낙동강 유출 부유쓰레기의 거동 특성

장선웅* · 김대현** · 정용현*** · 윤홍주*†

*부경대학교 공간정보시스템공학과, **오션테크(주), ***부경대학교 생태공학과

Behavior Characteristics of Floating Debris Spilled from the Nakdong River

Seon Woong Jang*, Dae Hyun Kim**, Yong Hyun Chung*** and Hong-Joo Yoon*†

*Department of Spatial Information Engineering, Pukyong National University

OCEANTECH CO., *Department of Ecological Engineering, Pukyong National University

Abstract : When the mouth of the Nakdong River, opens its floodgate, thousands of tons of litter should flow into the South Sea, moving towards nearby coast, thus causing serious social and economic damage. For this reason, in the present study, research was performed on one certain area in northeast coast of Geoje island, which is assumed as area damaged due to rainy season and typhoon in 2012, and research for trace of movement route was implemented by using buoy to identify characteristic of movement of floating debris caused from Nakdong River. Flows related to the movement of floating debris was also identified by analyzing ocean meteorological environment. As a result of the study, total 40 tons of litter composed of grasses and trees(or plants litter) were flown into Heungnam beach on 16th, Jul which is the rainy season. Plus, the location tracking buoy, which was dropped when the typhoon SANBA was coming, was passed by southern sea of Gadeok-do and was flown into Geoje beach 1 ~ 2 days after it was dropped. The wind direction was mostly northeasterly wind around the Geoje beach at the time the buoy and floating debris were flown into northeast coast and there was common sea surface currents which was flowing into the coast.

Key Words : Nakdong River, Floating Debris, Moving Path, Location Tracking Buoy, Sea Surface Wind, Sea Surface Currents, Behavior Characteristics

요약 : 낙동강은 하구의 수문 개방 시 연간 수천 톤의 쓰레기가 남해로 유입되어 인근 연안을 이동하며 사회·경제적 피해를 유발하고 있다. 이에 본 연구에서 낙동강 유출 부유쓰레기의 거동 특성을 파악하기 위해 2012년 장마, 태풍 내습 시를 대상으로 피해지로 추정되는 거제도 북동측 해안 1개소에 대한 조사와 부이를 활용한 이동 경로 추적 시험을 수행하였다. 또한, 해양기상 환경에 대한 분석을 통해 부유쓰레기의 이동과 관련된 흐름을 파악하였다. 연구 결과 장마 시기인 7월 16일 초목류를 비롯한 총 40톤 정도의 쓰레기가 흥남해수욕장으로 유입되었다. 또한 9월 14일 태풍 '산바' 내습 시기에 투하된 위치 추적 부이는 가덕도 남쪽

접수일(2013년 12월 24일), 수정일(1차 : 2014년 1월 21일), 게재확정일(2014년 1월 21일).

† 교신저자: 윤홍주(yoonhj@pknu.ac.kr)

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, provided the original work is properly cited

해상을 지나 1 ~ 2일 후 거제도 해안가로 유입되는 결과를 보여주었다. 부유쓰레기와 위치 추적 부이가 거제도 북동측 해안가로 유입될 당시 거제 해역에서 북동풍계열의 풍향이 지배적이었으며 연안으로 유입되는 공통적인 해수 표층 흐름이 나타났다.

1. 서론

해양쓰레기의 주요발생원은 육상기인과 해상기인으로 분류되며 육상기인 쓰레기는 전체 유입량의 75 ~ 85%를 차지하고 있다(Yu *et al.*, 2002a). 육상기인 쓰레기의 주요 발생원은 하천을 통한 유입과 연안 활동에 의한 현장 발생으로 구분되며 특히 홍수나 폭우 시 부유쓰레기의 형태로 하천을 통해 많은 양이 유입되고 있다(Yu *et al.*, 2002b; Park and Kang, 2005). 2004 ~ 2006년 국내 해양쓰레기의 평균발생량은 82,824 톤으로 이 중 21% (17,476(톤/년)) 정도가 하천을 통해 유입되는 것으로 추정하고 있다(Hong, 2007). 해양으로 유입된 부유쓰레기의 상당량 양은 광범위한 지역에 표착하여 해안 환경 파괴 및 관광 경관 훼손으로 인한 관광객 감소와 같은 피해를 유발하고 있다(Jang *et al.*, 2012). 또한, 광범위한 수거 작업과 염분 및 부착 생물 제거를 위한 추가적인 처리 과정 등으로 인해 육상 쓰레기 처리 비용보다 큰 비용이 소요되며 지방자치단체 간 비용 부담에 대한 갈등으로 이어지고 있다.

본 연구에서 대상으로 한 낙동강 유역은 우리나라 제2의 하천 유역(면적-23,817 km², 길이-521.5 km)으로 일시적인 집중 호우나 장마 시 낙동강 하구를 통해 연간 3,000톤 이상의 부유쓰레기가 해양으로 유입되는 것으로 추정되고 있다(Hong, 2007). 해양으로 유입된 부유쓰레기는 거제, 통영 등 인근 연안으로 이동하며 양식장 훼손, 선박 운항 저해, 해양 관광 피해 등을 입히고 있다. 하지만 거제시를 비롯한 인근 연안 지역은 반복적인 피해에도 불구하고 낙동강 수계에 포함되지 않아 처리 비용 지원이 미비하며 지역 간 문제로 비화되고 있다(Chae, 2011). 낙동강 유출 부유쓰레기의 거동 특성을 파악하기 위한 연구는 몇몇 연구자들에 의해 수행되었다. Song *et al.*(2001)은 각종 해양쓰레기의 수면체류시간과 침강 속도를 실험을 통해 파악한 뒤 수치모의를 통해 예상 침적지를 추정하였다. 또한, Hong(2004)과 Yoo *et al.*(2007)은 낙동강 하구둑의 방류량 및 해수 유동에 따

른 입자추적 수치모의를 통해 낙동강 하구역 내 부유쓰레기의 거동 특성을 파악하고자 하였다. 이와 같은 선행 연구들은 해상으로 유입되는 하천 부유쓰레기의 이동과 확산을 예측할 수 있어 수거 및 관리 방안 수립에 중요한 자료로 활용될 수 있을 것이다. 하지만 예측 결과에 대한 검증 사례가 부족하여 실제적인 유입 시기 및 환경, 이동 경로, 집적 위치 등을 파악하기 어렵다. 부유쓰레기의 이동 및 확산에 대한 검증을 수행한 선행 연구로는 Yu *et al.*(2002a)이 DGPS를 내부에 장착한 위치추적 부이를 이용하여 이동 경로를 추적한 사례가 유일하다. 이에 본 연구에서 낙동강 부유쓰레기의 피해지로 추정되는 거제도 북동 측 해안 1개소에 대한 조사와 이동 경로 추적이 가능한 부이를 활용하여 이동 시간, 이동 경로, 집적 위치 등 구체적인 거동 특성을 파악하고자 하였다. 또한, 해양기상 환경에 대한 분석을 시행하여 해상으로 유입된 부유쓰레기의 이동과 관련된 흐름을 파악하고자 하였다.

2. 연구 방법 및 자료

1) 해안쓰레기 유입 조사 및 이동 경로 추적 시험

(1) 해안쓰레기 유입 조사

거제도 북동부 해안은 낙동강 부유쓰레기의 유입으로 인한 피해가 매년 반복되는 것으로 알려져 있다. 장마철 낙동강 하구 수문 개방 시 거제도 북동 측 해안으로 유입되는 쓰레기의 양은 연간 2,000톤 정도로 추정되고 있다(Kim, 2003). 이에 본 연구에서 거제도 북동부 해안 중 홍남해수욕장에 설치된 네트워크 카메라 영상을 통해 2012년도 장마철 부유쓰레기의 유입 시기를 확인하였다(Fig. 1). 또한, 낙동강 부유쓰레기 유입 여부 및 유입량은 성상 분석을 수행한 선행 연구의 결과와 거제시로부터 제공 받은 조사 결과를 활용하여 비교 분석하였다.

Fig. 1. The location of study area and network camera shooting zone.

Fig. 2. The shape of location tracking buoys : (a) The primary test and (b) Second test.

(2) 부유쓰레기 이동 경로 추적 시험

낙동강 하구를 통해 유출되는 부유쓰레기의 이동 경로 추적을 위해 내부에 이동 통신 위성의 위치 수신 단말기를 장착한 부이(Buoy)를 제작하였다. 위치 수신 단말기는 별도의 통신 장비 없이 실시간의 데이터 서비스를 제공하는 글로벌스타(Globalstar)의 위치 수신 단말기를 사용하였다. 48개의 저궤도 위성으로 구성된 글로벌스타 시스템은 경로 다중화를 통한 위치 확인 서비스를 전세계적으로 제공하고 있다(Dietrich, 1997; Crowe and Raines, 1999). 이동 경로 추적 시험 기간의 위치 정보(단말기 번호, 위도, 경도, 시간)는 인터넷 사용이 가능한 원격지에서 웹사이트(<http://www.spot.co.kr/>)를 통해 2시간

간격으로 수신하도록 설정하였다. 한편, 위치 추적 부이의 외형은 수면에서 부유할 수 있도록 제작하였다. 1차 위치 추적 시험은 반구형 플라스틱 볼(지름: 24 cm × 높이: 11.5 cm)을 합쳐 하나의 원구형으로 제작한 3개의 부이를 활용하였다(Fig. 2(a)). 2차 위치 추적 시험에서는 부이의 투하 지점이 1차와 달리 낙동강 하구를 완전히 벗어난 상태의 해상임으로 이동을 고려하여 크기에 비해 가벼우며 부력이 큰 2개의 원통형 스티로폼 부이(지름: 43 cm × 높이: 70 cm)에 위치 수신 단말기를 장착하여 추적하였다(Fig. 2(b)).

한편, 이동 경로 추적 시험은 2012년 7월 흥남해수욕장의 네트워크 카메라 영상을 통해 장마시 낙동강 유출

Fig. 3. Dropping points of the location tracking buoy.

추정 부유쓰레기의 해안 유입 여부를 확인한 후 계획하였다. 따라서 장마 때와 같이 낙동강 수문의 완전 개방으로 인해 많은 양의 부유쓰레기가 해양으로 유입될 것으로 예상하는 태풍 내습 시기를 대상으로 선정하였다. 1차 이동 경로 추적 시험은 8월 태풍 '볼라벤(BOLAVEN)'의 내습 시기에 맞춰 수행하였으며 부이는 낙동강 하구 독 4번과 5번 수문 입구에 투하하였다. 2차 추적 시험은 9월 태풍 '산바(SANBA)'의 내습 시기에 맞춰 수행하였으며 부이의 투하는 1차 추적 시험의 결과를 토대로 낙동강 하구 사주 해안 남방 4.5 km, 가덕도 동방 3 km 지점(위도: 35° 01' 17"N, 경도: 128° 52' 09"E)의 해상에 투하하였다. Fig. 3은 이동 경로 추적 시험 기간별 부이의 투하지점을 보여준다.

2) 해양기상환경 분석

낙동강 하구역은 해양으로 직접 연계된 개방형 수역으로 수문 개방으로 인해 대량의 부유쓰레기가 유입될 경우 바람에 의한 침송류와 해수 표층 흐름에 따라 이동하게 된다(Yu *et al.*, 2002a; Hong, 2004; Jung, 2013). 이에 본 연구에서 낙동강 하구 - 거제 해역 일대의 해상풍과 해수 표층 흐름을 파악하기 위해 부산지방기상청과 국립해양조사원으로부터 2012년 6월 ~ 9월 시간별 풍향·

Fig. 4. Observation point and range of sea surface wind and sea surface currents.

풍속 및 HF-Radar(High Frequency Radar) 자료를 각각 제공받아 분석하였다(Fig. 4). HF-Radar는 육상에서 단파(HF)대역의 레이더 신호를 해상으로 발사한 후 해면에서 반사되어 돌아오는 신호를 분석하여 실시간으로 해수 표층 흐름을 관측할 수 있다(Song *et al.*, 2010). 현재 HF-Radar를 통해 관측된 표층 흐름 자료는 유류오염 확산 예측, 하구역의 담수 확장 모니터링, 해양순환연구 등 다양한 분야에 활용되고 있다(Hwang *et al.*, 2011).

3. 연구 결과

1) 해안쓰레기 유입 조사 결과

홍남해수욕장은 관광객들이 많이 찾는 장소로 해수욕장 개장을 위해 2012년 7월 1일 해변 정화 작업이 한 차례 시행되었다. 이후 네트워크 카메라 영상 확인 결과 15일 동안 부유물질의 유입이 나타나지 않았으나 7월 16일 오전 9시와 16시경 대량의 부유물질이 해안을 따라 유입되었다(Fig. 5 ~ 6). Fig. 7은 부유물질이 해안으로 유입된 후 거제시에서 실시한 현장 조사 사진으로 네트워크 카메라 영상에서 검은 띠 형태로 유입된 부유물질

Fig. 5. Influx of the suspended solids identified in the network camera(left area): (a) July 15 and (b) July 16.

Fig. 6. Influx of the suspended solids identified in the network camera(right area): (a) July 15 and (b) July 16.

Fig. 7. The floating debris drifted on the heungnam beach.

이 대량의 초목류임을 확인할 수 있다. 또한, 거제시의 수거 현황 자료를 통해 초목류, 폐목, 생활쓰레기 등 총 40톤 정도의 쓰레기가 수거된 것으로 파악되었다.

낙동강 하구를 통해 해양으로 유입되는 부유쓰레기의 성상은 몇몇 연구자들에 의해 파악된 바 있다. Yu *et al.*(2002b)은 낙동강 하구를 대상으로 한 연구에서 식물쓰레기(초목류, 자연목)의 비율이 70%로 절반 이상을 차지한다는 결과를 보여주었다. 또한, Kang *et al.*(2009)도 낙동강 본류를 대상으로 한 조사를 통해 부유쓰레기 중 초목류의 비율이 상·중류 - 95% 이상, 하류 - 약 76%로 매우 높음을 보여주었다. 한편, Lee *et al.*(2007)은 낙동강 하구와 인접한 사주 해안(진우도)을 대상으로 유입된 쓰레기의 조성을 분석하였으며 약 80% 이상을 목재류가 차지한다는 결과를 나타내었다. 이와 같은 선행 연구 결과는 7월 16일 홍남해수욕장으로 유입된 대량의 초목류 및 부유쓰레기들이 낙동강 하구로부터 유출된 쓰레기일 가능성을 뒷받침해준다.

2) 이동 경로 추적 시험 결과

1차 이동 경로 추적 시험을 위해 태풍 ‘볼라벤(BOLAVEN)’의 내습 시기인 8월 27일 10시 낙동강 하굿둑 수문 입구에 3개의 부이를 투하하였다. 첫 번째 부이는 투하 후 2시간 27분 동안 약 2.3 km(15.6 m/min)를 이동하여 울숙도 하단의 생태 공원 습지 외곽에 표착한 뒤 수거일인 9월 3일까지 계속 정체하였다(Fig. 8(a)). 두 번째 부이는 투하 후 54분 동안 약 1.9 km(35.1 m/min)를 이동하였으며 첫 번째 부이의 표착 지점으로부터 약 400 m 떨어진 강변에 정체하였다. 8월 28일 14시 54분부터 29일 00시 46분 사이 강변을 따라 낙동강 하굿둑 좌안 방향으로 약 1.7 km(2.9 m/min)를 거슬러 이동한 뒤 9월 3일까지 수문부 외벽에 계속 정체하였다(Fig. 8(b)). 한편, 세 번째 부이의 경우 앞선 2개의 부이와 달리 투하 후 위치 정보를 수신하지 못하였다. 8월 28일 12시 42분 한 차례 위치 정보를 수신하였으며 첫 번째 부이의 표착 지점(Fig. 8(a))으로부터 남서 방향으로 약 700 m 떨어진 생태 공원 습지 중앙부에 부이가 표착되어있음을 확인하였다(Fig. 8(c)).

2차 이동 경로 추적 시험은 태풍 ‘산바(SANBA)’의 내습 시기인 9월 14일 12시경 실시하였다. 1차 시험에서 부이가 하구역을 벗어나지 못해 해상에서의 이동 경로를

Fig. 8. Result of tracking the moving path of the buoys at the Nakdong river barrage(1st test).

파악하지 못하였으므로 2차 시험에서 낙동강 부유쓰레기가 해상으로 유출된 상태를 가정하였다. 시험 결과 해상에 투하된 2개의 위치 추적 부이는 남서 방향으로 이동하며 거제도 북동부 해안 일대로 유입되었다(Fig. 9). 첫 번째 부이는 총 35.7 km를 이동하였으며 투하 후 약 1일이 경과된 9월 15일 13시 41분에 장승포 인근 해안에

Fig. 9. Result of tracking the moving path of the buoys at sea (2nd test).

표착하였다(Fig. 9(a)). 부이의 투하 시점인 9월 14일 12시 12분부터 17시 38분 사이 2.81 km/h의 빠른 속도로 거제도 남쪽 해상을 지나 거제도 북동부 해안가로 이동하였다. 이후 19시 36분부터 9월 15일 3시 43분 사이 해안가를 따라 북쪽으로 4.2 km 이동하며 장마철 부유쓰레기가 유입되었던 홍남해수욕장 인근 해안가까지 유입되었으나 다시 이동 방향이 남쪽으로 바뀌며 13.5 km를 이동하여 장승포 인근 해안에 표착하였다. 두 번째 부이는 총 32.2 km를 이동하였으며 투하 후 약 2일이 경과된 9

월 16일 05시 13분에 옥포만에 위치한 조선소 항내로 유입되었다(Fig. 9(b)). 첫 번째 부이와 마찬가지로 9월 14일 12시 12분부터 18시 56분 사이 2.52 km/h의 빠른 속도로 가덕도 남쪽 해상을 지나 거제도 북동부 해안가로 이동하였다. 20시 57분부터 9월 15일 3시 6분 사이에는 북쪽으로 3.3 km 이동한 뒤 약 10시간 동안 정체하였다. 이후 해안가를 따라 남쪽으로 11 km를 이동하여 9월 16일 5시 13분 조선소 항내로 유입되었다.

두 차례의 위치 추적 시험을 통해 일시적인 집중 호우나 장마 시 대량의 부유쓰레기가 유출될 경우 상당량은 낙동강 하구역 인근의 습지 등에 표착될 가능성이 있으며 사주해안을 벗어난 부유쓰레기는 거제도 북동측 해안 지역으로 유입될 수 있음을 파악할 수 있었다.

3) 해양 기상 환경 분석 결과

2012년 6월~9월 낙동강 하구 - 거제 해역 일대 해상 풍에 대한 분석을 수행하였으며 이 가운데 홍남해수욕장으로 부유쓰레기가 유입되었던 시기(7월 15일 ~ 17일)와 2차 이동 경로 추적 시험 기간(9월 14 ~ 16일)의 평균 풍향·풍속을 Fig. 10에 나타내었다. 낙동강 하구역과 인접한 사하(A1)와 가덕도(A2)는 시기에 따라 주된 풍향의 차이를 보였으나 거제 해역에 위치한 양지암

(A3)과 거제도 부이(A4)는 두 시기 모두 북동풍계열의 풍향을 보였다. 7월 15일 ~ 17일 낙동강 하구역과 인접한 사하 지점의 주된 풍향은 동풍으로 나타났으며 4 ~ 5 m/s의 풍속 빈도가 12.5%로 우세하였다. 가덕도는 남동풍이 우세하였으며 7 m/s 이상의 풍속 빈도가 18%로 나타났다. 거제 해역에 위치한 양지암의 경우 주된 풍향이 동북동풍으로 7 m/s 이상의 풍속 빈도가 15.2%로 우세하였다. 거제도 부이 또한 동북동풍이 주되게 나타났으며 7 m/s 이상의 풍속 빈도가 66.6%로 지배적이었다(Fig. 10(a)). 2차 이동 경로 추적 시험 기간인 9월 14 ~ 16일의 경우 사하 지점의 주된 풍향이 동북동풍으로 나타났으며 5 ~ 6 m/s의 풍속 빈도가 8.3%로 나타났다. 가덕도는 북북동풍의 주된 풍향을 보였으며 2 ~ 4 m/s의 풍속 빈도가 13.8%로 우세하였다. 양지암의 경우 주된 풍향이 북동풍으로 4 ~ 6 m/s의 풍속 빈도가 16.7%를 나타냈다. 거제도 부이는 북북동풍의 주된 풍향을 보였으며 7 m/s 이상의 풍속 빈도가 63.7%로 지배적이었다(Fig. 10(b)).

한편, 본 연구에서 해상풍과 더불어 부유쓰레기의 이동에 영향을 미칠 것으로 판단되는 해수 표층 흐름을 파악하였다. Fig. 11 ~ 12는 홍남해수욕장으로 부유쓰레기가 유입되었던 7월 16일과 2차 이동 경로 추적 시험 기

Fig. 10. Sea surface wind: (a) July 15 to 17 and (b) September 14 to 16.

Fig. 11. Sea surface currents of period flowed into floating debris on the heungnam beach.

Fig. 12. Sea surface currents of moving the path tracing test period(2nd test).

간인 9월 14일 ~ 15일의 해수 표층 흐름을 4시간 간격으로 나타낸 것이다. 9월 16일 해수 표층 흐름은 데이터의 누락으로 인해 제외하였다. 7월 16일 해수 표층 흐름은 00시와 04시 거제 해역에서 부산 해역으로 빠져나가는 북동향을 흐름을 보였다. 이후 08시와 12시 북동향의 흐름이 두 갈래로 나뉘며 거제 해역에서 가덕도 남방을 지나 북동부 연안으로 유입되는 흐름이 나타났다. 16시에는 북동부 연안을 포함한 거제 해역 일대로 유입되는 흐름을 보였으며 진해만 입구에서 북서향의 흐름이 나타났다(Fig. 11).

Fig. 12는 2차 이동 경로 추적 시험 기간으로 위치 추적 부이가 투하된 9월 14일 12시에는 진해만 입구 및 가덕도 남방에서 거제도 북동부 연안을 따라 남하하는 흐름과 부산해역을 빠져나가는 두 가지 흐름이 나타났다. 이후 거제 해역 일대에서 연안으로 유입되는 흐름을 보였으며 20시에는 거제도 북동부 연안과 진해만 입구에서 북서향의 흐름이 나타났다. 9월 15일의 경우 00시에 부산해역으로 빠져나가는 북동향의 흐름을 보였으며 04시와 08시 거제 해역 일대에서 연안을 따라 남서 방향으로 남하하는 흐름과 가덕도 남방을 지나 북동부 연안으로 유입되는 흐름이 나타났다.

4. 결 론

본 연구는 낙동강 하구를 통해 해상으로 유출된 부유쓰레기의 거동 특성을 파악하기 위해 2012년 장마, 태풍 내습 시를 대상으로 피해지에 대한 조사와 이동 경로 추적 시험을 수행하였다. 낙동강 부유쓰레기의 피해지로 추정되는 거제도 북동부 해안의 홍남해수욕장을 대상으로 유입 여부를 조사한 결과 장마 시기인 7월 16일 오전 9시와 16시 두 차례에 걸쳐 초목류, 폐목, 생활쓰레기 등 총 40톤 정도의 쓰레기가 유입되었다. 또한, 부유쓰레기의 이동 경로 파악을 위해 수행한 위치 추적 시험에서 태풍 '산바(SANBA)'의 내습 시기인 9월 14일 해상에 투하한 2개의 위치 추적 부이가 가덕도 남쪽 해상을 지나 약 30 km를 이동하며 1 ~ 2일 후 거제도 북동부 해안가로 유입되는 결과를 보여주었다. 한편, 두 시기의 해상풍과 해수 표층 흐름을 분석한 결과 낙동강 하구역은 시기에 따라 주된 풍향의 차이를 보였으나 거제 해역에서

북동풍계열의 풍향이 지배적이었으며 거제 북동부 연안으로 유입되는 공통적인 해수 표층 흐름이 나타났다. 이상의 연구 결과는 낙동강에서 유출된 부유쓰레기가 거제도 해안으로 유입되기 어려우며 다대포항 주위에 집적되거나 부산만의 동남부 해역으로 이동할 것이라는 Song *et al.*(2001)과 Yu *et al.*(2002a)의 선행 연구 결과와 달리 부유쓰레기가 하구역을 통과하여 해상으로 유입될 경우 거제도 북동부 해안으로 유입될 수 있음을 보여준다.

본 연구는 낙동강 하구를 통해 해상으로 유입된 부유쓰레기의 이동을 예측하는 것에서 벗어나 실제적인 유입 시기 및 환경, 이동 경로, 집적 위치 등을 파악하였다는 측면에서 의미가 있다. 또한, 낙동강 유출 부유쓰레기의 피해 지역에 대한 효율적 관리 방안과 지원 대책을 마련하기 위한 과학적 기초 자료로 활용할 수 있을 것으로 기대된다. 하지만 보다 구체적이고 정확한 부유쓰레기 이동 특성을 파악하기 위해, 향후 다양한 해양기상 환경에서 이동 경로 추적을 위한 구간 및 시간을 확대한 지속적인 연구가 필요할 것으로 판단된다.

사 사

이 논문은 해양수산부의 영남씨그랜트 연구개발사업과 2013년도 한국연구재단 기초연구사업(No. 2012R1A1A2002761)의 지원을 받아 수행되었습니다.

References

- Chae, D.R., 2011. *Marine debris damage reduction measures of Gyeongnam*, Gyeongnam Development Institute.
- Crowe, K.E., and R.A. Raines, 1999. A model to describe the distribution of transmission path elevation angles to the Iridium and Globalstar satellite systems, *IEEE Communications Letters*, 3(8): 242-244.
- Dietrich, F.J., 1997. The Globalstar satellite cellular communication system: design and status. *Proc.*

- of Wescon/97. Conference, Santa Clara, CA, Nov. 4-6, pp. 180-186.
- Hong, S.C., 2004. *The Behavior and Characteristics of Marine Debris in Nak-dong Estuary/Bay Area*, Nat. Univ. Pukyong, Busan, Korea.
- Hong, J.O., 2007. *A Study on management division of land-based marine debris: focused on the Nakdong River basin*, Gyeongnam Development Institute.
- Hwang, J.A, S.H. Lee, B.J. Choi and C.S. Kim, 2011. Application of Objective Mapping to Surface Currents Observed by HF Radar off the Keum River Estuary, *Journal of the Korean Society of Oceanography*, 16(1): 14-26 (in Korean with English abstract).
- Jang, S.W., J.M. Park, Y.H. Chung, D.H. Kim and H.J. Yoon, 2012. A Study on the Inflow and Seasonal Characteristics of Foreign Marine Debris in the Coastal Area of the West Sea, *Journal of the Korean Society for Marine Environment & Energy*, 15(2): 89-100 (in Korean with English abstract).
- Jung, D.W., 2013. *A study on marine debris drift by numerical simulation in the south-eastern sea of Korea*, Nat. Univ. Pukyong, Busan, Korea.
- Kang, W.S., S.H. Lee, S.H. Lee and H.J. Choi, 2009. The Status of Floating Litter in Nakdong River Basin, *Proc. of 2009 The Korean Society for Marine Environment & Energy Fall Conference*, Yeosu, Korea, Nov. 26-27, pp. 161-167 (in Korean with English abstract).
- Kim, Y.K., 2003. *Strategic measures preventing debris from Nak-Dong River*, Gyeongnam Development Institute.
- Lee, Y.B., S. Park, C.R. Ryu, H.T. Kim and H.S. Yoon, 2007. Characteristics of Marine Debris collected from the Coastline of Sandbar in the Nakdong River Estuary, *Journal of the Korean Society for Marine Environment & Energy*, 10(3): 148-154 (in Korean with English abstract).
- Park, S.S., and H.Y. Kang, 2005. The Quantity and Characteristics of Marine Debris Collected from the Coastline in Jeonnam, *Journal of Korea Society of Waste Management*, 22(2): 203-212 (in Korean with English abstract).
- Song, M.S., J.M. Lee, M.J. Lee and J.S. Yu, 2001. An experimental study on drifting and sinkage of marine debris, *Journal of the Korean Society for Marine Environment & Energy*, 4(1): 47-62 (in Korean with English abstract).
- Song, K.M., C.H. Cho, K.T. Jung and H.J. Lie, 2010. Report on the Present Condition and Operating of High Frequency Ocean Surface Radars in Korea, *Journal of Korean Society of Coastal and Ocean Engineers*, 22(6): 437-445 (in Korean with English abstract).
- Yoo, C.I., H.S. Yoon and G.T. Kim, 2007. The Behavior of Floating Debris in the Nakdong River Estuary using a Simple Numerical Particle Model, *Journal of the Korean Society of Marine Environment & Safety*, 13(4): 9-14 (in Korean with English abstract).
- Yu, J.S., M.J. Lee, J.H. Rho, S.H. Yoon and M.H. Kim, 2002a. Tracking experimentation of floating debris drained from Nak-dong river, *Journal of the Korean Society for Marine Environment & Energy*, 5(3): 3-9 (in Korean with English abstract).
- Yu, J.S., B.S. Yoon, J.H. Rho and S.H. Yoon, 2002b. Investigation of floating debris characteristics drained from 4 big river on a flooding, *Journal of the Korean Society for Marine Environment & Energy*, 5(3): 45-53 (in Korean with English abstract).

<http://www.spot.co.kr>