

## 2020~2021년 동안의 울릉도 북서쪽 해안의 해양쓰레기 분포 특성

우민수 · 김윤배<sup>†</sup>한국해양과학기술원 울릉도·독도해양연구기지(기술원 · <sup>†</sup>책임기술원)

### Distribution Characteristics of Marine Debris in the Northwest Coast of Ulleungdo during 2020-2021

Min-Su WOO · Yun-Bae KIM<sup>†</sup>Korea Institute of Ocean Science and Technology(research specialist · <sup>†</sup>principal research specialist)

#### Abstract

Ulleungdo, located in the middle of the East Sea, has an excellent marine ecosystem as the first marine protected area on the East Coast. However, as marine litter of various origins is deposited by wind and currents, scientific management and monitoring of marine debris is required. From 2019, national beach litter monitoring was conducted on Ulleungdo, and this study was conducted as part of the national beach litter monitoring. During a total of 6 surveys, 35% of the total marine debris was collected in April, during spring, out of a total of 1,172 marine debris, and by type, plastics accounted for 62% and wood accounted for 36%. Foreign origins with confirmed nationality accounted for 8.6% of the total marine litter, and marine litter of Chinese origin accounted for 85%. In Ulleungdo coast, the proportion of hard-type garbage such as drinking water bottles among plastic marine garbage was high compared to the distribution characteristics of coastal garbage nationwide. This paper is meaningful as the first report on Ulleungdo coastal debris monitoring, and in order to understand the exact distribution characteristics of Ulleungdo coastal garbage in the future, it is necessary to expand the monitoring station through resident participation.

**Key words :** Ulleungdo, Beach litter, The national beach litter monitoring program, East sea, Marine protected area

#### I. 서론

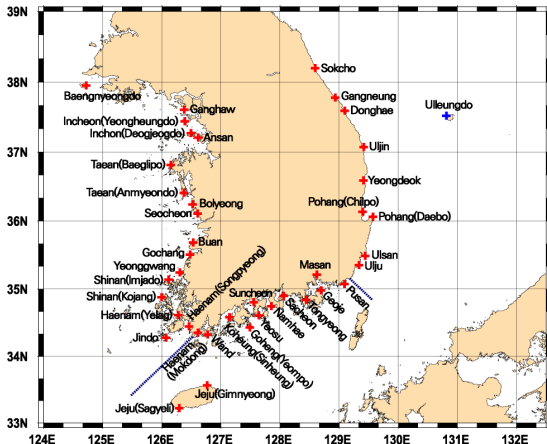
해양쓰레기 문제는 21세기 들어 전 세계적인 해양환경 현안으로 인식되고 있으며, 해양생태계를 교란하여 인간에게 직·간접적인 피해를 야기할 뿐 아니라 해류 및 바람에 의한 이동으로 국가 간 갈등과 외교 문제를 일으키기도 한다. 이

를 해결하기 위해 해양쓰레기의 수거 및 처리에만 집중해왔던 기존의 제도를 보완·수정하여 해양쓰레기에 대한 종류, 발생기인 및 발생시기와 같은 과학적인 자료를 수집·분석하고, 이에 대한 예방 및 대책을 수립하기 위한 국가 해안 쓰레기 모니터링 필요성이 제기되었다. 이를 위해 해양수산부에서는 2008년부터 전국 주요 연안을 대상

<sup>†</sup> Corresponding author : 054-791-8402, dokdo512@kiost.ac.kr

\* 이 논문은 한국해양과학기술원 <한국 주변 해양생태계 변동 이해 및 대응 기반 연구>(PEA0013)사업에 의해 지원되었습니다.

으로 해안쓰레기의 종류, 발생 원인에 대한 과학적 장기적인 모니터링 사업인 국가 해안쓰레기 모니터링 사업을 진행하고 있다(KOEM, 2018). 조사 정점은 2020년 현재, 동·서·남해안 40개로 서해안 17개소, 남해안(제주도 포함) 14개소, 동해안(울릉도 제외) 9개소 등 서·남해안에 모니터링 정점이 집중되어 있고, 동해안 모니터링 정점은 상대적으로 적은 실정이다[Fig. 1]. 한편, 국가 해안쓰레기 모니터링 사업을 바탕으로 우리나라 해양쓰레기의 분포 특성 및 외국 기인 쓰레기의 기원 특성을 밝히기 위한 다양한 연구가 진행되어 왔지만(Han et al., 2013; Han et al., 2014; Han et al., 2015; Jang et al., 2012; Kim and Yoon, 2015; Kim et al., 2019; Lee et al., 2012; Lee et al., 2013), 주로 서·남해안에 편중되었고 동해안 해양쓰레기에 대한 연구는 매우 부족한 실정이다.



[Fig. 1] Survey site of the Korea national beach litter monitoring program.

울릉도는 한반도 본토로부터 최단 130.0 km 떨어진 동해 한복판에 위치한 도서로서, 수중 경관이 매우 뛰어나고 유착나뭇돌산호 등 다양한 해양보호생물들이 분포하고 있다. 이에 따라 해양보호생물의 서식지 및 산란지를 보호하고, 우수한 해저경관을 보전 관리할 목적으로 해양수산부에서는 2014년 12월에 해양생태계 보전 및 관

리에 관한 법률에 따라 울릉도 주변해역을 동해안 최초의 해양보호구역으로 지정하였다.

그러나 바람과 해류에 의해 외부로부터 떠밀려 온 다량의 해양쓰레기가 울릉도 해안에 분포하고 있어 울릉도 연안 해양생태계 보호 및 울릉도 주변해역 해양보호구역 관리차원에서 체계적인 대응이 필요한 실정이다. 특히, 2004년부터 북중어업협정 이후 매년 수천척의 오징어 조업 중국 어선이 동해 북한수역으로 이동하여 조업하거나 혹은 울릉도 연안에 피항하면서 해양쓰레기 투기 및 유류 누출과 해류와 바람의 영향으로 북한, 러시아 기원의 쓰레기 등이 울릉도 연안에서 발견되고 있다. 비록 2008년부터 우리나라 연안의 해양쓰레기 예방과 관리정책 수립의 일환으로 국가 해안쓰레기 모니터링 사업이 시행되었지만, 울릉도에서는 현장 모니터링 참여기관 부재로 국가 해안쓰레기 모니터링이 시행되지 못하였다.

이에 한국해양과학기술원 동해연구소 울릉도·독도해양연구기지에서는 2019년에 해양수산부에 국가 해안쓰레기 모니터링의 울릉도 추가 정점을 제안하였고, 한편으로는 국가 해안쓰레기 모니터링을 실무적으로 진행하고 있는 동아시아 바다공동체 오염(OSEAN)과 ‘국가 해안쓰레기 모니터링 및 울릉도 해양쓰레기 대응 방안 워크숍’을 개최하였다. 2019년 12월부터는 울릉도 북서쪽에 위치한 울릉도·독도해양연구기지 전면 해안 100m 구간을 울릉도 해양쓰레기 모니터링 정점으로 선정하여 다른 국가 해안쓰레기 모니터링 정점과 동일한 방법으로 2개월 간격의 조사를 실시하였다. 이 조사는 울릉도에서 첫 시행된 과학적 해안쓰레기 모니터링으로 이 결과를 통해 ‘2021~2023년 국가 해안쓰레기 모니터링’ 사업에 울릉도가 정식 조사정점으로 추가되기에 이르렀다.

이 논문은 울릉도 해양쓰레기 모니터링에 관한 첫 번째 보고로, 울릉도 해양쓰레기 모니터링을 소개하고, 1년 이상의 울릉도 해양쓰레기 모니터링 결과와 국내 다른 지역과의 비교를 통하여 울릉도 해양쓰레기의 분포 특성을 살펴보았다.

## II. 연구 방법

### 1. 모니터링 대상 지역 및 지역 특성

국가 해안쓰레기 모니터링 울릉도 정점은 울릉도 북서쪽에 위치한 웅통개 해안(37° 31.374' N, 130° 48.863' E)으로서, 행정구역상 울릉군 북면 현포2길 121번지에 위치한 한국해양과학기술원 울릉도·독도해양연구기지 전면 해안 100m 구간이다[Fig. 2]. 국가 해안쓰레기 모니터링 조사정점은 해안의 길이가 100m 이상인 곳이면서, 모래 또는 자갈 해안이고 지자체 및 기타 단체들의 인위적인 수거활동이 이루어지지 않는 곳을 대상으로 하고 있다(KOEM, 2018). 또한 조사 간격은 통상 2개월 간격으로 수행하고 있어 울릉도의 해안특성 및 조사주기에 따른 접근성을 고려하여 울릉도·독도해양연구기지 전면에 위치한 웅통개 해안이 선택되었다.



[Fig. 2] Location of Ulleungdo beach litter monitoring.

모니터링 대상 해안은 울릉도 북서쪽에 위치하여 울릉도 주변의 주풍향이 북서풍인 겨울~봄철에는 강한 북서풍 및 북서풍에 동반된 파도의 영향을 직접적으로 받는 지역인 반면에, 울릉도 주변의 주풍향이 남서풍 혹은 남동풍인 여름~가을철에는 바람과 파도의 세기가 상대적으로 약한 특성을 갖는다([Fig. 2]). 대상 해안의 폭은 약 15m 내외로 모래 해변이 아닌 굵은 자갈들로 이

루어져있으며, 약간 경사진 형태를 띠고 있다 ([Fig. 3]).



[Fig. 3] Ulleungdo beach litter monitoring survey site.

### 2. 모니터링 방법 및 조사 시기

울릉도 해안쓰레기 모니터링은 국가 해안쓰레기 모니터링 조사 지침에 따라 100m 해안의 대상지역을 폭 5m씩 20개의 구간을 나누어 구간번호를 부여하고, 매 시기 조사할 4개 구간을 난수표를 이용하여 선정하였다([Fig. 4]). 현장 조사는 조사에 앞서 기온, 풍향, 풍속 등 기상상태 기록 및 100m 해안의 시작과 끝점에서 각각 대표사진을 찍는 것으로 시작한다. 그리고 선정된 4개 구간에서 수집된 쓰레기 중 외국 기인 쓰레기는 각 쓰레기의 국가, 재질, 개수, 무게를 기록하며, 국내 기인 쓰레기는 각 쓰레기의 재질, 개수, 무게를 기록한다. 외국 기인 쓰레기의 경우 재질은 플라스틱, 유리, 기타재질로 구별되며, 플라스틱은 다시 경질형, 발포형, 섬유형, 필름형 등으로 구별되며, 경질형은 다시 음료수병, 라이터, 부표 등으로 보다 세밀히 구별된다. 국내 기인 쓰레기는 외국 기인 쓰레기보다 플라스틱을 보다 세밀히 분류하고 있다. 4개의 구간 조사가 종료된 후에는 다음 조사를 위하여 100m 전체 구간의 해양 쓰레기를 수거하고, 수거 후 정점의 전체 전경을 촬영하였다. 조사되는 해양쓰레기의 크기는 국가 해안쓰레기 모니터링 조사 지침에

따라 직경 2.5cm 이상의 쓰레기를 대상으로 하였다(KOEM, 2018).



[Fig. 4] Ulleungdo beach litter monitoring survey site detail areas.

울릉도 해안쓰레기 모니터링은 2019년 12월 4일에 처음으로 시작하였으며, 이 연구에서는 조사 간격 등을 고려하여 울릉도 국가 해안쓰레기 모니터링 조사 중 2020년 7월 29일, 2020년 10월 6일, 2021년 1월 26일, 2021년 4월 1일, 2021년 6월 3일, 2021년 8월 3일 등 1년에 걸쳐 약 2개월 간격으로 총 6회에 걸친 조사를 대상으로 하였다(<Table 1>). 조사시기별 이전 조사와 간격은 2021년 1월 26일의 112일을 제외하고, 다른 4차례의 조사는 61~69일로 비교적 일정하였다. [Fig. 5]는 조사 해역의 해양쓰레기 모습을 나타낸다.

### Ⅲ. 결과 및 고찰

#### 1. 해양쓰레기의 시기별, 종류별 분포

가. 해양쓰레기의 시기별 분포

<Table 2>는 총 6회의 조사 동안 각각의 4개의 구간에서 조사된 해양쓰레기 종류별 개수를 나타낸다. 총 1,172개의 해양쓰레기가 조사되었으며, 시기별로는 봄철인 2021년 4월 1일에 전체 해양쓰레기의 34.5%인 404개로 가장 많았으며, 2021년 6월 3일과 8월 3일에는 각각 125개, 122개로 비교적 적었다. 조사시기별 조사 간격을 고려한

<Table 1> Surveyed dates and area of Ulleungdo beach litter monitoring survey site.

No.	Survey date	Survey interval(day)	Transect no.	Survey area(m <sup>2</sup> )
1	2020-07-29	148	6,9,10,13	225
2	2020-10-06	69	6,9,10,13	225
3	2021-01-26	112	7,11,12,13	271
4	2021-04-01	65	4,6,12,16	321
5	2021-06-03	63	2,11,13,19	321
6	2021-08-03	61	2,9,11,20	281



[Fig. 5] Beach litters of the Ulleungdo beach litter monitoring survey site.

일평균 해양쓰레기 수거량을 고려하면, 봄철인 2021년 4월 1일에 6.22개/일로 타 시기에 비해 압도적으로 많았으며, 여름철인 2020년 7월 29일에 1.13개/일로 가장 적었다. 그러나 같은 여름철인 2021년 8월 3일에는 2.00개/일로 배 이상 증가하였다. 가을철인 2020년 10월 6일에는 2.16개/일로 비교적 많았다.

나. 해양쓰레기의 종류별 분포

해양쓰레기 종류별로는 총 1,172개의 해양쓰레기 중 플라스틱이 725개로 전체 쓰레기의 61.9%를 차지하였으며, 다음으로 목재가 418개로 35.7%를 차지하여 플라스틱과 목재가 전체 쓰레기의 97.5%를 차지하였다(<Table 2>). 해양쓰레기 대부분을 차지한 플라스틱의 경우, 생수병, 음료수병과 같은 경질형 플라스틱이 대부분을 차지하였다. 플라스틱 및 목재 외에도 금속, 천연섬유,

유리, 고무, 종이 및 혼합 재질의 플라스틱이 또한 수거되었다.

<Table 2> Types and number of Beach litter collected by each survey

Material	Date						Total	
	'20/07	'20/10	'21/01	'21/04	'21/06	'21/08	Num.	Ratio(%)
Plastic	96	114	171	173	85	86	725	61.9
Wood	69	21	31	231	39	27	418	35.7
Metal	1	2	0	0	1	2	6	0.5
Natural fiber	0	0	1	0	0	0	1	0.1
Glass	0	2	0	0	0	2	4	0.3
Rubber	1	3	1	0	0	0	5	0.4
Paper	0	3	0	0	0	0	3	0.3
Mixed	0	4	1	0	0	5	10	0.9
Total	Num.	167	149	205	404	125	1,172	100
	%	14.2	12.7	17.5	34.5	10.7	10.4	-
Mean per interval	1.13	2.16	1.83	6.22	1.98	2.00	-	-

수거된 해양쓰레기의 대부분을 차지한 플라스틱의 경우, 각 조사시기별 플라스틱이 차지하는 비율은 42.8%(2021.4.1)에서 83.4%(2021.1.26)로 조사시기별로 약간의 차이가 있었다. 2021년 4월 1일 조사에서 42.8%로 가장 낮은 비율이 나타났으며, 2020년 10월 6일(76.5%)과 2021년 1월 26일(83.4%)조사에서 높게 나타났다. 다른 해양쓰레기 종류에 비해 무거운 중량을 차지하는 목재의 경우 시기별로 14.1%(2020.10.6)에서 57.2%(2021.4.1)을 차지하였으며, 특히 플라스틱의 비율이 가장 낮았던 2021년 4월 1일에 57.2%로 다른 시기에 비해 목재의 비율이 가장 높았다. 목재 비율은 2020년 7월 29일 조사에서도 41.3%로 비교적 높았다.

<Table 3>은 해양쓰레기의 대부분을 차지하는 플라스틱 해양쓰레기의 세부 재질별, 각 시기별 분포를 나타낸다. 플라스틱의 세부 분류는 음료수병과 같은 경질형(Hard plastic beverage bottle, lid), 스티로폼 등 발포형(Foamed plastic fragment), 어업용 밧줄 등 섬유형(Fiber plastic rope), 포장지 등의 필름형(Film) 등으로 구분되었다. 총 725개

의 수거된 플라스틱 해양쓰레기 중에서 음료수병 등 경질형 쓰레기가 472개로 65.1%를 차지하였으며, 다음으로는 밧줄 등 섬유형 쓰레기가 119개로 16.4%를 차지하였다. 시기별로는 2021년 4월 1일과 2021년 1월 26일 조사에서 각각 173개, 171개로 주로 겨울~봄철에 플라스틱 쓰레기가 많았으며, 스티로폼 등 발포형 쓰레기는 2021년 1월 26일 조사에서, 섬유형 쓰레기는 2021년 4월 1일 조사에서 다수를 차지하였다.

<Table 3> Types and number of Plastic beach litter collected by each survey

Material	Date						Total	
	'20/07	'20/10	'21/01	'21/04	'21/06	'21/08	Num.	Ratio(%)
Hard	65	76	108	112	55	56	472	65.1
Foamed	0	19	43	4	14	15	95	13.1
Fiber	24	15	16	45	10	9	119	16.4
Film	7	4	2	8	6	6	33	4.6
Others	0	0	2	4	0	0	6	0.8
Total	96	114	171	173	85	86	725	-

## 2. 외국 기인 해양쓰레기

<Table 4>는 총 1,172개의 조사된 해양쓰레기 중에서 상표 등으로부터 국적 확인이 가능한 외국 기인 해양쓰레기의 조사시기별 분포를 나타낸다. 조사된 외국 기인 쓰레기는 상표 표시 특성상 경질의 플라스틱 병이 절대 다수를 차지하였다. 6차례의 조사기간 동안 총 101개의 외국 기인 해양쓰레기가 조사되어 전체 해양쓰레기의 8.6%를 차지하였다.

국적별로는 중국산 해양쓰레기가 국적 확인 가능한 101개의 해양쓰레기 중 85.1%인 86개가 확인되어 외국 기인 쓰레기의 대부분을 차지하였으며, 다음으로는 러시아산이 9개, 북한산이 4개, 일본산이 2개를 차지하였다([Fig. 6], [Fig. 7]).

외국 기인 쓰레기의 대부분을 차지한 중국산의 경우, 2021년 1월 26일 조사에서 27개, 2021년 4월 1일 조사에서 22개로 전체 중국쓰레기의

<Table 4> The number of Beach litter collected from oversea on each survey date.

Country No	China	Japan	Russia	N.Korea	Total		
					Num.	Ratio(%)	
2020-07-29	11	1	1	2	15	14.9	
2020-10-06	16	0	1	0	17	16.8	
2021-01-26	27	1	0	0	28	27.7	
2021-04-01	22	0	7	2	31	30.7	
2021-06-03	5	0	0	0	5	5.0	
2021-08-03	5	0	0	0	5	5.0	
Total	Num	86	2	9	4	101	-
	%	85.1	2.0	8.9	4.0	-	-



[Fig. 6] The most commonly found plastic bottles from China.



[Fig. 7] Plastic bottle from North Korea.

57.0%를 차지하였다. 가을철인 2020년 10월 6일 조사에서도 16개로 비교적 많은 양을 차지하였다. 중국산 다음으로 외국 기인 쓰레기의 개수가 많았던 러시아산의 경우 수거된 9개 중 2021년 4월 1일 조사에서 대부분인 7개가 조사되었다. 북한산의 경우, 2020년 7월 29일과 2021년 4월 1일 조사에서 각각 2개의 해양쓰레기가 조사되었다.

<Table 5>는 외국 기인 플라스틱 해양쓰레기

의 세부 재질별, 각 시기별 분포를 나타낸다. 총 101개의 외국기인 해양쓰레기 중 98.0%인 99개가 플라스틱 해양쓰레기로 전체 외국기인 쓰레기의 절대 다수를 차지하였다. 이러한 비율은 목재, 금속 등 타 종류의 해양쓰레기보다 상표 표시 음료수병 등 플라스틱 해양쓰레기가 국적 확인이 가능한 이유로 생각된다. 외국기인 플라스틱 해양쓰레기의 대부분은 음료수병 등 경질형 해양쓰레기로 나타났으며, 다음으로 포장지 등 필름형 해양쓰레기가 일부를 차지하였다.

<Table 5> Types and number of Plastic beach litter collected by each survey

Material	Date						Total	
	'20/07	'20/10	'21/01	'21/04	'21/06	'21/08	Num.	Ratio(%)
Hard	13	16	25	25	5	5	89	89.9
Foamed	0	0	0	0	0	0	0	0
Fiber	0	0	0	0	0	0	0	0
Film	2	0	0	3	0	0	5	5.1
Others	0	1	1	3	0	0	5	5.1
Total	15	17	26	31	5	5	99	-

### 3. 국내 연안과 울릉도 정점 비교

울릉도 연안 해양쓰레기의 분포 특성을 파악하기 위하여 이 연구에서는 2020년 1년 동안에 걸쳐 수행한 전국 연안 40개소(동해안 9개소, 서해안 19개소, 남해안 12개소)의 국가 해양쓰레기 모니터링 결과(KOEM, 2020)와 2020년 7월부터 2021년 8월까지의 1년 동안의 울릉도 연안 모니터링의 결과를 비교하였다. 국가 해안쓰레기 모니터링은 각 정점마다 매 2개월 1회씩 총 6회에 걸쳐 실시되었다.

#### 가. 해양쓰레기 재질별 비교

<Table 6>은 2020년 동안의 국가 해안쓰레기 모니터링에 의한 전국 40개 해안의 해양쓰레기 재질별 개수 및 비율과 울릉도 비교를 나타내며, <Table 7>은 플라스틱 해양쓰레기 중에서 세부 분류별로 전국 40개 연안과 울릉도 정점의 비교

를 나타낸다. 울릉도 정점의 경우, 전체 해양쓰레기 중 61.9%가 플라스틱 해양쓰레기인 반면에, 전국 연안의 경우 전체 해양쓰레기 중 84.4%가 플라스틱 종류이었다(<Table 6>). 전국 연안의 경우 목재형 해양쓰레기가 2.3%인 반면에, 울릉도 정점의 경우 목재형 해양쓰레기가 35.7%로 상대적으로 높은 비율을 보였다.

<Table 6> Comparison of Korea national beach litter monitoring in 2020 and Ulleungdo monitoring in this study.

Type	Korea		Ulleungdo	
	Number	Ratio (%)	Number	Ratio (%)
Plastic	27,203	84.4	725	61.9
Wood	726	2.3	418	35.7
Metal	1,866	5.8	6	0.5
Natural fiber	1,067	3.3	1	0.1
Glass	244	0.8	4	0.3
Rubber	311	1.0	5	0.4
Paper	325	1.0	3	0.3
Mixed	471	1.5	10	0.9
Total	32,213	100.0	1,172	100.0

<Table 7> Comparison of Korea national beach litter monitoring and Ulleungdo monitoring among plastic marine debris.

Type	Korea		Ulleungdo	
	Number	Ratio (%)	Number	Ratio (%)
Hard	9,775	35.9	472	65.1
Foamed	7,781	28.6	95	13.1
Fiber	5,015	18.4	119	16.4
Film	3,521	13.0	33	4.6
Others	1,111	4.1	6	0.8
Total	27,203	100.0	725	100.0

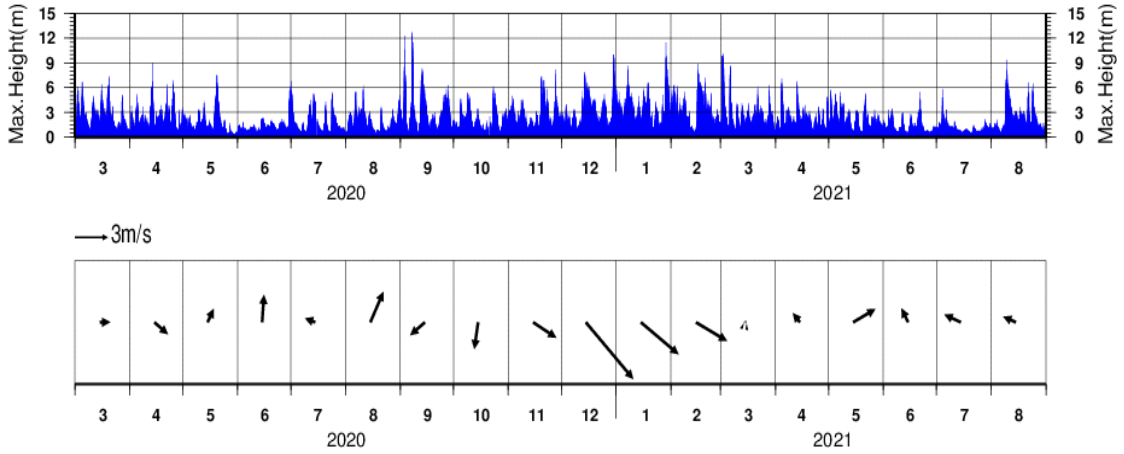
플라스틱 해양쓰레기의 경우 전국 연안에서는 음료수병 등 경질형(35.9%), 스티로폼 등 발포형(28.6%), 어업용 밧줄 등 섬유형(18.4%) 이 비교적 고르게 분포한 반면에, 울릉도의 경우 경질형(65.1%)이 해양쓰레기의 대부분을 차지하였으며,

섬유형(16.4%), 발포형(13.1%) 등이 일부 분포하여, 울릉도에서는 플라스틱 해양쓰레기 중 음료수병 등 경질형 쓰레기가 다수 분포하는 특징이 있었다(<Table 7>).

나. 외국 기인 해양쓰레기 분포 비교

울릉도 정점의 경우, 1년간의 조사 동안 총 1,172개의 해양쓰레기 중 전체 해양쓰레기의 8.6%인 101개의 외국 기인 해양쓰레기가 조사되었다. 반면에 2020년 1년간의 국가해안쓰레기 모니터링 조사 결과에 따르면 총 32,213개의 쓰레기 중 외국 기인 쓰레기는 362개로 전체 해양쓰레기의 1.1%를 차지하였다. 국가 해안쓰레기 모니터링의 경우, 40개 정점 중 28개 정점에서 외국 기인 쓰레기가 발견되었는데, 제주도 북서쪽 연안의 김녕리 해안(93개)에서 가장 많이 발견되었으며, 다음으로 인천 백령도 사곶해안(54개), 신안 고창리 해변(39개) 순으로 발견되었다([Fig. 1]). 울릉도 정점의 경우 101개의 외국 기인 해양쓰레기가 조사되었는데 비록 조사시기는 차이가 있지만 단일 정점으로는 가장 많은 외국 기인 쓰레기 개수가 발견되었다.

외국 기인 해양쓰레기가 발견된 28개 정점에서 전체 해양쓰레기 중 외국 해양쓰레기가 차지하는 비율은 인천 백령도 사곶해안(87.1%), 제주 사계리 해안(15.2%), 신안 임자도(13.4%) 등 3개소만이 울릉도 정점의 외국 기인 쓰레기가 차지하는 비율 8.5%를 상회하였다. 동해안 지역의 경우, 전체 해양쓰레기 중 외국 기인 쓰레기의 비율은 울진 후정(23개) 4.9%, 울주 진하(12개) 1.2%, 영덕 고래불(2개) 0.2% 이었지만, 포항 칠포 및 구룡포, 울산 대왕암, 속초 청초, 동해 노봉, 강릉 송정에서는 2020년 조사에서 외국 기인 쓰레기가 발견되지 않았다(KOEM, 2020). 울릉도의 외국 기인 쓰레기의 비교적 높은 비율은 외국 기인 해양쓰레기 모니터링 장소로서 울릉도 정점의 중요성을 보여주고 있다.



[Fig. 8] Maximum wave height and monthly average wind vector observed from the Korea Meteorological Administration's Ulleungdo Oceanic Meteorological Observation Buoy from March 2020 to August 2021.

외국 기인 쓰레기 중 울릉도 정점과 국가 해안 쓰레기 연안 정점 모두에서 중국 기인 쓰레기가 절대 다수를 차지하였다. 울릉도 정점의 경우, 101개의 해양쓰레기 중 86개인 85.1%가 중국 기인 쓰레기이었으며, 다음으로 러시아(8.9%), 북한(4.0%), 일본(2.0%) 순이었다. 2020년에 수행된 국가 해안쓰레기 모니터링의 경우, 총 362개의 외국 기인 쓰레기 중 중국 기인 쓰레기가 345개로 95.3%를 차지하였으며, 다음으로 일본(1.7%)이 높았다.

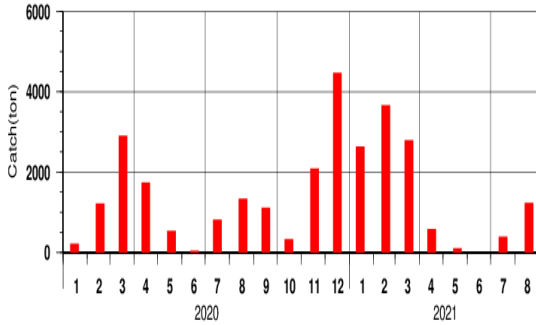
#### 4. 울릉도 해양쓰레기의 계절별 분포에 미치는 영향 검토

[Fig. 8]은 울릉도 해양쓰레기 모니터링이 이루어진 2020년 3월부터 2021년 8월 동안의 기상청 울릉도 해양기상관측부이에서 관측된 최대파고 및 월평균 바람벡터를 나타낸다. 울릉도 정점의 경우, 북쪽 혹은 북동쪽으로 해안이 펼쳐져 있어 북풍 계열의 바람이 강하게 불면서 그리고 약 5m 이상의 파도가 관측될 때 부유성 해양쓰레기가 해안가에 밀려들 가능성이 높다([Fig. 2], [Fig. 3]). 전체 해양쓰레기의 34.5%가 수거된 2021년 4

월 1일 조사의 경우, 2021년 1월 26일 이후부터 조사일까지의 축적된 쓰레기의 분포임을 고려할 때 주로 2~3월의 최대파고 5m 이상의 잦은 높은 파도와 북풍 계열의 바람에 의해 밀려든 쓰레기가 퇴적되었을 것으로 고려된다. 반면, 2020년 5~8월, 2021년 5~7월의 경우 상대적으로 잔잔한 해상상태로 인해 해안선에 밀려드는 쓰레기의 양이 적을 것으로 고려할 수 있다.

[Fig. 9]는 2020년 1월부터 2021년 8월 동안의 경상북도의 월별 오징어 어획량 분포를 나타낸다. 오징어 어획량은 2020년 5~10월, 2021년 4~8월 등 봄, 여름, 초가을에는 어획량이 매우 적은 반면에, 2020년 11월~2021년 3월에는 2,000톤 이상의 상대적으로 높은 어획량을 보였다. 오징어 어업은 동해의 대표적인 어선 어업으로서 오징어의 회유 특성상 주로 가을철과 겨울철에 어업 활동이 활발히 이루어진다(Kim et al., 2012). 2021년 4월 1일 조사 및 2021년 1월 26일 조사에서 다량의 플라스틱 해양쓰레기는 늦가을~겨울철의 활발한 어선어업 그리고 북풍 계열의 바람이 우세한 해양기상 환경과 관련된 것으로 볼 수 있다.





[Fig. 9] Distribution of monthly squid catch in Gyeongsangbuk-do from January 2020 to August 2021.

#### IV. 결론 및 토의

이 연구에서는 국가 해안쓰레기 모니터링 지침에 의거해 2020년 7월부터 2021년 8월까지 1년 동안 약 2개월 간격으로 총 6차례에 걸쳐 수행된 모니터링을 토대로 울릉도 연안의 해양쓰레기 분포 특성을 살펴보았다.

총 6차례의 조사 동안 총 1,172개의 해양쓰레기가 수거되었으며, 시기별로는 봄철인 2021년 4월 1일 조사에서 전체 해양쓰레기의 34.5%인 404개가 수거되었다. 조사 간격을 고려한 일평균 해양쓰레기 양을 고려하면 6.22개/일로 타 시기에 비해 크게 증가하였으며, 여름철인 2020년 7월 29일에 1.13개/일로 가장 적었다. 또한, 조사된 해양쓰레기 중 플라스틱이 61.9%로, 목재(35.7%)와 함께 울릉도 해양쓰레기의 대부분을 차지하였다. 특히 플라스틱 쓰레기의 개수는 2021년 4월 1일 조사(173개), 2021년 1월 26일 조사(171개)에서 가장 높게 나타났다.

울릉도 연안에서 2020년 7월부터 2021년 8월까지 1년 동안의 조사 결과와 국내 40개 정점에서 2020년 국가 해안쓰레기 모니터링 결과와 비교하였을 때 울릉도 연안 정점은 전체 해양쓰레기 중 플라스틱 해양쓰레기가 차지하는 비중은 각각 울릉도 61.9%, 전국 84.4%로 울릉도 연안의 플라스

틱 비중이 적은 반면에, 목재형 해양쓰레기는 울릉도 35.7%, 전국 2.3%로 울릉도 연안의 목재형 해양쓰레기 비율이 높게 나타났다. 또한 울릉도 연안의 정점은 플라스틱 해양쓰레기 중 음료수병 등 경질형 해양쓰레기가 65.1%로 다수를 차지한 반면에, 전국 연안의 경우 경질형 해양쓰레기가 35.9%를 차지한 특성이 있었다.

외국 기인 해양쓰레기의 경우, 이 연구기간 동안 101개의 외국 기인 쓰레기가 울릉도 연안에서 조사되었는데, 이러한 개수는 2020년에 전국 40개 정점을 대상으로 한 국가 해안쓰레기 모니터링과 비교하였을 때 단일 정점으로는 가장 많은 개수이었다. 울릉도 연안에서 발견된 전체 해양쓰레기의 8.6%가 외국 기인 해양쓰레기이었으며, 중국 기인 해양쓰레기가 85.1%로 외국 기인 해양쓰레기의 다수를 차지하였다. 울릉도의 외국 기인 쓰레기의 비율은 전국 40개 연안의 2020년 국가 해안쓰레기 모니터링 조사와 비교할 때 인천 백령도(87.1%), 제주 사계(15.2%), 신안 임자도(13.4%) 다음으로 높은 비율이며, 다른 동해안 지역과 비교하였을 때 가장 높은 비율이다. 2020년 국가 해안쓰레기 모니터링에서 외국 기인 해양쓰레기 중 중국 기인 쓰레기의 비율은 95.3%로 울릉도 정점 보다 상회하였다. 울릉도 해안쓰레기 모니터링에서 외국 기인 해양쓰레기의 개수 혹은 외국기인 쓰레기의 높은 비율은 외국 기인 해양쓰레기의 모니터링 장소로서 울릉도 정점의 중요성을 잘 보여주고 있다.

울릉도의 경우, 2020년 국가 해안쓰레기 모니터링과 비교할 때 외국기인 쓰레기의 개수에서 가장 많았으며, 또한 다른 동해안 해안쓰레기 모니터링 정점에 비해 전체 해양쓰레기 중 외국 기인 쓰레기의 비율이 가장 높았다. 울릉도의 외국 기인 해양쓰레기 중 중국산 해양쓰레기의 비율이 85.1%로 압도적으로 높음을 고려할 때 중국산 해양쓰레기의 주된 영향을 고려할 수 있다. 특히, 6차례의 조사 시기 중 중국 어선의 동해 북한수역 조업이 활발히 진행된 시기와 관련된 2010년 10

월, 2011년 1월, 2011년 4월 조사에서 각각 16, 개, 27개, 24개로 전체 중국산 쓰레기의 75.6%를 차지하였다.



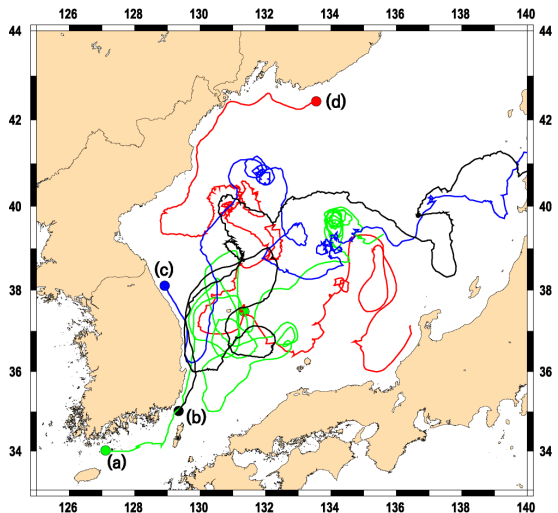
[Fig. 10] Chinese fishing vessels in the coast of Ulleungdo at November 20, 2020.



[Fig. 11] The oil spill by Chinese fishing vessels evacuated due to bad weather at June 30, 2020.

[Fig. 10]은 조사기간 동안인 2020년 11월 20일에 동해 조업 중 기상악화를 피해 울릉도 북서쪽 연안에 정박중인 중국 어선 모습이다. 2004년부터 북·중 어업협정에 따라 동해 북한 수역을 대상으로 2018년 2,161척, 2019년 1,882척, 2020년 2,389척 등 매년 수천 척의 중국어선이 동해 북한 수역으로 북상하여 오징어 조업을 진행하고 있다. 특히 11~12월을 중심으로 기상 악화시에 수백척의 중국어선이 일시에 울릉도 연안에 피항하면서 기름유출과 함께 다양한 해양쓰레기를 투기하고 있다(Kim, 2019)([Fig. 11]). 울릉도에서 발

견되는 외국 기인 해양쓰레기의 대부분인 중국 기인 쓰레기는 이러한 동해상의 중국어선의 활발한 어선 활동 및 울릉도 연안 피항과 크게 관련된 것으로 볼 수 있다. 한편, 울릉도 조사 정점의 경우, 중국 어선이 울릉도 바람 특성상 가을 및 겨울철에 주로 피항하는 울릉도 남쪽 연안과 반대편인 북서쪽 연안에 위치하고 있어 중국산 해양쓰레기의 영향이 과소평가될 여지가 있다. 향후 울릉도 연안의 보다 정확한 중국산 등 외국 기인 해양쓰레기의 영향을 파악하기 위해 울릉도 지형 특성을 고려하여 울릉도 남쪽과 북쪽 등 최소 2개의 조사 정점 유지가 필요할 것으로 고려된다.



[Fig. 12] Drifter tracks. Solid dots indicate deployment locations of drifters (Release date : (a) March 9, 1999, (b) June 22, 2004, (c) September 20, 1999, (d) August 4, 1996).

[Fig. 12]는 남해안 및 동해에 투하된 표층 뜰개의 이동궤적을 나타낸다. 표층 뜰개(Surface drifter)는 15m의 길이의 drogue를 수중에 장착해 인공위성을 통하여 위치를 전송함으로써 표층 해수 유동을 측정하는 장비이다(Lee, 2014). 남해 거문도 서쪽 연안에 투하된(1999년 3월 9일) 뜰

개는 대한해협을 거쳐 동해연안을 따라 북상하고 울릉도 주변에 도착하여(4월 12일) 회유하다가 일본 연안을 향하는 흐름을 보여준다. 대한해협에 위치한 부산 외해에 계류된(2004년 6월 22일) 뜰개 또한 울릉도 연안을(7월 10일) 거쳐 일본 연안으로 향하는 흐름을 보여준다. 러시아 인근에서 투하된(1996년 8월 4일) 뜰개는 북한 해역으로 남하하였다가 울릉도 주변을 거쳐(1월 21일) 일본 연안으로 향하였다. 한편 강원도 연안에 투하된(1999년 9월 20일) 뜰개의 경우, 동해연안을 따라 남하하였다가 울릉도 서쪽을 향하여 다시 북상하는 경로 또한 보여준다. 조사기간 동안 수거된 강원도 삼척으로부터 유입된 해양쓰레기는 동해 연안으로부터 유입된 사례를 잘 보여준다([Fig. 13]).



[Fig. 13] Wooden plate that washed away from Samcheok in Gangwondo to Ulleungdo.

한편, 남해연안에 투하된 뜰개의 경우 34일, 대한해협에 투하된 뜰개의 경우 18일, 러시아 연안에서 투하된 뜰개의 경우 170일 이후에 울릉도 주변에 도착하였다. 주로 표층 해류 흐름에 따라 이동하는 표층 뜰개에 비해 해양쓰레기는 표층 해류와 함께 바람의 영향을 함께 받지만, 뜰개의 이동 궤적 및 이동 시간은 울릉도 연안에 표착한 해양쓰레기가 남해 연안, 동해 연안, 북한 연안, 러시아 연안 등 다양한 경로를 거쳐 울릉도 연안으로 표착될 수 있음을 잘 보여준다.

이 논문은 울릉도 해양쓰레기 모니터링에 관한 첫 보고로서 의미를 가지고 있다. 이 논문에서는 울릉도 북서쪽에 위치한 해안가 1개 대상 지역만

을 대상으로 하고 있어 울릉도 해양쓰레기의 보다 정확한 분포 특성을 파악하기 위해서는 울릉도 남쪽 해안가 등 추가 모니터링 정점이 필요하다. 이러한 모니터링은 해양쓰레기에 대한 지역 주민의 관심 및 울릉도 해양보호구역 관리 활성화를 위해 전문가와 연계한 주민참여 모니터링으로 확장할 필요가 있다. 한편, 울릉도는 다른 동해안 지역에 비해 외국 기인 해양쓰레기의 비율이 높게 나타난 특징이 있었다. 이 연구에서 일부 다루었지만 울릉도에 표착하는 국내 해양쓰레기와 함께 외국 기인 해양쓰레기의 기원과 원인을 보다 정확히 밝히기 위해서는 해양쓰레기 표류 실험 등 보다 장기적이고 종합적인 해양쓰레기 모니터링 자료의 확보가 요구된다.

## Acknowledgements

이 논문을 심사해 주신 익명의 심사위원들과 울릉도 해안쓰레기 모니터링이 정착되고 진행되는 데 많은 도움을 준 (사)동아시아바다공동체 오션(OSEAN)과 조사에 함께 참여한 울릉도독도해양연구기지 직원 여러분에게도 깊은 감사드립니다.

## References

- Han HK, Choo HS and Cho HS(2013). Origin and characteristic of foreign derived wastes in South coast, Korea. 2013 Autumn Conference of the Korean Society for Marine Environment & Energy, 377~385.
- Han HK, Cha IH, Cho HS and Kim SH(2014). Origin and characteristic of foreign originated marine litters on the Sangjodo coast, Korea. 2014 Spring Conference of the Korean Society for Marine Environment & Energy, 2553~2556.
- Han HK, Cha IH, Cho HS and Kim SH(2015). Origin and characteristic of Foreign Marine Debris in the Chonnam Coastal during Winter Season. 2015 Spring Conference of the Korean Society for Marine Environment & Energy, 106~109.

- Jang SW, Park JM, Chung YH, Kim DH and Yoon HJ(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 Environmental Engineering*, 15(2):89~100.
- Kim JY, Moon CH, Yoon MG, Kang CK, Kim KR, Na TH, Choy EJ and Lee CI(2012). Stock Identification of *Todarodes pacificus* in Northwest Pacific, *Journal of the Korean Society of Oceanography*, 17(4):292~302.  
<http://dx.doi.org/10.7850/jkso.2012.17.4.292>
- Kim YB(2019). Fluctuation of Common Squid Catches and Development Plan of Squid Industry of Ulleungdo, *The Journal of Fisheries and Marine Sciences Education*, 31(6):1574~1591.  
<https://doi.org/10.13000/JFMSE.2019.12.31.6.1574>
- Kim YM, Jang SW and Yoon HJ(2015). Occurrence Characteristic of Foreign Marine Debris in the Southeastern Coasts of Korea. 2015 Autumn Conference of the Korean Society for Marine Environment & Energy, 82~83.
- Kim YM, Jang SW, Kim DH and Yoon HJ(2019). Behavior Characteristics of Foreign Marine Debris into the West Sea of Korea in Winter using Satellite Tracked Drifters. *J. Korean Soc. Mar. Environ. Energy*, 22(4): 191~202.  
<https://doi.org/10.7846/JKOSMEE.2019.22.4.191>
- KOEM(2018). Guide of the Korea national beach litter monitoring program(Phase II : 2018~2027). 1~24.
- KOEM(2020). Report of the Korea national beach litter monitoring program, 1~206.
- Lee DK(2014). Wind-driven Current in the East Sea Observed from Mini-met Drifters. *Ocean and Polar Research*, 36(2):103~110.
- Lee J, Hong S, Jang YC, Lee J, Lee MJ, Shim WJ, Hong SH, Han GM, Song YK and Jang M(2013). Spatial Distribution of Beached Plastic Debris in South Korea. 2013 Autumn Conference of the Korean Society for Marine Environment & Energy, 168.
- Lee JM, Jang YC, Hong SW and Choi HW(2012). Features of Foreign Marine Debris on the Dune Beach of U-i Island, Korea. *Journal of the Korean Society of Marine Environment & Safety*. 18(2):167~174.
- 
- Received : 07 April, 2022
  - Revised : 09 May, 2022
  - Accepted : 19 May, 2022