

# 연근해 침적폐기물 모니터링 및 관리방안



이진환 (주)해양기술ENG 대표이사

## 연구의 배경과 목적

연근해 침적폐기물은 주로 어선어업의 활동으로 인한 어망과 어구의 투기 및 손실로 인해 발생된다. 해저에 침적되어 있는 폐기물은 선박의 안전운항을 위협할 뿐 아니라 어패류, 해조류 및 극피류 등 유용수산물 서식공간을 침해하여 산란과 성장 및 생존을 위협한다. 또한 침적폐기물은 관광 경관 훼손과 유령어업 등을 초래하여 어가경제에 피해를 주고 장기적으로 수질을 악화시켜 해양 생태계 변화를 유발할 뿐 아니라 해저 지형과 해수순환 등에 영향을 미쳐 해역 특성 변화를 가져온다.

과거 해양수산부의 ‘해양폐기물 분포파악을 위한 어구실태조사(2011)’ 결과에서 연간 총 어구의 유실량은 90,948톤으로 추정되나 이 중 약 20% 정도만이 수거되고 있는 실정이다. 과거에는 훼손된 어구를 수선해서 재사용하였으나 저렴한 중국산 어구의 보급으로 소모성으로 사용되고 있고, 어획량 감소로 인해 어구 사용량이 꾸준히 증가하여 폐어구가 다량 발생하고 있다.

국내 연근해에는 약 40만 톤의 해양폐기물이 침적된 것으로 추정되고 특히 41개 주요 조업어장 중 침적폐기물이 밀집된 해역에는 약 115,000톤이 방치되어 있는 것으로 조사되었는데, 2006년의 경우 해양폐기물의 연간 발생량은 약 83,000톤에 이르나 수거율은 약 17% 정도에 그쳐 매년 미 수거 폐기물이 누적되어 해양오염을 가중시키고 있는 것으로 나타났다(해양수산부, 2006; 이 등, 2011). 연근해 침적폐기물은 많은 예산이 투입되어 국지적인 조사와 수거사업이 이루어지고 있지만, 우리나라 전반에 걸친 해양폐기물 오염상태에 대한 연구는 미비한 실정이다.

이러한 배경으로 해양환경과 수산자원보호 측면에서 연근해 침적폐기물 분포 파악 및 변화 양상에 대한 분석이 필요하여 ‘연근해 침적폐기물 모니터링’ 연구가 5개년 계획으로 수립되었다. 연근해 침적폐기물 모니터링 계획은 우리나라 연근해를 5개 권역(남해동부권역, 남해서부권역, 동해권역, 서해북부권역, 서해남부권역)으로 구분하여 연차별, 주기별 침적폐기물 실태조사를 실시하고 수거관리정책의 효율성을 극대화하며 장기적으로 국내 연근해 주요어장의 침적폐기물 종합관리체계 구축을 위한 기초자료를 제공하는 것이 주요 목적이다.

## 연구 범위

연근해 해역의 침적폐기물 모니터링을 위하여 조사 소해구별 양방향음파탐사기 조사와 샘플링 조사 등을 실시하고 그 결과를 바탕으로 침적폐기물 성상을 분석하여 소해구별 침적폐기물 추정량을 산정하고 침적폐기물 분포도를 작성하였다. 또한 과거 연근해 침적폐기물 수거사업지 일부를 대상으로 재침적율을 조사하였다. 연근해 침적폐기물 정화관리지표를 산정하여 연근해 침적폐기물 중·장기적 관리방안을 수립하였다. 본 연구에서는 특히 2012년도 남해동부권역과 2013년도의 남해서부권역에 대한 조사 결과를 소개하고자 한다.

## 모니터링 구역의 선정 및 조사방법

남해동부권역 연근해 침적폐기물 모니터링을 위하여 남해동부권역에 해당하는 9개 해구 중 영해 이내의 40개 소해구에서 54개의 대표구역을 선정하였다. 과거 침적폐기물 수거사업이 수행되어 침적폐기물 다량발생해역으로 추정되는 소해구에서는 대표구역 1개소를 추가하고, 소해구별 어획량을 기준으로 2개의 소해구에 대해서는 대표구역 1개소를 추가하여 모니터링을 실시하였다. 남해서부권역 침적폐기물 모니터링을 위하여 7개 해구 중 53개 소해구 내에서 158개의 대표구역을 선정하였다. 각각의 대표구역은 등간격으로 선정하였고 기 사업구역이 포함된 소해구의 경우 사업구역 내에서 대표구역을 선정하였다.

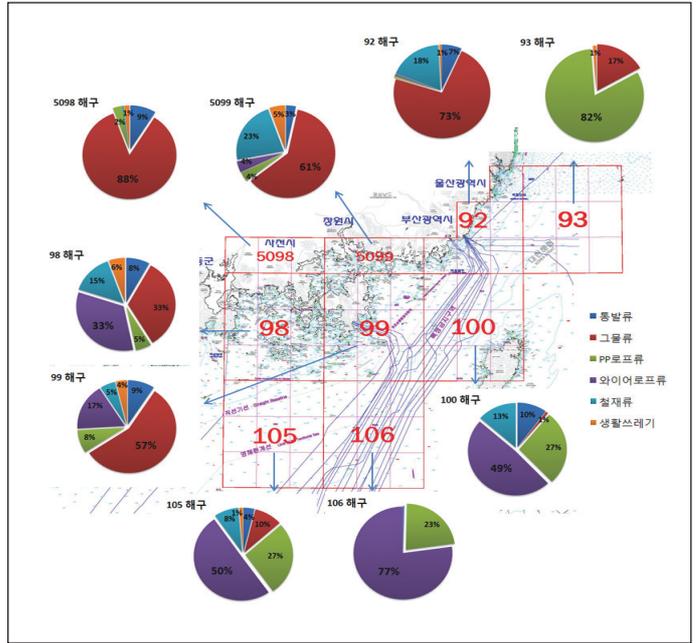
남해동부권역 및 남해서부권역의 소해구 단위의 대표구역에 대한 현장 모니터링을 위하여 양방향음파탐사기 조사와 샘플링 조사를 실시하였다. 양방향음파탐사기에 의한 조사는 해저면의 2차원 영상을 통하여 넓은 면적의 해저면 형상을 정확하게 탐색할 수 있다는 장점이 있는 반면에 소형의 침적폐기물이나 저질 내부에 묻혀있는 수직적인 폐기물의 분포상황은 파악할 수 없다는 단점이 있다. 해저의 저질 내부에 묻혀 있는 폐기물의 분포는 샘플링 조사를 통해서 상호 보완할 수 있다. 샘플링 조사에서 사용된 인양틀은 저질의 형태(니질, 사질, 암질)에 따라 가장 효율적인 조사가 가능한 것으로 선택하여 실시하였다. 조사해역에서 유속이 세고 수심이 깊을 경우, 무게 추와 충분한 로프를 준비해 인양틀이 해저면에 닿아 예인될 수 있도록 하였고 투하한 후 시작점의 위치와 좌표를 확인하여 기록한 후 표본조사를 수행하였다. 조사대상해역에 시설되어 있는 자망 및 통발어구 인공어초 등의 장애물이 없을 경우, 사전에 계획한 조사격자의 대각선 방향으로 일정한 거리를 예인하여 수중에 침적된 해양폐기물이 인양될 수 있도록 하였다. 표본조사 시 사전에 계획된 예인거리에 도달하였거나 수중의 해양폐기물이 인양틀에 견인된 것으로 판단이 되면 예인을 중지하여 선박에 장착된 원치나 롤러 등으로 인양틀을 회수하여 견인된 침적폐기물의 종류, 부피와 무게를 측정하였다. 인양 종료점의 위치, 수심, 인양 폐기물의 종류와 제원 등을 기록하고 GPS를 이용하여 선박의 이동거리를 계산하였다. 남해동부권역과 남해서부권역의 대표구역 표본조사 결과를 토대로 각 소해구에 대한 침적폐기물의 성상을 파악하고 분포량을 추정한 후 인양틀에 인양된 폐기물의 분포양상을 바탕으로 침적폐기물 개략분포도를 작성하였다.

## 모니터링 결과

남해동부권역의 침적폐기물 모니터링 결과, 해구별 인양된 폐기물의 성상은 다음 그림에 나타난 바와

같다.

인양된 폐기물 중 그물류가 우세한 해구는 92, 99, 5089, 5099해구로 나타났고, 와이어로프류가 우세한 해구는 100, 105, 106해구로 나타났다. 육지와 인접한 92, 98, 99, 5098, 5099해구 폐기물은 주로 자망 및 통발 등의 어구류로 어선어업의 투기 및 유실로 인해 폐기물이 다량 발생한 것으로 파악되었다. 98, 99, 5099해구는 육상의 하천이나 편의시설 등과 인접하여 비닐 및 의류 등의 생활쓰레기가 차지하는 비중이 다른 해구에 비해 높은 것으로 나타났다. 상대적으로 육지와 거리가 먼 100, 105, 106해구의 폐기물은 대형 상선이나 트롤선박 등에서 주로 사용하는 굵은 와이어로프나 PP로프 등으로 이루어져 이들 선박으로부터 투기 및 유실된 것으로 추정되었다. 남해서부권역의 침적폐기물의 주요 성상을 보면 어망류, 통발류, PP로프류, 와이어류, 목재류 등이 파악되었다. 통발류와 어망류는 어선어업의 투기 및 유실로 인해 폐기물이 발생된 것으로 추정되며, PP로프와 목재류 등은 남해서부권역에 성행하고 있는 부류식 양식어장과 양식시설물에서 발생하는 폐기물로 추정되었다.



〈그림 1〉 남해동부권역에서 조사된 침적폐기물의 성상별 구분

### 연근해 침적폐기물 정화관리지표 선정

본 연구에서는 연근해 침적폐기물 수거사업을 효율적으로 수행하고 중·장기적 관리체계를 구축하기 위하여 연근해 침적폐기물 정화관리지표 개발하였다. 정화관리지표 도출을 위하여 델파이 조사기법<sup>1)</sup>(Delphi Technique)을 이용하였다.

침적폐기물 정화관리지표의 개발은 크게 두 가지의 목적을 갖는데 첫째, 연근해 조업어장의 침적폐기물 관리를 위한 정화관리지표의 개발과 둘째, 개발된 정화관리지표를 활용한 해구별 투자우선순위를 파악하는 것이다. 본 연구에서 연근해 침적폐기물 관련 정화관리지표 개발을 위한 일차적인 과정으로 질문지 개발을 위한 이론적 근거를 마련할 필요가 있다. 그러나 해양의 침적폐기물 관련 정화관리지표 관련 기존 연구의 내용은 매우 부족한 실정으로 기존의 연근해 침적폐기물 관련 일부 문헌과 선행연구를 통해 주요 관리지표로 사용된 항목을 조사하였다. 기존 선행 연구내용과 내부전문가 자문회의를 통하여 델파이 조사를 위한 해양 침적폐기물 관련 정화관리지표의 집단군을 총 23개로 선정하였다. 선행연구의 주요 추출 지표로는 ①어업유

1) 델파이 조사기법이란 적절한 예측 방법을 찾을 수 없을 때 전문가들의 직관을 동원하여 미래를 예측하는 조사 기법으로 1948년 미국 랜드연구소의 헬머가 위원회, 전문가 토론, 집단결과의 비효율성을 극복하기 위해 국가방위기술 수요예측과 사회기술발전 추세 예측 등 긴급한 국방 및 사회문제에 관한 집단적견 수집 방법으로 연구 개발된 조사기법이다.

형, ②어선규모, ③어업허가건수, ④조업기간, ⑤조업면적, ⑥조업수심, ⑦어획량, ⑧어획물 유형, ⑨폐어구 투기량, ⑩폐어구 처리방법, ⑪폐어구 유실량, ⑫폐어구 유실구역, ⑬인양되는 폐기물량, ⑭생활쓰레기 해상 투기량, ⑮조업해역위치, ⑯친환경어구사용여부, ⑰과거 침적폐기물 수거량 등 17개 항목과, 내부 전문가 자문회의를 통한 추가 지표 ①자망에 의한 어획량, ②통발에 의한 어획량, ③과거 침적폐기물 수거 횟수, ④수거 후 재침적율(모니터링 결과), ⑤단위면적당 폐기물량(모니터링 결과), ⑥해구별 총폐기물량(모니터링 결과) 등 6개 항목이다.

4차례에 걸친 델파이 조사 결과 최종적으로 5개의 연근해 침적폐기물 정화관리지표가 도출되었다. 해구별 총 침적폐기물량을 측정하는 지표들의 단위가 상이하기 때문에 이를 대표할 수 있는 하나의 단위(측정치)로 통합하는 방법론상의 문제를 해결하기 위해 표준화지표분석기법을 사용하였고, 정화관리 우선순위 분석모델은 아래와 같이 개발하였다.



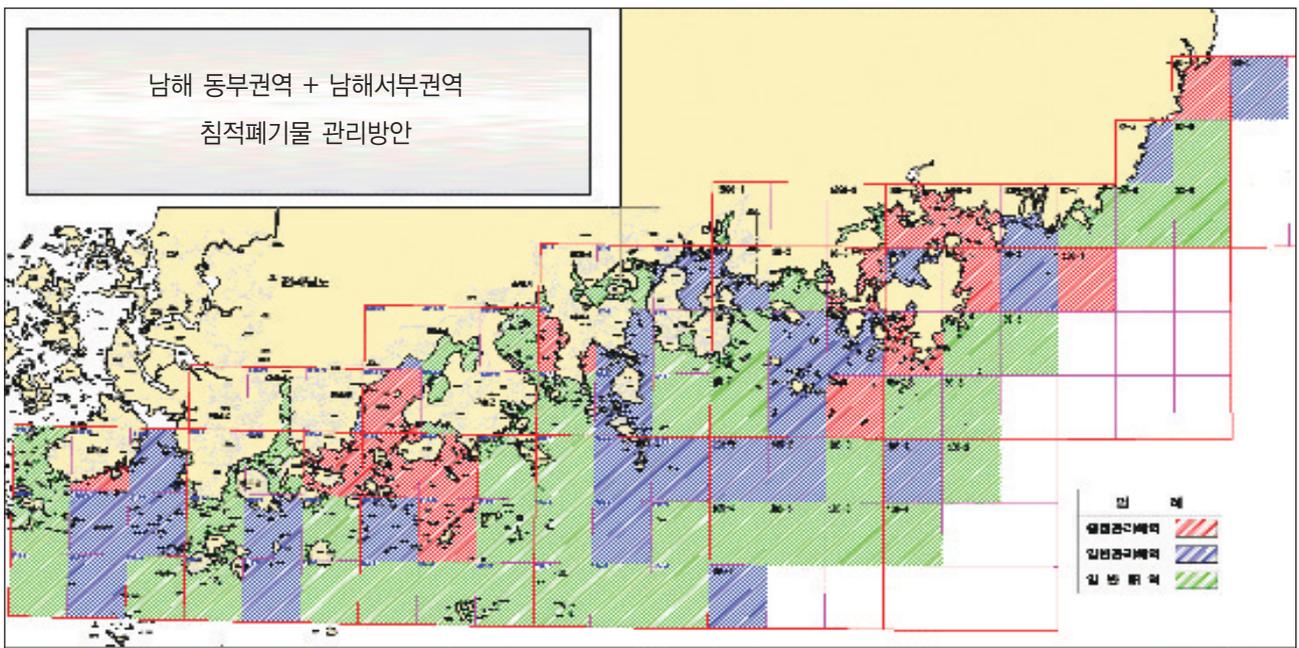
〈그림 2〉 정화관리 우선순위 분석모델

또한 과거 침적폐기물 수거사업 구역에 대한 재침적율을 조사하여 정화관리지표 및 관리방안 구축을 위한 기초자료로 활용하였다. 남해동부권역과 남해서부권역의 재침적율 조사결과는 다음과 같다. 2012년에 연근해 침적폐기물 모니터링이 수행된 남해동부권역의 울산에 위치한 92-3 소해구와 진해~창원 연안에 위치한 5099-8 소해구의 경우, 2011년에 침적폐기물 수거사업이 이루어졌음에도 불구하고 약 78%와 90%의 매우 높은 재침적율 결과가 나타났다. 이는 수거사업이 수행되었음에도 불구하고 상당히 빠른 속도로 폐기물이 재침적되고 있다는 것을 보여주는 것이다. 2013년 연근해 침적폐기물 모니터링이 수행된 남해서부권역의 경우, 2012년 보성군 연근해 침적폐기물 수거사업 시행구역(5214-4, 7 소해구)과 2012년 여수시 연근해 침적폐기물 수거사업 시행구역(97-4 소해구)에서 20% 이상의 재침적율 결과가 나타났다. 여수시 연근해 침적폐기물 수거사업 구역은 수하식 양식어장 인근에 위치하고 있어 양식시설물에서 발생하는 폐기물이 일부 침적된 것으로 모니터링 결과를 통해 파악할 수 있었다. 또한 2013년 장흥군 삼산방조제 해양폐기물 정화사업 시행구역(5213-9, 213-3 소해구)의 경우, 침적폐기물 수거사업이 2013년 6월부터 9월까지 수행되었음에도 10%가 넘는 재침적율을 보여주고 있는데 이는 주변의 김 또는 미역 부류식 양식어장 등의 양식시설물로부터 로프류 등의 폐기물이 지속적으로 발생하여 침적된 것으로 파악되었다. 상기 결과로부터 과거 수거사업이 이루어졌던 구역에는 활발한 어선어업활동 뿐만 아니라 기타 지리·환경적 요인 등 여러 가지 원인으로 인근 해역에 지속적으로 폐기물이 재침적되는 것으로 사료되었다.

### 연근해 침적폐기물 중·장기적 관리방안

본 연구에서는 남해동해권역과 남해서부권역의 연근해 침적폐기물 모니터링 결과 및 과거 연근해 침적폐기물 수거실적 자료 등을 정화관리지표 분석모델에 적용한 결과를 이용하여 연근해 침적폐기물 정화관리

우선순위를 선정하였다. ‘해양폐기물 파악을 위한 어구실태조사(해양수산부, 2011)’의 전문가 및 어업인 대상의 설문조사 결과에서 수거사업 효과가 지속되는 기간은 5년이라는 응답이 가장 많았고, 재 수거사업 시기에 관해서는 3~5년까지라는 응답이 가장 많아 연근해 침적폐기물 수거에 대한 체계적인 관리방안을 마련할 때 3~5년의 주기를 선정하여 관리하는 것이 가장 타당성이 있을 것으로 사료되었다. 따라서 본 연구에서는 중점관리해역은 3년 주기로 수거관리를 실시하고, 일반관리해역은 5년 주기, 일반해역은 10년의 주기로 정화관리주기를 설정하여 연근해 침적폐기물 관리계획안을 제시하였으며 그 결과 남해동부권역 및 남해서부권역의 침적폐기물 관리방안은 다음에 나타난 바와 같다.



〈그림 3〉 남해동부권역+남해서부권역 침적폐기물 관리방안

관리해역별 지리적 분포 특징을 살펴보면 일반적으로 중점관리해역은 섬들이 많이 모여 있는 곳, 만(灣), 기 수거사업이 이루어진 곳이 해당되었고, 일반관리해역은 연안에서 떨어진 큰 섬 주변, 중점관리해역의 인근이거나 접한 해역에 분포하였고, 일반해역은 연안에서 떨어져 인접한 육지나 섬이 드문 해역들이 주로 해당되었다. 현장조사 시 인양된 폐기물의 성상별 분포 특징을 살펴보면 중점관리해역은 그물류의 비율이 60~75%, 통발류가 20~30%로 나타났고, 일반관리해역에서는 그물류, 로프류, 통발류의 침적폐기물이 각 30% 정도로 유사한 비율을 나타내었다. 일반해역에서는 와이어 및 PP로프류가 80~90%로 대다수를 차지하였다.

본 연구 결과로부터 연근해 침적폐기물 분포 및 성상에 대한 권역별 현장 모니터링과 관리체계가 절실히 필요하다는 것을 알 수 있다. 우선 침적폐기물 관리를 위해서는 보다 상세하고 지속적인 모니터링과 우선적으로 중점관리해역에 대한 지수 및 정화관리지표를 통하여 관리해역을 구분하는 것이 필요하다. 그리고 모니터링을 통한 침적폐기물의 분포와 위치를 파악한다면 효율적이고 적극적인 침적폐기물 수거가 가능하며 해양환경개선뿐 아니라 수산자원보호 및 어업인 소득증대 창출을 기대할 수 있을 것으로 사료된다. 