

## 제주 북동과 남서해역의 해저폐기물 분포특성

김제훈 · 장덕종\* · 황두진\* · 김대진†  
전남대학교(학생) · \*†전남대학교(교수)

### Distribution of Sea-Bed Waste in the Northeast and Southwest Seas of Jeju

Je-Hun KIM · Duck-Jong JANG\* · Doo-Jin HWANG\* · Dae-Jin KIM†  
Chonnam National University(student) · \*†Chonnam National University(professor)

#### Abstract

This study is a basic study for the management of major commercial fishing grounds in Korea. To this end, this study analyzed the types, characteristics and density distribution of sea-bed waste through a survey of bottom trawl in the northeast and southwest seas of Jeju for total 6 years from 2019 to 2024, and investigated the relationship between the appearance of sea-bed waste and the fishing industry. A total of 199 sea-bed wastes were collected in the total survey area of 6.3km<sup>2</sup>. Out of them 135(68%) were fish traps, followed by 25(13%) living wastes and 15(8%) nets, 11(5%) eel traps, 8(4%) ropes and 5(2%) long lines. By type of weight density, waste net was collected at the highest rate at 266.7kg/km<sup>2</sup> at 229 sea area in July, followed by fish trap at 126.3kg/km<sup>2</sup> at 223 sea area in April, long lines 64.7kg/km<sup>2</sup> at 239 sea area in June, eel trap at 8.8kg/km<sup>2</sup> at 240 sea area in June, rope 7.9kg/km<sup>2</sup> at 223 sea area in April. Based on the survey area, the season with the highest distribution density of sea-bed waste per unit area(km<sup>2</sup>) by period was April, when fish traps and long lines were the highest at 200pcs/km<sup>2</sup>, 600kg/km<sup>2</sup>, 12.5pcs/km<sup>2</sup> and 25kg/km<sup>2</sup>. Nets and eel traps were the highest at 5.3pcs/km<sup>2</sup>, 227.4kg/km<sup>2</sup>, 10.5pcs/km<sup>2</sup> and 6.3kg/km<sup>2</sup> in July. Fish traps were the highest at 38.5pcs/km<sup>2</sup>, 146.2kg/km<sup>2</sup> in October. Therefore, fishing gears such as fish traps, nets, and long lines, which occupy the majority of sea-bed waste collected, originate from the fishing operation conducted in this sea. In addition, efforts are needed to strengthen the responsibility of fishermen by implementing a real-name fishing gear system and a fishing gear-buoy deposit system to manage the history of fishing gear used.

**Key words** : Sea-bed waste, Fishing grounds, Fish gear, Ghost fishing

### I. 서론

대마난류와 황해난류가 존재하는 제주 주변해역은 계절에 따라 중국대륙 연안수, 남해 연안수, 서해 냉수대 등 서로 다른 여러 수괴와 남서쪽에서 유입되는 쿠로시오 해류 및 제주해협을 통해 동쪽으로 흐르는 제주난류 등이 복합적으로 작용하는 곳으로 연중 다양한 어종들이 풍부하게 출

현하는 국내 주요 상업어장이다(MOF & KOEM, 2017). 특히, 동중국해에서 북상하는 쿠로시오의 영향으로 기후가 온화하고 연안수와의 경계에서 조경수역이 발생되기에 오징어, 고등어, 갈치, 장어, 달고기, 돔류 등의 좋은 어장이 형성되어 저인망과 선망을 비롯하여 자망, 연승, 통발 등 다양한 어업이 수행되는 해역이다(Kim et al., 2014). 따라서 이들 해역은 조업 중에 어선에서 유실된

† Corresponding author : 061-659-7116, [djkim@jnu.ac.kr](mailto:djkim@jnu.ac.kr)

각종 어구와 생활폐기물 등이 상시 투기되어 해저에 침지되는데 수심이 깊고 육지에서 멀리 떨어진 장소적 한계 때문에 수거되지 못하고 방치되는 실정이다.

최근 각종 매체에서 해양쓰레기의 심각성을 제기하면서 해양쓰레기에 대한 사회적 관심이 높아지고 있다. 해양폐기물 및 해양오염퇴적물 관리연차보고서(MOF & KOEM, 2020)에 따르면 2019년도 해양폐기물 발생량은 총 14.5만톤이며 이중 해양기인 발생이 35%인 것으로 추정되고, 해양기인 발생량 중 페어구가 26%로 가장 높은 비중을 차지하는 것으로 보고되고 있다. 해양폐기물 수거량은 2019년도 해안폐기물 108,644톤, 부유폐기물 7,713톤 및 침적폐기물 25,799톤이며 2023년 침적폐기물 131,930톤, 부유폐기물 10,630톤 및 침적폐기물 25,770톤으로 해안폐기물 및 부유폐기물 수거량은 약 25%정도 증가했지만 침적폐기물 수거량은 감소하는 것으로 조사되고 있다. 또한 정부와 지자체 등 국가기관에서 실시한 해양폐기물 수거사업 실적을 보면, 전체 수거량 중 해안쓰레기 약 72%를 차지하고 항만, 어항 및 양식장 주변의 수중 침적폐기물이 약 19% 정도인 것으로 보고되고 있다. 즉, 지금까지 해양폐기물 수거사업은 대부분 연안환경관리에 치중하여 왔으며, 제주도 주변해역이나 근해 먼바다의 침적폐기물은 막대한 비용과 시간이 소요되는 만큼 수거사업 대상에서 제외되어 왔다. 제주 주변해역과 같이 국내 근해 주요 어장은 매년 해저폐기물이 적체됨으로써 해저생물의 서식지 훼손에 따른 어장 생산성 저하와 조업 시 어구 손상사고를 초래하는 원인으로 작용하고 있다(Kim et al., 2007). 따라서 서식지 환경개선을 통한 어업의 지속가능성 확보라는 측면에서 국가 중요 어장에 대한 해저폐기물 발생 정도를 체계적으로 모니터링하고 해저폐기물의 발생량 절감 및 효율적 수거방안을 시급히 수립할 필요가 있다.

지금까지 해양폐기물에 관한 선행연구는 울릉도 북서쪽 해안의 해양쓰레기 분포 특성(Woo

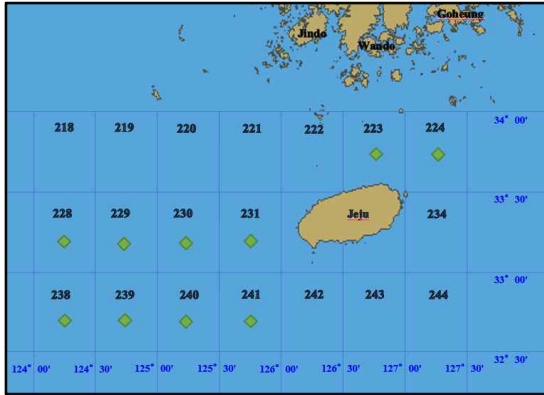
and Kim, 2022), 진해만 해저폐기물 실태조사를 통해 어자원 보호육성을 위한 생육환경 개선(Kim et al., 1999), 국내 연안의 항내 수중침적 폐기물 분포와 부산항 부근 해역의 해저폐기물 분포(Kang, 2001; Kim et al., 2006) 등 주로 연안과 항내의 해양폐기물 수거사업을 위한 실태조사가 다수이며, 먼바다 근해해역의 해양폐기물 분포에 관한 연구는 일부 연구자에 의해 진행되어왔다. 부산과 제주도 항로상에서 수면의 부유폐기물 조사(Kim, 2010), 동중국해에서 해저폐기물 분포 특성 연구(Jeong et al., 2005), 서해 근해 해저쓰레기 분포 및 구성에 관한 연구(Kim et al., 2017), 플라스틱류 해양쓰레기와 생물피해 특성(Cha et al., 2015)에 관한 연구 등이 있다. 또한, 수거된 해양폐기물의 자원화 기술개발 연구로 페어망을 활용한 리사이클 섬유제품 사례 연구(Lee et al., 2024), 페어망을 활용한 업사이클링 패션 디자인 개발에 관한 연구(Kim and Kim, 2024), 해양폐기물 자원화 기술을 통해 콘크리트 골재 및 보강재료로 전환하는 기술과 해양폐기물을 건설 산업재로 효과적으로 재활용할 수 있는 기술의 개발(Han et al., 2024) 등 해양폐기물을 이용한 활용방안에 관한 연구도 최근 보고되고 있다.

본 연구는 국내 중요 상업어장에 존재하는 해저폐기물의 발생정도와 분포실태를 파악하기 위한 실증적 연구로, Kim et al.(2020)의 논문 자료와 이후 추가 조사된 자료를 합산하여 총 6년 동안 제주도 북동과 남서해역에서 저층트롤어구를 이용하여 현장에서 수집된 해저폐기물을 상대로 그 종류와 특성 및 해구별 분포밀도, 시기별 발생 차이 등을 비교·분석하였다.

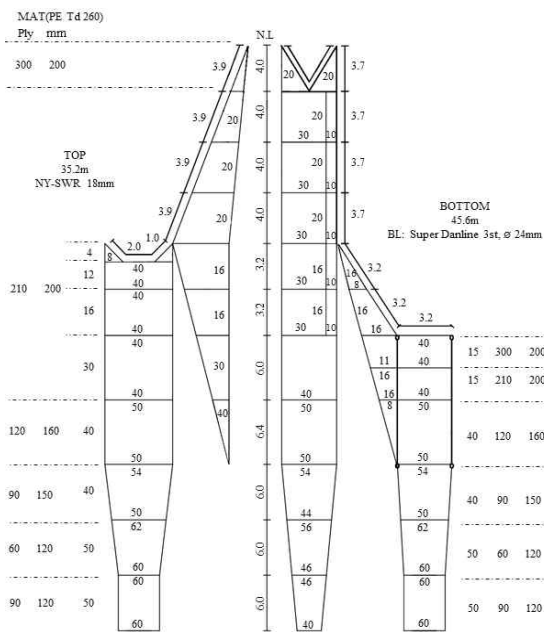
## II. 연구 방법

제주도 주변해역의 해저 침적폐기물 조사는 전남대학교 실습선 새동백호(2,996GT, 3,500KW)의 저층트롤어구를 사용하여 2019년부터 2024년까지

최근 6년 동안 총 17회에 걸쳐 조사하였다.



[Fig. 1] A map showing the survey sea areas.



[Fig. 2] The bottom trawl net used in the investigation on the sea-bed waste.

조사해역은 [Fig. 1]에서와 같이 실제 어선조업이 활발하게 수행되고 있는 제주 북동해역인 223, 224 해구를 중심으로 7회, 제주 남서해역인 228~231 해구에서 5회, 238~241 해구를 중심으로 5회 실시하여 총 17회에 걸쳐 트롤조사를 실시하였다. 조사에 사용된 저층트롤어구(그물의 완성

길이 58.8m, 뜰줄의 길이 35.2m, 발줄의 길이 45.6m, 뜰의 부력 324kgf, 발줄의 침강력 540kgf)의 구성은 [Fig. 2]와 같고 투망위치와 조사 시기는 <Table 1>과 같다.

<Table 1> Trawling Survey point of sea-bed waste in the northeast and southwest seas of Jeju

Sea area	Lat.(N)	Long.(E)	Swept area (km <sup>2</sup> )	Sampling date
223	33° 40.7'	127° 01.8'	0.08	2022/04/27
223	33° 53.4'	127° 30.0'	0.3	2024/08/07
224	33° 40.8'	127° 01.8'	0.3	2022/11/19
224	33° 41.7'	127° 27.8'	0.6	2023/09/21
224	33° 41.9'	127° 26.8'	0.13	2023/10/17
224	33° 39.3'	127° 03.1'	1.0	2023/05/09
224	33° 41.2'	127° 01.3'	1.0	2024/06/29
228	33° 29.8'	124° 27.1'	0.4	2024/06/28
229	33° 05.4'	124° 55.9'	0.3	2020/07/15
230	33° 07.9'	125° 07.7'	0.5	2019/06/27
231	33° 01.2'	125° 55.1'	0.08	2022/07/01
231	33° 01.1'	125° 54.3'	0.23	2022/06/30
238	32° 37.2'	124° 05.1'	0.4	2019/08/06
239	32° 29.5'	124° 30.3'	0.3	2019/06/26
240	32° 30.3'	125° 10.1'	0.08	2022/06/30
241	32° 56.6'	125° 59.5'	0.3	2020/11/12
241	33° 00.5'	125° 43.8'	0.3	2020/06/26

해저폐기물 수집에 사용된 저층트롤어구는 총 길이는 50.2m, 평균 그물의 폭은 26.5m, 그물의 높이는 2.5m로 그물 부분은 PE 3연 재질의 결질 그물감으로 제작되었으며 끝자루의 그물 길이는 8.6m로 결질 그물감을 사용하였다. 조사해역의 수심은 38~122m 범위였고 모든 조사에서 저층트롤어구의 예망속도는 3.0~3.6knots의 범위였으며 뜰줄의 길이는 평균 수심의 3~3.5배, 예망시간은 30분 또는 60분을 평균 기준으로 하였다. 저층트롤 조사 시 소해면적(조사면적, km<sup>2</sup>)은 예망시부터 양망시까지 소요 시간(hr), 예망속도(knots)와

저층트롤 그물의 전개폭(m)을 곱하여 구하였다.

저층트롤에 수집된 각각의 해저폐기물(Fig. 3)은 이물질 제거, 세척 및 건조 후 종류별 수량과 중량(kg)을 조사하였고, 저층트롤의 소해면적을 기준으로 단위면적당(km<sup>2</sup>) 해저폐기물의 분포밀도로 환산하여 수량(pcs/km<sup>2</sup>)과 중량밀도(kg/km<sup>2</sup>)를 구하였고 분포특성을 비교·분석하였다.



[Fig. 3] A photograph of sea-bed waste collected by bottom trawl.

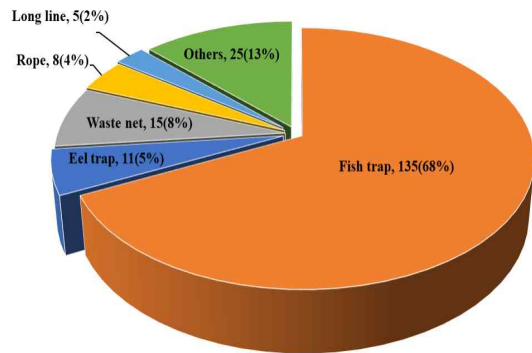
### Ⅲ. 연구 결과

#### 1. 해저폐기물의 종류 및 특성

제주도 북동과 남서해역에서 조사기간 동안 저층트롤의 총 소해면적은 6.3km<sup>2</sup> 였고 수집된 전체 해저폐기물의 총 수량과 중량은 199개와 748.9kg 이었으며, 단위면적당 수량과 중량밀도는 각각 341pcs/km<sup>2</sup> 과 1,146.3kg/km<sup>2</sup> 으로 나타났다. 트롤어구에 수집된 해저폐기물은 통발, 장어통발,

그물류, 로프류, 연승(주낙), 기타 등이며 기타 폐기물은 플라스틱 생활폐기물, 비닐류, 장화, 빈병류, 캔류, 목재류 등으로 나타났다.

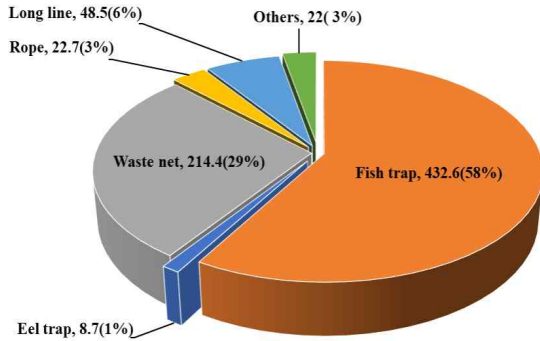
[Fig. 4]는 수집된 전체 해저폐기물을 종류별로 구분한 것으로, 총 199개의 해저폐기물 중 통발어구가 135개로 전체의 68%를 차지하고, 기타 폐기물 25개(13%), 그물류 15개(8%), 장어통발 11개(5%), 로프류 8개(4%), 연승(주낙) 5개(2%) 순으로 조사되었다. 수거된 해저폐기물의 총 중량은 748.9kg 중 통발어구가 432.6kg으로 전체 중량의 58%를 차지하였고, 그물류의 경우 211.4kg(29%), 연승(주낙) 48.5kg(6%), 로프류는 22.7kg(3%), 기타 폐기물은 22kg(3%), 장어통발 8.7kg(1%) 순으로 나타났다([Fig. 5]).



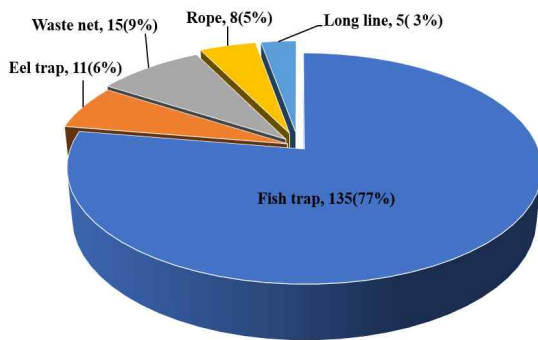
[Fig. 4] The quantity rate by the types of collected sea-bed wastes.

[Fig. 6]과 [Fig. 7]은 수거된 해저폐기물 중 전체 87%를 차지하는 어구류만을 대상으로 수량과 중량에 대한 점유율을 나타낸 것으로, 통발의 경우, 77%, 60%를 차지하여 점유율이 가장 높게 나타났고 그물류가 15%, 29%, 장어통발이 6%, 1%, 각종 어구의 부속재료로 사용되는 로프류가 5%, 3%, 연승(주낙)이 3%, 7%를 차지하는 것으로 나타났다.

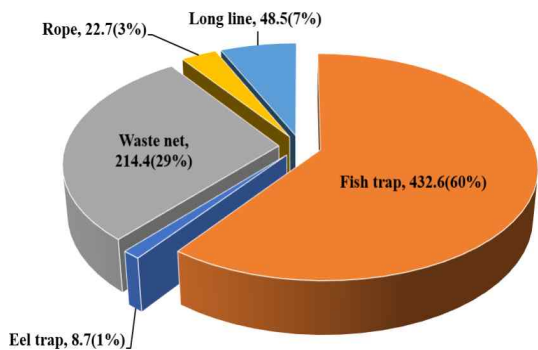
특히 제주 주변해역은 통발어업이 활발하게 수행되는 주요 상업어장으로 각각의 통발은 조업 중 통발과 로프가 동시에 유실되어 해저폐기물로



[Fig. 5] The weight rate by the types of collected sea-bed wastes.



[Fig. 6] The quantity rate of collected sea-bed wastes by the fishing gear.



[Fig. 7] The weight rate of collected sea-bed wastes by the fishing gear.

수집되는 경우를 많이 볼 수 있는데 수집된 어구류 중 어구의 부속재료로 사용되는 로프류는 수량이 8개로 전체의 5%를 차지하였으며 중량으로는 22.7kg으로 전체의 3%를 차지하였다. 또한

수거된 어구류 중 그물류는 수량이 15개로 전체의 9% 정도이지만 중량으로는 214.4kg으로 전체의 29%를 차지하는데, 그물 어구 특성상 어장 사고시 전체 어구가 유실되는 경우가 많고 다수의 그물이 뭉쳐진 채로 수거된 것으로 보아 작업 도중 유실되었거나 어선에서 그물을 새것으로 교체한 후 낡은 그물을 통째로 해상에 투기한 것이 그 원인으로 추정된다.

한편 조업 특성상 내부에 미끼를 투입하여 대상 생물을 유인하는 통발어구는 조업 중 로프 절단 등에 의해 탈락되는 경우, 유입된 생물은 통발의 기능이 소멸될 때까지 새로운 생물을 유인하는 유령어업이 반복적으로 지속되기 때문에 문제점으로 지적되고 있다(Kim et al., 2014a; Kim et al., 2016). 최근 생분해성 그물감의 성능인증을 통한 생분해성 그물어구의 보급을 위한 정책이 추진되고 있지만 기존 합성 섬유 그물감에 비해 강도나 가격 측면에서 경쟁력이 떨어진다는 의견이 있다. 따라서 유령어업을 방지하기 위해서는 친환경 소재로 제작된 생분해성 어구의 어획능력 검증도 추가적으로 필요하며 통발 어구 보증금제를 적극적으로 실행하여 어업인의 자발적인 폐어구 회수를 유도함으로써 해양생태계 보전을 위한 어업인의 인식이 확대되어야 할 것으로 생각된다.

## 2. 해역별 해저폐기물의 분포밀도

<Table 2>는 조사해역에서 저층트롤에 수집된 해저폐기물의 종류별 수량(pcs/km<sup>2</sup>)과 중량밀도(kg/km<sup>2</sup>)를 각 해구별로 구분하여 나타낸 것이다. 전체 해저폐기물 중 수량밀도가 가장 높은 통발의 경우 223, 238 해구에서 92.1개가 수거되어 전체 수거 통발의 약 53.7%를 차지하였으며, 장어 통발은 229, 240 해구에서 25.8개로 전체 수거 수량의 80.4%, 자망그물이 대부분을 차지한 그물류는 239, 240 해구에서 22.5개로 전체 수거 수량의 50.2%를 차지하는 것으로 나타났다. 또한 로프류

제주 북동과 남서해역의 해저폐기물 분포특성

는 223, 239 해구에서 9.3개로 전체 수거 수량의 71%를 차지하였는데 수거된 통발의 비율이 높은 해역과 동일함을 볼 수 있다. 연승(주낙)은 231, 239 해구에서 6.5개로 전체 수거 수량의 58.6%, 주로 생활폐기물인 기타 폐기물은 229, 239 해구에서 53.3개로 전체 수거 수량의 78.3%를 차지하는 것으로 나타났다. 또한 수거된 전체 해저폐기물 중 어구류만을 보면, 최대 485.2kg/km<sup>2</sup> 에서 최소 22.1kg/km<sup>2</sup> 범위였으며 종류별 중량밀도의 평균값은 253.7kg/km<sup>2</sup> 으로 나타났다.

또한 수집된 해저폐기물의 각 해역별 중량밀도는 통발의 경우, 223 해구에서 4월에 126.3kg/km<sup>2</sup> 으로 분포밀도가 가장 높았고, 그물류는 229 해구에서 7월에 266.7kg/km<sup>2</sup>, 연승은 239 해구에서 6월에 64.7kg/km<sup>2</sup>, 로프류는 223 해구에서 4월에 7.9kg/km<sup>2</sup>, 장어통발은 240 해구에서 6월에

8.8kg/km<sup>2</sup> 으로 나타났다. 특히 조사해역의 해저 폐기물 분포밀도가 가장 높은 통발은 제주도 북동 223, 224 해구와 남서 238, 239 해구의 한중 잠정조치수역에서 저층트롤의 소해면적 기준으로 단위면적당 200kg/km<sup>2</sup> 이상의 유실된 통발이 존재하는 것으로 나타났다. 이처럼 통발의 분포밀도가 높은 것은 로프에 연속적으로 연결되는 통발어구 구조상 통발 인양 중에 로프가 절단될 경우 다수의 통발이 한꺼번에 탈락되는 경우가 많은데 특히, 통발 조업이 빈번한 해구에서 유실통발의 분포밀도가 높은 것으로 볼 수 있다. 또한 자망그물이 대부분을 차지한 그물류는 대부분의 해구에서 분포하고 있으며 특히, 제주도 남서쪽 과도수역인 229 해구에서는 200kg/km<sup>2</sup> 이상의 폐그물이 분포하여 근해자망 조업이 빈번히 이루어짐을 유추할 수 있다.

<Table 2> The quantity and weight density of sea-bed waste in the northeast and southwest seas of Jeju

Sea area	Fish trap		Eel trap		Waste net		Rope		Long line		Others		Sampling date
	pcs/km <sup>2</sup>	kg/km <sup>2</sup>	pcs/km <sup>2</sup>	kg/km <sup>2</sup>	pcs/km <sup>2</sup>	kg/km <sup>2</sup>	pcs/km <sup>2</sup>	kg/km <sup>2</sup>	pcs/km <sup>2</sup>	kg/km <sup>2</sup>	pcs/km <sup>2</sup>	kg/km <sup>2</sup>	
223	42.1	126.3	0	0	2.6	32.9	2.6	7.9	2.6	5.3	10.5	5.3	2022/04/27
223	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2024/08/07
224	2.7	7.9	0	0	0	0	0.7	1.4	0.3	2.6	0	0	2022/11/19
224	2.6	9.5	0	0	0.4	0.1	0	0	0	0	0.3	0.1	2023/09/21
224	1.7	6.3	0	0	0	0	0.3	1.2	0	0	0	0	2023/10/17
224	7.9	28.5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2023/05/09
224	11.2	40.4	1.3	1.3	0.3	27.2	0.3	2.9	0	0	0.7	2.6	2024/06/29
228	0	0	5	4	2.5	1.8	2.5	3	0	0	0	0	2024/06/28
229	0	0	13.3	8	3.3	266.7	0	0	0	0	20	28.3	2020/07/15
230	20	58	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2019/06/27
231	0	0	0	0	3.2	20.6	0	0	0	0	0	0	2022/07/01
231	0	0	0	0	0	0	0	0	3.2	58.1	0	0	2022/06/30
238	50	125	0	0	5.0	12.5	0	0	0	0	0	0	2019/08/06
239	33.3	83.3	0	0	10	41.7	6.7	6.3	3.3	64.7	33.3	6.3	2019/06/26
240	0	0	12.5	8.8	12.5	12.5	0	0	0	0	0	0	2022/06/30
241	0	0	0	0	1.7	2.7	0	0	0	0	3.3	2.5	2020/11/12
241	0	0	0	0	3.3	20	0	0	1.7	2	0	0	2020/06/26
Total	171.5	485.2	32.1	22.1	44.8	438.7	13.1	22.7	11.1	132.7	68.1	45.1	-



<Table 3>은 조사해역의 해저폐기물의 분포밀도를 파악하고자 각 해구별 저층트롤의 소해면적을 나누어 단위면적당(km<sup>2</sup>) 해저폐기물의 분포밀도로 환산하여 수량과 중량밀도로 나타낸 것이다. 각 해구별 단위면적당 해저폐기물의 분포밀도는 239 해구에서 86.7pcs/km<sup>2</sup> 와 202.3kg/km<sup>2</sup> 으로 가장 높게 나타났고 223 해구는 60.5pcs/km<sup>2</sup> 와 177.6kg/km<sup>2</sup>, 238 해구는 55pcs/km<sup>2</sup> 와 137.5kg/km<sup>2</sup>, 229 해구는 36.7pcs/km<sup>2</sup> 와 303kg/km<sup>2</sup>, 224 해구는 30.7pcs/km<sup>2</sup> 와 132kg/km<sup>2</sup> 으로 나타났다. 이들 해구를 제외한 228, 230, 231, 240, 241 해구에서 6.5~20pcs/km<sup>2</sup> 와 8.8~78.5kg/km<sup>2</sup> 으로 비교적 낮게 나타났다.

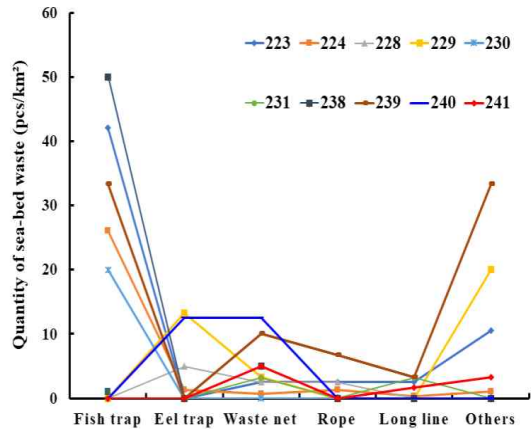
<Table 3> The amount density of sea-bed waste per unit area(km<sup>2</sup>) of the survey sea area

Sea area	Quantity (pcs)	Weight (kg)	swept area (km <sup>2</sup> )	Distribution density/km <sup>2</sup>	
				pcs/km <sup>2</sup>	kg/km <sup>2</sup>
223	23	67.5	0.38	60.5	177.6
224	93	399.9	3.03	30.7	132
228	4	3.5	0.4	10	8.8
229	11	90.9	0.3	36.7	303
230	10	29	0.5	20	58
231	2	24.4	0.31	6.5	78.7
238	22	55	0.4	55	137.5
239	26	60.7	0.3	86.7	202.3
240	2	1.7	0.08	25	21.3
241	6	16.3	0.6	10	27.2
Total	199	748.9	6.3	341.1	1,146.4

따라서 소해면적 기준으로 단위면적당 해저폐기물의 중량밀도는 229 해구에서 300kg/km<sup>2</sup> 이상으로 분포밀도가 가장 높고 239, 223, 238, 224 해구 순으로 100kg/km<sup>2</sup> 이상의 해저폐기물이 존재하는 것을 볼 수 있다.

[Fig. 8]은 저층트롤의 소해면적을 기준으로 단위면적당(km<sup>2</sup>) 해저폐기물의 종류별 분포밀도를 해역별로 나타낸 것이다. 이것에서 보면, 통발은 모든 해역에서 단위면적당 분포밀도가 가장 높게

나타났는데, 특히 223, 238 해구에서 42.1~50개 범위로 평균값은 46.1개로 가장 높게 나타났다. 한편, 통발과 기타 폐기물을 제외한 다른 폐기물의 단위면적당 분포밀도는 해역별로 큰 차이가 없이 유사한 경향을 보이는데 해저폐기물의 종류별 분포밀도가 가장 높은 해구는 장어통발의 경우, 229 해구에서 13.3개, 그물류는 240 해구에서 12.5개로 나타났으며, 로프류와 연승(주낙)은 239 해구에서 3.3개와 6.7개로 가장 높은 점유율을 보였다.



[Fig. 8] The quantity distribution of collected sea-bed wastes in each sea area.

이와 같이 조사해역에서 유실된 통발이 단위면적당(km<sup>2</sup>) 분포밀도가 높게 나타나는 이유는 조업 중 한번에 많은 통발과 로프가 탈락되어 해저에 머물기 때문에 시간이 경과할수록 통발의 분포밀도가 증가하는 것으로 볼 수 있다.

한편, Kim et al.(2020)의 연구는 <Table 1>에서 2022년부터 2024년까지 3년 동안 총 7회에 걸쳐 제주도 북동 223, 224 해구에서만 단위면적당 해저폐기물의 분포밀도를 조사한 결과로, 통발, 그물류, 로프류, 연승(주낙) 순으로 분포밀도가 높게 나타났었다. 금번 추가 조사에서도 전체 조사해역의 해저에 존재하는 단위면적당 해저폐기물은 통발어구가 가장 많은 점유율을 차지하고 그물류, 로프류와 연승(주낙) 순으로 나타나고 있어

기존 Kim et al.(2020)의 연구 결과와 대체로 유사한 형태임을 볼 수 있다.

### 3. 시기별 해저폐기물의 분포밀도

<Table 4>는 조사해역에서 저층트롤에 수거된 해저폐기물의 시기별 분포밀도를 파악하고자 단위면적당(km<sup>2</sup>) 해저폐기물의 수량(pcs/km<sup>2</sup>)과 중량밀도(kg/km<sup>2</sup>)로 구분하여 나타낸 것이다. 해저폐기물 중 수량밀도가 가장 높은 통발은 4, 5월의 봄철에 224개가 수거되어 전체 수거 통발의 약 66.5%를 차지하였으며, 장어통발의 경우 6~8월의 여름철에만 13개가 수거되었다. 또한, 자망 그물이 대부분을 차지한 그물류는 4, 5월의 봄철에 12.5개로 48.4%, 6~8월의 여름철에 9.9개로 38.3%를 차지하고, 로프류는 통발이 수거된 4, 5월의 봄철에 12.5개로 약 50.2%, 9~11월의 가을철에 11개로 44.2%를 차지하여 통발과 로프류의 수거량은 봄과 가을철에 연동되어 있는것을 볼 수 있다. 연승(주낙)은 4, 5월의 봄철에 12.5개로 약 82.1%를 차지하고, 주로 생활폐기물인 기타 폐기물은 4, 5월의 봄철에 50개가 수거되어 약

66.6%를 차지하였다. 또한 전체 해저폐기물 중 중량밀도가 가장 높은 통발은 4, 5월의 봄철에 686.4kg/km<sup>2</sup>으로 수거되어 전체 통발의 약 65.1%를 차지하였으며, 장어통발의 경우 6~8월의 여름철에 한정되어 8.5kg/km<sup>2</sup>으로 수거되었다. 그물류는 4, 5월의 봄철에 156.3kg/km<sup>2</sup>으로 약 36.1%, 6~8월의 여름철에 273.1kg/km<sup>2</sup>으로 63.2%, 로프류는 통발이 수거된 4, 5월의 봄철에 37.5kg/km<sup>2</sup>으로 약 49.6%, 9~11월의 가을철에 33.9kg/km<sup>2</sup>으로 44.8%로 수거되었다. 연승(주낙)은 4, 5월의 봄철에 25kg/km<sup>2</sup>으로 약 48.2%를 차지하였으며, 주로 생활폐기물인 기타 폐기물은 4, 5월의 봄철에 25kg/km<sup>2</sup>으로 약 46.5%, 6~8월의 여름철에 25.9kg/km<sup>2</sup>으로 48.5%가 수거된 것으로 나타났다.

이상과 같이 4, 5월의 봄철에는 통발과 로프류, 그물류, 생활폐기물인 기타 폐기물이 높게 나타났으며, 6~8월의 여름철에는 그물류, 장어통발, 생활폐기물인 기타 폐기물의 비율이 높고, 장어통발은 6~8월의 여름철에만 수거되는 것으로 나타났다. 또한 9~11월의 가을철에는 통발과 그물류, 로프류의 점유율이 높으며 특히, 봄과 가을철

<Table 4> The quantity and weight distribution of sea-bed waste by collection period in the northeast and southwest seas of Jeju

	2019 - 2024																	
	Apr.		May		Jun.		Jul.		Aug.		Sep.		Oct.		Nov.		Total	
	pcs/km <sup>2</sup>	kg/km <sup>2</sup>	pcs/km <sup>2</sup>	kg/km <sup>2</sup>	pcs/km <sup>2</sup>	kg/km <sup>2</sup>	pcs/km <sup>2</sup>	kg/km <sup>2</sup>	pcs/km <sup>2</sup>	kg/km <sup>2</sup>	pcs/km <sup>2</sup>	kg/km <sup>2</sup>	pcs/km <sup>2</sup>	kg/km <sup>2</sup>	pcs/km <sup>2</sup>	kg/km <sup>2</sup>	pcs/km <sup>2</sup>	kg/km <sup>2</sup>
Fish trap	200	600	24.0	86.4	19.2	62.8	0	0	28.6	71.4	13.3	48.0	38.5	146.2	13.3	40.0	336.9	1,054.8
Eel trip	0	0	0	0	2.5	2.2	10.5	6.3	0	0	0	0	0	0	0	0	13	8.5
Waste net	12.5	156.3	0	0	3.2	38.6	5.3	227.4	1.4	7.1	1.7	0.7	0	0	1.7	2.7	25.8	432.8
Rope	12.5	37.5	0	0	1.4	4.3	0	0	0	0	0	0	7.7	26.9	3.3	7.0	24.9	75.7
Long line	12.5	25.0	0	0	1.1	13.7	0	0	0	0	0	0	0	0	1.7	13.2	15.3	51.9
Others	50.0	25.0	0	0	4.3	3.5	15.8	22.4	0	0	1.7	0.2	0	0	3.3	2.5	75.1	53.6
Total	287.5	843.8	24	86.4	31.7	125.1	31.6	256.1	30	78.5	16.7	48.9	46.2	173.1	23.3	65.4	491	1,677.3



에 통발, 연승 조업이 활발히 수행되는 제주도 북동 해역은 조업 중 유실된 통발과 로프가 다수를 차지하는 것으로 나타났다. 또한 봄과 여름철에 주로 꽃게, 멸치, 돔류 등을 대상으로 근해 자망어업이 활발히 수행되는 제주 남서해역은 한중 잠정조치수역과 과도수역으로 자망그물인 폐그물의 수거량이 높게 나타난 것을 볼 수 있다.

<Table 5>는 저층트롤의 소해면적을 기준으로 단위면적당(km<sup>2</sup>) 해저폐기물의 수량(pcs/km<sup>2</sup>)과 중량(kg/km<sup>2</sup>)을 시기별로 구분하여 나타낸 것으로, 해저폐기물의 분포밀도는 4월에 287.5pcs/km<sup>2</sup>와 843.8kg/km<sup>2</sup>으로 가장 높게 나타났고 10월에 46.2pcs/km<sup>2</sup>와 173.1kg/km<sup>2</sup>, 7월에 31.6pcs/km<sup>2</sup>와 256.1kg/km<sup>2</sup>, 6월에 31.7pcs/km<sup>2</sup>와 125.1kg/km<sup>2</sup>으로 나타났다. 이들 시기를 제외한 5, 8, 9, 11월에는 16.7~24pcs/km<sup>2</sup>와 48.9~86.4kg/km<sup>2</sup>으로 비교적 낮게 나타났다. 따라서 소해면적 기준으로 단위면적당 해저폐기물의 중량밀도는 4월에 800kg/km<sup>2</sup> 이상으로 가장 많고 7, 10, 6월 순으로 100kg/km<sup>2</sup> 이상의 해저폐기물이 존재하는 것을 볼 수 있다.

<Table 5> The amount density of sea-bed waste per unit area(km<sup>2</sup>) by period

Sea area	Quantity (pcs)	Weight (kg)	swept area (km <sup>2</sup> )	Distribution density/km <sup>2</sup>	
				pcs/km <sup>2</sup>	kg/km <sup>2</sup>
Apr.	23	67.5	0.08	287.5	843.8
May	24	86.4	1.0	24.0	86.4
Jun.	89	351.7	2.81	31.7	125.1
Jul.	12	97.3	0.38	31.6	256.1
Aug.	21	55.0	0.7	30.0	78.5
Sep.	10	29.3	0.6	16.7	48.9
Oct.	6	22.5	0.13	46.2	173.1
Nov.	14	39.2	0.6	23.3	65.4
Total	199	748.9	6.3	491	1,677.3

한편, 조사기간 동안 수집된 해저폐기물 중 통발어구와 자망그물이 대부분을 차지하는 폐어구

류의 분포밀도가 높은 이유는 조업선에서 어종에 따라 어구의 종류와 형태가 시기별(월별)로 다르기 때문에 다수의 관련 어선이 경쟁적으로 조업을 수행함에 따라 어장사고에 의한 유실어구 발생 정도가 어업과의 상관성이 높다고 볼 수 있다. 따라서 제주 북동과 남서해역은 국가 중요 근해어장으로 근해통발과 자망, 연승(주낙) 등 어업간의 교차조업이 연중 이루어지는 수역으로 국내 상업어장의 해저폐기물의 실태를 파악하는데 좋은 모델 해역이기에 향후 시기별(월별) 해저폐기물 분포밀도를 추가적으로 연구 진행하여 폐기물의 수거·운반 체계 구축 등 해저폐기물 관리정책에 활용할 필요가 있다.

#### IV. 결론

본 연구는 국내 주요 상업어장 해저폐기물 분포실태를 파악하기 위한 연구로, 제주도 북동 및 남서해역에서 2019년부터 6년 동안 저층트롤 조사를 통해 해저폐기물의 종류와 특성, 분포밀도 등을 비교·분석하고 해저폐기물의 발생실태와 어업의 관련성에 대해 고찰하였다. 조사기간 동안 저층트롤의 전체 소해면적 6.3km<sup>2</sup>에서 수집된 해저폐기물은 총 199개였으며 그 중 통발이 가장 많은 135개로 전체의 68%를 차지하였고, 기타 폐기물 25개(13%), 자망그물이 대부분을 차지하는 그물류 15개(8%), 장어통발 11개(5%), 로프류 8개(4%), 연승(주낙) 5개(2%) 순으로 나타났다. 또한 수거된 전체 해저폐기물의 총 중량은 748.9kg이었고 그중 통발어구가 432.6kg으로 전체 중량의 58%를 차지하였고 그물류 211.4kg(29%), 연승(주낙) 48.5kg(6%), 로프류 22.7kg(3%), 기타 폐기물 22kg(3%), 장어통발 8.7kg(1%) 등으로 나타났다.

소해면적을 기준으로 단위면적당(km<sup>2</sup>) 저층트롤에 수거된 해저폐기물의 해역별 중량기준 분포 밀도는 그물류는 229 해구에서 266.7kg/km<sup>2</sup>로 가장 높았고 통발은 223 해구에서 126.32kg/km<sup>2</sup>, 연

송(주낙)은 239 해구에서 64.7kg/km<sup>2</sup>, 기타 폐기물은 229 해구에서 28.3kg/km<sup>2</sup>, 장어통발은 240 해구에서 8.8kg/km<sup>2</sup>, 로프류는 223 해구에서 7.9kg/km<sup>2</sup>으로 가장 높게 나타났다. 또한 해저폐기물의 분포밀도가 가장 높은 시기는 4월로 통발과 연승(주낙)이 각각 200pcs/km<sup>2</sup>, 600kg/km<sup>2</sup>와 12.5pcs/km<sup>2</sup>, 25kg/km<sup>2</sup>으로 가장 높았고, 7월은 그물류와 장어통발이 각각 5.3pcs/km<sup>2</sup>, 227.4kg/km<sup>2</sup>와 10.5pcs/km<sup>2</sup>, 6.3kg/km<sup>2</sup>, 10월은 통발이 38.5pcs/km<sup>2</sup>, 146.2kg/km<sup>2</sup>으로 가장 높은 점유율을 차지하였다.

제주도 주변해역은 장어, 꽃게, 조기, 멸치, 돛류 등을 어획하는 국내 주요 상업어장으로 본 연구의 조사해역인 수심 100m 이상의 제주 북동해역과 수심 70m 이하의 제주 남서(한중 잠정조치수역과 과도수역)해역은 근해 통발과 자망 및 연승(주낙)어업이 연중 활발히 수행되고 있는 해역이다. 따라서 이들 해역에서 수집된 해저폐기물 중 통발, 자망, 연승 등의 폐어구류의 분포밀도가 높은 것은 다수의 관련 어선이 경쟁적으로 조업을 수행함에 따라 어장사고에 의한 유실어구 발생 등 어업과의 높은 상관성에서 그 이유를 찾을 수 있을 것이다.

제주 주변해역 등 국내 근해어업의 주요 어장은 매년 해저폐기물이 적체됨으로써 해양생물의 서식지 훼손에 따른 어업 생산성 저하와 조업 중 어장 사고가 빈번히 발생하게 된다. 해양생물의 서식지 환경개선과 어업의 지속가능성 확보라는 측면에서 국가차원에서 근해 어장의 폐기물 수거해역의 합리적인 장소와 범위 등을 설정하고 해저폐기물의 수거·운반 체계 등의 구축을 통해 근해 상업어장의 해저폐기물 수거사업을 연중 추진할 필요가 있다. 따라서 근해 어장의 해저폐기물의 발생량 절감을 위해 중요 어장에 대한 해저폐기물 발생 정도를 모니터링하고 사용어구의 이력 관리를 위한 어구실명제와 폐어구의 자발적인 회수를 유도하는 어구·부표 보증금제 등을 적극적으로 실행하는 등 어업인의 책임성을 강화하는

노력도 요구된다. 또한 향후 제주 주변해역과 같이 연중 조업이 활발히 수행되는 수역에서 지속적으로 연구가 수행된다면 현재 통발어구에 시행 중인 대상을 폐어구 분포밀도가 높은 자망어구에 확대 적용될 어구 보증금제의 효과를 간접적으로 확인할 수 있을 것으로 판단된다.

## References

- Cha HS, Kang HC and Kim HK(2014). Study on Current Status of Fishing Gear Management and Introduction of Fishing Gear Management and Disposal Act, Korea Legislation Research Institute·Korea Fisheries Infrastructure Promotion Association, 1~189.
- Han TS, Chung SY, Won JH, Kim KW and Han SH(2024). Development of 3D concrete printing technique based on marine waster resource circulation, Magazine of RCR., 19(1), 57~60.  
<https://doi.org/10.14190/MRCR.2024.19.1.057>
- Jeong SB, Lee DI, Cho HS and Kim YJ(2005). Characteristics of Marine Litters Distribution on the Sea-bed of the East China Sea, Journal of the Korean Society for Marine Environmental Engineering, 8(4), 220~226.
- Kang WS(2001). The Methodology for Investigation on Seabed Litters and The Distribution of Seabed Litters in Ports around the Korean Coastline, Journal of the Korean Society for Marine Environmental Engineering, 4(3), 74~80.
- Kim HM and Kim CH(2024). Development of Upcycling Fashion Using Marine Waste - Focusing on Discarded Fishing Nets, urnal of the Korea Fashion & Costume Design Association., 26(2), 73~86.  
<https://doi.org/10.30751/kfcda.2024.26.2.73>
- Kim JH, Kim MS and Kim YB(2007). The Impact of Bottom Debris on the Benthos in Fishing Grounds, Jour Fish. Mar. Sci. Edu., 19(3), 491~501.
- Kim JH, Shin HH, Jang DJ and Kim DJ(2020). Distribution of sea-bed waste in the seas around Jeju and Geomundo. Jour Fish. Mar. Sci. Edu., 32(6), 1666~1675.

- <https://doi.org/10.13000/JFMSE.2020.12.32.6.1666>  
Kim JN, Kang MH and Jo HS(2017). The distribution and composition of seabed litter in the exclusive economic zone of West Sea of South Korea, J Korean Soc Fish Tech., 53(4), 437~445.  
<http://doi.org/10.3796/KSFT.2017.53.4.437>
- Kim MS, Lee JM, Kim JH and Kang IK(2006). Distribution and Composition of Marine Debris on the Sea Bed around the Busan Port. Jour Fish. Mar. Sci. Edu., 18(3), 236~243.
- Kim MS(2010). Distribution of Marine Litters in the Sea Area Between Busan and Jeju Island. Jour. fish. Mar. Sci. Edu., 22(3), 354~361.
- Kim SH, Yang YS, Jeong JH, Song MS, Lee DH, Choi MB, Cha SH, Lee CH and Kim HS(2016b). Verification on the Ghost Fishing by Derelict Fishing Gears through the Tank Experiments, Jour Fish. Mar. Sci. Edu., 28(5), 1258~1265.  
<http://doi.org/10.13000/JFMSE.2016.28.5.1258>
- Kim SH, Park SW and Lee KH(2014a). Fishing performance of environmentally friendly tubular pots made of biodegradable resin (PBS/PBAT) for catching the conger eel *Conger Myriaster*, Fish Sci 80, 887~895.  
<https://doi.org/10.1007/s12562-014-0785-z>
- Kim SK, Kim JH and Park CD(1999). A Study on the Growth and Environmental Development for the Protection-nourishment of Fisheries Resources II. Marine Litter on the Sea-bed of Chinhae Bay, Bull. Korean Soc. Fish. Tech. 35(4), 359~365.  
<http://doi.org/10.13000/JFMSE.2016.28.4.1014>
- Lee YS, Lee YG and Lee TG(2024). A Case Study of Recycled Textile Products Using Ghost Net, Journal of the Korea Fashion & Costume Design Association., 25(2), 295~312.  
<https://doi.org/10.47294/KSBDA.25.2.19>
- MOF & KOEM(2017). Marine debris management annual report, 43~52.
- MOF & KOEM(2020). The first basic plan for marine waste and marine polluted sediment management(2021~2030).
- Woo MS and Kim YB(2022). Distribution Characteristics of Marine Debris in the Northwest Coast of Ulleungdo during 2020-2021, JFMSE., 34(3), 446~457.  
<https://doi.org/10.13000/JFMSE.2022.6.34.3.446>
- 
- Received : 07 January, 2025
  - Revised : 07 February, 2025
  - Accepted : 13 February, 2025