

Article

https://doi.org/10.7850/jkso.2020.25.4.106  
pISSN : 1226-2978 eISSN : 2671-8820

## 울릉도 연안의 거머리말속 잘피 분포

박정임<sup>1\*</sup> · 김재훈<sup>2</sup> · 송휘준<sup>3</sup> · 김구연<sup>4</sup>

<sup>1</sup>해양생태기술연구소 기업부설연구소장, <sup>2</sup>해양생태기술연구소 연구원,

<sup>3</sup>부산대학교 생명과학과 연구원, <sup>4</sup>경남대학교 과학교육과 교수

## Distribution of the Seagrass, *Zostera* spp. in Ulleungdo

JUNG-IM PARK<sup>1\*</sup>, JAE HOON KIM<sup>2</sup>, HWI-JUNE SONG<sup>3</sup> AND GU YEON KIM<sup>4</sup>

<sup>1</sup>Director of Research, Marine-Eco Technology Institute, Busan 48520, Korea

<sup>2</sup>Researcher, Marine-Eco Technology Institute, Busan 48520, Korea

<sup>3</sup>Researcher, Department of Biological Sciences, Pusan National University, Busan 46241, Korea

<sup>4</sup>Professor, Department of Science Education, Kyungnam University, Changwon 51767, Korea

\*Corresponding author: jipark@marine-eco.co.kr

Editor Jong-Gyu Park

Received 17 July 2020; Revised 28 August 2020; Accepted 23 September 2020

### ABSTRACT

울릉도에 자생하는 거머리말속 잘피 분포 현황을 밝히기 위해 2019년 9월말 울릉도 연안과 항내에서 선박을 이용하여 잠수조사를 하였다. 잘피 생육 환경을 조사하기 위해 잘피가 서식하는 장소의 해수와 퇴적물 공극수의 영양염 농도, 염분 및 퇴적물의 유기물 함량을 분석하였다. 울릉도 천부리, 저동리, 사동리와 남양리 연안에는 비교적 깊은 수심(14~24 m)에서 수거머리말 군락지가 관찰되었고, 총 생육면적은 약 4.9 ha이었다. 현포리 현포항내에는 3~5 m의 수심에서 생육면적 약 0.9 ha의 거머리말이 서식하고 있는 것으로 나타났다. 수거머리말의 평균 생육밀도와 생체량은 각각 121.9±9.7 shoot m<sup>-2</sup>와 99.0±13.2 gDW m<sup>-2</sup>로 서식지별로 유의한 차이가 나타나지 않았고, 거머리말의 생육밀도와 생체량은 각각 193.8±18.8 shoot m<sup>-2</sup>와 102.6±6.8 gDW m<sup>-2</sup>로 나타났다. 울릉도의 수거머리말과 거머리말 군락지 퇴적물의 영양염 농도와 퇴적물 유기물 함량은 남해안과 동해안의 잘피군락지보다 낮은 값을 보였다. 본 연구결과는 울릉도 연안의 거머리말속 잘피 현황을 최초로 보고하며, 해양보호구역으로 지정된 울릉도 해역의 보존과 해양 보호생물인 수거머리말과 거머리말 보호에 유용한 기초자료를 제공할 것이다.

To examine distribution of the *Zostera* species growing naturally in Ulleungdo, scuba diving surveys using ships were conducted along the coast and inside the harbors of the island at the end of September 2019. In areas of seagrass occurrence, environmental factors such as nutrient concentrations in water column and sediment pore water, salinity, and sediment organic content were also analyzed. *Zostera caulescens* meadows appeared in the relatively deep waters (14 – 24 m MSL) of Cheonbu-ri, Jeodong-ri, Sadong-ri, and Namyang-ri in Ulleungdo, and the total seagrass coverage was approximately 4.9 ha. Approximately 0.9 ha of *Zostera marina* meadow was found at the depths of 3-5 m MSL within Hyeonpo-hang in Hyeonpo-ri. The average shoot density and biomass of *Z. caulescens* were 121.9±9.7 shoot m<sup>-2</sup> and 99.0±13.2 gDW m<sup>-2</sup>, respectively, with no significant differences by location. The average shoot density and biomass of *Z. marina* were 193.8±18.8 shoot m<sup>-2</sup> and 102.6±6.8 gDW m<sup>-2</sup>, respectively. The nutrient concentrations in the sediment pore water and sediment organic content in the seagrass meadows in Ulleungdo were lower than those in eelgrass meadows on the southern and eastern coasts of Korea. These results will provide useful basic information for the marine protected species, *Z. caulescens* and *Z. marina*, and for the conservation of the waters of Ulleungdo, which has been designated as a marine protected area.

**Keywords:** Seagrass, *Zostera* spp., Distribution, Ulleungdo, Marine protected species

## 1. 서론

한반도 동해의 가장 큰 섬인 울릉도는 행정구역상 경상북도 울릉군에 속한다. 울릉도의 면적은 약 72.82 km<sup>2</sup>로 이 중 약 76.4%가 산지 경사 30°~50°로 험준한 지형을 보이는 산림지역으로 이 섬의 육상은 “울릉도”란 명칭처럼 울창한 산림을 보유

하고 있다(Kim and Lee, 2008). 울릉도는 우리나라의 영토적 측면 뿐 만아니라, 수산 및 해저자원 측면에서도 매우 중요하다. 울릉도 해역은 쿠로시오 난류의 지류인 쓰시마난류의 영향을 받고, 이 쓰시마난류는 울릉도 근처의 북한한류와 교차되어 동식물플랑크톤이 풍부하여 상업가치가 높은 어종이 다량 분포하는 우리나라의 중요한 어장이다(Myoung *et al.*, 2005). 울릉도는 섬이라고 하는 독특한 지리적 환경과 지형적 특징이 결부되어 관광객들의 방문수가 증가하고 있고, 최근에는 유네스코 세계자연유산등재를 준비하고 있어 국민들의 관심이 모여지고 있다.

울릉도가 가지는 영토적, 수산학적, 자원적 중요성에 비해 학술적인 연구 자료의 역사는 비교적 짧은 실정이다. 울릉도 생물상에 관한 연구는 주로 산림식생에 관한 연구가 주를 이루고 있다. 울릉도의 육상 식물상에 대한 연구는 1950년대 이후 본격화되어(Kil *et al.*, 2006) 지금까지 다수의 연구가 수행되었으며 현재 관속식물 93과 313속 462종의 서식을 확인하고 있다(Yang *et al.*, 2015). 그에 비해 울릉도의 해양에 대한 연구는 육상에 비해 늦게 시작되어 울릉도 연안의 해조상(Kang, 1966), 갯지렁이류(Paik, 1986), 플랑크톤 군집(Rho *et al.*, 2010), 어류(Myoung *et al.*, 2005; Yang *et al.*, 2016), 해조류 군집(Kim *et al.*, 2016) 등의 자료를 제공하고 있다. 그러나 지금까지도 울릉도 연안에 자생하고 있는 해산 현화식물 잘피의 현황에 대한 연구 자료는 전무한 실정이다.

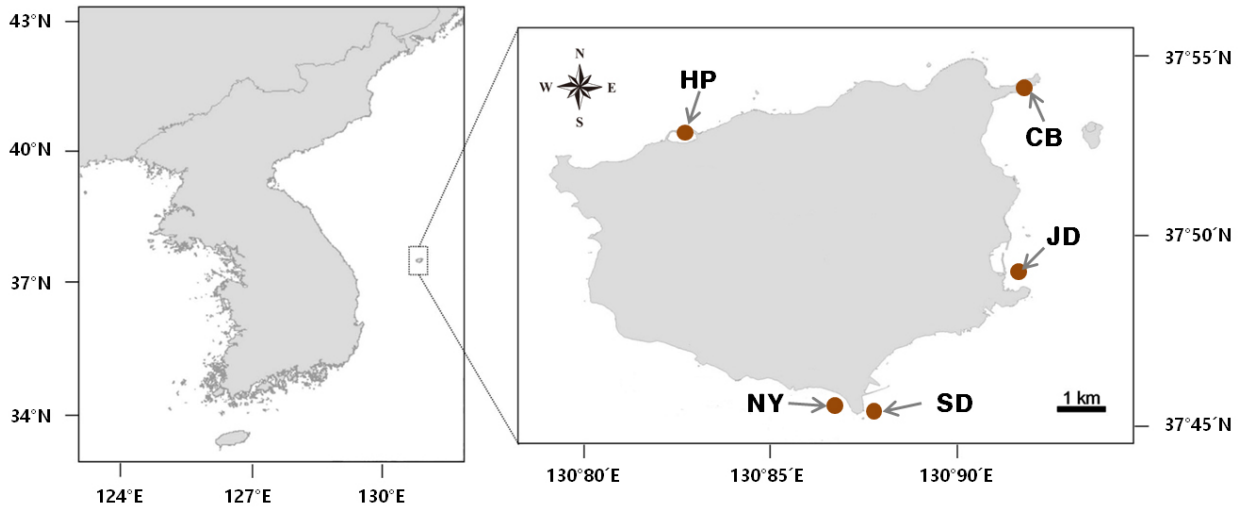
잘피는 해양성 수생관속식물로 해수 중 꽃을 피우고 씨를 맺는 해산 현화식물이다(den Hartog, 1970). 잘피는 전세계 연안에 약 60 여종이 분포하며, 우리나라 연안에는 9종이 출현하고 있다(Kim *et al.*, 2009). 잘피생육지는 다양한 어족자원들의 산란장과 서식지를 제공하고(Hovel *et al.*, 2002), 해수 수질을 정화하는 해양에서 중요한 생태적 기능(Thomas and Cornelisen, 2003)을 수행하고 있다. 그러나 최근 수십년 동안 전 세계적으로 연안공사, 부영양화 등의 인위적인 요인으로 잘피생육지가 급격히 감소되어 다수의 잘피가 해양보호종으로 분류되어 있고(Orth *et al.*, 2006), 우리나라에서도 『해양생태계의 보전 및 관리에 관한 법률(MOF, 2007)』에 의거하여 6종의 잘피를 해양보호생물로 지정하여 관리하고 있다.

울릉도는 제주도나 남해안의 섬들과는 달리 그 생성학적으로 한 번도 한반도나 일본과 연결되지 않은 대양섬으로 한국의 갈라파고스라 할 정도로 생물지리학적 측면에서도 육지와는 다른 특이한 자연생태계를 형성하고 있다(Lee *et al.*, 2006). 울릉도의 육상에는 IUCN 기준에 따른 산림청 지정 희귀식물이 멸종위기종(CR) 9분류군, 위기종(EN) 6분류군, 취약종(VU) 12분류군이 있고, 환경부 지정 멸종위기 야생식물이 1급 1분류군, 2급 3분류군, 식물구계학적 특정식물 중 Ⅲ등급 이상에 해당되는 71분류군과 울릉도에서만 자생하는 울릉도 특산식물이 33분류군으로 보고되고 있다(Yang *et al.*, 2015). 본 연구는 울릉도 연안에 생육하는 해산 현화식물인 잘피의 출현 양상과 생육 환경을 조사하여 국내 최초로 보고한다. 또한, 울릉도 연안의 거머리말속 잘피 분포 현황을 조사하여 추후 자연적 또는 인위적 영향으로 이곳 잘피군락의 변화를 조사하는데 기초자료를 제공하고자 한다.

## 2. 재료 및 방법

### 2.1 조사지 개요

울릉도는 본섬을 포함하여 총 43개의 섬으로 구성되어 있으며, 가장 가까운 육지인 경북 울진군 죽변면과는 약 130 km 거리에 있다. 울릉도 본섬은 37° 26′ 33″N -37° 33′ 43″N, 130° 46′ 35″E-130° 56′ 55″E에 위치하며, 불규칙한 오각형 형태로 북동-남서 방향이 12 km로 가장 길고 북서-남동방향은 약 8 km로서 가장 짧다. 둘레는 약 53 km, 최고봉은 해발 984.5 m의 성인봉으로 육상에서의 산지경사가 매우 가파르다(Kwon, 2012). 울릉도의 해안선은 대부분이 단안절벽을 이루고 동해 연안과 유사하게 경사가 가팔라 연안의 수심도 급격히 깊어진다(Paik, 1986). 본 조사는 울릉도에 출현하는 거머리말속 잘피 생육현황을 알아보기 위해 2019년 9월 말 울릉도내 8개 항을 포함한 울릉도 연안을 조사하여 거머리말속 잘피가 출현하는 5개 장소를 선정하여 선박을 이용한 SCUBA diving으로 현장조사를 실시하였다(Fig. 1).



**Fig. 1.** Seagrass survey area. Seagrasses observed in dotted area in Ullungdo (CB: Cheonbu-ri, JD: Jeodong-ri, SD: Sadong-ri, NY: Namyang-ri, HP: Hyeonpo-ri). Stational points indicate sampling sites for morphology, density and biomass of seagrasses and environmental factors.

## 2.2 생육 환경

각 잘피군락지 해수의 영양염 농도를 측정하기 위해 150 mL의 시료병으로 해수를 채수하여(n=4) 실험실로 이동하였고, 염분농도는 현장에서 수질측정기(YSI 85, Yellow Springs, Ohio, USA)로 측정하였다. 퇴적물 공극수의 영양염을 측정하기 위해 아크릴 코어(내경 9 cm x 높이 13 cm)로 퇴적물을 채취하여(n=4) 밀봉한 후 얼음이 채워진 쿨러에 보관하여 실험실로 이동하였고, 퇴적물을 8,000 rpm에서 20분간 원심분리한 후 공극수를 채취한 후 분석하였다(Park *et al.*, 2012). 해수와 퇴적물 공극수의 암모늄염, 질산염+아질산염, 인산염의 농도는 흡광광도법으로 측정하였다. 퇴적물 중 유기물 함량은 퇴적물 습 시료 약 20 g을 비이커에 담아 건조기에 넣고 110°C에서 24시간 건조 후 시료를 분쇄하여 도가니에 담아 무게를 측정 후 전기로에 넣어 550°C에서 2시간 회화시켜 데시케이터 안에서 실온으로 식힌 후 도가니 무게를 측정하여 회화 전후의 무게차로 계산하였다(Park *et al.*, 2012).

## 2.3 잘피분포 및 생육 특성

울릉도의 잘피 현황을 파악하기 위해 울릉도 8개 항을 포함한 본섬 연안의 잘피 자생유무를 지역 어촌계원들의 설문조사를 통해 파악하였다. 잘피가 출현하는 곳은 잠수조사로 군락지 경계면을 GPS (Garmin Montana 650, Taiwan)로 로깅한 후 기록된 좌표를 바탕으로 분포면적을 계산하였다(McKenzie *et al.*, 2001). 조사 해역에서 채취한 잘피는 den Hartog(1970)의 분류 방법에 따라 종을 동정, 분류하였다.

잘피의 형태적 특성을 조사하기 위해 각 장소에서 6개체 이상의 온전한 잘피 영양지를 채취하여 실험실로 운반 후 잎 수, 엽초 폭(mm)과 길이(cm), 잎 폭(mm), 개체 길이(cm)와 지하경 마디의 폭(mm)을 측정하였다. 잎 수는 엽초 윗부분에 나타난 잎의 수를 계수하였다. 엽초 폭은 엽초의 가장 넓은 부위를 측정하였고, 엽초 길이는 생장점으로부터 엽초까지의 길이를 재었다. 잎 폭은 3번째 잎의 가장 넓은 부위를 측정하였고, 개체 길이는 엽초 길이와 잎 길이를 더한 값으로 구하였으며, 지하경 마디의 폭은 3번째 지하경 마디의 폭을 측정하였다(Park *et al.*, 2012).

생육밀도 조사는 50cm x 50cm의 방형구 내의 잘피 수를 측정 후(n=4), 단위면적 당 개체수(shoot m<sup>-2</sup>)로 환산하였다. 잘피 생체량은 50cm x 50cm의 방형구 내 잘피를 전량 채취하여 실험실로 옮긴 후 흐르는 담수에 세척하며 부착생물 및 이물질

등을 제거한 후, 지상부와 지하부로 분리하여 60°C에서 48시간 건조한 후 각각의 건조량을 측정하였고, 이를 토대로 단위면적당 생체량(gDW m<sup>-2</sup>)을 계산하였다(Park *et al.*, 2012).

## 2.4 통계분석

해수와 퇴적물 공극수의 영양염, 퇴적물의 유기물 함량, 갈피의 형태, 밀도와 생체량 자료는 normality와 homogeneity of variance를 검정한 후 one-way ANOVA를 이용하여 정점에 따른 차이의 유의성을 검사하였고, 유의성이 관찰된 경우 Duncan의 사후검증을 시행하였다. 통계분석은 SPSS 10.1을 이용하였으며, 모든 측정치는 평균(mean)과 표준오차(SE)로 나타내었다.

## 3. 결 과

### 3.1 갈피 생육지 면적 및 종 조성

울릉도 연안에 출현하는 거머리말속 갈피는 수거머리말(*Zostera caulescens*)과 거머리말(*Zostera marina*)로 나타났다. 수거머리말은 천부리, 저동리, 사동리와 남양리 연안에 출현하였고, 거머리말은 현포리의 항내에 자생하였다. 울릉도의 수거머리말 생육지 면적은 약 4.9 ha로, 가장 넓은 수거머리말 군락지는 남양리(3.3 ha)이었다. 울릉도 연안의 수거머리말은 비교적 깊은 수심(14~24 m)에 나타났으며, 가장 깊은 수거머리말 군락지는 천부리(20~24 m)이었다. 현포리의 거머리말 군락지는 현포항내의 동쪽 방파제 쪽으로 3~5 m의 수심에서 출현하였으며, 생육면적은 약 0.9 ha로 나타났다(Fig. 2).

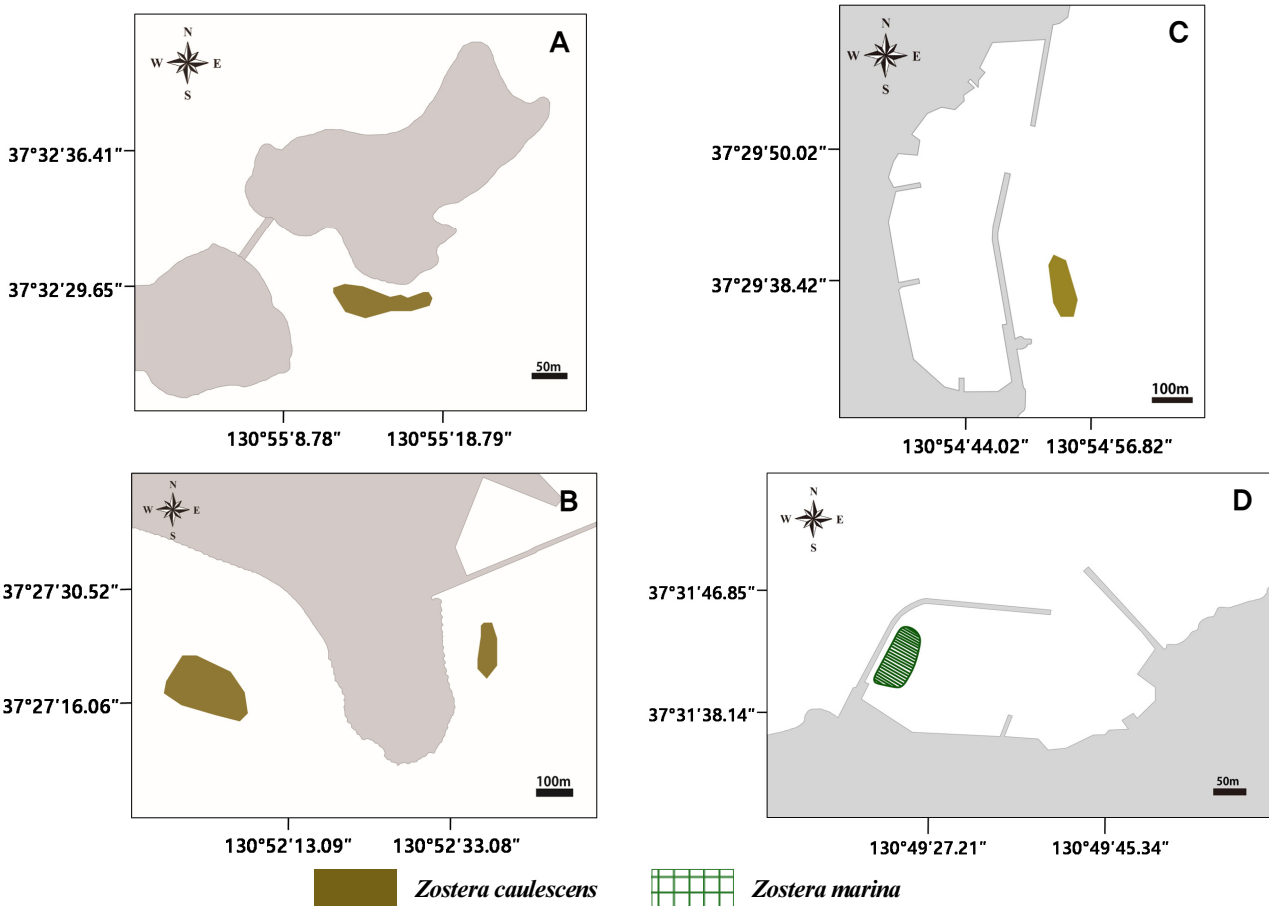
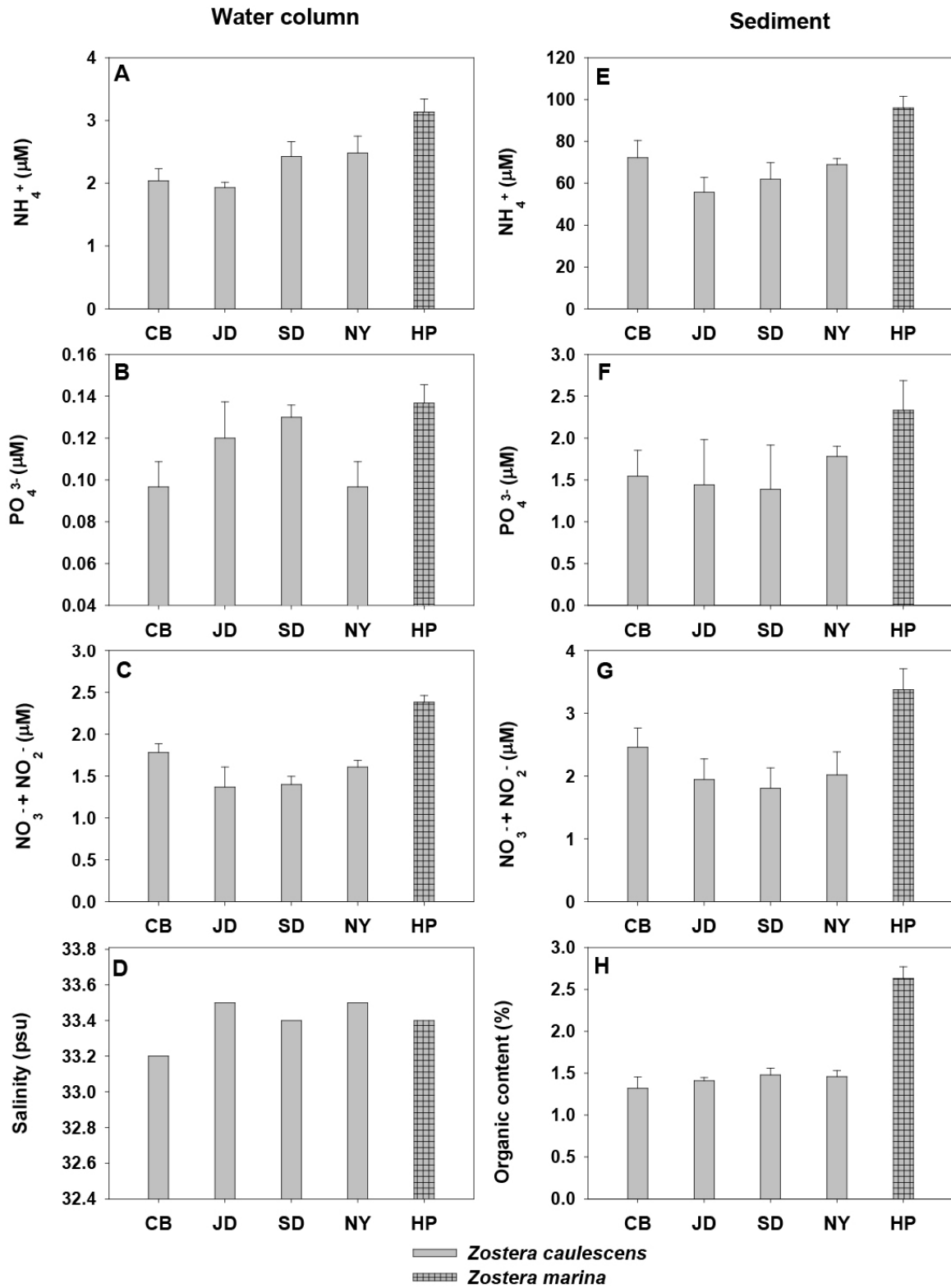


Fig. 2. Mapping of distributional areas of *Zostera caulescens* (A: Cheonbu-ri, B: Sadong-ri and Namyang-ri, C: Jeodong-ri) and *Z. marina* (D: Hyeonpo-ri) in Ullungdo.



**Fig. 3.** Water column and sediment pore water characteristics at the study sites (CB: Cheonbu-ri, JD: Jeodong-ri, SD: Sadong-ri, NY: Namyang-ri, HP: Hyeonpo-ri). Water column nutrient concentrations ammonium (A), phosphate (B) and nitrate+nitrite (C), and salinity (D). Sediment pore water nutrient concentrations ammonium (E), phosphate (F) and nitrate+nitrite (G) concentrations, and sediment organic content (H).

### 3.2 잘피 생육지 환경

수거머리말 군락지 해수의 영양염 농도는 정점별 차이가 나타나지 않았다( $\text{NH}_4^+$ :  $p=0.245$ ,  $\text{PO}_4^{3-}$ :  $p=0.220$ ,  $\text{NO}_2^-+\text{NO}_3^-$ :  $p=0.226$ ). 수거머리말 군락지의 수층 영양염의 평균 농도는 암모늄염, 인산염과 질산염+아질산염이 각각  $2.2\pm 0.1 \mu\text{M}$ ,  $0.1\pm 0.0 \mu\text{M}$ 과  $1.5\pm 0.1 \mu\text{M}$ 이었으며, 평균 염분농도는  $33.4\pm 0.1 \text{psu}$ 이었다. 거머리말 군락지의 수층 영양염의 평균 농도는 암모늄염, 인산염과 질산염+아질산염이 각각  $3.1\pm 0.2 \mu\text{M}$ ,  $0.1\pm 0.0 \mu\text{M}$ 과  $2.4\pm 0.1 \mu\text{M}$ 이었으며, 염분농도는  $33.4 \text{psu}$ 이었다(Fig. 3).

수거머리말 군락지 퇴적물 공극수의 영양염농도와 퇴적물 유기물함량은 정점별 차이가 나타나지 않았다( $\text{NH}_4^+$ :  $p=0.391$ ,  $\text{PO}_4^{3-}$ :  $p=0.909$ ,  $\text{NO}_2^-+\text{NO}_3^-$ :  $p=0.566$ , IL:  $p=0.606$ ). 수거머리말 군락지의 퇴적물 공극수 영양염의 평균 농도는 암모늄염, 인산염과 질산염+아질산염이 각각  $64.7\pm 3.7 \mu\text{M}$ ,  $1.5\pm 0.1 \mu\text{M}$ 과  $2.1\pm 0.1 \mu\text{M}$ 이었으며, 퇴적물의 평균 유기물함량은  $1.4\pm 0.0\%$ 이었다. 거머리말 군락지의 퇴적물 공극수 영양염의 평균 농도는 암모늄염, 인산염과 질산염+아질산염이 각각  $96.0\pm 5.6 \mu\text{M}$ ,  $2.3\pm 0.4 \mu\text{M}$ 과  $3.4\pm 0.3 \mu\text{M}$ 이었으며, 퇴적물 유기물 함량은  $2.6\pm 0.1\%$ 이었다(Fig. 3).

### 3.3 잘피 형태, 밀도 및 생체량

잘피의 평균 잎 수는 수거머리말이  $3.2\pm 0.0$ 개로 정점별 유의한 차이가 나타나지 않았고( $p=0.883$ ), 거머리말은  $4.8\pm 0.2$ 개로 나타났다. 수거머리말의 엽초 폭, 엽초 길이와 잎 폭은 정점별 유의한 차이가 나타났고( $p<0.01$ ), 그 평균값은 각각  $11.1\pm 0.3 \text{mm}$ ,  $16.8\pm 1.0 \text{cm}$ 와  $10.5\pm 0.3 \text{mm}$ 이었다. 거머리말의 평균 엽초 폭, 엽초 길이와 잎 폭은 각각  $8.1\pm 0.3 \text{mm}$ ,  $13.0\pm 1.0 \text{cm}$ 와  $7.6\pm 0.3 \text{mm}$ 로 수거머리말보다 작게 나타났다. 영양지의 평균 개체 길이는 수거머리말이  $58.7\pm 5.3 \text{cm}$ , 거머리말은  $74.4\pm 2.3 \text{cm}$ 로 거머리말이 길었으며, 지하경 폭은 수거머리말이  $5.1\pm 0.1 \text{mm}$ , 거머리말은  $4.7\pm 0.2 \text{mm}$ 로 수거머리말이

**Table 1.** Seagrass species, distributional area, morphology, density and biomass of the seagrasses occurred in Ullungdo. Seagrass survey was conducted in September 2019. Depth was expressed as MSL (mean sea level). ND means not found

Species	<i>Z. marina</i>					<i>Z. caulescens</i>		
	Geographical designation	Hyeonpo-ri	Cheonbu-ri	Jeodong-ri	Sadong-ri	Namyang-ri	Stastics	
							<i>F</i>	<i>P</i>
Area (ha)		0.931	0.377	0.527	0.683	3.298		
Depth (m)		3~5	20~24	18~20	15~20	14~21		
(Type of eadow)		(Bed)	(Patch)	(Patch)	(Bed)	(Bed)		
Morphology								
Number of leaves		$4.8\pm 0.2$	$3.3\pm 0.2$	$3.2\pm 0.2$	$3.2\pm 0.2$	$3.2\pm 0.2$	0.217	0.883
Sheath width (mm)		$8.1\pm 0.3$	$10.7\pm 0.4^a$	$12.0\pm 0.2^b$	$10.5\pm 0.2^a$	$11.0\pm 0.3^a$	5.975	0.004
Sheath length (cm)		$13.0\pm 1.0$	$17.0\pm 0.7^a$	$19.7\pm 0.7^b$	$15.0\pm 0.9^a$	$15.5\pm 0.2^a$	9.033	0.001
Leaf width (mm)		$7.6\pm 0.3$	$10.1\pm 0.4^a$	$11.5\pm 0.2^b$	$10.1\pm 0.3^a$	$10.3\pm 0.1^a$	7.105	0.002
Shoot height (cm)		$74.4\pm 2.3$	$54.2\pm 6.3^a$	$74.5\pm 2.6^b$	$53.2\pm 2.1^a$	$52.9\pm 1.1^a$	8.558	0.001
Rhizome width (mm)		$4.7\pm 0.2$	$4.9\pm 0.2^{a,b}$	$5.3\pm 0.1^{b,c}$	$4.8\pm 0.1^a$	$5.4\pm 0.1^c$	4.729	0.012
Density (sht m <sup>-2</sup> )								
Vegetative		$193.8\pm 18.8$	$93.8\pm 12.0$	$118.8\pm 23.7$	$112.5\pm 16.1$	$81.3\pm 6.3$	1.182	0.358
Flowering		ND	$18.8\pm 6.3$	$25.0\pm 0.0$	$18.8\pm 6.3$	$18.8\pm 6.3$	0.333	0.802
Total shoot		$193.8\pm 18.8$	$112.5\pm 7.2$	$143.8\pm 23.7$	$131.3\pm 21.3$	$100.0\pm 10.2$	1.289	0.323
Biomass (g DW m <sup>-2</sup> )								
Above ground		$77.8\pm 6.3$	$54.5\pm 15.5$	$86.5\pm 9.1$	$78.9\pm 12.0$	$54.7\pm 10.5$	1.897	0.184
Below ground		$24.8\pm 1.2$	$22.0\pm 2.6^a$	$38.9\pm 4.3^b$	$39.2\pm 4.7^b$	$21.3\pm 3.0^a$	7.087	0.005
Total biomass		$102.6\pm 6.8$	$76.5\pm 15.6$	$125.4\pm 13.4$	$118.1\pm 15.9$	$76.0\pm 13.2$	3.289	0.058

넓었다. 수거머리말 영양지의 개체 길이( $p<0.01$ )와 지하경 폭( $p<0.05$ )은 정점별 유의한 차이가 나타났다(Fig. 4, Table 1).

수거머리말 영양지, 화지와 총밀도는 각각  $101.6\pm 8.6$  shoot  $m^{-2}$ ,  $20.3\pm 1.6$  shoot  $m^{-2}$ 과  $121.9\pm 9.7$  shoot  $m^{-2}$ 로 정점별 유의한 차이(영양지:  $p=0.358$ , 화지:  $p=0.802$ , 총밀도:  $p=0.323$ )가 나타나지 않았다. 현포리 거머리말 영양지의 밀도는  $193.8\pm 18.8$  shoot  $m^{-2}$ 로 화지는 출현하지 않았다. 지상부, 지하부와 단위면적당 생체량은 수거머리말이 각각  $68.6\pm 8.3$  gDW  $m^{-2}$ ,  $30.4\pm 5.0$  gDW  $m^{-2}$ 과  $99.0\pm 13.2$  gDW  $m^{-2}$ 로 지하부를 제외하고 정점별 유의한 차이가 나타나지 않았으며(지상부:  $p=0.184$ , 지하부:  $p<0.01$ , 전체:  $p=0.058$ ), 거머리말은 각각  $77.8\pm 6.3$  gDW  $m^{-2}$ ,  $24.8\pm 1.2$  gDW  $m^{-2}$ 과  $102.6\pm 6.8$  gDW  $m^{-2}$ 이었다(Fig. 5, Table 1).

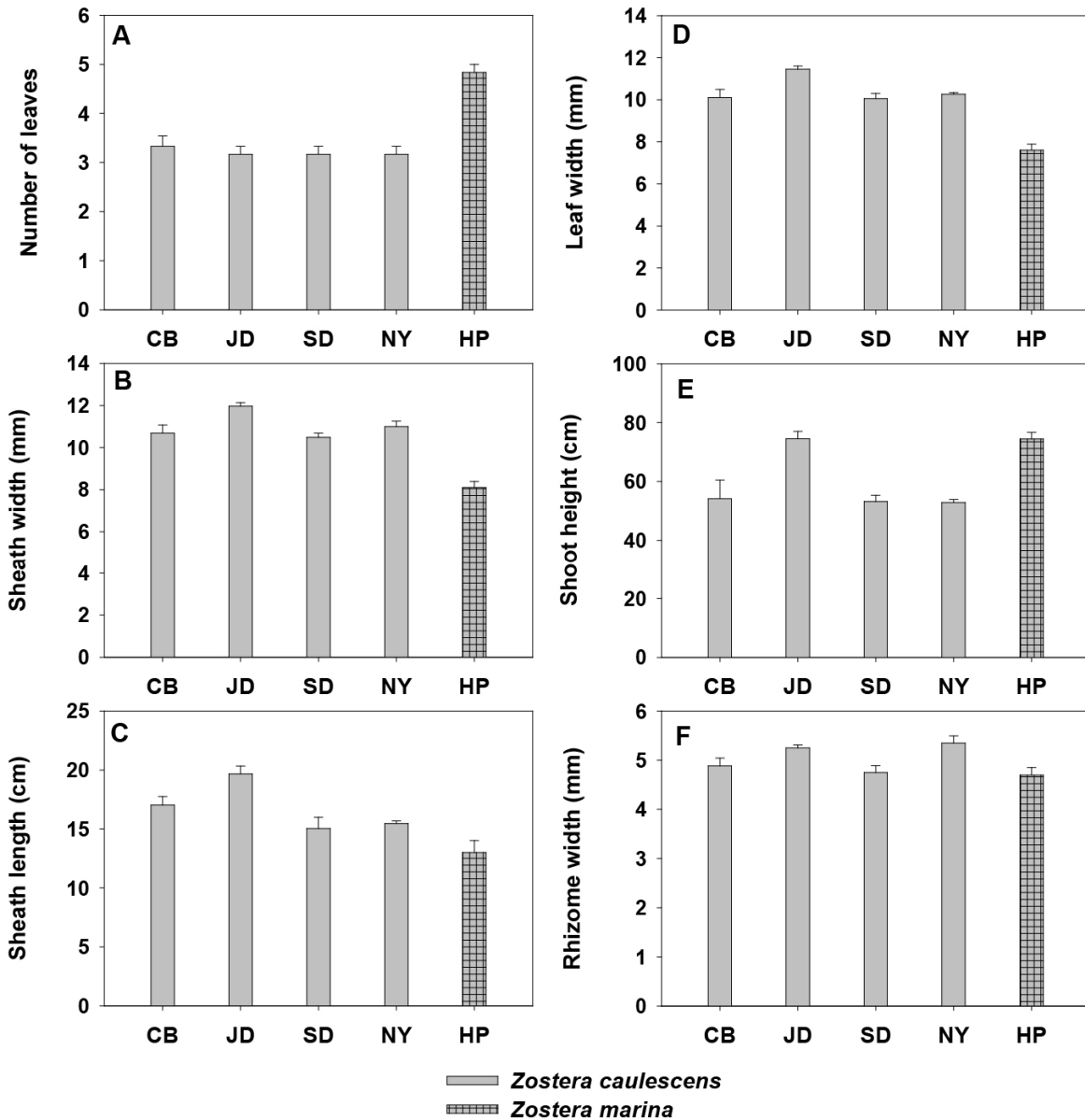


Fig. 4. Morphological characteristics of the seagrasses occurred at the study sites in Ulleungdo (CB: Cheonbu-ri, JD: Jeodong-ri, SD: Sadong-ri, NY: Namyang-ri, HP: Hyeonpo-ri). Number of leaves (A), sheath width (B), sheath length (C), leaf width (D), shoot height (E), and rhizome width (F).

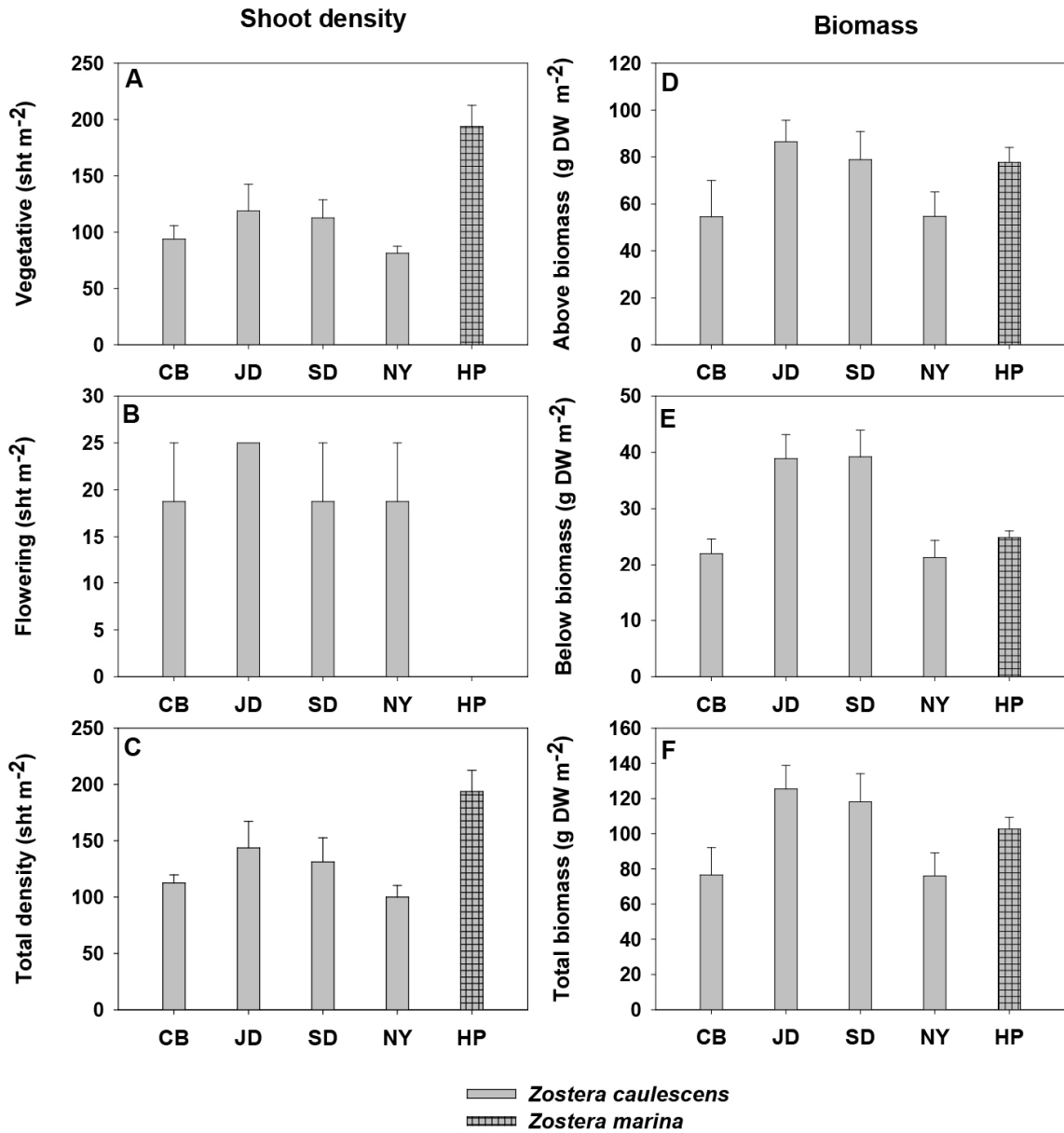


Fig. 5. The shoot density and the biomass of the seagrasses occurred at the study sites in Ulleungdo (CB: Cheonbu-ri, JD: Jeodong-ri, SD: Sadong-ri, NY: Namyang-ri, HP: Hyeonpo-ri). Vegetative shoot density (A), flowering shoot density (B), and total shoot density (C), above ground biomass (D), below ground biomass (E), and total biomass (F).

#### 4. 토 론

본 조사 결과 울릉도 연안에 자생하는 거머리말속 잘피는 수거머리말과 거머리말로 나타났다. 수거머리말과 거머리말은 우리나라 동해안, 서해안, 남해안에 이르기까지 넓게 분포하고 있는 잘피 종이다. 수거머리말은 조류의 흐름이 비교적 원활한 만의 내부에 주로 서식하며 우리나라 연안의 대표적 군락지는 충남 보령시 오천면 외연도리(13.1 ha)로 조사되었다 (FIRA, 2019). 거머리말은 조류의 흐름이 비교적 잔잔한 내만에 주로 서식하며 우리나라 거머리말의 약 80% 이상이 남해안에 위치하고, 대표적 군락지는 전남 장흥군 회진면 진목리(450 ha)로 알려져 있다(Kim *et al.*, 2012). 울릉도의 수거머리말은



본섬의 남쪽과 동쪽 연안에 나타나는 것에 비해, 거머리말은 섬 주위 연안에서는 나타나지 않았고 현포항내에만 제한적으로 출현하였다. 이는 연안수심이 비교적 완만히 깊어지는 한반도 본토에 비해 울릉도는 연안의 수심이 급격히 깊어지고, 대부분의 해안선이 단안절벽을 이루고 굴곡이 적어 조류가 급한 환경의 영향으로 보인다(Paik, 1986). 울릉도 주변해역의 빠른 조류 환경은 울릉도산 잘피의 잎 폭, 개체 길이 등의 형태적 특성, 생육밀도나 생체량에도 영향을 미칠 수 있을 것이다(Lacy and Wyllie-Echeverria, 2011). 본 조사 결과에서 울릉도 연안의 수거머리말 군락지(14~24 m)는 동해안과 서해 외연도의 수거머리말 군락지(5~10 m)보다 깊은 수심에 출현하고 있다(Kim *et al.*, 2014; FIRA, 2019). 현포항내 거머리말 군락지(3~5 m)도 남해안 거머리말 군락지(2~3 m)에 비해 비교적 깊은 수심에 나타난다(Lee *et al.*, 2005). 이는 울릉도 주변 해역의 투명도가 높아 보상심도가 깊어질 수 있어(Dennison *et al.*, 1993) 한반도 본토에서 보다 깊은 수심에서 잘피가 생육가능한 것으로 추측된다.

일반적으로 잘피의 형태, 생육밀도와 생체량은 수중광량, 수온과 영양염 농도에 주로 제한받게 된다(Lee *et al.*, 2007). 잘피의 생존과 성장은 주로 수중광량에 의존하며, 수중광량은 수심이 증가할수록 부유입자나 플랑크톤 등의 영향으로 급격히 감소된다(Gallegos *et al.*, 1990). 수온은 잘피의 광합성과 호흡률에 주로 영향을 미쳐 잘피성장의 계절경향성을 유도하는 요인을 제공한다. 해수와 퇴적물 공극수내의 영양염 농도도 잘피의 성장에 영향을 미칠 수 있으며, 퇴적물 공극수 내 영양염 농도가 높은 지역에 서식하는 잘피가 높은 성장률과 생체량을 나타낸다고 보고되고 있다(Lee *et al.*, 2007). 울릉도 잘피 군락지 해수 영양염의 농도는 동해안과 남해안 잘피 군락지와 유사하거나 조금 낮은 값을 나타낸 반면, 퇴적물 공극수 영양염의 농도와 퇴적물 유기물 함량은 남해안과 동해안 잘피군락지보다 낮은 값을 나타내었다(Lee *et al.*, 2003; Lee *et al.*, 2005; Kim *et al.*, 2014). 이러한 생육환경이 울릉도 잘피의 형태적 특성이나 서식 양상에 영향을 준 것으로 보인다. 즉, 울릉도 수거머리말의 잎 폭은 동해안 수거머리말과 유사하였으나 남해안 수거머리말보다는 좁았으며, 영양지 개체길이도 동해안, 서해 외연도 및 남해안 수거머리말보다 짧았다. 수거머리말의 생육밀도와 생체량도 동해안, 서해 외연도 및 남해안 수거머리말보다 낮은 값을 보였다(Lee *et al.*, 2002; Kim *et al.*, 2014; FIRA, 2019). 울릉도 현포항에 생육하는 거머리말의 잎 폭, 개체 길이, 생육밀도와 생체량도 남해안 거머리말보다 작은 경향을 보였다(Lee *et al.*, 2002; Lee *et al.*, 2005). 울릉도산 거머리말속 잘피는 비교적 깊은 수심과 낮은 영양염 농도에서 서식하고 있어 남해안과 동해안에 서식하는 거머리말속 잘피에 비해 비교적 낮은 생육밀도와 생체량을 보이는 것으로 추측된다.

잘피 분포 현황을 파악하는 것은 잘피 자원 관리를 위한 필수적 정보이다. 잘피 서식지 면적을 측정하는 방법은 잘피 서식지의 규모와 생육 수심에 따라 다양한 방법이 사용되고 있다. 일반적으로 잘피 서식지의 규모는 1 ha 미만, 1 ha~1 km<sup>2</sup>, 1~100 km<sup>2</sup>과 100 km<sup>2</sup> 이상 4단계로 구분된다(McKenzie *et al.*, 2001). 항공촬영, 위성영상분석, 디지털 다중스펙트럼 비디오 촬영방법은 조간대에 서식하는 모든 규모의 잘피군락지에 유용하나, 조하대에 서식하는 잘피 특히 투명도가 낮은 해역에서는 적용이 힘들다(McKenzie *et al.*, 2001). 우리나라 남해안과 같이 탁도가 높고, 수심이 얇은 조하대(<5 m)의 연성저질에 서식하는 잘피의 서식지 현황은 수중음향과 위성영상을 이용하여 조사하는 방법이 활용된다(Kang *et al.*, 2006; Kim *et al.*, 2008; Kim *et al.*, 2012). 그리고 울릉도 연안처럼 조하대 깊은 수심(>10 m)에 출현하는 잘피는 스쿠버다이빙이나, 선박에 부착된 실시간 측정 비디오카메라로 측정하는 방법이 선호되고 있으며, 어떤 방법을 이용하여 잘피 분포를 조사하더라도 잘피 군락지의 실측 확인은 필수적이다(McKenzie *et al.*, 2001). 본 조사 결과 울릉도 연안에 자생하는 거머리말속 잘피는 수거머리말 4.9 ha 과 거머리말 0.9 ha로 총 5.8 ha의 생육지가 있으며, 서면 남양리의 수거머리말군락은 울릉도 연안의 가장 넓은 잘피 군락지(56.7%)로 나타났다.

울릉도 주변해역은 2014년에 동해안에서는 첫 번째로 해양생태계 보호구역으로 지정되었으며, 본 조사결과 울릉도 연안

에 자생하는 해양보호생물 수거머리말과 거머리말의 분포 현황이 밝혀졌다. 우리나라 연안의 거머리말속 잘피 군락은 거머리말이 대부분을 차지하고 있고 그 비율은 거머리말(92.0%) > 수거머리말(6.7%) > 왕거머리말(1.1%) > 포기거머리말(0.1%), 애기거머리말(0.1%) 순으로 감소한다(Park *et al.*, 2019). 그러나 울릉도 연안에는 수거머리말 군락지가 대부분(99.8%)을 차지하고 있는 특이한 곳이다. 잘피 식생 분포 자료는 잘피 연구와 군락지 보존을 위한 근본적 절차이며, 해양생태계 보호구역으로 지정된 울릉도 주변해역의 관리에도 필요한 조사항목이다. 다만, 본 연구로 울릉도 연안 거머리말속 잘피의 분포 현황은 확인하였으나, 우리나라의 가장 깊은 수심에 서식하는 잘피라는 특이한 환경에 생육하는 울릉도 거머리말속 잘피의 보존과 관리를 위해 지속적인 관찰과 연구가 수행되어야 할 것이다.

## 사 사

본 연구는 2017년 한국해양과학기술진흥원(Korea Institute of Marine Science & Technology Promotion)의 연구비 지원(과제명: 국내 블루카본 정보시스템 구축 및 평가관리기술 개발)으로 수행 되었습니다.

## 참고문헌(References)

- den Hartog, C., 1970. The seagrass of the world. North-holland Publishing Company, Amsterdam, Netherlands, 275 pp.
- Dennison, W.C., R.J. Orth, K.A. Moore, J.C. Stevenson, V. Carter, S. Kollar, P.W. Bergstrom and R.A. Batiuk, 1993. Assessing water quality with submersed aquatic vegetation. *BioScience*, **43**(2): 86-94.
- Gallegos, C.L., D.L. Correll and J.W. Pierce, 1990. Modeling spectral diffuse attenuation, absorption and scattering coefficients in a turbid estuary. *Limnol. Oceanogr.*, **35**: 1486-1502.
- Hovel, K.A., M.S. Fonseca, D.L. Meyer, W.J. Kenworthy and P.G. Whitfield, 2002. Effects of seagrass landscape structure, structural complexity and hydrodynamic regime on macrofaunal densities in North Carolina seagrass beds. *Mar. Ecol. Prog. Ser.*, **243**: 11-24.
- Kang, D.H., S. Cho, H. La, J.M. Kim, J. Na and J.G. Myoung, 2006. Estimating spatial and vertical distribution of seagrass habitats using Hydroacoustic system. *Ocean Polar Res.*, **28**(3): 225-236.
- Kang, J.W., 1966. On the geographical distribution of marine algae in Korea. *Bull. Pusan Fish. Coll.*, **7**: 1-125.
- Kil, J.H., S.H. Park and K.S. Koh, 2006. The distribution of non-native plants in Ulleung Island. *Korean J. Plant Res.*, **19**(2): 237-242.
- Kim, J.B., J.I. Park, C.S. Jung, P.Y. Lee and K.S. Lee, 2009. Distributional range extension of the seagrass *Halophila nipponica* into coastal waters off the Korean peninsula. *Aquat. Bot.*, **90**: 267-272.
- Kim, J.H., S.H. Park, Y.K. Kim, S.H. Kim, J.I. Park and K.S. Lee, 2014. Seasonal growth dynamics of the seagrass *Zostera caulescens* on the eastern coast of Korea. *Ocean Sci. J.*, **49**(4): 391-402.
- Kim, K., J. Eom, J.-K. Choi, J.H. Ryu and K.Y. Kim, 2012. Application of hydroacoustic system and Kompsat-2 image to estimate distribution of seagrass beds. *J. Korean Soc. Oceanogr.*, **17**(3): 181-188.
- Kim, K., J.H. Kim and K.Y. Kim, 2008. Using a digital ecosounder to estimate eelgrass (*Zostera marina* L.) cover and biomass in Kwangyang bay. *Algae*, **23**: 83-90.
- Kim, K.B. and G.I. Lee, 2008. A study on volcanic stratigraphy and fault of Ulleung-do, Korea. *J. Eng. Geo.*, **18**(3): 321-330.
- Kim, S.T., K. Hwang, G.J. Park and C.G. Choi, 2016. Benthic algal community of Ulleungdo, East coast of Korea. *J. Fish. Mar. Sci. Edu.*, **28**(1): 83-90.

- Korea Fisheries Resources Agency (FIRA), 2019. 2018 Site survey for the marine forest (seagrass bed) creation in western coast of Korea. Busan, Korea, 225 pp.
- Kwon, D.H., 2012. A Geomorphology on the Ulleungdo. Kor. Geomorph. Assoc., **19**(4): 39-57.
- Lacy, J.R. and S. Wyllie-Echeverria, 2011. The influence of current speed and vegetation density on flow structure in two macrotidal eelgrass canopies. Limnol. Oceanogr. Fluids Environ., **1**(1): 38-55.
- Lee, J.H., H.J. Cho and T.C. Hur, 2006. Spatial distribution and vegetation-environment relationship of forest vegetation in Ulleung Island, Korea. J. Ecol. Field Biol., **29**(6): 521-529.
- Lee, K.S., S.R. Park and J.B. Kim, 2005. Production dynamics of the eelgrass, *Zostera marina* in two bay systems on the south coast of the Korean peninsula. Mar. Biol., **147**: 1091-1108.
- Lee, K.-S., S.R. Park and Y.K. Kim, 2007. Effects of irradiance, temperature, and nutrients on growth dynamics of seagrasses: A review. J. Exp. Mar. Ecol., **217**: 253-277.
- Lee, S.Y., S.M. Lee, J.H. Kim and C.I. Choi, 2003. Phenology and morphometrics change of *Zostera marina* L. population at Duksan Port in the eastern coast of Korea. J. Korean Soc. Oceanogr., **2**: 70-77.
- Lee, S.Y., Y. Suh, S. Kim and C.I. Choi, 2002. Ecological and morphological characteristics of *Zostera caulescens* Miki (Zosteraceae) in Korea. Ocean Polar Res., **24**(4): 345-357.
- Mckenzie, L.J., M.A. Finkbeiner and H. Kirkman, 2001. Methods for mapping seagrass distribution. In: Global Seagrass Research Methods, edited by Short, F.T. and R.G. Coles, Elsevier, Amsterdam, pp. 101-121.
- Ministry of Oceans and Fisheries (MOF), 2007. Conservation and Management of Marine Ecosystems Act.
- Myoung, J.G., J.H. Park, S.H. Cho and J.M. Kim, 2005. Fish fauna in coastal Waters of Ulleungdo, Korea by Scuba investigation in Summer. Korean J. Ichthyol., **17**(1): 84-87.
- Orth, R.J., T.J.B. Carruthers, W.C. Dennison, C.M. Duarte, J.W. Fourqurean, K.L. Heck, A.R. Hughes, G.A. Kendrick, W.J. Kenworthy, S. Olyarnik, F.T. Short, M. Waycott and S.L. Williams, 2006. A global crisis for seagrass ecosystems. BioScience, **56**: 987-996.
- Paik, E.I., 1986. Distribution of Polychaetous Annelid worms from Ulung-do Coast. Bull. Korean Fish Soc., **19**(4): 363-367.
- Park, J.I., J.H. Kim, Y.H. Hwang and J.U. Lee, 2019. The distribution of seagrass (*Zostera* spp.) along the coasts of Korea. In: Proceedings of Spring symposium of the Korean Association of Ocean Science and Technology Societies, The Korean Society for Marine Environment and Ecology, Jeju, pp. 99.
- Park, J.I., J.Y. Park and M.H. Son, 2012. Seagrass distribution in Jeju and Chuja Islands. Korean J. Environ. Biol., **30**(4): 339-348.
- Rho, T.K., Y.B. Kim, J.I. Park, Y.W. Lee, D.H. Im, D.J. Kang, T. Lee, S.T. Yoon, T.H. Kim, J.H. Kwak, H.J. Park, M.K. Jeong, K.I. Chang, C.K. Kang, H.L. Suh, M. Park, H. Lee and K.R. Kim, 2010. Plankton community response to physico-chemical forcing in the Ulleung Basin, East Sea during Summer 2008. Ocean Polar Res., **32**(3): 269-289.
- Thomas, F.I.M. and C.D. Cornelisen, 2003. Ammonium uptake by seagrass communities: Effects of oscillatory versus unidirectional flow. Mar. Ecol. Prog. Ser., **247**: 51-57.
- Yang, J.H., J.B. Lee, H.W. Lee, H.K. Cha, S.R. Kim and Y.W. Heo, 2016. Maturity and spawning of *Sebastes thompsoni* in the coastal waters off Ulleungdo, Korea. Kor. J. Fish. Aquat. Sci., **49**(3): 404-409.
- Yang, S., H.D. Jang, B.M. Nam, G.Y. Chung, R.Y. Lee, J.H. Lee and B.U. Oh, 2015. A floristic study of Ulleungdo Island in Korea. Korean J. Pl. Taxon., **45**(2): 192-212.