

울진 조하대 경성암반 해역 대형무척추동물의 생물다양성

이재호¹ · 황강석² · 노현수¹ · 최창근^{3*}

¹한국해양과학기술원 동해연구소

²국립수산과학원 연근해자원과

³부경대학교 생태공학과

Biodiversity of Macrofauna at Subtidal Rocky Shore Around Uljin, Korea

Jae Ho Lee¹, Kang Seok Hwang², Hyun Soo Rho¹, Chang Geun Choi^{3*}

¹East Sea Research Institute, Korea Institute of Ocean Science & Technology, Uljin 36315, Korea

²National Institute of Fisheries Science, Busan 46083, Korea

³Department of Ecological Engineering, Pukyong National University, Busan 48513, Korea

Corresponding Author

Chang Geun Choi
Department of Ecological Engineering,
Pukyong National University, Busan
48513, Korea
E-mail : cgchoi@pknu.ac.kr

Received : March 24, 2016

Revised : April 18, 2016

Accepted : April 25, 2016

울진 해역 경성암반 조하대 대형무척추동물의 생물다양성을 분석하기 위하여, 2010년 3월부터 2013년 2월까지 3년간 총 5개 정점을 대상으로 계절별로 연구를 실시하였다. 이 지역에서 대형 무척추동물은 총 146종이 출현하였고, 우점 분류군은 연체동물(67종), 절지동물(27종)로, 절지동물(6,468개체), 연체동물(1,098개체), 극피동물(584개체) 순으로 총 8,688개체가 출현하였다. 계절별 조사 시 여름철에 총 96종, 2,525개체가 출현하여 가장 높았고, 정점별 조사에서는 정점 4에서 가장 많은 출현종수에 가장 낮은 개체수를 보였으며(81종, 1,377개체수), 정점 3에서 가장 낮은 출현종수에 가장 높은 개체수가 출현하였다(45종, 2,213개체수). 이러한 결과는 다양도와 균등도에 서는 복족류가 풍부도 측면에서는 따개비류가 큰 영향을 준 것으로 나타났으며, 정점 3에서 따개비류가 83.4%의 비율로 다른 정점에 비해 최고 2배 이상 차이를 보여 따개비류가 서식하기 좋은 환경으로 판단되었다.

Macrofauna and community structure were investigated seasonally at five sites in subtidal zone of Uljin on the east coast of Korea from March 2010 to February 2013. A total of 146 species were collected and identified, including 67 molluscs, 27 arthropods, and 8,688 individuals, including 6,468 arthropods, 1,098 molluscs and 584 echinoderms. In the seasonal investigation, summer has been the highest in 96 species and 2,525 number of individuals. Site 4 was the highest species but number of individuals were the lowest (81 species with 1,377 number of individuals), whereas site 3 was the lowest species and number of individuals were the highest (45 Species with 2,213 number of individuals). These result indicate that *Balanus* species affected to richness and the other side a gastropod influence by diversity and evenness. And site 3 seems to be good habitate environment for *Balanus* as the result of 83.4% of *Balanus* rather than other sites.

Keywords: Rocky subtidal(암반 조하대), Community(개체군), Macrofauna(대형무척추동물), Uljin(울진)

서론

우리나라 동해안은 해안선이 단조롭고 조차가 2.0m 이하인 소조 차 해안으로, 물리환경적 특성으로 조석보다 파랑의 영향이 우세한 것으로 알려졌다(Hwang et al., 2014). 또한 해안선에서 멀어질수록

수심이 깊어지는 수심구배가 뚜렷이 나타나며, 냉수대와 온수대의 형성과 소멸이 반복되는 해역 특성을 보인다(Hwang et al., 2008). 이러한 파랑, 수심 구배, 해수의 냉온수대 형성과 같은 물리 환경인 자의 변화는 대형저서동물의 개체군과 군집에 많은 영향을 줄 것으로 판단된다.

이번 연구지역인 울진 해역은 난수역과 냉대역이 교차하여 해황의 공간적인 변화가 있으며(Kim and Min, 2008), 해안선이 단조롭고 외해와 직접적으로 연결되어 있어 파도의 영향이 있으며 조석간만의 차이가 적은(Boo, 1987) 우리나라 동해안의 특징을 지니고 있는 지역이다.

경성암반에 서식하는 해양생물은 주변 환경과 밀접한 연관이 있으며, 무기해양환경의 일차적 영향뿐 아니라 군집구조 및 특성을 규정짓는데 큰 역할을 한다(Park et al., 2005). 하지만 경성암반 지대는 대형생물이 서식하기에 유리한 기질과 미세 환경이 존재하지만(Thorson, 1957) 다양한 생물군의 동정과 채집적인 어려움 등으로 자료가 많지 않은 실정이다(Je et al., 1991). 한 지역에서 대형무척추동물의 군집을 파악하기 위해서는 장기적인 모니터링으로 지속적인 연구가 필요하지만 울진 해역에서는 바다목장 주위를 제외하고 장기 모니터링이 아닌 단기간의 연구가 대부분으로써 군집구조를 파악하는데 어려움이 따르는 실정이다.

최근 지구온난화, 수온상승과 같은 변화에 따라서 해양 환경은 해양 산성화와 같은 전 지구적 변화와 영양염류 증가와 같은 환경 특성에 부합하여 생태적인 변화를 가져오고 있으며(Russell et al., 2009), 어떤 지역의 해양생물 군집은 서식지 형태를 변화시키는 생물들의 존재 여부에 따라서도 영향을 받을 수 있다(Thompson et al., 1996). 따라서 대상 연구지역 해양생물의 생물상과 군집 연구는 해당 지역의 생물 분포와 관련하여 지역 개체군에 대한 유용한 생태학적 정보를 제공해 준다는 관점에서 매우 중요하게 거론되고 있으며, 대상 지역의 해양생물 군집과 생물상 연구를 수행해야 하는 필

요성을 제시해 준다(Choi et al., 2010).

본 연구는 2010년부터 2013년까지 3년간 계절에 따른 생물다양성 및 생태 특성을 파악하여 분석한 뒤, 울진 해역 경성암반에 서식하는 대형무척추동물의 군집구조를 파악하고 울진 인근 해역에 서식하는 유사한 분류그룹 군에 속하는 해양동물들과의 비교자료로서 활용할 목적으로 연구를 수행하였다.

재료 및 방법

본 연구를 위하여 2010년 3월부터 2013년 2월까지 3년간 경상북도 울진군 북면 부구리 4개 지점과 대조구 지역으로 울진군 울진읍 연지리 1개 지점을 선정하여 계절별로 1년에 4회 현장 조사를 수행하였다(Fig. 1). 경성암반 무척추동물의 군집구조를 분석하기 위하여 스쿠버다이빙을 이용한 정량 조사를 실시하였으며, 0.5 × 0.5 m 크기의 방형구를 정점당 3개씩 설치하고 방형구 내의 모든 대형무척추동물을 끌칼을 이용하여 채집한 후 채집망에 담아 실험실로 운반하였다. 채집된 대형무척추동물은 ethanol을 이용하여 고정하고 분류군별 선별 후 한국동식물도감 제14권 집게·게류(Kim, 1973), 제19권 새우류(Kim, 1977), 제20권 해면·히드라·해초류(Rho, 1977), 제31권 갯지렁이류(Paik, 1989), 제 36권 극피동물(Sin and Rho, 1996), 제38권 따개비류·공생성요각류·바다거미류(Kim, 1998)와 한국해양무척추동물도감(Hong, 2006)을 참고하여 동정하였다. 데이터 분석은 PRIMER 6를 이용하여 다양도지수(Shannon and Wiener, 1963, H'), 균등도지수(Pielou, 1966, J'), 풍부도지수(Margalef, 1958, R) 등의 생

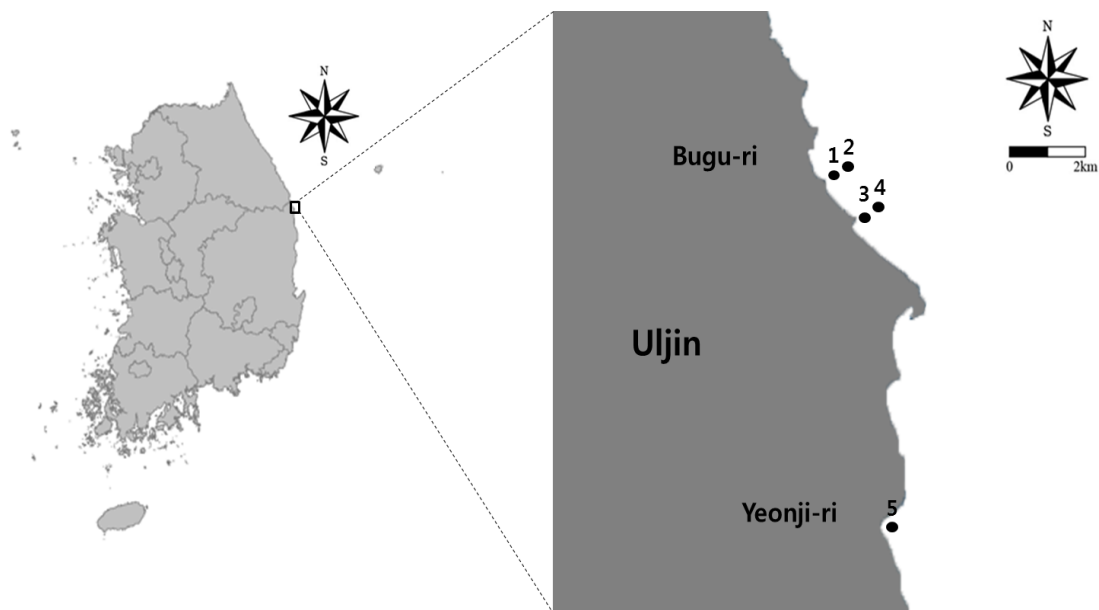


Fig. 1. The map showing sampling site of macrofauna in Uljin area, Korea.

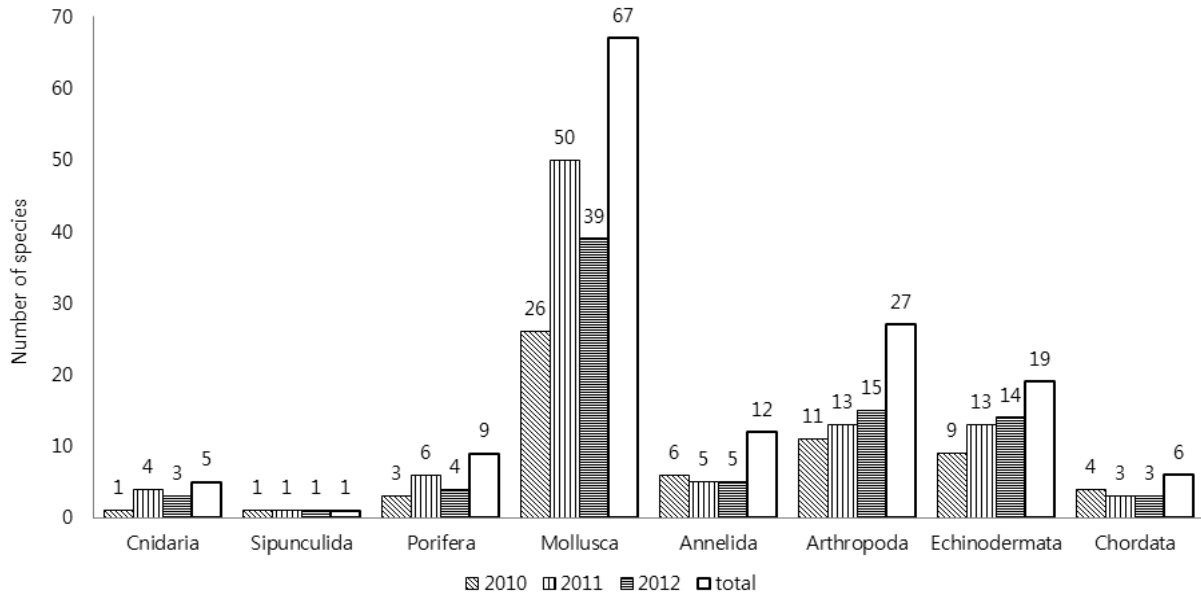


Fig. 2. The number of marine invertebrates species investigated at study sites according to the survey period.

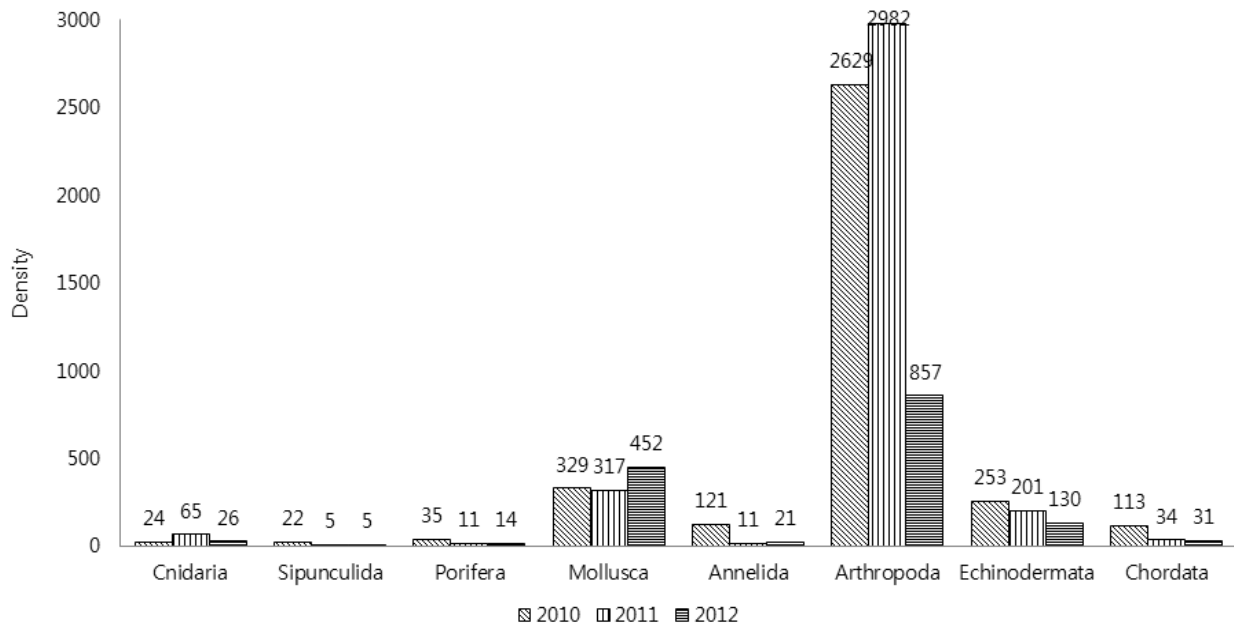


Fig. 3. The number of marine invertebrates density investigated at study sites according to the survey period.

태지수를 산출하였다. 이 외, 출현종을 계절별 및 정점별로 구분하여 집괴분석(Cluster analysis)과 함께 SIMPER(Similarity Percentages)를 이용하여 기여도를 산출하였다.

결과 및 고찰

울진 지역 경성암반에 서식하는 해양무척추동물은 총 146종이 출

현하였으며, 종조성을 살펴보면 자포동물 3.4%(5종), 성구동물 0.7%(1종), 해면동물 6.2%(9종), 연체동물 45.9%(67종), 환형동물 8.2%(12종), 절지동물 18.5%(27종), 극피동물 13.0%(19종), 척삭동물 4.1%(6종) 순으로 나타났다(Fig. 2). 총 8,688개체가 출현하였으며, 각 분류군별로 자포동물 115개체, 성구동물 32개체, 해면동물 60개체, 연체동물 1,098개체, 환형동물 153개체, 절지동물 6,468개체, 극피동물 584개체, 척삭동물 178개체가 출현하였다(Fig. 3).

2010년에 분석된 해양무척추동물은 총 61종이 출현하였는데, 종조성을 보면 자포동물 1.6%(1종), 성구동물 1.6%(1종), 해면동물 3.3%(2종), 연체동물 45.9%(28종), 환형동물 11.5%(7종), 절지동물 13.1%(8종), 극피동물 14.8%(9종), 척삭동물 8.2%(5종)로 나타났고, 이 중에서는 연체동물이 가장 우점하였다. 개체수는 총 3,526개체가 출현하였는데, 자포동물 24개체, 성구동물 22개체, 해면동물 35개체, 연체동물 329개체, 환형동물 121개체, 절지동물 2,629개체, 극피동물 253개체, 척삭동물 113개체였다. 2011년에 조사된 해양무척추동물

은 총 95종이 출현하였다. 종조성은 자포동물 4.2%(4종), 성구동물 1.1%(1종), 해면동물 6.3%(6종), 연체동물 52.6%(50종), 환형동물 5.3%(5종), 절지동물 13.7%(13종), 극피동물 13.7%(13종), 척삭동물 3.2%(3종)로 출현하였으며, 연체동물이 출현 종 수와 출현비율로 볼 때 가장 우점하였다. 개체수는 총 3,626개체로, 자포동물 65개체, 성구동물 5개체, 해면동물 11개체, 연체동물 317개체, 환형동물 11개체, 절지동물 2,982개체, 극피동물 201개체, 척삭동물 34개체가 출현하였다. 2012년에 분석된 해양무척추동물은 총 84종이 출현하였다. 종조성을 살펴보면 자포동물 3.6%(3종), 성구동물 1.2%(1종), 해면동물 4.8%(4종), 연체동물 46.4%(39종), 환형동물 6.0%(5종), 절지동물 17.9%(15종), 극피동물 16.7%(14종), 척삭동물 3.6%(3종)를 차지하였고, 이 중에서 연체동물이 가장 우점하는 것으로 나타났다. 개체수는 총 1,536개체로 자포동물 26개체, 성구동물 5개체, 해면동물 14개체, 연체동물 452개체, 환형동물 21개체, 절지동물 857개체, 극피동물 130개체, 척삭동물 31개체였다. 이 중에서 3년간 절지동물의 개

Table 1. The number of marine invertebrates investigated at study sites according to the season

Taxa		2010-2012			
		Winter	Spring	Summer	Autumn
Cnidaria	Actiniaria	1 (26)	1 (31)	2 (29)	2 (17)
	Hydrozoa	1 (6)		1 (2)	2 (3)
	Scleractinia				1 (1)
Sipuncula	Sipunculidea	1 (10)	1 (10)	1 (5)	1 (7)
Porifera	Demospongia	2 (4)	2 (12)	5 (25)	6 (19)
Mollusca	Polyplacophora	6 (15)	5 (28)	6 (11)	5 (10)
	Gastropoda	28 (193)	32 (185)	27 (254)	26 (294)
	Nudibranchia	3 (8)	1 (9)	3 (11)	4 (11)
	Bivalvia	4 (8)	4 (19)	6 (22)	5 (20)
Annelida	Polychaeta	6 (29)	9 (39)	11 (49)	6 (36)
Arthropoda	Thoracica	1 (1420)	1 (1335)	1 (1825)	1 (1650)
	Isopoda	1 (4)	3 (7)T	2 (4)	4 (5)
	Amphipoda	3 (15)	3 (17)	3 (14)	3 (14)
	Decapoda	6 (23)	8 (42)	11 (52)	10 (41)
Echinodermata	Stelleroidea	6 (55)	7 (96)	5 (83)	6 (94)
	Echinoidea	3 (37)	4 (57)	4 (53)	4 (45)
	Holothuroidea	3 (12)	3 (14)	3 (18)	2 (20)
Chordata	Urochordata	2 (22)	3 (29)	5 (68)	4 (59)
Total		77 (1887)	87 (1930)	96 (2525)	92 (2346)

체수가 가장 많이 출현한 것으로 나타났다.

3년간 계절에 따른 대형무척추동물의 출현 양상에 대하여 분석한 결과 동계에 77종 1,887개체, 춘계 87종 1,930개체, 하계 96종 2,525개체, 추계 92종 2,346개체로 나타났다. 대형무척추동물의 계절별 변동은 출현종과 개체수가 하계에 가장 많은 것으로 분석되었다. 자포동물문의 풀색꽃해변말미잘(*Anthopleura midori*), 연체동물문의 흰삿갓조개(*Acmaea pallida*), 두드럭고둥(*Thais bronni*), 절지동물문의 따개비류(*Balanus* sp.), 극피동물문의 별불가사리(*Asterina*

pectinifera), 척삭동물문의 우렁쟁이(*Halocynthia roretzi*)는 3개년 조사까지 전 계절에 걸쳐 모두 출현하였다. 또한 성구동물문의 별벌레류(*Sipunculus* sp.), 연체동물문의 밤고둥(*Chlorostoma lischkei*), 큰뱀고둥(*Serpulorbis imbricatus*), 절지동물문의 뽕물맞이게(*Pugettia quadridens*), 극피동물문의 아무르불가사리(*Asterias amurensis*), 둥근성게(*Strongylocentrotus nudus*)는 거의 대부분 출현하였다(Table 1).

3년간 연구 결과, 울진 해역 경성암반에 출현한 대형무척추동물의 종 풍부도는 2012년 춘계에 7.95로 가장 높았으며 2011년 춘계에

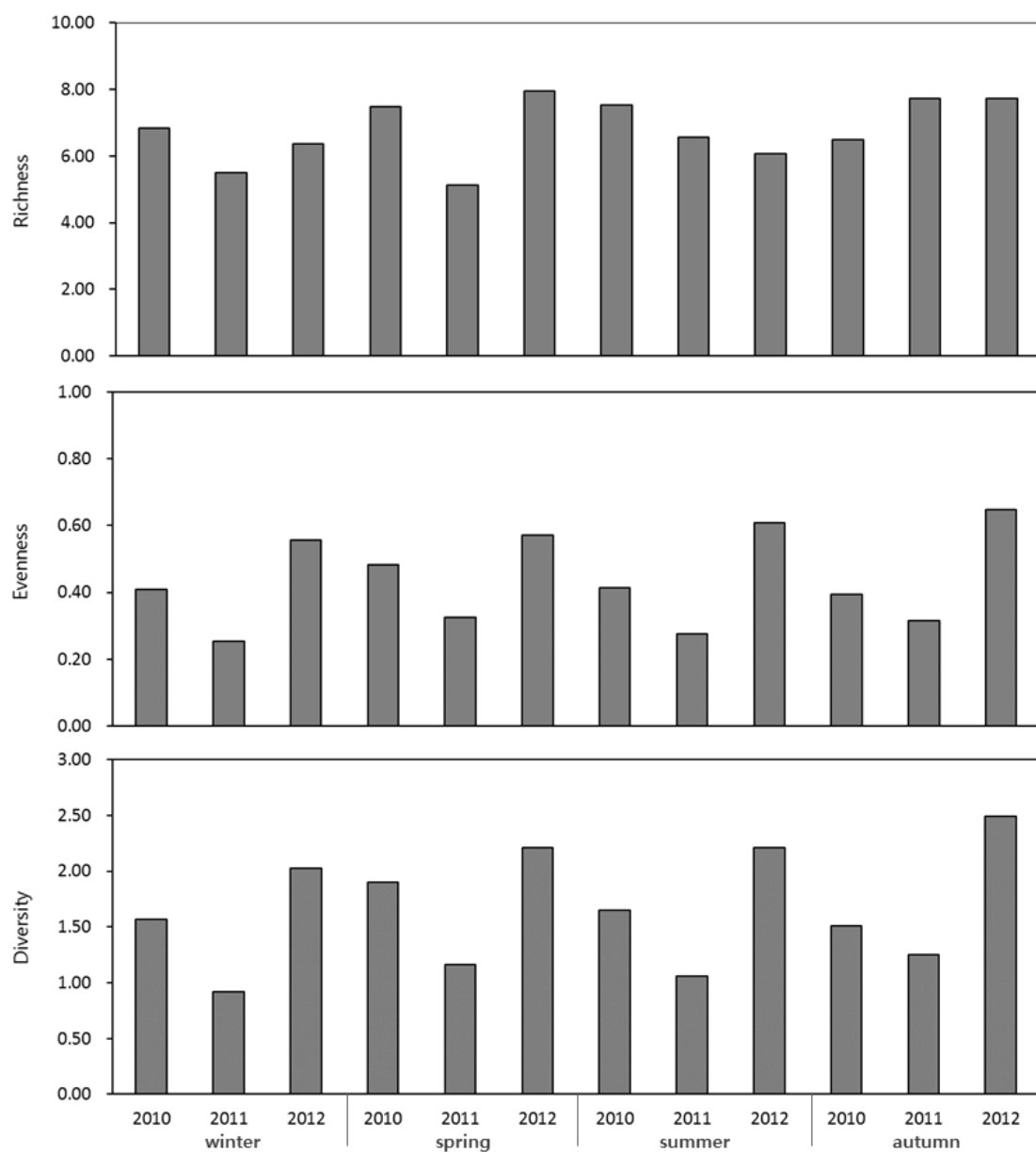


Fig. 4. Seasonal variations of ecological indices (richness, diversity and evenness) at study sites.

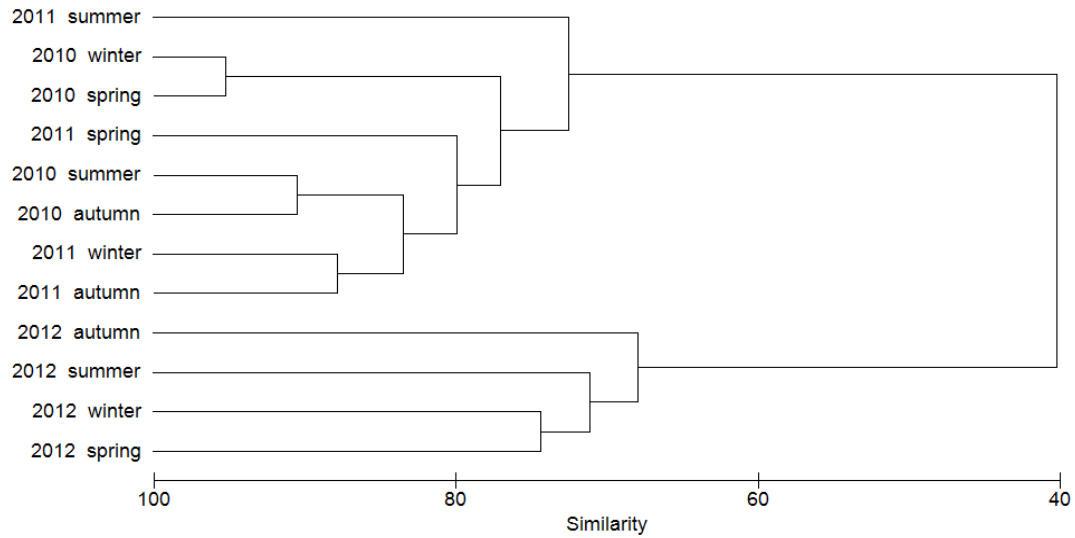


Fig. 5. Dendrogram showing the similarity based on the seasonal variations marine invertebrates at study sites.

Table 2. The number of marine invertebrates investigated at study sites according to the sites

Taxa		2010-2012				
		Site 1	Site 2	Site 3	Site 4	Site 5
Cnidaria	Actiniaria		1 (17)		1 (11)	2 (75)
	Hydrozoa		2 (2)		1 (9)	
	Scleractinia				1 (1)	
Sipuncula	Sipunculidea	1 (11)	1 (4)	1 (3)	1 (10)	1 (4)
Porifera	Demospongia		6 (24)	1 (1)	6 (26)	4 (9)
Mollusca	Polyplacophora	5 (30)	3 (10)		2 (6)	7 (18)
	Gastropoda	15 (116)	23 (209)	17 (138)	22 (175)	28 (288)
	Nudibranchia	2 (7)	4 (17)	1 (1)	2 (12)	1 (2)
	Bivalvia	3 (17)	4 (13)	3 (13)	6 (14)	3 (12)
Annelida	Polychaeta	9 (58)	6 (24)	2 (20)	6 (25)	4 (26)
Arthropoda	Thoracica	1 (1150)	1 (1115)	1 (1845)	1 (820)	1 (1300)
	Isopoda	1 (6)	3 (5)		2 (3)	3 (6)
	Amphipoda	3 (10)	3 (33)		3 (17)	
	Decapoda	8 (27)	7 (28)	5 (15)	7 (34)	10 (54)
Echinodermata	Stelleroidea	2 (27)	4 (13)	5 (145)	9 (74)	3 (69)
	Echinoidea	2 (13)	2 (11)	4 (8)	4 (44)	3 (116)
	Holothuroidea	2 (32)	3 (12)	3 (12)	2 (7)	1 (1)
Chordata	Urochordata		4 (57)	2 (12)	5 (89)	2 (20)
Total		54 (1504)	77 (1594)	45 (2213)	81 (1377)	73 (2000)

5.12로 가장 낮은값을 보였고, 계절별 평균값은 동계가 7.32로 가장 높게 나타났다. 종 균등도는 2012년 추계 조사에서 0.65로 가장 높은값을 보였으며 2011년 동계에 0.25로 가장 낮았고, 계절에 따른 평균값은 춘계에 0.46으로 가장 높았다. 종 다양도는 2012년 추계에 2.49로 가장 높았고 2011년 동계에 0.92로 가장 낮았으며, 계절에 따른 평균값은 춘계가 1.76으로 가장 높았다(Fig. 4).

집괴분석 결과 군집구조는 계절별 보다는 조사 시기에 따라 군집 형성이 구별되는 것으로 나타났다(Fig. 5). SIMPER를 이용한 분석 결

과 기여도는 따개비류가 2010년 75.07%, 2011년 89.85%, 2012년 68.03%로 나타났고, 나머지 종들은 5% 이하로 나타남에 따라 분석된 결과와 같은 군집유사도를 나타낸 것으로 판단된다.

3년간 정점에 따른 대형무척추동물의 출현양상 분석 결과, 정점 1에서 54종 1,504개체, 정점 2는 77종 1,594개체, 정점 3에서 45종 2,213개체, 정점 4에서 81종 1,377개체, 정점 5에서 73종 2,000개체로 나타났다. 5개 정점에서 출현종이 가장 많은 지역은 정점 4였으며, 가장 적은 지역은 정점 3이었고, 개체수가 가장 많은 지역은

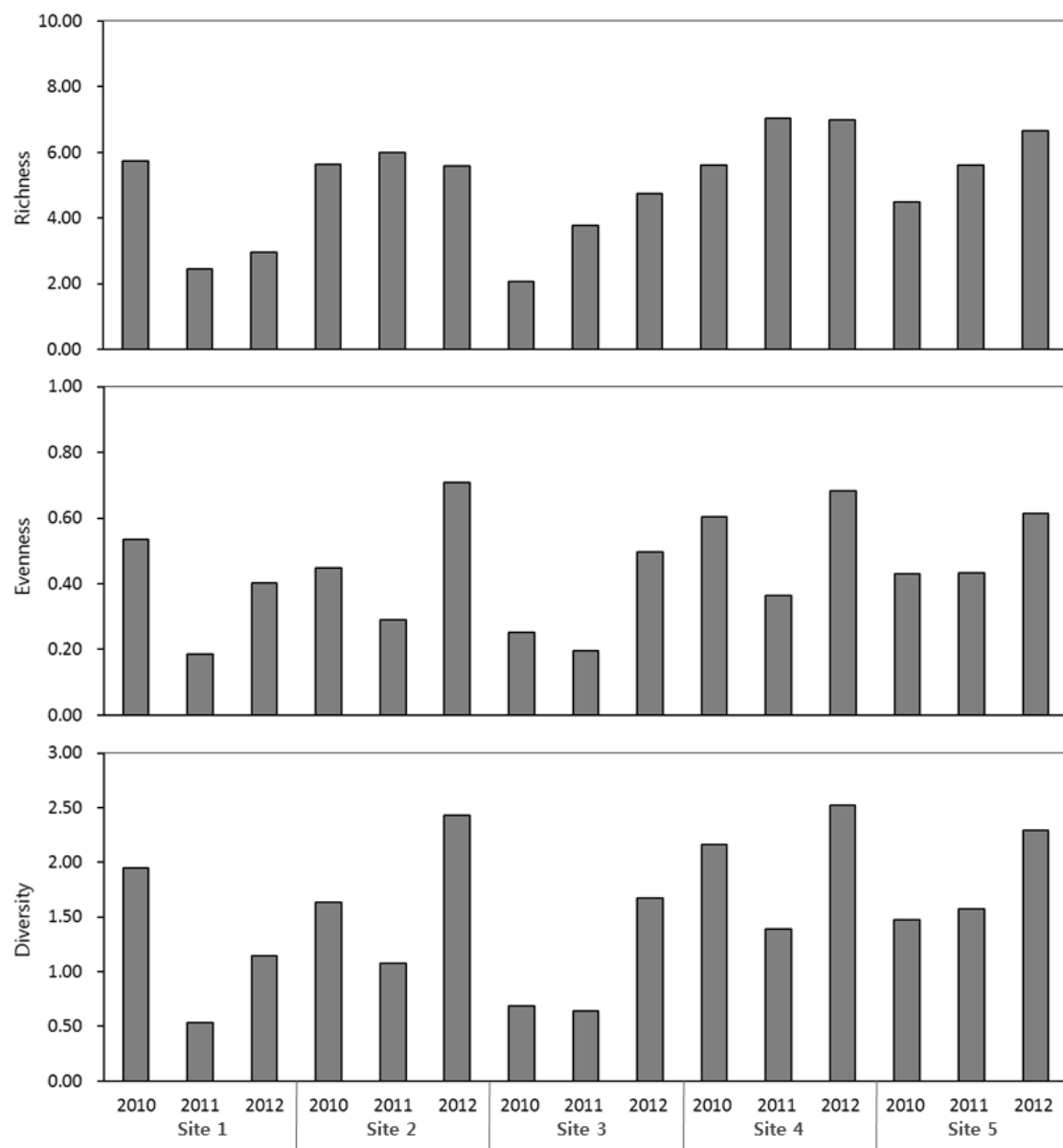


Fig. 6. Variations of ecological indices (richness, diversity and evenness) at study sites.

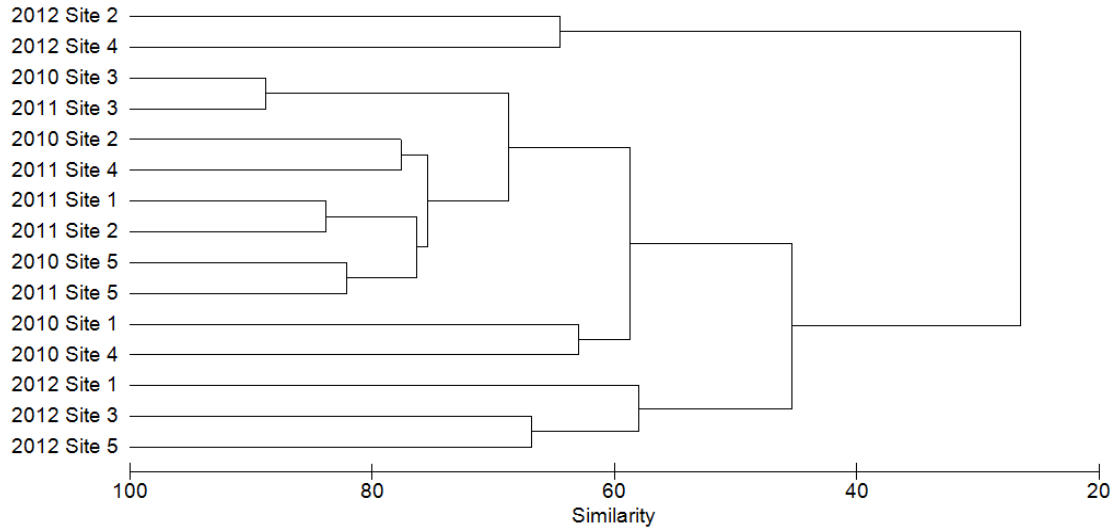


Fig. 7. Dendrogram showing the similarity based on the site variations marine invertebrates at study sites.

정점 3, 가장 적은 곳은 정점 4로 나타났다. 이러한 상반된 결과는 따개비류(*Balanus* sp.)의 출현 차이에 그 원인이 있었던 것으로 분석되었다. 성구동물문의 별벌레류, 연체동물문의 밤고둥, 팔알고둥(*Homalopoma nocturnum*), 무룩류(*Pyrene* sp.), 두드럭고둥, 환형동물문의 비늘갯지렁이류(*Polynoidae* sp.), 절지동물문의 따개비류, 뽕물맞이게, 극피동물문의 보라성게(*Anthocidaria crassispina*)는 모든 정점에서 전부 출현했고, 해면동물문의 보라예쁜이해면(*Callyspongia confederata*), 연체동물문의 수염군부(*Mopalia retifera*), 털다발군부(*Plaxiphora integra*), 굵은줄연두군부(*Ischnochiton hakodadensis*), 얼룩고둥(*Cantharidus callichroa*), 세뿔고둥(*Ceratostoma fournieri*), 환형동물문의 민실타래갯지렁이(*Acrocirrus validus*), 버들갯지렁이류(*Capitella* sp.) 등은 조사 기간동안 정점 1에서 1개체씩만 출현하였다(Table 2).

2010년부터 2012년까지 울진 해역 경성암반에 출현한 대형무척추동물의 종 풍부도는 2011년 정점 4에서 7.04로 가장 높았으며 2010년 정점 3에서 2.06으로 가장 낮았고, 정점에 따른 평균값은 정점 4가 6.54의 값으로 가장 높게 나타났다. 종 균등도는 2012년 정점 2에서 0.71로 가장 높았으며 2011년 정점 1에서 0.19로 가장 낮았고, 정점에 따른 평균값은 정점 3이 0.31로 가장 높았다. 종 다양도는 2012년 정점 4에서 2.52로 가장 높은값을 보였으며 2011년 정점 1에서 0.53으로 가장 낮은값을, 계절에 따른 평균값은 정점 4가 2.02로 가장 높았다(Fig. 6).

집괴분석 결과, 조사년도에 따른 군집 형성보다는 정점에 따른 군집이 형성되는 것으로 분석되었다(Fig. 7). SIMPER를 이용한 분석 결과도 계절별 결과와 동일하게 모든 정점에서 따개비류의 기여도가 가장 높게 나타났다.

전체 연구 기간 동안 울진 해역 경성암반 대형무척추동물의 생물 다양성 및 생태 특성을 살펴본 결과, 출현종을 상위분류군으로 나누면 총 146종이 출현하였고 그 중 복족류 41종, 십각류 18종, 다모류 12종, 다판류 10종, 불가사리류 10종 등의 순으로 우점하였다. 개체수의 경우, 상위분류군으로 나누면 총 8,688개체가 출현하였고 그 중 만각류 6,230개체, 복족류 926개체, 불가사리류 328개체, 성게류 192개체의 순으로 나타났으며, 하위분류군인 종(species) 수준은 따개비류를 제외하고 별불가사리 206개체, 우렁쟁이 120개체, 보라성게 109개체, 무룩류 100개체, 풀색꽃해변말미잘 98개체 등의 순으로 출현하였다.

2010년에 비해 2011년의 출현종 수가 34종 증가한 것으로 나타났는데, 이는 우점분류군인 연체동물이 24종(다판류 2종, 복족류 18종, 이매패류 4종) 늘어났으며, 연체동물 이외의 다른 분류군에서는 증가 폭이 적었다. 가장 많은 변화를 보인 연체동물의 출현종은 기존에 출현한 분류군이 대부분 출현하며 개체수도 많았으나, 2011년에는 출현종이 새롭게 나타나는 경우도 있었지만 개체수는 많지 않았다. 2011년과 2012년의 출현종 변화를 보면, 2012년에 소폭 감소하는 경향을 보였지만 전체 분류군의 출현 양상은 유사하게 나타났다.

본 연구 기간인 3년간 계절에 따른 변화는 유사하게 나타났으며, 군집분석 결과 조사년도에 따라서 군집 유사도가 높았다. 정점에 따른 변화는 정점 4에서 81종, 정점 3에서 45종이 출현하여 정점간 차이를 보였다. 정점 3에서 출현종이 가장 적은 반면 개체수는 가장 많았는데, 이는 최우점종인 따개비류가 83.37% 비율로 다른 정점에 비해 2배 이상 차이를 나타내 따개비류가 서식하기 좋은 환경으로 판단되었다. 하지만 다른 정점에서 출현하였던 말미잘류, 히드라류, 단각류, 등각류 등이 출현하지 않았고, 이 결과는 풍부도, 균등도, 다

양도 지수로 분석할 때 다른 정점보다 낮은 값을 보였다.

만각류 따개비류가 전체 개체수의 71.71%로 나타났고 이는 생태 지수 및 군집구조에 큰 영향을 준 것으로 분석되었다. 남해와 서해의 경계선이 있는 진도 울돌목의 경성암반 조사 시 복족류 종수가 가장 많았고, 갑각류 등의 순으로 이번 조사와 유사한 결과를 나타냈고 부착성 생물인 따개비류 역시 높은 피도를 나타냈다(Park et al., 2005). 동해안 암반지역 무척추동물 방형구 연구에서(Cha and Kim, 2013) 강원도 해역과 경상북도 중·북부 해역 모두 조무래기따개비가 최우점종 혹은 차우점종으로, 따개비류가 최우점종인 이번 연구 결과와 유사하였다. 하지만 동해 남부 해역에서는(Kwak, 2013) 복족류와 다모류가, 제주 해역은 연체류(Lim, 2012; Yang et al., 2007)와 자포류(Ko, 2008)가 최우점종으로 나타나 이번 연구와 차이가 있었다. 이러한 연구 결과는 대상 지역의 생태 환경을 예측할 수 있으며 모니터링을 통한 자료 축적은 대상 지역의 생물상을 판단하는 중요한 자료로 활용할 수 있을 것으로 기대된다.

사 사

이 연구는 국립수산물과학원 시험연구사업(R2016026)의 지원으로 수행되었습니다.

참고 문헌

- Boo SM. 1987. Distribution of marine algae from shore area of Kangwon province. The Kor Soc Phyco 2: 223-235.
- Cha JH, Kim MK. 2013. A preliminary study for the distribution of rocky intertidal fauna in the Korean coastal areas of the East Sea including Dokdo and Ulleungdo. Korean J Environ Biol 31: 225-231.
- Choi CG, Chowdhury MTH, Choi IY, Hong YK. 2010. Marine algal flora and community structure in Kijang on the southern east coast of Korea. The Sea 15: 133-139.
- Hwang JD, Lee YH, Shim JM, Youn SH, Jin HG, Kim YS, Kwon KY, Yoon SC. 2008. Physical oceanographic characteristics in Hupo coastal area during summer and autumn, 2007. J Kor Fish Soc 41: 505-510.
- Hwang KS, Seo IS, Choi BM, Lee HN, Oh CW, Kim MH, Choi CG, Na JH. 2014. Community structure of macrobenthic assemblages near Uljin marine ranching area, east sea of Korea. Korean J Environ Biol 32: 286-296.
- Hong SY. 2006. Marine invertebrates in Korea coasts. Academy publishing company Inc., Seoul, pp 1-479.
- Je JG, Lee JH, Jang M. 1991. An introduction to benthic biota on rocky bottoms in the southern coast of Korea. KORDI. pp 1-451.
- Kim HS. 1973. Illustrated encyclopedia of fauna and flora of Korea. vol. 14. Anomura, Brachyura. Ministry of education, Seoul, pp 1-694.
- Kim HS. 1977. Illustrated encyclopedia of fauna and flora of Korea. vol. 19. Macrura. Ministry of education, Seoul, pp 1-414.
- Kim IH. 1998. Illustrated encyclopedia of fauna and flora of Korea. vol. 38. Cirripedia, Symbiotic Copepoda, Pycnogonida. Ministry of education, Seoul, pp 1-1038.
- Kim YH, Min HS. 2008. Seasonal and interannual variability of the north Korean cold current in the East Sea reanalysis data analyzing the results of East Sea. Ocean and Polar Research 30: 21-31.
- Ko JC, Koo JH, Yang MH. 2008. Characteristics of Ocean Environmental Factors and Community Structure of Macrobenthos around Munseom, Jeju Island, Korea. Korean J Malacol 24: 215-228.
- Kwak JW. 2012. Community structure of rocky subtidal macrozoobenthos around Ulju, Eastern coast of Korea. Chonnam National University, pp 1-134.
- Lim CY. 2012. Ecological distribution of benthic algae and invertebrates on the coastal zones of Jeju island. Soonchunhyang University, pp 1-151.
- Margalef DR. 1958. Information theory in ecology. Gen Syst 3: 36-71.
- Paik EI. 1989. Illustrated encyclopedia of fauna and flora of Korea. vol. 31. Polychaeta. Ministry of education, Seoul, pp 1-764.
- Park JY, Lim BJ, Lee JI. 2005. A survey of the rocky intertidal biota in Uldolmok, Korea. The Korean society for new and renewable energy, pp 502-506.
- Pielou EC. 1966. Species-diversity and pattern-diversity in the study of ecological succession. J Theoret Biol 10: 370-383.
- Rho BJ. 1977. Illustrated encyclopedia of fauna and flora of Korea. vol. 20. Porifera, Hydrozoa, Ascidiacea. Ministry of education, Seoul, pp 1-470.
- Russell BD, Thompson JL, Falkenberg LJ, Connell SD. 2009. Synergistic effects of climate change and local stressors: CO₂ and nutrient-driven change in subtidal rocky habitats. Glo Cha Biol 15: 2153-2162.
- Shannon CE, Wiener W. 1963. The mathematical theory of communication. University of Juionis Press, Urbana, pp 1-117.
- Sin S, Rho BJ. 1996. Illustrated encyclopedia of fauna and flora of Korea. vol. 36. Echinodermata. Ministry of education, Seoul, pp 1-780.
- Thompson RE, Wilson BJ, Tobin ML, Hill AS, Hawkins SJ. 1996. Biologically generated habitat provision and diversity of rocky

- shore organisms at a hierarchy of spatial scales. *J Exp Mar Biol Ecol* 202: 73-84.
- Thorson G. 1957. Bottom community (sublittoral or shallow shelf). *Geol Soc America* 67: 857-870.
- Yang MH, Moon TS, Yu JT, Ko JC, Jang DS. 2007. Species appearance and seasonal variation of macrobenthic invertebrate in the coastal water of chagwi-do, Jeju-Island. *Korean Journal of Malacology* 23: 235-243.