

위도구배에 따른 한국 동해안 암반조하대 복족류의 출현 종 수 및 종다양성 변이

손민호, 이정우¹, 문창호, 김성², 전찬길³

부경대학교 해양연구소, ¹국립수산과학원 동해수산연구소 자원조성센터, ²한국해양연구원 해양생물자원연구본부, ³21세기해양개발

Latitudinal Variation of the Number of Species and Species Diversity in Shelled Gastropods of Eastern Coast of Korea

Min Ho Son, Jeong Woo Lee¹, Chang Ho Moon, Sung Kim² and Chan Kil Chun³

Korea Inter-University Institute of Ocean Science, Pukyong National University, Busan 608-737, Korea

¹*East Sea Fisheries Enhancement Center, East Sea Fisheries Research Institute, Gangneung, Gangwon 210-807, Korea*

²*Marine Living Resources Research Division, Korea Ocean Research and Development Institute, Ansan P.O. Box 425-600, Korea*

³*21st Century's Marine Department, 205 Anhyun, Gangneung, Gangwon 210-380, Korea*

ABSTRACT

In the present study we examined latitudinal trend of the number of species and species diversity of rocky subtidal shelled gastropods. Specimens were sampled from four wave-exposed sites along the eastern coast of Korea between Sockcho (38°14'N) and Busan (35°06'N), covering a range of over ca. 440 km and 4° of latitude. At a small local scale, the number of species showed a latitudinal trend, decreased with decreasing of latitude, even though no clear trends in species diversity were detected. The present result, consequently, suggest that regulation of small-scale local diversity presumably results from the difference of the local micro-environment.

Keywords: Number of species, Species diversity, Latitudinal trend, Gastropod, Korea.

서 론

종다양성의 위도구배적 변이경향 (위도증가에 따른 종다양성 감소) 은 북반구내 다양한 생태계의 생물지리 분포양상 중에서 가장 잘 밝혀진 자연현상 중 하나이다 (Rohde, 1992; Rosenzweig, 1995; Rex *et al.*, 2000). 특히, Rosenzweig (1995) 는 본인 및 다른 연구자들이 제시한 다양한 분류군들에 대한 연구결과를 전 지구적인 규모에서 분석한 뒤 “저위도 (적도) 지역에서 종 다양성은 최고를 나타내며 남·북반구의 고위도로 가면서 종 다양성이 낮아지는 현상은 매우 일반적인 생태현상 중의 하나이다”라고 주장하였다. 해양생물에서의 이러한 위도구배적 종다양성의 변이경향은 주로 위도차이에 따른 수온과 염분의 차이에 의해 야기됨이 밝혀지고 있다 (Vertness and Ewanchuk, 2002). 그러나, 해양생물에서의 이러한 위도구배적 종다양성의 변이경향이 조사나 연구의 규모에 따라서 달라질 수도 있음이 남·북반구의 많은 연구결과들 (*e.g.*, Rivadeneira *et al.*, 2002) 에서 제시되고 있다. Rivadeneira *et al.* (2002) 는, 비록 Rosenzweig (1995) 의 연구규모에 비해 상대적 소규모였을지라도, 칠레 연안의 암반 조하대에 서식하는 무척추동물들을 대상으로 한 연구에서 위도 30-32°S 부근에서 최고의 종다양성이 나타나며 그 위나 아래의 위도로 가면서는 종다양성이 감소하고 있음을 제시하였다. 따라서, 생태학의 고전적 일반론으로 제시되어 왔던 ‘종다양성의 위도구배적 변이경향 (위도증가에 따른 종다양성 감소)’ 은

Received October 13, 2004; Accepted December 8, 2004

Corresponding author: Son, Min Ho

Tel: (82) 51-620-6296 e-mail: mhson@kios.pknu.ac.kr

1225-3480/20209

© The Malacological Society of Korea

조사 및 연구규모 (Rivadeneira *et al.*, 2002) 와 대상 분류군 (Clarke and Crame, 1997) 에 따른 많은 예외들이 알려지고 있다. 심지어 Valdovinos *et al.*, (in press) 는 남태평양에 분포하는 연체동물들에서는 지금까지의 ‘종다양성의 위도구배적 변이경향 (위도증가에 따른 종다양성 감소)’ 과 ‘반대의 경향 (위도증가에 따른 종다양성 증가)’ 이 나타나고 있음을 보고하고 있다.

따라서, 본 연구자들은 ‘위도구배에 따른 종다양성이 한국 동해안에 분포하는 암반조하대 복족류에서는 어떠한 변이경향을 갖고 나타날 것인가?’에 답하기 위해서 위도에 따른 수온의 차이가 명확하다고 생각되는 동해안 4 개 정점을 대상으로 2003년 2, 5, 7 및 10월 총 4 회에 걸쳐 암반조하대에 서식하는 복족류 표본들을 채집, 분석하였다.

재료 및 방법

실험에 사용된 표본은 동해안 북위 약 4° (38°14" →35°06" N) 의 위도구배 내에서 (직선거리 약 440 km) 4 개 정점 (속초 (St. 1), 강릉 (St. 2), 울진 (St. 3) 및 부산 (St. 4))을 선정하고 (Fig. 1), 각 지점의 암반조하대 수심 5, 10 및 15 m에 서식하고 있는 복족류를 총 4 회 (2003년 2, 5, 7 및 10월) 에 걸쳐 SCUBA 잠수 및 자체 제작한 수중방형구 (50 × 50 cm; 수중 채집 시 표본유실 방지장치 부착) (Fig. 2) 를 이용하여 2 회 반복, 정량 채집하였다. 각 정점의 선정은 조하대 복족류 중 상당수가 지역주민에 의해 포획되어 식용된다는 점

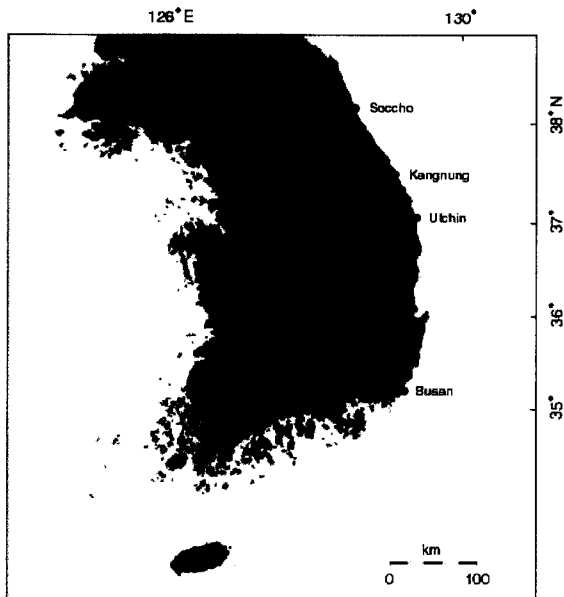


Fig. 1. Map showing sampling sites for studying for latitudinal variation of the number of species and species diversity (H') in rocky subtidal shelled gastropods.

을 감안하여, 현장에서 지역 어민을 대상으로 한 탐문결과 (인위적 간섭의 배제) 와 외해에 대한 노출의 정도 (파도의 세기 차이에 의한 생물상 변이 고려) 등을 고려하여 표본의 채집이 가능한 해역 내에서 인위적 간섭이 최대한 적고 외해에 대한 노출의 정도가 유사한 4 개 정점으로 결정하였다. 아울러 각 지점의 환경요인으로서 수심 10 m에서의 수온 (T in °C, CTD Seabird SBE-19), 염분 (S in ppt, CTD Seabird SBE-19), 용존산소 (DO in ml/l, Horiba OM-12/14), 부유물농도 (SS in mg/l) 및 투명도 (TD in m, Secchi disk)를 매 표본채집 시 함께 측정하였다.

본 연구에서는 수중 표본채집 시 피할 수 없는 표본유실에 따른 결과의 편향을 줄이기 위하여 각장 2 mm 이상의 패각을 가진 복족류만을 대상으로 하였다. 각 지점의 수심별 자료는 통합 (pooled) 처리하였고, 조사시기별 (총 4 회) 자료는 합산, 평균화하여 분석에 사용하였다. 종다양성은 각 지점마다 동일한 sample size의 정량채집 표본을 바탕으로 하였기에 Shannon-Weaver (1963) 의 다양성지수로 나타내었으며, 결과의 해석을 위하여 각 지점의 출현 종 수와 해당 지점의 환경요인들 그리고 각 지점의 종다양성 지수와 해당지점의 환경요인들 간의 통계적 상관성을 분석 (EXCEL, p = 0.05)하였다.

결 과

총 4 개 조사정점에서 5 목 (order), 13 과 (family)에 속하는 42 종의 복족류가 출현하였으며 그 중 가장 우점적인 분류

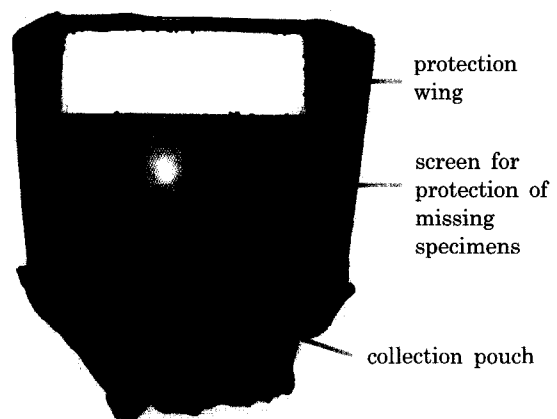


Fig. 2. Figure showing the underwater quadrate (50 × 50 cm) which was used for sampling of the subtidal gastropods from four rocky subtidal sites of the eastern coast of Korea.

균은 총 20 종이 출현한 신복족류 (Neogastropoda) 로 나타났다 (Appendix 1). 각 지점에서 출현한 절대적, 분류학적 기준의 출현 종 수는 4 개 정점 중 상대적으로 가장 고위도에 위치한 St. 1에서 가장 많은 종 (27 종) 이 출현하였으며, 그 출현 종 수는 점차 적어져서 상대적으로 가장 저위에 위치한 St. 4에서는 17 종이 출현하여 고위도에서 저위도로 가면서 출현 종의 수가 점차 감소하는 (St. 1: 27 종 → St. 2: 24 종 → St. 3: 22 종 → St. 4: 17 종) 위도구배적 변이경향을 나타내 있으나 (Fig. 3), 다양성지수로 계산된 생태적 종다양성에 있어서는 그러한 변이경향을 나타내지 않았다 (St. 1: 0.50 → St. 2: 0.51 → St. 3: 0.17 → St. 4: 0.45) (Fig. 4). 또한,

각 정점에서 측정된 5 개 항목의 환경요인들 중 부유물 농도 (SS) 는 위도가 낮아짐에 따라 농도가 증가하는 일정한 변이경향을 보였지만 그 외, 4 개 요인들 (T, S, DO 및 TD)은 앞에서 제시된 종다양성에서와 마찬가지로 위도구배에 따른 뚜렷한 변이경향을 보이지 않았다 (Table 1).

각 정점에서의 분류학적 출현 종 수 및 생태적 종다양성지수들이 각 정점에서 측정된 5 개 환경요인들과의 상관성을 분석한 결과, 출현 종 수와 부유물 농도만이 통계적으로 유의한 수준 ($p < 0.05$) 의 상관성을 갖고 있을 뿐 그 외 요인들과는 출현양상에 있어서 유의한 상관성이 없는 것으로 나타났다 (Table 2).

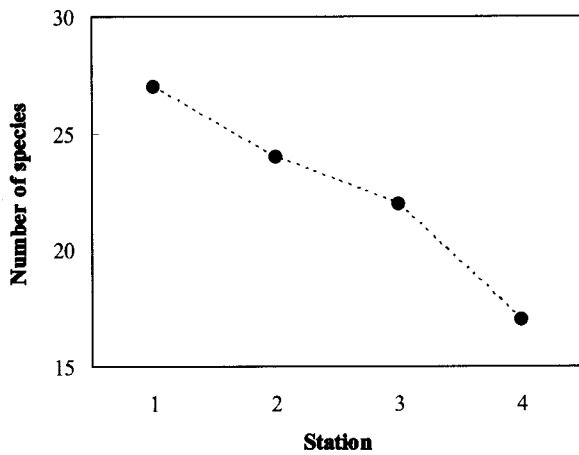


Fig. 3. Variation of the number of shelled gastropod species sampled from the four rocky subtidal sites (Fig. 1) along the eastern coast of Korea in 2003. At each site, all seasonal and vertical data were pooled.

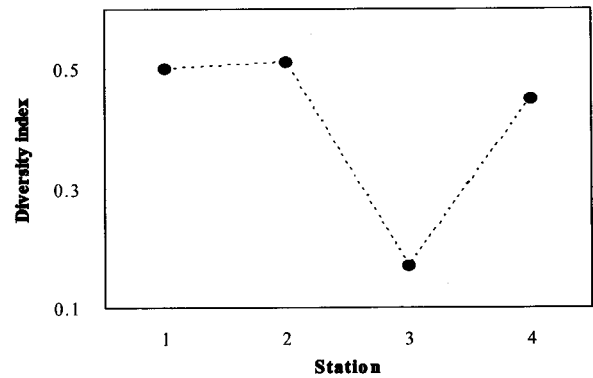


Fig. 4. Variation of the Shannon-Weaver's (1963) diversity index values for shelled gastropod species sampled from the four rocky subtidal sites (Fig. 1) along the eastern coast of Korea in 2003. At each site, all seasonal and vertical data were pooled.

Table 1. Value of the variables at each sampling site. The value of temperature, salinity, dissolved oxygen, suspended substance and transparency depth represent mean value ($n = 4$) of the three depth schemes (5, 10 and 15 m). Vertical (depth) data in the number of species, the number of individuals and diversity index at each site were pooled.

Variable	Station			
	1	2	3	4
Number of species	27	24	22	17
Number of individuals	96	146	299	86
Diversity index	0.50	0.51	0.17	0.45
Temperature (°C)	18.8	18.2	19.6	20.6
Salinity (psu)	32.2	33.1	32.7	31.9
Dissolved oxygen (ml/l)	7.2	9.0	7.2	7.5
Suspended substance (mg/l)	0.8	1.1	1.9	3.3
Transparency depth (m)	10.7	8.4	10.8	8.7

Table 2. Values represent the correlation coefficient and all values are not significant statistically (EXCEL, $p > 0.05$) except the value of the coefficient between the number of species and suspended substance (EXCEL, $p < 0.05$).

Variable	Number of species	Diversity index
Temperature	-0.56	-0.36
Salinity	-0.08	-0.15
Dissolved oxygen	-0.13	0.50
Suspended substance	-0.78	-0.23
Transparency depth	-0.43	-0.56

고찰

연구결과는 한국 동해안에 분포하는 암반조하대 복족류에서는 위도구배에 따른 절대적, 분류학적 출현 종 수의 변이경향은 존재 (위도가 낮아지면서 출현 종 수가 감소) 하지만 Rohde (1992), Rosenzweig (1995), Rex *et al.* (2000) 및 Valdovinos *et al.*, (in press) 등이 주장하는 위도구배에 따른 종다양성의 변이경향은 보이지 않고 있다. 그러므로, 한국 동해안 암반조하대에 분포하는 복족류의 종다양성은 Vertness and Ewanchuk (2002) 가 제시한 위도차이에 따른 수온과 염분의 차이에 의해 조정되는 것이라기보다는 지역적 미세환경 (부유물 농도 등을 포함) 의 차이에 바탕을 둔 보다 복합적인 수준의 베타-다양성 (β -diversity) (Clarke, 1992) 에 의해서 조정되고 있는 것으로 생각된다. 그러나, 동해안 복족류에 대한 본 연구결과에서의 주장은 조사규모 (4 개 정점, 수평거리 약 440 km) 및 대상분류군 (조하대 복족류) 의 한정된 상황 아래에서의 것으로, 이러한 한정성을 보다 확대할 경우 본 연구결과와 동일한 현상이 반복될 수 있다고 단정하기는 어려울 것으로 생각된다.

결론적으로, 비록 조사규모나 대상 분류군의 한정을 갖는다 하더라도, 본 연구의 결과가 기여하는 바는 (1) 종다양성의 위도구배적 변이경향 (위도증가에 따른 종다양성 감소 또는 증가) 은 일반적으로 받아들여 질 수 있는 생태학적 이론이 아니라 “많은 검증이 필요한 논란의 여지가 있는 이론”이라는 주장 (Roy *et al.*, 1998) 에 대한 추가적인 증거를 제시했다는 사실

과, (2) 지역적 종다양성 (regional γ -diversity) 의 위도구배적 연구를 수행하고자 할 경우엔 각 조사지점의 미세환경에 대한 보다 철저한 사전검토가 선행되어야 한다는 사실을 제시하고 있다는 것이다.

REFERENCES

Clarke, A. (1992) Is there a latitudinal diversity gradients on recolonization of mudflat fauna to sediment contaminated with different concentrations of oil. *Sarsia*, **80**: 175-185.

Clarke, A. and Crame, J.A. (1997) Diversity, latitude and time: patterns in the shallow sea. *In: Marine Biodiversity: Patterns and Processes* (eds. by Ormond, R.F.G., Gage, J.D. and Angel, M.V.) pp. 122-147. Cambridge University Press, New York.

Rex, M.A., Stuart, C.T. and Coyne, G. (2000) Latitudinal gradients of species richness in the deep-sea benthos of the North Atlantic. *Proceedings of National Academy of Science, USA*, **97**: 4082-4085.

Rivadeneira, M.M., Fernandez, M. and Navarrete, S.A. (2002) Latitudinal trends of species diversity in rocky intertidal herbivore assemblages: spatial scale and the relationship between local and regional species richness. *Marine Ecology Progress Series*, **245**: 123-131.

Rohde, K. (1992) Latitudinal gradients in species diversity: the search for the primary cause. *Oikos*, **65**: 514-527.

Rosenzweig, M.L. (1995) Species Diversity in Space and Time. 436 pp, Cambridge University Press, New York.

Roy, K., Jablonski, D., Valentine, J.W. and Rosenberg, G. (1998) Marine latitudinal diversity gradients: test of casual hypotheses. *Proceedings of National Academy of Science, U.S.A.*, **95**: 3699-3702.

Shannon, C.E. and Weaver, W. (1963) The Mathematical Theory of Communication. 125 pp, University of Illinois Press, Urbana.

Vertness, M.D. and Ewanchuk, P.J. (2002) Latitudinal and climate-driven variation in the strength and nature of biological interactions in New England salt marshes. *Oecologia*, **132**: 392-401.

Valdovinos, C., Navarrete, S.A. and Marquet, P.A. (in press) Mollusk species diversity in the southern Pacific: why are there more species towards the pole? *Ecography*.

Appendix 1. List of rocky subtidal shelled gastropods sampled from the four sites (Fig. 1) along the eastern coast of Korea in 2003. '○' represents occurrence of the species at the site, four-times samples pooled.

Species	Station			
	1	2	3	4
Class Gastropoda				
Order Archaeogastropoda				
Family Haliotidae				
<i>Nordotis discus</i> (Reeve)		○	○	
Family Fissurellidae				
<i>Macroschisma dilatatum</i> A. Adams		○	○	
<i>Macroschisma sinensis</i> A. Adams	○			
<i>Tugalina gigas</i> (v. Martens)		○		○
Family Acmaeidae				
<i>Acmaea pallida</i> (Gould)	○	○	○	○
Family Trochidae				
<i>Cantharidus callichroa</i> (Philippi)	○	○	○	
<i>Cantharidus callichroa bisbalteatus</i> (Pilsbry)	○			
<i>Cantharidus jessoensis</i> (Schrenck)	○		○	
<i>Chlorostoma turbinatum</i> A. Adams	○	○		
<i>Lirularia iridescens</i> (Schrenck)	○			○
<i>Lirularia yamadana</i> (Smith)	○			○
<i>Omphalius pfeifferi pfeifferi</i> (Philippi)		○	○	
<i>Tristichotrochus multiliratum</i> (Sowerby)	○	○	○	○
<i>Tristichotrochus unicus</i> (Dunker)	○	○	○	○
Family Turbidae				
<i>Batillus cornutus</i> (Lightfoot)			○	
<i>Calliostoma multiliratus</i> (Sowerby)	○	○	○	
<i>Homalopoma amussitatum</i> (Gould)	○		○	
<i>Homalopoma</i> sp.	○		○	
Order Mesogastropoda				
Family Calyptraeidae				
<i>Bostrycapulus gravispinosus</i> (Kuroda & Habe)				○
<i>Crepidula onyx</i> (Sowerby)	○	○	○	○
Order Heteropoda				
Family Naticidae				
<i>Naticid</i> sp.	○			
Order Neogastropoda				
Family Muricidae				
<i>Ceratostoma burnetti</i> (Adams & Reeve)	○	○	○	○
<i>Ceratostoma fournieri</i> (Crosses)		○		
<i>Ceratostoma inornatum</i> (Récluz)	○		○	
<i>Ceratostoma rorifluum</i> (A. Adams & Reeve)	○	○		
<i>Ceratostoma</i> sp.		○		

Genetic Relationship among Three Scallop Species Using RAPD Markers

Species	Station			
	1	2	3	4
<i>Ergalatax contractus</i> (Reeve)				○
<i>Nucella freycineti</i> (Deshayes)		○		
<i>Nucella freycineti elongatus</i> Gorikov & Kussakin		○		
<i>Reishia bronni</i> (Dunker)	○		○	
<i>Reishia clavigera</i> (Küster)	○	○		
<i>Reishia luteostoma</i> (Holten)		○	○	○
Family Columbelloidea				
<i>Mitrella bicincta</i> (Gould)	○	○	○	○
Family Olividae				
<i>Olivella fulgurata</i> (A. Adams & Reeve)		○	○	
Family Nassaridae				
<i>Reticunassa japonica</i> (A. Adams)	○		○	
<i>Reticunassa</i> sp.	○	○		○
Family Buccinidae				
<i>Japeuthria ferrea</i> (Reeve)	○	○		○
<i>Kelletia lischkei</i> Kuroda			○	○
<i>Microfusinus actispirata</i> (Sowerby)	○			
<i>Neptunea arthritica</i> (Bernardi)	○			
<i>Searlesia modesta</i> (Gould)	○	○	○	○
Order Heterogastropoda				
Family Triphoridae				
<i>Viriola tricincta</i> (Dunker)				○