981. 울릉도 및 독도의 해양 무척추동물상. 한국자연보존협회 조사보고서. 19:193-200.
 독도해양수산연구회. 2003. 독도 인근 해역의 환경과 자연적 가치. 시그마프레스.
 박홍식, 강래선, 명정구. 2002. 독도 연안 암반에 서식하는 초대형 저서동물의 수직분포와 산업종의 현존량 추정. Ocean and Polar Res. 24:457-464.
 승영호. 1992. 한반도 주변의 수괴와 해수순환. 한국해양학회지. 27:324-331.
 이지은. 2000. 독도의 갯지렁이상과 분포. 대구효성카톨릭대학교원 이학석사학위 청구논문. 52pp.
 제종길, 강래선, 명철수, 이종수, 이시완, 신상호. 1997. 독도의 해양저서생물상(예보). 수중과학기술. 1:67-80.
 제종길, 최광식, 이영든, 고동범, 김병일. 2002. 우리나라 해양생물. 도서출판 다른세상, 서울. 391pp.
 차재훈, 제종길, 김기태. 2000. 울릉도·독도 조간대 저서동물의 계절적 변이에 대한 연구. 수중과학기술. 2:1-7.
 최병래, 박중기, 이종락. 1996. 울릉도·독도의 해산 연체동물. 자연실태종합보고서. 10:353-411.
 최세웅. 2000. 한반도 도서지역 나비 종 수에 미치는 생태학적 영향에 관한 연구 - 섬 면적, 격리정도, 위도 및 최고 고도의 역할-. 환경생물. 18:237-246.
 최진우, 현상민, 김동성, 김웅서. 2002. 한국 동해 독도 주변

천해 및 사면해역의 대형저서동물군집. Ocean and Polar Res. 24:429-442.
 해양수산부. 1998. 독도해양환경·수산자원보존을 위한 기초연구. 독도해양·수산연구회. 544pp.
 홍병규, 손민호, 서인수, 김미향, 이해원, 최영민, 전영렬. 2008. 독도 연체동물상에 대한 추가 종 보고. 한국패류학회지. 24:199-203.
 홍재상. 1981. 독도의 해양저서생물상의 잠수관찰. 한국자연보존협회 조사보고서. 19:229-236.
 환경처. 1994. '93 자연생태계 지역 정밀조사 보고서-, 소속산도.
 환경부. 1999. (제2차)전국자연환경조사-제3차년도-, 소속산도.
 환경부. 2000. 전국 무인도서 자연환경조사-전라남도 완도군 II.
 Choe BL and JR Lee. 1996. Opisthobranchus (Mollusca: Gastropoda) from Ullung and Dog-do Islands, Korea. Korean J. Zool. 37:352-376.
 Choi IY, BK Hong, KA Jeon and MH Son. 2006. Echinoderm fauna of Dokdo, Korea. J. Fish. Sci. Technol. 39(Special Issue):231-235.
 Coen LD, MW Luckenbach and DL Breitburg. 1999. The role of oyster reefs as essential fish habitat: a review of current knowledge and some new perspectives. In Fish habitat: essential fish habitat and rehabilitation (LR Benaka ed.). American Fisheries Society Symposium, Bethesda, Maryland. 22:438-454.
 Harper EM. 1991. The role of predation in the evolution of cementation in bivalves. Paleontology 34:455-460.
 Hong BK, MH Kim, JN Kim and KA Jeon. 2006. Decapod crustaceans of Dokdo Island, Korea. J. Fish. Sci. Technol. 39(Special Issue):252-258.
 Kim HS. 1978. Faunistic study of arthropods on Island Dokdo in Korea. Nature Conservation (Seoul) 23:13-15.
 MacArthur RH and EO Wilson. 1963. An equilibrium theory of insular zoogeography. Evolution 17:372-387.
 MacArthur RH and EO Wilson. 1967. The Theory of Island Biogeography, Princeton University Press, Princeton, New Jersey.
 Son MH and SY Hong. 1992. A catalogue of marine molluscs of Dokdo Island. Pub. Island. Res. Soc. Korea 1:71-88.
 Son MH, BK Hong, SY Hong, KA Jeon and CH Moon. 2004. Report of twenty five additional molluscan species from rocky inter- and subtidal area of Dokdo Island, Korea. Korean J. Malacol. 20:135-140.
 www.dokdo.go.kr