

<Note>

독도 · 울릉도 및 동해안 암반조간대 무척추동물상의 분포 연구를 위한 예비연구

차 재 훈 · 김 미 경^{1,*}

(주)국토해양환경기술단 부설 환경모니터링연구소
¹영남대학교 해양과학연구소

A Preliminary Study for the Distribution of Rocky Intertidal Fauna in the Korean Coastal Areas of the East Sea including Dokdo and Ulleungdo

Jae-Hoon Cha and Mi-Kyoung Kim^{1,*}

Land Ocean Environment Co Ltd. D-1301, Digitaempire I. 980-3,
Yeongton-dong, Yeongtong-gu, Suwon-si, Gyeonggi-do 443-702, Korea

¹Marine Science Research Center, Yeungnam University,
214-1 Dae-dong Gyeongsan-si, Gyeongsang buk-do 712-749, Korea

Abstract - To study the characteristics of rocky intertidal invertebrate fauna on the coastal areas of the East Sea, seven regions including Dokdo, Ulleungdo, Gyeongju, Pohang, Yeongdeok, Uljin, and Gangwondo, the common species ratio (%) and similarity index using Bray-Curtis similarity matrix were calculated. The contributed species for dissimilarity between Dokdo and the other East Sea's coastal areas were selected by using SIMPER. The common species ratio and the cluster analysis showed that Ulleungdo presented the highest similarity. However, Yeongdeok showed the highest similarity in the eastern coastal areas, and Gangwondo showed the lowest one. However the cluster analysis revealed the discrimination of the rocky intertidal invertebrate community on Dokdo with others region caused by the particularity of rocky shores exposed to strong wave action and by the particular distribution of rocky intertidal invertebrate fauna in Dokdo.

Key words : rocky intertidal invertebrate fauna, coastal area of East Sea, Ulleungdo, Dokdo

서 론

우리나라의 동해안 연안은 최동단에 위치한 울릉도와 독도 그리고 강원도와 경상북도 경상남도로 구성되어 있으며, 울릉도와 독도의 경우는 암반과 자갈로 된 해안

지역과 한반도의 동해안지역은 암반과 모래 그리고 자갈로 이루어져 있다. 이 지역의 주요해류 경로는 남쪽으로부터 대한해협을 통해 유입되는 고온고염의 대마 난류수와 그 연장인 한반도 동해안을 따라 북상하는 동한 난류수, 동해안을 따라 남하하는 북한 한류계수, 그리고 중층과 저층의 대부분을 차지하고 있는 동해고유수의 세력에 따라 변화한다(Paik 1998).

따라서 울릉도와 독도의 해양생물상은 동 위도의 동해안지역과는 다른 생물상을 가지고 있으며, 오히려 난

* Corresponding author: Mi-Kyoung Kim, Tel. 053-810-3863,
Fax. 053-813-0726, E-mail. mkkim@ynu.ac.kr

류의 영향으로 제주도 등 한반도 남해안의 생물상과 유사하다고 보고되고 있다 (Je *et al.* 1998; Paik 1998; Lee 2000). 특히 다모류의 경우 제주도, 남해 및 울릉도와의 공통종의 일치도는 85%에 달한다고 보고하고 있다 (Lee 2000). 또한 독도연구보존협회에서 보고한 고등류의 지리분포를 보면, 독도는 울릉도와 중유사도가 66%로 결합되고, 이 두 섬은 다시 소흑산도와 63%의 유사성을 보였다고 보고하였다. 또한 동해상에 위치한 강릉은 독도와 비슷한 위도상에 위치하지만 고등류의 종조성에는 상당한 차이가 있으며, 오히려 남해상에 위치한 완도, 진도, 기장과 상대적으로 높은 유연관계를 나타내고 있어, 강릉보다 더 높은 종조성의 중복을 나타내었다 (Je *et al.* 1998).

그러나 지금까지의 독도와 다른 지역간의 해양무척추동물상의 분포에 대한 논란은 조하대 생물상을 포함한 전체적인 경성저질에 서식하는 무척추동물을 대상으로 한 결과물에 의한 것이다. 조간대 암반무척추동물의 경우 수온의 변화가 크고, 외부온도와 과도등 외부에너지의 영향과 강우, 강설 등의 기상조건의 영향을 많이 받는 것으로 알려졌다 (Menge *et al.* 1985; Kronberg 1988; McCoy and Bell 1991; Ricciardi and Bourget 1999; Meajer *et al.* 2011; Harley and Helmuth 2003). 그러나 독도와 다른 한반도연안지역의 동시간대의 현장 조사는 이루어진 바 없으며, 문헌상의 결과로써만 보고되어 조사자들과 조사시기간의 차이가 있을 수 있다 (Je *et al.* 1998). 따라서 그동안 조사가 어려웠던 독도의 조간대 무척추동물상을 조사하는 시점에서 울릉도와 경상북도, 강원도의 암반조간대해안을 동시에 조사한다면, 첫째로 동해안 전체의 암반조간대 무척추동물상을 조사하는 계기가 될 것이며, 두번째로는 독도 암반조간대무척추동물상의 특징을 더욱 선명하게 설명할 수 있는 연구 자료로서 활용할 수 있을 것이며, 마지막으로 기후변화에 민감한 조간대암반무척추동물상의 연구를 통해서 생물상의 변화를 추적할 수 있는 기초자료가 될 것이다.

재료 및 방법

1. 조사정점

동해안 해안 생태계모니터링을 위한 조사정점은 경북 연안 12개, 강원도 5개, 울릉도 3개, 독도 5개로 총 4개 지역 25개 정점이며, 조사정점의 위치는 Fig. 1에 나타냈다. 동해안의 정점들은 주로 암반해안위주로 선정하였으



Fig. 1. Map showing sampling sites of coastal area in East Sea including Ulleungdo (A) and Dokdo (B). (GW5, PH1, GA, W1, W2 and E1 were excepted from sampling site as the boulder beach).

며, 이는 독도와 울릉도와 달리 동해안에서는 몽돌해안을 찾기 힘들기 때문이다. 독도와 울릉도에는 암반해안과 자갈 및 몽돌해안에 정점으로 포함된 반면, 동해안에서는 강원 5 (GW5)와 포항 1 (PH1)만이 자갈 몽돌해안이었다. 이와 같은 암반기질의 차이는 조사대상의 차이가 처음부터 극명히 나타날 수 있기 때문에 자갈 및 몽돌해안 정점들은 비교대상에서 제외하여 본 조사에서는 19개의 정점만을 다뤘다. 동해안의 정점은 정점간의 거리를 일정하게 유지하여 노력하였으며, 울릉도와 독도의 관계를 고려하여, 강원도보다는 경북해안에 좀 더 많은 정점을 선정하였다. 조사기간은 2009년 4월 29일에서 5월 4일까지로 독도와 울릉도를 조사한 후 바로 동

해안지역의 조사를 실시하여 시간적인 간격을 최대한으로 줄였다.

2. 연구방법

암반해안에서의 조사범위는 전체적인 암반지역과 파식대를 조사하였으며, 자갈해안의 경우 자갈표면에 서식하는 종을 위주로 수면에 들어난 자갈 위와 수면의 관찰 가능한 지역까지 조사하였다. 주로 50 cm × 50 cm의 방형구를 이용 정량적인 채집을 하였으며, 20 내지 30분간의 정성적인 채집을 병행하였다. 동해안의 경우 조수간만의 차가 적으나, 파도와 해류에 의해 조간대의 폭은 약 4~5 m, 혹은 10여 미터로 넓게 펼쳐져 있는 정점도 존재하였다. 조사거리의 정점 간에 차이는 있으나, 약 50~60 m 정도로 도보로 사진촬영을 주로 하였으며, 몇몇 정밀조사가 필요한 종은 채집하였다. 채집된 시료는 5%의 중성포르말린으로 고정하여, 실험실로 옮긴 후 80%의 에틸알콜로 바꿔 고정한 후 종 단위까지 분류하였다. 해안무척추동물의 수직분포는 조수간만의 차가 적은 지역에서는 구분이 불분명하여 해안에서 육안으로 관찰되는 종을 위주로 조사하였다. 그러나 경우에 따라서 수중에서만 존재하는 종도 육안으로 관찰될 시에는 조사하였으며, 잠수조사는 시행하지 않았다.

3. 자료분석방법

각 정점의 우점종은 개체수밀도의 순으로 최우점종과 차우점종을 선정하였으며, 독도와외의 공통출현종은 독도의 출현종과 대상지역의 출현종을 비교하여 공통출현종과 총출현종의 비율을 퍼센트(%)로 나타냈다.

공통종 출현율

$$= (\text{공통출현종수} \times \text{독도와 비교지역의 총출현종수}^{-1}) \times 100$$

독도와 그 외 지역의 무척추동물동물상과의 유사도를 알아보는 방법으로는 각 정점별 출현종을 지역별로 묶고 Log 변환된 생물자료로, Bray-Curtis similarity index를 구하고, 그 결과 만들어진 유사도 행렬을 기초하여 집괴분석(cluster analysis)과 다차원척도법(Non-metric multidimensional scaling: MDS)분석을 수행하였다. 이 과정에서 나타난 군집과 독도의 군집간의 특징종을 찾아내기 위해 SIMPER (Similarity Percentages)분석을 적용하였으며 (Clarke and Warwick 1994), 상위 5종만을 주요 특징종을 선별하였다. 이와 같은 통계분석에는 PRIMER (ver 6.1.6)를 사용하였다.

결과 및 고찰

1. 종조성 및 우점종

본 조사에 출현한 종은 총 52종으로 출현한 5개 동물문종 연체동물이 37종으로 가장 많았고 따개비류를 포함한 절지동물이 8종 그리고 자포동물에서 3종 그리고 환형동물문과 극피동물문에서 각각 두 종이 출현하였다 (Table 1).

가장 많은 종이 출현한 지역은 경상북도의 남부지역으로 총 39종이 출현하였으며, 다음은 경상북도 북부지역으로 28종이 출현하였다. 강원도 지역의 경우 21종이 출현하였고 울릉도와 독도는 각각 17종과 13종이 출현하였다.

출현동물군의 출현빈도를 보면 연체동물이 전 조사지역에서 높은 빈도로 출현하였고, 다음으로 절지동물이 전 조사지역에서 출현하였으며, 자포동물은 강원도지역을 제외한 전 조사지역에서 출현하였다. 이외에 환형동물과 극피동물은 두 지역에서만 출현하였다.

정점별 동물군별 출현 분포를 보면, 포항1에서 20종으로 가장 많은 종이 출현하였으며, 다음으로 울진2와 경주1에서 16종이 출현하였다. 가장 종이 적게 출현한 지역은 독도의 정점 E3로 7종만이 출현하였다 (Table 1). 전체적인 정점별 출현종수를 볼 때 독도가 다른 지역에 비해 대체로 적은 종수를 보였는데 독도에서의 조사시간이나 기상조건이 다른 지역에 비해 어려웠기 때문으로 생각된다.

정점별 우점종을 보면 동해안 일원에서는 굽은줄격판담치 (*Septifer virgatus*)와 조무래기따개비 (*Chthamalus challenger*) 그리고 총알고둥 (*Littorina brevicula*)이 크게 우점하고 있음을 알 수 있었고, 울릉도의 경우도 조무래기따개비와 총알고둥도 우점하였지만 감장각시고둥 (*Monodonta perplexa*)과 배무라기 (*Nipponacmaea schrenckii*) 등도 우점종으로 나타났으며, 동해안일원에서 우점종이었던 굽은줄격판담치 (*S. virgatus*)는 울릉도와 독도에서 본 조사에서는 나타나지 않았다. 독도에서의 우점종은 거복손 (*Pollicipes mitella*)과 갈색꽃해면발미잘 (*Anthopleura japonica*), 조무래기따개비 (*Ch. challenger*) 등 정점간의 차이를 보이며 나타났었다 (Table 2).

2. 독도와 그 외 동해안지역의 암반저서동물군집에 대한 분석

지역별로 비교한 독도 암반해안무척추동물의 공통종

Table 1. The number of species collected in sampling sites

Region	Station	Cnidaria	Mollusca	Annelida	Arthropoda	Echinodermata	Total	Regional total
GW	GW1	—	7	—	1	—	8	21
	GW2	—	10	—	2	—	12	
	GW3	—	12	—	2	—	14	
	GW4	1	13	1	1	—	16	
GB-N	UJ1	—	7	—	1	—	8	28
	UJ2	1	11	—	4	—	16	
	UJ3	—	8	—	—	—	8	
	YD1	—	10	—	2	—	14	
	YD2	2	10	—	2	—	13	
GB-S	YD3	1	9	—	4	—	15	39
	PH1	2	13	1	4	—	20	
	PH2	2	6	1	1	—	8	
	GJ1	1	9	1	3	2	16	
	GJ2	—	6	—	2	—	8	
UD	GJ3	2	7	—	4	—	13	17
	CS	2	8	—	4	—	14	
DD	NS	—	8	—	1	—	9	13
	E2	1	6	—	1	1	9	
Total	E3	2	2	—	3	—	7	52
		3	37	2	8	2		

(GW: Gangwondo, GB-N: Northern Gyeongsang Bukdo, GB-S: Southern Gyeongsang Bukdo, UD: UlleungDo, DD: DokDo, UJ: Uljin, YD: Yeongdeok, PH: Pohang, GJ: Gyeongju, CS: Chusanri, NS: Naesujun, E2: Dongdo 2 E3: Dongdo 2)

Table 2. List of dominant species in the stations

Region	Station	Dominant species	Second dominant species
GW	GW1	<i>Chthamalus challenger</i>	<i>Septifer virgatus</i>
	GW2	<i>Chthamalus challenger</i>	<i>Siphonaria japonica</i>
	GW3	<i>Septifer virgatus</i>	<i>Chthamalus challenger</i>
	GW4	<i>Chthamalus challenger</i>	<i>Septifer virgatus</i>
KB	UJ1	<i>Septifer virgatus</i>	<i>Chthamalus challenger</i>
	UJ2	<i>Septifer virgatus</i>	<i>Chthamalus challenger</i>
	UJ3	<i>Septifer virgatus</i>	<i>Chthamalus challenger</i>
	YD1	<i>Chthamalus challenger</i>	<i>Septifer virgatus</i>
	YD2	<i>Littorina brevicula</i>	<i>Chthamalus challenger</i>
	YD3	<i>Littorina brevicula</i>	<i>Chthamalus challenger</i>
	PH1	<i>Chthamalus challenger</i>	<i>Septifer virgatus</i>
	PH2	<i>Littorina brevicula</i>	<i>Balanus reticulatus</i>
	GJ1	<i>Mitrella bicincta</i>	<i>Littorina brevicula</i>
	GJ2	<i>Septifer virgatus</i>	<i>Littorina brevicula</i>
UD	GJ3	<i>Septifer virgatus</i>	<i>Littorina brevicula</i>
	CS	<i>Chthamalus challenger</i>	<i>Littorina brevicula</i>
DD	NS	<i>Littorina brevicula</i>	<i>Monodonta perplexa</i>
	E2	<i>Anthopleura japonica</i>	<i>Pollicipes mitella</i>
	E3	<i>Chthamalus challenger</i>	<i>Pollicipes mitella</i>

출현율은 가장 가까운 지역에 위치해 있고 섬이라는 공통점으로 울릉도가 31.82%로 가장 높았으며, 동해안지역은 울진과 영덕이 각각 25%로 높았으며, 경주가 17.65%, 강원이 10%로 나타났고 포항이 9.52%로 가장 낮게 나

타났다 (Fig. 2).

공통출현종에 의한 분석은 종의 출현여부만을 가지고 분석하였지만, Bray-Curtis 유사도지수법에 의한 분석은 종의 개체수밀도를 반영한 것이다. 따라서 종의 우점도

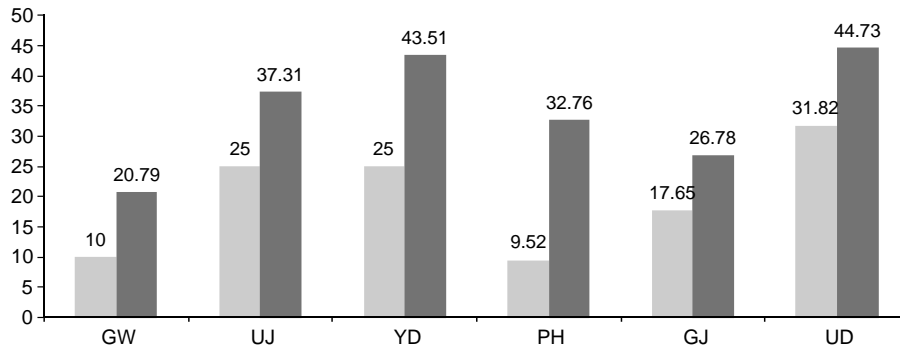


Fig. 2. The ratios (%) of common species (■) and Bray-curtis similarity (%) (■) between Dokdo and the other regions.

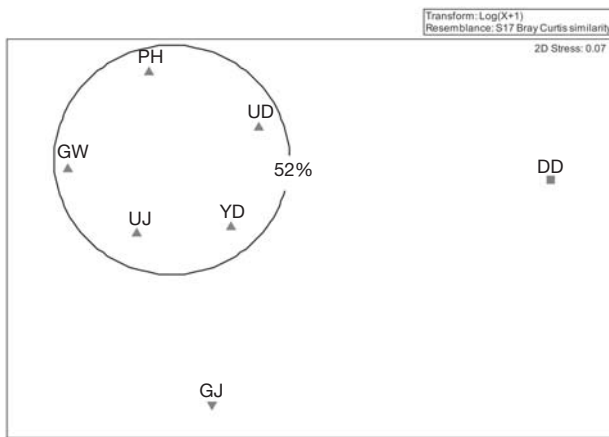


Fig. 3. MDS plots from results of Bray-Curtis similarity matrix. The percentage data on the line of circle refer to similarity of cluster analysis performed with Bray-Curtis similarity matrix.

가 반영되어 좀 더 현실적인 분석이 가능하다. 그 결과 수치의 차이는 있지만 실제로 공통종 출현비와 유사한 결과를 얻을 수 있었다 (Fig. 2). 독도와 유사도지수를 봤을 때 이번 결과도 역시, 울릉도가 44.73%로 가장 높았으며, 동해안 연안에서는 영덕이 43.51%로 가장 높았다. 그 다음에는 울진 (37.31%)이었으며, 공통종출현율에 있어서 가장 낮았던 포항은 32.76%를 나타냈다. 가장 낮은 유사도는 강원으로 20.79%를 나타냈다. 독도와 비교하였을 때 다른 모든 지역이 50% 이하의 낮은 유사도 지수를 보였다 (Fig. 2).

Bray-Curtis matrix를 이용한 집괴분석을 보면, 울릉도와 포항 그리고 울진, 강원, 영덕 지역이 50% 이상의 유사도로 묶일 수 있었으며, 경주와 독도가 독립적인 정점으로 나타났다 (Fig. 3). 집괴분석상에 나타난 강원과 울진은 지리적으로 이웃한 지역으로 60% 이상의 높은 유

Table 3. Result of SIMPER between Dokdo and others communities

Group	Contributed species	Av. Diss	Contrib %	Cum. %
G1 (GW, UJ, YD, UJ, UD) & Dokdo	<i>Septifer virgatus</i> (Mo)	4.78	7.45	7.45
	<i>Cellana grata</i> (Mo)	3.44	5.36	12.81
	<i>Lottia dorsuosa</i> (Mo)	3.29	5.13	17.94
	<i>Nodilittorina radiata</i> (Mo)	3.12	4.86	22.81
	<i>Nipponacmaea schrenckii</i> (Mo)	3.07	4.78	27.59
G2 (GJ) & Dokdo	<i>Septifer virgatus</i> (Mo)	5.3	7.24	7.24
	<i>Mitrella bicincta</i> (Mo)	4.31	5.89	13.14
	<i>Anthopleura kurogane</i> (Cn)	3.79	5.18	18.32
	<i>Lottia kogamogai</i> (Mo)	3.77	5.14	23.46
	<i>Hemicentrotus pulcherrimus</i> (Ec)	3.1	4.23	27.7

(Mo): Mollusca, (Ar): Arthropoda, (Ec): Echinodermata, (Cn): Cnidaria

사도를 나타내고 있으며, 영덕과 울릉도도 60% 이상의 유사도를 보였다. 그러나 비교적 가까운 울릉도와 독도는 집괴분석이나 MDS분석에서도 유사도가 떨어지는 지역으로 나타났다. 동해안에서는 경주가 독도는 물론 동해안의 지역들과도 유사도가 떨어지는 지역으로 나타났다 (Fig. 3).

유사도가 높은 지역들을 그룹으로 묶어서 SIMPER 분석을 통하여 독도와 비유사도에 기여한 종들을 분석하여 Table 3에 나타내었다.

먼저 경주를 제외한 동해안지역을 Group 1 (G1)이라 했을 때 독도와 차이가 나게 한 종은 굵은줄격판담치 (*S. virgatus*)와 진주배말 (*Cellana grata*) 그리고 두드럭배말 (*Lottia dorsuosa*)로써 이 종들은 본 조사에서는 독도에서 발견되지 않았지만 독도의 다른 정점에서는 발견되고 있다 (Cha and Kim 2012). 경주를 Group 2 (G2)로 보았을 때 주요 특징종은 굵은줄격판담치 (*S. virgatus*)와 보리무룩 (*Mitrella bicincta*), 검정꽃해변말미잘 (*Anthopleura kurogane*) 등이 특징종으로 나타났다.

3. 암반조간대를 중심으로 본 독도와 울릉도 그리고 동해안의 무척추동물분포

암반 해안무척추동물 중 우점생물군인 고동류를 이용한 한반도 전 연안과 제주도, 울릉도, 독도를 포함한 생물지리학적 분석을 보면 독도와 서해안의 유사사도는 모두 21%로 낮았고 특히 영흥도와는 9%로 가장 낮은 값을 나타내었다. 또한 부산의 기장, 완도, 진도가 50% 이상의 유사도를 보였으며, 강릉은 기장과 55% 정도의 유사성을 보였다. 이때 동해안의 유일한 정점인 강릉은 독도와 43%의 유사도를 나타냈다 (Je *et al.* 1998). 그러나 이 연구는 첫째, 전체 무척추동물군 중 복족류만을 대상으로 하고, 둘째, 조간대와 조하대의 구분이 없이 조사되었으며, 셋째는 동해안에서는 강릉과 거의 남해안에 위치한 부산의 기장만이 조사되었다는 점에서 본 연구와 차이가 있다. 따라서 조간대의 경우는 다를 수 있다. 조간대의 경우 조하대에 비해 좀더 많은 환경적인 변수가 존재함으로 해류에 의해 운반되는 생물은 독도해역으로 올 수 있으나, 좀 더 강한 환경스트레스가 존재하는 조간대에 서식하는 생물은 더 큰 차이점을 보일 수 있다 (Kronberg 1988; Ricciardi and Bourget 1999; Harley and Helmuth 2003). 본 연구는 비록 한차례에 걸친 예비연구이지만, 독도의 암반조간대와 다른 지역의 암반조간대와 유사도면에서 큰 차이를 보였다. 동해안은 위도구배를 보일 수도 있었지만 대체적으로 유사한 군집을 형성하는 것으로 나타났다 하지만 경남지방을 포함하는 조사에서는 어떤 결과가 나타날지는 장담을 할 수 없으며, 앞으로 경남지역을 포함한 연구가 이어져야만 할 것이다. 그러나 본 연구에 있어서 독도 암반저서생태계가 다른 동해안 연안과 차이를 보인 것은 항시 강한 파도에 의해 만들어진 암반해안의 특이성, 이에 따른 독특한 독도만의 생물종 분포에 의한 것으로 볼 수 있으며 (Cha and Kim 2012) 앞으로 더욱 구체적이고 장기간의 연구가 이어져야 할 것으로 보인다.

적 요

동해안의 암반조간대 무척추동물상의 분포 특성을 연구하기 위하여 독도를 비롯한 울릉도, 경상북도의 경주, 포항, 영덕, 울진 그리고 강원도 등 총 19개 정점의 암반조간대무척추동물상을 조사하여 출현종의 유사도를 공통종의 출현비율 (%)과 Bray-Curtis similarity matrix를 이용한 집괴분석과 MDS를 이용하여 분석하였으며

SIMPER를 이용하여 독도와 그 외의 동해안 암반저서 무척추동물의 특징종을 선출하였다. 공통종의 출현비율과 집괴분석결과, 가장 가까이 위치한 울릉도를 제외하면, 경상북도의 영덕이 가장 높은 유사도를 보였으나, 전체적으로 독도 암반저서생태계는 다른 동해안 연안과 차이를 보인 것으로 나타났다.

사 사

본 논문은 2012년도 교육과학기술부 지정, 정책중점연구소 지원사업으로 수행되었습니다. 또한 본 연구는 대구지방환경청에서 주관하는 2009년도 독도생태계모니터링의 일환으로 수행되었으며, 독도와 동해안조사에 많은 도움을 주신 대구지방환경청 자연환경과장님과 생태관리팀, 김두찬, 김성대, 박강욱 생태조사연구원의 지원과 협조로 이루어졌음을 밝히며, 심심한 감사를 드립니다.

참 고 문 헌

- Cha JH and MK Kim. 2012. Spatial distribution of marine invertebrate communities on Intertidal rocky shore in Dokdo. Korean J. Environ Biol. 30:143-150.
- Clarke KR and RM Warwick. 1994. Changes in marine communities: an approach to statistical analysis and interpretation, Natural Environment Research Council, Plymouth Marine Laboratory, UK, 144 pp.
- Harley Ch. DG and BST Helmuth. 2003. Local- and regional-scale effects of wave exposure, thermal stress, and absolute versus effective shore level on patterns of intertidal zonation. Limnol. Oceanol. 48:1498-1508.
- Je JG, SW Lee, SH Shin and CH Kho. 1998. Biogeological distribution of Mollusks on the rocky shore in Dokdo islands. Association of Dokdo research and conservation Series of Dokdo research No. 4:119-139.
- Kronberg I. 1988. Structure and adaptation of the fauna in the black zone (littoral fringe) along rocky shores in northern Europe. Mar. Ecol. Prog. Ser. 49:95-106.
- Lee JE. 2000. Fauna and distribution of Polychaeteous Annelids in Dokdo Islands Dissertation of Master degree, the graduate school, Catholic University of Taegu-Hyosung 52pp.
- McCoy ED and SS Bell. 1991. Habitat structure: the evolution and diversification of a complex topic. pp. 3-27 In Habitat structure, the physical arrangement of objects in space (Bell SS, ED McCoy, HR Mushinsky eds.). Chapman & Hall,

- New York.
- Meager JJ, TA Schlacher and M Green. 2011. Topographic complexity and landscape temperature patterns create a dynamic habitat structure on a rocky intertidal shore. *Mar. Ecol. Prog. Ser.* 428:1-12.
- Menge BA, J Lubchenco and LR Ashkenas. 1985. Diversity, heterogeneity and consumer pressure in a tropical rocky intertidal community. *Oecologia* 65:394-405.
- Paik EI. 1998. Fauna and geological distribution of Polychaete-ous Annelids in Dokdo Islands. *Series of Dokdo research No.* 4:99-118.
- Ricciardi A and E Bourget. 1999. Global patterns of macroinvertebrate biomass in marine intertidal communities. *Mar. Ecol. Prog. Ser.* 185:21-35.

Received: 26 August 2013

Revised: 6 September 2013

Revision accepted: 7 September 2013