

GIS을 활용한 낙동강 하구 해안의 일회용라이터 모니터링을 통한 발생지 추정

김영민* · 장선웅** · 윤홍주***

Estimation of the origin through Disposable Lighters Monitoring of the nakdong River Estuary Using GIS

Young-Min Kim* · Seon-Woong Jang** · Hong-Joo Yoon***

요약

본 연구는 표면에 사업자명과 전화번호가 인쇄되어 있는 일회용라이터를 수집하여 기원지를 추정하였다. 낙동강 하구 사주 해안 2곳(진우도, 신자도)과 거제도 해안 3곳(두모뫼돌해수욕장, 흥남해수욕장, 여차뫼돌해수욕장)을 2012년 2월부터 2013년 12월까지 격월로 모니터링을 시행한 결과, 총 166개의 라이터를 수집하였다. 시기적으로 6월, 8월에 가장 많은 발생률을 보였으며, 연구지역에 유입된 일회용라이터의 기원지는 대부분 인구밀도가 높은 낙동강 유역 지역 및 연안지역이었다.

ABSTRACT

In this study, It was analyzed to estimate the origin from the collected disposable lighters with the printed company name and telephone number on the surface. Monitoring was done bimonthly from 2 areas of sandbar Coastline of Nakdong River Estuary(Jinu-do, Shinja -do) and 3 areas(Doomo beach, Heungnam beach, Yeocha beach) of Northeastern coast of Geoje-do. As a result of the monitoring, there were 166 lighters collected. Then, the monthly occurrence amount was concentrated in Jun, August. The origin of Disposable lighters that flowed in study area were mostly cause to the Nakdong River basin region and the coastal area where population densities are high.

키워드

Disposable Lighters, Nakdong River Estuary, Origin, Geographic Information System(GIS)
일회용라이터, 낙동강 하구, 기원지, 지리정보시스템

1. 서론

해양쓰레기의 주요 발생원 중 하나인 육상기인 쓰레기는 현장 발생 또는 집중 호우 발생 시 일시에 하천을 통해 유입되고 있다[1]. 하천으로 유입한 해양쓰레기는 부유·침적·해안이동 등 존재형태에 따라 해상

안전 저해, 해양산업 피해, 해양생태계 훼손, 인간의 건강 위해, 관광지 훼손 등 인간과 자연환경에 크고 작은 피해를 끼치고 있다[2]. 특히 낙동강 하구 사주 해안의 진우도와 신자도, 거제도 북동부 해안은 장마철에 낙동강 하구 수문 개방 시 부유 해양쓰레기의 유입으로 많은 피해를 입고 있다[3-4]. 낙동강 하구

* 부경대학교 공간정보시스템공학과(y91206@pknu.ac.kr) ** 부경대학교 공간정보시스템공학과(bearsd@pknu.ac.kr)

*** 교신저자(corresponding author) : 부경대학교 공간정보시스템공학과(yoonhj@pknu.ac.kr)

접수일자 : 2015. 05. 06

심사(수정)일자 : 2015. 06. 13

게재확정일자 : 2015. 06. 23

사주 해안과 거제도 해안은 매년 낙동강으로부터 유입된 해양쓰레기로 인해 지방자치단체가 예산을 투입하여 정화사업을 시행하고 있으나 막대한 비용문제와 지자체 인력부족으로 인해 사회적 문제가 심각한 상황이다. 가장 큰 문제는 육지로부터의 쓰레기 유입 시 발생지가 불분명하므로 원인규명이 어려워 피해보상에 대한 근거가 부족하다는 것이다[3]. 이러한 이유는 비점오염원인 육상기인 쓰레기는 광역이동성 등의 특성으로 인하여 비용 부담 부분의 적용이 매우 제한적이기 때문이다[5].

선행연구 사례로 Fujieda는 동아시아 권역에서 발생하는 플라스틱 쓰레기에 의한 해양오염 실태를 파악하기 위해 해양표착물 중 일회용라이터를 지표로 선정하여 해양쓰레기의 유출 발생지를 추정하였다. 일회용라이터 표면에 인쇄되어 있는 글자, 사업체명, 전화번호를 활용하여 발생지를 조사하였다. 장기간동안 일본 해안을 대상으로 일회용라이터를 모니터링하여 발생지를 분석한 결과 대부분 일회용라이터는 하천 및 해양에 인접한 지역에서 유출되었음을 보고하였다[6-8].

낙동강 하구 부유쓰레기에 대해 입자수치모의를 통한 낙동강 하구 해안의 거동특성 분석[9-10]과 위치추적부이를 활용한 거동특성 분석을 한 사례[11-13]가 있었지만 해양표착물을 이용하여 기원지를 추정하는 사례가 없었다.

이에 본 연구에서는 낙동강 부유쓰레기의 피해가 심각한 낙동강 하구 사주해안 2곳과 거제도 해안 3곳을 대상으로 일회용 라이터를 활용하여 기원지를 추정을 하는 것이다.

II. 본 론

2.1 연구 자료

본 연구에서는 낙동강 하구역 일대 해안의 해양표착물 기원지 추정을 파악하기 위해 Fujieda가 제안한 일회용라이터 모니터링을 통한 해양표착물 발생지 추정 방법을 활용하였다. 일회용라이터 외에도 기원지역이 판별 가능한 표착물로 주사기와 플라스틱병이 있지만 수량과 운반의 문제, 광범위한 생산지와 배포지의 문제로 기원지를 추정함에 어려움이 있다. 반면,

일회용 라이터는 밝고 가볍기 때문에 해안에서 발견되기 쉽고 수집·운반이 수월하다. 해양표착물 지표로써 일회용라이터의 가장 큰 특징은 표면에 사업자명과 전화번호가 인쇄되어 있어 조사를 통해 일회용라이터 배포지역의 위치를 추정할 수 있다는 것이다(그림 1). 따라서 일회용라이터는 기원지를 추정함에 가장 좋은 표착물이라고 할 수 있다.

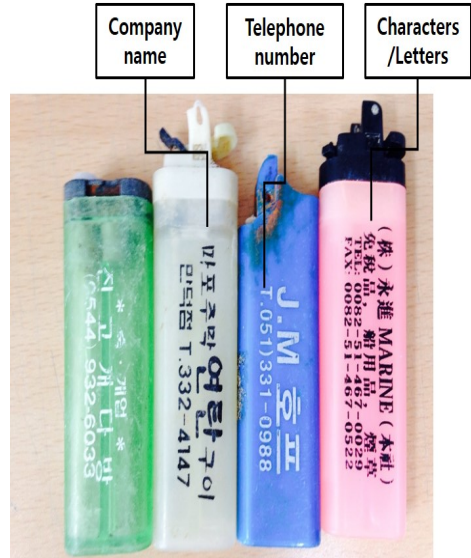


그림 1. 일회용라이터 기원지 분류 방법
Fig. 1 Classification method of the outflow area of disposable lighter

인터넷에서 라이터 배포지역을 조사하여 지역별로 분류하였다. 훼손되어 구분이 어려운 것과 외국기인 그리고 경기도, 강원도, 울산광역시 등 낙동강 유역 및 인근 연안지역에 포함되지 않는 지역들은 기타로 각각 분류하였다. 조사된 주소의 위치정보 결과는 위도와 경도 좌표로 변환하는 Geo-coding과정을 통해 shp파일의 공간데이터로 변환하였다.

2.2 연구 방법

본 연구는 낙동강 하구역에 위치한 사주 해안의 진우도와 신자도, 거제도의 흥남해수욕장과 두모뎡돌해수욕장, 여차해수욕장을 모니터링 구역으로 선정하여 2012년 2월부터 2013년 12월까지 격월로 일회용라이터를 수집하였다(그림 2).

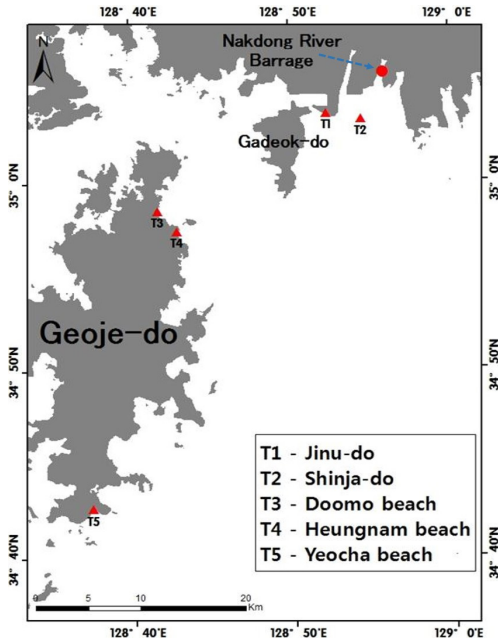


그림 2. 일회용라이터 모니터링 지역.
Fig. 2 On-site Monitoring study area of disposable lighter.

신자도와 진우도의 경우 해안선이 길기 때문에 매년 전반기(4월)와 후반기(10월)에 각각 1차례씩 해변 정화사업이 이루어지고 있어 4월과 10월 해당 시기에는 수집하지 못했다. 여차몽돌해수욕장의 경우는 좌측 해변이 관광객들의 접근이 쉽고 매주 해변 청소가 시행되어 우측 해변 대상으로 수행했다. 이를 바탕으로 본 연구에서는 지속적인 모니터링을 통한 발생 특성 파악과 과학적 기초자료의 제공 및 데이터의 체계적인 분석을 위해 GIS기법을 활용하여 공간자료를 D/B화 하였다.

기존의 선행연구에서는 일회용라이터가 다른 지역으로 운반되지 않고 배포지역에서 소비되거나 또한, 근처에서 폐기된 것으로 가정하고 연구를 진행하였다 [6-8]. 본 모니터링 대상지역인 신자도와 진우도를 제외한 거제도도 여름철 방문객의 방문이 많은 지역이다. 뿐만 아니라 거제-창원-부산은 하나의 생활권으로 사람들의 이동이 빈번한 지역이기 때문에 이로 인한 유출 및 유입이 빈번한 지역이다. 따라서 일회용라이터가 생활권 외에서 배포된 것이 생활권 내에 반입하여 폐기되는 오류를 고려해야한다[8]. 일회용라이터

기원지의 공간분포형태를 정량적으로 제시하기 위해 최근근(nearest neighbor)분석을 통해 일회용라이터의 군집 유무를 정량적으로 분석하였다. 만약 일회용라이터의 발생지에 영향을 주는 요인이 없다면 발생지는 임의의 공간분포 형태를 보일 수 있으며, 일회용라이터 발생지에 영향을 주는 요인이 있다면 해당 요인 중심으로 군집된 공간분포형태를 이룰 가능성이 높다.

한 편, 채동렬[5]은 쓰레기 잠재 발생량을 추정하기 위해 쓰레기의 발생의 근본원인이 되는 유역인구, 유역면적, 쓰레기 배출량 등의 주요자료를 배수구역별, 행정구역별로 구분하여 분석하였다. 이를 통해 육상기인 쓰레기 발생의 원인을 제공하는 발생원과 육상기인 쓰레기 처리사업의 수혜자간의 분담문제에 대한 방안을 모색하고자하였다.

선행연구를 활용하여 본 연구에서는 쓰레기 발생의 근본원인 요소 중 인구밀도와 일회용라이터 기원지와 상관관계를 통해 일회용라이터의 기원지를 정량적으로 분석을 하고자 하였다. 먼저 시각적이고 정량적으로 인구 밀도분석을 위해 커널밀도(Kernel Density)분석을 수행하였다. 커널밀도 분석은 대상지역의 서로 다른 데이터의 특성으로부터 그 밀도를 측정하는 방법으로 공간상의 점(Point) 분포 패턴을 효과적으로 나타낼 수 있는 방법 중 하나로, 커널함수는 일정한 분석 반경(bandwidth)안에 포함되는 점 데이터 밀도를 측정하여 커널함수로 표현한다[14]. 인구자료는 (주)BIZGIS로부터 제공받아 ArcGIS 10.1을 이용하여 커널밀도 분석을 수행하여 결과를 도출하였다.

III. 결과 및 고찰

3.1 일회용 라이터의 전체 발생량

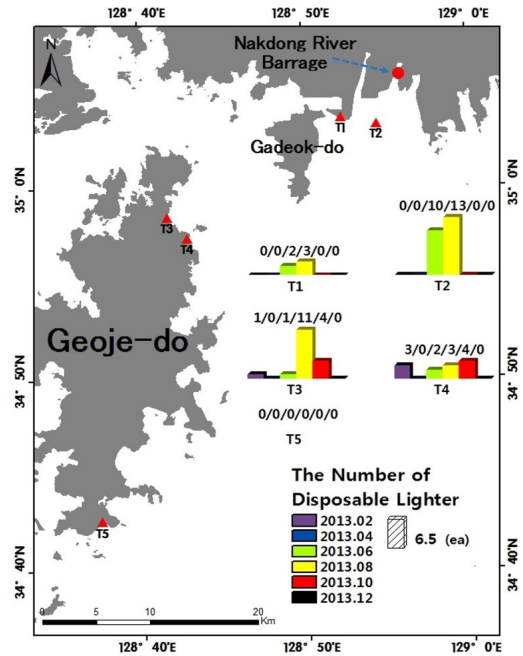
2012년 2월부터 2013년 12월까지 격월로 낙동강 하구 사주 해안 2곳(진우도, 신자도)과 거제 해안 3곳(두모몽돌해수욕장, 흥남해수욕장, 여차해수욕장)의 구역을 대상으로 일회용 라이터에 대한 현장 모니터링을 수행하였다. 모니터링 결과 총 166개의 일회용 라이터를 수거하였다. 일회용 라이터의 총 발생량(166개) 중 훼손정도가 심해서 위치확인을 할 수 없는 것(60개)과 외국기인(11개)을 제외하고 총 95개(57.22%)의 라이터의 발생지를 확인 할 수 있었다(표 1).

표 1. 일회용라이터 전체발생량

Table 1. Total Occurrence amount of disposable lighters

	T1	T2	T3	T4	T5	Total
Known	9	20	31	24	0	84
Etc	1	2	5	3	0	11
Unknown	9	16	20	14	1	60
China	0	0	2	6	1	9
Taiwan	1	0	1	0	0	2
Total	20	38	59	47	2	166

이 중 경기도, 강원도, 울산광역시 등 낙동강 유역 및 인근 연안지역에 포함되지 않는 지역에 해당하는 것(13개)들을 제외하고 총 82개(86.3%)가 낙동강 유역 및 연안지역에서 유출된 것으로 추정된다. 조사지역 중에서 전체 해변으로 대상으로 한 거제도 북동부 지역(두모해수욕장, 흥남해수욕장)은 총 59개, 47개로 생량이 가장 많았다.

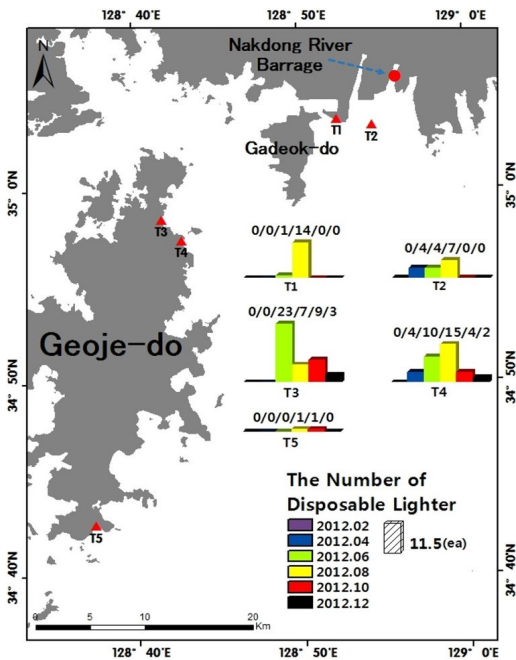


(b) 2013

그림 3. 2012년 - 2013년 일회용라이터 시기별 발생량.
Fig. 3 Occurrence amount of disposable lighter for each region from 2012 to 2013.

3.2 일회용 라이터의 시기별 발생량

시기별 발생량 변화를 분석하는 것은 계절적 특성과 일회용라이터의 발생량을 파악하는데 중요한 의미를 지닌다. 시기적으로 일회용라이터의 발생은 대부분 여름철인 6월과 8월에 나타났다. 시기별 총 발생량은 2012년과 2013년 모두 8월(44개, 30개)에 가장 많았으며 6월(38개, 15개)에 두 번째로 많은 발생량을 나타냈다. 그림 3은 각 조사구역의 시기별 발생량으로 가장 많은 발생량을 보인 두모몽돌해수욕장은 2012년 6월 발생량(23개)이 8월 발생량(7개)보다 3배가 많았던 것에 비해 2013년에는 8월 발생량(11개)이 6월 발생량(1개)보다 11배가 많았다. 신자도와 진우도의 경우 일회용라이터의 발생이 6월과 8월에 집중적으로 발생량을 나타냈으며 진우도의 경우 2012년 8월, 신자도는 2013년 8월에 많은 발생량을 나타냈다. 거제도 남부해안의 여차해수욕장은 2012년(2개), 2013년(0개)로 일회용라이터가 거의 발생하지 않았다.



(a) 2012

3.3 일회용 라이터의 기원지별 발생량

총 82개의 라이터 중 경상남도(42개)가 가장 많은 발생량을 보였으며, 다음으로 경상북도(17개), 부산광역시(16개) 대구광역시(7개)순으로 조사되었다.

낙동강 상·중류 지역에 해당하는 경상북도, 대구광역시에서 유입된 일회용라이터는 진우도에서는 발견되지 않았으며, 신자도 11개(45.8%), 두모몽돌해변은 6개(25%), 흥남해변 7개(29.2%)가 발견되었다. 낙동강 하류 지역에 포함된 경상남도와 부산광역시에서 유입된 일회용라이터는 진우도 9개(15.5%), 신자도 8개(13.8%), 두모몽돌해변 24개(41.4%), 흥남해변 17개(29.3%)가 발견되었다.

낙동강에서 유출된 해양쓰레기의 직접적인 영향을

받는 경상남도는 기초지자체별로 더욱 세분화하여 분류하였다(표 2).

낙동강에서 유출된 부유쓰레기가 거제도 해안으로 유입되기 어렵다는 기존의 연구결과[15]와 달리 여름철 집중호우 발생 시 낙동강 하구의 수문을 개방하면 해양으로 유입되는 부유쓰레기의 상당량은 창원, 거제, 통영, 고성 연안으로 이동한다고 보고하였다[5]. 또한, 위치추적부이를 통해 낙동강 하구 유역을 벗어난 부유쓰레기가 거제도 북동부 해안지역으로 유입될 수 있다[16]는 연구결과와 본 연구의 모니터링 자료 결과를 통해 낙동강 유역에서 유출된 부유쓰레기도 거제도 해안에 유입될 수 있음을 확인 할 수 있었다.

표 2. 경상남도 일회용라이터 발생량

Table 2. Occurrence amount of disposable lighter on each region(Gyeongsangnam-do)

	Geoje	Changwon	Gimhae	Tongyeong	Miryang	Jinju	Changnyeong	Total
T1	1	1	1	0	0	1	0	4
T2	1	1	1	1	0	0	1	5
T3	8	8	1	2	0	0	1	20
T4	5	3	1	1	2	1	0	13
T5	0	0	0	0	0	0	0	0
	15	13	4	4	2	2	2	42

3.4 일회용라이터 발생지와 인구밀도의 관계

하천 부유쓰레기의 근본원인인 하천 유역 인구밀도와 일회용라이터의 기원지의 관계를 분석하였다. 먼저 기타로 분류한 것들을 제외하고 일회용라이터 표면에 인쇄된 사업장 위치의 위도·경도를 조사하여 지도에 표기하여 최근린분석 결과, 99%의 신뢰구간에서 통계적으로 의미 있는 결과가 도출되었다. 최근린 분석 결과의 값은 1보다 작을수록 군집의 정도가 클수록 의미하기 때문에 일회용라이터 분포의 경우 1보다 작은 0.52를 나타내고 있어 집중된 군집된 양상을 나타내고 있는 것으로 해석할 수 있다(그림 4).

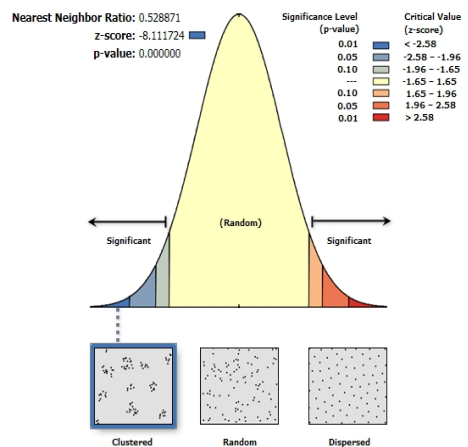


그림 4. 최근린 분석 결과
Fig. 4 Analysis result of nearest neighbor

하천 주변의 육상기인 해양쓰레기는 평상시에는 해양으로 유입이 거의 없다가 일시적인 집중호우나 장마 시에 배수역을 통해 해양으로 유입되므로 대부분의 해양쓰레기는 그 유역에서 발생한다고 가정할 수 있다[1]. 기원지를 지도에 표기한 결과 대부분 낙동강 유역 일대나 연안지역에 인접한 것을 확인할 수 있다. 또한, 낙동강 지방자치지역 및 낙동강 하구 연안지역의 인구밀도를 지도에 표기한 결과, 기원지 분포가 높은 지역에 대체적으로 인구밀도도 높은 것을 확인할 수 있었다(그림 5).

결과적으로 최근린 분석결과와 인구밀도가 높은 지역에 기원지가 군집하여 분포하는 것을 통해 일회용라이터 기원지 기원지는 하천 및 연안 인접의 여부와 인구밀도의 영향을 받는 것으로 추정할 수 있다.

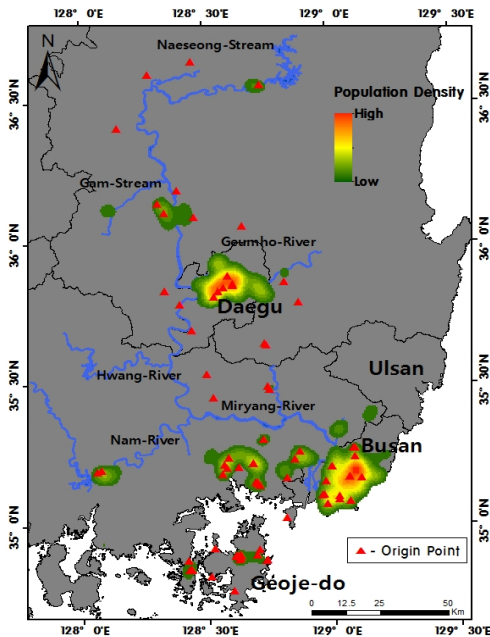


그림 5. 일회용라이터 기원지분포
Fig. 5 Distribution origin of disposable lighters.

IV. 요약 및 결론

본 연구에서는 2012년부터 낙동강 하구 사주 해안 2곳과 거제도 해안 3곳을 현장 모니터링 지역으로 선정하여 해안 표착쓰레기 중 기원지 판별이 가능한 일

회용라이터를 수집하여 기원지 추정을 수행하였다. 모니터링 구역에서 수거된 일회용라이터는 대부분 6월과 8월, 집중호우가 많은 여름철에 많이 발생하였으며, 거제도 북동부 해안인 흥남해수욕장과 두모뎡돌해수욕장에 많은 발생량을 나타냈다.

최근린분석을 통한 일회용라이터의 공간분포형태와 커널밀도분석을 통한 인구밀도와의 상관관계분석을 통해 일회용라이터의 기원지는 하천 및 연안지역의 인접 유무와 인구밀도가 군집형태에 영향을 주는 요인으로 추정할 수 있었다.

본 연구는 기존의 육지로부터 유입된 하천 부유쓰레기의 거동 예측, 유입 시기 및 이동경로를 예측하는 것에서 벗어나 해안표착물인 일회용라이터를 활용하여 실제 하천을 따라 유입되는 해양쓰레기의 발생지를 추정하는 측면에서 의의를 두었다. 하지만 일회용라이터의 경우 생활권 내에서 이동이 빈번하기 때문에 생활권의 지역에서 배포된 것이 생활권 내에 반입하여 폐기되는 오류를 범할 수 있다. 추후 이러한 오류를 보완하고 정확한 추정을 규명하기 위해서는 장시간의 모니터링 자료와 장소확대가 필요할 것으로 판단된다. 또한, 인구밀도와 기원지와의 정확한 상관관계 분석을 위해 통계기법을 활용한 연구도 수행할 필요가 있을 것으로 사료된다.

감사의 글

이 논문은 부경대학교 자율창의학술연구비(2014년)에 의하여 연구되었음.

References

- [1] J. Hong, "A Study on the management of land-based marine debris : a focused on the Nakdong River basin," Gyeongnam Development Institute, 2007.
- [2] D. Choi, S. Hong, "Strategy for Improving Enforcement of Marine Environment Protection Policy : Focused on Derelict Fishing Net and Rope," Korea Maritime Institute, 2001.
- [3] Y. Kim, "Strategic measures preventing debris from Nak-Dong River, Policy Study Report,"

- Gyeongnam Development Institute, 2003.
- [4] Y. Lee, S. Park, C. Ryu, H. Kim and H-S. Yoon, "Characteristics of Marine Debris collected from the Coastline of Sandbar in the Nakdong River Estuary," *Journal of the Korean society for Marine Environment Engineering*, vol. 10, no. 3, 2007, pp. 148-154.
- [5] D. Chae, "How to decrease damage from marine debris in Gyeong Nam Province Policy Focus report," Gyeong Nam Development Institute, 2011.
- [6] Fujieda, S "Source estimation of beach litter by drifted ashore indicator, disposable lighter," *Journal of Japan Driftological Society*, vol. 1, no.3, 2003, pp. 13-20.
- [7] Fujieda, S. and A. Kojima, "Estimation of the source of marine litter drifted on the coast of Eas Asia," *Journal of Coastal Zone Studies*, vol. 18, no. 4, 2006, pp. 15-22.
- [8] Fujieda, S. "Distribution range of disposable lighters collected on the river banks," *Journal of Japan Driftological Society*, vol. 11, no.2, 2013, pp. 7-11.
- [9] C. Yoo, H. Yoon, G. Kim, "The Behavior of Floating Debris in the Nakdong River Estuary using a Simple Numerical Particle Model," *Journal of The Korean Society of Marin environment & Safety*, vol. 13, no. 4, 2007, pp. 9-14.
- [10] H. Yoon, I. Lee, C. Ryu, "Numerical Simulation for Net-water Flux of the Cross sectional area in the Nakdong River Estuary," *Journal of The Korean Society for Marine Environment& Energy*, vol. 8, no. 4, 2005, pp. 186-192.
- [11] S. Jang, Y. Chung, S. Lee, H. 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.
- [12] S. Jang, H. 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.
- [13] S. Jang, Y. Chung, H. 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] J. Choi, S. Joo, "Analysis on the Characteristics of Obstetrics and Gynecology Distribution in Daegu Metropolitan City using GIS Spatial Analysis," *Journal of Daegu Gyeongbuk Development Institute*, vol. 12. no. 2, 2013, pp. 149~156.
- [15] M. Song, J. Lee, M. Lee and J. Yu, "An experimental study on drifting and sinkage of marine debris," *Journal of the Korean society for Marine Environment Engineering*, vol. 4, no. 1, 2001, pp. 47-62.
- [16] S. Jang, D. Kim, Y. Chung, S. Lee, and H. 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



김영민(Young-Min Kim)

2014년 부경대학교 공간정보시스템 공학과 졸업(공학사)

2015년 현재 부경대학교 대학원 공간정보시스템공학과 석사과정

※ 관심분야 : 해양원격탐사, GIS



장선웅(Seon-Woong Jang)

2008년 대구카톨릭대학교 지리교육
과 졸업(지리학사)

2012년 부경대학교 대학원 공간정
보시스템공학과 졸업(공학석사)

2014년 부경대학교 대학원 공간정보시스템공학과 박
사수료

※ 관심분야 : 해양원격탐사, GIS



윤홍주(Hong-joo Yoon)

1983년 부경대학교 해양공학과 졸
업(공학사)

1985년 부경대학교 대학원 해양공
학과 졸업(공학석사)

1997년 프랑스 그르노블 I 대학교 대학원 위성원격
탐사전공 졸업(공학박사)

1999년~2002년 여수대학교 해양공학과 교수

2002년 ~현재 부경대학교 공간정보시스템공학 교수

※ 관심분야 : 해양원격탐사, GIS