위성 위치 추적 부이를 활용한 낙동강 하류 부유쓰레기의 하구 유출 특성 분석

장선웅* · 윤홍주** · 서원찬***

Analysis of the estuary outflow characteristics of floating debris in the downstream of Nakdong River using satellite location tracking buoys

Seon-Woong Jang* · Hong-Joo Yoon** · Won-Chan Seo***

요 약

본 논문은 낙동강 하류 지역 부유쓰레기에 대한 실시간 이동 경로 추적과 수문기상환경 분석을 통해 구체적인 하구 유출 특성을 파악하고자 하였다. 부유쓰레기의 이동 및 하구 유출 경로를 파악하기 위해 위성 위치 발신기를 장착한 소형 부이를 활용하였다. 그리고 수문기상환경을 파악하기 위해 하천 유량 및 하구둑 방류량 변화, 하구역의 풍향에 대한 분석을 수행하였다. 향후 본 연구 결과는 집중호우시 낙동강 부유쓰레기의 연안 유출 여부와 피해 범위를 파악하는데 기초 자료로 활용할 수 있을 것으로 기대된다.

ABSTRACT

The present study is to identify discharge characteristic from the mouth of floating debris in the Nakdong River through real time tracking of moving route and by analyzing hydrometeorologic environmental. To identify the path and route of outflow through the mouth of the river of floating debris, small-sized buoy equipped with satellite location transmitters was used. Moreover, to identify hydrometeorologic environmental, flux of the river, change of discharge of the River-Mouth Weir and wind direction of the mouth of the river area were analyzed. From now on, the present study is expected to be utilized as basic data to identify damage and flowing into nearby ocean of the floating debris of Nakdong River in time of severe rain storm.

키워드

Nakdong River, Floating Debris, Location Tracking Buoy, Hydrometeorologic
낙동강, 부유쓰레기, 위치 추적 부이, 수문 기상

1. 서 론

장마, 태풍 등으로 인한 집중호우 발생 시 하천으로 다량의 쓰레기가 유입되어 하류를 따라 이동하며 하구역 또는 외해로 유출되고 있다[1]. 2009년 ~

2012년 한강, 금강, 낙동강, 영산강, 섬진강에서 수거된 쓰레기의 양은 184,760톤으로 이 가운데 115,899톤이 하구에서 수거되었다[2].

본 연구의 대상 하천인 낙동강은 면적 - 23,817km², 길이 - 521.5km로 국토 면적의 24%를 차지하고 있으

* 부경대학교 공간정보시스템공학과(bearsd@pknu.ac.kr)

** 부경대학교 공간정보시스템공학과(yoonhj@pknu.ac.kr)

*** 교신저자(corresponding author) : 부경대학교 신소재시스템공학과(seowc@pknu.ac.kr)

접수일자 : 2014. 11. 13

심사(수정)일자 : 2015. 01. 16

게재확정일자 : 2015. 02. 09

며 하구역에는 하중도인 을숙도를 비롯하여 진우도, 신자도, 대마등, 백합등 등의 사주 해안과 간석지가 발달해 있다[3-4]. 특히, 낙동강 하구 주변 일대는 문화재보호구역, 생태계보전지역, 습지보호지역, 자연환경보전지역, 연안오염특별관리해역으로 지정하여 보호하고 있다[5]. 그러나 집중호우시 하구역으로 유입되는 쓰레기로 인해 철새 서식지 및 해양생태계 파괴, 경관 훼손, 막대한 처리 비용 소요 등의 피해를 유발하고 있다[6].

낙동강 하구역 쓰레기 발생 실태 및 거동에 관한 연구 사례로 윤한삼 등[7]은 낙동강 하구역내 사주간의 단면유량플럭스 수치모의를 통해 홍수 하천 유량이 방류될시 하구역 중 장자도, 백합등, 대대 전면 해역에서 퇴적활동이 클 것으로 예측하였다. 그리고 유창일 등[1]은 입자수치모의를 통해 낙동강 하구 해안 부유쓰레기의 거동 특성을 파악하였다. 그 결과에 따르면 하구둑의 홍수 유량에서 입자를 방출한 후 72시간이 지난 시점에 하구역내 입자 분포 및 거동이 안정 상태에 도달하며 진우도를 포함한 가덕도 동쪽 해안은 초기부터 33시간까지 입자 비율이 40%까지 증가한다는 결과를 도출하였다. 이영복 등[8]은 진우도 전면해역을 대상으로 해안쓰레기의 공간적 분포와 종류를 분석한 뒤, 낙동강 하구역 사주 해안(진우도, 신자도, 도요등)에 대한 전체 분포량을 추정하였다. 그 결과 목재(85.56%)가 가장 많은 양을 차지하였으며 사주 전면 해안에 분포하는 쓰레기는 총 239,760kg으로 추정되었다. 이와 같은 결과는 집중호우 발생 시 낙동강 유역에서 다량의 부유쓰레기가 유출될 경우 하구역내 사주 해안에 집적될 수 있음을 보여준다. 그러나 이것은 낙동강 하구둑의 대규모 홍수 방류 상황을 가정하여 하구역내의 쓰레기 거동 특성을 예측한 결과로 구체적인 유출 시기 및 경로, 유출 환경 등을 파악하기 어렵다.

이에 본 연구에서는 낙동강 하류 지역 부유쓰레기에 대한 실시간 이동 경로 추적과 수문기상환경 분석을 통해 구체적인 하구 유출 특성을 파악하고자 하였다. 향후 본 연구는 집중호우시 하천기인 부유쓰레기의 연안 유출 여부와 피해 범위를 파악하는데 도움을 줄 것으로 판단된다.

II. 본 론

2.1. 연구 자료

본 연구에서는 낙동강 부유쓰레기의 이동 및 하구 유출 경로를 파악하기 위해 장선웅 등[9-10]이 제안한 저궤도 이동 위성 서비스와 위성 위치 발신기를 장착한 소형 부이(Buoy)를 활용하였다(그림 1). 부이 이동에 대한 위치 정보(위도, 경도, 시간)는 이동 - 10분 간격, 정체 - 1시간 간격으로 웹사이트(<http://www.spot.co.kr/>)를 통해 수신하였다. 그리고 각 부이에 대한 위치 정보를 Eexel과 GPX 형태로 생성한 후 구글맵(Google Map)을 기반으로 유출 경로를 표현하였다.

그림 1. 위치 추적 부이 형상
Fig. 1 Shape of location tracking buoys

한편, 강수량이 적은 시기에는 부유쓰레기의 하천 유입량이 적으며, 다량의 육상기인 쓰레기와 하천 주변의 부유쓰레기는 장마, 태풍 내습 시 유량 증가로 수위가 상승하게 되면서 하천으로 유입되어 이동하게 된다[11]. 그리고 하천의 최하단에 위치한 하구둑의 수문 운영에 따라 부유쓰레기가 하구역과 해양으로 유출되며 수문을 완전히 개방할 경우 일시에 대량 유출될 가능성이 커지게 된다. 낙동강 하구둑은 주배수문과 우안배수문을 통해 방류를 실시하고 있으며 진동 지점의 유량이 1,200m³/s를 초과하면 홍수시로 간주하고 완전 개방하여 방류하고 있다[12]. 홍수시 낙동강 하구 수문 개방으로 유출된 부유쓰레기는 바람, 조류, 해수 표층 흐름에 따라 이동 및 확산 범위가 달라진다[13]. 박 순 등[14]은 낙동강 하구둑 방류량과 기상인자와의 상관성 비교에서 방류량이 많은 경우 주풍향이 북북동풍, 남서풍, 남남서풍이 우세할 가능성이 높다고 예측하였다.

따라서 본 연구에서는 부유쓰레기의 이동 및 유출과 관련한 수문기상환경을 파악하기 위해 하천 유량 및 하구둑 방류량 변화, 하구역의 풍향을 분석하였다. 하천 유량은 국토교통부의 국가수자원관리종합정보시스템[15]와 낙동강홍수통제소[16]에서 제공하는 일자별/10분별 자료를 이용하였다. 하구둑 방류량은 한국수자원공사[17]에서 제공하는 댐/보 수문 자료(일자별/시간별)를 활용하였다. 낙동강 하구역의 풍향은 기상청[18]의 시간별 지상관측자료를 활용하였으며 하구역과 가장 인접한 사하 지점에 대해 분석하였다.

2.2. 연구 방법

장선웅 등[10], [19]은 낙동강 부유쓰레기의 거동 특성을 파악하기 위해 현장 조사와 권역별 이동 경로 모니터링을 수행하였다. 그 결과 장마시기에 하구와 해양으로 유입되는 초목류, 생활쓰레기 등의 부유쓰레기는 하류 지역에서 사전에 수거되지 않아 장기간 강변에 집적되어 있던 것들로 추정하였다. 이에 본 연구에서는 낙동강 부유쓰레기의 하구 유출 여부와 특성을 세부적으로 파악하기 위해 하류 지역을 연구 대상 구간으로 선정하였다.

위치 추적 시험 기간과 부이 투하 지점은 표 1과 그림 2에 나타내었다. 장마, 태풍 등 집중호우 발생에 따른 유량 증가와 하구둑의 전체 수문 개방 횟수가 늘어날 것으로 예상되어지는 2014년 7월 3일부터 ~ 9월 1일까지 62일간 수행하였다. 위치 추적 부이는 하류 지역 내 보(Barrage)의 위치와 주요 지류 합류점, 현장 상황 등을 고려하여 창녕/함안보 인근 지점(B1), 밀양강 합류점(B2), 양산천 합류점(B3)에 각각 투하하였다. 그리고 전체 위치 추적 시험 기간 중 처음으로 진동 지점(O1)의 유량이 1,200m³/s를 초과하여 평상시 보다 5배 이상 많은 방류량을 보인 8월 3일 하구둑 수문 입구(B4)에서 추가적인 시험을 수행하였다.

유량의 변화는 낙동강 하구의 수문 운영과 연관된 진동 관측소(O1)를 비롯하여 부이 투하 지점과 인접한 삼랑진(O2), 구포 관측소(O3)에 대한 자료를 분석하였다(그림 2). 2014년 7월 1일부터 9월 30일까지의 자료를 바탕으로 하류 지역의 일자별 유량 변화를 파악하였으며 부이의 이동과 관련된 시기의 유량에 대해서는 시간별 변화를 분석하였다. 낙동강 하구둑의 방류량 또한 2014년 7월 1일부터 9월 30일까지의 자

료를 이용하여 일자별 변화를 분석하였으며 부이가 하구로 유출된 시점의 시간별 방류량을 파악하였다. 그리고 사하(W1) 지점의 지상관측자료를 이용하여 부이가 하구로 유출된 시점의 풍향·속을 파악하였다.

표 1. 부이의 투하 지점 및 추적 기간
Table 1. Dropping points for location tracking buoys and tracking period

Regions(Number)	Dropped points	Periods
Changnyeong/Haman Barrier(B1)	N 35° 22 ' 26 " E 128° 38 ' 35 "	2014.07.03 ~ 2014.09.01
Miryang River(B2)	N 35° 22 ' 51 " E 128° 49 ' 25 "	
Yangsang River(B3)	N 35° 16 ' 30 " E 129° 00 ' 59 "	
Nakdong River Barrier(B4)	N 35° 06 ' 24 " E 128° 57 ' 13 "	2014.08.03 ~ 2014.08.07

그림 2. 부이 투하 및 유량 관측 지점의 위치
Fig. 2. Locations for dropping points of buoys and flow rate observation

III. 결과 및 고찰

3.1. 위치 추적 시험 결과

연구 대상 구간의 상단부인 창녕/함안보 인근 지점(B1)에 투하한 위치 추적 부이(그림 3(a))는 2014년 7월 3일부터 7월 9일까지 밀양강 합류점 인근 지역(경상남도 밀양시 하남읍 명례리)으로 약 15.5km를 이동한 후 40일 동안 계속 정체하였다. 이후 8월 18일 19시 22분 ~ 19일 05시 59분 사이 평균 76.6m/min의

속도로 약 48.8km를 이동한 후 수문을 통과하여 하구역으로 유출되었다. 수문을 통과한 부이는 을속도를 따라 하구역 외곽으로 약 13km를 이동한 뒤 신자도 전면 좌측 해안에 표착하였다. 다음은 연구 대상 구간의 중간지점으로 밀양강이 합류하는 지점(B2)에 투한된 위치 추적 부이(그림 3(b))는 추적 시작 시점으로부터 46일 동안 하천변에 정체되어 있었다. 이

그림 3. 위치 추적 시험 결과 : (a) 창녕/함안보 인근 지점, (b) 밀양강 합류점, (c) 양산천 합류점

Fig. 3 Result of location tracking test :

(a) Changnyeong/Haman barrage, (b) The confluence of the Nakdong and Miryang River, (C) The confluence of the Nakdong and Yangsan River

후 움직임을 보인 시점은 창녕/함안보 인근 지점(B1)의 부이보다 2시간 앞선 8월 18일 17시 21분으로 낙동강 하구둑까지 약 41.2km(64.8m/min)를 이동하였다. 8월 19일 03시 59분경 하구둑 수문을 통과한 부이는 신자도 우측 해안을 지나 가덕도 동방 약 2.4km 지점까지 약 14.2km를 남하하였다. 그리고 8월 19일 08시 03분경 이동 방향이 북쪽으로 바뀌며 약 5.9km를 이동하여 진우도 좌측 전면 해안에 표착하였다. 마지막 위치 추적 부이(그림 3(c))는 연구 대상 구간의 최하단인 양산천 합류점(B3)에 투하된 것으로 밀양강 합류점(B2)의 부이와 마찬가지로 47일 동안 인근 하천변에 정체되어 있었다. 다른 2개의 부이가 하구역내 사주 해안 전면에 표착된 이후 8월 19일 15시 19분부터 이동을 시작하였으며 80.1m/min(16.9km)의 빠른 속도로 낙동강 하구둑까지 도달하였다. 수문을 통과한 부이는 을속도를 따라 10.6km를 남하하여 신자도 전면 우측 해안에 표착하였다.

그림 4. 위치 추적 시험 결과 : 낙동강 하구둑
Fig. 4 Result of location tracking test : Nakdong River barrier

한편, 위치 추적 시험 기간 중 처음으로 하구둑 수문이 완전히 개방된 8월 3일에 수행한 추가 시험에서는 총 3개의 부이를 투하하였다(그림 4). 부이들은 투하 후 30 ~40분 동안 남서 방향으로 약 1.3km의 짧은 거리를 이동한 후 을속도 외곽에 표착하였다. 이후 하구역 외부로 이동은 보이지 않았으며 수거 당일 표착 지점 인근에는 초목류를 비롯한 다양한 생활쓰레기들이 뒤엉켜 있었다. 이와 같은 이동결과는 장선웅 등[20]이 2012년 8월 27일 동일한 방식의 추적 시험을 통해 얻은 결과와 유사하다. 당시 하구둑 수문 입구에

서 3개의 부이를 투하하였으며 하구역을 빠져나가지 못하고 2km 내외의 짧은 거리를 이동한 후 을숙도 하단의 생태 공원 습지 주변에 표착되었다.

3.2. 수문 기상 환경 분석 결과

그림 5는 위치 추적 시험 기간 중 진동(O1), 삼랑진(O2), 구포(O3) 관측소와 하구둑의 일자별 유량 및 방류량 변화를 보여준다.

그림 5. 일자별 유량 및 방류량 변화
Fig. 5 The daily variation in flow rate and discharge

낙동강 하구둑은 진동 관측소(O1)의 유량이 1,200 m^3/s 를 초과하면 홍수 때로 간주하고 수문을 완전히 개방하여 방류를 실시한다. 따라서 하구둑의 방류량 변화는 유량 변화와 유사한 패턴을 나타낸다. 8월 3일 (2,136 m^3/s) ~ 5일 (1,267 m^3/s), 8월 8일 (1,206 m^3/s) 진동 관측소(O1)의 유량이 1,200 m^3/s 이상 관측되었으며 나머지 두 관측소에서도 비슷한 유량 증가를 보였다. 그러나 당시 창녕/함안보 인근 지점(B1), 밀양강 합류점(B2), 양산천 합류점(B3)에 투하된 위치 추적 부이의 이동은 전혀 나타나지 않았다. 이후 3곳의 관측 지점에서 가장 큰 유량 증가를 보인 시기는 8월 18일 ~ 22일이다. 이 시기 동안 3곳의 관측 지점은 평균 4,000 m^3/s 이상의 많은 유량을 보였다. 특히, 8월 19일은 진동(O1) - 5,494 m^3/s , 삼랑진(O2) - 5,173 m^3/s , 구포(O3) - 6,171 m^3/s 로 모두 일 최대 유량을 나타냈다. 하구둑 방류량 또한 8월 18일 ~ 22일 사이 평균 3,600 m^3/s 로 크게 증가하였으며 19일에는 4,296 m^3/s 로 전체 조사 기간 중 가장 많은 양을 방류하였다.

그림 6. 시간별 유량 및 방류량 변화 : (a) 하천 유량, (b) 낙동강 하구둑 방류량

Fig. 6 The hourly variation in flow rate and discharge : (a) Flow rate in river, (b) Discharge for Nakdong River barrier

그림 6(a)와 6(b)는 하천 주변에 장기간 정체되어 있던 위치 추적 부이가 낙동강 하구역 내로 유출된 8월 18일부터 20일 사이의 시간별 유량과 하구둑 방류량 변화를 나타낸다.

연구 대상 구간의 중앙부에 위치한 밀양강 합류점(B2)의 부이는 3,763 m^3/s (삼랑진(O1))의 유량에서 이동을 시작하였으며 4,182 m^3/s 의 방류량을 보인 8월 19일 4시경 가장 먼저 하구역으로 유출되었다. 창녕/함안보 인근 지점으로부터 밀양강 합류점 인근까지 이동하여 장기간 정체하고 있던 또 다른 부이(B1)는 상대적으로 넓은 하폭의 영향으로 470 m^3/s 의 유량이 증가한 4,233 m^3/s (삼랑진(O1))에서 이동을 시작하였다. 그리고 하구 수문을 통과할 당시 방류량은 첫 번째 유출 때보다 280 m^3/s 정도 증가한 4,462 m^3/s 를 나타냈다. 마지막으로 낙동강 하구둑과 가장 인접한 양산천 합류점(B3)은 다른 부이들의 이동 시작 때보다 1,700 m^3/s 이상 많은 5,998 m^3/s (구포(O3))의 유량에서 이동

하였으며 가장 빠른 이동 속도(80.1m/min)를 나타냈다. 하구 수문 유출 당시 방류량은 4,281m³/s로 두 번째 유출 때보다 약 180m³/s 정도 감소하였다.

한편, 3개의 위치 추적 부이가 낙동강 하구 수문을 통과한 8월 19일 사하 지점(W1)의 풍향은 남남서풍(SSW), 남서풍(SW)이 우세하였으며 3m/s 이하의 풍속 빈도가 70% 정도로 지배적이었다(그림 7). 당시의 풍향은 낙동강 하구둑 방류량과 기상인자와의 상관성 비교에서 방류량이 많은 경우 주풍향이 북북동풍, 남서풍, 남남서풍이 우세하다는 박 순 등[14]의 연구 결과와 일치한다.

그림 7. 바람 장미(2014년 8월 19일)
Fig. 7 Map of wind rose
(August 19th, 2014)

한편, 진동 관측소(O1)의 유량이 1,200m³/s를 초과하여 추가적인 위치 추적 시험이 수행된 8월 3일에 하구둑 방류량은 2,270m³/s로 7월 1일 ~ 8월 2일 사이의 방류량 보다 5배 이상 많았다(그림 5). 8월 3일 03시경부터 방류량이 급증하기 시작하였으며 부이가 투하된 시점에 1,849.9m³/s까지 도달하였다. 이후 방류량은 계속 증가하였으며 18시경 3,317m³/s의 최대치를 나타냈다(그림 8). 그러나 하구둑 수문 입구에 투하된 3개의 부이는 방류량의 증가에도 불구하고 하구역을 벗어나지 못하고 인근의 을숙도 외곽에 표착된 후 움직임을 보이지 않았다(그림 4). 풍향·속의 경우 부이가 투하된 시점부터 표착될 때까지 남동풍(SE)이 지

속적이었으며 5m/s 이상의 강한 풍속을 보였다(표 2). 이는 2012년 8월 27일 위치 추적 부이가 하구역을 빠져나가지 못하고 을숙도 하단의 생태 공원 습지 주변에 표착되었을 당시의 방류량(2,269m³/s) 및 풍·향속(동남동(ESE), 7m/s 이상)과 유사하다.

그림 8. 시간별 방류량 변화(2014년 8월 3일)
Fig. 8 The hourly variation discharge
(August 3th, 2014)

표 2. 위치 추적 시험 기간의 풍향·속
Table 2. Wind direction and speed of location tracking test Nakdong River barrier

Date (mm.dd h:mm)	Wind direction	Wind speed	Barrier discharge
08.03 05:50	SE	7.8m/s	1,849.9m ³ /s
08.03 06:00	SE	9.3m/s	1,844.5m ³ /s
08.03 06:10	SE	8.2m/s	1,813.5m ³ /s
08.03 06:20	SE	7.8m/s	1,837.4m ³ /s
08.03 06:30	SE	7.5m/s	1,893.5m ³ /s
08.03 06:40	SE	5.8m/s	1,951.7m ³ /s

이와 같은 결과는 수문 방류량이 상대적으로 적은 시기에 부유쓰레기가 유출될 경우 상당량의 쓰레기가 하구 인근에 집적될 수 있음을 보여준다. 그리고 하구 인근에 집적된 쓰레기에 대한 수거가 이루어지지 않을 경우 차후 발생하는 집중호우, 태풍 내습 등에 의한 방류량 급증시 하구역을 벗어나 외해로 유출될 것으로 예상된다. 따라서 해양으로 유입되는 하천 기인 쓰레기를 줄이기 위해서는 전체 수문 개방 이후 하구 인근 지역에 집적된 쓰레기를 사전에 수거할 필요가 있다.

V. 요약 및 결론

본 연구에서는 위치 추적 부이를 활용한 이동 경로 추적과 수문기상환경 분석을 통해 낙동강 하류 지역 부유쓰레기의 하구 유출 특성을 파악하고자 하였다.

위치 추적 부이들은 하구둑 전체 수문 개방의 기준이 되는 $1,200\text{m}^3/\text{s}$ 에서 $2,400\text{m}^3/\text{s}$ 정도의 유량에서는 움직임을 보이지 않았으며 40 ~ 47일 동안 하천 주변에 정체되어 있었다. 8월 18일 - $3,763\text{m}^3/\text{s}$ 의 유량에서 처음으로 부이가 이동하기 시작하였으며 $6,171\text{m}^3/\text{s}$ 의 일 최대 유량을 보인 8월 19일 낙동강 하구둑까지 $16\text{km} \sim 48\text{km}$ 를 이동하여 수문에 도달하였다.

한편, 낙동강 수문을 통과하여 하구역으로 유출된 부이들은 방류량과 풍향·속에 따라 이동 거리에 차이를 보였다. $4,000\text{m}^3/\text{s}$ 이상의 방류 시기 남서풍(SW) 계열의 풍향이 우세하였으며 부이가 사주 해안 전면까지 10km 이상을 이동하였다. 반면, $2,000\text{m}^3/\text{s}$ 내외의 방류량을 보인 시기에는 남동풍(SE) 계열의 풍향이 지배적이었으며 5m/s 이상의 강한 풍속으로 인해 부이가 $1 \sim 2\text{km}$ 정도의 짧은 거리를 이동하며 수문 인근에 표착하였다. 이는 상대적으로 적은 유량과 느린 유속으로 인해 부이의 이동에 바람이 더 큰 인자로 작용했기 때문으로 판단된다.

본 연구는 수문 환경에 따른 하천 부유쓰레기의 하구 유출 특성을 구체적으로 파악하였다는 점에서 의미가 있다. 또한, 본 연구 결과는 향후 집중호우시 낙동강 부유쓰레기의 연안 유출 여부와 피해 범위를 파악하는데 기초 자료로 활용할 수 있을 것으로 생각된다.

감사의 글

이 논문은 부경대학교 자율창의 학술연구비(2013년)에 의하여 연구되었음.

References

- [1] C-H. Yoo, H-S. Yoon, G-T. Kim, "The Behavior of Floating Debris in the Nakdong River Estuary using a Simple Numerical Particle Model," *J. of The Korean Society of Marine Environment & Safety*, vol. 13, no. 4, 2007, pp. 9-14.
- [2] Ministry of Environment, "The second master planning for debris in main stream and estuary of the five major river," Final report, 2013.
- [3] J-O. Hong, "A study on the management of land-based marine debris : a focus on the Nakdong Riber basin," Gyeongnam Development Institute, 2007.
- [4] C-S. Byun, "Prediction of marine environment changes around the Nakdong River during summer," *Korea Maritime University, Master's thesis*, 2011.
- [5] M-J. Cha, S-H. Kim, G-C. Yi, "Wise Use through establishing Conservation Area in Nakdong River Estuary," *Korean Wetlands Society*, vol. 12, no. 1, 2010, pp. 83-94.
- [6] S-C. Hong, "The Behavior and Characteristics of Marine Debris in Nak-dong Esturay/Bay Area," *Pukyong National University, Master's thesis*, 2004.
- [7] H-S. Yoon, I-C. Lee, C-R. Ryu, "Numerical Simulation for Net-water Flux of the Cross-sectional area in the Nakdong River Estuary," *J. of The Korean Society for Marine Environment & Energy*, vol. 8, no. 4, 2005, pp. 186-192.
- [8] Y-B. Lee, S. Park, C-R. Ryu, H-T. Kim and H-S. Yoon, "Characteristics of Marine Debris collected from the Coastline of Sandbar in the Nakdong River Estuary," *J. of The Korean Society for Marine Environment & Energy*, vol. 10, no. 3, 2007, pp. 148-154.
- [9] S-W. Jang, Y-H. Chung, S-Y. Lee, H-J. Yoon, "Route Tracking of Moving for Floating Debris using LEO Mobile Satellite Service," *Proceedings of The Korean Institute of Electronics Communication Sciences*, vol. 7, no. 1, 2013, pp. 101-102.
- [10] S-W. Jang, H-J. Yoon, "A Study on Characteristics of Floating Debris Movement in Nakdong River Basin using Field Survey and Location Tracking Model," *Proceedings of The*

Korean Institute of Electronics Communication Sciences, vol. 8, no. 1, 2014, pp. 467-468.

- [11] J-S. Yu, B-S. Yoon, J-H. Rho, S-H. Yoon, "Investigation of floating debris characteristics drained from 4 big river on a flooding," *J. of The Korean Society for Marine Environment & Energy*, vol. 5, no. 3, 2002, pp. 45-53.
- [12] W-M. Gwon, "Hydrologic Case Study for Efficient Operation and Management of Nakdong-River Estuary Barrage," *Kyungnam University, Master's thesis*, 2009.
- [13] S-W. Jang, Y-H. Chung, H-J. Yoon, "A Study on Occurrence Characteristics of beach litter from Nakdong river estuary to Geoje sea area," *Proceedings of The Korean Institute of Electronics Communication Sciences*, vol. 7, no. 1, 2013, pp. 281-282.
- [14] S. Park, H-S. Yoon, I-C. Lee, H-T. Kim, "Correlation between Meteorological Factors and Water Discharge from the Nakdong River Barrage, Korea," *J. of The Korean Society of Marine Environment & Safety*, vol. 14, no. 2, 2008, pp. 111-117.
- [15] <http://www.wamis.go.kr/>
- [16] <http://www.nakdongriver.go.kr/>
- [17] <http://www.kwater.or.kr/>
- [18] <http://www.kma.go.kr/>
- [19] S-W. Jang, D-Y. Kim, K-T. Seong, Y-H. Chung, H-J. Yoon, "Analysis of floating debris behaviour in the Nakdong River basin of the southern Korean peninsula using satellite location tracking buoys" *Marine Pollution Bulletin*, Elsevier, 2014, pp. 275-283.
- [20] S-W. Jang, D-Y. Kim, Y-H. Chung, H-J. Yoon, "Behavior characteristics of floating debris spilled from the Nakdong River" *Korean journal of remote sensing*, vol. 30, no. 1, 2014, pp. 127-136.

저자 소개

장선웅(Seon-Woong Jang)

2008년 대구가톨릭대학교 지리교육과 졸업(지리학사)

2012년 부경대학교 대학원 위성정보과학과 졸업(공학석사)

2014년 부경대학교 대학원 공간정보시스템공학과 박사수료

※ 관심분야 : 해양 원격탐사, GIS

윤홍주(Hong-Joo Yoon)

1983년 부경대학교 해양공학과 졸업(공학사)

1985년 부경대학교 대학원 해양학과 졸업(공학석사)

1997년 프랑스 그르노블 I 대학교 대학원 위성원격탐사전공 졸업(공학박사)

1999년~2002년 여수대학교 해양공학과 교수

2002년~현재 부경대학교 공간정보시스템공학 교수

※ 관심분야 : 해양 원격탐사, GIS

서원찬(Won-Chan Seo)

1988년 부경대학교 해양공학과 졸업(공학사)

1992년 일본 OSAKA대학 대학원 생산가공공학과 졸업(공학석사)

1995년 일본 OSAKA대학 대학원 생산가공공학과 졸업(공학박사)

1998년~현재 부경대학교 신소재시스템공학과 교수

※ 관심분야 : 위성정보처리, Machine Vision