

해안표착물의 특성에 관한 연구 : 전라남도 신안군 임자도 대광해수욕장

장선웅* · 오승열** · 김대현*** · 윤홍주**†

*, ** 부경대학교 공간정보시스템공학과, *** 오션테크

A Study on the Characteristics of Marine Debris in Coastline : Daekwang Beach in Imja Island, Jeollanam-Do, Korea

Seong-Woong Jang* · Seung-Yeol Oh* · Dae-Hyun Kim** · Hong-Joo Yoon**†

*, ** Dept. of Spatial Information Engineering, Pukyong National University, 599-1, Daeyeon 3-Dong, Nam-Gu, Busan, 608-737, Korea

*** OCEANTECH, 180-14, Banghwa 1-Dong, Gangseo-Gu, Seoul, 157-846, Korea

요 약 : 해양오염으로부터 해양환경 및 생태계를 보호하기 위해서는 해양쓰레기 발생 및 이동에 관한 집중적인 연구가 필요하다. 본 연구에서는 해안표착물의 조성 및 발생원 분석을 통해 연간 발생량 및 특성에 대한 분석을 하였다. 전라남도 신안군 임자도 대광해수욕장을 대상으로 100 m×20 m(=2,000 m²) 구역을 설정하여 분포량 및 발생 특성을 분석한 결과, 2008년부터 2010년까지 총 1,445 kg의 해안표착물이 수거되었다. 가장 많은 양을 차지하는 품목은 플라스틱으로서 평균 46.5%, 스티로폼 20%, 목재 12.6% 등으로 나타났다. 외국 기인 발생량은 총 155.5kg으로 이중 90% 이상이 플라스틱류로 대부분 중국 기인의 플라스틱과 어업용 부표였다. 한편, 해안표착물의 발생량 변화를 파악하기 위해 해양 환경의 계절적 변화를 분석하였다. 2009년과 2010년은 북풍 계열의 풍향과 풍속이 우세한 계절에 발생 비율이 높았으며, 2008년은 조류의 흐름이 타 연도의 동일 계절과 달리 서향의 왕복성 흐름을 보인 여름철(7월)에 발생률이 40%(409개)로 가장 높게 나타났다. 외국 기인 해안표착물의 계절별 변화를 살펴보면 전체적으로 1월, 5월에 발생률이 높았으며 11월이 다음으로 많은 양을 차지하였다. 한편, 2008년에는 여름철(7월) 발생률이 46%로 가장 높은 데 비해 2009년과 2010년에는 4%의 가장 낮은 비율을 보임으로서 상반되는 결과를 나타내었다.

핵심용어 : 해안표착물, 조류, 해상풍, 모니터링, 외국 기인

Abstract : A study on the occurrence and movement of marine debris is required for protecting the marine environment and ecosystem from marine pollution. The aim of this study is to show annual production and movement characteristics through analysis for the flow path, composition and the sources of marine debris. This study analyzed the distribution and characteristics of marine debris collected in the region of 100 m×20 m(=2000 m²) at the Daekwang Beach in the Yellow Sea. During the collection period from 2008 to 2010, the total weight of the marine debris was 1,445 kg in this site. The most marine debris was plastic amounting to 46.5% of the whole collection; the rest were styrofoam(20%) and wooden material(12.6%). The amount of marine debris caused from foreign country observed 155.5 kg, more than 90% of them was plastic came from China such as buoys. Additionally, this study analyzed seasonal change of marine environment to understand occurrence amount change of marine debris. 2009 and 2010 was high occurrence ratio in season that the north wind is very strong and the occurrence rate appeared highest by 40% in the summer(July) of 2008 that appeared westbound tidal current. Overall, marine Debris caused from foreign country was high occurrence ratio in January, May and then November has a lot of quantity secondly. While, occurrence ratio was the highest by 46% summer(July) in 2008, but in 2009 and 2010 showed the lowest rate to 4%.

Key Words : Marine debris, Tidal current, Sea surface wind, Monitoring, Foreign marine debris

*1. 서 론

최근 연안해역의 대규모 어업활동과 경제개발로 말미암은 산업현장의 확대, 생활수준의 향상에 따른 여가활동의 증가로

해양쓰레기의 발생량은 계속하여 증가하고 있다. 버려진 해양 쓰레기는 어족 자원의 감소와 해양환경 및 미관의 훼손, 해양 안전사고 유발, 관광객 감소 등 최근 심각한 사회문제로 대두하고 있다. 또한, 해양쓰레기의 광역이동성으로 인한 국내 기인 해양쓰레기의 일본 해안 표착, 중국 기인 해양쓰레기의 국내 해안 표착 등 국가 간 이동으로 인한 연안국들의 피해가 증가하면서 외교적 갈등의 소지를 보이고 있다. 특히 일본의 경우 한

* 대표저자 : 학생회원, bearsd@pknu.ac.kr, 051-629-6654

† 교신저자 : 정희원, yoonhj@pknu.ac.kr, 051-620-6273

국 기인으로 확산하는 플라스틱통들을 별도로 분리하여 모니터링하고 있으며, 한국의 정부에 이에 관하여 공동 조사할 것을 제안하였으나 한국이 그에 응해주지 않는다고 발표하였다(조, 2004).

해양쓰레기는 발생원에 상관없이 인간의 직접적인 활동과 자연 현상에 의해 해양환경으로 유입되는 폐기물 중 플라스틱류, 유리류, 고무류, 금속류, 나무류, 옷감류와 같이 난분해성, 광역이동성, 흡수성의 특징을 갖는 해양폐기물로 정의할 수 있다(한국해양수산개발원, 2004). 또한, 분포 위치에 따라 해안표착쓰레기, 부유 쓰레기, 해저 또는 침적쓰레기 등으로 분류할 수 있다.

본 연구에서는 해안에서 직접 투기에 의한 해안쓰레기, 부유 쓰레기 중 해류, 조류, 바람의 영향으로 인해 해안에 쌓이게 되는 해안표착쓰레기를 대상으로 한다. 국내 해안표착쓰레기의 발생량은 계속하여 증가하는 추세이며 국외 발생원에 의한 표착 비율이 증가하고 있다. 신안군 비급도 명사십리 해수욕장 해안에서 해양수산부가 조사한 자료를 보면 외국 기인 쓰레기의 발생 비율이 중량 기준 2%, 수량기준 12%, 부피 기준 9%를 차지한다고 보고하였다(해양수산부, 2003). 반대로 국내 발생원이 일본 등 주변국 해안 표착 또한 늘어나는 추세다. 이시카와 현의 해변에서 조사한 결과에 의하면 전체 발생 쓰레기 중 38%가 한국 기인으로 나타났다(한국해양수산개발원, 2001).

현재 해양쓰레기의 분포 및 조성 성분 분석에 관한 연구(박과 강, 2005) 및 해양쓰레기 발생량 추정에 관한 연구(이 등, 2007)가 활발히 진행되고 있다. 그러나 해양쓰레기 거동 특성을 규명하는 데 있어 과학적 접근이 미흡하며, 이동에 관한 기초자료가 부족한 실정이다. 우리나라 주변의 해류 흐름의 일반적 패턴은 여러 연구자에 의해 연구되었지만, 월·계절·지역별로 세분하여 수행한 연구는 미비하다(한국해양수산개발원, 2004).

이에 본 연구에서는 서해안의 전라남도 신안군 임자도 대광해수욕장의 일부 지역을 조사지역으로 선정하여 해안표착쓰레기의 유입에 영향을 준다고 판단되는 해양환경 특성 및 표착물의 조성 분석을 시행하여 표착물의 계절별 변화와 해양쓰레기의 이동 특성을 파악하고자 한다.

2. 연구 방법 및 자료

2.1 연구대상지

한반도의 서해안은 반폐쇄성 주변해인 서해의 동쪽 경계를 이루고 있으며, 해안선이 복잡하고 강한 조석작용의 영향을 받아 조차가 큰 환경이다(Alexander et al., 1991). 본 연구의 대상 지역이 포함된 전라남도 신안군 지역은 군 단위로는 전국 제일의 바다면적을 보유하고 있으며, 해안선이 1,734.19 km로 부유쓰레기가 많이 쌓이는 지역이다(정 등, 2008). 임자도 대광해수욕장은 비교적 단조로운 해안선을 가지고 북서쪽으로 열려 있으며, 약 8 km의 해안을 따라 200~300 m 폭을 가진 완만한 사빈이 발달하여 있다(한국지질자원연구원, 2003). 현재 이 지역은

서남해안의 해양쓰레기 발생 현황을 파악하기 위한 국가 해양쓰레기 모니터링 지역으로 지정되어 있다(Fig. 1).

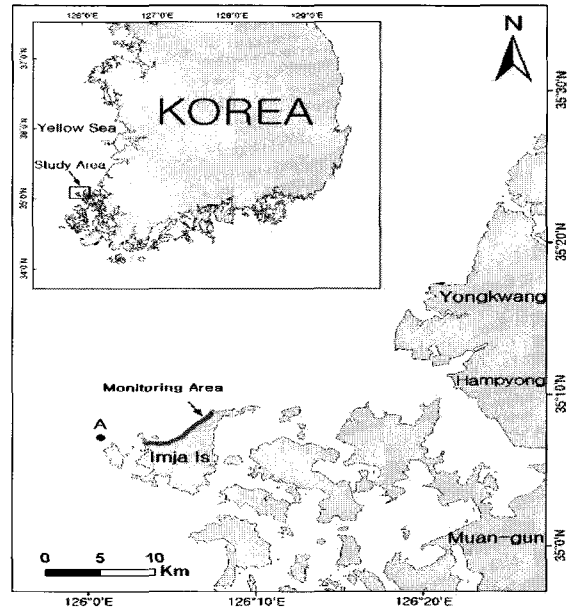


Fig. 1. Location of the study area.

2.2 해안표착물 발생량 조사

본 연구는 2008년과 2009년 해양환경관리공단에서 실시한 모니터링 자료를 토대로 2010년부터 직접 현장 조사를 하였고 기존의 100 m×20 m(=2,000 m²) 영역을 그대로 설정하였다. 대광해수욕장의 전체 해안을 모니터링하여 분포량 및 이동량을 추정하는 것이 정확한 방법이지만 축적된 자료가 부족하고 시간과 경제적 여건을 고려하여 해양환경관리공단 주관으로 모니터링이 실시되고 있는 기존의 영역을 모니터링 구역으로 설정하였다. 조사방법은 모니터링 영역을 깨끗이 청소한 후, 일정 기간이 지난 시점에서 해안표착물을 거둬들여 경과된 기간의 발생량 및 발생원을 평가하기 위해 1, 3, 5, 7, 9, 11월 구역 내 모든 해안표착물을 수거하여 품목별로 분류한 뒤 각각의 무게 및 부피를 측정하였다. 또한, 외국기인 표착물의 이동 특성을 파악하기 위해 따로 분리하여 조성 분류 및 개수, 무게, 부피를 측정하였다.

2.3 해양 환경 분석

해양 환경의 계절별 변화에 따른 표착물 발생량 변화를 파악 위해 조류, 해상풍의 해양 환경 분석을 시행하였다.

해수면에서 부유하는 물질의 수송은 지역의 해수 순환에 따라 각각 특징적인 방향으로 이동해 갈 수 있다. 단기적(반일 또는 일)으로는 조류와 바람에 의해 지배받는 경향을 띠고, 중·장기적으로는 해류, 바람에 의한 표층 평균 순환 등에 의해 지배받는다(전과 안, 1997).

조류의 영향을 분석하기 위해 국립해양조사원에서 운영하고 있는 임자도 부근의 관측점(Fig. 1. A : 35° 07' 51" N, 126° 0

0' 29" E)에서 2008년부터 2010까지 관측한 계절별 자료를 이용하였다. 조류자료 표현에서 장기간 조류 자료로부터 조류의 왕복성이나 회전성을 더욱 쉽게 파악할 수 있으며 항류에 대해서도 시각적으로 알아보기 쉬운 누적 유속벡터(Progressive Vector)로 분석하였다.

해양의 표층 흐름에 직접적으로 작용하여 표층의 물질 거동에 주된 영향을 미치는 해상풍을 고려하기 위해 2008년부터 2010년까지 목포기상대의 시간별 관측 자료를 이용하여 계절별 풍향·풍속을 나타내었다.

3. 연구결과

3.1 모니터링 결과

신안군 임자도 대광해수욕장을 대상으로 2008년 3월부터 2010년 12월까지 모니터링된 자료를 취합하여 그 결과를 Table 1에 정리하였다. 플라스틱, 스티로폼, 나무와 같은 주요 품목을 제외한 약병, 주사기, 라이터 등 1% 미만의 품목은 기타 항목으로 함께 분류하였다.

2008년에 2,000 m²에서 수거된 표착물의 총 중량은 443.11kg, 수량은 1,012개, 부피는 2,886 l로 나타났다. 2009년 중량과 부피는 2008년에 비해 다소 감소하였으나 수량은 2008년 1월의 모니터링이 실시되지 못한 점을 감안할 경우 비슷할 것으로 판단된다. 2010년에는 총 중량 660.1 kg, 수량 2,304개, 부피 4,297 l로 2008년과 비교해 모든 기준에서 약 1.5배 가까이 증가하였

다. 조사 기간 수거된 표착물 중 부유성이 높은 플라스틱은 3년간 평균 중량이 전체의 46.5%, 수량은 44.5%로 가장 많은 양을 차지하였다. 그 다음으로, 스티로폼의 부피가 44.8%로 컸지만 중량 기준으로 20.1%, 목재 12.6%, 의류 및 천 3.6%, 고무 3% 순으로 나타났다.

주요 발생원으로는 약 90% 정도가 국내 기인의 표착물로 조사되었다. 이는 육상에서 투기된 쓰레기의 하천을 통한 유입, 해안에서의 직접 투기와 같은 육상 기인, 어업 활동과 선박에서의 투기 등에 의해 발생한 것으로 판단된다.

한편, 최근 해양쓰레기의 국가 간 이동에 따른 피해가 증가함에 따라 자료 축적의 필요성이 대두되고 있는 외국 기인 표착물에 대해 상품의 바코드 및 상표, 글자, 전화번호 등 국토해양부가 제시한 모니터링 조사 지침에 따라 따로 분류하였다.

그 결과 전체 해안표착물 중 중량, 수량, 부피를 기준으로 각각 평균 7.6%, 10.5%, 9.3%로 조사되었다. 전체적인 해안표착물의 증가가 국내 기인 해양쓰레기 발생 증가와 함께 외국 기인 해양쓰레기의 이동에 따른 유입이 상당한 영향을 미친다고 판단할 수 있다.

Table 2는 외국 기인 해안 표착물의 구성 성분을 나타낸 것으로 해양쓰레기 중 부유성이 높은 플라스틱류가 수량 기준 93.3%로 가장 높은 발생비율을 나타냈다. 이 중 PET병을 비롯한 병류가 61.3%로 가장 많았으며 그 다음으로 어업용 부이 26.8% 비중을 차지하였다.

Table 1. Characteristics of the marine debris collected from the coastline on Daekwang beach

Components		Plastic	Styrofoam	Wood	Metal	Clothing & cloth	Glass	Rubber	Etc	Foreign	Total
Weight(kg) %	2008	228.4	94.2	53.6	7.95	16.2	3.8	21.6	14.5	2.85	443.11
		51.5	21.2	12.1	1.8	3.7	0.9	4.9	3.3	0.6	100
	2009	130.2	59	65	5.2	4.6	12.4	9.1	20.5	36.3	342.3
		38	17.2	19	1.5	1.3	3.6	2.7	6.1	10.6	100
	2010	330.5	144.7	43.9	3.3	38.6	8.4	8.3	6	76.4	660.1
50		21.9	6.7	0.5	5.8	1.3	1.3	1	11.5	100	
	Mean(%)	46.5	20.1	12.6	1.2	3.6	1.9	3	3.5	7.6	100
Quantity (number) %	2008	528	223	78	21	23	23	8	62	46	1012
		52.1	22	7.7	2.1	2.3	2.3	0.8	6.2	4.5	100
	2009	427	431	47	12	12	34	14	24	166	1167
		36.5	37	4	1	1	3	1.2	2.1	14.2	100
	2010	1038	706	82	20	30	53	12	71	292	2304
45		30.6	3.6	0.9	1.3	2.3	0.5	3.1	12.7	100	
	Mean(%)	44.5	29.9	5.1	1.3	1.5	2.6	0.8	3.8	10.5	100
Volume (litter) %	2008	934.8	1531.5	212.1	17.8	55.5	6.5	44	53.3	30.8	2886.31
		32.3	53.1	7.3	0.6	2	0.2	1.5	1.9	1.1	100
	2009	851.1	844	175	25	14.8	21.8	28	64.1	326.6	2350.4
		36.2	35.9	7.4	1.1	0.6	0.9	1.2	2.8	13.9	100
	2010	1318.5	1950	260	27	113	18.2	52.5	2	548.5	4297.2
30.6		45.4	6.1	0.6	2.6	0.4	1.2	0.3	12.8	100	
	Mean(%)	33	44.8	6.9	0.8	1.7	0.5	1.3	1.7	9.3	100

Table 2. Characteristics of the foreign marine debris collected from the coastline on Daekwang beach

Component	Type	Year			Total	Mean(%)	
		2008	2009	2010			
Plastic	bottle	42	108	159	309	61.3	93.3
	bottle cap	0	0	15	15	3	
	buoy	2	44	89	135	26.8	
	Etc	1	0	10	11	2.2	
Glass	bottle	0	4	3	7	1.4	1.4
Etc		1	10	16	27	5.3	5.3

또한, 수거된 외국 기인 표착물에 대한 기원지를 분석한 결과 가장 많은 양이 룡청시, 청도시 등 중국 북동부의 해안 인근 도시로부터 발생한 것으로 조사되었다(Fig. 2).

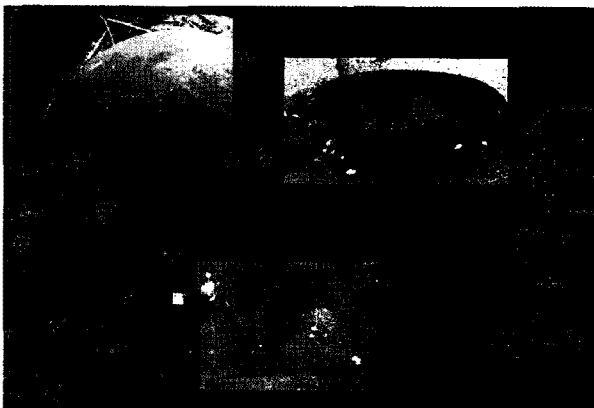


Fig. 2. Chinese marine debris that was flowed into survey area.

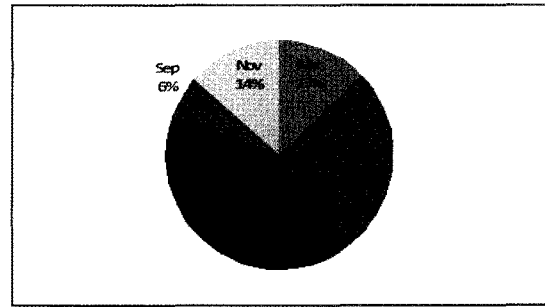
3.2 해안표착물의 계절적 변동

해안표착물은 계절에 따라 다른 특성을 나타낸다. 일반적으로 여름에는 휴가철 관광객의 급증에 따라 다른 계절에 비해 현장에서 발생하는 쓰레기의 양이 증가하고, 태풍 발생 시에는 육상 기인의 부유 쓰레기가 대량으로 해안에 표착된다.

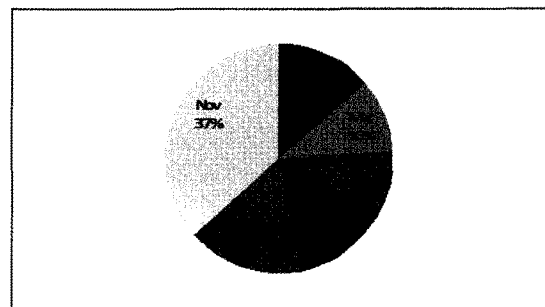
한편, 해안표착물의 계절별 변화에 영향을 미치는 또 다른 요인으로 앞에서 살펴본 바와 같이 유입량이 증가하고 있는 외국 기인 부유성 해양쓰레기의 계절별 이동량 차이가 영향을 미칠 것으로 판단된다. Fig. 3과 Fig. 4는 2008년부터 2010년까지 전체 해안표착물과 외국 기인 해안표착물의 계절별 발생량을 각각 나타낸 것이다.

Fig. 3의 전체 해안표착물의 계절별 발생량은 각 년도 별로 차이를 보였다. 수량을 기준으로 한 발생 비율에서 2008년은 다른 달에 비해 여름철에 해당하는 7월 발생 비율이 40%(409개)로 가장 높게 나타났다. 다음으로, 2009년은 가을철에 해당하는 9월(191개), 11월(427개)에 50% 이상의 발생 비율을 나타냈다.

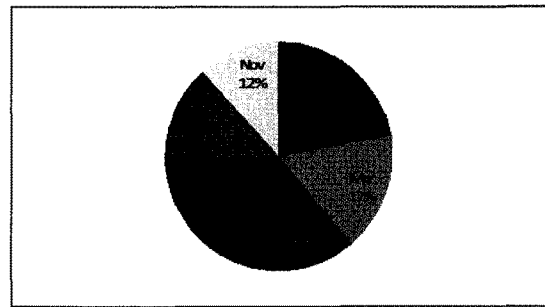
2010년에는 봄철(3월, 5월)에 37%(846개)로 비교적 많이 발생하였으며, 다음으로 겨울철(1월)이 22%(509개)로 높게 나타났다.



(a) 2008



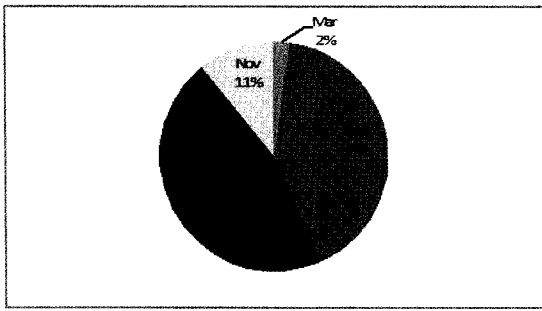
(b) 2009



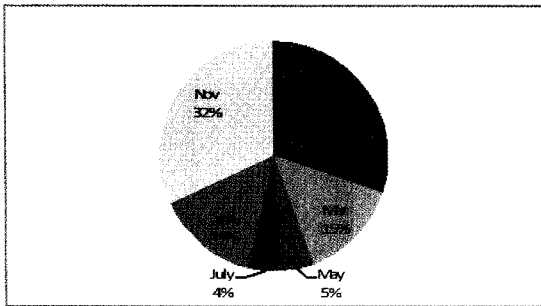
(c) 2010

Fig. 3. Seasonal occurrence rate of marine debris collected from the monitoring site in Daekwang beach(based on : quantity) : (a) 2008, (b) 2009, (c) 2010.

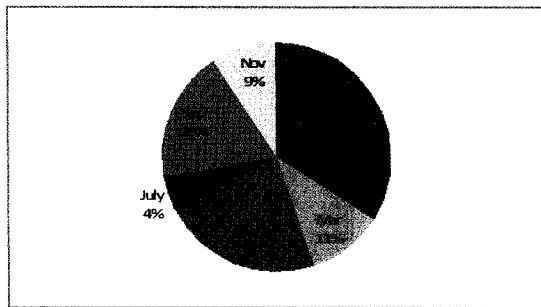
다음으로 Fig. 4의 외국 기인 해안표착물의 계절별 변화를 살펴보면 Fig. 3에서 전체 해안표착물 발생률이 높았던 계절에 외국 기인 표착물 또한 발생률이 높게 나타남을 파악할 수 있다. 전체적으로 1월과 5월에 표착물 발생률이 가장 높았으며 11월이 다음으로 많은 양을 차지하였다. 한편, 2008년에는 여름철에 해당하는 7월에 발생률이 46%로 가장 높은 데 비해 2009년과 2010년에는 4%의 가장 낮은 비율을 보임으로서 상반되는 결과를 나타내었다.



(a) 2008



(b) 2009



(c) 2010

Fig. 4. Seasonal occurrence rate of foreign marine debris collected from the monitoring site in Daekwang beach(based on : quantity) : (a) 2008, (b) 2009, (c) 2010.

3.3 해양 환경 특성

3.3.1 조류(Tidal current)

해수면에서 부유하는 물질의 수송은 해당 지역의 해수순환에 따라 각각 특징적인 방향으로 이동해 갈 수 있다. 단기적(반일 또는 일)으로는 조류와 바람에 의해 지배받는 경향을 띠고, 중·장기적으로는 조석잔차류, 해류, 바람에 의한 해수층 평균순환 등에 의해 지배받는 것으로 알려졌다(전과 안, 1997).

Fig. 5는 조사 대상 지역 주변 해역에 대한 조류와 지속적인 흐름을 파악하기 위한 누적 유속벡터(Progressive vector)이다.

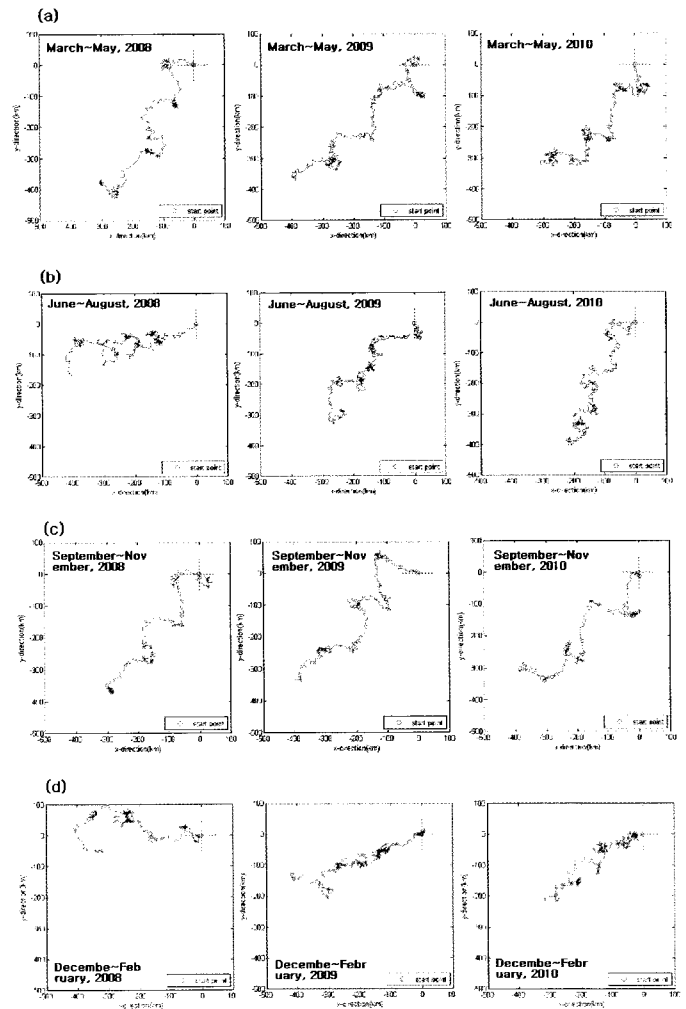


Fig. 5. Progressive vector diagram from 2008 to 2010 : (a) from March to May, (b) from June to August, (c) from September to November, (d) from December to February.

이동 방향을 살펴보면 봄(3월~5월)철과 가을(9월~11월)철은 남서방향의 왕복성 흐름을 나타냈다. 여름(6월~8월)철은 2008년에 서향에 가까운 흐름을 보였으며, 2009년과 2010년에는 남서방향의 흐름을 나타냈다. 겨울(12월~2월)철은 2008년과 더불어 전반적으로 서향에 가까운 왕복성 흐름을 보였다. 계절별 이동거리는 대략 봄철 486.2 km(Fig. 5a), 여름철 418.1 km(Fig. 5b), 가을철 506.4 km(Fig. 5c), 겨울철 387.2 km(Fig. 5d)로 겨울과 여름의 계절풍으로 풍향이 반대되는 봄철과 가을철에 더욱 멀리 이동할 수 있음을 파악할 수 있다. 따라서 만약 이 지역에 의해 또는 연안으로부터 오염물질이 유입되면 이들 흐름을 따라 점차 물질이 수송될 것으로 생각된다.

3.3.2 해상풍(Sea surface wind)

바람은 해양 표면에 항력(Drag force)을 발생시켜 바람이 부는 방향으로 해수를 이동시키기 때문에 부유물질 또는 적조 등

표층에 위치한 물질수송에 미치는 영향이 매우 크다. 따라서 해양쓰레기의 거동 예측을 위해서 조류뿐만 아니라 취송류와 해수 유동의 변화를 일으키는 바람의 계절별 영향을 고려하여야 한다.

Fig. 6에서는 2008년부터 2010년까지의 월평균 된 바람을 통해 연구해역에서 지배적인 바람의 크기와 방향을 확인하였다. 봄철(Fig. 6 a)에는 겨울철에 불었던 강한 북풍계열 바람이 약해지고 남풍계열의 바람으로 전환되는 시기로, 방향이 불규칙적으로 부는 가운데 주풍향이 북풍으로 전체 17%를 나타냈다. 3.0 m/s 이상의 풍속 빈도가 2008년 11%, 2009년 16%, 2010년 14%였으며, 2010년에는 7.0 m/s 이상의 풍속이 다른 해에 비해 높게 나타났다.

여름철(Fig. 6 b)은 남풍계열이 주를 이루고 있다. 주풍향은 남풍으로 전체 15.6%를 나타냈으며, 다음으로 남남동풍 12%, 남동풍 11%를 차지하였다. 3.0 m/s 이상의 풍속 빈도는 2008년 20%, 2009년 16%, 2010년 22%로 나타났다.

가을철(Fig. 6 c)은 풍향이 남풍계열에서 다시 북풍계열로 바뀌게 된다. 주풍향은 북풍으로 전체 19.3%이며, 3.0 m/s 이상의 풍속 빈도는 2008년 12%, 2009년 15%, 2010년 14%로 나타났다.

겨울철(Fig. 6 d)은 가을철과 비슷한 풍향 빈도를 보이며 주풍향이 북풍으로 전체 25.6%를 차지한다. 3.0 m/s 이상의 풍속 빈도는 2008년 26%, 2009년 17%, 2010년 20%로 나타났으며 이 중 7.0 m/s 이상의 풍속이 2008년 12%, 2009년 7%, 2010년 8%로 다른 계절에 비해 풍속이 강하게 나타났다.

연구 대상 지역에서는 계절에 따른 주된 풍향과 풍속이 다르지만, 전반적으로 남풍 계열보다 북풍계열의 바람이 우세하게 나타났으며, 이에 따라 서해 해수면 높이와 해수 순환 형태도 북풍과 관련된 형태로 나타나게 될 것으로 판단된다.

4. 해양 환경의 계절별 변화에 따른 발생량 분석

해안표착물의 발생량은 2008년부터 2010년까지 지속적으로 증가하는 추세이며, 해양 환경의 계절별 변화에 따라 발생량의 차이가 나타나고 있다.

2008년과 2010년 봄철 해안표착물 발생률은 각각 40%(405개), 37%(846개)로 다른 월에 비해 높은 비중을 차지하였다. 또한, 외국 기인 표착물의 경우도 2008년과 2010년 각각 41%(20개), 34%(32개)로 높은 비율을 보였다. 이 시기의 해양 환경을 분석한 결과 조류의 방향은 남서향의 왕복성 흐름을 나타냈으며, 이동거리가 486.2 km로 여름철과 겨울철에 비해 길었다. 해상풍은 주풍향이 북풍으로 전체 17%를 나타냈다. 3.0 m/s 이상의 풍속 빈도는 2008년 11%, 2009년 16%, 2010년 14%였으며, 2010년에는 7.0 m/s 이상의 풍속이 다른 해에 비해 높게 나타났다.

여름철 해안표착물의 발생은 2009년과 2010년 각각 14%, 15%로 차지하는 비율이 낮는데 반해 2008년의 발생률은 40%로 가장 높은 비중을 나타냈다. 외국기인 표착물 또한 2009년과 2010년에 4%(7개, 13개)로 발생률이 낮았지만 2008년에는 46%(21개)로 전체의 절반에 가까운 발생률을 보였다. 이와 관련한 해양 환경으로 조류의 방향이 2009년과 2010년에는 남서향의 흐름을 나타냈으나, 2008년은 서향에 가까운 흐름을 나타냈다. 해상풍은 주풍향이 남풍으로 전체 15.6%를 나타냈으며, 다음으로 남남동풍 12%, 남동풍 11%를 차지하였다. 3.0 m/s 이상의 풍속 빈도는 2008년 20%, 2009년 16%, 2010년 22%로 나타났다.

가을(9월~11월)철은 조류의 방향이 남서 방향을 나타냈으며, 조류에 의한 이동거리가 506.4 km로 가장 길게 나타났다. 이 시기는 주풍향이 북풍으로 전체 19.3%이며, 3.0 m/s 이상의 풍속 빈도는 2008년 12%, 2009년 15%, 2010년 14%로 나타났다. 해안표착물의 발생은 타 연도의 동일 계절에 비해 2009년 9월(191개), 11월(427개)에 50% 이상의 높은 발생률을 나타냈다.

겨울(12월~2월)은 다른 시기와 달리 조류의 흐름이 2008년과 더불어 전반적으로 서향에 가까운 왕복성 흐름을 보였다. 또

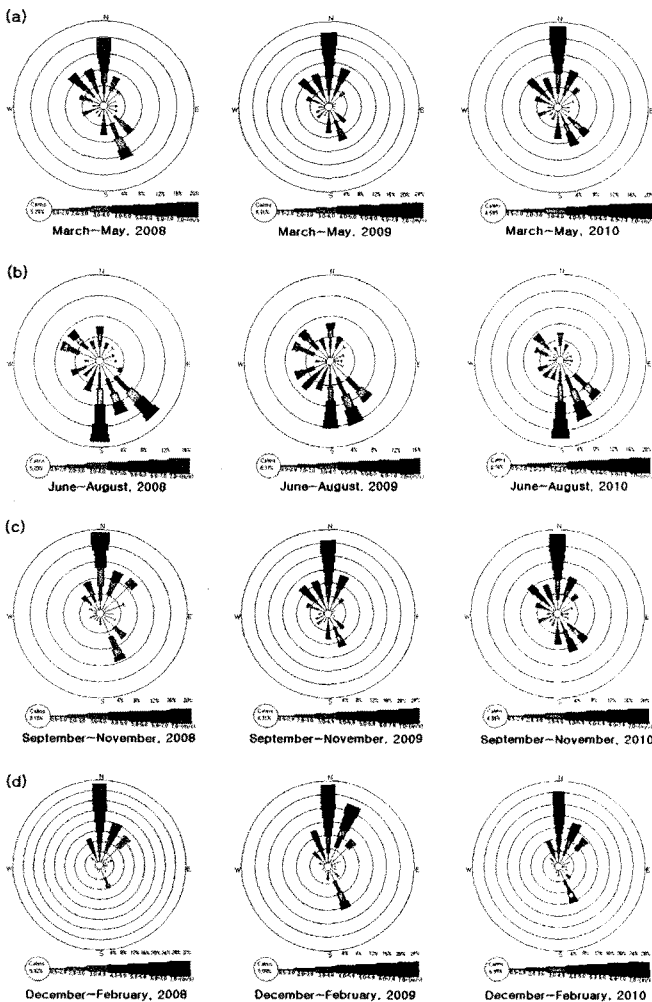


Fig. 6. Map of wind rose from 2008 to 2010 : (a) from March to May, (b) from June to August, (c) from September to November, (d) from December to February.

한, 조류에 의한 이동거리는 387.2 km로 가장 짧았다. 주풍향은 북풍으로 전체 25.6%를 차지한다. 3.0m/s 이상의 풍속 빈도는 2008년 26%, 2009년 17%, 2010년 20%로 나타났으며 이 중 7.0 m/s 이상의 풍속이 2008년 12%, 2009년 7%, 2010년 8%로 다른 계절에 비해 풍속이 강하게 나타났다. 1월 전체 해안표착물 발생률은 2009년 14%(158개), 2010년 22%(509개)로 높은 비중을 차지한다. 또한, 외국 기인 표착물의 경우도 2009년과 2010년 각각 30%(50개), 34%(100개)로 높은 비율을 나타냈다.

5. 결 론

본 연구에서는 한반도 서남해안에 있는 전라남도 신안군 입자도 대광해수욕장을 대상으로 해안표착물의 특성에 대해 파악하고자 하였다.

2008년 2,000 m²에서 수거된 표착물의 총 중량은 443.11 kg, 수량은 1,012개, 부피는 2,886 ℓ로 나타났다. 2010년에는 총 중량 660.1 kg, 수량 2,304개, 부피 4,297 ℓ로 2008년과 비교해 모든 기준에서 약 1.5배 가까이 증가하였다. 수거된 표착물 중 부유성이 높은 플라스틱은 평균 중량이 전체의 46.5%, 수량은 44.5%로 가장 많은 양을 차지하였다. 한편, 최근 해양쓰레기의 국가 간 이동에 따른 피해가 증가함에 따라 자료 축적의 필요성이 대두되고 있는 외국 기인 표착물에 대해 분류하였다. 전체 해안표착물 중 외국 기인 표착물은 중량, 수량, 부피를 기준으로 각각 평균 7.6%, 10.5%, 12.5%를 차지하였으며, 90% 이상이 플라스틱류였다. 또한, 기원지를 조사한 결과 가장 많은 양이 중국 북동부 인근 해안 도시로부터 발생한 것으로 나타났다.

한편, 해안표착물의 발생량 변화를 파악하기 위해 해양 환경의 계절적 변화를 분석하였다.

2009년과 2010년은 북풍 계열의 풍향과 풍속이 우세한 계절에 발생 비율이 높았으며, 2008년은 조류의 흐름이 타 년도의 동일 계절과 달리 서향의 왕복성 흐름을 보인 여름철(7월)에 발생률이 40%(409개)로 가장 높게 나타났다. 외국 기인 해안표착물의 계절별 변화를 살펴보면 전체적으로 1월, 5월에 발생률이 높았으며 11월이 다음으로 많은 양을 차지하였다. 한편, 2008년에는 여름철(7월) 발생률이 46%로 가장 높은 데 비해 2009년과 2010년에는 4%의 가장 낮은 비율을 보임으로서 상반되는 결과를 나타내었다.

본 연구는 해양쓰레기에 대한 자료 수집 및 실태 파악에 국한되어 있던 기존 연구에서 벗어나 해안표착물의 구체적인 특성을 밝히는 데 의의를 두었다. 그러나 해안표착물의 계절별 발생량 변화를 조금 더 구체적으로 규명하기 위해서는 본 연구에서 고려된 국지적 차원에서의 조류와 바람의 영향뿐만 아니라 해수의 표층 순환도 고려되어야 한다. 많은 연구자는 부유물질 수송이 해수 순환에 따라 이동한다고 보고하였다. 따라서 차후 연구에서는 다년간 축적된 모니터링 자료와 더불어 해양 환경의 분석 항목을 더욱 세분화하여 분석함으로써 해안표착물의 유입 경로를 체계적으로 파악할 계획이다.

감사의 글

이 논문은 공간정보 전문 인력 양성사업의 지원을 받아 수행되었습니다.

참 고 문 헌

- [1] 박상숙, 강화영(2005), 전남지역 해안에서 수거한 바다쓰레기 발생량 및 성상분석, 한국폐기물학회지, 제22권, 제2호, pp. 203-212.
- [2] 이영복, 박순, 류청로, 김현태, 윤한삼(2007), 낙동강 하구 사주 해안에서 수거한 쓰레기 종류 및 분포량 추정, 한국해양환경공학회지, 제10권, 제3호, pp. 148-154.
- [3] 전해진, 안희수(1997), 조석잔차류와 해상풍에 의한 황해와 동중국해의 해수 순환과 부유물 이동 모델 연구, 한국지구과학회지, 제18권, 제6호, pp. 529-539.
- [4] 정일현, 김대기, 박현주, 이충만(2008), 신안군 도서지역의 해양쓰레기 발생량 기초조사, 한국폐기물자원순환학회, 춘계학술연구회발표논문집, pp. 172-175.
- [5] 조동오(2004), 해양폐기물의 국가간 이동에 관한 APEC의 동향 및 대응방향, 해양수산동향, 제1128권, pp. 1-10.
- [6] 한국해양수산개발원(2001), 해양환경보호정책 집행의 실효성 제고 방안, p. 177.
- [7] 한국지질자원연구원(2003), 서해 연안역 현생지질 및 육상습지 연구, p. 236.
- [8] 한국해양수산개발원(2004), 해양쓰레기의 국가 간 이동에 대한 정책방향 연구, p. 124.
- [9] 해양수산부(2003), 해양폐기물 종합처리시스템 개발연구(V), p. 219.
- [10] Alexander, C. R., C. A. Nittrouer, D. J. DeMaster, Y. A. Park and S. C. Park(1991), Macrotidal mudflats of the southwestern Korean coast : A model for interpretation of intertidal deposits. J. Sedim. Petrol., 61, pp. 805-824.

원고접수일 : 2011년 04월 05일

원고수정일 : 2011년 05월 13일 (1차)

2011년 06월 22일 (2차)

게재확정일 : 2011년 06월 23일