

## 울돌목 암반조간대 부착생물상 연구

박자양<sup>1)</sup>, 임병진<sup>2)</sup>, 이재일<sup>3)</sup>

### A Survey of the Rocky Intertidal Biota in Uldolmok, Korea

Ja-Yang Park, Byung-Jin Lim, Jae-Il Lee

Key words : benthos(저서생물), macrofauna(대형동물상), macroalgae(대형해조류), hard substratum(경성저질), littoral zone(조간대)

Abstract : 2003년 11월과 2004년 4월의 2회에 걸쳐 상용조류발전소 건설 예정지인 울돌목에서 발전소 건설로 인해 야기될 주변생태환경의 변화를 파악하기 위해 4개 지점의 주변 암반조간대에 형성된 기존의 부착생물상 조사가 수행됐다. 울돌목 주변의 암반조간대에 형성된 부착생물상은 서식 형태에 따라 크게 대형해조류(Macroalgae)를 포함한 고착생물, 소 이동성 부착동물, 이동성 소형 무척추동물 등으로 구분된다. 부착생물상은 서식양상에 있어 각각의 정점별 특이성이 관찰되었으며, 이는 각기 다른 비생물학적 요인에 따라 지역 특유의 서식환경이 조성되어 있음을 시사하는 간접적인 결과로 간주된다. 이 같은 지역 간 생물상 차이는 조위에 따른 수직분포 분석결과 주로 중부조간대를 중심으로 형성된 생물상에 따라 대별되고 있음이 발견되었다.

### 1. 서론

전형적인 경성저질에 속하는 암반조간대는 생물 서식처로서 주변환경과 밀접한 연관이 있으며, 조석이나 해류, 태양광에의 노출정도, 수질의 탁도 및 수온, 조류방향 및 속도 등 무기해양환경의 일차적인 영향뿐 아니라, 서식 종들 간의 생물생태학적 연계성 등은 군집구조 및 특성을 규정짓는 중요한 결정요인으로 익히 알려져 있다(Thorson, 1957; Jones and Demetropoulos, 1968; Newell, 1970; Connell, 1972; Menge, 1976; Bandel and Wedler, 1987). 울돌목 상용조류발전소 및 시험조류발전시설 설치로 인한 기존의 자연환경의 변화는 필연적인 일이며, 이로 인해 야기될 주변생태환경의 변화를 파악하기 위한 기반조사의 일환으로 2003년 11월과 2004년 4월에 울돌목 주변 암반조간대의 서식생물상 조사가 수행됐다. 본 조사는 조류발전소 및 시험조류발전시설의 기본설계를 위한 주변 생태계의 기반자료 확보와, 향후 조류발전시설의 가동으로부터 울돌목 주변 해양생태계에 미치게 될 영향 파악에 긴요한 대조자료로서의 활용을 목적으로 한다

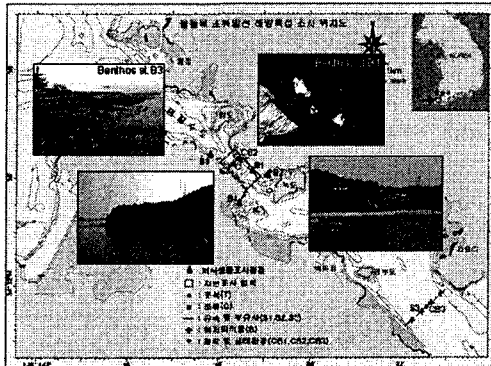


그림 1. 울돌목 주변해역 부착생물상 조사 정점도 (2003.8.~2004.4.).

### 2. 현장조사 및 분석방법

울돌목 상용조류발전소 건설을 대비하여 설치된 시험조류발전시설 인근해역에 위치한 암반조간대에 서식하는 부착저서생물의 군집조사는 2003년 11월과 2004년 4월에 총 4개의 조사정점에서 0.1m<sup>2</sup>의 방형구(31.6cm x 31.6cm)를 이용한 측구법(plot sampling method)을 기본적으로 적용하고, Line Transect 방식과 표본무작위추출법에 의

거하여 각 정점 당 조위에 따라 상중하로 나뉘어진 조사지점을 설정하여 조위별로 각각 2개 이상의 지점에서 현장조사 및 시료채집이 수행되었다(그림 1).

채집현장에서 10% 중성 해수포르말린용액에 고정된 생물시료는 실험실에서 우선 대형저서동물과 해조류로 분리한다. 대형저서동물은 직경 500 μm 인 체에 걸러서 남은 잔존물을 상위 분류군별로 선별하여 개체수를 측정한다 다음 해부현미경하에서 종 수준까지의 동정작업으로 이어진다. 해조류의 경우 정량조사와 함께 수행된 정성시료 채집으로 확보된 표본들과의 대조를 통해 종 동정의 정확성을 기했다.

종의 동정이 이루어지면, 정점별 출현종수와 출현개체수를 파악하고, 현장조사기록을 기본자료로 서식밀도, 빈도 및 피도(절대 및 생태 밀도) 등을 산출하고, 이를 바탕으로 시·공간적 분포양상을 분석한다. 또한, 조사지역별 정점을 근거로 지역군집의 특성 파악을 위해, 출현개체수를 바탕으로 한 서식밀도 및 출현빈도 및 피도를 근거로 조사기간 동안 일정 수 이상의 출현개체수를 나타내는 종들을 대상으로 우점 순위를 조사하였다. 또한, 각 정점에서 우점종을 포함한 출현종들 각각의 중요치를 산출하여 각 정점이 위치한 지역별 서식종 의존도를 분석했다.

밀도  $Di = ni/A$

( $ni$ :  $i$ 종의 출현개체수,  $A$ : 단위면적)

피도  $Ci = ai/A$

( $ai$ :  $i$ 종의 서식면적,  $A$ : 단위면적)

빈도  $Fi = Ji/Pt$

( $Ji$ :  $i$ 종이 출현하는 표본수,

$Pt$ : 추출한 총 표본수)

중요치  $IVI = RDi + RCi + RFi$  ( $i$ 종의 중요치)

한 군집 내에서 임의의 종의 중요성 또는 영향력을 나타내는 총체적인 척도인 중요치( $IVI$ )는 백분율의 0-300%의 범위에서 기록되었으며, 중요치는 대형저서동물에 속하는 종을 대상으로 자료를 정돈한 후 산출하여 정점별 및 각 정점의 조위별 조사지점에서의 우점종에 대한 중요치를 비교분석했다.

저서동물의 각 정점별 생태환경 분석을 위한 지표로서 Shannon & Wiener (1963)의 종 다양성 지수(Diversity index  $H'$ )와 Pielou의 균등도 지수(Evenness  $J'$ )를 이용하여 분석을 실시하였다. 각 정점별 종조성과 그에 따른 지역별 유사도 측정을 위해 percentage similarity를 지수로 사용한 집괴분석( Bray-Curtis Cluster Analysis)을 실시하여, 정점간의 관계를 수지도(dendrogram)로 작성하였다(Pielou, 1984).

### 3. 결과

#### ◆ 생물상

울돌목에 설치된 시험조류발전시설 인근해역에 설정된 4개 조사정점의 암반조건대에 부착하여 서식하는 대형저서동물은 2003년 11월(가을) 조사에서 45종, 2004년 4월(봄) 조사에서 39종이 각각 확인되었다. 부착성 서식동물은 다시 고착성과 이동성 종으로 대별되는데, 이동속도에 차이는 있으나 대부분의 종들이 이동성 부착생물인데 반해, 연체동물인 바위굴(*Crassostrea nippona*)과 담치류(*Mytilus* sp., *Septifer* sp.) 및 갑각류에 속하는 따개비류(*Balanus* sp., *Chthamalus* sp.) 등이 고착성 부착생물로 등장하고 있다.

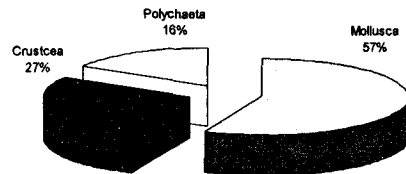


그림 2. 총 조사기간 동안 대형저서생물 종의 상위분류군별 출현 비율.

상위분류군 별로 살펴보면, 연체동물의 고등류(Gastropoda)에 속하는 종들이 가장 다양하게 출현함으로써 총 출현 점유율의 57%를 차지한 연체동물이 우점 상위분류군으로 간주된다. 다음으로는 갑각류가 27%, 다모류가 16%를 차지했다(그림 2).

표 1. 암반조건대에 서식하는 대형해조류 종의 연차 비교.

Species / Survey periods		2003.Nov.	2004.Apr.
Chlorophyta	<i>Enteromorpha intestinalis</i>		*
	<i>Ulva conglobata</i>	*	
	<i>Ulva pertusa</i>	*	*
Phaeophyta	<i>Carpopeltis affinis</i>	*	*
	<i>Hizikia fusiformis</i>	*	*
	<i>Ishige okamureae</i>	*	*
	<i>Sargassum thunbergii</i>	*	*
	<i>Scytosiphon lomentaria</i>	*	*
Rhodophyta	<i>Corallina officinalis</i>	*	*
	<i>Gelidium divaricalum</i>	*	*
	<i>Gloiopeltis furcata</i>	*	*
	<i>Prionitis cornea</i>	*	*
no. of species		8	9

4개의 조사 정점 가운데 정점 B1이 위치한 암반 지역을 제외한 모든 정점에서 2003년 11월에는 8개, 2004년 4월에는 9개 종의 대형해조류의 서식이 확인되었다(표 1). 두 계절 모두에서 발견된 해조류 종은 5종이며, 이들의 상위분류군(at the level of Division)별 서식양상을 보면, 녹조류(Chlorophyta)와 갈조류(Phaeophyta)가 유사한 양상을 띠는 반면, 홍조류(Rhodophyta)의 경우 봄

철에 더욱 다양한 종이 발견되었다.

◆ 수직공간분포

각 정점에서 둘 이상의 조사조위 해역에서 가장 높은 중요치를 나타냈거나 중요치 200% 이상을 기록한 종을 중심으로 각각의 정점이 위치한 해역을 비교해보면, 2003년 가을과 2004년 봄의 계절적 차이는 매우 적다고 할 수 있다(표 2).

표 2. 우점 부착생물종의 중요치(IVI: Importance value) 연차 비교.

Station	Wt	2003, Nov.		2004, Feb.	
		Species	IVI	Species	IVI
1	HL	<i>Chthamalus challenger</i>	227.54	<i>Chthamalus challenger</i>	237.72
		<i>Littorina brevicula</i>	59.96	<i>Balanus albicostatus</i>	45.99
	ML	<i>Chthamalus challenger</i>	210.21	<i>Crassostrea nippona</i>	168.65
		<i>Littorina brevicula</i>	52.17	<i>Chthamalus challenger</i>	88.28
	LL	<i>Littorina brevicula</i>	165.52	<i>Crassostrea nippona</i>	210.71
		<i>Crassostrea nippona</i>	134.51	<i>Chthamalus challenger</i>	89.29
2	HL	<i>Littorina brevicula</i>	235.24	<i>Chthamalus challenger</i>	211.02
		<i>Merita japonica</i>	64.75	<i>Granuliflitora exigua</i>	59.56
	ML	<i>Littorina brevicula</i>	166.08	<i>Crassostrea nippona</i>	136.27
		<i>Crassostrea nippona</i>	127.59	<i>Chthamalus challenger</i>	80.09
	LL	<i>Crassostrea nippona</i>	300	<i>Crassostrea nippona</i>	247.08
				<i>Littorina brevicula</i>	52.91
3	HL	<i>Chthamalus challenger</i>	155.97	<i>Crassostrea nippona</i>	213.45
		<i>Balanus albicostatus</i>	43.14	<i>Cellana nigrolineata</i>	66.5
	ML	<i>Chthamalus challenger</i>	173.93	<i>Chthamalus challenger</i>	171.07
		<i>Crassostrea nippona</i>	82.92	<i>Crassostrea nippona</i>	66.47
	LL	<i>Crassostrea nippona</i>	157.72	<i>Crassostrea nippona</i>	180.39
		<i>Chthamalus challenger</i>	79.01	<i>Cellana nigrolineata</i>	20.61
4	HL			<i>Balanus albicostatus</i>	166.69
				<i>Littorina brevicula</i>	66.01
	ML	<i>Crassostrea nippona</i>	192.81	<i>Chthamalus challenger</i>	185.81
		<i>Littorina brevicula</i>	61.52	<i>Crassostrea nippona</i>	46.91
	LL	<i>Crassostrea nippona</i>	300	<i>Crassostrea nippona</i>	213.36
				<i>Littorina brevicula</i>	58.22

시험조류발전시설에 인접한 정점 B1에서는 상부 조간대에서는 조무래기따개비(*Chthamalus challenger*)가 중, 하부조간대에서는 바위굴(*Crassostrea nippona*)이 중요 종의 위치를 차지하고 있는데, 하부조간대에서의 바위굴의 중요치가 중부조간대에서보다 상대적으로 높은 비율을 나타내고 있다. 이는 중부조간대에서 제 2 중요종으로 등장하는 서식종의 중요성을 반증한다 하겠다. 시험조류발전시설에서 동쪽으로 약 0.5km 거리에 위치한 정점 B2의 상부조간대 역시 조무래기따개비가 가장 높은 중요치를 나타냈으며, 중하부조간대에서는 바위굴이 큰 영향력을 지닌 것으로 판단된다.

시험조류발전시설이 설치된 해역 건너편의 진도 북부해안 서쪽에 위치한 정점 B3에서는 정점 B1과 B2에서와 마찬가지로 상부조간대에서는 조무래기따개비가 비교적 높은 중요치를 나타냈고, 중하부조간대 지역에서는 조무래기따개비와 바위굴이 각각 중요 종으로 등장했으나, 정점 B1과 B2의 해역에서와의 차이점은 200%를 밀도는 중요치를 가지고 중요 종으로 기록되고 있는 것이다. 정점 B2와 마주하며 진도 북부 해안에 위치한 정점 B4의 상부조간대에서는 고랑따개비(*Balanus albicostatus*)가 중부조간대에서는 조무래기따개

비가 비교적 높은 중요치를 기록했고, 중 상부조간대에서는 달리 하부조간대에서는 압도적으로 높은 중요치를 나타내며 바위굴이 중요 종으로 산출됐다.

표 3. 조사 정점별 해조류 종의 피도 분포(2004년 4월).

Species / Station	B1	B2	B3	B4
<i>Pionitis comae</i>		2	14	
<i>Scytosiphon lomentaria</i>		5	0.2	4
<i>Ulva conglobata</i>	41	52	95/0	
<i>Corallina officinalis</i>			27	
<i>Ishige okamurae</i>		100/0		
<i>Enteromorpha intestinalis</i>			14	1
<i>Gelidium divaricatum</i>	3	12	2	11
<i>Glocozetia furcata</i>			4	23
<i>Sargassum thunbergii</i>		2	4	21
				15
				85

대형해조류의 서식유형은 4개의 정점에서 각각의 고유한 경향을 나타냈다. 해조류 서식처로서 매우 부적합하게 보이는 정점 B1의 경우, 하부조간대 해역에서 바위굴과 함께 홍조류(Rhodophyta)에 속하는 참산호말(*Corallina officinalis*)이 매우 높은 피도를 기록하며 등장했다(표 4-4). 정점 B2의 상부조간대에서는 녹조류(Chlorophyta)에 속하는 창자과래(*Enteromorpha intestinalis*)가 국지적으로 군락을 형성하고 있었으며, 정점 B1과 B2에서는 하부조간대에 서식하는 것으로 확인된 참산호말이 정점 B3의 중 상부조간대 해역에서 넓은 지역에 군락을 지어 서식하고 있었다. 특이한 점은 두 정점에서 군락을 형성했던 해조류 종의 경우 유사한 조위의 인접 해역에서는 매우 드물게 등장하고 있다. 지층이(*Spargassum thunbergii*)는 하부조간대에 서식하는 종으로 4개 정점 모두에서 공기예의 노출시간이 비교적 짧은 조위의 해역에서 발견되었다.

◆ 수평공간분포

정점 B3과 B4의 상부조간대 해역의 부착생물 서식상은 유사도 75.5%의 높은 유사도를 나타냈으며, 이는 두 정점 지역 모두 진도 북부 해안에 위치하고 있는 지리적 유사성과 상부조간대라는 조위별 유사성을 동시에 대별하고 있다. 이 두 유사한 조사 해역은 다시 정점 B2의 상부조간대와 55.8%의 유사도를 보임으로써 조위에 따라 결정되는 서식환경의 중요성을 간접적으로 시사하고 있다. 또한, 정점 B3의 중부와 하부조간대 해역은 77%의 가장 높은 유사도를 나타냈으며, 정점 B1과 B2의 중부조간대 해역들에서는 비교적 낮은 42.9%의 유사도를 보였으나 타 조사 해역과의 비교에서 보다 높은 유사도를 기록했다(그림 3).

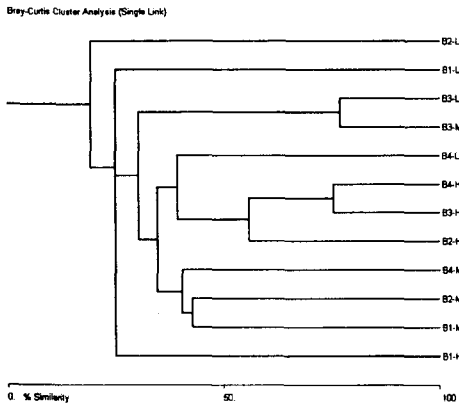


그림 3. 조사 정점 및 조위별 조사해역 간 유사도 분석 결과에 따른 수지도(2004년 4월).

◆ 종 다양도

정점 B1의 상부조간대 해역과 정점 B3의 하부조간대 해역을 제외하고는 전반적으로 유사한 종 다양도를 나타내고 있다(그림 4). 계절적으로는 가을보다는 봄에 정점 간 종 다양도에 다소 많은 차이를 나타낼 수 있다. 또한, 정점 B1의 상부조간대 해역을 비롯한 몇몇 조사 해역에서 종 다양도와 균등도의 격차가 심하게 나타나는 것은 해당 해역에 서식하는 것으로 확인된 각 종의 수도(abundance)가 고르지 못한 분포 양상을 보이고 있음을 간접적으로 시사하는 것을 의미함으로써, 봄철의 번식기와 연관이 있을 것으로 사료된다.

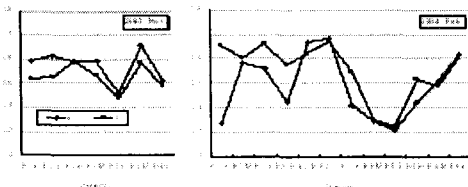


그림 4. 각 조사 정점 해역에서의 종 다양도( $H'$ ) 및 균등도( $J'$ ) 지수 연차 비교.

#### 4. 고찰

각 조사정점이 위치한 해역에서의 생물상은 군집구조 및 서식양상에 있어 각각의 특성을 나타냈다. 정점 B1은 하부조간대 조사해역을 제외하고 대형해조류가 전혀 서식하지 않는 암반조간대로서, 바위굴 및 조무래기따개비가 각각 높은 피도를 나타내며 우점한다. 이 같은 서식양상은 진도 대교의 지지기반에 직각으로 해안을 마감한 시멘트 구조물의 영향이 상당한 것으로 생각된다. 정점 B2가 위치한 해역은 다른 정점이 위치한 해역에서와는 달리 대형해조류 군락과 함께 연체동물, 갑각류 및 다모류 외에도 강장동물의 산호충류(Anthozoa)에 속하는 담황줄말미잘(*Haliplanella*

*luciae*)과 풀색꽃해변말미잘(*Anthopleura midori*) 등 다양한 종들이 서식하고 있다. 정점 B3은 정점 B2에서와 같이 대형해조류 군락 형성을 기반으로 다양한 서식상을 나타내고 있다. 정점 B4가 위치한 해역은 상부조간대에 여타 해역과는 달리 고랑따개비의 서식이 두드러졌으며, 근접한 육상환경으로 암석지반위에 작은 초지언덕이 형성되어있음에 따라 여타 해역과 구별된다.

암반조간대 생물상의 전반적인 수직분포 특징은 조무래기따개비(*Chthamalus challenger*), 총알고둥(*Littorina brevicula*)와 갈고둥(*Nerita japonica*)이 녹조류에 속하는 해조류들과 함께 상부조간대를, 바위굴(*Crassostrea nippona*)과 지층이(*Spargassum thunbergii*)가 하부조간대를 대표하는 생물로 등장하고 있으며, 중부조간대는 이들 생물들의 혼합형태로 간주되는데 각 정점이 위치한 해역별 특이성이 나타나고 있다.

울돌목 주변 암반조간대에 서식하는 부착생물 중의 대부분은 여과식자(filter feeder)로서 이들의 먹이원인 해수 중에 포함된 동·식물플랑크톤 및 부유 유기물의 함량이 건강한 암반조간대 생물상의 유지에 매우 중요한 요인이 된다. 따라서, 암반조간대의 생물상은 각기 다른 지리적 배경요건을 바탕으로 조류특성(Denny, 1988; Hurd & Stevens, 1997; Lobban & Harrison, 1994; Vogel, 1994) 및 동·식물플랑크톤 연구조사결과와의 연계 해석이 울돌목 주변 해양생태계에 미치게 될 영향 파악에 필수적이라 하겠다.

#### References

한국해양연구소. 1991. 남해 암반에 서식하는 저서생물상. BSPE 00187-357-3, 451pp.

Bandel K. and E. Wedler. 1987. Hydroid, amphineuran and gastropod zonation in the littoral of the Caribbean Sea, Colombia. *Senckenbergiana marit*, 19(1/2): 1-129.

Connell, J.H. 1972. Community interactions on marine rocky intertidal shores. *Ann. Rev. Ecol. Syst.*, 3: 169-191.

Denny, M.W. 1988. Biology and the mechanics of the wave-swept environment. Princeton University Press, Princeton, NJ.

Hurd, C.L. and C.L. Stevens. 1997. Flow visualization around single- and multiple-bladed seaweeds with various morphologies. *Journal of Phycology* 33: 360-367.

Jones, W.E. and A. Demetropoulos, 1968. Exposure to wave action: measurement of an

important ecological parameter on rocky shores on Anglesey. *J. exp. mar. Biol. Ecol.*, 2: 46-63.

Lobban, C.S. and P.J. Harrison. 1994. *Seaweed ecology and physiology*. Cambridge University Press, Cambridge.

Menge, B.A. 1976. Organization of the New England rocky intertidal community: role of predation, competition, and environmental heterogeneity. *Ecological Monographs*, 46: 355-393.

Newell, R.C. 1970. *Biology of Intertidal Animals*. Logos, London, U.K.

Parsons T.R., Takahashi M and Hargrave B., 1984b. *Biological oceanographic processes*. 3rd ed. Pergamon Press. 330pp.

Parsons, T. R. *et al.*, 1984. A manual of chemical and biological methods for seawater analysis. 101 ~ 104.

Pielou, E.C. 1984. *The interpretation of Ecological Data* Wiley, New York.

Thorson, G. 1957. Chapter 17. Bottom community (sublittoral or shallow shelf). *Geol. Soc. America*, 67(1): 461-534, 857-870.