

한국의 남해 거문도해역에 자생하는 홍합(*Mytilus coruscus*)의 수심별 성장, 비만도와 저서생물의 분포

배종일, 황성일*, 정영호, 김유진¹, 김동욱¹

수중생태기술연구소, ¹씨캠

Distribution of benthic organisms and growth and obesity of mussels (*Mytilus coruscus*) by depth in Geomundo, south coast of Korea

Jong Il Bai, Sung Il Hwang*, Yeong Ho Jung, Yu Jin Kim¹ and Dong Wook Kim¹

Underwater Ecology Institute, Yeosu 59769, Republic of Korea

¹Seacam, Jeju 63047, Republic of Korea

*Corresponding author

Sung Il Hwang
Tel. 061-644-7607
E-mail. watereco@naver.com

Received: 13 October 2020

First Revised: 18 December 2020

Second Revised: 21 January 2021

Revision accepted: 8 February 2021

Abstract: We investigated the distribution characteristics of mussels (*Mytilus coruscus*) growing in the Geomundo sea area by water depth. The research was also conducted to identify the surrounding benthic organisms. Mussels showed high density and low obesity in low water depths. The lower the density, the higher the obesity level appeared in deeper water. The morphological characteristics also appeared to increase as the water depth deepened. In addition, the shell length and total weight were more strongly correlated at a depth of 12 m than at 2 m. The total weight by the growth of the shell length and shell height was affected by the water depth. The analysis showed that the density and biomass of the algae inhabiting the surroundings decreased somewhat as the water depth increased. In benthic animals, the number of mussels tended to decrease slightly at the point where oysters dominated, at a depth of 2 m. Conversely, the number of oysters tended to decrease in deeper water dominated by mussels. Thus, the spatial competition between oysters and mussels was affected by the water depth. Also, mussels did not appear in areas where large algae flourished, suggesting that the survival of mussels was affected by the presence or absence of large algae.

Keywords: *Mytilus coruscus*, mussel, spatial competition, distribution, benthic fauna

서 론

홍합(*Mytilus coruscus*)은 이매패강, 홍합목, 홍합과에 속하는 식용 패류로서, 조간대에서 수심 20 m 이내의 암초지대에 군집하여 서식하며, 대부분 족사(Byssal threads)를 이용하여 암반과 같은 경성기질에 부착하여 서식한다(Yonge

1976). 홍합과에 속하는 종의 개체군은 대량 번식하여 부착하는 특성으로 인해서 수중 구조물이나 다른 생물의 양식어장 등에 많은 피해를 입히는 부착 오손생물(Fouling organisms)로도 잘 알려져 있다(Roberts 1978; Je *et al.* 1988). 반면, 홍합속은 해수 중의 유기물을 걸러 직접 흡수하는 여과식자(Filter feeder)로서 유기물에 포함되어 있는

독성물질이나 오염물질을 조직 속에 농축하는 점을 착안하여 해역 간의 오염 정도를 측정하는 지표생물로 활용하기도 한다(Phillips 1976; Ritz *et al.* 1982; Lee and Lee 1984; Goldberg 1986; Fischer 1988).

홍합은 한국을 비롯한 일본, 중국의 북부 연안 등 동북아시아 주변 해역에서만 분포한다(Scarlato 1981). 우리 연안에서의 홍합속 3종의 분포를 보면 홍합은 전 연안에 분포하나 지중해담치(*Mytilus galloprovincialis*)와 비교하여 상대적으로 외해에 분포한다. 그리고 수온과 탁도가 낮은 곳, 수심이 깊은 곳에 서식함을 알 수 있다(Je *et al.* 1990). 수직분포에 있어 귀화생물(Immigrant organisms)인 지중해담치는 조간대 하부를 대상으로 분포하며, 국내 경성기질에서도 어느 정도 생태적인 위치를 확보하고 있다. 홍합이 조간대 하부를 대상으로 같이 분포하고 있어 지중해담치와 같은 귀화생물이 들어오기 전에는 전 연안의 외해 방향 조간대에는 홍합이 우점하여 분포하였을 것이라고 추측되고 있다. 이는 탁도가 낮았던 남해의 일부 내만 지역에서도 홍합이 분포하였다는 기록이 있으나 현재에는 지중해담치(*M. galloprovincialis*)나 굽은줄격판담치(*Sepifer virgata*)로 대체되어 있으며, 그렇지 않은 지역에서는 장소 경쟁에서 보다 깊은 곳으로 밀려난 것으로 여겨진다(Je *et al.* 1990). 우리나라 연안에서는 조간대 주변에서만 발견되고 있고, 미국 서쪽 해안에서도 홍합속에 속하는 두 종이 서식지 경쟁에 의해 수직분포를 달리하는 것(Suchanek 1978)으로 보아 국내 중 간에도 서식지 경쟁이 지속될 것으로 예상된다.

조하대 암반에 형성된 부착생물군집은 성체인 저서생물로부터 산란된 유생이 일정 시간이 경과하여 변태를 할 수 있는 상태에 도달한 후에 다양한 환경조건의 영향을 받아서 정착하여 이루어진 결과이다(Park *et al.* 2011). 유생의 착저에 영향을 미치는 환경요인으로는 지금까지 다양한 이론이 제시되었는데, 유생은 성체로부터 기인한 화학물질에 유인되어 착저되거나(Crisp and Meadows 1962), 이화학적인 환경조건에 반응하여 착저하고(Thorson 1966), 수동적으로 해수유동에 의해 이동되어 착저한다는(Butman 1987) 이론 등이 있다. 부착기질에 물리적인 요인에 의해서 빈 공간이 생기거나 새로운 해양시설물이 설치되면 그곳에 부착생물의 재생산 시기에 따라서 순차적으로 가입되고, 기존의 가입생물과 종 간 경쟁을 통해 군집이 형성되는 일련의 천이과정을 거쳐 최종적으로 안정된 군집으로

정착하게 된다. 암반생물군집은 유생의 초기 착저와 가입(Glasby 1998), 종 간 경쟁력(Smith and Whiteman 1999), 유생공급(Bertness *et al.* 1996) 등에 의해서 유지되고 변화를 겪게 된다.

본 연구는 남해안 거문도 해역에 자생하는 홍합(*M. coruscus*)의 수심별 분포양상과 개체의 특성 및 저서생물에 대한 분포양상을 조사하여 수심별 홍합의 생태특성과 같은 공간에 분포하는 저서생물에 대한 기초자료를 제공하고자 하였다.

재료 및 방법

1. 조사위치 및 채집방법

본 연구는 홍합(*M. coruscus*)이 자생하는 거문도 서도해역 남쪽 3개소에서 최대간조를 기준으로 수심별(2m, 6m, 8m, 10m, 12m)로 조사지점을 선정하였다(Fig. 1).

수심 12m에서 수심 2m까지 잠수사를 이용하여 공간분

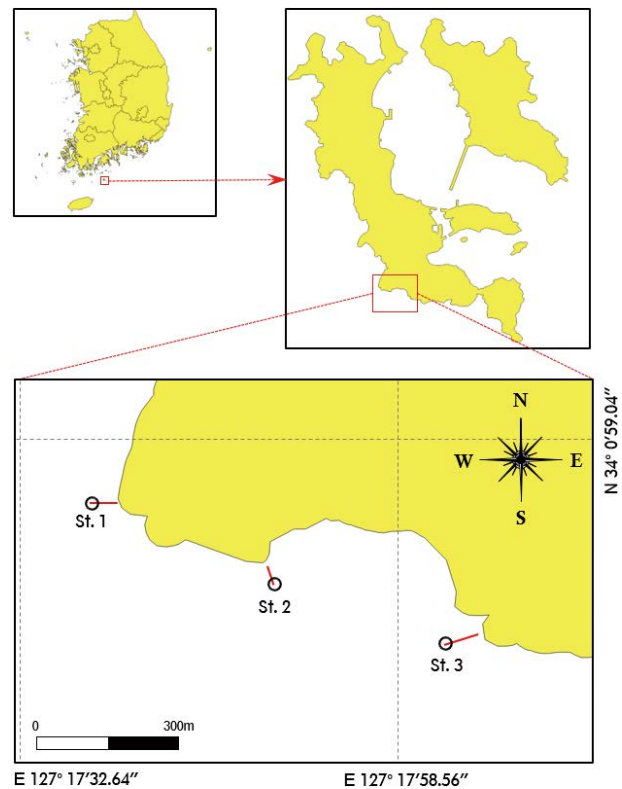


Fig. 1. Location of the study area.

포를 위한 연속 수중촬영을 진행하였으며, 조사지점(2 m, 6 m, 8 m, 10 m, 12 m)에서 각각 방형구(Quadrat, 50 cm × 50 cm) 내 모든 생물을 대상으로 파괴법으로 수중생물 정량 채집장치(수중생태기술연구소, 특허 제10-14180264호)를 이용하여 유실율을 최소화하여 채집하였다.

2. 홍합의 수심별 성장 및 비만도

수심별로 채집된 홍합의 개체수 및 생체량을 파악하여 단위면적당 서식밀도(indiv. m⁻²)로 환산하였다.

홍합의 성장도는 수심별 채집된 모든 개체에 대해 크기와 무게를 측정하였다. 홍합의 크기는 Vernier caliper를 이용하여 각장(Shell length, cm), 각고(Shell height, cm)를 0.01 cm까지 측정하였고, 전중량(Total weight, g)은 전자저울을 이용하여 0.01 g 단위까지 측정하였다. 전중량을 측정한 후 패각과 육질을 분리하였다. 홍합의 각고와 각장에 대한 상관관계식과 각장과 전중량, 육질부 습중량(Wet meat weight; WMW), 건중량(Dry meat weight; DMW) 간의 상관관계식을 구하였다.

홍합의 비만도(Condition Index; CI)는 채집된 개체를 개각하여 육질부와 패각을 분리하고 90°C 오븐에서 48 시간 건조시킨 후, 육질부위의 습중량(WMW, g)과 건중량(DMW, g) 및 패각 건중량(Shell dry weight; SDW, g)을 0.0001 g 단위까지 측정 후 다음과 같은 식으로 산출하였다.

$$CI = DMW / (DMW + SDW)$$

3. 주변생물의 수심별 분포양상

수심별로 방형구(50 × 50 cm)를 이용하여 정량 채집된 모든 저서생물은 홍합의 패각(MS; Mussel's Shell)을 부착기질로 활용하는 종과 방형구 내 홍합 주변공간(SHQ; Surrounding Habitat in Quadrat)을 부착기질로 사용하는 종으로 구분하여 분석하였다.

퇴적물을 제거하고 남은 잔존물을 Sorting 작업을 통해 저서생물(해조류, 저서동물)을 선별하였다. 선별된 저서생물은 해부현미경하에서 가능한 종수준까지 동정한 후 종별로 계수하였으며, 단위면적당 서식밀도(indiv. m⁻²) 및 생체량(gWWt m⁻²)으로 환산하였다.

분석된 시료는 종조성 및 분류군별 출현양상, 우점종에 대해 분석을 진행하여, 수심별 저서생물의 군집특성을 파악하기 위해 종다양성지수(Shannon and Weaver 1963), 종풍

부도지수(Margalef 1958), 종균등도지수(Pielou 1966), 우점도지수(McNaughton 1968)를 산출하였으며, 조사지점간 유사도평가를 위해 채집된 저서생물의 종조성에 기초하여 집괴분석(Cluster analysis)을 진행하였다. 집괴분석은 자료의 편증을 피하기 위하여 대수변환 후 유사도 지수는 Bray-Curtis similarity를 사용하였고, 결합법(Linkage-method)으로는 가중평균결합법(WPGMA; Weighted Pair Group Method with Arithmetic Mean)을 사용하였다. 자료의 통계적 처리에는 PRIMER 5.2 통계패키지를 사용하였다.

4. 주변생물의 공간분포

공간경쟁생물의 분포양상 파악을 위한 연구는 2020년 4월에 Line 3개소를 대상으로 수행하였다. 수심별 경쟁생물의 분포 촬영은 수중디지털카메라(Canon 5D mark IV, Japan)를 이용하였다. 촬영환경은 Manual mode, ISO 400을 설정하였으며, 영상의 크기는 6720 × 4480 pixel로 설정하였다.

수심별 경쟁생물의 분포파악을 위해 수중영상은 수심

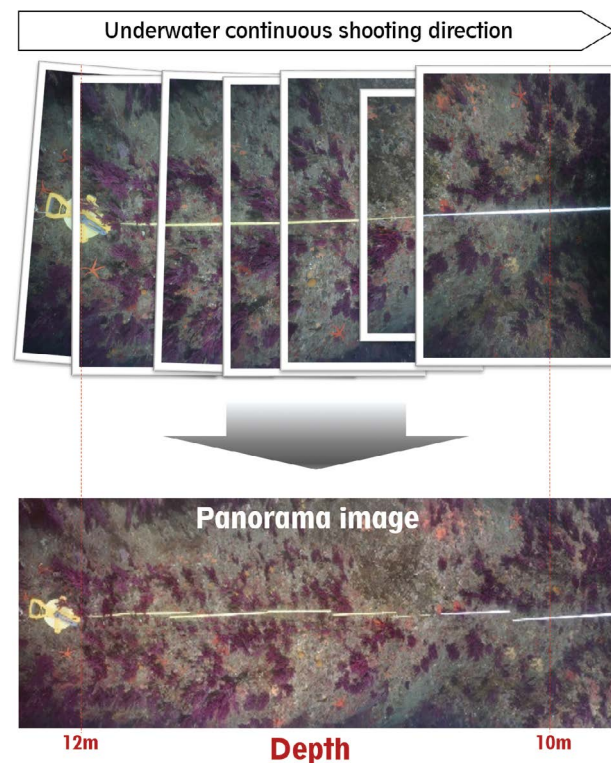


Fig. 2. Panoramic image production process using images taken continuously underwater.

Table 1. Emergence patterns of mussels (*Mytilus unguiculatus*) according to water depth in the study area

Depth (m)	Mean of shell length (cm)	Mean of shell height (cm)	Mean of density (indiv. m ⁻²)	Mean of biomass (gWWt m ⁻²)	Estimated weight of one entity (g)
2	9.87	4.86	64	5,892.71	92.07
6	10.45	5.19	27	3,621.68	135.81
8	10.96	5.66	29	4,840.43	165.01
10	12.09	6.17	23	3,576.73	157.80
12	13.20	6.34	17	4,270.88	246.40
Aver.	11.31	5.64	32	4,440.49	159.42
Stdev.	1.34	0.63	18	963.61	56.33

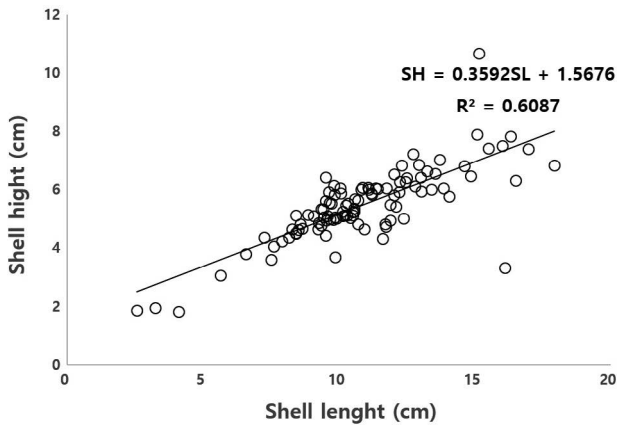


Fig. 3. Relationship between shell height and shell length of *Mytilus unguiculatus*.

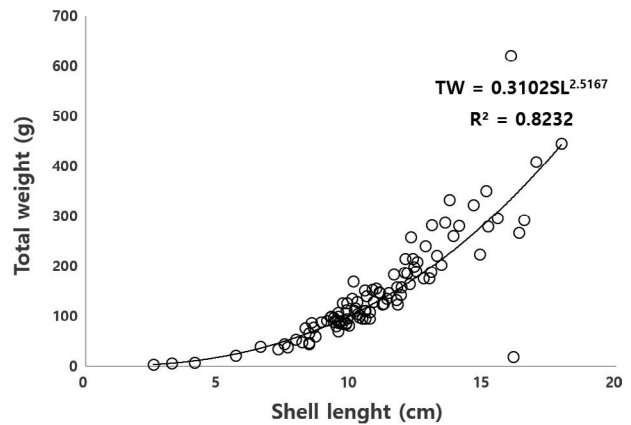


Fig. 4. Relationship between total weight and shell length of *Mytilus unguiculatus*.

12 m부터 2 m까지 폭 2 m, 중첩율 60~70%로 연속촬영으로 획득하였으며, 획득된 이미지는 컴퓨터에 저장 후 영상 맵핑프로그램 (Image Composite Editor, V2.0, Microsoft)을 이용하여 Panorama image를 제작하였다(Fig. 2). 제작된 Panorama image는 주요 생물들의 크기를 군체 외곽선 내부에 존재하는 pixel의 면적합으로 정의하여 피도(Percent coverage)는 주요 종별 면적에 대한 Panorama image/Total pixel area에 대한 비율을 ImageJ 1.52a (Wayne rasband national institutes of Health, USA)를 이용하여 산출하였다.

결 과

1. 홍합의 수심별 상관관계식 및 비만도

연구지역에서 채집된 홍합(*M. coruscus*)는 총 480개체가

채집되어, 66,607.28 g으로 평균 32 ± 18 indiv. m⁻²의 밀도로 서식하고 있으며, 1개체당 평균 중량은 169.92 ± 76.63 g으로 나타났다. 수심별로는 2 m 지점에 평균 서식밀도 64 indiv. m⁻²로 높은 밀도를 보이는 반면, 1개체당 평균 중량은 92.07 gWWt m⁻²으로 가장 낮은 생체량으로 조사되었다. 또한, 평균 각장 9.87 cm, 평균 각고 4.86 cm로 조사 수심대에서 가장 작게 나타났다. 수심이 가장 깊은 12 m 지점에서는 평균 서식밀도 17 indiv. m⁻²으로 낮은 밀도를 보이지만, 1개당 평균 중량 246.40 g으로 가장 높은 생체량을 보였다. 평균 각장 13.20 cm, 평균 각고 6.34 cm로 조사 수심대에서 가장 큰 개체가 분포하는 것으로 나타나 수심이 깊어질수록 서식밀도는 낮아지고 큰 개체가 분포하는 것으로 확인되었다(Table 1).

홍합의 각장(SL)과 각고(SH)의 상관관계는 $SH = 0.3592SL + 1.5676$ ($R^2 = 0.6087$)로 나타났으며(Fig. 3), 수

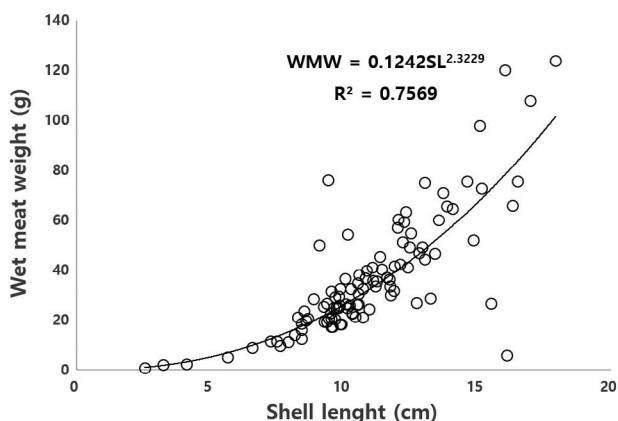


Fig. 5. Relationship between wet meat weight and shell length of *Mytilus unguiculatus*.

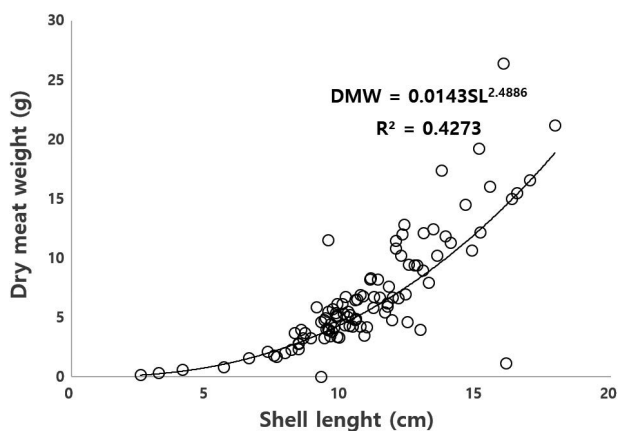


Fig. 6. Relationship between dry meat weight and shell length of *Mytilus unguiculatus*.

심별 상관관계는 Table 2에 나타났다. 각장과 전중량(TW)의 상관관계는 $TW=0.3102SL^{2.5167}$ ($R^2=0.8232$)이었으며 (Fig. 4), 수심별 상관관계는 Table 3에 표시하였다. 홍합의 각장과 육질습중량(WMW)의 상관관계는 $WMW=0.1242SL^{2.3229}$ ($R^2=0.7569$)로 나타났으며 (Fig. 5), 수심별 상관관계는 Table 4에 나타났다. 각장과 육질건중량(DMW)의 상관관계는 $DMW=0.0143SL^{2.4886}$ ($R^2=0.4273$)로 나타났으며, 수심별 상관관계는 Table 5에 나타났다.

홍합의 수심별 비만도지수를 분석한 결과, Fig. 7과 같다. 수심 2 m 지점은 0.059 ± 0.014 로 나타나며, 수심 6 m 지점 0.057 ± 0.020 , 수심 8 m 지점 0.060 ± 0.024 , 수심 10 m 지점 0.064 ± 0.012 , 수심 12 m 지점은 0.081 ± 0.051 의 수치로 나타났다. 홍합의 수심별 비만도는 최대 0.236으로 수심 12 m

Table 2. Correlation formula between shell length and shell height by depth

Depth (m)	Correlation formula	R^2
2	$SH=0.2157SL+2.7160$	0.3001
6	$SH=0.4217SL+0.8109$	0.7447
8	$SH=0.4278SL+1.0224$	0.5824
10	$SH=0.3377SL+2.0980$	0.8563
12	$SH=0.3148SL+2.2670$	0.7910

Table 3. Correlation formula between shell length and total weight by depth

Depth (m)	Correlation formula	R^2
2	$TW=0.8874SL^{1.9976}$	0.6069
6	$TW=0.1326SL^{2.8882}$	0.9630
8	$TW=0.3123SL^{2.5600}$	0.9452
10	$TW=0.2913SL^{2.5620}$	0.9095
12	$TW=0.1105SL^{2.9476}$	0.9329

Table 4. Correlation formula between shell length and wet meat weight by depth

Depth (m)	Correlation formula	R^2
2	$WMW=0.12422SL^{2.3229}$	0.7569
6	$WMW=0.1863SL^{2.0736}$	0.6311
8	$WMW=0.0764SL^{2.5173}$	0.9039
10	$WMW=0.1178SL^{2.3853}$	0.9424
12	$WMW=0.2073SL^{2.1613}$	0.9041

Table 5. Correlation formula between shell length and dry meat weight by depth

Depth (m)	Correlation formula	R^2
2	$DMW=0.0143SL^{2.4886}$	0.4273
6	$DMW=0.0361SL^{2.0486}$	0.6540
8	$DMW=0.0299SL^{2.1687}$	0.8548
10	$DMW=0.0055SL^{2.8301}$	0.2215
12	$DMW=0.0104SL^{2.6908}$	0.8806

지점에서 나타났으며, 최소치는 수심 8 m 지점에서 0.000으로 산출되었다. 평균 비만도가 6 m 지점에서 최소치를 보이며, 최대치는 수심이 깊어질수록 증가하는 양상으로 분석되었다.

2. 저서생물의 수심별 분포양상

방형구를 이용하여 정량채집된 시료의 분석결과, 분류군별 출현비율은 Table 6과 같다. 총 출현종수는 202종으로 해조류 73종, 저서동물 129종으로 나타났으며, 개체수 산정이 어려운 해조류를 제외하고 저서동물만 총 2,423개체가 출현하였다.

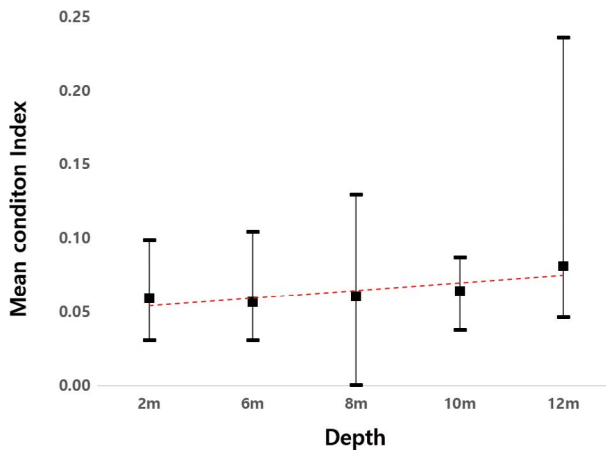


Fig. 7. Mean condition index of mussels according to water depth.

생체량은 총 4,069.41 g으로 해조류 948.33 g, 저서동물 1,729.95 g으로 나타났다. 해조류는 홍조식물이 61종 출현하여 생체량 1,069.52 g으로 최우점하였다. 저서동물은 연체동물이 41종 출현하여 생체량 982.30 g으로 우점하여 나타나고 있으나 개체수로는 절지동물문이 1,290개체가 출현하여 가장 우점하는 것으로 파악되었다.

홍합의 패각에 부착 서식하는 종은 총 109종이 출현하여 해조류 44종, 저서동물 65종으로 조사되었다. 이 중 해조류는 홍조식물이 36종으로 최우점하고, 저서동물은 연체동물이 17종으로 우점하였다. 방형구 내 홍합 주변에서는 총 164종이 출현하여 해조류 54종, 저서동물 110종이 출현하였으며, 해조류는 홍조식물이 45종으로 최우점하고, 저서동물은 연체동물이 37종으로 최우점하는 것으로 파악되었다.

홍합의 패각에 부착 서식하는 해조류 출현종수는 수심 6 m에서 21종으로 가장 많은 종이 출현하며, 12 m에서 9종으로 가장 적은 종이 출현하여 수심이 깊어질수록 종수가 적어지는 양상을 보이고 있다. 저서동물은 2 m에서 32종으로 가장 많이 출현하고 6 m에서 26종으로 가장 적은 종이 출현하고 있으나 수심에 따른 차이는 나타나지 않았다. 방

Table 6. Emergence patterns of taxonomic groups in the study area

Taxonomic group	Total			M.S. ^{a)}			S.H.Q. ^{b)}		
	Number of species	Individuals	Biomass (g)	Number of species	Individuals	Biomass (g)	Number of species	Individuals	Biomass (g)
Seaweed	73	* ^{c)}	1,421.88	44	*	473.55	54	*	948.33
Chlorophyta	2	*	10.26	1	*	0.08	2	*	10.18
Phaeophyta	10	*	342.10	7	*	44.44	7	*	297.66
Rhodophyta	61	*	1,069.52	36	*	429.03	45	*	640.49
Benthic fauna	129	2,423	2,647.53	65	1,211	917.58	110	1,212	1,729.95
Porifera	5	*	120.00	4	*	52.13	4	*	67.87
Cnidaria	12	*	350.62	4	*	31.74	11	*	318.88
Bryozoa	11	2	197.17	6	2	23.90	9	*	173.27
Sipunculida	1	81	7.14	1	23	2.33	1	58	4.81
Mollusca	41	261	982.30	17	64	135.84	37	197	846.46
Annelida	26	539	56.04	16	240	19.93	19	299	36.11
Arthropoda	25	1,290	836.38	12	790	573.18	25	500	263.20
Echinodermata	4	248	21.35	2	90	2.78	3	158	18.57
Chordata	4	2	76.53	3	2	75.75	1	*	0.78
Total	202	2,423	4,069.41	109	1,211	1,391.13	164	1,212	2,678.28

^{a)}Mussel's shell

^{b)}Surrounding habitat in quadrate

^{c)}Not counted

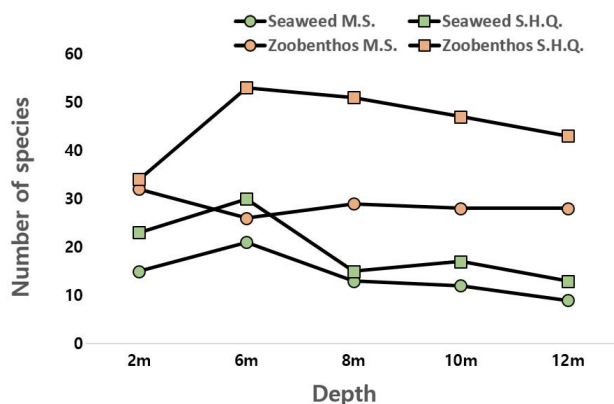


Fig. 8. Number of species of seaweed and benthic fauna depending upon their habitat (M.S.: mussel shells, S.H.Q.: surrounding habitat in quadrates).

형구 내 홍합 주변에서도 해조류는 6m에서 30종으로 가장 많은 종이 출현하고 12m에서 13종으로 가장 적은 종이 출현하여 패각에 부착 서식하는 것과 유사한 패턴을 보였다. 저서동물은 6m에서 53종으로 가장 많은 종이 서식하며, 2m에서 34종으로 가장 적은 종이 출현하여 수심이 낮은 2m에서 가장 적고 6m에서 최대치로 나타난 후, 수심에 따라 점차 감소하는 양상으로 조사되었다(Fig. 8).

홍합의 패각에 부착서식하는 저서동물의 서식밀도는 10m에서 500 indiv. m⁻²로 최대치를 보이며, 12m에서 196 indiv. m⁻²로 최하치를 나타냈다. 방형구 내 홍합 주변에서는 수심 6m에서 453 indiv. m⁻²로 최대치, 수심 12m에서 217 indiv. m⁻²로 나타난다. 홍합의 패각에 부착 서식하는 저서동물이 수심 10m 자료를 제외하면 전반적으로 모든 수심대에서 방형구 내 주변생물의 출현양상에 비하여 낮은 서식밀도를 보였다. 패각에 부착하여 서식하는 종과 방형구 내 주변공간의 저서동물은 수심별로 2m 지점에서 서식 밀도가 가장 낮으며, 6m에 최대치를 보인 후, 점차 감소하는 경향으로 나타났다(Fig. 9).

홍합의 패각에 부착 서식하는 해조류 생체량은 2m 지점에서 313.07 gWWt m⁻²로 가장 높게 나타나며, 12m에서 17.43 gWWt m⁻²로 가장 낮았다. 주변서식지에서도 2m 지점에서 439.12 gWWt m⁻²로 가장 높게 나타나며, 12m에서 53.25 gWWt m⁻²로 가장 낮았다. 해조류는 서식공간에 큰 차이없이 수심이 깊어짐에 따라 점차 감소하는 경향을 보인다. 저서동물의 생체량은 홍합의 패각과 서식공간에서 모두 수심 10m 지점에서 각각 315.29 gWWt m⁻², 663.21 gWWt m⁻²로 가장 높게 나타나며, 수심 간 변화양상은 크

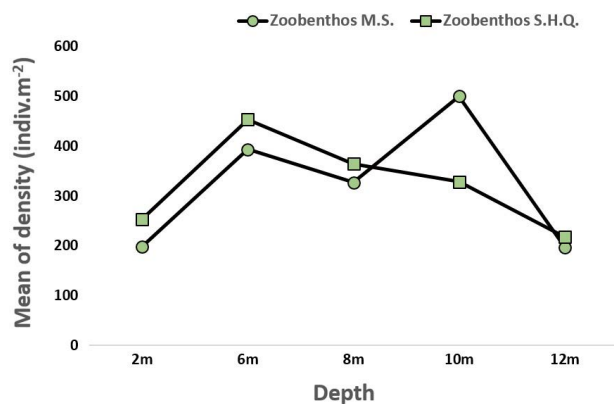


Fig. 9. Mean of density of benthic fauna depending on their habitat (M.S.: Mussel's shell, S.H.Q.: Surrounding habitat in quadrates).

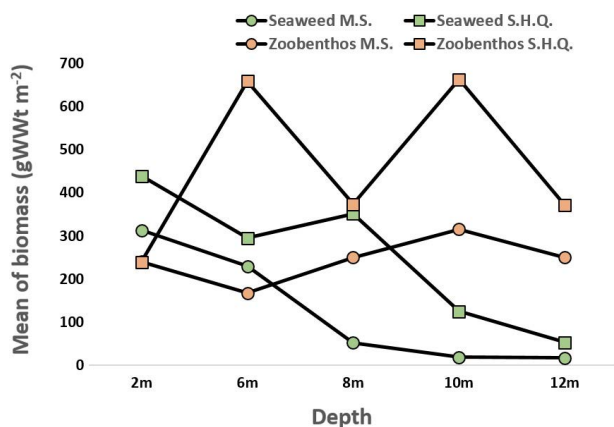


Fig. 10. Mean of biomass of benthic fauna depending on their habitat (M.S.: Mussel's shell, S.H.Q.: Surrounding habitat in quadrates).

게 나타나지 않았다(Fig. 10).

수심별 출현한 해조류의 생체량기준 우점종을 살펴보면, 참사슬풀(*Chondracanthus intermedius*)이 생체량 260.11 gWWt m⁻²으로 우점율 18.29%로 최우점하였으며, 참사슬풀은 홍합의 패각과 방형구 내 주변 서식공간 모두 수심 2m 지점에서 최우점하는 것으로 나타났다. 차우점종인 새발(*Acanthopeltis japonica*)은 홍합의 패각에서는 수심 2m 지점을 제외하고는 전 수심대에서 우점하여 출현하였으며, 방형구 내 홍합 주변서식지에서는 수심 6m, 8m, 10m에서 우점하여 출현하였다. 세 번째 우점종인 막우뭇가사리(*Gelidium vagum*)는 홍합의 패각에서는 수심 6m에서만 우점하여 출현하며, 방형구 내 홍합 주변서식지에서는 수심 6m, 10m에서만 우점하여 출현하는 것으로 나타났다. 저서동물의 우점종은 팔각따개비(*Octomeris sulcata*)이 생체

Table 7. List of dominant species in the study area (top three species of the biomass)

Study branch	Seaweed			Benthic fauna		
	Scientific name	Biomass (gWWt m ⁻²)	Dominant (%)	Scientific name	Biomass (gWWt m ⁻²)	Dominant (%)
Total	<i>Chondracanthus intermedius</i>	260.11	18.29	<i>Octomeris sulcata</i>	705.45	26.65
	<i>Acanthopeltis japonica</i>	212.76	14.96	<i>Turbo cornutus</i>	511.55	19.32
	<i>Gelidium vagum</i>	180.95	12.73	<i>Crassostrea gigas</i>	266.01	10.05
2 m	<i>Chondracanthus intermedius</i>	155.73	66.32	<i>Crassostrea gigas</i>	121.08	67.18
	<i>Amphiroa beauvoisii</i>	36.42	15.51	<i>Octomeris sulcata</i>	19.01	10.55
	<i>Plocamium uncinatum</i>	20.44	8.71	<i>Tricellaria occidentalis</i>	7.35	4.08
6 m	<i>Gelidium vagum</i>	107.8	62.59	<i>Octomeris sulcata</i>	111.94	89.20
	<i>Sargassum micracanthum</i>	38.92	22.60	<i>Megabalanus rosa</i>	3.13	2.49
	<i>Acanthopeltis japonica</i>	6.86	3.98	<i>Crepidula gravispinosa</i>	2.11	1.68
M.S. ^{a)} 8 m	<i>Acanthopeltis japonica</i>	19.32	49.14	<i>Octomeris sulcata</i>	146.89	78.35
	<i>Callophyllis japonica</i>	11.18	28.43	<i>Hymeniacion sinapium</i>	13.58	7.24
	<i>Hildenbrandita rubra</i>	4.44	11.29	<i>Halichondria panicea</i>	12.77	6.81
10 m	<i>Acanthopeltis japonica</i>	3.12	22.08	<i>Octomeris sulcata</i>	214.14	90.56
	<i>Rhodymenia intricata</i>	2.83	20.03	<i>Melithaeidae</i> sp.	4.64	1.96
	<i>Hildenbrandita rubra</i>	2.6	18.40	<i>Hymeniacion sinapium</i>	2.88	1.22
12 m	<i>Callophyllis japonica</i>	6.88	52.64	<i>Chelyosoma dofleini</i>	69.93	37.21
	<i>Acanthopeltis japonica</i>	3.42	26.17	<i>Octomeris sulcata</i>	64.23	34.18
	<i>Rhodymenia intricata</i>	2.05	15.68	<i>Melithaeidae</i> sp.	22.62	12.04
2 m	<i>Chondracanthus intermedius</i>	103.7	31.49	<i>Crassostrea gigas</i>	144.93	80.60
	<i>Amphiroa beauvoisii</i>	43.24	13.13	<i>Megabalanus rosa</i>	6.54	3.64
	<i>Sargassum micracanthum</i>	36.1	10.96	<i>Thais luteostoma</i>	5.03	2.80
6 m	<i>Ecklonia cava</i>	64.33	29.06	<i>Turbo cornutus</i>	297	60.10
	<i>Gelidium vagum</i>	61.18	27.63	<i>Tricellaria occidentalis</i>	46.74	9.46
	<i>Acanthopeltis japonica</i>	27.77	12.54	<i>Octomeris sulcata</i>	37.39	7.57
S.H.Q. ^{b)} 8 m	<i>Acanthopeltis japonica</i>	96.49	36.55	<i>Octomeris sulcata</i>	76.59	27.33
	<i>Ecklonia cava</i>	61.3	23.22	<i>Turbo cornutus</i>	49.71	17.74
	<i>Sargassum fulvellum</i>	32.75	12.40	<i>Pagurus rubrior</i>	34.64	12.36
10 m	<i>Acanthopeltis japonica</i>	52.97	56.56	<i>Acanthogorgia</i> sp.	207.78	41.77
	<i>Ecklonia cava</i>	12.29	13.12	<i>Turbo cornutus</i>	164.84	33.14
	<i>Gelidium vagum</i>	11.97	12.78	<i>Galathea orientalis</i>	34.34	6.90
12 m	<i>Sargassum fulvellum</i>	20.86	52.23	<i>Gymnolaemata</i> spp.	100.78	36.21
	<i>Codium arabicum</i>	3.87	9.69	<i>Acanthogorgia japonica</i>	63.97	22.98
	<i>Callophyllis japonica</i>	3.06	7.66	<i>Hymeniacion sinapium</i>	23.42	8.41

^{a)}Mussel's shell

^{b)}Surrounding habitat in quadrat

량 705.45 gWWt m⁻²으로 우점율 26.65%로 최우점하였으며, 팔각따개비는 홍합의 패각에서 전 수심대에서 상위 우

점종으로 나타나며, 방형구 내 주변 서식공간에서는 수심 6 m, 8 m 지점에서만 우점하는 경향으로 나타났다. 차우점

종인 소라(*Turbo cornutus*)는 홍합(*M. coruscus*)의 패각에서 서식하지 않으며, 방형구 내 주변 서식공간에서만 출현하여 수심 6m, 12m를 제외한 모든 수심대에서 우점하고 전 수심대에 분포하는 것으로 나타나며, 세 번째 우점종인 굴(*Crassostrea gigas*)은 수심 2m에서만 우점하여 출현하는 것으로 파악되었다(Table 7).

홍합의 패각과 방형구 내 주변 서식공간에서 출현한 저서생물의 생태학적제지수(Ecological index)를 산출한 결과, 홍합의 패각에서는 다양도지수가 평균 1.56 ± 0.44 , 풍부도지수 7.42 ± 0.51 , 균등도지수 0.42 ± 0.12 , 우점도지수 0.61 ± 0.21 의 수치를 나타냈다. 방형구 내 주변 서식공간에서는 다양도지수 2.47 ± 0.26 , 풍부도지수 10.24 ± 1.34 , 균등도지수 0.59 ± 0.07 , 우점도지수 0.84 ± 0.05 의 수치로 산출되었다. 결과에서 나타나듯이 방형구 내 주변 서식공간에서 출현한 저서생물 군집의 안정도가 홍합의 패각보다는 더욱 안정적인 양상을 보인다.

출현한 저서생물의 생체량을 기준으로 조사 수심 간 유사성평가를 위한 집괴분석(Cluster analysis)을 실시한 결과 Similarity 40에서 3개의 정점군으로 구분할 수 있다(Fig. 11). 구분된 정점군 A는 수심 2m 지점들로 구성되었으며, 정점군 B와 C는 서식공간의 차이로 구분되어 B에서는 홍합(*M. coruscus*)의 패각에서 수심 2m 지점을 제외한 모든 수심대 지점이 하나의 정점군을 형성하고 C에서는 주변서식공간의 수심 2m와 12m를 제외한 모든 수심대가 포함되며, 수심 12m 지점의 경우도 Similarity 35에서 C 정점군과 유사성이 높게 나타나, 정점군 A는 수심특성을 반영하며, B와 C는 서식공간의 특성을 반영한 결과로 확인되었다.

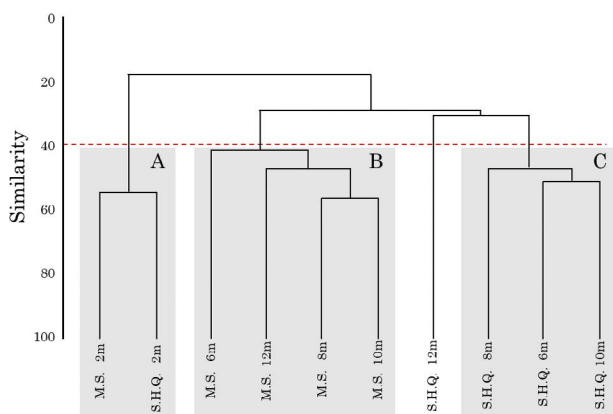


Fig. 11. Cluster analysis according to species composition of benthic organisms in study area.

3. 수심별 서식생물의 공간분포

수심별 서식생물의 공간분포양상 파악을 위해 수중촬영 이미지를 영상맵핑프로그램을 이용한 Panorama image로 합성한 결과, 3개의 조사 Line에서 공간분포를 형성하는 주요 생물로는 홍합(*M. coruscus*), 가지수지맨드라미(*Dendronephthya spinulosa*), 미역(*Undaria pinnatifida*), 감태(*Ecklonia cava*), 잔가시모자반(*Sargassum micracanthum*) 총 5종으로 나타났다. Line 1은 총 연장선 길이 10m로 가지수지맨드라미(*D. spinulosa*)가 총 pixel 842,112에서 150,391 pixel로 17.859%로 가장 많은 공간을 활용하고 있었으며, 다음으로 홍합(*M. coruscus*)이 10,644 pixel로 1.264%, 감태(*E. cava*)가 5,697 pixel로 0.677%의 공간을 활용하는 것으로 파악되었다. Line 2는 8.66m이며, 총 pixel 916,416에서 잔가시모자반(*S. micracanthum*) 97,222 pixel로 10.609%로 가장 많은 공간을 활용하고 있으며, 다음으로 감태(*E. cava*)가 82,079 pixel 8.957%, 홍합(*M. coruscus*)이 28,027 pixel 3.058%, 미역(*U. pinnatifida*)이 26,621 pixel로 2.905%, 가지수지맨드라미(*D. spinulosa*) 5,455 pixel로 0.595%의 공간을 활용하고 있는 것으로 확인되었다. Line 3의 연장선은 13.5m로 총 pixel은 850,368으로 공간을 가장 많이 활용하는 종은 잔가시모자반(*S. micracanthum*)으로 170,177 pixel로 20.012%의 공간을 활용하는 것으로 나타났고, 다음으로 감태(*E. cava*)가 157,802 pixel (18.557%)이며, 홍합(*M. coruscus*)은 30,981 pixel로 3.643%의 공간을 활용하고 있는 것으로 파악되었다(Fig. 12).

수심별로는 수심 2m에서 가장 많은 공간을 활용하는 종은 잔가시모자반(*S. micracanthum*)으로 확인되며, 홍합(*M. coruscus*), 미역(*U. pinnatifida*), 감태(*E. cava*)가 수반되어 분포하고 있으나, 잔가시모자반(*S. micracanthum*)이 군락을 형성한 Line 3에서 다른 종의 분포는 보이지 않았다. 수심 6m에서는 잔가시모자반(*S. micracanthum*), 감태(*E. cava*), 미역(*U. pinnatifida*)이 혼재되어 나타나며, 수심 8~10m 범위에서는 감태(*E. cava*)가 다른 종에 비해 우점하여 출현하고 있다. 해조류가 아닌 가지수지맨드라미(*D. spinulosa*)의 경우는 Line 1에서 주요종을 이루고 있으며, 수심 3~4m 사이에서 출현하여 수심이 깊어질수록 증가하는 양상으로 확인되었다. 홍합(*M. coruscus*)의 경우는 수심에 따라 분포양상을 영상만으로 관찰하는 것은 대형해조류의 아래에 부착 서식하거나 암반의 사이에 부착하는 경향이 있어 영상분석을 통한 공간분포패턴을 확인하는 것은 어려움이 있었다.

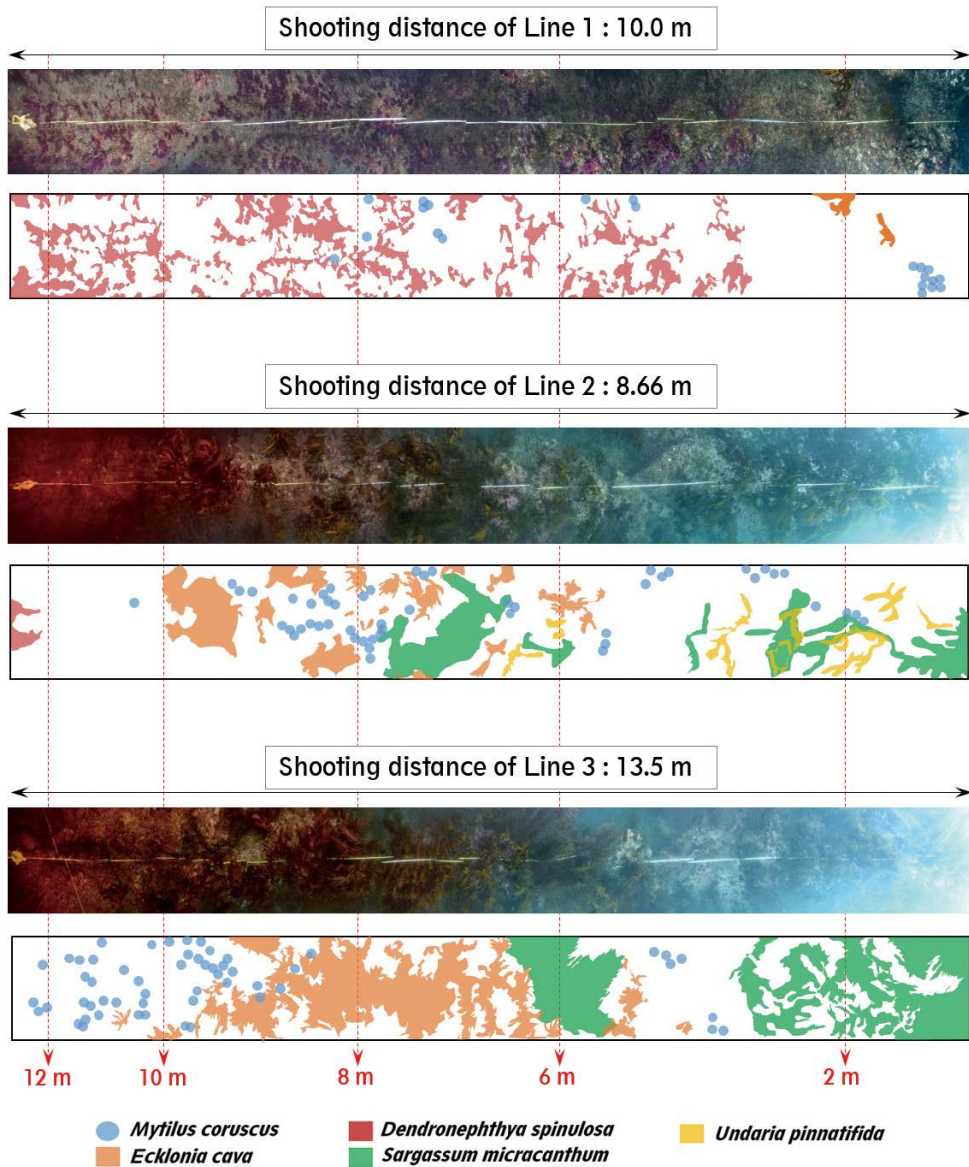


Fig. 12. Panoramic image analysis synthesized by underwater depth in study line.

고찰

Je et al. (1990)의 연구에서 홍합(*M. coruscus*)의 분포는 동해안의 경우, 평균 해수면에서부터 수심 6~7m까지 분포하며, 지역에 따라 차이는 있으나 최저조선에서부터 수심 약 2m까지는 뚜렷하게 대상분포를 보이며 부분적으로 밀집분포 양상을 보였다. 남해안의 경우는 홍합(*M. coruscus*)과 진주담치(*Mytilus edulis*)가 같은 지역에 서식하는 곳은 없으며, 진주담치는 조간대에서부터 수심 2~3 m의 암반

과 같은 기질에 부착하여 서식하고, 홍합이 채취된 완도해역에서는 수심 4~15m에 이르는 상대적으로 깊은 수심에서도 서식한다고 보고한 바 있다. 이를 바탕으로 귀화생물이 들어오기 전에는 우리나라 전 해역을 대상으로 조간대 하부에서부터 홍합이 서식했을 것으로 추정하였다. 본 연구지역은 귀화생물이 분포하지 않는 지역으로 귀화생물에 의한 중간 경쟁의 영향을 받지 않아 전 수심대인 수심 2m에서부터 12m까지 홍합이 서식하는 것이 판단되었다. 귀화생물이 유입하기 전 우리나라의 해역은 본 연구지역과

Table 8. Ecological index of benthic organisms invertebrates collected on mussel' shells and the surrounding habitat

		Number of species	Biomass (gVWwt m ⁻²)	Diversity (H')	Richness (R)	Evenness (J)	Dominance (D)
M.S. ^{a)}	2 m	47	415.02	1.95	763	0.51	0.76
	6 m	47	297.72	1.64	8.08	0.43	0.71
	8 m	42	226.81	1.48	756	0.40	0.56
	10 m	40	250.60	0.85	706	0.23	0.27
	12 m	37	200.98	1.88	6.79	0.52	0.76
S.H.Q. ^{b)}	2 m	57	509.16	2.49	8.98	0.62	0.86
	6 m	83	715.53	2.43	12.48	0.55	0.80
	8 m	66	544.27	2.83	10.32	0.68	0.91
	10 m	64	591.06	2.10	9.87	0.50	0.78
	12 m	56	318.26	2.47	9.54	0.61	0.84

^{a)}Mussel's shell^{b)}Surrounding habitat in quadrat

유사하게 전 연안에 홍합(*M. coruscus*)이 분포하였을 것으로 추정할 수 있다.

홍합은 수심별로 Table 1과 같이 수심 2m에서 서식밀도가 가장 높게 나타나고, 밀집분포가 관찰되었다. 그리고 수심이 깊어짐에 따라 서식밀도가 낮아지며 성장도 및 전중량이 높게 나타나는 것으로 확인되었다. 수심 2m에서는 서식밀도 64 indiv. m⁻²의 밀집분포로 인해 동일 종 간 경쟁으로 성장에도 영향을 미치며 평균 전중량이 122.76g으로 낮은 수치를 보이는 반면, 수심이 깊어질수록 서식밀도는 증가하여 수심 12m에서 17 indiv. m⁻²로 서식밀도가 감소하지만 전중량은 246.4g으로 증가하는 것으로 확인됐다. 이는 각장과 전중량의 상관관계식에서도 수심 2m에서 R²=0.6069인 데 비하여 수심 12m에서 R²=0.9329로 높은 상관관계를 가지는 것으로 확인되어 수심에 따라 각장이나 각고의 성장 및 전중량에 영향을 미치는 것으로 파악되며, 수심에 따라 홍합의 성장특성 및 분포특성이 다르게 나타나는 것이 확인되었다.

경성기질로 형성된 암반생태계는 생산자로서의 먹이종류와 양에 따라 소비자로서의 저서동물의 종류, 밀도 등과 유의한 상관성을 갖는 역학적 구조를 나타내게 된다(Kwon et al. 2010). 먹이구조에 따라 우점하는 군집구조가 형성될 수 있으며, 암반 조하대에 서식하는 저서생물은 영구 부착성이거나 이동성이 극히 낮은 생물들로 연안역의 환경변화를 추적하는 주요한 대상 생물군으로 평가받는다(Wenner 1987; Lindeman et al. 2009; Dauvin et al. 2010). 그렇지만 직접적인 잠수작업과 수중에서의 정량적 표본채집

의 어려움 등(Bohnsack 1979)으로 인해 연구의 빈도와 강도는 연성기질 조하대에 서식하는 저서동물 연구(Yoon et al. 2009; Maeng et al. 2015; Lim et al. 2018)에 비해 상대적으로 매우 낮은 편이다. 하지만 제한적이고 어려운 연구 조건에도 불구하고 암반조하대 저서생물 군집은 주로 서식하는 수심의 차이에 따라 서로 다른 구조적 특징을 나타내는 것으로 알려져 있다(Ruitton et al. 2000). Grace (1983)는 일차적으로 바닷속으로 유입되는 수심별 광량의 차이는 수심에 따른 해조류의 생체량과 군락의 구조적 차이를 가져오게 되고, 인과관계를 명확히 제시하지는 못했으나, 수심이 깊어질수록 부유물 여과섭식형 저서동물인 대형동물의 우점 정도가 강해진다는 연구 결과를 제시된 바 있다. 본 연구에서도 수심이 깊어질수록 대형동물인 이끼벌레류와 자포동물인 산호류가 증가하는 양상을 보이며, 해조류의 경우도 광량에 영향을 받는 수심에 따라 연구지역에서 출현한 해조류는 우점하는 생체량 비율이 점차적으로 감소하는 경향으로 분석되었다.

부착기질의 위치에 따라서 또는 대형 해조류와 같은 다른 생물의 존재에 따라서 부착하는 저서생물의 종류와 양에 영향을 받는다(Glasby and Connell 2001; Fowler-Walker and Connell 2007; Rule and Smith 2007)는 연구 결과와 같이 본 연구에서도 대형 해조류가 번성하는 수심의 경우, 대형 해조류 가근이 부착하는 공간은 홍합이 서식하지 않아 대형 해조류의 서식 유·무에 따라 홍합의 생존에 영향이 있는 것으로 추정되었다. 또한, 가입시기와 우점종의 종류에 따라서는 투입 기간에 상관없이 한 종에 의한 과도한

공간 점유는 오히려 종다양성을 낮추게 되나, 공간경쟁에서 우월한 1~2종에 의해서 서식공간이 점유될지라도 이들도 다른 종에 대한 부착기질로 이용된다는 보고(Choi *et al.* 2011)와 같이 홍합이 우점하는 수심 2m에서 홍합의 패각을 부착기질로 이용하는 소형종들이 해조류 15종, 저서동물 32종으로 깊은 수심대에 비해 많은 종이 출현하였다.

이상의 연구결과를 종합하면, 홍합은 수심이 깊어짐에 따라 서식밀도는 감소하지만, 크기 및 무게는 증가하는 양상으로 나타나 성장의 정도가 수심에 영향을 받는 것으로 판단되었다. 홍합의 패각을 서식공간으로 이용하는 해조류는 수심에 상관없이 소형홍조류가 우점하는 양상을 보이며, 저서동물은 부착성이 강한 저서동물인 굴, 팔각따개비 등이 우점하여 나타났다. 주변 암반에서 관찰된 해조류는 소형홍조류의 경우 전 수심대에서 관찰되었다. 대형갈조식물은 수심이 낮은 2m에서 잔가시모자반이 소량 출현하고, 6m 이후 감태, 모자반 등이 점차 증가하는 양상으로 조사되었다. 저서동물은 수심 2~8m 수심대에서는 연체동물과 절지동물이 우점하는 경향을 보이나, 10m 이하의 수심에서는 태형동물과 자포동물이 우점하는 대상분포양상을 보였다. 본 조사는 2020년 4월에 추진한 단기성 조사결과를 바탕으로 작성되어 계절성이나 생물분포에 대한 변화양상을 나타낼 수 없는 조사인 만큼 귀화생물의 분포가 나타나지 않고 우리나라 토속종인 홍합만 서식하는 지역에서의 홍합의 분포와 주변생물에 대한 면밀한 연구를 위해서는 시기에 따른 변화양상에 대한 연구가 필요할 것으로 생각된다.

적 요

본 연구는 거문도 해역에 자생하는 홍합의 수심별 분포 특성을 파악하고 공존 또는 경쟁하며 생활하는 주변 저서생물상을 파악하고자 연구를 진행하였다. 홍합은 수심이 낮은 곳에서 밀도가 높고 비만도가 낮은 반면, 수심이 깊어질수록 밀도가 낮고 비만도가 높아지는 양상을 보이며, 형태적특성도 수심이 깊어질수록 증가하는 양상으로 나타났다. 이는 각장과 전중량의 상관관계식에서도 수심 2m에 비하여 수심 12m에서 높은 상관관계를 가지는 것으로 확인되어 수심에 따라 각장이나 각고의 성장 및 전중량에 영향을 미치는 것으로 파악되었다. 주변에 서식하는 저서생물 중 해조류는 홍합의 패각을 기질에 부착하여 서식하는

소형생물과 주변환경에 서식하는 대형생물로 구분할 수 있으며, 암반조하대의 서식특성으로 수심이 깊어질수록 광량에 영향을 받아 밀도 및 생체량이 다소 감소하는 경향으로 분석되었다. 저서동물은 팔각따개비가 홍합의 패각과 주변 서식공간에 모두 분포하고, 굴의 경우는 함께 분포하고 있다. 그러나 수심 2m 지점에서 굴이 우세한 지점에서 홍합이 다소 감소하는 경향을 보이며, 홍합이 우점하는 수심이 깊은 지점에서는 굴이 감소하는 경향으로 나타나 두 종 간의 공간경쟁에서 수심에 따른 영향을 보이는 것으로 파악되었다. 그 외 대형 해조류가 번성하는 지역의 경우, 홍합의 군집이 발달하지 않고 있어 대형해조류의 서식 유·무에도 홍합의 생존이 영향을 받는 것으로 추정되었다.

REFERENCES

- Bertness MD, SD Gaines and RA Wahle. 1996. Wind-driven settlement patterns in the acorn barnacle *Semibalanus balanoides*. Mar. Ecol. Prog. Ser. 137:103-116.
- Bohnsack JA. 1979. Photographic quantitative sampling of hard-bottom benthic communities. Bull. Mar. Sci. 29:242-252.
- Butman C. 1987. Larval settlement of soft sediment invertebrates: the spatial scales of pattern explained by active habitat selection and the emerging role of hydrodynamic processes. Oceanogr. Mar. Biol. 25:113-165.
- Choi JW, JY Seo and SH Park. 2011. Recruitment patterns of sessile organisms on the artificial PVC panels in Jangmok Bay, southern coast of Korea. Korean J. Malacol. 27:29-33.
- Crisp DP and PS Meadow. 1962. The chemical bases of gregariousness in cirripedes. Proc. R. Soc. Lond. Ser. B-Biol. Sci. 150:500-520.
- Dauvin JC, G Bellan and D Bellan-Santini. 2010. Benthic indicators: from subjectivity to objectivity-Where is the line. Mar. Pollut. Bull. 60:947-953.
- Fisher H. 1988. *Mytilus edulis* as a quantitative indicator of dissolved cadmium: Final study and synthesis. Mar. Ecol. Prog. Ser. 48:163-174.
- Fowler-Walker MJ and SD Connell. 2007. Habitat heterogeneity as a consequence of substratum-orientation and kelp canopy: Relating interdependent responses to common patterns. J. Exp. Mar. Biol. Ecol. 343:127-137.
- Glasby TM. 1998. Estimating spatial variability in developing assemblages of biota on subtidal hard substrata. Mar. Freshw. Res. 49:429-437.

- Glasby TM and SD Connell. 2001. Orientation and position of substrata have large effects on epibiotic assemblages. *Mar. Ecol. Prog. Ser.* 214:127–135.
- Goldberg ED. 1986. The mussel watch concept. *Environ. Monit. Assess.* 7:91–103.
- Grace RV. 1983. Zonation of sublittoral rocky bottom marine life and its changes from the outer to the inner Hauraki Gulf, northeastern New Zealand. *Tane* 29:97–108.
- Je JG, CI Zhang and SH Lee. 1990. Characteristics of shell morphology and distribution of 3 species belonging to genus *Mytilus* (Mytilidae: Bivalvia) in Korea. *Korean J. Malacol.* 6:22–32.
- Je JG, JS Hong and SK Yi. 1988. A study on the fouling organisms in the pearl oyster culture grounds in the southern coast of Korea. *Ocean Res.* 10:85–105.
- Kwon JN, MJ Jung, DI Kim and MH Son. 2010. Correlation between community structure of herbivore and succession of macro-algal flora in the subtidal area of East coast of Korea. *Korean J. Malacol.* 26:185–199.
- Lee SH and KW Lee. 1984. Heavy metals in mussels in the Korean coastal waters. *J. Oceanol. Soc. Korea* 19:111–117.
- Lim HS, JW Choi and MH Son. 2018. Macrozoobenthic community structure in the shallow subtidal soft-bottom around Wando-Doam Bay during summer season. *J. Korean Soc. Oceanogr.* 23:91–108.
- Lindeman KC, DA McCarthy, KG Holloway-Adkins and DB Snyder. 2009. Ecological functions of nearshore hardbottom habitats in East Florida: A literature synthesis. p. 112. In: Prepared for the Florida Department of Environmental Protection Bureau of Beaches and Coastal Systems. CSA International Inc. Tallahassee, FL.
- Maeng JH, KY Kim, YR Kim, MB Shon, JH Kim and MH Son. 2015. Difference in macrobenthic community structures at thermal effluent discharge areas of two nuclear power plants in Korea. *J. Korean Soc. Mar. Environ. Energy* 18:157–165.
- Park SH, JY Seo and JW Choi. 2011. Community structure of sessile organisms on PVC plates according to different submerged timings and durations in Jangmok Bay, Korea. *Korean J. Malacol.* 27:99–105.
- Phillips DJH. 1976. The common mussel *Mytilus edulis* as an indicator of pollution by zinc, cadmium, lead and copper. I. Effects of environmental variables on uptake of metals, *Mar. Biol.* 38:59–69.
- Ritz DA, R Swain and NG Elliott. 1982. Use of the mussel *Mytilus edulis planulatus* (Lamarck) in the monitoring heavy metal levels in seawater. *Mar. Freshw. Res.* 33:491–506.
- Ruitton S, P Francour and CF Boudouresque. 2000. Relationships between algae, benthic herbivorous invertebrates and fishes in rocky subtidal communities of a temperate sea (Mediterranean). *Estuar. Coast. Shelf Sci.* 50:217–230.
- Rule MJ and SDA Smith. 2007. Depth-associated patterns in the development of benthic assemblages on artificial substrata deployed on shallow, subtropical reefs. *J. Exp. Mar. Biol. Ecol.* 345:38–51.
- Scarlato OA. 1981. Bivalve molluscs of temperate latitudes of the western part of the Pacific Ocean. *Opred. Faune SSSR* 26: 1–46.
- Smith F and JD Witman. 1999. Species diversity in subtidal landscapes: maintenance by physical processes and larval recruitment. *Ecology* 80:51–69.
- Son MH, HJ Kim, CK Kang, IS Hwang, YN Kim, CH Moon, JM Hwang, SJ Han and WH Lee. 2019. Does the availability of various types and quantity of food limit the community structure of the benthos (Mollusks) inhabiting in the hard-bottom subtidal area? *J. Korean Soc. Oceanogr.* 24:128–138.
- Suchanek TH. 1978. The ecology of *Mytilus edulis* L. in exposed rocky intertidal communities. *J. Exp. Mar. Biol. Ecol.* 31:105–120.
- Thorson G. 1966. Some factors influencing the recruitment and establishment of marine benthic communities. *Neth. J. Sea Res.* 3:267–293.
- Wenner AM. 1987. Crustacean and other invertebrates as indicators of beach pollution. pp. 199–230. In: *Marine Organisms as Indicators* (Soule DF and GS Kleppel, eds.). Springer-Verlag. New York.
- Yonge CM. 1976. The mussel form and habit. pp. 1–12. In: *Marine Mussels: Their Ecology and Physiology* (Bayne BL ed.). Cambridge University Press. Cambridge, UK.
- Yoon KT, IS Seo, KB Kim, BM Choi and MH Son. 2009. Community structure of macrobenthic fauna in the Hallyeohaesang National Park from Korea Strait, Korea. *Korean J. Environ. Biol.* 27:124–133.