



Original Article

2018년도 추계 낙동강 하구 사주섬 식생대 전선의 시·공간 변동

김민수¹ · 장성철¹ · 윤한삼^{2,†}
¹부경대학교 해양산업공학(협) 대학원생
²부경대학교 생태공학과 교수

Spatio-Temporal Changes of Vegetation Frontlines on Barrier Islands in the Nakdong River Estuary during Autumn 2018

Min-Soo Kim¹, Sung-Chul Jang¹, and Han-Sam Yoon^{2,†}

¹Graduate Student, Interdisciplinary Program of Ocean Industrial Engineering, Pukyong National University, Busan 48513, Korea

²Professor, Department of Ecological Engineering, Pukyong National University, Busan 48513, Korea

요 약

본 연구에서는 태풍 KONG-REY가 내습한 2018년 10월을 포함하는 추계 기간 동안 낙동강 하구역 사주섬 전면 사주 식물이 서식하는 식생대 전선을 DGPS를 이용하여 조사하고 그 공간적인 변동 특성을 고찰하였다. 조사 결과, 진우도, 신자도, 도요등의 3개 사주의 식생대의 경우 지속적으로 해양파랑 및 해안표착물에 의해 침식과 퇴적 현상이 반복되는 과정을 겪으며, 동측에 위치한 도요등에서 사주 식생대 전선의 변화가 가장 크고, 다음으로 신자도, 진우도의 순이었다. 이는 가장 최근 형성된 도요등이 다른 사주섬에 비해 지반고가 낮기 때문이다.

Abstract – The purpose of this study was to investigate the spatio-temporal changes of the vegetation frontlines on barrier islands in the Nakdong River estuary during the autumn season, including typhoon KONG-REY in October 2018, using the DGPS field survey. Erosion and sedimentation phenomena differed due to the interaction of ocean waves and coastal debris at the vegetation fronts of Jinju-do, Shinja-do and Doyo-deung. Doyo-deung, on the east side of the Nakdong River estuary, had the greatest change of the vegetation frontline, followed by Shinja-do and Jinu-do. This difference is because the ground level of Doyo-deung is presently lower than other islands.

Keywords: Nakdong river estuary(낙동강 하구역), Vegetation frontline change(식생대 변화), DGPS, Field survey (현장조사)

1. 서 론

낙동강 하구역 사주 전면해역은 해빈경사 1/400 이상으로 매우 완만하고 낙동강으로부터 운반되는 퇴적물의 양이 풍부하며, 하천 수 유입 및 해양파랑 환경조건에 따라 하구 퇴적현상이 발생하기에 적합한 조건을 이루고 있다. 또한 고파랑 내습시 해양파랑의 작용에 의해 Fig. 1의 진우도, 신자도, 도요등의 사주 전면해빈은 부분적으로 침식현상을 동반하지만 전반적으로 해빈은 평형 상태를 유지하면서 하구 사주의 지속적인 발달을 보여주고 있는 지역이다(Park et al.[2016]).

특히 낙동강 하구역과 같이 반폐쇄성 하구 및 사주의 지형적 조

건은 해양파랑 에너지의 진행 과정에서 천해파랑 변형을 초래하고 변형된 파랑은 해안과정(Coastal process)의 주요 외력인자로서 해빈류 및 표사이동 현상의 원인으로 기여하게 된다(Park et al.[2009]).

주요 외력인자로서 작용하는 파랑과 흐름은 표사이동뿐만 아니라 해빈상에 해안표착물(Coastal debris)를 이송/침적시킨다. 해빈상에 침적된 해안표착물의 역할로 비사포집과 해안사구의 복원 및 해빈 관리 등의 연구가 선행되어 왔으며(Nordstrom[2008]; Nordstrom et al.[2011]), Je et al.[2011]과 Je[2012]는 낙동강 하구역 사주 전면해빈에서의 현장 조사 결과로부터 해빈상에 이송/침적된 해안표착물(Coastal debris)이 비사포집을 통한 독립사구로서 발달시키는 기작으로 작용하는 것을 확인하였고, 이는 배후의 식생피복 경계선이라 할 수 있는 식생대 전선(vegetation front/line)이 전면 외해로 전진할 수 있는 안전공간을 제공한다고 주장한 바 있다.

†Corresponding author: yoonhans@pknu.ac.kr



Fig. 1. Satellite image of the Nakdong River estuary, Busan. Field surveys for this study were conducted in the vegetation zones of Jinu-do, Shinja-do and Doyo-deung.

따라서 본 연구대상 지역의 사주 지형 변화의 원인은 해양파랑의 영향력이 크게 작용한 결과로(Kim[2005]; Yoo[2006]; Yoon et al. [2007]) 이는 해안표착물 거동과 배후 식생대 공간(Vegetation zone)의 변화 과정에 영향을 미치게 되며, 특히 해안표착물은 해안공학측면에서 해빈 안정화 및 배후 식생대 전선 발달에는 매우 중요한 요소라고 할 수 있다(Yoon and Yoo[2014]).

또한 Fig. 1의 사주들 전면 해빈에는 침식과 퇴적이 반복되는 과정에서 소규모의 해안사구를 발견할 수 있는데, 이 지역에서는 해상과 육상의 모래 교환, 염분의 확산, 지하수 유동, 유기물의 이동 등의 현상이 발생하며, 이러한 해빈-사구 상호작용(beach-dune interaction)은 해안사구의 중규모 형성과정에서 특히 중요한 과정-반응체계이다(Nordstrom et al.[1990]). 일반적으로 해안사구는 해빈의 배후에 형성되며 그 규모는 해빈의 너비와 파랑과 연계된 해빈의 특성과 관련이 있는 것으로 알려져 있으며(Short and Hesp, 1982) 형성된 해안사구는 해안으로 유입하는 파랑에너지를 소산(Dissipation)시키고 사빈에 퇴적물(모래)을 고정시키는 역할을 수행함으로써 해안침식을 제어할 수 있는 기능을 가진다(Davidson-Arnott and Law[1990], Yoon et al.[2010]). 해안사구의 침식은 평상시보다는 사리의 만조시 또는 태풍 통과와 같은 갑작스런 기상 사건이 일어날 때 바닷물의 수위 상승에 따라 해양파랑이 해안사구에 직접적으로 도달하기 때문에 발생하며, 자연 해빈에서는 침식된 사빈과 사구가 일정한 시간이 흐르면 다시 원래의 지형단면을 회복하게 된다(Houser and Hamilton[2009]; Stone et al.[2004]). 결과적으로 사주의 해양 외력에 대한 응답 특성은 표사 이동으로 인한 침식 혹은 퇴적으로 귀결되며, 그 잉여 에너지는 사주 지반내의 지하수 변동으로 표출된다(Park et al.[2014]).

낙동강 하구 사주는 해안침식에 대한 효과적 방안인 동시에 배후 연안 재해를 경감시키는 자연방파제로서의 역할도 수행하고 있으며, 피복식생의 성장에 영향을 주어 해빈 모래 및 지하수위 저장고의 가치 및 중요성이 대단히 높다. 또한 해안방재 측면에서 내습하는 파랑에너지를 소산시키는 주요 기제로 작용한다(Park et

al.[2016]).

이에 본 연구는 태풍 KONG-REY가 내습한 2018년 10월을 포함하는 추계 기간 동안 낙동강 하구역 사주 전면에서 서식하는 사구 식물의 식생대 전선을 DGPS를 이용하여 조사하고 그 공간적인 변동 특성을 고찰하고자 하였다. 이는 연안 생태계의 사구식물 서식 공간이 해양외력환경에 의해 어떻게 파괴되고 재형성되는가를 살펴볼 수 있는 기회가 될 것이라 생각된다.

2. 재료 및 방법

2.1 식생대 전선 현장조사

본 연구에서는 DGPS (Differential Global Positioning System)를 사용하여 2018년 9월 28일과 11월 14일(약 48일, 2회 관측 실시)에 낙동강 하구역 사주 전면의 식생대 전선의 변화를 관찰하였다. 현장 조사 방법은 Fig. 2와 같이 식생대선을 따라서 진우도, 신자도, 도요도의 서측에서 동측으로 이동하면서 위성좌표를 획득하였다. 사용되어진 DGPS는 GIR1600(SOKKIA TOPCON CO., LTD 제작)를 사용하였다. GIR1600은 단일 통합 SBAS(WAAS, EGNOS, MSAS) 및 MF 비콘 리시버(beacon receiver)를 특징으로 한다(Table 1). 무선 표지의 보정 데이터가 없는 지역에서는 실시간 서브 미터(sub-meter) DSPS에 WAAS/EGNOS/MSAS를 사용하여 DSPS를 사용할 수 있다.

식생대 전선 현장 관측시 각 조사지점에서의 개인 측량 오차(사용자의 기기·기구의 취급 방법에 따른 오차)를 줄이기 위해 2회 관측시 동일 인물이 트래킹을 실시하였다. 또한 지점별로 특이하거나 식생대 전선의 변화가 큰 지점의 경우 현장 사진을 촬영하여 비교하고자 하였다. 현장조사 및 분석 방법에 대한 보다 상세한 내용은 Yoon and Yoo[2014]의 논문을 참조하기 바란다.

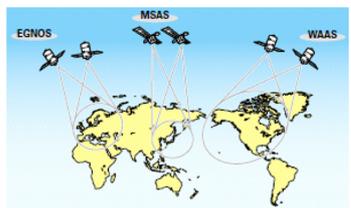
2.2 현장조사 기간중 해양물리환경

본 연구에서는 기상청 기상자료개방포털(<https://data.kma.go.kr/>)에



Fig. 2. Composition of DGPS used for fieldwork and trace of vegetation line.

Table 1. Specifications of DGPS used in this study

GPS-SBAS Unit	Frequency	L1 (1575.42 MHz)	
	Channels	12 Channels (10GPS/2SBAS)	
	Position Accuracy* DGPS	Sub-meter (horizontal, 2σ)	
Beacon Unit	Frequency	283.5 to 325.0 MHz	
	Frequency interval	500 Hz	
	Frequency offset	±8 Hz	
	Acquisition Time	Re-acquisition time <2 sec, typical	
	Selection	manual/automatic (selectable)	
	Channels	2	
	demodulation method	Minimum Shift Keying (MSK)	
General	Differential correction data	source Input/Output protocol	SBAS/radio beacon (selectable) RTCM SC-104

*Accuracy depends on number of satellites used, obstructions, satellite geometry(DOP), multipath effects, atmospheric conditions, ionospheric conditions, baseline length, survey procedures.

서의 경남 거제도 해양기상부이(St.1), 국립해양조사원(<http://www.khoa.go.kr>)의 부산 가덕도 조위 관측소(St.2)로부터 관측된 2018년 추계(9월 27일부터 11월 20일까지) 1시간 간격의 자료를 수집하여 분석하였다(Fig. 3). 가덕도 조위 관측소에서는 조위 자료를, 거제도 해양기상부이에서는 기압, 수온, 최대 및 유의파고, 파향, 파주기의 총 7개의 해양 요소를 수집하여 분석하였다. 분석 자료는 각 부이별, 각 요소별로 총 1,298개에 해당하지만 각 측정위치에서 결측된 자료에 대해서는 고려하지 않았다. 해석방법은 대표적인 기상 및 해양 요소를 시간 흐름에 따라서 시계열로 나열하고 이를 시기별로 해양물리환경을 비교 분석하였다. 특히 연구대상 해역의 해빈 변화에 크게 영향을 주었을 것으로 생각되는 태풍시기 및 고파랑 내습 시기를 중점적으로 해석하고자 하였다. 그 결과를 시계열로 나타내면 Fig. 4와 같다.

현장조사 기간동안 대상해역에 영향을 미쳤을 것으로 판단되는 내습 파랑은 제25호 태풍 콩레이(KONG-REY)이다. 태풍 콩레이는 10월 6일 오전 10시에 경상남도 고성군에 중심기압 975 hPa, 최대 풍속 31 m/s, 강풍 반경 560 km의 세력 ‘중’, 크기 ‘대형’의 강한 열대 폭풍의 세력으로 한반도에 상륙한 바 있다(KMA homepage).

본 연구대상 해역과 인접한 가덕도의 평균 해면(mean sea level)은 약 95.3 cm, 대조차(spring range)는 166.0 cm의 값을 나타내었다.

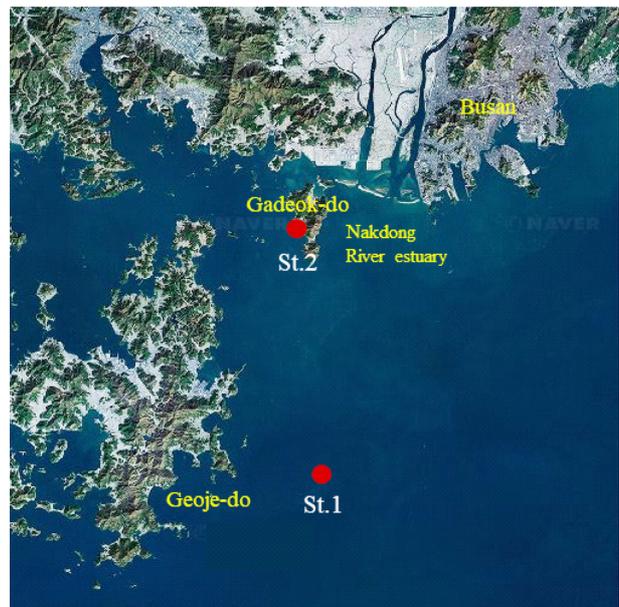


Fig. 3. Location of Observation stations of this study.

특정적으로 태풍 콩레이가 내습한 직후인 10월 6일 이후에 다소 조위 시계열이 불규칙적인 현상을 나타내고 있음을 알 수 있다. 부산

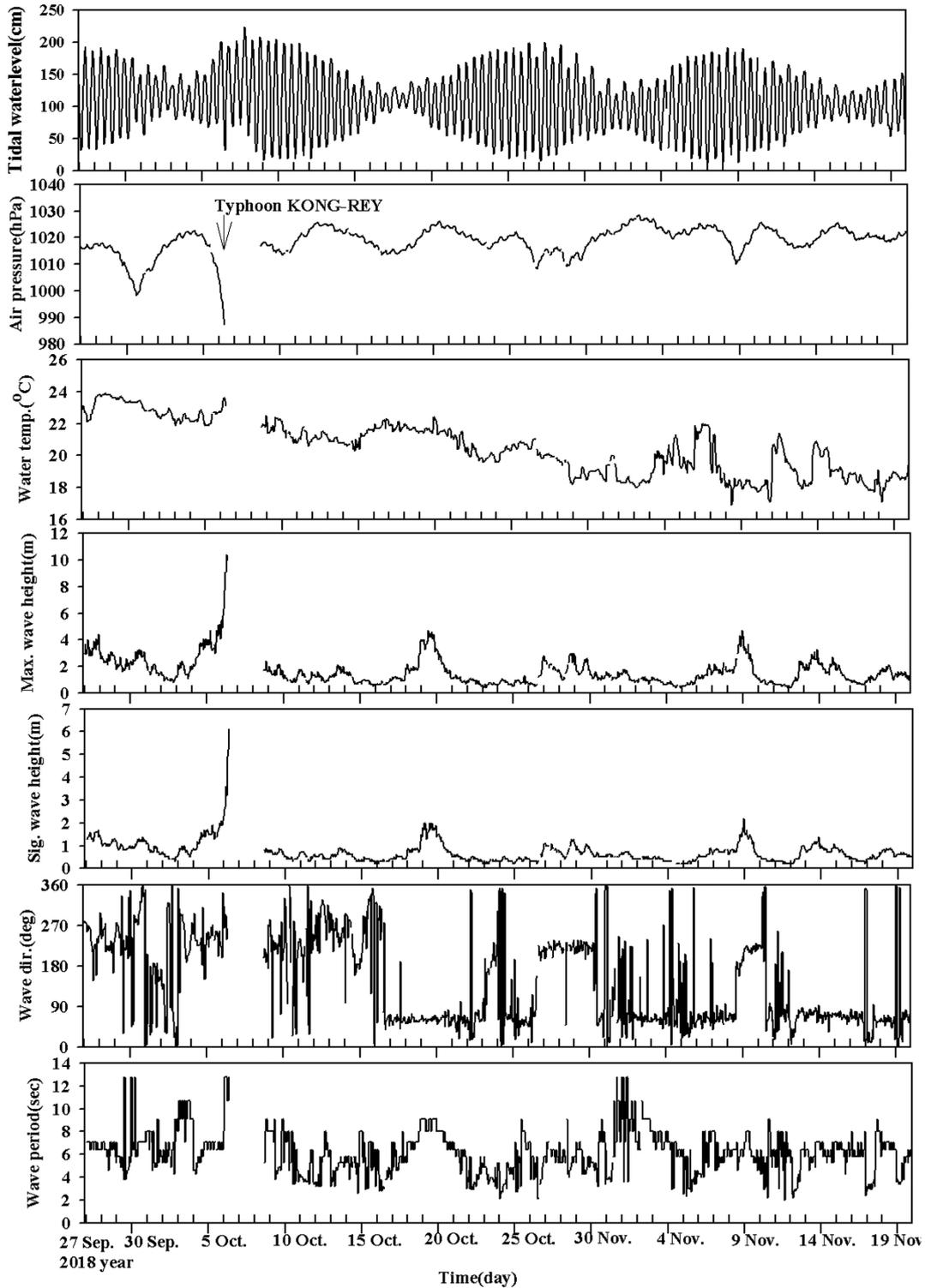


Fig. 4. Comparison of wave height and tidal water level data measured at the Geojedo observation buoy during the field survey.

가덕도 해양관측부이로부터 관측된 해상 기상조건으로 관측기간 동안의 현지 평균 기압은 1018.87 hPa이었으며, 태풍 콩레이가 내습하는 동안에는 급격히 감소하는 것을 살펴볼 수 있다. 또한 해수면의 수온은 9월 약 24°C에서 11월 약 19°C로 점차 감소하는 경향을 나타내었다(현장조사 기간 평균 20.49°C). 해양파랑 자료의 경

우 현장조사 기간동안 최대 파고 4 m 이상 되는 상황은 총 4번 발생하였는데 그 중에서 태풍 콩레이가 내습하는 동안에는 최대 파고 10 m, 유의파고 8.6 m, 파주기 12.8 sec를 마지막으로 결측이 되었다. 대상해역에 고파랑이 내습하는 상황에서는 파향은 태풍 콩레이 내습시 SW방향(225°), 10월 20일경 ENE(75°), 11월 9일경

SW방향(225°)을 나타내었다. 이와 관련하여 Park et al.(2009)은 낙동강 하구역에서의 파랑분포는 S계열의 파향이 우세한 경우 파고비가 가장 높게 분포하였고 다음으로 SSE, SSW, SE, SW계열의 순이었으며, S 계열 파향이 탁월한 경우 사주 전면의 극천해역까지 파랑에너지가 전달되어 높은 파고가 발생한다고 주장한 바 있다.

3. 결과 및 고찰

3.1 진우도 식생대 전선 변동

본 연구에서는 DGPS를 사용하여 2018년 9월 28일과 11월 14일(약 48일, 2회 관측 실시)에 낙동강 하구역 사주 진우도 전면의 식생대 전선의 변화를 관찰하였다. 현장조사 방법은 Fig. 2와 같이 식생대 전선을 따라서 진우도 서측에서 동측으로 이동하면서 위성좌표를 획득하였다. 1차 시기(9월 28일)와 2차 시기(11월 14일)의 식생대 추적 결과를 Fig. 5에 제시하였다.

결과적으로 Fig. 5에서 시간 경과에 따라서 식생대 전선의 변화가 급격하게 발생하는 지역은 진우도 서측과 중앙부임을 알 수 있다. 즉, 식생대 전선이 진우도 서측 지역(J1)에서는 최대 69.8 m, 중앙부(J3)에서는 최대 84.4 m 후퇴한 결과를 나타내었다. 또한 9월에 관측되었던 진우도 전면해빈 식생대 전선의 변화는 대체적으로 단순한 contour 선을 보이고 있으나 11월의 경우에는 J3와 J4 영역에서 부분적으로 육상 방향으로 ∩ 모양의 부분 후퇴를 발견할 수 있다. 또한 식생대 전선이 후퇴한 지역에서는 식생포집사구(coppice dunes)가 소규모로 형성되어 있는 것이 발견되었다. 이에 반해 진우도 동쪽 지역(J5)에서는 식생대 전선의 변화가 없거나 북측으로 일부분 후퇴하는 경향을 나타내었다.

Yoon and Yoo[2014]에 따르면 입사파랑이 작은 진우도의 서측(J1)의 경우 전선이 전진하고 일정한 외력환경을 받는 동측(J5)은 변화가 크지 않다고 제시하고, 이를 통해 입사파랑이 큰 해변 단면에서는 식생대 전선이 전진 및 후퇴를 반복하는 반면에 입사파랑

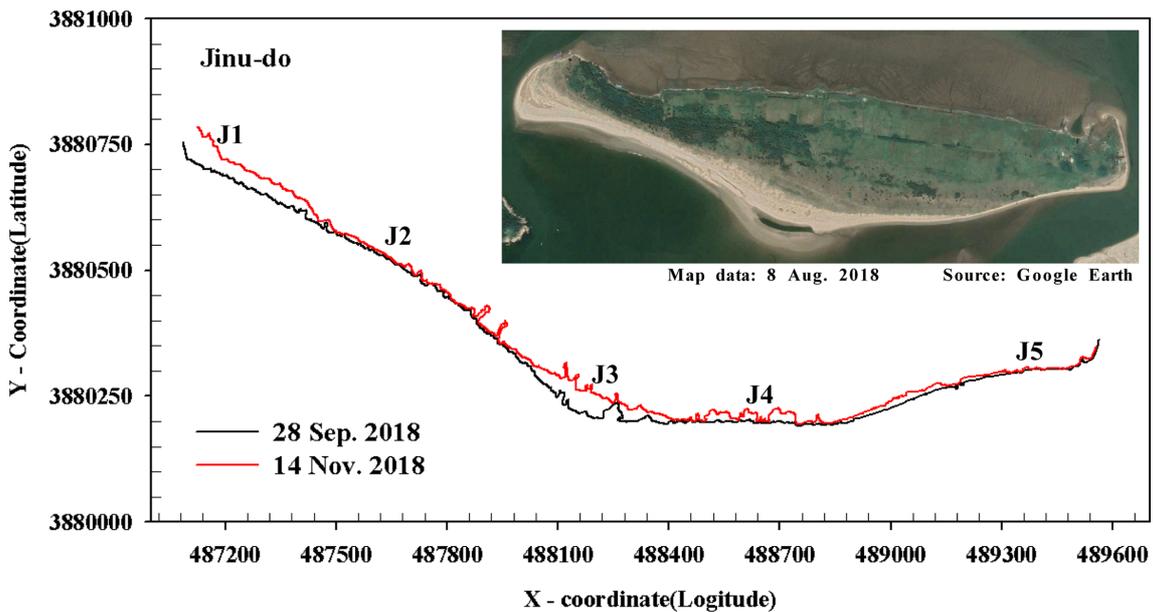


Fig. 5. Comparison of vegetation tracking data surveyed at Jinu-do in the summer season.



Fig. 6. Photographs of coastal status during the field tracking survey on Jinu-do in the Nakdong River estuary.

이 작은 해변 단면에서는 지속적으로 외해 방향으로 식생대 전선이 발달하는 경향을 나타낸다고 제시하였다. 이를 통해 해양파랑 입사에 의해 모래로 구성된 해변지반이 침식됨으로써 식생 서식지가 파괴되어 식생대 전선이 후퇴한다고 할 수 있으며, 결과적으로 해양 파랑에 의해 식생대 환경이 영향을 받고 있음을 확인하였다.

하지만 본 현장조사를 통해 진우도 서측(J1)의 경우 식생대 전선의 후퇴가 발견 되었는데 이는 Yoon and Yoo[2014]의 현장조사 시점과는 다른 환경이 조성되었음을 나타내고 있다.

3.2 신자도 식생대 전선 변동

신자도 식생대 전선의 현장조사 결과는 Fig. 7에 제시하였다. 시간 경과에 따라서 식생대 전선은 전반적으로 후퇴하는 양상을 나타내었다. 신자도 서측의 S1 영역의 경우에는 최대 75.8 m 후퇴하였다. 또한 중앙부의 S2~S3 영역의 경우 식생대 전선이 약 40~54 m 정도 후퇴한 결과를 나타내었다. 또한 S1의 서측 끝, S4의 동측에

존재하던 식생대는 2차 현장조사시에는 사라지고 없었다.

이처럼 식생대 전선이 후퇴하는 과정에서 기존 1차 조사 시기에 관측된 식생대 전선과 2차 조사 시기에 관측된 식생대 전선 사이에 식생포집사구가 소규모로 형성되어 있는 것이 발견되었다. Fig. 8은 시간경과에 따른 소규모 지형변화를 사진관찰한 결과이다.

신자도의 식생대 전선의 공간 변화의 이유로, 1차 조사 때 자라던 식생이 뿌리를 내려 안정된 상태를 유지하기 전에 외해 외력환경에 의해 해수의 침입을 받고 서식지가 파괴됨으로써 식생대 전선이 전부 후퇴된 것으로 판단된다.

3.3 도요등 식생대 전선 변동

도요등 식생대 전선의 현장조사 결과는 Fig. 9에 제시하였다. 도요등 서측의 D1 영역의 경우에는 1차 조사 시기와 거의 동일하였으나 D2~D5 영역에서는 기존 1차 조사 시기에 관측된 식생대 전선이 2차 조사 시기에는 전반적으로 후퇴하거나 일부에서는 소멸

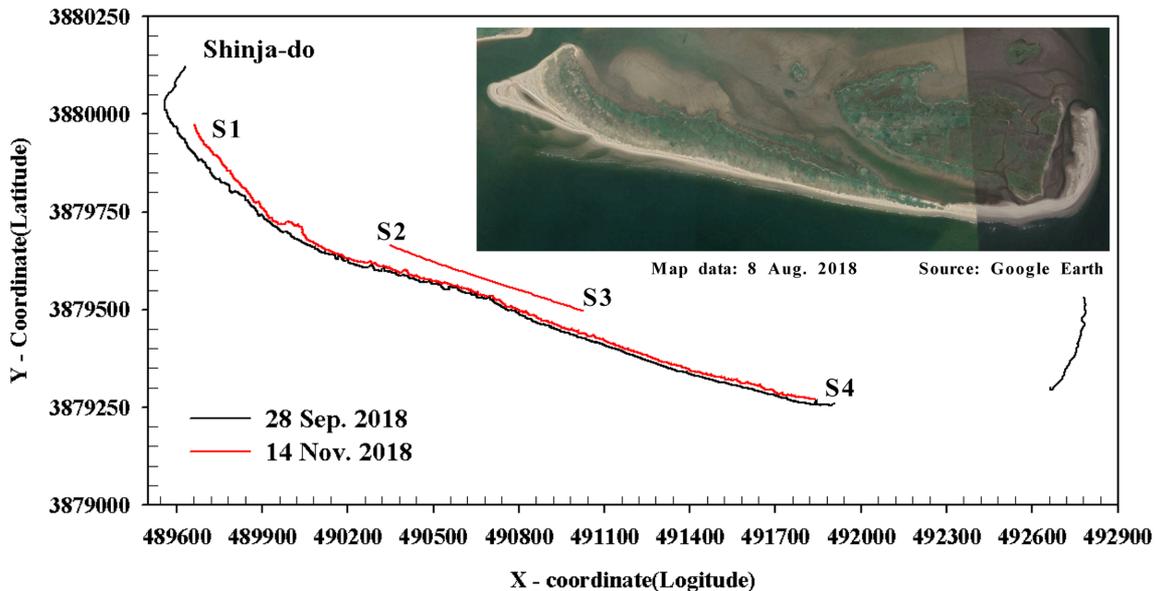


Fig. 7. Comparison of vegetation tracking data surveyed at Shinja-do in the summer season.



(a) 28 Sep. 2018

(b) 14 Nov. 2018

Fig. 8. Photographs of coastal statues during the field tracking survey on Shinja-do in the Nakdong River estuary.

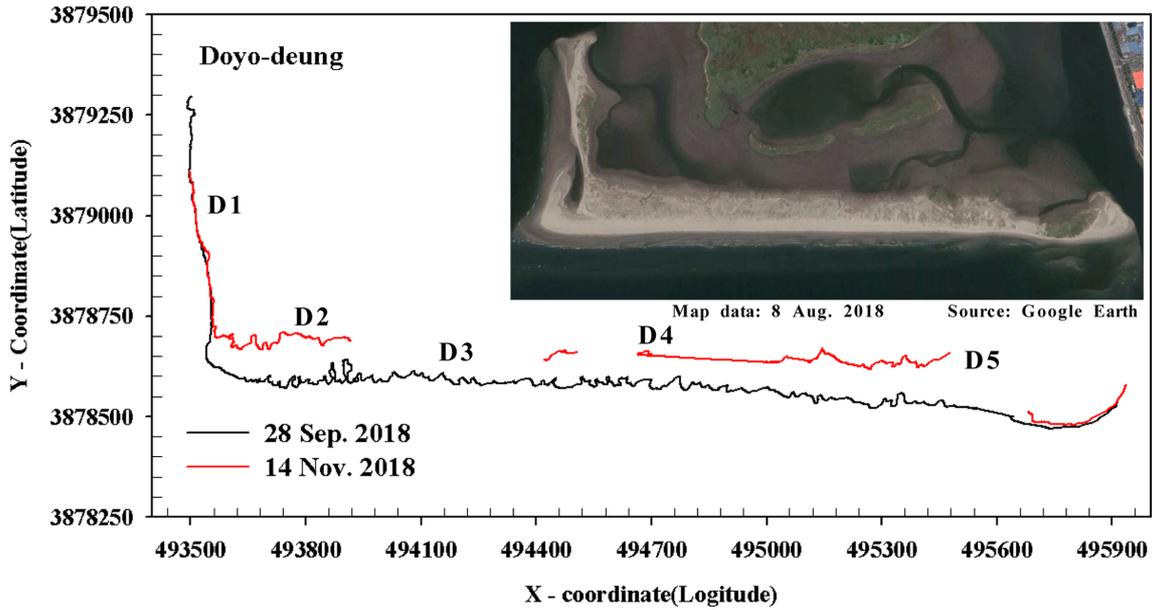


Fig. 9. Comparison of vegetation tracking data surveyed at Doyo-deung in the summer season.



Fig. 10. Photographs of coastal statuses during the field tracking survey on Doyo-deung in the Nakdong River estuary.

되어 찾아 볼 수 없었다. D2 영역에서는 최대 137.9 m 후퇴하였으며, 중앙부의 D4-D5 영역의 경우 식생대 전선이 약 62.0~135.3 m 정도 후퇴한 결과를 나타내었다. 또한 D3 영역과 D5 영역의 동측에 존재하던 식생대는 2차 현장조사시에는 사라지고 없었다.

이는 Park et al.[2016]이 제시한 바와 같이 염수 침입시 식생대가 안정적으로 생육할 수 있는 지반조건 및 지하수위를 가지고 있어야 하는데 현재 도요등은 진우도나 신자도에 비하여 지반조건이 낮아 해변의 안정적인 지반고(Sandy platform)가 형성되어 있지 못하기 때문으로 판단된다. 따라서 고파랑 처오름(Wave runup)에 의해서 불안정하게 서식하던 식생대가 파랑에 의해서 지반이 침식되고 식생이 생육할 수 없는 조건에 도달하였을 것으로 판단할 수 있다.

3.4 사주 식생대 전선 공간 변동 특성

본 연구에서는 조사 현장시 식생대 전선 공간 변화를 관찰하는

과정에서 Fig. 11과 같이 몇 가지 특징적인 현상을 발견할 수 있었다. 먼저 식생대 전선 및 해변상에서 해안 표착물을 다수 발견할 수 있었으며(Fig. 11(a), Fig. 11(b)), Fig. 11(c)와 같이 해변 상에 표착된 해안표착물에 비사가 쌓이고 식생이 먼저 다시 자라게 되면서 해안 전면부에 띠 형태의 식생포집사구가 형성된 것을 볼 수 있었다. 또한 사주에 직접적으로 영향을 미치는 태풍(고파랑, 고조위)으로 인하여, 식생대 내부로의 해수가 직접 침입한 흔적과 식생대 전선이 끊어지거나 외부로 해안모래가 침입하여 식생대 일부 구역을 모두 덮어버린 경우(Fig. 11(d), Fig. 11(e)), 충분히 식생대가 성장, 발달한 상태에서 파랑의 작용에 의해 해안표착물이 표착된 상태를 보이거나(Fig. 11(f)), 식생대 지반이 파랑의 작용에 의해서 침식되어 식생대 뿌리가 외부로 돌출되어 있는 경우(Fig. 11(g)), 식생대선 위로 해양파랑 또는 바람에 의해서 식생대가 육지방향으로 누워 있는 경우 등이 발견되었다(Fig. 11(h)).

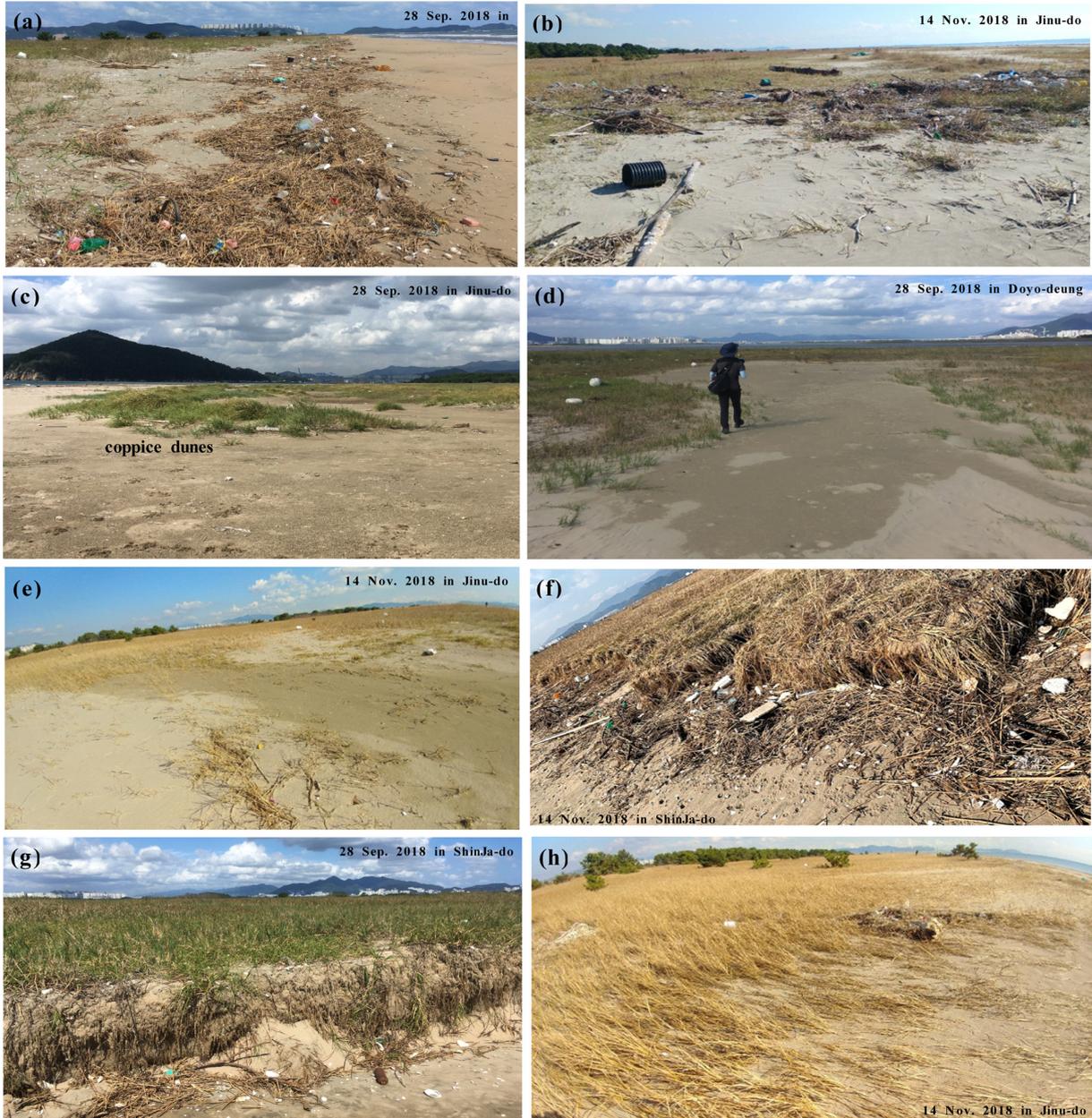


Fig. 11. Various site photos taken at the vegetation front during the site survey. Marine debris and ocean waves caused destruction of vegetation during the field survey or coppice dunes formation on the coast.

이와 같은 현상에 대해서 Je[2012]와 Yoon and Yoo[2014]은 진우도 사주 전면 해변에서의 해양파랑, 식생대 전선의 변화과정을 조사한 결과로부터 시간경과에 따른 해안표착물의 침적이 해변 지형 및 식생대 전선의 발달에 영향을 미치는 과정을 Fig. 12와 같이 평면상의 해안표착물 침적 메카니즘으로 도시화하였다. 즉, 해양파랑의 소상대(wave runup zone)상의 처오름 크기에 의해 해변상에 해안표착물(쓰레기)의 거동은 결정될 것으로 생각할 수 있다. 따라서 파의 처오름이 큰 경우 배후 식생대 전선에 표착물이 도달하고 그렇지 못한 경우에는 해변상에 독립적인 섬의 형태로 침적시킬 가능성이 있다.

Yoon and Yoo[2014]는 Fig. 12의 AA'단면에서 일어나는 시간경과가 식생포집사구의 생성 과정이며, 해양파랑의 해안 처오름 현상과 해수 중에 부유하던 해안표착물이 파랑의 처오름에 의해 해변상에 침적/퇴적되며 이것이 주변 비사를 포집하여 독립적인 섬의 형태로 발달하게 된 것이라 하였다. 최종적으로 이는 배후 안전공간을 제공하고 배후 식생대 전선의 전진과 후퇴를 결정짓게 하는 하나의 요인이라 하였다.

또한 본 연구에서는 Fig. 11(d)와 Fig. 11(g)의 경우가 발생하는 원인은 앞서 Fig. 12와는 다른 메카니즘에 의해서 발생하는 것으로 판단된다. 즉, 해역에 동일한 해양파랑이 내습하여 영향을 미친다

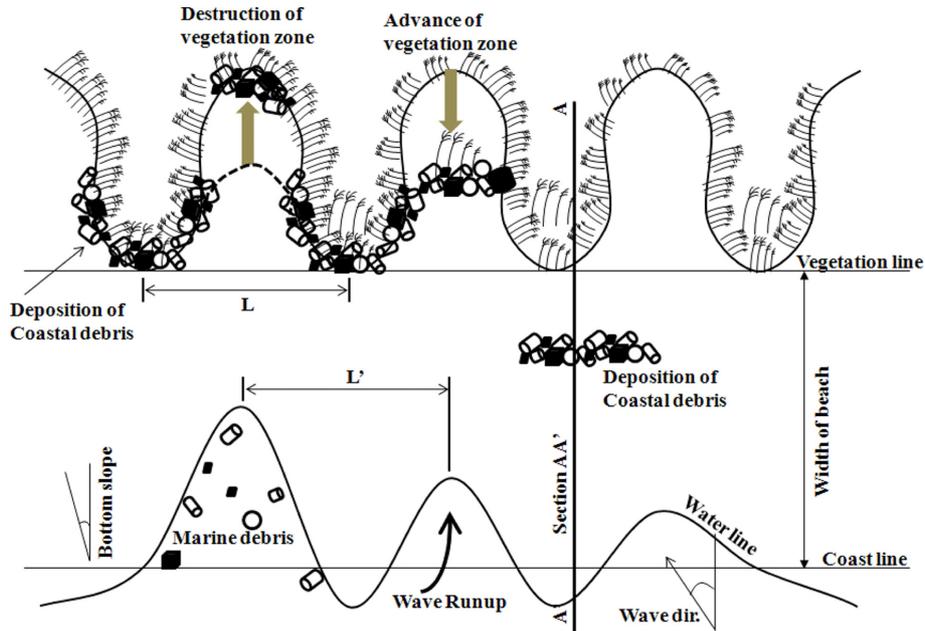


Fig. 12. Mechanism of interaction between coastal debris and coastal vegetation via wave action (Je[2012]; Yoon and Yoo[2014]).

고 가정할 때, 해변 단면의 특성에 따라 해양파랑의 침입 범위와 해안표착물의 표착위치가 다르며, 이는 식생대의 변동 및 복원 과정에 직접적인 영향을 미치게 된다. Fig. 11(d)의 경우는 해변이 완만하거나 식생대 지반고가 높지 않은 경우에 발생할 수 있을 것으로 판단되며, 이에 반해 Fig. 11(g)의 경우는 해변 경사가 다소 급경사이고 식생대가 충분히 발달하여 지반고가 높아 파랑의 쳐오름이 침식 작용을 일으킨 경우에 해당한다고 판단되어 진다.

이상의 결과를 종합하여 보면 낙동강 하구역에 위치한 진우도, 신자도, 도요등의 3개 사주의 식생대의 경우 지속적으로 해양파랑 및 해안표착물에 의해 침식과 퇴적 현상이 반복되는 과정을 가지며 동측에 위치한 도요등에서 사주 식생대 전선의 변화가 가장 크고, 다음으로 신자도, 진우도의 순이었다. 이는 가장 최근 생성 과정에 있는 도요등이 다른 사주에 비해 지반고가 낮기 때문이라 할 수 있는데, Eom and Lee(2017)은 위성영상을 활용한 도요등의 해안선 변화가 북남 방향에서는 약 20 m/yr, 동서 방향에서는 약 -20~10 m/yr 변화율을 가진다고 제시하여 진우도와 신자도보다 해안선 변화가 많다고 제시한 바 있다.

4. 결 론

본 연구는 2018년 10월에 내습한 태풍 콩레이(KONG-REY)를 포함하는 추계 기간 동안 낙동강 하구역 사주 전면 사구식물이 서식하는 식생대 전선을 DGPS를 이용하여 조사하고 그 공간적인 변동 특성을 고찰하고자 하였다. 본 연구를 통해 획득되어진 연구결과를 요약하면 다음과 같다.

(1) 현장조사 기간동안 대상 해역 인근(거제도 해상관측부이)의 해양파랑 자료로부터 최대 파고 4 m 이상 되는 상황은 총 4번 발

생하였는데 그 중에서 태풍 콩레이가 내습하는 동안에는 최대 파고 10 m, 유의파고 8.6 m, 파주기 12.8 sec를 마지막으로 결측이 되었다. 고파랑 내습 상황에서의 파향은 태풍 콩레이 내습시 SW방향(225°), 10월 20일경 ENE(75°), 11월 9일경 SW방향(225°)을 나타내었다.

(2) 진우도 식생대 전선의 변화가 급격하게 발생하는 지역은 서측과 중앙부였으며, 서측 지역(J1)에서는 최대 69.8 m, 중앙부(J3)에서는 최대 84.4 m 후퇴한 결과를 나타내었다.

(3) 신자도의 시간 경과에 따른 식생대 전선은 전반적으로 후퇴하는 양상을 나타내었다. 신자도 서측의 S1 영역의 경우에는 최대 75.8 m, 중앙부의 S2-S3 영역의 경우 식생대 전선이 약 40~54 m 정도 후퇴한 결과를 나타내었다. 또한 S1의 서측 끝, S4의 동측에 존재하던 식생대는 2차 현장조사시에는 사라지고 없었다.

(4) 도요등 서측의 D1 영역의 경우에는 1차 조사 시기와 거의 동일하였으나 D2 영역에서는 최대 137.9 m 후퇴하였으며, 중앙부의 D4~D5 영역의 경우 식생대 전선이 약 62.0~137.9 m 정도 후퇴한 결과를 나타내었다. 또한 D3 영역과 D5 영역의 동측에 존재하던 식생대는 2차 현장조사시에는 사라지고 없었다.

(5) 결과적으로 진우도, 신자도, 도요등의 3개 사주의 식생대의 경우 지속적으로 해양파랑 및 해안표착물에 의해 침식과 퇴적 현상이 반복되는 과정을 가지며 동측에 위치한 도요등에서 사주 식생대 전선의 변화가 가장 크고, 다음으로 신자도, 진우도의 순이었다. 이는 가장 최근 생성 과정에 있는 도요등이 다른 사주에 비해 지반고가 낮기 때문이라 할 수 있다.

본 연구 결과는 낙동강 사주 생태공간이 해양외력환경에 의해 어떻게 파괴되고 재형성되는가를 살펴볼 수 있는 기회였다고 판단된다. 이는 향후 해안경관의 질 증진, 지진해일과 같은 재해 대비, 해안보전 등 사빈 침식과 해안선 후퇴 등의 문제 해결책 마련에 도움

을 줄 뿐만 아니라 해안 방풍림이나 방사림 조성 설계 등에 있어서 그 전면에 초본으로 이루어진 사구식물 군락을 조성하는 기초자료로 활용될 수 있을 것으로 생각된다.

후 기

이 논문은 2018년도 부산녹색환경지원센터의 연구사업비 지원을 받아 연구되었음(18-2-70-76-1).

References

- [1] Davidson-Arnott, R.G.D. and Law, M.N., 1990, Seasonal patterns and controls on sediment supply to coastal foredunes, Long Point, Lake Erie, Coastal Dunes: Form and Process, John Wiley & Sons Ltd., 177-200.
- [2] Eom, J. and Lee, C., 2017, Analysis on the Area of Deltaic Barrier Island and Suspended Sediments Concentration in Nakdong River Using Satellite Images, Korean J. Remote Sens., 33(2), 201-211.
- [3] Houser, C. and Hamilton, S., 2009, Sensitivity of post-hurricane beach and dune recovery to event frequency, Earth Surface Processes and Landforms, 34, 613.
- [4] Je, Y.J., 2012, A Study on the correlation between marine debris and coastal vegetation zone, M.S. thesis, Dept. Ocean Industrial Eng., Pukyong National Univ., Busan, Korea.
- [5] Je, Y.J., Yoo, C.I. and Yoon, H.S., 2011, Studies on its Mechanism of Marine Debris and Vegetation Zone in the Coastal Area, in proc. of KOSMEE Fall Meeting, Korea, 102.
- [6] Kim, S.H., 2005, The morphological changes of deltaic barrier islands in the Nakdong river estuary after the construction of river barrage, J. Kor. Geogr. Soc., 30(4), 416-427.
- [7] Korea Hydrographic and Oceanographic Agency (KHOA), <http://www.khoa.go.kr/>.
- [8] Korea Meteorological Administration (KMA), <http://www.kma.go.kr/index.jsp>, <https://data.kma.go.kr/>.
- [9] Korea Meteorological Administration (KMA), <https://data.kma.go.kr/>.
- [10] Nordstrom, K.F., Psuty, N.P. and Carter, R.W.G., 1990, Coastal dunes: form and process, Wiley, England.
- [11] Nordstrom, K.F., 2008, Beach and Dune Restoration, Cambridge University Press.
- [12] Nordstrom, K.F., Jackson, N.L. and Korotky, K.H., 2011, Aeolian sediment transport across beach wrack, J. Coast. Res., S159, 211-217.
- [13] Park, J.H., Yoon, H.S. and Jeon, Y.H., 2016, Spatial Characteristics of Vegetation Development and Groundwater Level in Sand Dunes on a Natural Beach, J. Korean Soc. Mar. Environ. Energy, 19(3), 218-226.
- [14] Park, J.H., Yoon, H.S. and Lee, I.C., 2014, Analysis of Ground Watertable Fluctuation at the Sandy Barrier Island on Jinu-do in Nakdong River Estuary, J. Korean Soc. Mar. Environ. Saf., 20(4), 382-388.
- [15] Park, S., Yoon, H.S., Park, H.B., Ryu, S.W. and Ryu, C.R., 2009, Analysis of Wave Distribution at Nakdong River Estuary Depending on the Incident Wave Directions Based on SWAN Model Simulation, J. Korean Soc. Mar. Environ. Energy, 12(3), 188-196.
- [16] Short, A. D. and Hesp, P.A., 1982, Wave, beach and dune interactions in Southern Australia, Marine Geology, 48, 259-284.
- [17] Stone, G.W., Liu, B., Pepper, D.A. and Wang, P., 2004, The importance of extratropical and tropical cyclones on the short-term evolution of barrier islands along the northern Gulf of Mexico, USA, Mar. Geol., 210, 63-78.
- [18] Yoo, C.I., 2006, A Study on the Generation and Development of the shoal in Nakdong river estuary, M.S. thesis, Dept. Ocean Eng., Pukyong National Univ., Busan, Korea.
- [19] Yoon, H.S., Park S.Y. and Yoo, C.I., 2010, Review of the Functional Properties and Spatial Distribution of Coastal Sand Dunes in South Korea, J. Kor. Soc. Fish. Mar. Edu., 22(2), 180-194.
- [20] Yoon, H.S. and Yoo, C.I., 2014, Interaction between Coastal Debris and Vegetation Zone Line at a Natural Beach, J. Korean Soc. Mar. Environ. Energy, 17(3), 224-235.
- [21] Yoon, H.S., Yoo, C.I., Kang, Y.K. and Ryu, C.R., 2007, Delta Development in Nakdong River Estuary: a Literature Survey, J. Ocean Eng. Technol., 21(2), 22-34.

Received 3 December 2018

1st Revised 31 January 2019, 2nd Revised 15 May 2019

Accepted 15 May 2019