

기술보고

우이도 사구 해안의 외국기인 해양쓰레기 특성

이종명* · 장용창** · 홍선욱***† · 최현우****

* 부경대학교 생태공학과, ** 경남대학교 정치외교학과, *** (사)동아시아 바다공동체 오션, **** 한국해양연구원

Features of Foreign Marine Debris on the Dune Beach of U-i Island, Korea

Jong-Myoung Lee* · Yong-Chang Jang** · Sun-Wook Hong***† · Hyun-Woo Choi****

* Department of Ecological Engineering, Pukyong National University, Busan, 608-737, Korea

** Department of Political Science and Diplomacy, Changwon, 631-701, Korea

*** Our Sea of East Asia Network, Tongyeong, 650-829, Korea

**** Ocean Data management Team, Korea Ocean Research & Development Institute, 426-744, Korea

요 약 : 해양쓰레기의 국가간 이동은 우리나라와 주변국들 사이의 잠재적 외교 갈등 요인 중 하나이다. 국내에서 보기 드문 미피복 사구가 있는 전남 신안군 우이도도 외국기인 해양쓰레기의 피해를 입고 있는 것으로 언론에 보도되고 있다. 그러나 아직 이 외국기인 해양쓰레기에 대한 과학적인 연구결과는 발표된 바 없다. 우이도 사구에 접한 성춘해변 200 m²에서 2012년 2월 조사한 결과, 전체 해양쓰레기 중 외국기인의 비율은 수량 기준 34.7%, 중량 기준 56.3%, 부피 기준 48.5%였다. 기인 국가는 수량 기준 98.9%가 중국이었다. 가장 많이 발견된 외국기인 해양쓰레기는 플라스틱 음료수병과 검정 구형 부자였다. 검정 구형 부자는 중국의 패류나 해조류 양식업에 사용되는 것이다. 성춘해변 1,100 m 구간에서 총 539개가 발견되었는데 그 중 생산지를 확인할 수 있는 것은 15개였다. 이들 중 87.6%가 중국 북부 랴오닝성 제품으로 나타났다. 외국기인 해양쓰레기는 국내 정책으로는 예방하기 힘들기 때문에 기인국과의 협력을 통해 해당 쓰레기의 관리 정책 개선을 추동해야 한다. 더불어 겨울철에 대량 유입되는 검정 구형 부자는 원활한 국내 재이용 등을 위한 제도적 지원 방안이 마련되어야 할 것이다. 해안 사구의 지형적, 생태적 피해를 최소화할 수 있는 해양쓰레기 수거 처리 방법의 개발도 필요하다.

핵심용어 : 해양쓰레기, 국가간 이동, 해양 오염, 사구, 우이도, 국립공원

Abstract : Transport of marine debris between countries is a potential source of diplomatic conflicts. U-i Island in Shinan County, Jeonnam Province has been reported by media as being damaged by marine debris from foreign countries. However, scientific researches on those marine debris have not been published. So, the features of foreign marine debris on Seongchon Beach in U-i Island were surveyed on Feb. 2012. The ratio of marine debris from foreign countries was 34.7% by number of items, 56.3% by weight, and 48.5% by volume in 200 m² transacts. Most of them, 98.9% in number, were inferred to be originated from China. The most abundant items were plastic beverage bottles and black floats. The total number of black floats was 539 within the 1,100m beach. Fifteen of them had information on manufactured locations, of which 87.6% were Liaoning Province in northern China. As domestic policy cannot prevent the inflow of the marine debris from foreign countries, countermeasures should be sought out from the international cooperation with the neighboring countries. For the black floats, recycling method should be developed as lots of the same types of black floats are drifted ashore in winter. And, as the U-i Island is a National Park with its valuable natural heritages, methods should be designed to minimize impacts on dune topography and ecology.

Key Words : Marine debris, Trans-boundary, Marine pollution, Dune, U-i Island, National park

* 대표저자 : 정희원, loveseakorea@empas.com, 070-8179-4478

† 교신저자 : 정희원, oceanoook@nate.com, 070-8179-4478

1. 서론

해양쓰레기는 인간이 제조하거나 가공한 고형폐기물로 의도적으로 또는 비의도적으로 해양 환경으로 들어와 못 쓰게 된 것을 말한다(Coe and Roger, 1997). 유엔환경계획(UNEP)은 ‘플라스틱 해양쓰레기’를 인류가 직면한 “새롭게 대두된 환경 문제(Emerging Issues)”로 꼽고 있다(UNEP, 2011).

해양쓰레기는 해양 서식지 파괴(Donohue et al., 2001), 해양 생물에 의한 섭취 혹은 얽힘 피해 유발(Cole et al., 2011), 관광지 경관 훼손(MPMMG, 2002), 해상 운항 선박의 안전 위협(USDHS, 2005) 등 많은 문제를 일으킨다. 이밖에 우리나라와 주변국들 사이에서는 잠재적인 외교 갈등의 원인으로 작용하고 있기도 하다. 이것은 인접국과 바다를 공유함으로써 바다로 들어간 쓰레기가 국경을 넘어 타국의 연안에 쉽게 도달할 수 있는 지리적인 여건이기 때문이다. 일본은 우리나라와 중국 쓰레기의 대량 유입 문제를 지속적으로 제기해 왔다(Seino et al., 2009; Yamaguchi, 2002). 우리나라의 서해와 제주도 등 연안 지역에서도 중국에서 떠내려 온 쓰레기가 중요한 해양 오염 문제로 대두되고 있다(남, 2004).

국토해양부는 2011년 실시한 전국적 외국기인 해양쓰레기 조사 결과 전체 해변쓰레기 중 6.7%가 외국기인이며, 이 중 96.4%가 중국에서 온 것으로 추정하였다(http://www.mltn.go.kr). 전국 20곳의 조사정점(해안 100m 구간) 중 진도 하조도, 제주 차귀도, 신안군 임자도 등 3개 정점의 외국기인 해양쓰레기 비율이 20% 이상으로 높게 나타났다. 계절적으로는 신안 임자도가 겨울철에 비율이 높았고, 진도 하조도와 제주 차귀도는 여름과 가을철에 높았다.

한편 전남 신안군 우이도에서는 겨울철 외국기인 해양쓰레기의 유입 때문에 주민들이 피해를 입고 있다는 내용이 언론에 자주 보도되어 왔다(예: SBS, 2007. 6. 24.; 한국일보, 2010. 6. 15.). 우이도는 사구 형성 메카니즘의 지형학적 가치가 매우 높고 주변 경관이 아름다워 1981년 국립공원으로 지정되었다(신 등, 2002; 변과 박, 2002). 특히 우이도의 사구는 “해발고도가 100m에 이르는 국내 유일의 모래산(미피복 사구)”이 있는 것으로 유명하며, 신두해안사구와 대청도사구를 제외하고는 미피복 사구가 존재하는 극소수의 사례에 해당되어, 매년 수천 명의 관광객이 이곳을 찾고 있다(환경부, 2005). 우이도 사구에서는 총 142분류군의 관속식물이 발견되어(변과 오, 2006) 충남 신두리 등 다른 지역에 비해 다양한 식물상을 보유하고 있으며(변과 박, 2002), 2005년의 조사에서는 151종의 식물, 멸종위기종을 포함한 64종의 조류, 115종의 육상 곤충, 13종의 양서파충류가 발견되어 생물다양성이 매우 높은 것으로 보고된 바 있다(환경부, 2005).

국립공원 등 관계기관 담당자들에 대한 인터뷰 결과, 우이도는 과거 30년 이상 겨울철에 해양쓰레기가 집중적으로 밀려 들고 있다고 한다. 그 중 중국기인으로 추정되는 검정 구형 부자는 크기와 부피가 커서 제거하기 어려워 지속적으로 민원

이 발생하고 있다. 그러나 우이도 해안을 오염시키는 외국기인 해양쓰레기의 종류와 발생원 등에 대한 조사결과는 아직까지 보고된 바 없다. 해양쓰레기의 예방과 효과적인 수거 처리를 통한 피해 저감을 위해서는 그 종류와 발생 원인을 파악하는 것이 반드시 필요하다.

본 연구의 목적은 지형학적으로나 생태학적으로도 중요한 우이도 사구 해안으로 겨울철에 대량 유입되고 있는 외국기인 해양쓰레기의 종류와 주요 발생원을 파악하는 것이다.

2. 방법

2.1 조사 지역과 조사 시기

조사지역은 외국기인 해양쓰레기의 유입으로 인한 피해가 집중되고 있는 전라남도 신안군 도초면 우이도의 성춘해변(동경 34°36′48.41″~34°37′09.36″, 북위 125°49′14.05″~125°49′50.15″)이다. 성춘해변은 북서쪽을 향하고 있으며, 사빈의 길이는 총 길이 약 1,100m이다(환경부, 2005). 성춘해변의 남쪽 너머에 돈목해변이 있고, 그 사이에 해발 고도 약 100미터의 미피복 사구가 있다. 조사 시점의 식생대부터 수변까지 폭은 약 30m~50m 정도였다(Fig. 1).

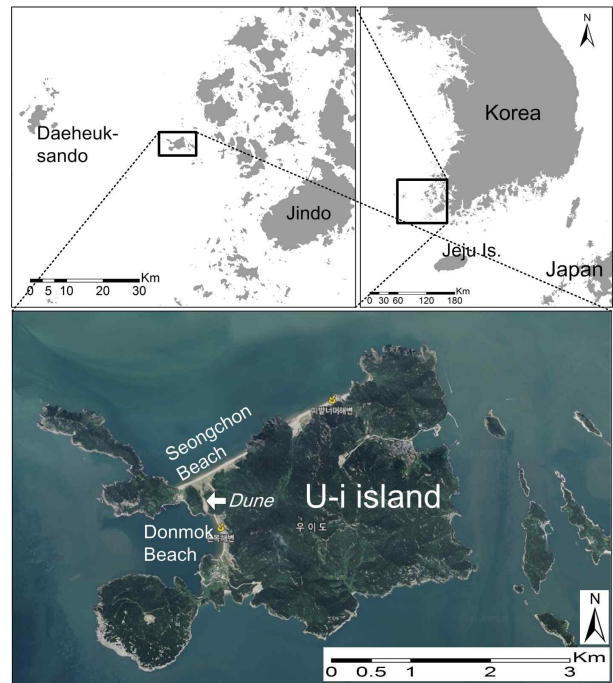


Fig. 1. The study area at Seongchon Beach in U-i Island located between Jindo and Daeheuksando, Shinan County, Jeonnam Province, Korea(source of satellite image is http://map.naver.com).

현장 조사는 2012년 2월 3~4일 이틀간 실시했다. UNEP/IOC의 해양쓰레기 모니터링 가이드라인은 조사 지역 해변에

서 조사자 이외의 주체에 의한 정기적인 청소 작업이 진행되는 경우, 청소 시기와 조사 시기를 명확히 보고함으로써 일정 기간별 유입률을 다른 지역과 비교할 수 있도록 하라고 권고하고 있다(Cheshire et al., 2009). 조사 지역인 우이도 성촌 해변의 국립공원 지킴이와 청소 담당자, 관할 행정관청인 도초 면사무소와 신안군청의 해양쓰레기 담당자 등 관계자를 인터뷰한 결과, 조사 지역의 해양쓰레기는 겨울철에 집중적으로 발생하며, 여름철 관광객을 맞이하기 위해 1년에 한번 5월 말경에 대대적인 청소를 한다. 8월 말까지 관광객이 방문하는 기간 중에는 국립공원관리사무소에서 2~3명의 청소 인력을 더 고용하여 매일 청소를 하고 있다. 따라서 본 연구의 현장 조사에서 발견된 해양쓰레기는 2011년 9월초부터 2012년 1월 말까지 5개월 동안, 즉 가을과 겨울철에 주로 발생한 것으로 볼 수 있다. 다만 사구해안의 특성상 모래에 묻혀있다 드러난 것들도 상당수 포함되었을 수 있다.

2.2 해양쓰레기의 양과 종류 조사(200 m² 구간)

성촌해변 총 1,100 m 중 주변 지형의 영향으로 해양쓰레기가 쌓이지 않는 해변의 양 끝을 제외한 800 m 구간을 1차 대상으로 선정하였다. 이 구간에서 해안선에 평행하게 길이 5m, 수직 방향 10m의 조사 구간 4개를 무작위로 설정하여 총 200 m² 구간을 조사했다(Fig. 2).



Fig. 2. Marine debris was sampled in four 5m×10m transects at Seongchon Beach in U-i Island.

UNEP/IOC(Cheshire et al., 2009)의 해변쓰레기 조사 가이드라인에 따라, 식생을 피하고, 2.5 cm 이상의 모든 해양쓰레기를 대상으로 하였다. 조사 구간에서 발견된 모든 해양쓰레기의 종류와 재질, 수량을 기록하고, 국내기인과 외국기인으로 구분하였으며, 쓰레기의 재질별로 무게와 부피를 측정하였다. 단 모래에 파묻힌 쓰레기는 대상에서 제외하였다. 200 m² 구간 안에서는 전체 쓰레기 중 외국기인 쓰레기의 비율과 플라스틱 음료수병 등 비교적 많이 발견된 3개 항목 각각의 외국기인 쓰레기 비율을 구하였다.

외국기인 해양쓰레기를 판별하는 기준으로는 글자, 전화번호, 바코드, 상표 등을 활용하였다. 아무런 정보가 없더라도 과거의 연구(해양수산부, 2005)에서 국내에서는 사용하지 않고 중국에서만 사용하는 것으로 이미 밝혀진 것은 외국기인으로 구분하였다. 중국제 음료수와 같이 수입되어 유통되지 않는 것, 중국 플라스틱 부자와 같이 모양과 특징이 밝혀져 있는 것들도 외국기인으로 구분하였다. 외국에서 생산되었더라도 국내로 수입되어 유통되는 것(대외무역법에 의한 한글 원산지 표기)과 외국기인으로 불만한 아무런 정보가 없는 것은 국내 기인으로 간주하였다.

2.3 플라스틱 부자의 정성조사(1,100 m 해변)

성촌해변을 가장 심각하게 오염시키고 있는 외국기인 해양쓰레기로 알려진 검정 구형 부자(Fig. 3(a))와 파랑 타원형 부자(Fig. 3(b))는 1,100 m 전체에서 전수 조사를 하였다. 표면 글씨, 전화번호 등 숫자, 고리 모양과 위치 등의 특징과 정보를 모두 기록하였다. 200 m² 구간 안에서 발견되는 플라스틱 부자의 샘플 수가 적고 정보가 남아 있는 경우도 드물었기 때문에 기인 국가와 생산지 등 상세한 정보를 얻기 위해서는 더 많은 샘플이 필요했다.

위 두 가지 플라스틱 부자의 표면에 남아있는 제조사의 상호, 전화번호, 주소 등을 이용하여 생산지를 추정하였다. 상호만으로는 지역을 알 수 없는 경우, 혹은 전화번호만 있는 경우 인터넷 검색으로 회사의 소재지 혹은 전화번호의 등록지역을 찾아서 그 곳을 생산지로 간주하였다.



Fig. 3. Plastic floats sampled from 1,100 m-length beach: (a) black float, (b) blue float.

3. 결 과

3.1 외국기인 해양쓰레기의 양과 비율

성촌해변 200 m² 구간에서 발견된 해양쓰레기는 251개, 130.5 kg, 1,049 L였으며, 이 중 외국기인 해양쓰레기는 87개 (34.7%), 7.35 kg(56.3%), 509 L(48.5%)였다(Table 1). 개수에서는 국내기인이 외국기인보다 1.9배 높게 나타났는데, 무게와 부피에서는 더 낮거나 약간 높은 비율을 보였다.

Table 1. Quantity of domestic and foreign marine debris on Seongchon Beach in U-i Island(In 200 m²)

Unit		Domestic origin	Foreign origin	Total
Number of item	ea	164	87	251
	%	67.3	34.7	100
Weight	kg	57	73.5	130.5
	%	43.7	56.3	100
Volume	L	540	509	1,049
	%	51.5	48.5	100

플라스틱 음료수병만 대상으로 하여 외국기인 쓰레기의 비율을 조사한 결과, 52개 중 38개로 73.1%를 차지하였고, 병뚜껑만을 대상으로 하였을 때는 12개 중 4개로 33.3%, 플라스틱 어업용 부자만을 대상으로 하면 40개 중 31개로 77.5%, 유리음료수병은 11개 중 6개로 54.5%로 나타났다.

3.2 외국기인 해양쓰레기의 종류

외국기인 해양쓰레기를 종류별로 살펴보면, 플라스틱 음료수병이 38개(44.7%)로 가장 많았고, 검정 구형 부자가 30개(34.5%)로 2위, 유리 음료수병이 6개(6.9%)로 3위였다(Table 2). 다음으로 병뚜껑이 4개, 휴대용 가스 캔이 2개였고, 음식 포장, 음식 캔, 세제 용기, 약병, 윤활유 통, 주황 부자, 베이지색 부자 등이 각 1개씩이었다(Table 2).

Table 2. Foreign marine debris on Seongchon Beach in U-i Island(In 200 m²)

Item	Number(%)
Plastic beverage bottle	38 (44.7)
Black float	30 (34.5)
Glass bottle	6 (6.9)
Lid	4 (4.6)
Portable gas can	2 (2.2)
Food wrapper	1 (1.1)
Cleaner bottle	1 (1.1)
Medicine bottle	1 (1.1)
Orange float	1 (1.1)
Beige float	1 (1.1)
Lubricant can	1 (1.1)
Food can	1 (1.1)
Total	87 (100)

3.3. 외국기인 해양쓰레기의 기인 국가와 생산지

200 m² 구간에서 발견된 외국기인 해양쓰레기 87개 중 86(98.9%)개는 중국 기인이었다. 1개의 플라스틱 음료수병만

오스트리아 상품이였다.

1,100 m 해변 전체에서 발견된 검정 구형 부자는 모두 539개였으며, 모두 중국 기인이었고 이 중 중국 내 생산지 정보를 확인할 수 있는 것은 15개(2.8%)였다. 그 중 13개가 랴오닝성이었고, 광둥성과 저장성이 각각 1개씩이었다. 즉 생산지가 확인된 것 15개 중 13개(86.7%)가 중국 북부 지역에서 생산된 것이었고, 남부 지역은 2개(13.5%)였다. 생산지를 추정할 수 있는 정보가 없는 것이 521개였고, 3개에는 기호, 무늬 등이 있었지만 생산지를 확인할 수는 없었다(Table 3).

Table 3. Origin of Black floats on Seongchon Beach in U-i Island(In 1,100 m)

Origin	Quantity(ea)	Proportion(%)
Liaoning	13	2.4
Guangdong	1	0.2
Zhejiang	1	0.2
Unconfirmed	3	0.6
No information	521	96.7
Total	539	100.0

성춘해변 전체에서 발견된 파랑 타원형 부자는 모두 59개였으며, 그 중 41개(69.5%)의 생산지를 확인할 수 있었다. 저장성이 28개, 산둥성이 7개, 랴오닝성이 6개로, 생산지를 알 수 있는 것들만을 대상으로 보면 중국 남부(저장성)가 68.3%, 중국 북부(산둥성과 랴오닝성)가 31.7%의 비율로 나타났다. 아무런 정보가 없는 것은 6개였고, 기호나 글자가 있었지만 확인할 수 없는 것이 12개였다(Table 4).

Table 4. Origin of Blue floats on Seongchon Beach in U-i Island(In 1,100 m)

Origin	Quantity(ea)	Proportion(%)
Zhejiang	28	47.5
Shandong	7	11.9
Liaoning	6	10.2
Unconfirmed	12	20.3
No information	6	10.2
Total	59	100.0

4. 토 의

4.1. 외국기인 해양쓰레기의 비율

우이도 성춘해변의 외국기인 해양쓰레기 비율은 34.7%(수량 기준)로 국토해양부 2011년 조사의 전국 평균 6.7%에 비해 4배 이상 높게 나타났다. 국토해양부의 결과는 매 홀수 달 말, 연간 총 6회 조사에서 나온 것이고, 본 조사는 2월초 1회

조사한 결과로 직접 비교하기는 어렵지만, 비율 차이가 매우 커서 상당히 높은 값을 나타낸 것으로 추정할 수 있다.

국토해양부 조사 지역 중 우이도와 가장 가까운 신안 입자도의 2011년 시기별 외국기인 해양쓰레기 비율을 살펴보면 1월에 48.3%로 가장 높고, 9월까지 계속 낮아져서 1.9%를 기록한 뒤 11월에는 4.4%로 다시 높아진다. 이것은 입자도 조사 대상지 해변(대광해수욕장)이 북쪽을 향하고 있어서 주로 겨울철 북서 계절풍의 영향을 많이 받기 때문이다. 우이도 성춘해변도 유사한 여건을 가지고 있기 때문에 본 조사에서 나타난 외국기인 해양쓰레기 비율 34.7%는 입자도와 마찬가지로 외국기인의 유입량이 높은 시기의 결과로 볼 수 있다.

4.2 외국기인 해양쓰레기의 기인 국가와 항목 구성

200 m² 구간에서 발견된 외국기인 해양쓰레기의 98.9%가 중국 기인이었다. 거의 전부가 중국에서 유입된 것이라고 볼 수 있는데, 국토해양부 결과(96.3%)와도 유사하다.

외국기인 해양쓰레기 종류별 구성을 보면 플라스틱 음료수병이 44.7%(38개)로, 플라스틱 부자(3종)가 35.6%(31개)로 1, 2위를 차지했다. 국토해양부 2011년 조사의 전국 평균 결과도 플라스틱 음료수병(39.7%)과 플라스틱 부자(4종 합계, 25.6%)이 가장 많이 발견된 것으로 나타나 우이도의 외국기인 해양쓰레기의 항목 구성은 다른 지역과 유사한 것으로 보인다.

우이도 성춘해변에서는 세 종류의 외국기인 플라스틱 부자 중에서도 검정 구형 부자가 34.5%를 차지할 정도로 많이 발견되었다. 검정부자는 1개의 무게가 약 2~2.5 kg, 부피는 9~14 L이다. 성춘해변에서 발견된 검정 구형 부자 30개의 총 부피는 270~420 L, 무게는 60~75 kg였다. 200 m² 구간 내 외국기인 해양쓰레기 부피의 53~83%, 무게의 82~99%를 차지하는 수치이다. 외국기인 해양쓰레기의 비율이 개수(34.8%)보다 무게(56.3%)나 부피(48.5%)에서 더 높게 나타났다. 즉, 우이도 성춘해변의 검정 구형 부자는 그 숫자가 많을 뿐만 아니라 무겁고 부피도 커서 관리에 가장 큰 어려움을 주고 있다.

4.3. 검정 구형 부자와 파랑 타원 부자의 기인 지역과 발생 원인

검정 구형 부자는 중국에서 패류나 해조류 양식에 사용하는 것으로 알려져 있다(Zhang, 2007). 우이도 성춘해변에서 발견된 검정 구형 부자는 생산지가 확인된 중 86.7%가 중국 북부 지역인 랴오닝성(따렌, 셴양 등) 제품이었다(Table 3). 중국 북부 지역의 양식장에서 사용 중 유실된 것들이 겨울철 북서 계절풍을 따라 우리나라 쪽으로 흘러 온 것으로 보인다. 물론, 본 연구에서 생산지가 확인된 검정 구형 부자의 비율이 매우 낮기 때문에 반복적인 조사를 통한 분석이 필요하지만, 황해와 우이도 주변의 기상과 해양 환경은 중국 북부 지역 검정 구형 부자의 겨울철 유입 이유를 상당 부분 설명할 수 있다.

검정 구형 부자는 부력이 상당히 좋아서 바닷물에 띄워보면 전체 중 30% 정도만 물에 잠기고, 70% 정도가 수면 위로 드러난다. 해양쓰레기가 바다에서 이동할 때 수면 위 공기 중으로 노출된 부분과 물 속에 잠긴 부분의 비율에 따라 바람과

해류의 상대적 영향 정도가 달라진다(Yoon et al., 2010). 따라서 검정 구형 부자는 해류보다 바람의 영향을 상대적으로 더 많이 받는다고 할 수 있다. 또, 황해의 내부에는 밀도류에 의해 반시계 방향의 흐름이 있지만 이것은 겨울철에는 약해지고, 대신 북풍의 영향으로 한국 연안에서는 해안을 따라 남하하는 흐름이 발생하게 된다(Lie et al., 2009).

바람도 겨울철이 되면 황해 주변은 북풍과 북서풍이 지배적이다(Cho et al., 2009). 우이도 성춘해변으로부터 북서서쪽으로 약 35 km 떨어진 대흑산도에 위치한 '흑산도 기상대'에서 2011년 11월부터 2012년 1월까지 관측한 바람 자료에 의한 매월의 바람장미는 Fig. 4와 같다. 바람장미(Wind rose)는 해당 기간 동안 방위별 풍향 출현빈도와 풍향별 풍속계급 빈도를 그래프로 나타낸 것으로 바람장미의 막대는 바람이 불어오는 방향을, 길이는 해당등급의 바람이 불어온 빈도를 백분율로 나타낸 것이다. 겨울철 우이도 주변해역의 주풍은 북서풍이며 성춘해변은 북서쪽을 향하고 있어, 바람의 영향을 많이 받는 검정 구형 부자들이 겨울철 집중적으로 해변에 밀려들어 온 것으로 보인다.

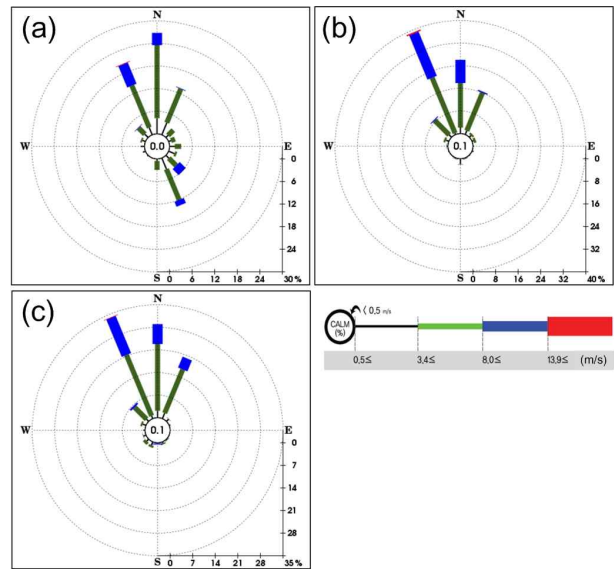


Fig. 4. Wind rose on Daehuksando in winter: (a) Nov. 2011, (b) Dec. 2011, (c) Jan. 2012 (http://www.kma.go.kr/weather/observation/data_monthly.jsp).

한편, 파랑 타원형 부자의 생산지는 중국 남부 저장성이 68.3%로 북부의 산둥성과 랴오닝성을 합친 31.7%보다 훨씬 많았다. 해양쓰레기가 중국 남부에서 우리나라 쪽으로 이동하는 것은 쿠로시오 해류와 대만난류 그리고 여름철 남동 계절풍의 영향으로 알려져 있다(Seino et al., 2009). 대만해협에서 대한해협 쪽으로 흐르는 대만난류가 다른 계절에 비해 여름철에 더 분명하게 나타나는데, 이때는 풍향도 남풍이 우세하다(Cho et al., 2009). 동중국해 주변의 해양쓰레기 이동 수치 모델 연구에서도 여름철 대만해협 주변 등 중국 남부에서 발생

한 쓰레기가 해류와 바람을 따라 북상하여 우리나라와 일본 해안에 표착하고 있는 것으로 추정한다(Isobe et al., 2009; Kako et al., 2010). 파랑 타원 부자의 경우도 중국 남부 지역(저장성 등)에서 발생한 것들은 여름철 북상하는 해류를 타고 남풍에 밀려서 오고, 중국 북부지역(산둥성, 랴오닝성 등)에서 발생한 것들은 겨울철 북서풍의 영향으로 유입된 것으로 추정할 수 있다.

중국산 플라스틱 부자를 국내에 수입해서 사용하는지 확인하기 위해 사전, 목포 등의 어구점에 문의한 결과, 부자는 부피가 커서 운송비가 많이 들기 때문에 중국산을 수입해서 사용하는 경우는 거의 없다고 한다. 같은 이유로, 중국 내의 생산지와 소비지 간의 장거리 유통 가능성도 낮을 것으로 추정된다. 즉, 중국 남부에서 생산된 플라스틱 부자가 중국 북부에서 사용되고 그 곳에서 떠내려 왔을 가능성은 낮을 것으로 보인다. 이러한 특성은 국토해양부와 해양환경관리공단(2011)의 외국기인 해양쓰레기 모니터링 결과를 통해서도 뒷받침된다. 중국산 플라스틱 음료수병의 제조지역 주소 분포를 분석했을 때, 우리나라 해안에서 발견된 것들의 생산지 비율이 여름에는 중국 남부지역이 높고, 겨울로 가면서 북부지역이 높아져 정반대의 양상을 보였다. 즉, 생산지를 통해 기인지역을 추정하는 것이 일정 타당성이 있는 것으로 보인다.

4.4 현장 조사의 제약 조건과 고려 사항

일반적으로 일정 시간동안 해양쓰레기의 유입량을 파악하기 위해서는 첫 조사에서 측정된 쓰레기를 모두 제거하고, 다음 조사 시점까지 일정기간 동안 새롭게 유입된 양을 측정하는 조사를 반복해야 한다(Cheshire et al., 2009). 그러나 우이도 성촌해변의 경우 그런 요건을 충족시키기 매우 힘들다. 성촌해변 1,100m의 쓰레기를 제거하기 위해서는 사구 너머 포구까지 사람이 직접 운반하여야만 한다. 성촌해변에는 선박을 직접 접안할 수 없고, 차량 운반도 불가능하기 때문이다.

퇴적과 침식이 짧은 주기로 반복되는 풍성사구에서는 해양쓰레기도 파문했다 드러나기를 반복하게 된다. 계절별 양적 변화를 조사하고자 할 때, 묻혀있던 쓰레기가 드러남으로써 외부로부터 유입된 것과 구분이 어려운 문제가 발생한다. 모래에 묻혀있는 쓰레기까지도 조사를 할 경우에는, 사구가 침식되거나 식생이 훼손되는 등의 문제가 발생한다. 따라서 사구의 형성과 밀접한 관련이 있는 식생 등 생태계를 훼손하지 않으면서 계절적 영향을 파악하는 연구는 매우 힘들다고 할 수 있다.

본 연구의 현장 조사에서 발견된 해양 쓰레기가 어느 정도의 기간 동안 유입된 것인지 정확하게 알 수는 없다. 대신, 본 연구에서는 해양쓰레기의 분포에 영향을 주는 계절적, 지형적 특성을 고려하여 외국기인 해양쓰레기가 가장 많이 발생하는 시기를 사전에 면밀히 검토하여 시행한 것이다.

특정 시점의 현존량(Stock)을 조사하는 것은, 유입량(Flow)을 알 수 없다는 한계를 가지지만, 항목별 구성과 발생원인, 그리고 영향의 범위에 대한 유용한 정보를 제공한다(Ryan et

al., 2009). 외국기인 해양쓰레기 유입량이 적은 시기에는 쓰레기가 가지고 있는 기인국, 생산지 정보를 얻을 수 있는 확률이 낮아지기 때문에 가능하면 최대한 많이 유입되어 남아있는 시기에 집중 조사하는 것이 유리하다. 그래서 본 연구에서는 겨울철 조사를 통하여 전체 해양쓰레기 중 외국기인 해양쓰레기가 차지하는 비율, 항목 구성, 발생 원인, 환경 요인과 연관성 등에 중점을 두고 분석하였다.

4.5 우이도 해안사구의 보호 관리에 주는 시사점

지형학적으로 생태학적으로 높은 가치를 지닌 우이도 사구의 보존과 관리와, 주민들과 관리당국의 경제적 피해를 줄이기 위해 해양쓰레기의 근본적 예방대책이 수립되어야 한다. 국토해양부 등(2008)이 수립한 “제1차 해양쓰레기 관리 기본 계획”에서도 해양에 유입된 쓰레기의 처리비용은 유입 전 육상에서의 처리비용보다 훨씬 높기 때문에, 해양쓰레기 정책의 패러다임을 사후처리 중심에서 사전 예방으로 전환을 표방하였다. 그러나 외국기인 해양쓰레기는 국내 정책으로 사전 예방을 할 수가 없다. 우이도 뿐만 아니라 한국 전체의 외국기인 해양쓰레기 문제를 해결하기 위해서도 중국 등 주변국과 협력을 강화하고, 과학적인 조사 결과를 바탕으로 주변국의 관리 정책 개선을 유도해야 할 것이다.

국립공원관리공단 관계자에 따르면 2010년 6월 여름철 관광성수기를 대비하여 성촌해변에서 5톤 차량 2대 분량의 쓰레기를 수거하여 처리하는데 총 비용 2천만원이 들었고, 이 쓰레기의 절반이 검정 구형 부자였다. 당시 예산이 부족하여 수거한 검정 구형 부자의 상당량을 처리하지 못하고 야적해 두었다가 2011년 11월에 국내 양식업자에게 판매하였다고 한다. 수거 처리에는 상당한 비용이 들지만, 반대로 재이용 수요처를 발굴하면 판매 수익도 얻을 수 있는 상황인 것이다. 대량 유입되는 검정 구형 부자 등 외국기인 해양쓰레기의 재이용과 유통에 대한 제도적 지원 방안 등이 마련되어야 할 것으로 보인다. 더불어 지자체 등에서 연례적으로 시행해 온 해변 쓰레기 정화 사업에서도 해안 사구 지형과 생태계에 피해를 최소화시키는 수거 처리 방안을 강구할 필요가 있다.

5. 결론

우이도 성촌해변 200 m² 조사 구간의 전체 해양쓰레기 중 외국기인의 비율은 수량 기준 34.7%, 중량 기준 56.3%, 부피 기준 48.5%였다. 이들은 거의 전부(98.9%) 중국에서 떠내려 온 것으로 나타났다. 가장 많이 발견된 외국기인 해양쓰레기는 플라스틱 음료수병(44.7%)과 검정 구형 부자(34.5%)였다. 검정 구형 부자는 중국의 패류나 해조류 양식업에 사용되는 것으로 생산지가 확인된 것 중 87.6%가 중국 북부 랴오닝성 제품으로 나타났다.

외국기인 해양쓰레기는 국내 정책으로는 예방할 수 없기 때문에 주변국과의 협력을 통해 해당 쓰레기의 관리 정책개선을

추동해야 한다. 겨울철에 대량 발생하는 검정 구형 부자는 원 활한 재이용 등을 위한 제도적 지원 방안이 마련되어야 할 것이다. 또, 해안 사구 등에서 생태계 피해를 최소화할 수 있는 해양쓰레기 수거 처리 방법의 개발도 필요하다.

감사의 글

현장 조사를 도와주시고 관리 현황에 대해 상세한 정보를 들려주신 국립공원지킴이 박화진님, 성춘해변 관리자 박철성님, 신안군청 박명관님, 도초면사무소 이남인님께 깊은 감사를 드립니다. 세 분의 심사위원님께서 세심하게 지적해 주셔서 원고의 질을 높일 수 있었기에 깊이 감사드립니다.

참 고 문 헌

- [1] 국토해양부, 환경부, 농림수산식품부, 해양경찰청(2008), 제1차 해양쓰레기 관리 기본계획(2009-2013), p. 75.
- [2] 국토해양부와 해양환경관리공단(2011), 외국기인 해양쓰레기 정밀모니터링 연구, p. 227.
- [3] 남정호(2004), 「해양쓰레기의 국가 간 이동에 대한 정책 방향 연구」, 한국해양수산개발원, p. 122.
- [4] 변무섭, 박준모(2002), 우이도 사구의 식물상 및 비오톱보전에 관한 연구, 한국산림휴양학회지, 제6권 4호, pp. 93-101.
- [5] 변무섭, 오현경(2006), 우이도 해안사구의 식물상과 식생군집 변화분석, 한국환경생태학회지 20(1), pp. 41-51.
- [6] 신승식, 윤진숙, 홍장원, 이호춘(2002), 해상국립공원의 합리적인 관리방안 연구, 한국해양수산개발원, p. 146.
- [7] 해양수산부(2005), 해양폐기물 수거 처리 실용화 기술 개발 연구(Ⅱ), 해양수산부, p. 423.
- [8] 환경부(2005), 전국 해안사구 정밀조사 보고서: 구례포, 삼봉, 신희, 우이도, 국립환경과학원, p. 509.
- [9] Cheshire, A. C., E. Adler, J. Barbieri, Y. Cohen, S. Evans, S. Jarayabhand, L. Jetic, R. T. Jung, S. Kinsey, E. T. Kusui, I. Lavine, P. Manyara, L. Oosterbaan, M. A. Pereira, S. Sheavly, A. Tkalin, S. Varadarajan, B. Wenker, G. Westphalen(2009), UNEP/IOC Guidelines on Survey and Monitoring of Marine Litter. UNEP Regional Seas Reports and Studies, No. 186; IOC Technical Series, No. 83: xii, p. 120.
- [10] Cho, Y. K., G. H. Seo, B. J. Choi, S. Kim, Y. G. Kim, Y. H. Youn, and E. P. Dever(2009), Connectivity among straits of the northwest Pacific marginal seas, J. Geophys. Res., 114, C06018, doi:10.1029/2008JC005218.
- [11] Coe, J. M. and D. B. Rogers(Ed.)(1997). Marine debris: sources, impacts, and solutions. Springer Series on Environmental Management. Springer-Verlag: New York. ISBN 0-387-94759-0. p. 432.
- [12] Cole, Matthew, Pennie Lindeque, Claudia Halsband and Tamara S. Galloway(2011), “Microplastics as contaminants in the marine environment: A review”, Mar. Poll. Bull. 62(12), pp. 2588-2597.
- [13] Donohue, M. J., R. C. Boland, C. M. Sramek, and G. A. Antonelis(2001), Derelict fishing gear in the Northwestern Hawaiian Islands: Diving surveys and debris removal in 1999 confirm threat to coral reef ecosystems. Mar. Poll. Bull. 42(12), pp. 1301-1312.
- [14] Isobe, A., S. Kako, P. H. Chang and T. Matsuno(2009). Two-Way Particle-Tracking Model for Specifying Sources of Drifting Objects: Application to the East China Sea Shelf. Journal of Atmospheric and Oceanic Technology, 26(8), pp. 1672-1682.
- [15] Kako, S., A. Isobe, S. Seino and A. Kojima(2010). Inverse estimation of drifting-object outflows using actual observation data. Journal of Oceanography, 66(2), pp. 291-297.
- [16] Lie, H.-J., C.-H. Cho, and S. Lee(2009), Tongue-shaped frontal structure and warm water intrusion in the southern Yellow Sea in winter, J. Geophys. Res., 114, C01003, doi:10.1029/2007JC004683.
- [17] MPMMG - Marine Pollution Monitoring Management Group(2002), The Impacts of Marine Litter Department of the Environment (DoE), UK, p. 43.
- [18] Ryan, P. G., C. J. Moore, J. A. Van Franeker and C. L. Moloney(2009). Monitoring the abundance of plastic debris in the marine environment. Philosophical Transactions of the Royal Society B: Biological Sciences, 364(1526), pp. 1999-2012.
- [19] Seino, S., A. Kojima, H. Hinata, S. Magome and A. Isobe(2009), Multi-Sectoral Research on East China Sea Beach Litter Based on Oceanographic Methodology and Local Knowledge. Journal Of Coastal Research, Si 56 (Proceedings Of The 10th International Coastal Symposium), pp. 1289-1292.
- [20] UNEP - United Nations Environment Programme. Division of Early Warning and Assessment(2011), UNEP year book 2011 : emerging issues in our global environment, Nairobi, Kenya: United Nations Environment Programme, p. 79.
- [21] USDHS - US Department of Homeland Security(2005), Boating statistics 2005. COMMANDANT PUBLICATION P16754.19, p. 45.
- [22] Yamaguchi, H.(2002), Hige Sensei no shokan, hyōchaku gomi : kaigansen no ima o otte(Shohan.), Tōkyō: Bungeisha(in Japanese), p. 263.

- [23] Yoon, J. H., S. Kawano and S. Igawa(2010). Modeling of marine litter drift and beaching in the Japan Sea. *Marine Pollution Bulletin*, 60(3): pp. 448-463.
- [24] Zhang, J.(2007). Open sea aquaculture technology and practices, YSLME Symposium and Workshop On the Sustainable Mariculture in the Yellow Sea, 2007. 6. 1 8~20, Taean, Korea. p. 21.

원고접수일 : 2012년 03월 13일

원고수정일 : 2012년 04월 13일 (1차)

2012년 04월 20일 (2차)

게재확정일 : 2012년 04월 23일