

천수만, 가로림만 갯벌에서 서식지 적합인자를 이용한 꼬막 적지선정 연구

전승렬* · 허승**† · 조윤식** · 최용현** · 오그림**

*, ** 국립수산물과학원 갯벌연구센터

A Study on Suitable Site Selection of Blood Clams (*Tegillarca granosa*) using Habitat Suitability Factors in Tidal Flat, Cheonsu and Garolim Bays

Seung Ryul Jeon* · Seung Heo**† · Yoon-Sik Cho** · Yong-Hyeon Choi** · Geu Rim Oh**

*, ** Tidal Flat Research Center, National Institute of Fisheries Science, Gunsan, 54014, Korea

요 약 : 꼬막은 갯벌에서 자연 발생, 양성, 수확의 단계를 거치기 때문에 기초적인 서식지 특성 파악과 함께 단계적인 대체 서식 지역에 대한 탐색이 필요하다. 현재 꼬막은 타 종에 비해 자연적으로 발생된 치패의 의존도가 높은 반면, 자연 서식지는 한정적이어서 생물자원이 감소되고 있는 실정이다. 본 연구에서는 꼬막 적지선정을 위해 천수만에 위치한 창기와 호포, 가로림만의 당산, 사창, 왕산 총 5개 정점을 선정하여 서식지 적합인자를 조사하였다. 환경(Environment)에 관련된 함수율과 유기물 함량, 생존(Survival)에 관련된 니질 함량과 퇴적물 평균입도, 성장(Growth)에 관련된 클로로필a, 총 5가지 서식지 적합인자들의 상관성을 고려하였다. 그 결과 가로림만에 위치한 왕산이 꼬막 주요 서식지의 환경 특성 적합도(왕산: 87점, 당산: 86점, 사창: 81점, 호포: 78점, 창기: 73점)가 가장 높았다. 퇴적환경은 천수만에 비해 가로림만이 더 세립 하였고, 계절적인 변동이 낮아 적합한 환경으로 나타났다. 따라서 가로림만이 꼬막의 잠재적인 적지로 더 적합하며 공간 활용이 용이할 것으로 판단된다. 앞으로 이러한 잠재적인 적지 탐색과 선정을 통해 꼬막의 생물자원과 생산량 감소에 따른 문제점들을 해소할 수 있을 것으로 생각된다.

핵심용어 : 천수만, 가로림만, 갯벌, 서식지 적합인자, 적지선정, 꼬막

Abstract : It is necessary to explore the possibility of alternative habitats and research the characteristics of basic habitats due to seeding, culturing and harvesting of blood clams (*Tegillarca granosa*) in tidal flats. Currently, dependence on naturally occurring spat is much higher than in other species, which may lead to a reduction in biological resources. In this study, we selected a total of 5 sites (Changgi, Hopo in Cheonsu Bay and Dangsan, Sachang, Wangsan in Garolim Bay) and examined habitat suitability factors for suitable site selection. Also, we considered the relationship of habitat suitability factors (Environment: water content, organic content; survival: mud content, mean size; growth: chlorophyll a). As a result, Wangsan had the highest score of the main habitat of blood clams (Habitat suitability score, Wangsan: 87; Dangsan: 86; Sachang: 81; Hopo: 78; and Changgi: 73). The sediment in Garolim Bay was fine-grained and the seasonal variation was lower than Cheonsu Bay. Therefore, it is considered that Garolim Bay is more suitable as a potential area and easy to utilize the space. In the future, search and selection of potential suitable sites could be considered to solve problems caused by the reduction of biological resources and the production for blood clams.

Key Words : Cheonsu Bay, Garolim Bay, Tidal flat, Habitat suitability factor, Suitable site selection, Blood clam (*Tegillarca granosa*)

1. 서 론

꼬막은 돌조개과에 속하는 이매패류로써 중국, 일본, 태국, 인도, 말레이시아 등 세계 여러 나라에 분포하고 있으며

특히 우리나라에서는 향토음식, 순천만(별교) 지역의 대표 먹거리로 잘 알려져 있다. 부드러운 니질(Mud) 퇴적물의 표층에 가까운 깊이 약 10 cm 이내에 잠입, 서식하며 이러한 서식공간의 특징으로 인해 수온 및 염분 등의 계절적 변동에 쉽게 노출되어 있다(Shin and Moon, 2005). 꼬막의 생산방식은 자연적으로 발생하는 치패에 의존하여 종패로 수급하

* First Author : sr10dinho@gmail.com, 063-472-8630

† Corresponding Author : seungheo@korea.kr, 063-472-8601

는 것이 대부분이다. 따라서 타 종에 비해 자연적으로 발생된 치패에 대한 의존도가 높아 점차 자연 생물자원의 한계에 따른 생산량 감소가 뒤따를 수 있다. 꼬막 이외의 기타 패류 종들은 인공종묘생산의 발달로 생물자원 확보와 종패수급에 대한 문제점을 해결해나가고 있지만 꼬막의 양성은 대부분 갯벌 서식지에 의존되기 때문에 생물량 감소의 문제점 해소가 어려운 실정이다(Moon et al., 2006). 패류 양식 생산량을 기준으로 2007년에는 꼬막 생산량이 28,372 M/T였지만 점점 생산량이 줄어 2012년에 2,231 M/T, 최근 2017년에는 85 M/T로 급격히 감소하였다(KOSIS, 2018). 이러한 결과는 생물자원의 감소에 따른 간접적인 영향으로 볼 수 있다. 또한 전국 생산량 중 전남과 경남이 전체 생산량의 95% 이상을 차지하고 있어 서해안 갯벌 적지 조건 규명을 통해 꼬막 서식 가능지역을 탐색할 필요성이 있다. 생물자원 한계에 따른 생산량 감소 원인 이외에도 일본에 위치한 아리아케 만(Ariake Bay) 내부의 이사하야 만(Isahaya Bay)에 서식하는 꼬막 개체군이 만 주변의 간척으로 인한 환경 변화로 인해 4개월 후 대량폐사 하여 서식지 환경변화에 따른 직접적인 생물량 감소 사례가 보고되기도 하였다(Sato, 2000; Sato and Koh, 2004).

현재까지 꼬막에 관련된 기초 연구 자료들을 살펴보면 수온내성과 생리적 변화에 대한 보고와 염분, 저산소증, 공기노출에 대한 반응에 관한 연구가 있었으며(Davenport and Wong, 1986; Shin and Moon, 2005) 꼬막 치패 출현 시기, 적정노출시간에 대한 연구가 있었다(Moon et al., 2006). 또한 꼬막의 저질 특성, 먹이생물, 수온 및 염분과 같은 환경요인에 관한 연구(Lam and Hai, 1998; Omar and Yulianda, 2000)와 성장 및 산란 시기에 관한 연구도 이루어졌다(Muthiah and Narasimham, 1992; You et al., 2002).

그러나 꼬막의 환경이나 생리·생태에 관련된 각각의 단편적인 연구들이 대부분이었으며 주요 서식지인 남해안을 제외한 서해안 갯벌의 서식 가능성 고찰 사례는 미비하다. 꼬막의 갯벌 양성에 있어 환경변화에 의한 폐사와 같은 문제점들은 다른 종보다 더 민감할 수밖에 없다. 꼬막은 갯벌에서 양성, 수확하기 때문에 기초적인 서식지의 특성 파악과 함께 단계적인 대체 서식 지역 가능성에 대한 탐색이 필요할 것으로 판단된다.

이 연구에서는 꼬막 양성에 있어 중요한 환경인자들을 파악하기 위하여 천수만, 가로림만에 위치한 5정점을 조사하였다. 꼬막의 환경(Environment)에 관련된 함수율, 유기물 함량과 생존(Survival)에 관련된 니질 함량, 평균입도 그리고 성장(Growth)에 관련된 클로로필 *a* 총 5가지의 서식지 적합인자들의 상관성을 이해하고자 하였다. 또한 서해안 갯벌의 공간을 효율적으로 활용하고자 하였으며 꼬막 서식 가능성

탐구에 목적을 두었다. 따라서 꼬막의 주요 서식지와 환경적으로 가장 적합한 꼬막의 잠재적 적지선정을 위한 기초자료가 될 것으로 기대된다.

2. 재료 및 방법

2.1 조사 지역 및 시기

조사 대상지역인 천수만은 태안반도 남쪽으로 뻗어있고 안면도 동쪽에 위치하며 만 입구로부터 북쪽까지 약 40 km 만입하여 있다. 현재는 천수만 북쪽에 A방조제와 B방조제의 간척매립사업이 완료되어 인공 담수호인 부남호와 간월호가 만들어져 과거에 비해 담수에 의한 영향이 높은 것으로 알려져 있다(Kim et al., 2005). 가로림만은 태안반도 북쪽에 위치하며 만 입구의 폭은 약 2 km로 좁고, 만 내부의 최대 폭은 약 10 km로 호리병 모양의 반 폐쇄성 만이다(Lee et al., 2004). 천수만에 위치한 창기와 호포, 가로림만에 위치한 당산, 사창, 왕산 총 5정점을 꼬막의 선호 가능성이 높은 서식지로 예측하고, 서해안 꼬막 적지 선정을 위해 조사정점으로 선정하였다(Fig. 1). 조사지역의 퇴적물과 해수 환경을 고려하여 시료 샘플링은 각 정점 당 6개 지점을 조사하였으며, 한 정점 당 6지점의 평균값을 활용하였다. 조사정점인 창기, 호포, 당산, 사창, 왕산(이하 CG, HP, DS, SC, WS)의 조사 시기는 2016년으로 사계절(1월, 4월, 7월, 10월), 총 4번 수집하였다.

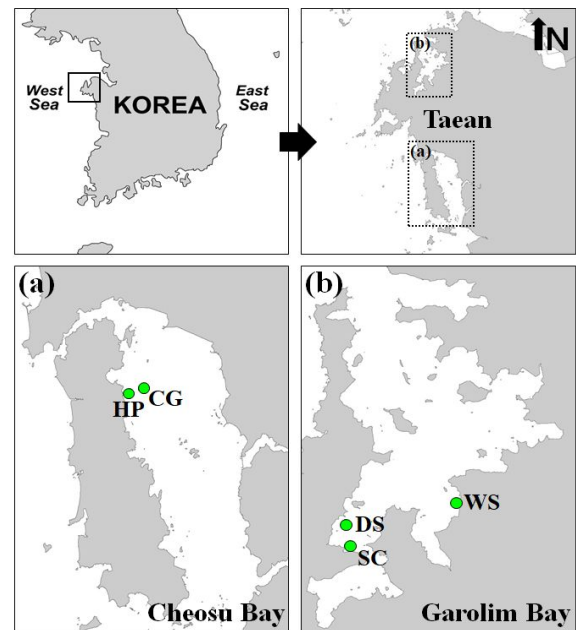


Fig. 1. Sampling sites in Cheonsu (a) and Garolim (b) Bays. Sampling sites is Changgi, Hopo, Dangsan, Sachang, and Wangsan (CG, HP, DS, SC, and WS).

2.2 조사방법

각 정점의 갯벌 환경 조사에서 기본적인 수질항목인 수온 (Temperature, 이하 Temp.), 용존산소(Dissolved Oxygen 이하 DO), 염분(Salinity, 이하 Sal.), 수소이온농도(이하 pH)는 다항목 수질측정기(YSI-556, YSI Inc., USA)를 이용하여 측정하였다. 해수의 화학적산소요구량(Chemical Oxygen Demand, 이하 COD)은 과망간산칼륨법으로 분석하였으며, 클로로필 *a*(Chlorophyll *a*, 이하 CHL)는 90% 아세톤용액으로 추출하고 추출액의 흡광도를 Spectrophotometer(CARY 100, Varian, USA)를 이용하여 해양환경공정시험기준(MOF, 2013a)에 따라 분석하였다. 표층 퇴적물 시료의 함수율(Water Content, 이하 WC) 건조 전·후의 무게 차에 의해 분석하였고, 유기물 함량(Organic Content, 이하 OC; Ignition Loss)은 전기로를 이용하여 회화 전·후의 무게 차에 의해 분석하였다. 표층 퇴적물의 입도는 시료를 습식 체질하여 4 Φ 기준으로 조립질(<4 Φ)과 세립질(>4 Φ)로 나누는 뒤 조립질 시료는 체가름시험기(Analysette 3, Fritsch)를 이용, 세립질 시료는 자동입도분석장치(SediGraph III 5120, Micromeritics)를 이용하여 분석하였다. 퇴적물 성상은 도출된 데이터 분석 결과 값을 활용하여 Shepard(1954)에 따라 분류하고 결정하였다.

2.3 서식지 적합인자

적지 탐색을 위한 꼬막 서식지에 있어 퇴적물과 해수의 환경 중 높은 영향을 주는 주요 적합인자들을 선정하였다. 선정된 항목은 꼬막의 환경(Environment)에 관련된 함수율과 유기물 함량, 생존(Survival)에 관련된 니질 함량(Mud Content, 이하 MC)과 평균입도(Mean Size, 이하 Mz), 성장(Growth)에 관련된 클로로필 *a*로 총 5가지이다. 이전에 보고되었던 연구 결과들을 살펴보면 어장환경 변화에 적합한 적지개발(MOF, 2013b)에 관한 연구에서 대조 지역인 강진만의 수인, 여자만의 선정, 대포(Gangjin Bay: SI, Yeolja Bay: SJ, DP) 갯벌의 경우 서식밀도가 27.2~85 ind./m²의 범위로 꼬막이 서식하기에 적합한 환경으로 나타났다. 또한 연안습지 기초조사(MLTM, 2010)의 경우 여자만 갯벌의 모든 구역을 총 47개 구역으로 나누어 공간 기초조사를 통해 표층 퇴적물의 환경, 저서생물의 분포, 기초생산력 등이 이루어졌으며, 여자만 학산(Yeolja Bay: HS) 갯벌의 경우 꼬막의 생체량이 1,365 g/m²로 나타나 적합인자의 유사성을 대조하기에 양호한 수준이었다. 대조 지역 모두 꼬막이 자연 서식하는 환경으로 이를 참고하여 적합인자의 적정 범위를 설정하고, 이 연구의 정점별 서식지 적합도를 평가하였다.

Table 1. Water quality in sampling sites

Sampling Site	Sampling Season	Water Quality						
		Temp. (°C)	Sal. (psu)	DO (mg/L)	pH	CHL (ug/L)	COD (mg/L)	
Cheonsu Bay	CG	Winter	1.9	30.4	11.20	7.58	22.7	1.78
		Spring	15.9	32.0	8.14	8.12	3.9	2.19
		Summer	24.1	25.8	5.67	7.69	3.5	7.84
		Autumn	24.2	31.5	6.09	7.45	1.4	2.07
	HP	Winter	1.7	30.7	11.18	7.52	13.6	1.64
		Spring	14.2	32.1	8.42	8.14	3.9	2.19
		Summer	23.9	26.4	5.78	7.72	7.9	7.46
		Autumn	24.0	31.6	6.11	7.47	3.3	3.41
DS	Winter	2.4	31.6	11.39	8.46	4.8	2.14	
	Spring	12.8	31.3	10.16	8.37	9.3	2.35	
	Summer	21.7	29.9	6.88	7.87	9.3	9.31	
	Autumn	22.6	31.7	6.39	7.91	2.0	3.16	
Garolim Bay	SC	Winter	2.5	31.1	11.43	7.79	1.6	1.41
		Spring	12.8	31.3	10.16	8.37	9.3	2.35
		Summer	21.9	29.8	6.84	7.84	1.4	6.57
		Autumn	21.5	31.8	7.16	7.63	1.5	2.08
WS	Winter	2.6	31.0	9.70	7.67	7.4	1.71	
	Spring	12.4	31.8	10.06	8.32	5.7	3.07	
	Summer	-	-	-	-	-	-	
	Autumn	26.5	32.8	5.35	7.81	8.1	5.24	

천수만, 가로림만 갯벌에서 서식지 적합인자를 이용한 꼬막 적지선정 연구

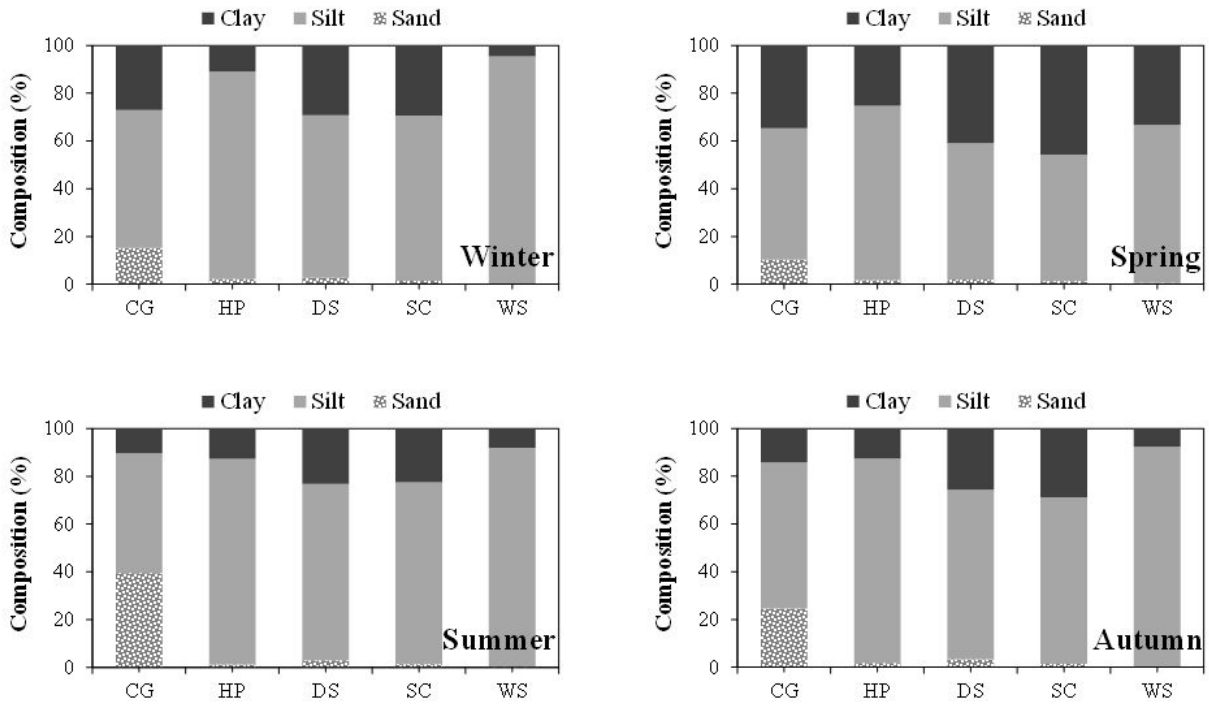


Fig. 2. Seasonal distribution of grain size composition in surface sediments.

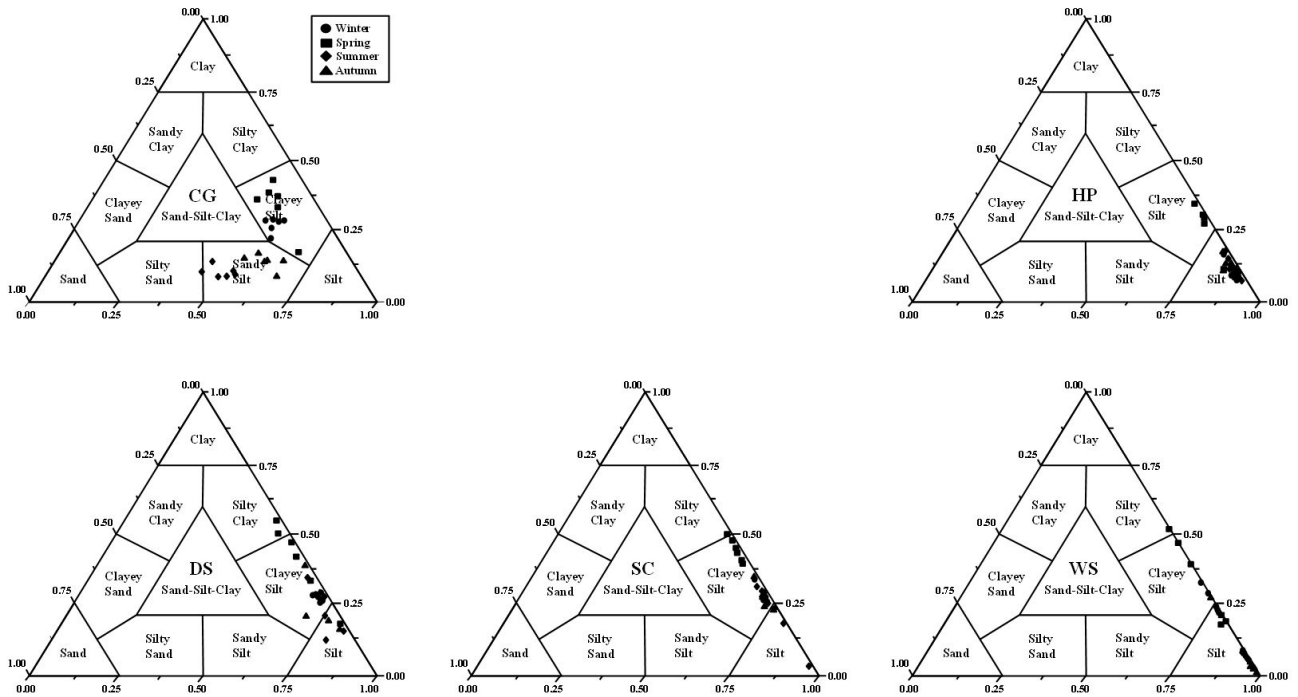


Fig. 3. Ternary diagram showing the sediment classification and seasonal deposition patterns (Shepard, 1954).

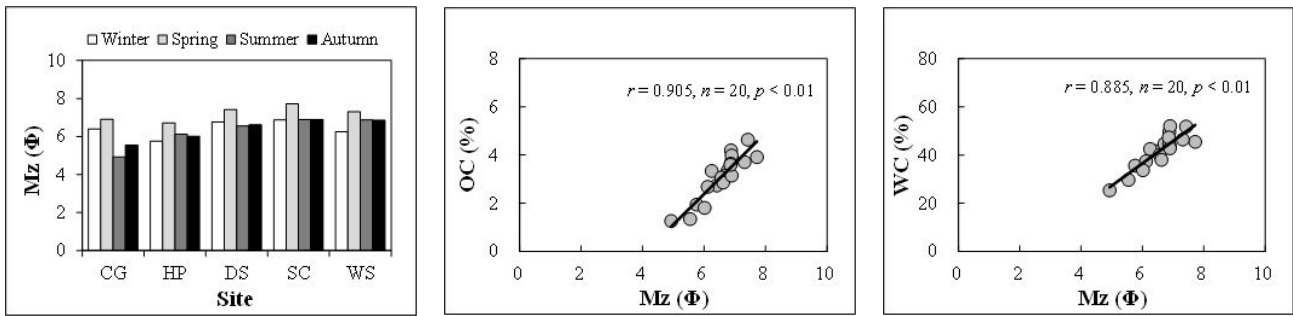


Fig. 4. Relationships between sediment mean size and organic content, chemical oxygen demand, water content in four seasons. r is the correlation coefficient, n is the number of samples, and p is the statistical p value.

3. 결과 및 고찰

3.1 수질 환경

천수만과 가로림만 5개 정점의 용존산소, 염분, pH는 해수의 일반적인 특성을 보였다. 하지만 수온의 경우 7월에 21.7~24.1°C, 10월에 21.5~26.5°C의 범위를 보여 7월과 10월의 차이가 크지 않았다(Table 1). 7월과 10월의 수온 범위가 큰 차이를 보이지 않았던 것은 샘플링 과정에서 간조 시 지온의 영향으로 그 차이가 크지 않았던 것으로 판단된다. 염분의 경우 조사기간 중 7월에 강우의 영향으로 인해 천수만의 창기와 호포에서 25.8 psu, 26.4 psu로 낮게 측정되었다. 그러나 낮은 염분으로 인해 생물에 큰 영향은 없는 것으로 판단된다. 꼬막에 있어 염분은 25 psu까지는 영향이 미비하고, 23 psu 이하로 떨어지면 생존율에 영향을 미치는 것으로 보고된바 있다(Tookwinas, 1983).

3.2 퇴적물 입도 특성

퇴적물 입도분포의 계절적인 변화를 살펴보면 천수만의 호포에서 표층퇴적물의 사질(Sand)함량이 1.2~2.2%, 가로림

만의 당산, 사창, 왕산에서 2.1~3.3%, 1.3~1.5%, 0.3~0.6%의 범위로 나타나 계절적 변동이 심하지 않았다. 이에 반해 천수만의 창기에서는 10.4~49.5% 범위로 나타나 타 정점들보다 높았으며, 7월 여름철에는 49.5%로 가장 높았다. 따라서 창기 정점의 퇴적환경이 타 정점에 비해 상대적으로 조립하다는 것을 알 수 있다. 이전에 연구된 Omar and Yulianda(2000)에 따르면 꼬막은 미세한 갯벌 퇴적물에 분포한다고 보고되어 이에 비해 상대적으로 조립한 환경인 창기는 꼬막의 서식환경에 적합하지 않다고 생각된다. 가로림만 왕산의 경우 사계절 모두 사질의 함량이 1% 미만으로 나타나 니질의 함량이 99% 이상으로 가장 높았다(Fig 2). 퇴적물 성상의 분류는 삼각다이어그램으로 나타내었는데 창기의 경우 점토질 실트상(clayey silt facies)과 사질 실트상(sandy silt facies)으로 나타났다. 호포의 경우 대부분 실트상(silt facies)의 성상으로 계절적 변화가 가장 낮았고, 사창의 경우 대부분 점토질 실트상(clayey silt facies)으로 나타났다(Fig. 3). 조사정점 중 사창에서 점토(Clay)의 비율이 가장 높았으며, 평균입도의 사계절 평균이 7.1Φ로 나타나 가장 세립한 퇴적환경을 나타냈다.

Table 2. Comparison of regional habitat suitability factors for blood clam (*Tegillarca granosa*) in tidal flats (South Korea)

Study area		Environment		Survival		Growth	Reference
		WC (%)	OC (%)	MC (%)	Mz (Φ)	CHL (ug/L)	
Gangjin Bay	SI	45.4	6.2	96.5	6.8	5.9	MOF, 2013b
	SJ	59.2	5.2	99.5	8.0	6.8	MOF, 2013b
Yeoja Bay	DP	66.6	5.7	99.7	8.3	3.9	MOF, 2013b
	HS	52.8	3.5	97.9	8.8	-	MLTM, 2010
Cheonsu Bay	CG	37.2	2.3	77.5	5.9	7.9	This study
	HP	37.9	2.4	98.2	6.1	7.2	This study
Garolim Bay	DS	43.6	3.5	97.3	6.8	6.4	This study
	SC	45.4	3.8	98.6	7.1	3.5	This study
	WS	45.2	3.6	99.6	6.8	7.1	This study

천수만, 가로림만 갯벌에서 서식지 적합인자를 이용한 꼬막 적지선정 연구

Table 3. Regional range of habitat suitability factors for blood clam (*Tegillarca granosa*)

Study area	Habitat suitability factor		Range	Reference
Gangjin and Yeoja Bays (South Korea)	Environment	WC(%)	45.4-66.6	MLTM, 2010 MOF, 2013b
		OC(%)	3.5-6.2	
	Survival	MC(%)	96.5-99.7	
		Mz(Φ)	6.8-8.8	
	Growth	CHL(ug/L)	3.9-6.8	MOF, 2013b
Coast of Selangor (Malaysia)		WC(%)	55-65	Broom, 1982
Sungei & Selangor (Malaysia)	Environment	OC(%)	6-11	
Sapum Bay (Thailand)		OC(%)	10.7-12.9	Boonruang and Janekarn, 1983
Batu Maung (Malaysia)		OC(%)	2.9-3.2	Hansopa et al., 1988
Nakhon Bay (Thailand)	Environment	OC(%)	1.6-2.1	Hansopa et al., 1988
	Survival	MC(%)	81-98	Hansopa et al., 1988
Perak (Malaysia)	Survival	Mz(Φ)	> 5	Pathansali, 1966

3.3 퇴적물 평균입도와 유기물 및 함수율의 상관관계

5개 조사정점 중 퇴적물의 평균입도는 창기가 4.9~6.9Φ로 나타나 계절별 변화폭이 가장 높았으며, 사창이 6.9~7.7Φ로 나타나 변화폭이 가장 낮았다(Fig. 4). 평균입도와 관련하여 미세한 퇴적환경일수록 퇴적물 속 유기물의 함량이 높아진다(Canfield 1994; Marchand et al., 2008; Liu et al., 2015). 사창의 경우 유기물 함량의 직접적인 수치인 유기물 함량의 분포가 3.1~4.2%로 다른 지역에 비해 높았으며, 5개 정점의 사계절 평균(n=20) 평균입도와 유기물 함량의 상관관계(r=0.905, P<0.01)가 높은 것으로 나타나 이전의 연구결과에 부합되었다. 또한 5개 조사정점의 유기물 함량의 분포가 2.3~3.8%(평균: 3.1%)로 나타나 대조 지역인 수인, 선정, 대포에 비해 낮았다. 유기물 함량 뿐 만 아니라 퇴적물의 함수율도 비슷한 경향을 나타내었는데(r=0.885, P<0.01) 세립한 퇴적물일수록 함수율이 높아진다는 일반적인 경향과 같은 패턴임을 보였다. 이러한 현상은 퇴적물의 입자가 세립 할수록 공극률이 커지기 때문에 함수율이 높아진다는 결과와 일치한다(Jang and Cheong, 2010).

3.4 꼬막의 서식지 적합인자 비교

남해안에 위치한 여자만과 강진만은 대체적으로 주요 양식품종이 꼬막류(ark shell)로 전체 양식면적의 약 67%를 차지하고 있어(Lee, 2012) 서해안 갯벌의 꼬막 서식 가능성에 대한 환경특성 고찰이 용이하다. Table 2는 우리나라 주요 꼬막 서식지역인 강진만과 여자만, 조사정점인 가로림만과 천수만의 서식지 적합인자 평균값을 비교한 표이다. 조사정

점인 천수만과 가로림만에서 함수율은 37.2~45.4%, 유기물 함량은 2.3~3.8%, 니질 함량은 77.5~99.6%, 평균입도는 5.9~7.1Φ의 범위로 나타나 대조 지역보다 비교적 낮은 값을 보였다. 성장에 관련된 클로로필 a는 조사정점에서 3.5~7.9 ug/L로 나타나 상대적으로 더 높은 값을 보였다.

이전에 보고된 Choi et al.(2013)에 따르면 패류 양식 밀집 지역의 유기물 분포의 특성을 살펴보았을 때 여자만과 강진만의 유기물 함량이 3.1~6.3%(평균 5.0%), 4.9~7.9%(평균 6.6%)으로 나타나 이에 비해 조사정점의 갯벌은 오염이 덜한 것으로 판단된다. 또한 꼬막의 일반적인 생태에 관한 외국 사례를 살펴보면 함수율의 경우 55~65%의 범위가 적정하였고(Broom, 1982), 평균입도의 경우 5Φ 이상(<31 um)에서 적정한 것으로 나타났다(Pathansali, 1966). 유기물 함량은 6~11% 범위로 나타나 우리나라 주요 꼬막 서식지와 비교하였을 때 큰 차이가 없는 것으로 나타났다(Table 3). 그러나 동남아 지역의 꼬막 서식지와 우리나라의 주요 서식지의 위도 차에 따른 환경 변수가 상이할 것으로 판단되어 우리나라 실정에 맞는 주요 서식지인 남해안에 위치한 강진만과 여자만의 환경 적합인자를 채택하였다.

3.5 꼬막의 서식지 적합도

꼬막의 분포 및 밀도는 서식지의 환경요인과 퇴적환경 등에 영향을 받는다(Boonruang and Janekarn, 1983). 따라서 서식 생물종의 환경 특성을 활용한 서식 가능성에 대한 진단은 중요하다. 꼬막의 서식지 탐색을 위해 환경, 성장, 생존에 관련된 주요 환경 인자를 바탕으로 방사형차트를 활용하여 각

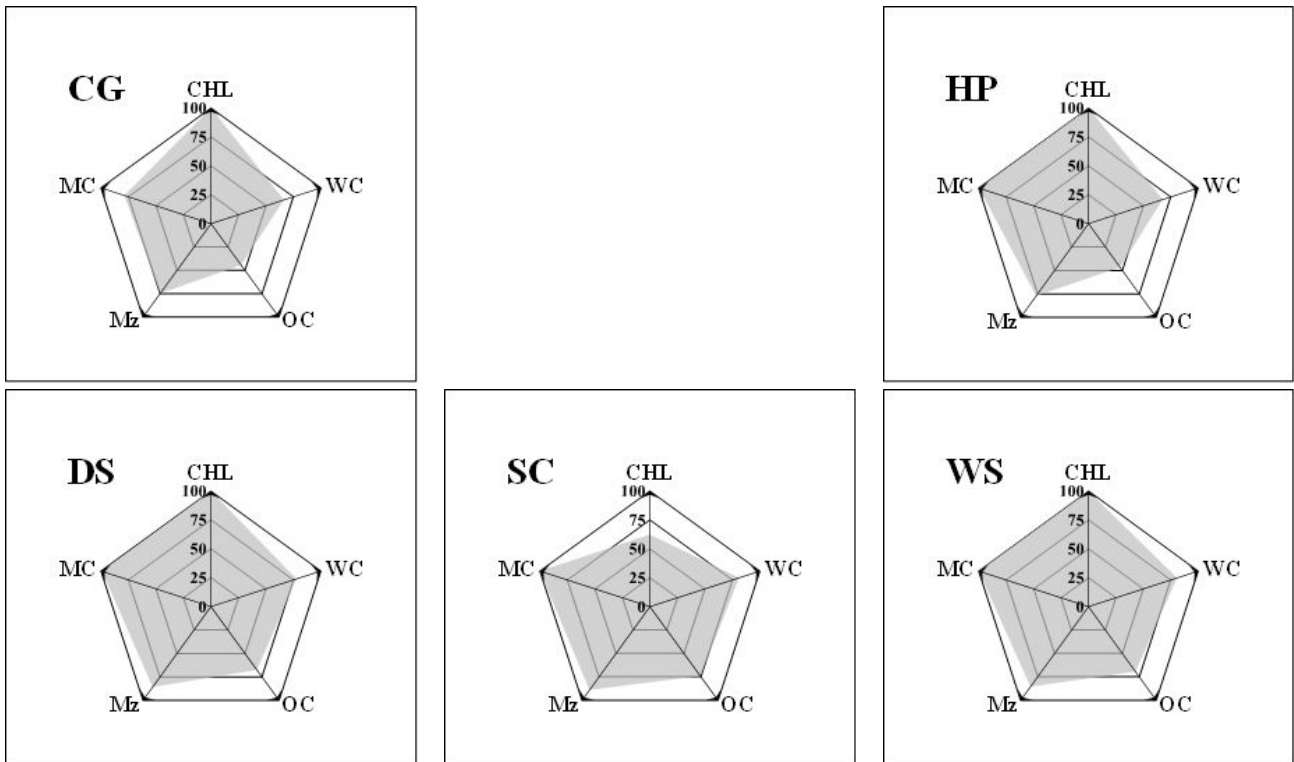


Fig. 5. Radar chart showing the percentage value of habitat suitability factors in sampling sites.

조사정점에 대한 서식지 적합도를 평가하였다. 그 결과 왕산이 서식지 적합도의 수치가 가장 높은 환경으로 나타났다. 주요 서식지 적합인자 범위의 평균값을 100%로 보았을 때 함수울은 사창과 왕산이 가장 적합하였고, 천수만의 창기는 78.8%의 적합도를 보여 타 정점들 보다 낮았다. 유기물 함량의 경우 천수만의 창기와 호포가 각각 44.3%, 46.5%로 낮은 적합도를 보였다. 평균입도의 경우도 창기와 호포가 74.5%, 77.1%로 나타나 가로림만의 당산, 사창, 왕산에 비해 낮은 적합도를 보여 전반적으로 천수만이 가로림만에 비해 낮았다(Fig 5). 꼬막은 섭식 특성상 해수의 유기 현탁물과 플랑크톤을 먹이로 성장하는 여과식자(filter feeder)이기 때문에 클로로필 *a*와 같은 먹이원 또한 중요하다. 클로로필 *a*는 사창 이외의 타 정점들은 모두 양호한 수준인 것으로 나타났으며, 사창이 62.4%의 적합도를 보여 성장에 관해서는 미흡한 환경을 보였다. 서식지 적합인자 5가지 이외에도 꼬막은 서식 특성상 간조 시 노출의 영향을 받게 된다. 이와 같이 이전의 연구에서 노출선별 꼬막의 치패발생량과 출현시기가 달라진다는 보고가 있어(Moon et al., 2006) 노출시간도 고려해볼 필요성이 있다고 판단된다. 각 정점별 노출시간의 차이가 크지 않았기 때문에 이 연구에서는 제외하였지만 앞으로 꼬막 뿐 만 아니라 타 패류종의 환경조사에서 노출시간 활용이 요구될 것으로 판단된다.

4. 결론

본 연구에서는 서해안의 천수만과 가로림만에 위치한 5정점을 조사지역으로 선정하여 기본 환경조사와 함께 꼬막의 서식지 적합인자를 탐색하였으며, 남해안 꼬막 주요 서식지역의 적합인자를 객관적으로 파악하여 현재 서해안에 서식 가능한 지역의 환경특성과 맞물려 비교하였다. 그 결과 천수만에 비해 가로림만이 퇴적물 입자가 더 미세하여 가로림만이 전반적으로 퇴적환경이 적합한 것으로 나타났다. 전체적으로 가로림만의 왕산이 꼬막 주요 서식지 환경 특성 적합도가 87점으로 가장 적합하였고, 당산 86점, 사창 81점, 호포 78점, 창기 73점 순으로 나타나 가로림만이 천수만에 비해 서식하기에 더 적합한 환경으로 파악되었다. 따라서 꼬막의 서식 가능 적지로써 가로림만이 활용도가 높을 것으로 판단된다. 하지만 본 연구에서는 각 정점별 꼬막의 서식밀도나 생체량 데이터가 없어 서식지 적합도 검증에 대한 한계점 있었다. 적지선정에 있어 서식지 적합도와 생물량에 의한 검증은 중요하기 때문에 앞으로 적지선정 연구에서 생물 입식량에 대한 폐사율이나 생체량, 서식밀도의 검증을 포함해야 할 것으로 판단된다. 또한 우리는 서식지의 환경특성 파악과 적지선정에 관한 다양한 연구들을 지속적이고 단계적으로 수행해 나가야 할 것이다. 이에 따라 꼬막 뿐 만

이 아니라 기타 생물 종에 대한 환경특성에 관련된 데이터를 지속적으로 축적함으로써 종 특성에 맞는 서식지 선택이 가능할 것이며, 적지 탐색과 선정을 통해 기존 주요 서식지의 생물자원 감소와 생산량 변동에 따른 문제점들을 해소할 수 있을 것으로 생각된다.

감사의 글

이 논문은 2018년도 국립수산물품질관리원 수산과학연구소 연구사업 ‘갯벌 어장환경 모니터링(R2018055)’의 지원으로 수행된 연구이며 연구비 지원에 감사드립니다.

References

- [1] Boonruang, P. and V. Janekarn(1983), Distribution, density, biomass, and population bionomics of *Anadara granosa* (L.) in relation to environmental factors at Sapum Bay on the east coast of Phuket Island. Thai Fisheries Gazette, Vol. 36, pp. 461-468.
- [2] Broom, M. J.(1982), Analysis of the Growth of *Anadara granosa* (Bivalvia: Arcidae) in Natural, Artificially Seeded and Experimental Populations. Marine Ecology Progress Series, Vol. 9, pp. 69-79.
- [3] Canfield, D. E.(1994), Factors influencing organic carbon preservation in marine sediments. Chemical Geology, Vol. 114, No. 3-4, pp. 315-329.
- [4] Choi, M., H. C. Kim, D. H. Hwang, I. S. Lee, Y. S. Kim, Y. J. Kim and H. G. Choi(2013), Organic Enrichment and Pollution in Surface Sediments from Shellfish Farming in Yeolja Bay and Gangjin Bay, Korea. Korean Journal of Fisheries and Aquatic Sciences, Vol. 46, No. 4, pp. 424-436.
- [5] Davenport, D. and T. M. Wong(1986), Responses of the Blood Cockle *Anadara granosa* (L.) (Bivalvia: Arcidae) to Salinity, Hypoxia and Aerial Exposure. Aquaculture, Vol. 56, pp. 151-162.
- [6] Hansopa, Y., K. Thanormkiat, S. Limsakul, Y. Charoenvittayakul, T. Chongpeepien, C. Mongkolmann, and S. Tuaycharoen(1988), Growth, Mortality and Transportation Studies on Transplanted Cockles (Fam. Arcidae) in Nakhon Bay, Thailand. Bivalve Mollusc Culture Research in Thailand, pp. 102-108.
- [7] Jang, S. G. and C. J. Cheong(2010), Characteristics of Grain Size and Organic Matters in the Tidal Flat Sediments of the Suncheon Bay. Journal of the Korean Society, Vol. 13, No. 3, pp. 198-205.
- [8] Kim, D., D. I. Lim, S. K. Jeon and H. S. Jung(2005), Chemical Characteristics and Eutrophication in Cheonsu Bay, West Coast of Korea. Ocean and Polar Research, Vol. 27, No. 1, pp. 45-58.
- [9] KOSIS(2018), Korean Statistical Information Service, [online] <http://kosis.kr>, (accessed 07.10.18).
- [10] Lam, N. N. and D. N. Hai(1998), Gut content od blood cockle, *Anadara granosa* (L.) with emphasis on diatoms, Tra Vinh, South Vietnam. Phuket Marine Biological Center Special Publication, Vol. 18, No. 1, pp. 77-82.
- [11] Lee, H. J., H. R. Jo, Y. S. Chu and K. S. Bahk(2004), Sediment transport on macrotidal flats in Garolim Bay, west coast of Korea: significance of wind waves and asymmetry of tidal currents. Continental Shelf Research, Vol. 24, No. 7-8, pp. 821-832.
- [12] Lee, J.(2012), Bacteriological characteristics of ark shells from Yeolja Bay, Korea. Master's thesis, Chonnam National University, Yeosu, Korea, pp. 1-59.
- [13] Liu, D., X. Li, K. C. Emeis, Y. Wang and P. Richard(2015), Distribution and sources of organic matter in surface sediments of Bohai Sea near the Yellow River Estuary, China. Estuarine, Coastal and Shelf Science, Vol. 165, pp. 128-136.
- [14] Marchand, C., E. Lallier-Verges, J. R. Disnar and D. Kéravis(2008), Organic carbon sources and transformations in mangrove sediments: A Rock-Eval pyrolysis approach. Organic Geochemistry, Vol. 39, No. 4, pp. 408-421.
- [15] MLTM(2010), Coastal Wetland Basic Research. Ministry of Land, Transport and Maritime Affairs, p. 791.
- [16] MOF(2013a), Marine Environment Standard Methods, Ministry of Oceans and Fisheries, p. 525.
- [17] MOF(2013b), Development of suitable habitat regard for environmental changes in oil spill area. Ministry of Oceans and Fisheries, p. 204.
- [18] Moon, T. S., M. M. Jung, M. H. Yang, C. H. Wi, J. H. Lee, Y. S. Shin, Y. K. Shin and Y. J. Chang(2006), Spats Appearance and Distribution of Blood Cockle, *Tegillarca granosa* in Each Tidal Time and Line. Journal of Aquaculture, Vol. 19, No. 2, pp. 119-124.
- [19] Muthiah, P. and K. A. Narasimham(1992), Larval rearing, spat production and juvenile growth of the blood clam, *Anadara granosa*. Journal of the Marine Biological Association of India, Vol. 34, pp. 138-143.

- [20] Omar, S. B. A. and F. Yulianda(2000), Distribution of *Anadara granosa* (L.) in molluscan assemblages at Rawameneng Beach, Subang, West Java, Indonesia. Proceedings of the 10th International Congress and Workshop of the Tropical Marine Mollusc Programme TMMP, Vol. 21, pp. 63-67.
- [21] Pathansali, D.(1966), Notes on the biology of the cockle, *Anadara granosa* L. Proceedings of the Indo-Pacific Fisheries Council, Vol. 11, pp. 84-98.
- [22] Sato, M. and C. H. Koh(2004), Biological Richness Of The Asian Tidal Flats And Its Crisis By Human Impacts. Ecological Issues in a Changing World, pp. 135-155.
- [23] Sato, M.(2000), Life in Ariake Sea: Biodiversity in Tidal Flats and Estuaries. Kaiyusha, Tokyo, pp. 150-183.
- [24] Shepard, F. P.(1954), Nomenclature based on sand-silt-clay ratios. Journal of Sedimentary Research, Vol. 24, No. 3, pp. 151-158.
- [25] Shin, Y. K. and T. S. Moon(2005), Temperature Tolerance and Physiological Changes of Blood Cockle, *Tegillarca granosa*. Korean Journal of Fisheries and Aquatic Sciences, Vol. 38, No. 4, pp. 251-256.
- [26] Tookwinas, S.(1983), Commercial Cockle Farming in Southern Thailand. Thai Fisheries Gazette, Vol. 36, pp. 445-450.
- [27] You, Z., Y. Wang and J. Chen(2002), Growth of *Tegillarca granosa* in the pond culture of Leqing Bay. Journal of Fisheries China, Vol. 26, pp. 440-447.

Received : 2018. 09. 11.

Revised : 2018. 10. 18.

Accepted : 2018. 10. 26.