

Original article

## 한반도 하구에 분포하는 식생(염생식물 군락)과 환경요인 간의 관계

성낙필\* · 문정숙<sup>1</sup> · 김종학<sup>1</sup>

(주)생태조사단 부설 두희생태연구소, <sup>1</sup>국립환경과학원 물환경공학연구과

**The Relationship between Vegetation (Halophyte Communités) Distribution and Environmental Factors in Estuaries in Korea.** Nak-Pil Sung\* (0000-0001-5395-3479), Jeong-Suk Moon<sup>1</sup> (0000-0003-1448-5945) and Jong-Hak Kim<sup>1</sup> (0000-0002-4305-6579) (Doohee Institute of Ecological Research, Korea Ecosystem Service Inc., Ansan 15426, Republic of Korea; <sup>1</sup>Water Environmental Engineering Research Division, National Institute of Environmental Research, Incheon 22689, Republic of Korea)

**Abstract** This study was identified the distribution of vegetation in domestic estuaries and analysed the relationship with environmental factors based on the health assessment data of the estuary ecosystem surveyed between 2016 and 2018. Of the 325 estuaries surveyed, 187 vegetation communities were investigated in 300 estuaries and 53 halophyte communities accounted for 28.3%. No vegetation distribution was found in the other 25 estuaries. Considering the circulation of estuary, 41 halophyte communities were investigated in open estuaries and 26 halophyte communities in closed estuaries. As a result of canonical correlation analysis (CCA) between the entire distributed vegetation community and environmental factors, salinity (conductivity), T-N, and T-P concentrations were strongly correlated. Among the riverbed material materials of the estuary, the composition ratio of silt, sand, and pebble was the most correlated. Therefore, it is estimated that the distribution location of the halophyte communities were differentiated by being influenced by the sea area, estuary circulation type, resistance to salinity and riverbed material ratio.

**Key words:** estuary circulation, halophyte community, CCA, salinity, bed material, vegetation

### 서 론

하구는 개방해역과 연결되어 있는 반폐쇄해역으로 하천으로부터 유입되는 육수와 조석 주기에 따라 밀물과 썰물이 반복되는 바닷물이 만나 서로 혼합되는 전이지역으로 조석, 파랑 및 하천유량의 영향을 받기 때문에, 위치나 시간에 따른 환경요인의 변화폭이 크고 이에 따라 생물의 구성도 다양하게 나타나는 역동적인 생태계로 하구의 생태적 건강성

은 이에 기인한다(Westen and Scheele, 1996; Kwon, 2010).

이와 같이 민물과 해수가 공존하는 하구는 육상생태계와 해양생태계의 전이지대로서 독특하고 다양한 생물 서식공간과 경관구조 및 기능을 가지고 있는 지역으로 생태적으로 보전가치가 높은 지역에 해당하며 특히 우리나라는 3면이 바다이면서 독특한 형태의 물리적, 이화학적 환경을 가지는 보전가치가 높은 하구를 보유하고 있다. 그중에서 서해안은 조석간만의 차이가 크고 넓은 조간대를 형성하고 있으며 해안선이 복잡한 형태를 이루고 있어 염생식물을 비롯한 다양한 저서성 대형무척추동물이 다양한 환경에서 서식할 수 있는 조건을 지니고 있다(Lee *et al.*, 2019).

Manuscript received 10 March 2022, revised 18 March 2022,  
revision accepted 20 March 2022

\* Corresponding author: Tel: +82-31-492-1709  
E-mail: httee@kes.re.kr

© The Korean Society of Limnology. All rights reserved.

This is an open-access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution Non-Commercial License (<http://creativecommons.org/licenses/by-nc/3.0/>), which permits unrestricted non-commercial use, distribution, and reproduction in any medium, provide the original work is properly cited.

동해안의 경우 해안선이 단조롭고 대부분 해안사구와 사빈이 발달하였으며 식생은 상대적으로 해수의 영향을 덜 받는 지역에 분포하고 있어서 식생의 변화가 크기 않으며. 특정 식물 군락의 비중이 낮아 상대적으로 염생식물의 군락의 다양성은 비교적 높게 나타난다(Lee *et al.*, 2019).

남해안은 사빈의 발달이 빈약한 편이어서 사구식생의 발달도 거의 없기 때문에 식생의 다양성이 서해안에 비하여 매우 낮으며 순천만과 같이 지역에 따라 대규모 식생이 발달하는 지역도 있으나 식물군락의 다양성은 낮으며 갈대와 같이 특정식물의 상대적 비중이 높은 특징을 가지고 있다(Lee *et al.*, 2019).

이와 같이 하구습지는 생물다양성 및 독특한 생물 서식공간 간의 보고이자 수질정화, 수산물생산, 여가 및 스포츠, 휴식 제공, 심미적 체험의 공간 등 다양한 생태계 서비스를 제공하는 중요한 공간이지만 중·대규모의 간척사업과 하굿둑 및 배수갑문 조성 등으로 인하여 지속적인 훼손이 발생하고 있다. 특히, 하굿둑이나 방조제, 배수갑문 설치에 따른 하구순환의 단절로 인하여 하구습지의 질적 기능이 저하되고 있다.

하구유형별 서식지 다양성지수의 경우 하구순환의 차단 여부에 따라 하구서식지 다양성에 의미 있는 차이가 발생하는데. 대체로 하구순환이 유지되고 있는 열린하구에서 서식지 다양성이 높게 나타나는 것으로 보고되고 있으며(Rho and Lee, 2014), 하굿둑이나 배수갑문에 의해 하구순환이 단절된 하구(닫힌하구)의 하구습지 면적과 분포특성은 하구순환이 단절되지 않은 하구(열린하구)에서의 하구습지 분포특성과 상이하게 나타난다(Kim, 2005; Lee and Um, 2007).

환경부에서 제작한 토지피복지도를 이용하여 과거 25년(1975~2000년) 동안 국내 하구습지의 변동추이를 분석한 결과, 닫힌하구를 중심으로 하구습지가 크게 감소되었으며, 상대적으로 열린하구는 습지훼손이 적은 것으로 조사되었고 하구면적이 협소한 지방하천에 있어서는 하구순환 단절이 하구습지 훼손에 큰 영향을 미친 것으로 조사되었다(Rho and Lee, 2014).

하구순환이 인위적 훼손에 의해 단절됨에 따라 오염물질 희석확산이 저해되고, 하굿둑 내에 중금속 등 유해오염물질이 축적되고 생물자원이나 생물다양성이 감소되는 등 하구 생태계를 위협하고 있다(An *et al.*, 2011). 특히, 기수성 대형일차생산자인 염생식물(halophyte)의 서식면적 변화나 소멸은 하구 생태계에 큰 영향을 주게 되는데 그 이유는 이들이 하구 일차생산성의 대부분을 담당하며, 이들이 생산한 유기물이 부식성 먹이망(detritus food chain)을 통해 하구생태계의 기반이 되기 때문이다(Bart and Hartman, 2003; An *et al.*, 2006).

염생식물은 중성식물의 상대적인 개념으로서 생육지의 토양염분농도, 염의 흡수 여부, 흡수된 염의 처리방법 및 염

에 대한 적응성의 유무 혹은 정도 등 구분하는 개념이나 염생식물에 대한 정의는 학자에 따라 다르며 “한반도 관속식물의 습지선호도와 생활형에 관한 연구(Choung *et al.*, 2021)”에서도 염생식물 종을 별도의 유형으로 구분하고 있지는 않다.

우리나라에서 염생식물에 관한 연구는 꾸준히 이루어져 왔지만 연구가 대부분 육상식물의 일부분으로 다루어지거나 제한된 지역 내에서의 연구(Shim *et al.*, 2002; Lee, 2003; Cho *et al.*, 2009; Park *et al.*, 2009; You *et al.*, 2009; Park *et al.*, 2010; Cheong *et al.*, 2013; Kim *et al.*, 2013; Kim *et al.*, 2015; Lee *et al.*, 2019) 또는 환경요인과의 관계나 생리학적인 기전을 다루는 경우(Lee *et al.*, 2008; Kim and Myeong, 2014; Kim, 2016)는 많았으나 우리나라 전체를 대상으로 한 결과 자료는 부족한 실정이다(Lee *et al.*, 2019).

본 연구에서는 기수역과 육상 및 담수역의 특징이 공존하는 독특한 환경을 가지는 국내 총 325개 하구 상류역의 조사 결과를 토대로 하구(기수 상류역)에 성립된 식생과 물리적 환경요소(해역, 하구순환), 이화학적 환경요소(수질), 토양(하상재료) 환경요소 등과의 관계를 분석하고 특히, 염생식물 군락 입지와 환경요인 간의 상관 특성을 파악하여 향후 하구 복원전략 수립 방향에 기초 연구자료로 활용될 수 있도록 할 것이다.

## 재료 및 방법

### 1. 연구지역

조사지점은 “하구 수생태 현황조사 및 건강성평가”에서 3년간 조사한 325개 하구의 수생태계 모니터링(물환경정보시스템, MOE/NIER, 2016~2018) 지점이다(Fig. 1). 본 연구의 결과 및 분석에 사용한 지점은 식생이 분포하지 않는 25개 지점을 제외한 300개 하구를 대상으로 하였다. 해역의 구분은 국립해양조사원 기준으로 동해와 남해의 경계를 부산광역시 남구 승두말(오륙도 인근), 서해와 남해의 경계를 전라남도 해남 반도의 남쪽 끝으로 정하였다. 분석에 사용한 조사 결과는 각 하구에서 조사를 시행한 복수의 조사지점 중 해안과 인접한 하천 최말단부 1개 지점을 대상으로 하였다.

각 조사지점에 대한 구역 유형은 먼저 해역별(동해, 남해, 서해)로 구분하였으며 하구의 말단부에 조성된 하굿둑이나 배수갑문에 의해 하구순환(estuarine circulation)이 단절된 하구를 닫힌하구(Interrupted Estuary), 하구순환이 온전히 또는 부분적으로 이루어지고 있는 하구를 열린하구(Circulation Estuary)로 유형구분하였다(Rho and Lee, 2014).

2. 연구 및 분석 방법

1) 환경요인 및 식생

수질 및 하상재료 등의 환경요인과 식생조사는 『생물측정망 조사 및 평가지침 (국립환경과학원 공고 제2017-439호)』 하구편에 따라 실시하였다. 수질조사는 다항목 측정기(U-52 Multiparameter Water Quality Meter, Horiba, Japan)를 통한 현장조사(염도)와 현장채수(2L) 후 공인기관 의뢰(T-N, T-P)에 의해 시행되었으며 하상재료는 현장에서 육안 판정하였고 기준은 Wentworth 분류기준을 적용하였다. 결과값은 환경부에서 수행 중인 “하구 수생태계 현황 조사 및 건강성 평가” (MOE/NIER, 2016~2018) 연구용역의 데이터베이스로부터 2016년부터 2018년 자료 중 1차 조사 결과를 추출하여 사용하였다.

본 조사 결과에서 염생식물의 구분 기준은 2015년~2016년 갯벌생태계종합조사에서 참고한 연안습지 조사대상 식물종 84종(국토해양부, 훈령 제285호), 한국의 염생식물(Kim, 2013)과 국가 해양수산생물종 목록집(MABIK, 2017) 그리고 2008년 미기록 귀화식물로 발표된 서양갯냉이(Kil and Lee, 2008)를 기준으로 작성된 목록(총 141종)의 식물을 대상으로 하였다(Lee et al., 2019).

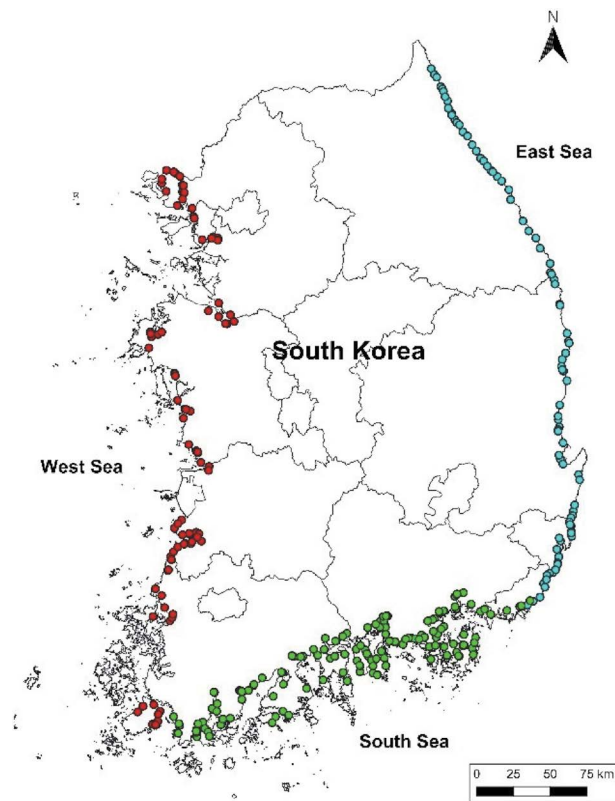


Fig. 1. The location of survey sites.

2) 상관분석 및 서열화

식생정보 중 각 식물군락의 식별종(군락 구분 종)을 추출하여 수질 및 하상재료 환경요인별로 각각 Canonical correspondence analysis (CCA)를 시행하였다(McCune and Mefford, 2006). 모든 자료의 통계 분석은 Excell 2007과 IBM SPSS Statistics (version 20), Sigmaplot (version 10.0)을 이용하였으며 집괴분석과 CCA 분석은 PC-ORD software (Version 5.17; McCune and Mefford, 2006)를 이용하였다.

결 과

1. 하구 유형별 특성

1) 물리적 환경요인 및 식생 분포

300개의 하구 중 해역별로는 동해 76개(25.3%), 남해 137개(45.7%), 서해 87개(29.0%)로 구분되며 하구순환에 따르면 열린하구 186개(62%), 닫힌하구 114개(38%)로 구분된다. 해역별로 열린하구 닫힌하구를 구분하면 동해 하구에서 열린하구(96.1%)가 대부분을 차지하고 있으며 서해의 경우는 닫힌하구(78.2%)의 분포 빈도가 매우 높으며 남해의 경우 닫힌하구(32.1%), 열린하구(67.9%)로 나타났다.

식생 유형은 총 187개(층위구조에 따라 동일종 우점군락 포함 \_ 이하 동일) 중 염생식물을 식별종(군락 구분 종)으로 하는 순군락 및 염생식물을 군락 구분 종으로 포함하는 혼생식물군락 유형은 53개로 28.3%에 해당한다(Fig. 2). 해역별로 구분하면 남해에서 가장 많은 식물군락 유형이 분포하고 있으며 동해에서 상대적으로 가장 적었다. 하구순환 유형에 따라 구분하면 열린하구에서 많은 것으로 조사되었다(Fig. 2).

2) 수질 및 하상재료

조사지역의 환경요인 정보는 전체 조사지점을 식생정보

Table 1. Axis summary statistics of Ordination plots based on CCA (Vegetation and water quality variables).

Metric	Axis 1	Axis 2	Axis 3
Eigenvalue	0.418	0.258	0.252
Variance in species data			
% of variance explained	1.0	0.6	0.6
Cumulative % explained	1.0	1.6	2.2
Pearson Correlation, Spp-Envt*	<b>0.874</b>	<b>0.760</b>	0.743
Kendall (Rank) Corr., Spp-Envt	0.458	0.504	0.489

\*Correlation between sample scores for an axis derived from the species data and the sample scores that are linear combinations of the environmental variables. Set to 0.000 if axis is not canonical.

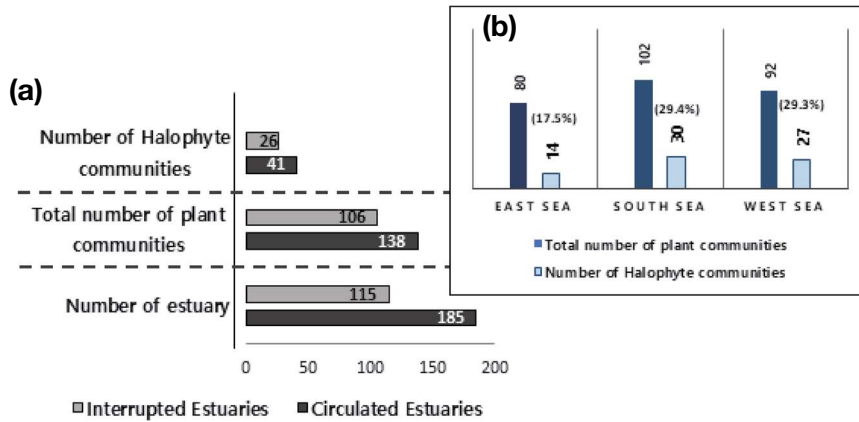


Fig. 2. Vegetation distribution characteristics by sea area (b) and estuary circulation type (a).

Table 2. Correlations and Biplot score of Ordination plots based on CCA (water quality variables).

Variable	Correlations*			Biplot scores		
	Axis 1	Axis 2	Axis 3	Axis 1	Axis 2	Axis 3
pH	-0.141	0.384	0.158	-0.091	0.195	0.079
Conductivity	-0.046	<b>-0.602</b>	0.608	-0.030	-0.306	0.305
Salinity	-0.044	<b>-0.712</b>	0.632	-0.028	-0.361	0.317
T-N	<b>0.863</b>	-0.070	-0.478	0.558	-0.036	-0.240
T-P	<b>0.962</b>	-0.174	-0.205	0.622	0.088	0.103

\*Correlations are "intrasets correlations" of ter Braak (1986)

에 의해 군집 간 유형분류 (by sorenson method)하여 획득된 8개 그룹 (유사도 33% 기준)별로 식생과 환경요인 간 정준상관분석 (CCA) 결과 (Tables 2, 4)에 의거 상대적으로 상관성이 큰 3개 항목의 수질농도와 5개 항목의 하상재료 분포비율, 그리고 각 값의 분포 범위, 중위값, 이상치 (outlier) 값 등에 의해 차별화되는 그룹들을 점선 Box로 구분하였다 (Fig. 3).

조사 결과 수질농도 및 하상재료 분포 비율은 그룹별로 중위값 수준과 농도 범위 폭이 다양하게 나타나고 있으며 이상치 값이 비교적 많이 나타나는데, 이는 조사대상지점 환경이 기수 상류역 및 제외지로 한정됨에 따라 육상, 담수, 기수환경이 공존하는 특성 때문으로 판단된다.

2. 식생과 환경요인 간의 상관관계

식생요소와 환경요인에 대한 정준상관분석 (CCA) 결과 식생의 군락 구분 중 (식별종)과 수질과의 상관관계 (Pearson Correlation)는 축 1, 2에서 각각 0.874, 0.760이며 하상재료와는 0.769, 0.710으로 상호 간 상관성이 큰 것으로 나타났

Table 3. Axis summary statistics of Ordination plots based on CCA (Vegetation and bed material variables).

Metric	Axis 1	Axis 2	Axis 3
Eigenvalue	0.279	0.225	0.215
Variance in species data			
% of variance explained	0.7	0.5	0.5
Cumulative % explained	0.7	1.2	1.7
Pearson Correlation, Spp-Envt*	<b>0.769</b>	<b>0.710</b>	0.704
Kendall (Rank) Corr., Spp-Envt	0.487	0.443	0.364

\*Correlation between sample scores for an axis derived from the species data and the sample scores that are linear combinations of the environmental variables. Set to 0.000 if axis is not canonical.

다 (Tables 1, 3).

5개 수질요소에 대한 정준상관 (Ter Braak, 1986)은 축 1에서 T-N과 T-P가 매우 높은 상관을 보여주며 축 2에서는 전기전도도와 염도가 높은 상관을 보여주고 있다. 하상재료 요소의 경우 축 1을 기준으로 Sand가 가장 큰 상관을 보이며 변수군 중에서 영향이 강한 순서는 Sand > Clay > Cobble이다



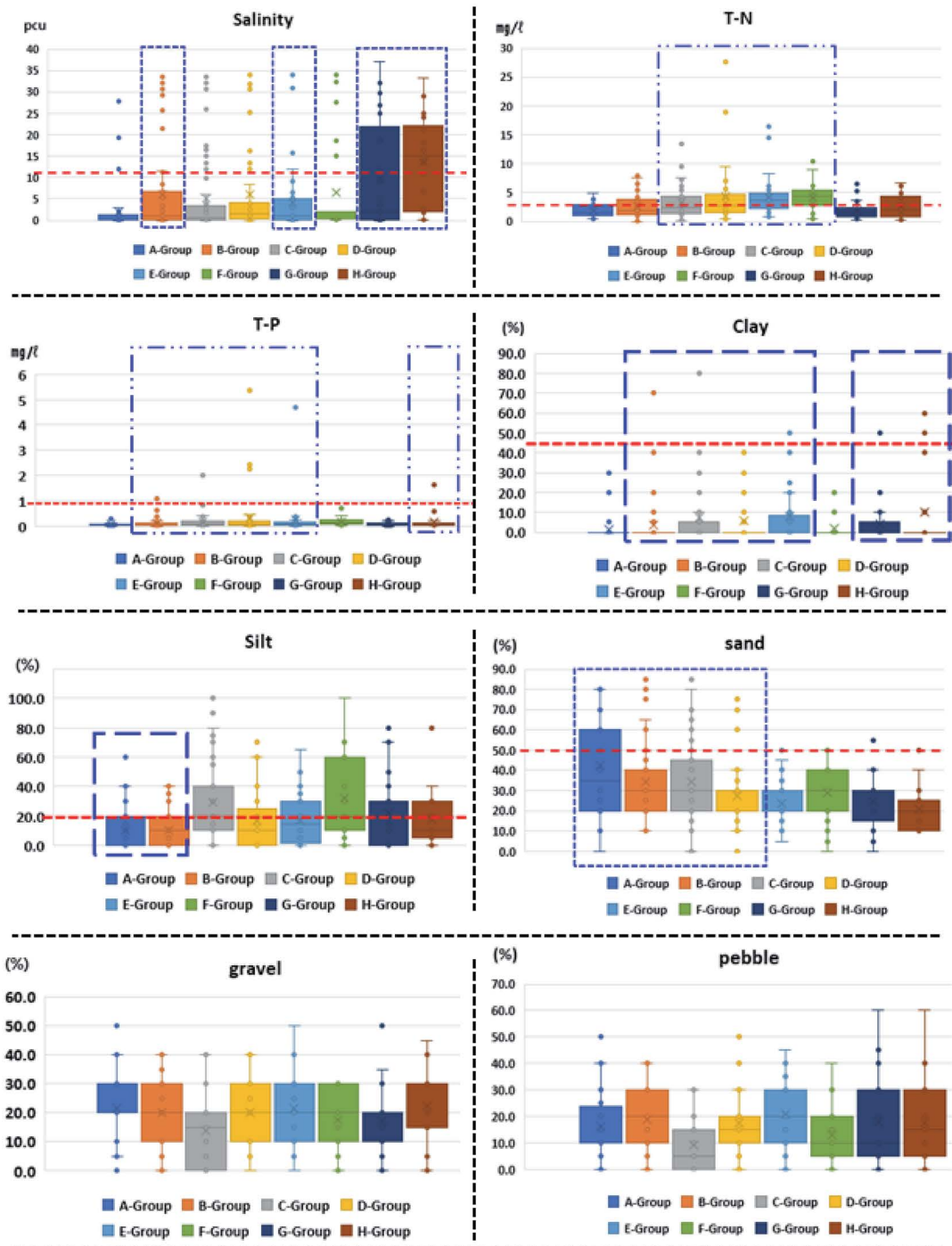


Fig. 3. Water quality concentration and bed material distribution ratio by group type grouped by vegetation information (by Sorensen clustering method).

(Tables 2, 4).

수질요소 및 하상재료 요소와 큰 상관관계를 갖는 식생 (군락 구분 중)의 분포 지점은 각각의 변수에 따라 해역별, 하구순환별로 서로 다른 유형을 가지고 있었다(Figs. 4, 5).

### 3. 주요 환경요인과 염생식물 군락 분포

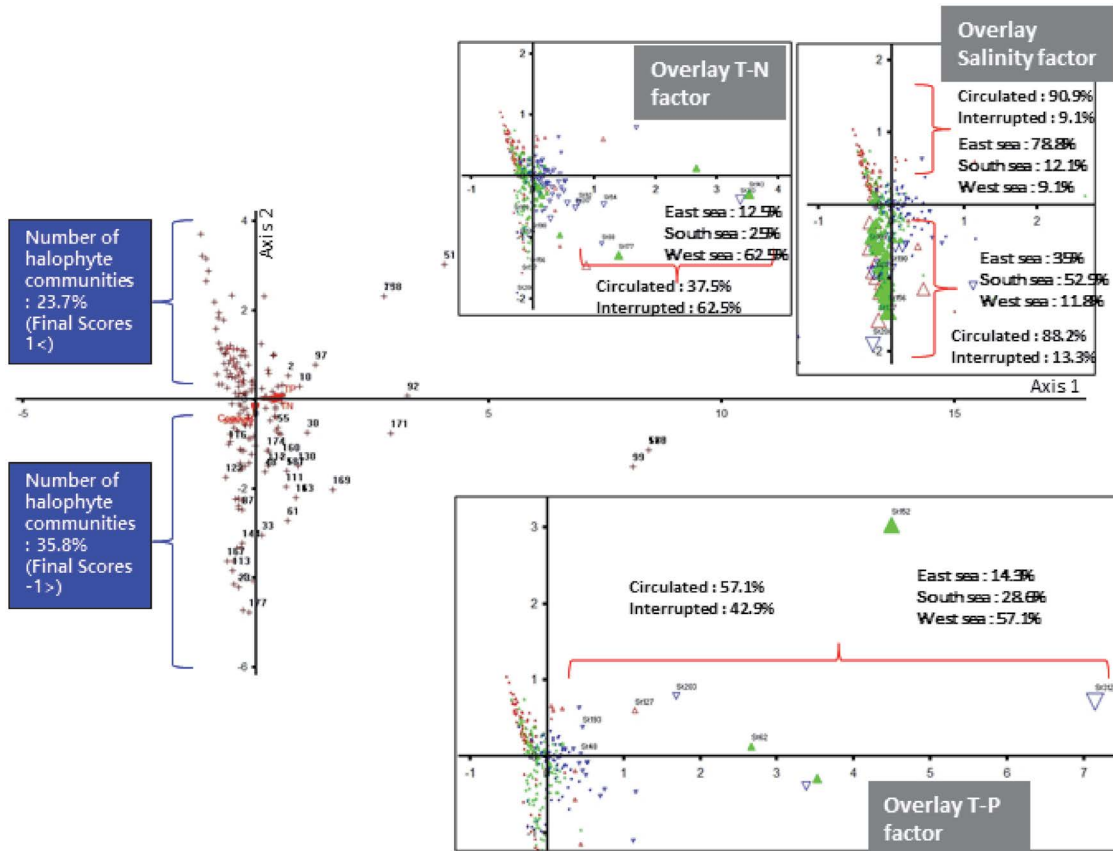
#### 1) 하구순환 유형별 분포

열린하구에서는 26개 군락이 분포하고 있으며 돌가시나

**Table 4.** Correlations and Biplot score of Ordination plots based on CCA (bed material variables).

Variable	Correlations*			Biplot scores		
	Axis 1	Axis 2	Axis 3	Axis 1	Axis 2	Axis 3
Clay	<b>0.483</b>	0.344	-0.174	0.255	0.163	-0.081
Silt	0.195	<b>0.904</b>	0.183	0.103	0.429	0.085
Sand	<b>-0.915</b>	-0.011	0.182	-0.483	-0.005	0.085
Gravel	0.147	<b>-0.743</b>	0.138	0.078	-0.352	0.064
Pebble	0.282	<b>-0.789</b>	0.133	0.149	-0.374	0.062
Cobble	0.373	<b>-0.439</b>	-0.119	0.197	-0.208	-0.055
Boulder	-0.146	-0.019	-0.949	-0.077	-0.009	-0.440

\*Correlations are "intrasat correlations" of ter Braak (1986)



**Fig. 4.** Ordination plot based on CCA (Dispersion characteristics of the survey sites according to major water quality environmental factors and characteristics of halophyte communities according to environmental factors).

무, 순비기나무, 가는갯능쟁이, 갯개미취, 큰비쭉, 갯그렁, 줌보리사초, 갯땃사리, 갯방풍, 갯쇠보리, 돌가시나무, 갯질경, 비쭉, 사철쭉, 줌보리사초, 지채, 통보리사초 등을 주요 구성종으로 하는 염생식물 군락 구분 중 순군락 또는 비 염생식물과의 혼생군락이었다.

담천하구에서는 총 11개 군락이 분포하며 대부분 갈대를 구성종으로 하는 혼생군락이 가장 넓은 면적을 차지하고 있으며 갯개미자리군락, 산조풀군락 등이 분포하고 있다.

열린, 담천하구에서 동시 분포하는 식생은 총 14개 군락이며 곰솔군락, 갈대군락, 모새달군락, 띪군락, 새섬매자기군

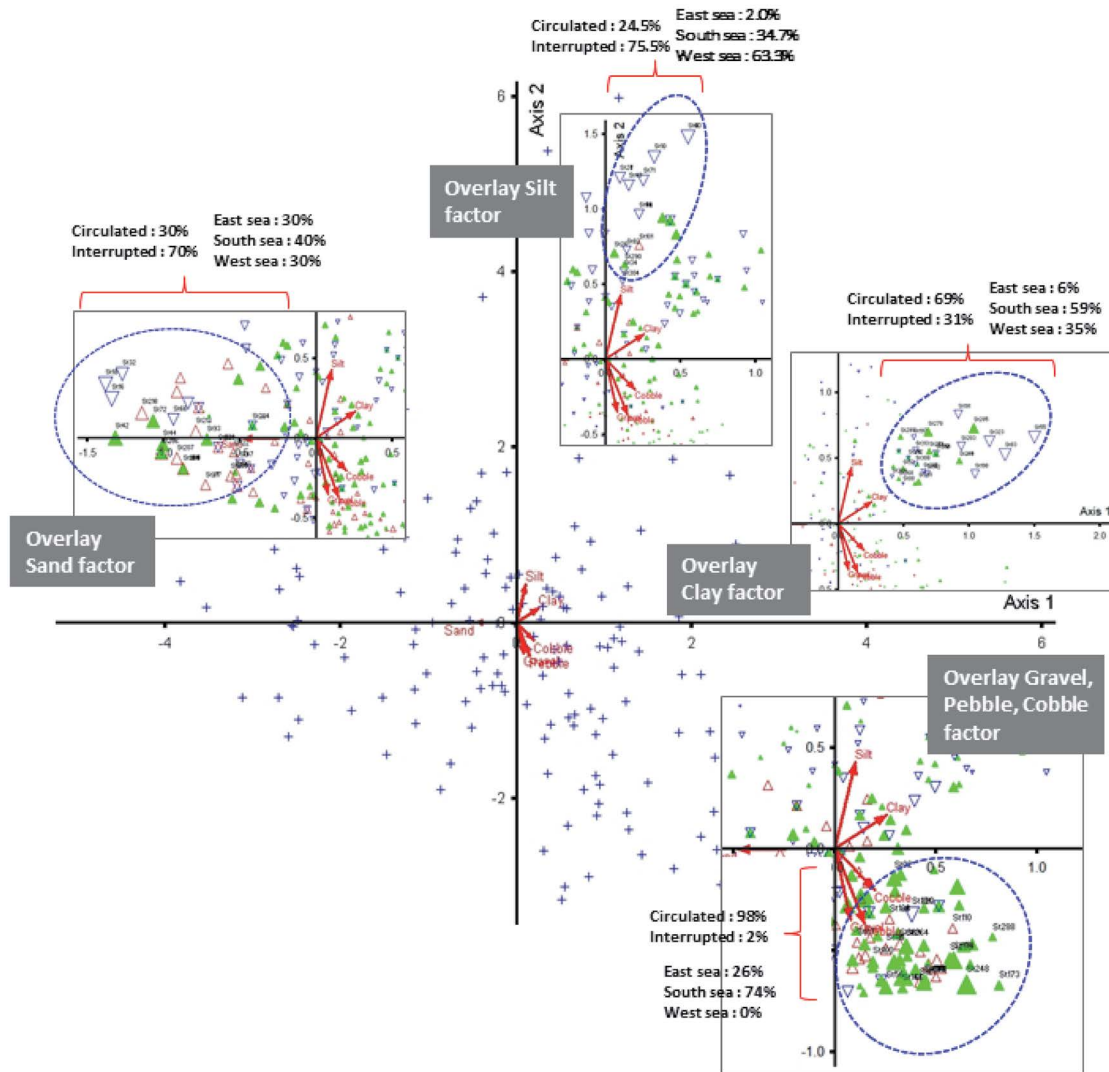


Fig. 5. Ordination plot based on CCA (Dispersion characteristics of the survey sites according to major river bed material factors and characteristics of halophyte communities according to environmental factors).

락, 갯질경군락, 갯메꽃군락, 갯잔디군락, 천일사초군락, 큰 비쭉군락, 해홍나물군락, 칠면초군락, 나문재군락 등이었다 (Fig. 6).

## 2) 해역별 분포

### (1) 동해 권역

동해 권역의 하구에서만 출현하는 염생식물 군락은 총 8 개 (15.4%)가 분포하며 출현하는 전체 염생식물 군락 중에서는 갈대군락 (43.1%) > 갯메꽃-갯완두군락 (19.2%) > 순비기나무군락 (10.79%)이 대부분의 면적을 차지하고 있다.

동해 권역에만 출현하는 염생식물 군락의 주요 군락 구분은 갯그렁, 쯤보리사초, 통보리사초 등으로 대부분 사구식

생 구성종에 해당되며 각각 순군락 또는 혼생군락으로 분포한다.

갯그렁군락은 열린하구에서 출현하며 염도는 2.4 psu로 낮고, T-N 농도 역시 낮았으며 하상재료 구성비율은 모래 (60%)의 구성비율이 높은 환경을 생육지로 하고 있었다.

쯤보리사초군락은 총 4개 하구에서 출현하며 하구순환 유형은 모두 열린하구였으며 염도는 0~4.1 psu로 낮았다. T-N 및 T-P 농도는 총질소 기준으로 매우 나쁜 수질 수치를 나타냈으며 하상재료 구성비율은 대부분 모래 (70~80%)로 구성된 생육환경에 분포하고 있다.

갯방풍군락은 1개 지점에서 출현하며 열린하구이고 염도는 0.6 psu로 매우 낮았다. T-N, T-P 농도는 하천수질 환경기

준 및 호소수질 환경기준상 '매우나쁨'에 해당되었다. 하상 재료 비율은 Sand, Gravel, Cobble 구성비율의 합이 65.5%로 Clay와 Silt 구성비율에 비해 상대적으로 높은 비율을 차지하고 있다(Figs. 6~9).

## (2) 남해 권역

남해 권역에만 분포하는 것으로 조사된 염생식물 군락은 총 15개 군락(28.8%)이었으며 그 외의 군락을 포함하면 갈대군락(90.7%) > 새섬매자기군락(1.6%) > 갯잔디군락(1.3%)이 대부분의 면적을 차지하고 있다.

남해 권역에만 출현하는 염생식물 군락의 군락 구분 중 중 주요 출현 종은 돌가시나무, 가는갯능쟁이, 갯개미취, 갯질경, 큰비쭉, 지채로 이들 염생식물은 주로 기수성 염습지에 출현하는 종에 해당되며 각각 순군락 또는 혼생군락으로 출현하고 있다.

돌가시나무군락은 열린하구 1지점에서 출현하였으며 염도는 2.0 psu로 낮고 T-N 농도는  $18.9 \text{ mg L}^{-1}$ 로 열린하구 입에도 불구하고 매우 높게 나타났다. 하상재료는 Clay, Silt, Sand 구성비율의 합이 30%로 하상재료 구성요소에서 Gravel 이상의 입경 구성비율이 높아 해안의 고조선 및 연안습지 상부를 생육환경으로 하고 있다.

가는갯능쟁이군락은 고조선 상부에 출현하는 염생식물 군락으로 분포가 확인된 4개 하구 모두 열린하구지만 1개 지점을 제외한 하구는 1.1 psu 이하로 매우 낮은 염도로 나타났다. T-N은  $2.7 \sim 9.5 \text{ mg L}^{-1}$ 로 매우 나쁜 수질이며 하상재료는 Clay, Silt 합이 최대 30%로 나타나 Sand 이상의 입경 구성비율이 높은 입지 즉, 해안의 고조선 및 연안습지 상부에 해당되는 입지를 생육환경으로 하고 있다.

갯개미취는 기수성 염습지를 주요 서식지로 하는 중으로 습윤한 저습지에 분포한다(Lee, 2003). 본 연구에서는 큰비쭉과 혼생하며 열린하구에 분포하고 있다. 염도는 6.7 psu로 저염수에 해당하며 T-N 농도는 매우 나쁜 수질이었고 하상재료는 Clay, Silt의 합이 40%로 상대적으로 Sand 이상의 입자 구성비율이 높았다.

갯질경-큰비쭉군락은 군락 구분 중 두 종 모두 기수성 염습지에 분포하는 종으로 갯질경-비쭉군락의 경우 기수역 내에서 모래와 자갈이 혼합된 갯벌지역, 갯벌과 자갈이 혼재된 지역에서 형성되는 염생식물 군락이다(Kim *et al.*, 2003).

출현지점은 열린하구로서 염도는 18.5 psu로 본 연구대상 하구 조사지점의 염도 범위로는 평균 정도에 해당하고 T-N, T-P 농도는 보통 이하로 낮았으며 하상재료는 Clay, Silt의 합이 70%로 입지의 주요 하상재료로 본 조사에서는 대체로 모래(15%)와 갯벌이 혼재된 입지를 생육환경으로 하는 것으로 나타났다.

지채군락은 담수가 용출되거나 토양 간극수가 스며 나와 항상 토양 표면이 수분에 젖어있는 염소택지 생육 식물이다(Lee, 2003). 분포가 확인된 3개 지점 모두 열린하구이며 염도 농도 범위는 넓고(1.8~16.5psu) T-N 농도는 대체로 나쁜 수질에 해당하였다. 하상재료는 대체로 Sand 이상의 입경에 해당하는 재료의 구성비율이 높은 생육환경에 입지하는 것으로 나타났다(Figs. 6, 8~10).

## (3) 서해 권역

서해 권역에만 출현하는 염생식물 군락은 총 14개(26.9%)이며 서해 권역에 분포하는 전체 염생식물 군락 중에서는 갈대군락(84.3%) > 칠면초군락(4.9%) > 모새달군락(4.7%), 갈대-산조풀군락(4.1%)이 대부분의 면적을 차지하고 있다

서해 권역 출현 염생식물 군락은 갯개미자리, 갈대, 모새달을 주요 군락 구분 중으로 하며 갈대 및 모새달의 경우 버드나무, 단풍잎돼지풀, 산조풀, 새섬매자기, 쭉, 갈풀, 억새, 족제비사리 등 주로 육상의 담수환경을 생육지로 하는 종들과 혼생군락으로 분포한다.

갈대와 모새달은 우리나라 해안 염습지에 분포하는 염생식물중 대표적인 종으로 본 연구에 따른 조사에서도 갈대군락은 3면의 해안에서 염생식물 군락 중 가장 넓은 면적을 차지하고 있다(남해, 90.7%; 서해, 84.3%; 동해, 43.1%).

갯개미자리 군락은 닫힌하구에 분포하며 염도는 32.4 psu로 높았고 T-N, T-P 농도는 낮고 하상재료는 Clay와 Silt의 합이 10%에 해당되어 Sand 이상 입자의 구성비율이 높은 생육환경에 입지하는 것으로 나타났다.

## (4) 동·남해 권역

동해와 남해에서 출현한 식생은 갯메꽃군락으로 본 군락은 사구와 암벽해안에 분포하는 염생식물이다(Lee, 2003). 본 연구에서는 남해의 닫힌하구 1지점, 동해의 열린하구 4개 지점에서 출현하였으며 염도에 대한 적응력이 강하고(0~26.0 psu) 닫힌하구에서 질소 농도가 높은 1지점을 제외하면 인 질소 농도는 낮고, 하상재료 구성은 Clay와 Silt 구성비율의 합이 0%이며 Sand 비율이 10~80%로 나타났다(Figs. 6, 8~10).

## (5) 서·남해 권역

남해와 서해에서 출현하는 염생식물 군락은 8개로 각 지역의 특성을 각각 만족하는 군락 외에 공통적인 입지특성을 가지는 주요 군락은 갯질경군락, 갯잔디군락, 큰비쭉군락, 나문재군락, 칠면초군락, 해홍나물군락 등이다.

갯질경, 갯잔디, 큰비쭉군락은 기수성 염습지를 주요 생



East Sea	South Sea	West Sea
Pth-RopC, LemC, Lem-CapC, Cas-LajC, GllC, BomC, CapC, CakC	RowC, AtgC, Ast-ArfC, Lit-ArfC, KosC, IsaC, Sug-ArgC, RowC, ArsC, ArcC, Tya-BopC, Mis-ImcC, TrmC, Sum-LitC, Sum-SugC	Sap-PhaC, Pha-AmtC, Pha-CaeC, Pha-BopC, Pha-AriC, Phar-PhaC, SpmC, Phl-PhaC, Phl-ArfC, Mis-PhaC, CaeC, Loj-RowC, Ars-LitC, Amf-PhaC
CasC		
LitC, ZosC, SugC, ImcC, PhlC, SujC, ArfC, SumC		
VirC, Amf-PhaC, PthC, PhaC, BopC,		
Circulated Estuaries	Interrupted Estuaries	
RowC, VirC, Pth-RopC, Sap-PhaC, AtgC, Pha-AmtC, Ast-ArfC, LemC, Lem-CapC, Lit-ArfC, KosC, Cas-LajC, GllC, IsaC, Sug-ArgC, RowC, BomC, Phl-ArfC, Ars-LitC, ArcC, Loj-RowC, CapC, TrmC, Arf-LitC, CakC, Sum-LitC	Amf-PhaC, Pha-CaeC, Pha-BopC, Pha-AriC, Phar-PhaC, SpmC, Mis-PhaC, CaeC, Tya-BopC, Mis-ImcC, Sum-SugC	
PthC, PhaC, LitC, CasC, ZosC, SugC, ImcC, Phl-PhaC, PhlC, BopC, SujC, ArfC, SumC		

**Fig. 6.** Distribution of halophyte communities by sea area and estuary circulation. Abbreviations for : PthC, *Pinus thunbergii* community; RowC, *Rosa wichuraiana* community; VirC, *Vitex rotundifolia* community; Amf-PhaC, *Amorpha fruticosa*-*Phragmites australis* community; Pth-RopC, *Pinus thunbergii*-*Robinia pseudoacacia* community; Sap-PhaC, *Salix pierotii*-*Phragmites australis* community; AtgC, *Atriplex gmelinii* community; PhaC, *Phragmites australis* community; Pha-AmtC, *Phragmites australis*-*Ambrosia trifida* community; Pha-CaeC, *Phragmites australis*-*Calamagrostis epigeios* community; Pha-BopC, *Phragmites australis*-*Bolboschoenus planiculmis* community; Pha-AriC, *Phragmites australis*-*Artemisia indica* community; Phar-PhaC, *Phalaris arundinacea*-*Phragmites australis* community; SpmC, *Spergularia marina* community; Ast-ArfC, *Aster tripolium*-*Artemisia fukudo* community; LemC, *Leymus mollis* community; Lem-CapC, *Leymus mollis*-*Carex pumila* community; LitC, *Limonium tetragonum* community; Lit-ArfC, *Limonium tetragonum*-*Artemisia fukudo* community; KosC, *Kochia scoparia* var. *littorea* community; Cas-LajC, *Calystegia soldanella*-*Lathyrus japonicus* community; CasC, *Calystegia soldanella* community; GllC, *Glehnia littoralis* community; IsaC, *Ischaemum antheophoroides* community; ZosC, *Zoysia sinica* community; Sug-ArgC, *Suaeda glauca*-*Atriplex gmelinii* community; SugC, *Suaeda glauca* community; RowC, *Rosa wichuraiana* community; ImcC, *Imperata cylindrica* community; BomC, *Bolboschoenus maritimus* community; Phl-PhaC, *Phacelurus latifolius*-*Phragmites australis* community; PhlC, *Phacelurus latifolius* community; Phl-ArfC, *Phacelurus latifolius*-*Artemisia fukudo* community; Mis-PhaC, *Miscanthus sacchariflorus*-*Phragmites australis* community; Ars-LitC, *Artemisia scoparia*-*Limonium tetragonum* community; ArcC, *Artemisia capillaris* community; CaeC, *Calamagrostis epigeios* community; BopC, *Bolboschoenus planiculmis* community; Tya-BopC, *Typha angustifolia*-*Bolboschoenus planiculmis* community; Mis-ImcC, *Miscanthus sinensis*-*Imperata cylindrica* community; Loj-RowC, *Lonicera japonica*-*Rosa wichuraiana* community; CapC, *Carex pumila* community; TrmC, *Triglochin maritimum* community; CasC, *Carex scabrifolia* community; SujC, *Suaeda japonica* community; Ars-LitC, *Artemisia fukudo*-*Limonium tetragonum* community; ArfC, *Artemisia fukudo* community; CakC, *Carex kobomugi* community; Sum-LitC, *Suaeda maritima*-*Limonium tetragonum* community; SumC, *Suaeda maritima* community; Sum-SugC, *Suaeda maritima*-*Suaeda glauca* community.

육지로 하는 염생식물로 갯질경군락의 경우 서해 1지점, 남해 4지점에서 출현하였으며 1지점을 제외하고 나머지는 열린하구다. 염도(0~30.7 psu)에 대한 적응력은 강한 것으로 판단되며 T-N, T-P 농도는 1개 지점을 제외하면 저농도

환경이고 하상재료 구성 요소의 비율은 Silt 5~30%, Sand 15~75%로 모래의 구성비가 상대적으로 큰 지역에서 출현하였다.

갯잔디군락은 서·남해안 간석지의 사구가 형성된 지역,

또는 만조선 근처에서 나타나는 가장 대표적인 저위염습지의 염생식물 군락이며 가장 다양한 서식환경에서 출현하고 있는 군락이다(Lee *et al.* 2019). 본 연구에서는 총 28개 하구에서 출현하여 상대적으로 출현빈도가 높게 나타났다. 하구순환 유형에 따른 제한 요소는 크지 않고 염도에 대한 적응력은 큰 것으로 나타났다. 하상재료 구성요소에 대한 다양성도 크며 T-N, T-P의 농도 범위는 대부분 저농도로 선행 연구 결과와 같이 다양한 서식환경을 생육지로 하는 것으로 나타났으며 상대적으로 수질은 영양염류 농도가 낮은 환경의 서식범위에서 출현하는 것으로 나타났다.

큰비축군락은 총 15개 하구에서 출현하여 상대적 출현빈도가 다소 높은 식생에 해당되며 갯개미취, 갯질경, 모새달 등과 혼생군락으로 출현하여 비교적 다양한 서식환경을 생육지로 하고 있었다.

대체로 열린하구에서 출현비율이 높았으며 염도에 대한 적응력은 그 폭이 넓고(0.1~32 psu), T-N, T-P의 농도는 대체로 저농도 지역에서 출현빈도가 높았다. 하상재료의 구성비율은 Clay 0~40%, Silt 0~80%, Sand 20~60% 범위 내에서 출현하여 특정 하상재료 구성비에 대한 구속력은 크지 않은 것으로 나타났다.

본 권역에서 출현하는 해안성 염습지 식생은 칠면초군락, 나문재군락, 해홍나물 군락이었다. 칠면초군락은 해류의 유동속도가 느리고 토양에 미사가 퇴적되는 평탄한 해안 간석지 정조선으로부터 가장 하부에 출현한다(Lee, 2003). 본 연구에서 칠면초군락은 대부분 열린하구에서 출현하였으며 염도(0.1~29 psu)에 대한 적응력은 그 폭이 넓고, T-N (0.28~19.1 mg L<sup>-1</sup>), T-P (0.02~2.25 mg L<sup>-1</sup>)의 농도 분

포 범위도 넓었다. 하상재료 구성비율은 Clay 0~60%, Silt 0~80%, Sand 10~40% 범위에서 출현하여 Clay, Silt 구성비가 상대적으로 높은 지역에서 나타났다.

나문재군락은 고조선 상부와 제방하부의 탈염이 진행되는 건조한 생육지에서 분포하여 배후에 칠면초군락이 출현하는 대상분포 특성을 나타내어 염생식물의 분포기준으로 판단되기도 한다(Lee, 2003; Oh *et al.*, 2006) 본 연구에서는 상대적으로 남해 하구에서 출현빈도가 높았으며 가는갯논쟁이, 해홍나물 등과 혼생군락으로도 출현한다.

하구순환 유형에 따라서는 대부분 열린하구에서 출현하고 염도 농도는 상대적으로 낮아(0~11.2 psu) 염도 차이에 따른 요인으로 인해 칠면초 군락과 대상분포를 보이며 상대적으로 고조선 및 제방 하부 등에 출현하는 것으로 판단된다. T-N, T-P의 농도 범위 및 하상재료 구성비율은 칠면초 군락과 유사하였다.

해홍나물군락은 선행연구에서 주로 만조선 근처, 조간대 내에서는 주로 사빈 지역에서 출현하며 칠면초군락이 출현하는 곳은 그 배후에 분포하는 것으로 나타났다(Lee, 2003; Lee *et al.*, 2019).

본 연구에서는 나문재, 갯질경 등과 혼생군락으로도 출현하였으며 해홍나물 순군락은 13개 하구에서 출현하였다. 대부분 열린하구에서 출현하며 염도(0~26 psu)에 대한 적응력은 그 폭이 넓었다. T-N, T-P의 농도는 비교적 저농도 분포 범위를 보이며 하상재료의 구성비율은 Sand 이상의 입경에 해당하는 재료의 비율이 높아 칠면초 및 나문재 군락이 분포하는 지역의 하상재료와는 다소 차이를 보였다(Figs. 6~9).

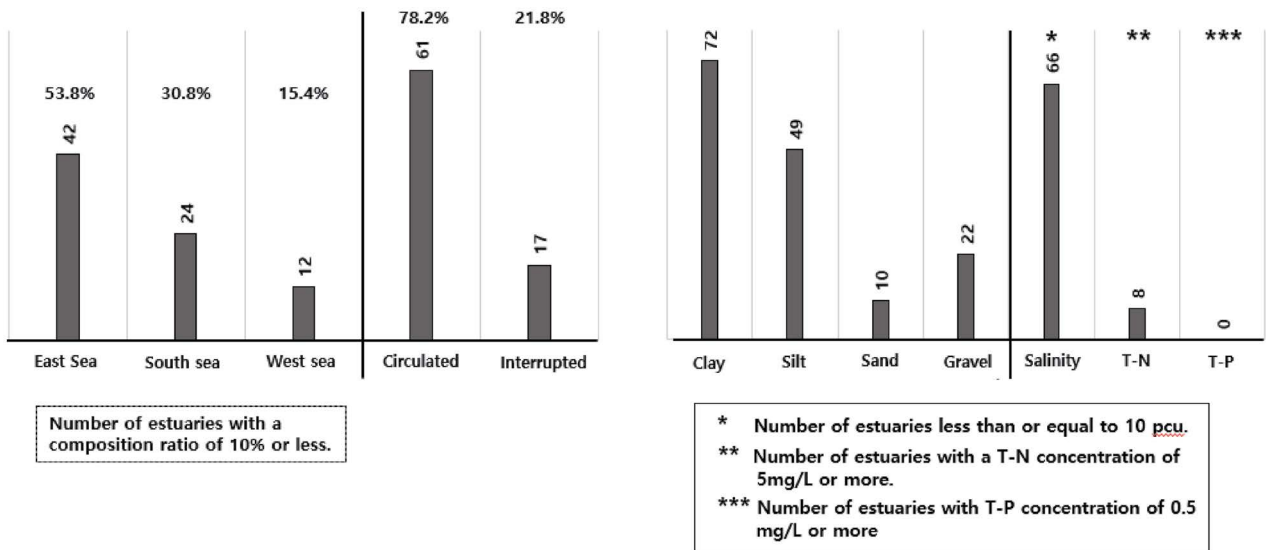


Fig. 7. Characteristics of estuaries where halophytes are not distributed.

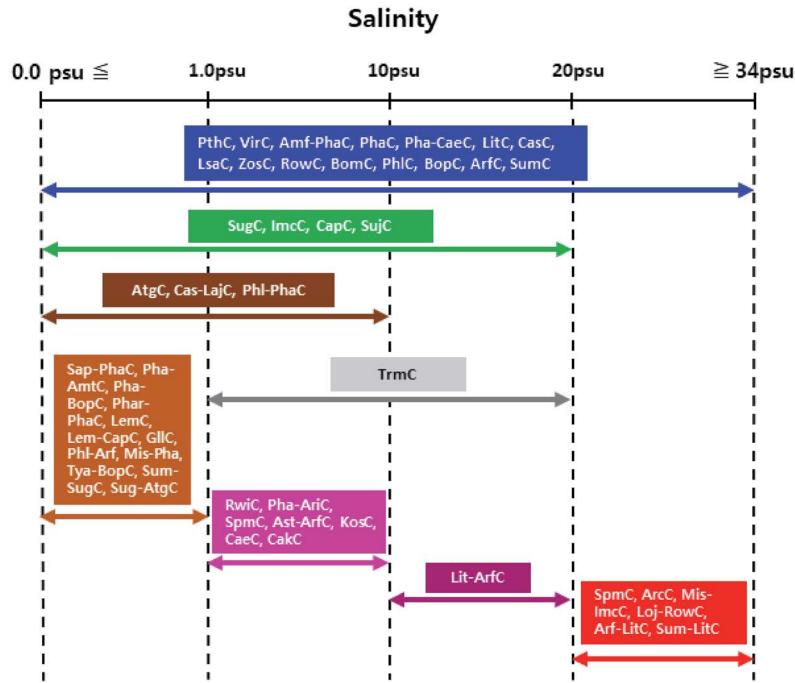


Fig. 8. Halophyte communities by salinity concentration range (Code for vegetations are shown in Fig. 6).

(6) 전 권역(동·남·서해)

3개 권역의 해역에서 모두 출현하는 염생식물 군락은 순비기나무군락, 족제비싸리-갈대군락, 곰솔군락, 갈대군락, 새섬매자기군락 등으로 대부분 고조선 상부의 담수 또는 육상 환경을 서식지로 하는 종들로 이루어진 특성이 있었다. 해수유동 유형은 열린하구 및 닫힌하구 구분 없이 출현하며 곰솔군락, 갈대군락, 갯질경군락, 갯메꽃군락, 갯잔디군락, 나문재군락, 띪군락, 모새달-갈대군락, 모새달 군락, 새섬매자기군락, 칠면초군락, 큰비쭉군락, 해홍나물군락 등 총 13개 군락으로 전체 염생식물 군락의 25%를 차지하고 있다(Fig. 6).

4. 염생식물이 출현하지 않는 하구

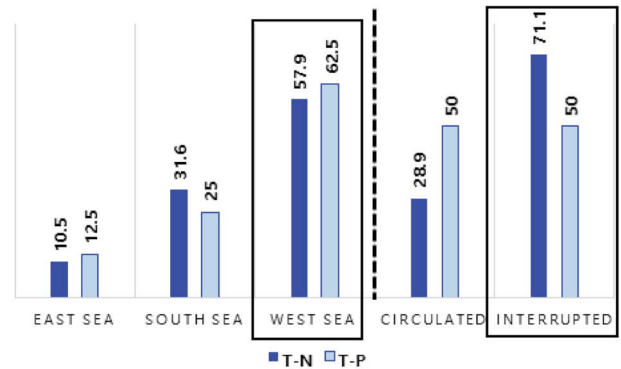
총 325개 조사대상 하구 중 식생이 분포하지 않는 25개 지점을 제외하면 300개 하구에서 식생이 분포하는데 이 중 염생식물이 출현하지 않는 지점은 78개 하구이다.

염생식물이 출현하지 않는 하구는 해역별로는 동해 권역이 많으며 하구순환 유형은 열린하구 빈도가 높고 염도는 낮으며 하상재료는 Clay, Silt 비율이 높았다(Fig. 7).

5. 환경요인별 염생식물 군락 분포

1) 수질 농도 범위별 염생식물 군락 분포

염도 농도별 각 염생식물 군락의 분포범위를 보면 가장



- ✓ The number of estuaries with a T-N concentration of 5 or greater or a T-P concentration greater than 0.5 : T-N, 37(12.3%); T-P, 7(2.3%).
- ✓ Number of halophyte communities : T-N,19(36.5%); T-P, 11(21.2%)
- ✓ Halophyte communities(T-N≤5 and T-P 0.5<)
  - *Phragmites australis* community
  - *Phacelurus latifolius-Phragmites australis* community
  - *Phacelurus latifolius-Artemisia fukudo* community
  - *Suaeda japonica* community
  - *Amorpha fruticosa-Phragmites australis* community
  - *Glehnia littoralis* community

Fig. 9. Percentage of total nitrogen concentration of 5 or more or total phosphorus concentration of more than 0.5 by sea area and estuary circulation type (Halophyte community characteristics).

낮은 0.0 psu~1.0 psu 범위 내에 서는 12개 군락이 출현하며 버드나무-갈대군락, 갈대-단풍잎돼지풀군락, 갈대-새섬매

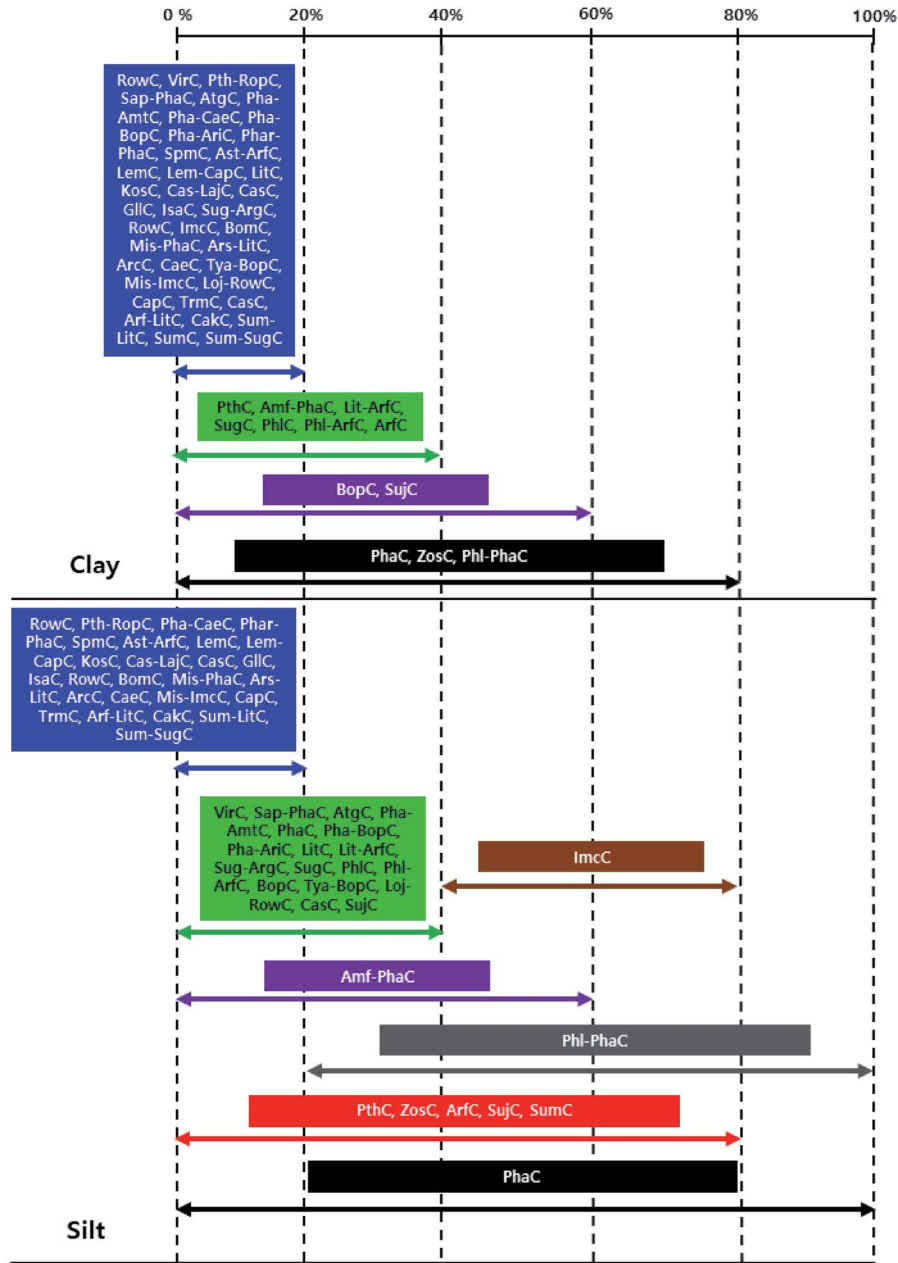


Fig. 10. Distribution of halophyte communities by ratio of bed material composition (Code for vegetations are shown in Fig. 6).

자기군락, 갈풀-갈대군락, 갯그렁군락, 갯그렁-좁보리사초군락, 갯방풍군락, 모새달-큰비쭈군락, 물억새-갈대군락, 애기부들-새섬매자기군락, 해홍나물-나문재군락, 나문재군락, 가는갯능쟁이군락 등이다 (Fig. 8).

조사된 염분 농도 중 가장 높은 범위에 해당되는 20~34 psu 범위에 출현하는 군락은 6개 군락으로 갯개미자리군락, 큰비쭈-갯질경군락, 큰비쭈군락, 억새-띠군락, 인동-돌가시나무군락, 해홍나물-갯질경군락이었다.

조사된 염분 농도 전체 범위에서 출현하는 군락은 곰솔군락, 순비기나무군락, 족제비싸리-갈대군락, 갈대군락, 갈대-산조풀군락, 갯질경군락, 천일사초군락, 갯쇠보리군락, 갯잔디군락, 돌가시나무군락, 매자기군락, 모새달군락, 새섬매자기군락, 큰비쭈군락, 해홍나물군락 등 총 15개 군락이었다.

T-N 및 T-P의 경우 오염된 하구의 특성을 찾기 위하여 수질환경기준상 가장 높은 등급 이상의 농도 범위를 나타내는 지점 및 출현 염생식물 군락을 추출하였다. T-N의 경우 호소

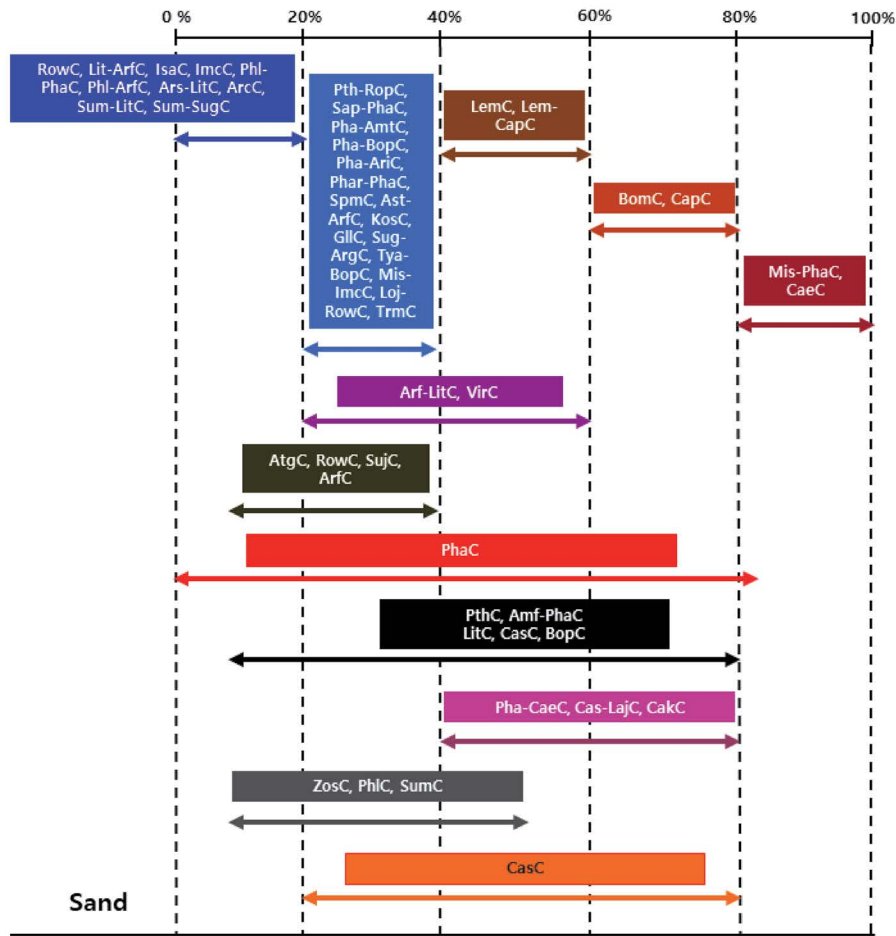


Fig. 10. Continued.

수질환경기준상 VI등급(매우나쁨)에 해당하는 1.5보다 높은 농도인  $5 \text{ mg L}^{-1}$  이상, T-P의 경우 하천 수질환경기준상 VI 등급(매우나쁨)에 해당하는  $0.5 \text{ mg L}^{-1}$  초과 범위에 해당하는 조사지점 및 염생식물 군락을 추출하였다(Fig. 9).

해역별 고농도의 T-N, T-P 측정치를 나타내는 지점은 서해에서 공통적으로 높은 비율로 나타났으며 동해에서 낮게 나타났다. 하구 유형별로는 총질소의 경우 달린하구에서 월등히 높은 비율을 나타냈으며 총인의 경우는 하구 유형에 따라 차이가 나타나지 않았다(Fig. 9).

$5 \text{ mg L}^{-1}$  이상의 T-N 농도 범위에서 출현하는 염생식물 군락 수는 19개로 총 염생식물 군락 수의 36.5%에 해당하며 T-P 농도  $0.5 \text{ mg L}^{-1}$ 를 초과하는 지점에서 출현하는 염생식물 군락은 총 11개(21.2%)로 나타났다. T-N 농도  $5 \text{ mg L}^{-1}$  이상이며 T-P 농도  $0.5 \text{ mg L}^{-1}$  초과인 지점은 7개 지점으로 주요 군락은 갈대군락, 모새달-갈대군락, 모새달-큰비썬군락, 칠면초군락, 족제비싸리-갈대군락, 갯방풍군락이었다.

## 2) 하상재료 분포 범위별 염생식물 군락 분포

Clay의 경우 0~20% 범위에서 39개(75%) 군락이 출현하여 대부분의 염생식물 군락이 이 범위에서 성립하는 것으로 나타났으며 0~80% 범위에서는 갈대군락, 갯잔디군락, 모새달-갈대군락 등 3개 군락이 출현하였다.

Silt의 경우 0~40% 범위에서 44개(84.6%) 군락이 출현하여 대부분의 염생식물 군락이 이 범위에서 성립하는 것으로 나타났으며 40~80%로 비교적 Silt의 구성비율이 높은 범위에서는 띠군락이 출현하였다. 0~100%, 20~100%의 구성비율에서 출현하는 군락은 5개로 곰솔군락, 갈대군락, 갯잔디군락, 해홍나물군락이었다. Sand는 60~80%, 80~100% 등 Sand의 구성비율이 높은 범위에서 출현하는 군락은 매자기군락, 쯤보리사초군락, 물억새-갈대군락, 산조풀군락이었다. 10~85%로 넓은 범위에서 출현하는 군락은 곰솔군락, 족제비싸리-갈대군락, 갯질경군락, 천일사초군락, 새섬매자기군락이었다(Fig. 10).



## 고찰

조사 결과에서 염생식물을 군락 구분 중으로 하는 식생은 해역별 입지를 달리하거나 공유하는 형태로 나타났는데 동해 권역에서만 출현하는 염생식물 군락의 경우 열린하구, 저염도, 대체로 다소 높은 영양염류 농도, 모래 또는 모래 이상의 입경에 해당하는 하상재료를 만족하는 생육환경이 주요 입지조건으로 판단된다.

남해 권역에만 분포하는 염생식물 군락의 경우 하구순환 유형은 열린하구이며 염도는 낮거나 평균범위에 해당하고 T-N 농도는 대체로 높고 T-P 농도는 낮았다. 하상재료는 대체로 Sand 이상의 입경 비율에 해당하는 구성비율이나 일부 Clay, Silt 비율이 높은 지점도 있었다. 즉, 각 군락이 입지하는 지점의 지형, 고도에 따른 조위(tide level) 및 자연적 하구순환, 그에 따라 변화하는 염도, 하상재료 구성비 및 영양염류 농도에 따라 대상 분포를 보이는 것으로 판단된다.

서해 권역에 출현하는 염생식물 군락은 비교적 닫힌하구 빈도가 높았지만 그 차이는 크지 않고 염도 분포에 대한 확장성 및 적응성(0~100%)이 강하며 모든 해역에서 가장 넓은 분포 면적을 나타내는 것으로 판단되고 인 질소 농도가 대체로 높고 하상재료는 비교적 Clay와 Silt의 구성비율이 높은 지역을 생육지로 하는 것으로 판단된다.

두 개 권역에서 동시에 출현하는 염생식물 군락은 대체로 군집의 분포면적이 넓으며 출현빈도가 높은 군락 구분 중이 우점하는 공통점이 있다. 하구순환 유형은 복합적이지만 상대적으로 열린하구의 비율이 높으며 염도의 경우 농도 범위 구간 폭이 넓고 하상재료의 구성비율도 다양하였다. 즉, 두 개 권역에 공동 분포하는 염생식물 군락은 상대적으로 다양한 환경조건에 적응력이 강한 종들에 의해 성립된 식생으로 지형, 고도, 토양, 조위, 하구순환 유형, 염도 등에 따라 다르게 형성되는 입지 조건에 따라 대상분포를 이루는 것으로 판단된다.

3면의 해역에 모두 서식하는 식생의 특징은 정조선 하부를 생육권으로 하는 칠면초군락을 최하부로 하여 대부분 고조선 및 만조선과 그 이상의 담수권역 또는 육상권역을 주요 생육지로 하는 종들로 이루어진 군락으로 환경요소에 대한 적응 범위가 넓고 군집의 면적이 상대적으로 넓게 분포하는 종들을 식별종으로 하는 염생식물 군락에 해당되는 특징이 있다.

염생식물이 출현하지 않는 하구의 경우 출현하는 하구와 비교할 때 하구순환 유형, 염도, 하상재료의 차이가 주요 영향 요인으로 판단되며 상대적으로 입지의 생육환경 다양성이 낮은 특성이 있는 것으로 판단된다.

본 연구의 결과를 종합해 보면 각 염생식물 군락의 번식, 생장에 영향을 주는 요인은 입지환경 특성이며 입지환경의 주요 환경인자는 염도, 하상재료이고 이는 해역별, 하구순환 유형에 따라 차이를 갖는 것으로 사료된다. 각 해역과, 하구순환 유형의 특성은 지형, 고도, 조석, 조위 등과 같은 자연적 기반요인과 하굿둑, 배수갑문, 제방, 매립 및 준설 등과 같은 인위적 훼손행위에 따라 성립되거나 변형되므로 원천적 환경요인에 대한 내성(적응력) 범위가 각 해역별 특정 염생식물 군락의 분포를 결정하는 주요 요인일 것으로 판단되며 하굿둑, 배수갑문 조성 등과 같은 인위적 훼손행위는 기수역 하구순환에 직·간접적 영향을 주며 이로 인해 영향을 받는 주요 환경요인은 염도로 사료된다.

인위적 훼손행위가 없는 열린하구에서 입지환경의 다양성이 커지므로 염생식물 군락의 다양성또한 크며 각 미소서식지의 제한요소 변화 및 서식 종의 내성(적응력) 범위에 따라 염생식물 군락은 대상분포 하는 것으로 사료된다. 하구순환 유형에 따른 영향을 크게 받지 않는 염생식물 군락은 염도, 수질, 하상재료 등 환경요인에 대한 내성(적응력) 범위가 넓은 염생식물로서 대부분 대군락을 이루며 전해역에 분포하고 대표적인 식생은 갈대를 우점종으로 하는 순군락 또는 혼생군락으로 사료된다.

## 적요

본 연구는 환경부에서 수행 중인 하구 수생태계 현황 조사 및 건강성 평가 연구용역의 일부이며, 2016년~2018년까지 수행된 조사 결과를 분석하였다. 조사 결과 총 325개의 하구 중 식생분포가 확인되지 않은 25개 지점을 제외한 300개 하구에서 총 187개의 식물군락 유형이 조사되었으며 이 중 염생식물 군락은 53개로 28.3%였다. 하구순환 유형에 따라서는 열린하구에서 41개, 닫힌하구에서 26개 염생식물 군락이 확인되었다. 분포하는 식생과 환경요인 간의 정준상관분석(CCA) 결과 수질요인에서는 염도(전기전도도) 및 T-N, T-P 농도가 상관성이 강했으며 하상재료 요인 중에서는 Silt, Sand, Pebble 구성비율이 가장 강한 상관성을 나타내었다. 본 연구의 결과를 종합할 때 한반도 해안 하구에 분포하는 염생식물 군락의 분포 특성은 해역, 하구순환 유형, 염도에 대한 내성, 하상재료 분포 비율 등에 따라 각 우점종의 입지가 차별화되는 결과를 나타내었다.

**저자정보** 성낙필(㈜생태조사단 연구소장), 문정숙(국립환경과학원 연구사), 김종학(국립환경과학원 전문위원)

**저자기여도** 개념설정: 성낙필, 방법론: 성낙필, 자료수집: 성낙필, 김종학, 분석: 성낙필, 자료 관리: 성낙필, 문정숙, 김종학, 원고 초안작성: 성낙필, 원고 교정: 성낙필, 문정숙 원고 편집: 성낙필

**이해관계** 이 논문에는 이해관계 충돌의 여지가 없습니다.

**연구비** 본 논문은 환경부의 재원으로 국립환경과학원의 지원을 받아 수행하였습니다(NIER-2020-04-02-009).

## REFERENCES

- An, S.M., S.Y. Lee and J.U. Choi. 2011. Classifications of ecological districts for estuarine ecosystem restoration; Examples of Goseong Bay Estuaries, South Sea, Korea. *Journal of the Korean Society of Oceanography* **16**(2): 70-80.
- An, S.M., S.Y. Lee and S.J. Jeong. 2006. Seasonal biomass and carbon, nitrogen contents change of *Schoenoplectus trigueter* in Nakdong river estuary. *Journal of Korean Wetlands Society* **8**(3): 39-49.
- Bart, D. and J.M. Hartman. 2003. Environmental determinants of *Phragmites australis* expansion in a New Jersey salt marsh: an experimental approach. *Oikos* **89**(1): 59-69.
- Cheong, J.H., J.H. Chae, S.H. Lee and B.H. Kim. 2013. Halophyte flora and vegetation of four seashore sites in Jeju. *The Journal of Korean Island* **25**(3): 91-106.
- Choung, Y.S., M.B. Min, K.S. Lee, K.H. Cho, K.Y. Joo, J.O. Hyun, H.R. Na, H.K. Oh, G.H. Nam, J.S. Kim, S.Y. Cho and J.S. Lee. 2021. Categorized wetland preference and life forms of the vascular plants in the Korean Peninsula. *Journal of Ecology and Environment* **45**(1): 1-6.
- Cho, W., H.S. Song, S.C. Hong and D.C. Choi. 2009. Characteristics of the vegetation in the coastal dunes near the swimming beaches on the East Sea Coast, South Korea. *Korean Journal of Environment and Ecology* **23**(6): 499-505.
- Kil, J.H. and K.S. Lee. 2008. An unrecorded naturalized plant in Korea: *Cakile edentula* (Brassicaceae). *Korean Journal of Plant Taxonomy* **38**(2): 179-185.
- Kim, C.H., J.H. Lee, K.B. Kim, H.K. Lee and N.S. Lee. 2013. A study on the flora and life form of the Western Coast reclaimed land in Korea. *The Journal of Korean Island* **25**(4): 213-226.
- Kim, C.H., J.H. Choi and N.S. Lee. 2015. A study on the flora and life form of the South Coast main reclaimed land, Korea. *The Journal of Korean Island* **27**(2): 175-190.
- Kim, E.K. 2013. Halophytes of Korea. Econature Press, Seoul.
- Kim, H.S. and H.H. Myeong. 2014. Changes in the environmental factors of Halophyte habitat in Suncheon Bay. *The Journal of Korean Island* **26**(4): 195-210.
- Kim, H.S., B.S. Ihm, J.S. Lee and S.P. Park. 2003. Ecological studies on the vegetation of abandoned salt field in Gasado. *Korean Journal of Environment and Ecology* **17**(2): 123-132.
- Kim, J.S. 2016. A research review for establishing effective management practices of the highly invasive cordgrass (*Spartina* spp.). *Weed and Turfgrass Science* **5**(3): 111-125.
- Kim, S.H. 2005. The morphological changes of deltaic barrier islands in the Nakdong river estuary after the construction of river barrage. *Journal of the Korean Geographical Society* **40**(4): 416-427.
- Kwon, H.J. 2010. Geomorphology, 4th ed. Bubmounsa press.
- Lee, H.H. and J.S. Um. 2007. Water depth change caused by artificial structures in Geum River estuary: spatio-temporal evaluation based on GIS. *Journal of the Korean Geographical Society* **42**(1): 121-132.
- Lee, J.S. 2003. On establishment and community formation mechanism of Halophytes for vegetation restoration in Mudflat Ecosystem. *Korea Science and Engineering Foundation R04-2000-000-00020-0*.
- Lee, M., S. Kim and H. Jung. 2019. Distribution patterns of halophytes in the coastal area in Korea. *The Sea: Journal of the Korean Society of Oceanography* **24**(1): 139-159.
- Lee, Y.G., S. Kim, H.W. Lee and M.B. Min. 2008. Chemical properties of sediment and increase of reed (*Phragmites australis*) stands at Suncheon Bay. *Journal of Wetlands Research* **10**(3): 9-26.
- MABIK. 2017. National list of marine species. MABIK, pp. 606-615.
- McCune, B. and M.J. Mefford. 2006. PC-ORD, version 5.0, Multivariate analysis of ecological data. Glaneden Beach: MjM Software Desing.
- MOE/NIER. 2016-2018. Survey and assessment of estuary ecosystem, The Ministry of Environment/National Institute of Environmental Research, Korea.
- Oh, K.U., M.S. Beon and B.C. Woo. 2006. Ecological motif on the salt-water plants of Brackish. Area in BuandamI. *Korean Journal of Environment and Ecology* **20**(3): 311-318.
- Park, K.H., J.H. You and B.G. Song. 2010. Evaluation of ecological values of the southern coastal wetlands in South Gyeongsang Province, Korea. *Korean Journal of Environment and Ecology* **24**(4): 395-405.
- Park, S.J., S.J. Park and S.W. Son. 2009. The Flora of Costal Sand Dune area in Gyeongsangbuk-do. *Korean Journal of Environment and Ecology* **23**(5): 392-410
- Rho, P.H. and C.H. Lee. 2014. Spatial distribution and temporal variation of estuarine wetlands by estuary type. *Journal of the Korean Geographical Society* **49**(3): 321-338.

- Shim, H.B., S.M. Seo and B.H. Choi. 2002. Floristic survey of salt marshes and dunes on Gyeonggi Bay in Korea. *Korean Journal of Environmental Biology* **20**(1): 25-34.
- Ter Braak. 1986. Canonical correspondence analysis.
- Westen, C.J.V. and R.J. Scheele. 1996. Characteristics of estuaries, pp. 9-60. In: *Planning Estuaries*. Springer, Boston, MA.
- You, J.H., K.H. Park, Y.C. Yoon and B.G. Song. 2009. Vascular plants in coastal wetland in Gyeongsangnam-do, Korea. *Journal of Wetlands Research* **11**(2): 29-38.