



Original Article

낙동강 하구 진우도 갈대군락의 서식환경 특성

류성훈 · 이인철[†]
부경대학교 해양공학과

Characteristics of Habitat Environment for Phragmites Community in Jinudo of Nakdong Estuary

Sunghoon Ryu and Incheol Lee[†]

Department of Ocean Engineering, Pukyong National University, Busan 48513, Korea

요 약

본 논문은 연안 생태환경 공간 조성 및 복원을 위한 기초 연구로서, 낙동강 하구 사주 섬인 진우도에 분포하는 갈대군락의 서식환경 특성을 분석하였다. 분석항목은 토양의 물리적 특성(입도, 함수율, 지반고), 화학적 특성(암모니아성 질소(NH₄-N), 인산인(PO₄-P)) 및 갈대군락 특성(갈대 피도, 개체 수, 최대높이)의 8가지 인자를 조사하여 상관분석 및 다변량 해석을 실시하였다. 조사지역에 대한 1년간의 모니터링 결과, 갈대군락이 발달한 곳일수록 지반고 및 함수율이 높은 것으로 나타났다. 갈대서식환경의 물리·화학적 인자와 갈대군락 특성과의 상관계수는 지반고(0.55~0.89), 함수율(0.39~0.66)은 양의 상관관계, NH₄-N(-0.75~-0.03)와 PO₄-P(-0.69~-0.01)은 음의 상관관계를 가지는 것으로 나타났다. 다변량 해석 결과 갈대군락의 서식환경인자의 영향도는 갈대 피도 50%를 기준으로 춘·하계에는 지반고, 함수율, 암모니아성 질소 농도 순으로 영향도가 증가하였으며, 추·동계에는 영향인자간의 유의한 특성은 잘 보이지 않았다.

Abstract – In this paper, as a basic study for restoration and creation of estuary salt marsh ecosystem, to observe the habitat environment for phragmites, we observed sediment environment(Particle size, water content, nutrient analysis(NH₄-N, PO₄-P)), ground level, individual numbers, maximum height, coverage of phragmites. As a results of monitoring for influence factors, high individual, height, coverage of phragmites stations show high ground level and water contents. Correlation results of phragmites's factors and environmental factors, ground level show highest correlation coefficient(0.55~0.89), water contents show 0.39~0.66, but NH₄-N, PO₄-P show -0.03~-0.75 and -0.01~-0.69 respectively. In addition, as a result of multivariate analysis for phragmites habitat, ground level, water contents, NH₄-N are most influenced factors above 50% coverage of phragmites in spring and summer.

Keywords: Nakdong estuary(낙동강하구), Habitat Environment(서식 환경), Phragmites Community(갈대군락), Correlation Analysis(상관분석), Impact factor analysis(영향인자해석)

1. 서 론

하구(Estuary)는 육지로부터 유입되는 담수가 해수와 만나는 곳으로(Pritchard[1967]) 해양생물의 생산성이 높으며(Reid and Wood [1976]), 생물다양성이 매우 풍부한 생태계로 세계적으로 보전 가치가 높게 평가된다(Park and Lee[2006]). 특히, 연안습지의 생태적 가치는 단위면적당(1 km²) 약 999,000\$로서 농경지(9,200\$)보다 100배 이상 높은 것으로 알려져 있으며(Costanza *et al.*[1997]), 우리나라 연안습지의 연간 총 경제적 가치는 약 16조원, 단위면적당

(1 km²) 가치는 약 63억원으로 평가되었다(MOF[2013]).

우리나라의 대표적인 하구로서 한반도 남동단에 위치한 낙동강 하구는 연안습지와 다수의 사주섬을 포함하고 있다. 낙동강 하구역 일대의 습지에는 갈대 군락 및 새섬매자기군락이 가장 넓게 분포하고 있으며, 해안 사주의 대부분은 갈대군락이, 해안가에는 새섬매자기군락이 주로 분포한다(Lee and Ahn[2012]).

이러한 식물군락이 분포하고 있는 낙동강 하구는 세계적 철새 도래지로서 생태적 가치가 높아 국가에서 천연기념물(1966년), 생태계보전지역(1989년), 습지보호지역(1999년) 등으로 보호 관리되고 있다(Kim *et al.*[2015]).

갈대는 을숙도를 중심으로 한 낙동강 하구역 일대에 대규모로 분

[†]Corresponding author: ilee@pknu.ac.kr

포하고 있으며, 1차 생산자로서 생산성이 높아 낙동강 하구 생태계에서 차지하는 비중이 매우 크다(Hong[2004]).

그러나, 낙동강 하구는 1987년 하굿둑 건설로 인한 해수순환 차단으로 생태계의 단절이 발생하였고 도시 확장에 따른 공단 및 주거 단지 건설 등의 연안 개발로 수질오염 및 오염물질 축적, 육상으로부터의 퇴적물 유입 차단으로 인한 연안침식, 야생생물 서식지 감소 등 하구 생태계 전반에 다양한 문제점이 야기되고 있다. 이러한 하구역의 환경변화는 갈대의 서식면적에도 부정적인 영향을 끼쳤으며, 을숙도의 경우 1984년 2.88 km²에서 2002년 1.16 km²로 하굿둑 건설 전후 약 60%의 면적이 감소한 것으로 나타났다(Kim *et al.*[2005]).

이러한 연안생태환경공간의 변화로 낙동강 하구 생태계 내에서 먹이 연쇄의 근간을 이루고 있는 염습지 식물, 특히, 지역의 서식처 환경특성을 가장 잘 반영하고 있는 갈대의 서식지가 점차 축소되고 있다. 앞으로 계획 중인 개발 사업과 그에 따른 시설물 유치 등으로 인하여 갈대 서식지 감소는 더욱 가속화 될 것으로 예상된다.

따라서, 낙동강 하구를 비롯한 우리나라 하구 생태계에서 중요한 기반이 되는 갈대군락의 면적 감소로 인한 생태계 피해를 줄이기 위해 갈대군락의 보전 및 복원과 관리를 위한 체계적 연구가 필요한 시점이다. 이를 위해 갈대의 생육에 영향을 미치는 서식환경에 대한 기초적인 자료 수집과 분석은 서식지 관리를 위한 첫 걸음이라 할 수 있다.

본 연구는 연안생태환경공간 조성 및 복원을 위한 기초적 연구로서, 낙동강 하구 생태계 유지에 중요한 갈대군락(진우도)의 서식환경 영향인자를 선정하고 특성을 파악하기 위하여, 토양의 물리적 특성(입도, 함수율, 지반고), 화학적 특성(암모니아성 질소(NH₄-N), 인산인(PO₄-P))과 갈대군락 특성(피도, 개체수, 최대높이)의 모니터링 조사를 실시하여 각 영향인자의 상관분석 및 다변량 해석을 실시하였다.

2. 재료 및 방법

2.1 연구대상지역

진우도는 낙동강 하구 서측 가덕도에 인접한 폭 200~500 m, 길이 약 2 km의 연안 사주섬으로, 면적은 약 1 km²에 이른다.

진우도의 현존 식생을 살펴보면, 개개비류에 서식공간을 제공하는 갈대군락과 겨울철 고니류와 같은 수금류들의 중요한 먹이식물인 새섬매자기 군락이 발달해 있으며, 해안쪽에는 쯤보리사초가 넓은 면적으로 분포하고 있다(Lee and Ahn[2012]).

본 연구의 조사구는 진우도 배후면으로 파도의 영향을 적게 받고 유속이 느려서 상대적으로 퇴적작용이 활발한 지역이며, 갈대 및 쯤보리사초 군락이 넓게 분포하고 있는 곳이다(Ryu *et al.*[2009]).

조사구의 종/횡단면 길이는 50 m이고, 갈대우점 군락(Fig. 1의 실선)과 쯤보리사초 우점 군락(점선)으로 구분된다(Fig. 1). 조사정점은 갈대우점 군락의 경계를 기준으로 갈대군락이 해안선에 인접하여 해수의 물리적 영향(조석에 의한 침수시간)이 큰 단면(A와 C 중단면)과 갈대군락의 경계가 해안선에서 멀리 떨어져 해수의 물리적 영향이 작은 단면을 B중단면으로 구획하였다. 고수위 지역으로서 조석에 의한 침수 영향이 작은 ABC 횡단면에서 저수위지역으로 총 8개 정점을 선정하였고, 식생대가 존재하지 않는 A3, B4, C4정점은 대조구로 선정하였다. 현장모니터링은 춘계(2015.5.27, 2016.5.25.), 하계(2015.8.20, 2016.8.31.), 추계(2014.10.9, 2015.10.20.), 동계(2014.12.29, 2016.2.22)에 걸쳐 계절별 2회씩, 총 8회 수행하였다.

2.2 갈대서식환경 모니터링

시료분석을 위해 샘플링 지점으로 선정된 11곳의 토양을 채취하였다. 각 정점에 50 cm×50 cm의 방형구 틀을 만들고, 갈대의 생육 상태를 고려해 가장 잘 자라는 50 cm 깊이까지 토양을 파내어 뿌

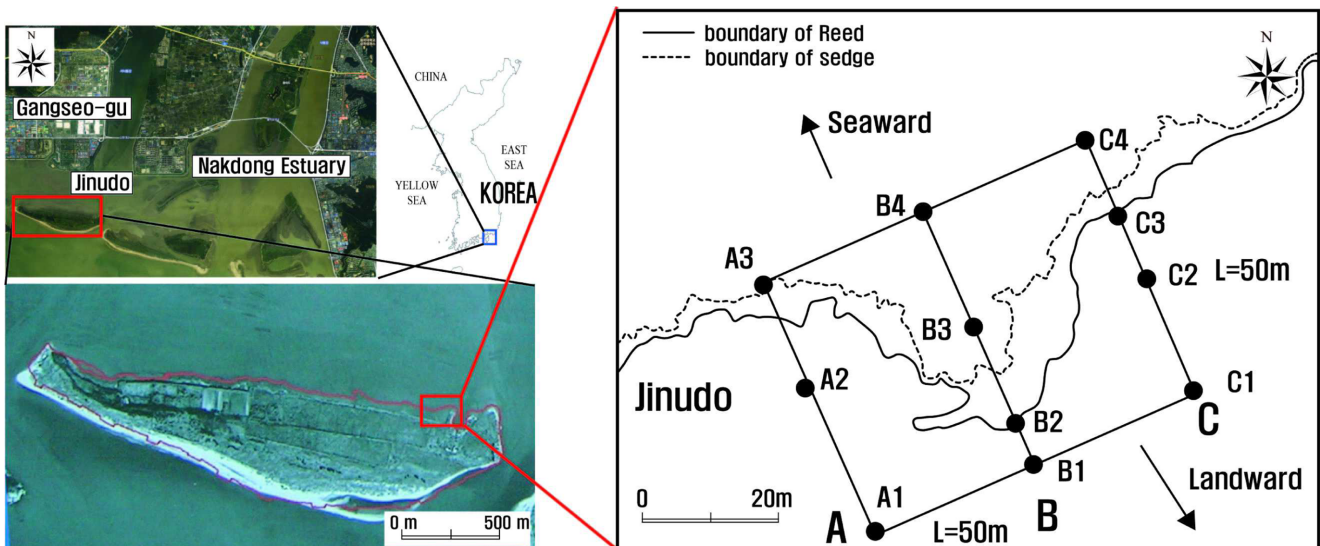


Fig. 1. Field observation site at Jinudo.

리에 붙어있는 근권 토양을 채취한 후 폴리에틸렌 비닐에 넣어 어이스박스에 보관하여 실험실로 옮겼다.

2.2.1 토양의 물리적 특성(입도, 함수율, 지반고)

입도는 건조 후 체분석을 실시하였으며, 함수율은 해양환경공정 시험기준(MLTM[2010])에 의거하여 분석하였으며, 지반고는 광파기(RTK-VRS)를 이용하여 측량하였다.

2.2.2 토양의 화학적 특성(NH₄-N, PO₄-P)

토양의 화학적 특성 분석을 위해 계절별로 각 정점에서 1 kg의 토양을 채취하여, 원심분리(3000 rpm, 20 min)한 후 간극수를 추출하여 0.45 μm syringe 필터(Millex, Millipore)로 여과 후, 해양환경공정시험기준(MLTM, 2010)에 의거하여 NH₄-N 및 PO₄-P의 농도를 분석하였다.

2.2.3 갈대군락 특성(피도, 개체수, 높이)

갈대군락의 계절별 특성을 파악하기 위해 각 정점에서 방형구(1 m × 1 m)를 설치하여 단위면적당(m²) 갈대의 피도, 개체수 및 최대 높이를 측정하였다.

2.3 갈대서식환경 영향인자의 상관분석

토양의 물리적, 화학적 환경 모니터링 자료와 갈대군락의 모니터링 자료를 이용하여 갈대의 서식환경에 영향을 미치는 환경인자 간에 상관분석(SPSS통계해석 프로그램 Ver.23)을 실시하였다.

2.4 갈대서식환경 영향인자의 영향도 산정

갈대의 서식환경 인자 중 갈대의 피도(0~80%)에 영향을 미치는 물리·화학적 영향인자에 대하여 다변량 해석(SPSS통계해석 프로그램 Ver.23)을 실시하여, 영향도를 산정하였다.

3. 결과 및 고찰

3.1 갈대서식환경 모니터링 결과

갈대서식환경의 물리·화학적 및 갈대군락 인자의 모니터링 결과는 Table 1과 같다.

3.1.1 토양의 물리적 특성

가) 입도분포

각 정점에서의 토양은 체분석 실험 결과 #200 체 통과량이 50% 미만, #4 체 통과량이 99% 이상으로 통일분류법에 의해 SP(입도 분포가 나쁜 모래)로 분류되었다(Ryu *et al.*[2016]).

갈대 군락이 발달한 내륙에 가까운 정점일수록 세립질의 점토 함량이 높은 것을 알 수 있는데, 이는 갈대가 토양의 퇴적속도를 증가시켜 상대적으로 작은 입자까지도 침강시키기 때문이다(Davison-Arnott *et al.*[2002]).

나) 함수율(θ)

토양의 함수율 결과를 살펴보면, 춘계는 29.2(B4)~54.2%(C1), 하계는 32.1(B4)~59.6%(C1), 추계는 32.7(B3)~49.8%(C1), 동계는 19.4(B2, B3)~59.6%(C3)로 나타났다.

식생대의 정점이 비식생대 정점에 비해 함수율이 높았다. 이는 갈대 뿌리에 의한 수분고정효과에 기인한 것으로 판단되며, 갈대의 성장이 촉진되는 춘계에서 하계로 갈수록 함수율이 증가하고, 갈대가 고사하기 시작하는 추계부터 감소하는 경향으로 나타났다.

다) 지반고(E.L)

갈대 생장에 영향을 끼치는 환경인자 중 지형의 고도, 지형변화는 조간대의 침수시간에 영향을 미치며, 이는 갈대의 생육에 중요한 영향인자이다(Reimold and Queen[1974]).

계절변동에 따른 중단면별 지반고 모니터링 결과를 살펴보면 춘계는 0.16(C4)~0.63 m(B1), 하계는 0.15(B4)~0.69 m(B1), 추계는 0.17(B4)~0.68 m(B1), 동계는 0.16(B4)~0.41 m(B1)로 나타났다.

3개 중단면의 계절변화에 따른 지반고의 표고차 변동은 A중단면에서 0.12 m로 가장 작고, B중단면에서 0.55 m로 가장 크게 나타났다. 전반적으로 식생대의 지반고가 비식생대에 비해 높았는데, 이는 내륙의 식생대 영역에서 해안선으로 갈수록 지반고 감소에 따른 침수시간이 길어짐에 따라 염분에 노출되는 시간이 길어지면서 갈대 지상부의 호흡이 어려워져 고사하기 때문이다(Min[2011]).

3.1.2 토양의 화학적 특성

가) NH₄-N농도(N)

조사점점의 NH₄-N농도의 결과를 살펴보면, 춘계는 0.65(C1)~1.62 mg/L(B4), 하계는 0.43(C1)~4.81 mg/L(B4), 추계는 2.14(A2)~12.89 mg/L(B4), 동계는 2.22(C3)~7.34 mg/L(A1)로 나타났다.

전반적으로, 하계에 가장 낮고, 동계에 높은 농도를 보였으며, 식생대와 비식생대 간의 농도차는 최대 약 30배에 달하였다.

한편, 갈대군락에서의 NH₄-N농도는 갈대의 고사가 시작되는 추계와 동계에 가장 높고, 성장이 촉진되는 춘계와 하계에 감소하는 경향을 보이는데, 본 연구에서도 동계의 NH₄-N농도가 하계에 비해 평균 10배 정도 높은 것으로 나타났다.

나) PO₄-P농도(P)

조사점점의 PO₄-P 농도 결과를 살펴보면, 춘계는 0.55(C1)~0.85 mg/L(B3), 하계는 0.12(C1)~0.88 mg/L(B4), 추계는 0.01(B2, B3)~0.49 mg/L(C4), 동계는 0.015(B2)~0.35 mg/L(C1)로 나타났으며 전반적으로 NH₄-N 농도와 유사한 경향을 보인다. 한편, 식생대와 비식생대 간의 농도차는 NH₄-N에 비해 낮게 나타나는데, 이는 NH₄-N 비해 상대적인 흡수량이 적기 때문인 것으로 보인다.

3.1.3 갈대군락특성

식생대 영역의 계절별 갈대의 개체수(I), 피도(C), 최대높이(H)의 조사결과를 살펴보면, 내륙의 식생대 영역에서 해안선 쪽으로 갈수록 개체수는 줄어드는 것으로 나타났는데, 이는 지반고 감소에 따른 침수시간 증가에 의한 영향으로 보인다. 특히, 중단면별로 갈대 개체수가 가장 많이 나타나는 곳은 육역에 가까운 C1, A1, B1정점

Table 1. Results of monitoring items in each station

	Percent passing of soil in each station(%)										E.L : Ground level(m)			
	mm	9.52	4.76	2.00	0.841	0.42	0.25	0.149	0.106	0.074	Spring	Summer	Autumn	Winter
A1	100	100	99.9	98.9	98.3	90.3	17	6.4	2.9	0.27	0.26	0.28	0.3	
A2	100	100	100	99.7	99.2	91.1	19.4	6.1	2.4	0.22	0.27	0.24	0.3	
A3	100	100	100	99.7	99.1	90.1	18.4	5.1	1.7	0.18	0.33	0.19	0.28	
B1	100	100	98.6	95.1	93.6	80.9	14	6.7	3.8	0.63	0.69	0.68	0.41	
B2	100	99.5	98.3	95.6	94.5	86.4	15.9	7.6	3.6	0.34	0.37	0.4	0.31	
B3	100	100	100	99.8	99.3	87.6	10.3	4.4	1.6	0.21	0.25	0.3	0.21	
B4	100	100	99.9	99.4	98.7	89.1	12.3	5.4	2.5	0.14	0.15	0.17	0.16	
C1	100	98.2	93.8	86.4	83	73.1	29.6	12.5	7.1	0.41	0.56	0.43	0.31	
C2	100	100	99.8	98.7	97.9	88	23.4	7.6	3.6	0.29	0.33	0.37	0.38	
C3	100	100	99.8	99.2	98.5	88.1	18.4	5.86	2.5	0.28	0.26	0.26	0.26	
C4	100	100	99.8	99.5	98.9	83.4	9.4	4.3	1.9	0.16	0.27	0.25	0.23	
	W.C : Water Contents(%)				N : NH ₄ -N(mg/L)									
	Spring	Summer	Autumn	Winter	Spring	Summer	Autumn	Winter						
A1	49.4	54.3	36.3	27.5	0.81	0.72	2.31	7.34						
A2	39.9	43.9	35.6	22.3	0.95	0.68	2.14	3.44						
A3	32.2	35.4	36.6	23.6	1.03	1.45	3.12	5.84						
B1	53.1	58.4	38.9	27.5	1.02	0.89	5.63	3.17						
B2	49.6	54.6	36.9	19.4	1.41	1.23	3.82	2.35						
B3	39.3	43.2	32.7	19.4	1.54	3.35	9.69	5.74						
B4	29.2	32.1	36.7	21.2	1.62	4.81	12.89	7.31						
C1	54.2	59.6	49.8	26.1	0.65	0.43	2.72	6.66						
C2	48.5	53.4	37.6	34.7	0.77	0.54	2.24	3.96						
C3	39.9	43.9	38.7	37.7	0.78	0.68	2.21	2.22						
C4	31.2	34.3	36.1	26.4	0.97	0.85	3.51	5.06						
	P : PO ₄ -P(mg/L)				I : Individual number of Phragmites(ind./m ²)									
	Spring	Summer	Autumn	Winter	Spring	Summer	Autumn	Winter						
A1	0.62	0.38	0.17	0.08	190	210	160	110						
A2	0.71	0.42	0.02	0.06	140	165	135	51						
A3	0.82	0.71	0.01	0.17	0	0	0	0						
B1	0.65	0.52	0.06	0.01	151	172	135	85						
B2	0.81	0.56	0.01	0.015	100	135	95	33						
B3	0.85	0.62	0.01	0.045	N.D	N.D	N.D	N.D						
B4	1.51	0.88	0.08	0.13	N.D	N.D	N.D	N.D						
C1	0.55	0.12	0.18	0.35	220	285	180	120						
C2	0.65	0.13	0.17	0.05	160	182	140	73						
C3	0.71	0.15	0.06	0.05	120	150	100	43						
C4	0.82	0.18	0.49	0.05	N.D	N.D	N.D	N.D						
	C : Coverage of Phragmites(%)				H : Height(max) of Phragmites(cm)									
	Spring	Summer	Autumn	Winter	Spring	Summer	Autumn	Winter						
A1	50	65	45	40	197	210	200	210						
A2	30	40	25	10	160	185	170	155						
A3	0	0	0	0	0	0	0	0						
B1	40	55	30	20	168	195	168	176						
B2	25	30	20	5	85	120	95	105						
B3	N.D	N.D	N.D	N.D	N.D	N.D	N.D	N.D						
B4	N.D	N.D	N.D	N.D	N.D	N.D	N.D	N.D						
C1	60	80	50	45	235	293	220	170						
C2	40	60	30	30	195	210	180	153						
C3	25	40	20	20	157	180	150	110						
C4	N.D	N.D	N.D	N.D	N.D	N.D	N.D	N.D						

*N.D: Not Detected

으로서 하계시 개체수는 각각 285 ind./m², 210 ind./m², 172 ind./m²의 순이었다. 또한, 갈대 최대높이는 95(B2, 추계)~293 cm(C1, 하계)범위로서, 육역의 식생대 영역으로 가까워질수록 높은 경향을 보였다.

한편, 식생대 영역의 종단면별 피도의 계절변화를 살펴보면, A종단면에서는 10~65%, B종단면에서는 20~55%, C종단면에서는 20~80%의 범위로서, C종단면에서의 피도가 가장 높게 나타났고 해안선 방향의 정점으로 갈수록 피도가 낮아지는 양상을 보였다. 계절적으로는 식생의 성장기인 춘계 하계에 걸쳐 피도가 증가하고, 식생의 고사기인 추계에서 동계에 걸쳐 피도가 감소하는 것으로 나타났다.

3.2 갈대서식환경 영향인자 상관분석 결과

Table 1의 현장모니터링 자료를 바탕으로 갈대서식환경에 영향을 미치는 인자를 파악하기 위해 갈대의 개체수(I), 피도(C), 최대높이(H)와 물리적 인자인 함수율(θ)과 지반고(E.L), 화학적 인자인 NH₄-N(N), PO₄-P(P)의 상관분석을 실시하였으며, 그 결과는 Table 2와 같다. 갈대 개체수, 피도, 최대높이와 지반고간의 상관계수는 0.55~0.89로서 가장 높았으며, 다음으로 함수율간의 상관계수는 0.39~0.66으로서 춘·하계에 상관성이 높은 경향을 보였다. 그리고 화학적 인자인 NH₄-N과 PO₄-P간의 상관계수는 각각 -0.03~-0.75와 -0.01~-0.69로서 음의 상관성을 나타내어, 갈대의 성장과 고사 등의 계절변화가 잘 반영된 결과로 해석된다.

일반적으로 갈대서식환경은 지형의 고도변화, 침수 횟수, 수위 변동 같은 물리적 인자가 생물·화학적 인자보다 중요도가 높다고 알려져 있으며(Cooper[1982]), 본 연구의 결과 또한 전반적으로 물리적 인자(지반고)가 화학적 인자(NH₄-N과 PO₄-P)에 비해 상관성이 높은 것으로 나타났다.

3.3 갈대서식환경 영향인자의 영향도 해석

Fig. 2는 다변량 해석에 의한 영향도 레이더 차트(radar chart)로서 갈대의 단위면적당 피도에 영향을 미치는 물리적(지반고(E.L),

함수율(θ), 화학적(NH₄-N(N), PO₄-P(P))인자의 영향도를 나타내며, 각 항목에 대한 꼭지점에 가까울수록 영향도가 크다고 할 수 있다(1점(안쪽 꼭지점)~10점(바깥쪽 꼭지점)).

3.3.1 춘계

춘계의 갈대의 피도에 대한 물리·화학적 인자들의 영향도를 살펴보면, 피도가 50%인 정점까지는 지반고(8점), 함수율(6점) 순으로 영향도가 나타났으며, 60%인 정점에서는 함수율 10점, 지반고 7점의 영향도를 나타냈다. 60%이상인 정점에서는 지반고 및 NH₄-N가 각각 10점으로 가장 높게 나타났으며, 함수율은 8점으로 나타났다. 갈대의 피도가 높은 정점은 상대적으로 지반고가 높아 침수 시간이 적고 갈대 뿌리에 인한 수분고정효과로 함수율이 높게 나타났다. 또한 갈대의 초기 성장 및 분포에는 NH₄-N농도의 영향이 지배적임을 알 수 있다(Fig. 2(a)).

3.3.2 하계

하계의 갈대의 피도에 대한 물리·화학적 인자들의 영향도를 살펴보면, 피도가 50%이상인 정점에서는 NH₄-N의 영향도(7점)가 증가추세를 보였으며, 60%이상인 정점에서는 PO₄-P의 영향도(9점)가 증가하는 경향이였다(Fig. 2(b)).

3.3.3 추계

갈대가 고사하기 시작하는 추계의 영향도를 살펴보면, 피도가 50% 이하의 정점들에서는 어떠한 인자도 유의한 영향을 미치지 않았으며, 60%이상인 정점들에서는 갈대의 고사로 인하여 NH₄-N의 영향도가 높아지는 경향으로 나타났다(Fig. 2(c)).

3.3.4 동계

동계에는 대부분의 갈대가 고사하여 식생대 및 비식생대역 모두 영향도의 차가 거의 없었다(Fig. 2(d)).

Table 2. Result of Correlation between phragmites's factors and environmental factors

Season	Item	E.L	Correlation coefficient (r)		
			θ	N	P
Spring	I	0.87	0.63	-0.70	-0.69
	C	0.89	0.66	-0.68	-0.68
	H	0.82	0.61	-0.75	-0.69
Summer	I	0.87	0.54	-0.67	-0.60
	C	0.88	0.56	-0.66	-0.51
	H	0.84	0.54	-0.68	-0.63
Autumn	I	0.56	0.54	-0.59	-0.07
	C	0.64	0.51	-0.55	-0.01
	H	0.55	0.50	-0.60	-0.06
Winter	I	0.68	0.39	-0.03	-0.09
	C	0.56	0.53	-0.14	-0.20
	H	0.75	0.40	-0.22	-0.19

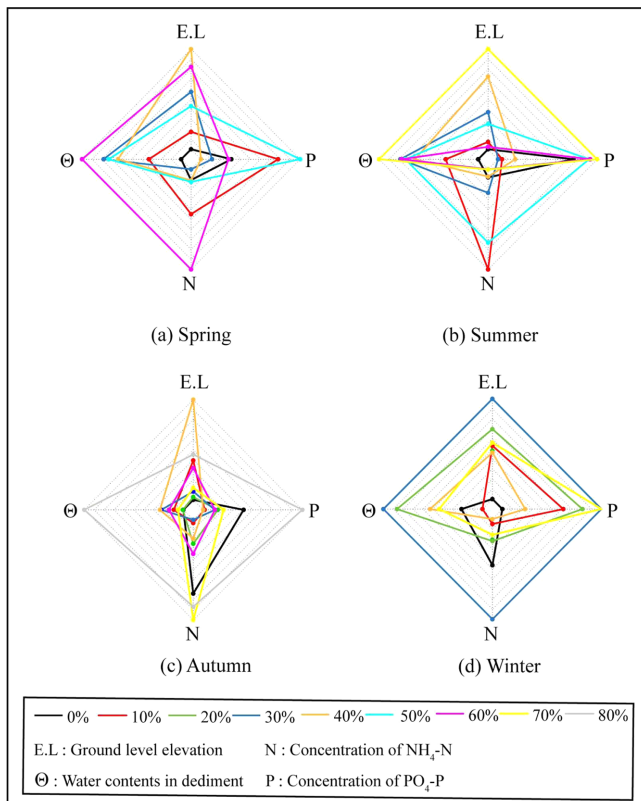


Fig. 2. Radar chart of ground level elevation, water contents, N, P with phragmites coverage.

4. 결 론

본 연구는 낙동강 하구 생태계 유지에 중요한 갈대군락(진우도)의 서식환경 영향인자의 특성을 파악하기 위하여 토양의 물리적 특성(입도, 함수율, 지반고), 화학적 특성(NH₄-N, PO₄-P), 갈대군락 특성(피도, 개체수, 최대높이) 모니터링 조사를 실시하였고 이를 이용하여 영향인자의 상관분석 및 다변량 해석을 실시하였다. 본 연구에서 얻어진 자료는 연안생태환경공간 조성 및 복원을 위하여 활용될 것이며, 결과를 요약하면 아래와 같다.

첫째, 갈대군락의 서식환경의 계절별 모니터링결과에 의하면 갈대의 개체수, 피도, 최대높이가 높은 정점에서 지반고 및 함수율이 높았으며, NH₄-N과 PO₄-P농도는 춘계와 하계에 감소하고 추계와 동계에 증가하는 것으로 나타났다.

둘째, 갈대의 개체수, 피도, 최대높이와 지반고(E.L)와의 상관계수는 0.55~0.89로서 가장 높았으며, 다음으로 함수율(Θ)과의 상관계수는 0.39~0.66으로 춘·하계에 높게 나타났다. 그리고 화학적 인자인 NH₄-N과 PO₄-P간의 상관계수는 각각 -0.03~-0.75와 -0.01~-0.69로서 음의 상관성을 보였다.

셋째, 다변량 해석에 의해 산정된 갈대식생의 단위면적당 피도에 영향을 미치는 물리적(지반고, 함수율) 및 화학적(NH₄-N, PO₄-P) 인자의 영향도는 갈대피도 50%이상을 기준으로 춘·하계에는 지반고, 함수율, NH₄-N농도 순으로 영향도가 증가하였으며, 추계/동계

에는 영향인자간의 유의한 특성은 잘 보이지 않았다.

차후 연구의 정도를 높이기 위해서는 다년간의 장기간 모니터링과 함께 지하수위의 영향을 고려한 연구가 수행되어야 할 것으로 보이며, 이를 을속도 및 낙동강 하구역 내 다른 갈대군락의 서식환경 모니터링 결과와 비교가 필요하다고 판단된다. 또한 갈대(뿌리, 줄기, 잎)의 영양염 흡수능의 실험과 갈대군락의 확산 및 물질수지에 관한 수치모델 등의 연구를 수행하여 하구 염습지의 염생식물군락지의 생태계 복원 및 조성을 위한 다양한 기초자료를 제공할 수 있을 것으로 판단된다.

후 기

이 논문은 부경대학교 자율창의학술연구비(2016년)에 의하여 연구되었음.

References

- [1] Cooper, A.C., 1982, The effect of standing water drainage potential on the *Spartina alterniflora*-substrate complex in a North Carolina marsh", *Estua. Coast. Mar. Sci.*, 11, 41-52.
- [2] Costanza, R., d'Arge, R., de Groot, R.S., Farber, S., Grasso, M., Hannon, B., Limburg, K., Naeem, S., O'Neill, R.V., Paruelo, J., Raskin, R.G., Sutton, P. and van den Belt, M., 1997, The value of the world's ecosystem services and natural capital, *Nature*, 387, 253-260.
- [3] Davidson-Arnott, R.G.D., Van Proosdij, D., Ollerhead, J. and Schostak, L., 2002, Hydrodynamics and sedimentation in salt marshes? examples from a macrotidal marsh, Bay of Fundy, *Geomorphology*, 48, 209-231.
- [4] Hong, S.B., 2004, Regional characteristics of bird in Nakdong estuary, *Kor. J. orn.*, 11(2), 55-70.
- [5] Kim, G.Y., Lee, C.W., Yoon, H.S. and Joo, G.J., 2005, Changes of distribution of Vascular Hydrophytes in the Nakdong River Estuary and Growth Dynamics of *Schenoplectus triquetra*, *Waterfowl Food Plant*, *J. Ecol. Field Biology*, 28(5), 335-345.
- [6] Kim, H.T., Kim, K.H., Ryu, S.H. and Lee, I.C., 2015, A Study on Physical Characteristic of Ground water and Sediment Property in Intertidal Flat of Nakdong River Estuary, *J. Korean Soc. Mar. Environ. Saf.*, 21(5), 467-473.
- [7] Lee, Y.K. and Ahn, K.Y., 2012, Actual Vegetation and Vegetation Structure at the Coastal Sand Bars in the Nakdong Estuary, South Korea, *J. Environ. Ecol.*, 26(6), 911-922.
- [8] MLTM (Ministry of Land, Transportation and Marine Affairs), 2010, Standard methods for marine environmental analysis, 495.
- [9] MOF (Ministry of Oceans and Fisheries), 2013. Main results of national marine ecosystem surveys. Ministry of Oceans and Fisheries, 27.
- [10] Min, B.M., 2011, Sediment Properties and Growth of *Phragmites australis* in Mud Tidal Flat, *J. Korean Env. Res. Tech.*, 14(3),

- 57-69.
- [11] Pritchard, D.W., 1967, What Is an Estuary: Physical Viewpoint. In Estuaries”, AAAS, Washington DC.
- [12] Park, K.H. and Lee, H.K., 2006, Establishment of the wetland eco-system information system based on Web-GIS in GyeongnamRegion, J. Environ. Res., 6(1), 99-103.
- [13] Reid, G., Wood. D.D., 1976, Ecology of Inland Waters and Estuaries, Van Nostrand, New York, 485.
- [14] Reimold, R.J. and Queen, W.H., 1974 Ecology of Halophytes. New York Academic Press Inc, 605.
- [15] Ryu, S.H., Lee, I.C. and Park, S.Y., 2009, Variation in Vegetation Area caused by Topographical Change at Jinudo in the Nakdong Estuary, J. Ocean Eng. Technol., 23(4), 19-24.
- [16] Ryu, S.H. and Lee, I.C., 2016, Environmental Characteristics of Reed Habitat in Nakdong Estuary Saltmarsh, J. Korean Soc. Mar. Environ., Saf, 22(2), 187-194.

Received 21 December 2017

1st Revised 5 February 2018, 2nd Revised 16 February 2018,

3rd Revised 9 March 2018, 4th Revised 1 April 2018

Accepted 4 April 2018