

서남해 주요 도서 연안 어장 침적쓰레기의 분포 실태 조사 및 수거 처리 비용 추정

김선동[†] · 강원수
한국해양과학기술원

Distribution Characteristics and Cost Estimation of Collection and Treatment of Deposited Marine Debris in Coastal Fisheries around the Southwestern Islands of Korea

Seondong Kim[†] and Wonsoo Kang

Korea Institute of Ocean Science & Technology

요 약

본 연구에서는 2007년도에 주요 연안 어장에서 이루어진 해저침적쓰레기 분포 조사 지역 중 왕등도를 포함한 5개 어장에서의 침적쓰레기 조사 결과와 그 수거처리 비용 추정 결과에 대해 소개한다. 주요 대상 해역의 해저면 특성에 따라 침적쓰레기 인양에 적합한 인양틀의 종류를 선택하여 사용하였으며, 관계자들의 자문을 얻어 설정한 조사 대상 어장 구역에 대하여 인양 조사 횟수와 수거된 총 쓰레기량을 고려한 전체 해저 침적쓰레기량을 추산하였다. 그 결과 왕등도 인근 해역에 대해 약 686 kg/km²의 침적쓰레기량을 구할 수 있었다. 각 구역에서의 쓰레기 추정량에 근거하여 수거 및 운반에 필요한 적정 선단 규모를 가정하고, 처리에 이르기까지 소요되는 장비, 인건비 등 제반 경비를 계산한 결과 왕등도의 경우 총 247톤의 추정 해양 침적쓰레기에 대하여 약 39억원의 수거 및 처리 비용을 도출하였다.

Abstract – We surveyed and evaluated quantities and distribution characteristics of debris on the sea floor around active fishing grounds around the islands in the southwest coast of Korea in 2007 where the average depth is below 40m. Proper recovery gears mainly to haul the derelict fishing gears are selected considering the sea bed types of the areas. The collected debris amounts were used to estimate the total amount of the surveyed area. The number of hauls per trial times the amount of the debris was extended to whole sampling area and the weighting factor from the opinion was applied to reach the total amount of marine debris on the floor. The amount of the deposited marine debris around Wangdeung-do area is estimated as about 686 kg/km², and the cost of the collection and treatment for the deposited marine debris is estimated about 3.9 billion KRW after consideration of the proper size of the working ships, labor, transport and treatment cost.

Keywords: Deposited marine debris(해양침적쓰레기), 도서연안(islands), Collection and treatment cost(수거처리비용)

1. 도 입

해양쓰레기는 다양한 근원에서 바다로 유입되고 있으며, 전체적인 양과 유형에 대한 많은 보고가 있어왔다(Galil *et al.* [1995]; Galgani *et al.* [2000]; Lidia and Fischer [2003]; Edyvane *et al.* [2004], Lee *et al.* [2006]; Spengler *et al.* [2008]). 폐어구는 해저 식생에 큰 피해를 입히고, 조류와 해양포유류 등이 쓰레기에 얽매

이는 사고의 주요 원인이기도 하며, 어업인들과 선박에 잠재적인 위험 요소이기도 하다(Brown and Macfadyen [2007]). 폐어구는 연안 환경에 심각한 위협을 입힐 수 있으며, 어업생산량 저하의 가능성도 있는 것으로 보고되었다(Nash [1992]; Baeta, *et al.* [2009]). 나아가 해양쓰레기, 특히 침적폐어구 수거시의 편익에 대해서 논의된 바 있다(Brown *et al.* [2007]; Gilardi *et al.* [2010]). 어업에 활용되는 어망과 기타 어구들의 해양생태계 유해성 여부는 많은 논의를 거쳐 왔다(Jones and Ferrero [1985]; Laist [1987]). 이런 쓰

[†]Corresponding author: kimsd@kiost.ac

레기는 다이버의 안전을 위협하거나(Pruter [1987]; Jones [1994]), 선박의 어로작업과 항행에도 위험요인으로 작용한다(Nash [1992]). 또한 한국 연안에서도 바다에 버려진 폐어구들은 어획량을 감소시키는 것으로 보고되었다(An *et al.* [2001], Kim *et al.* [2010]). 기존의 침적쓰레기에 대한 조사는 진해만에서(Kim *et al.* [1999]), 항만에서(Kang [2001]), 2002~2004년 동중국해에서(Jeong *et al.* [2005]), 그리고 동중국해와 남해에서(Lee *et al.* [2006]) 이루어졌다. 어장을 보호하고 어업 여건을 향상시키기 위해 정부주도로 실시된 침적 해양폐기물 수거사업과 해양환경 조사사업의 현황에 대해 소개하고, 그 연계방안에 대해 검토된 바 있다(Kim *et al.* [2012]).

우리나라에서는 해양쓰레기 관리 문제에 대한 정책이 제안되기 시작하면서(Choi *et al.* [1998]), 정부는 연안 어장의 침적폐기물 수거처리 및 재활용 문제를 해결하기 위한 연구개발에 투자하는 등 여러 해양쓰레기 관리정책을 수행해 오고 있다. 육상 기인 쓰레기가 가장 많지만, 다른 나라에 비교하였을 때 우리나라의 연안은 양식어업등이 아주 활발하여 해상 기인 쓰레기 비율 또한 매우 높은 편이다(Cho [2005]). 쓰레기가 일단 바다로 배출되면 수거하여 육상에서 처리하는 데 많은 비용과 기술적인 어려움이 따른다. 우리나라 연안에 침적된 쓰레기량을 조사하기 위해서는 많은 어장들이 있고, 양식장이 밀집하여 있다는 점을 고려하여야 한다. 이처럼 전체 침적쓰레기 양을 추정하기 위해서는 적절한 표본조사 구역을 선정하고, 침적쓰레기를 수집하여야 한다. 본 연구에서는 우리나라 도서 연안의 어업활동이 활발한 해역을 대상으로 하여 침적해양폐기물 수거사업의 일환으로 2007년도에 조사된 해저 침적쓰레기 분포 조사자료를 분석하였으며, 나아가 수거 처리 비용을 추정하였다.

2. 조사 지역과 방법

사전에 주요 어장 관련 어업인들에게서 해양침적쓰레기에 대한 정보를 수집하였다. 그 결과 침적쓰레기가 많은 곳으로 파악되는 섬 인근 주요 어장에 대해 조사가 이루어졌으며, 그 중 일반적인 특성과 각 어장의 특징이 보이는 서남 해안의 5개 주요 어장에 대해 그 과정을 소개할 것이다. 주요 조사 대상 해역인 왕등도, 영흥도, 자월도, 생일도, 그리고 흑산도의 위치를 Fig. 1에 표시하였다. 각 조사 지역에 대한 자세한 설명은 결과와 토의에서 다뤄질 것이다. 조사 지역의 해저지질 조건을 고려하여 쓰레기 수거에 효율적인 수거장비가 선정되었으며, Fig. 2는 본 연구의 조사를 위해 개발된 수거 장비들이다. Fig. 2의 왼쪽에서부터 각 장비들은 니질, 니질사질, 사질, 암반 성격의 해저 지형에서 침적쓰레기 인양작업을 수행할 때, 걸림이 용이하면서도 잘 빠져나가지 않도록 고안되었다. 수거 작업을 통해 인양된 침적쓰레기의 양을 기반으로 하여 조사된 지역에 대한 침적쓰레기 전체의 양을 추정하였으며, 다음 절에서 자세히 설명할 것이다. 넓은 대상 해역의 해저면을 조사하기 위하여 Side-scan sonar (SSS) 장비를 사용하여 해저면 영상을 확보하였다.

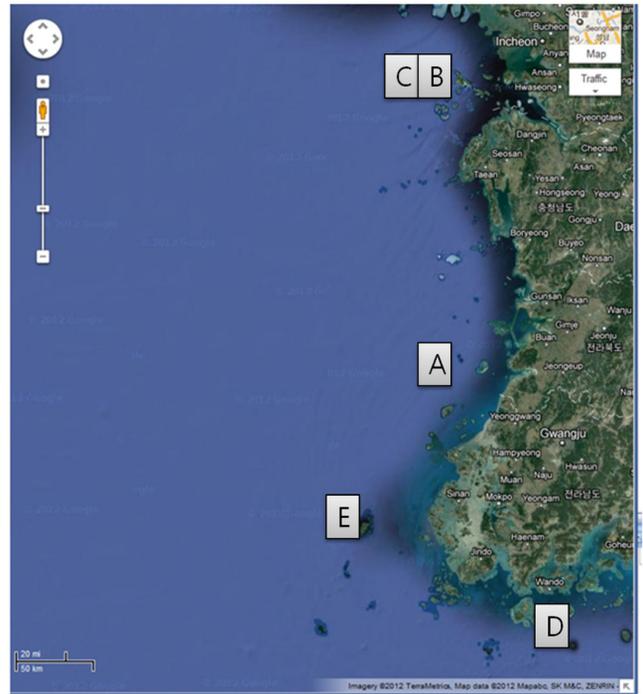


Fig. 1. Surveyed areas for the marine debris depositions in the West Sea of Korea (A) Wangdeung-do, (B) Younghung-do, (C) Jawol-do, (D) Saengil-do, and (E) Heuksan-do.



Fig. 2. The collecting gears used in this survey (from left to right, for mud, muddy sand, sand, and rock sea bed, respectively).

해양쓰레기의 분포 형태 및 위치, 조사 구역 해저면의 지질 상태, 표본조사 영역 표시 및 수심 자료 등을 취득하여 쓰레기량 산정에 참고자료로 활용하였다.

3. 조사 결과 및 토의

3.1 왕등도 해역

지방자치단체와 주변 어장에서 활동을 하는 어업인들에 의하면 왕등도 인근 해역의 어장은 형성 시기가 아주 오래되었으며, 연안 통발어업, 연안자망어업, 복합어업, 소형기선저인망어업 등의 조업 활동이 연평균 약 150일 이상 이루어지고 있고, 조업 중 망실, 투기 등 여러 요인에 의해 많은 어구가 유실된다고 한다(해양수산부 [2008]). 이 해역에서는 조업 중 침하된 어장도 많은 것으로 파악되었으나 당시까지 해양쓰레기 수거처리사업은 한 번도 이루어지지 않았으며, 주로 섬 주변에서 통발 어업 형태의 조업이 이루어지고 있기 때문에 침적쓰레기 또한 섬 인근 해역에 많이 분포하고 있을 것으로 추정된다. 해저 수심은 약 30 m, 해저면은 주로 니질로 이루어져 있으며, 해저침적쓰레기 분포 실태를 표본조사하기 위해 36,000 ha의 해역을 Fig. 3과 같이 선정하였다.

본 해역에서의 조사는 2007년 5월 31일부터 6월 14일까지 이루어졌다. 총 107회의 인양틀 예인작업 중에서 12회에 걸쳐 침적쓰레기가 총 2톤 수거되었으며(Fig. 3의 붉은 점으로 표시된 곳), 통발, 어망, 앵커, 로프 등 다양한 종류의 침적쓰레기가 발견되었다(Fig. 4). 인양틀과 Side-scan sonar로 현장 조사된 면적에서의 수거량을 전체 대상 해역으로 환산하여 약 247톤의 쓰레기가 해저에 침적되어 있는 것으로 추정하였다.

3.2 영흥도 해역

영흥도는 한반도 경기만 입구에 위치한 섬으로서 세계적으로도 조차가 큰 것으로 이름난 곳이다. 이 해역은 황금어장이라 불릴 만큼 연중 통발 조업이 이루어지는 해역으로서, 어업생산량이 아주 높은 곳을 선점하기 위하여 어업 가능 기간 동안 조업을 하고 난 뒤, 어망을 수리하지 않고 투망한 채 내버려두는 등의 사례 보고도 있어 침적 폐어구 발생 가능성이 아주 높다. 해저에서는 통발, 어망 등이 다량 발견되며, 이로 인한 유령어업이 최근의 생산성 감소와 관련되는 것으로 추정하고 있다. 지방자치단체와 관련 해역 어업 종사자들에게 실시한 사전 정보 수집 자료를 기초로 Fig. 5의

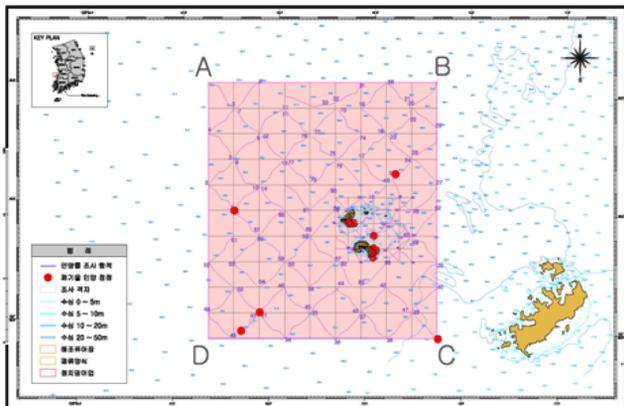


Fig. 3. The trawling tracks of sampling gears around Wangdeung-do.



Fig. 4. Collected derelict fishing gears around Wangdeung-do.

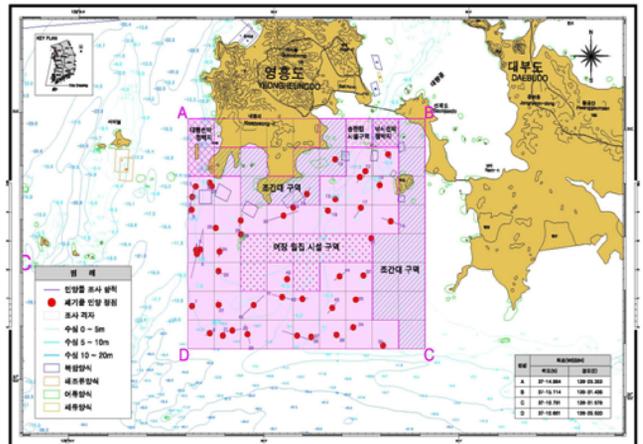


Fig. 5. The trawling tracks of sampling gears around Yeonghung-do.

4,000 ha를 침적쓰레기 분포 조사지역으로 선정하였다.

2007년 5월에 빨 해저면용 인양틀을 이용하여 해저침적쓰레기를 조사하였으며, 이 곳의 평균 수심은 약 20 m 이었다. 다량의 침적쓰레기가 있을 것으로 사전 조사되었던 곳은 어로 작업이 활발하여 접근할 수 없었으며, 그 주변부에서 수거한 쓰레기에는 주로 폐어망과, 와이어, 로프 등이 있었다. 이 해역에서는 총 45회의 수거 시도 중에서 23회에 걸쳐 총 2.5톤의 침적폐기물이 수거되었으며, 이 해역에는 총 174톤의 침적쓰레기가 분포되어 있는 것으로 추정되었다.

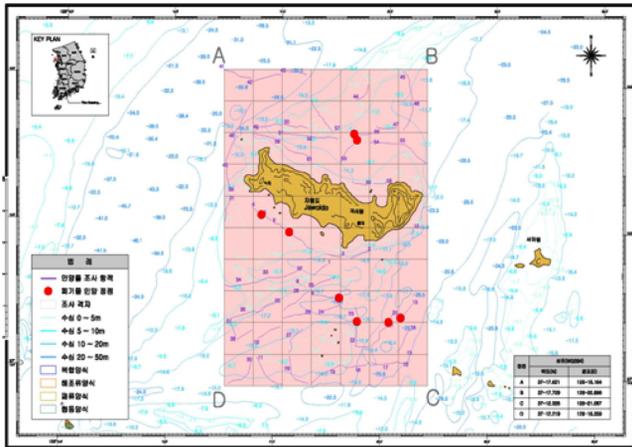


Fig. 6. The trawling tracks of sampling gears around Jawol-do.

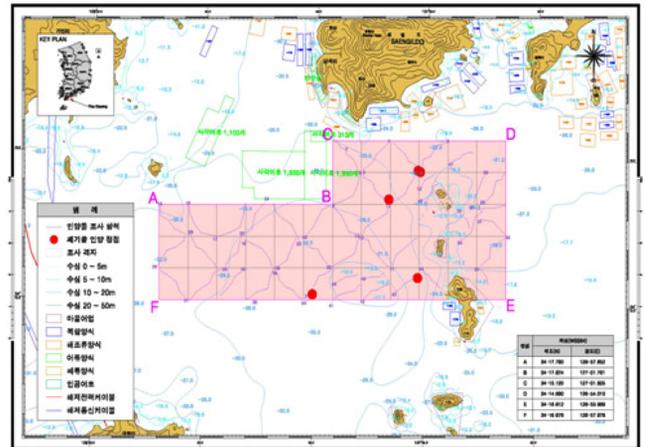


Fig. 7. The trawling tracks of sampling gears around Saeng-il-do.

3.3 자월도 해역

자월도는 경기만 입구의 영흥도 서쪽에 위치한 섬이다. 지방자치단체와 인근 어업인들에 의하면 이 곳은 경기도 전역의 어선들이 와서 통발 조업을 하고 있는 해역으로서 조피볼락, 노래미가 많이 서식해 연승, 통발조업이 활발하게 이루어진다. 자월도 남쪽 해역의 꽃게 산란장이나 자월도 북서쪽의 대초치도 인근 해저에는 굴이 형성되어 있어 상당량의 어구가 조업 중 유실되는 곳으로 알려졌다. 이 의견을 바탕으로 하여 Fig. 6의 5,800 ha의 해역을 침적쓰레기 조사 대상으로 선정하였다.

2007년 5월에 빨 해저면용 장비를 사용하여 침적쓰레기 샘플링을 실시하였다. 평균수심은 약 15 m이고, 조사 당시 섬의 남동쪽, 남서쪽 해역에서는 게 통발어업이 한창이었기 때문에 조사작업이 이루어지지 않았다. 섬의 남쪽 약 3.2 km 해역에는 암초가 있기 때문에 역시 조사가 이루어지지 않았으나 일반적으로 이런 해저지형에는 많은 패어구가 모여 있는 편이다. 수거된 침적쓰레기에는 페로프가 가장 많았으며, 통발과 어망 또한 발견되었다. 이 해역에 대한 조사에서는 61회 작업 중 7회에 걸쳐 약 0.7톤의 침적쓰레기가 수거되었으며, 전체 해역에 대하여 약 31톤 정도의 쓰레기가 침적되어 있을 것으로 추정하였다.

3.4 생일도 해역

생일도는 전라남도 완도군에 위치한 섬으로서 지자체와 어업인의 의견에 따르면, 3월부터 11월에 주로 잡아와 문어를 대상으로 한 복합어구와 통발어구 등이 매년 상당량 유실되고 있다고 한다. 또한, 이 해역에서는 주로 미역, 김, 그리고 전복 양식 등의 어업활동이 주로 이루어졌다. 이에 따라 쓰레기가 다수 침적되어 있을 것으로 예상되는 인근 4,800 ha 면적의 해역을 표본조사 대상으로 선정하였다(Fig. 7).

2007년 5월에 니질 해저용 인양틀을 사용하여 이 해역에 대한 침적쓰레기 조사가 이루어졌으며, 평균 수심은 약 25 m이다. 섬의 남서쪽에 위치하고 있는 인공어초 지역과, 남동쪽에 어로작업이 활발히 이루어지고 있는 해역을 제외하고 조사 작업이 이루어졌다.

수거된 쓰레기 거의 대부분을 통발유형의 어망이 차지하였고 그 외 자망과 로프 등이 발견되었다. 총 49회 인양틀 예인 조사 중 5회 동안 총 1.2톤의 쓰레기가 수거되었다. 이를 바탕으로 하여 생일도 인근 해역에 약 34톤의 해저침적쓰레기가 분포하고 있는 것으로 추정하였다.

3.5 흑산도 해역

흑산도는 한반도 남서쪽 전라남도 신안군에 속하는 섬이며, 대상 해역의 북쪽 지역에서는 전복양식과 사료용 해초 등의 양식이 이루어졌고, 멸치잡이 낚장망어업, 자망, 통발어업이 소규모로 이루어지고 있었다. 그리고 일반적으로 알려진 홍어잡이 주낙어업은 흑산도 내 10척 미만인 것으로 조사되었다. 어업인과 지자체의 의견을 참고하여 Fig. 8의 7,000 ha 영역을 표본조사 구역으로 선정하였다(Fig. 8).

2007년 10월, 11월에 암반용 인양틀을 사용하여 해저침적쓰레기 표본조사를 실시하였으며, 조사 대상 해역의 수심은 약 40m 내외로 인양틀 예인조사시 로프의 길이를 약 150 m로 하여 인양조사를 실시하였다. 흑산도 주변어장 해역의 인양틀 예인조사 경로와 쓰레

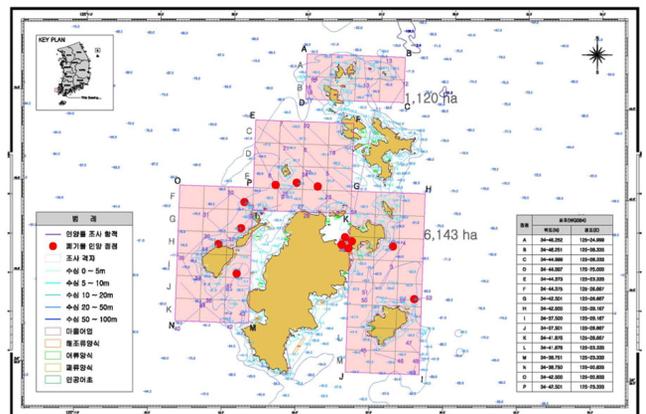


Fig. 8. The trawling tracks of sampling gears around Heuksan-do.

기가 발견된 위치는 Fig. 8에 표시하였다. 그림에서 알 수 있듯이 중앙의 흑산도와 서쪽의 장도, 북쪽의 호장도 주변에서 쓰레기들이 발견되었다. 쓰레기가 발견된 섬 인근을 제외한 해역에서는 추를 매단 낚시줄을 선미에 길게 연결하여 해저면을 끌고 다니는 일명 “끌망” 어업을 하고 있었다. 형망이나 저인망처럼 해저면을 훑어서 조업하는 방식의 어업구역에서는 쓰레기를 발견하기가 어려웠다. 쓰레기의 종류는 로프, 장어통발, 게통발, 가두리용 그물, 쇠파이프 등이 주를 이루었다. 총 54회 인양틀 예인 조사에서 쓰레기가 9회, 총 0.93톤 가량 인양되었고 약 17%의 인양률을 보였다.

흑산도 주변어장 뿐 아니라 예리항 내에서도 인양틀 조사를 실시하였다. 외항은 가두리 양식장과 해군부두로 구성되어 있으며, 내항은 선박이 정박하는 항이다. 인양틀 쓰레기는 강철판, 폐타이어, 저인망로프, 각종 외이어로프류 등 비교적 무게 비중이 높은 쓰레기들이 인양되었다. 총 4회의 인양틀 예인조사를 실시하였고, 인양물량은 0.5톤이며, 4회 모두 인양되어 100%의 인양률을 보였다. 조사자료 분석 결과, 신안군 흑산도 주변어장 해역에는 총 118 ton의 수중 침적 쓰레기가 존재하고 있을 것으로 추정되었다.

3.6 해저 침적쓰레기량 추정 방법 및 결과

해양쓰레기, 특히 폐어구가 다량 침적되어 있을 것으로 예상되는 어장 인근의 쓰레기 분포 조사를 위하여 조업 형태, 기간, 빈도 등의 어업 성격에 대해 어업인과 지방자치단체의 의견을 조사한 결과를 참조하여 현장 조사 구역을 정하고, 선박과 인양틀을 이용하여 침적쓰레기 표본을 수집하였다. 실제 조사된 영역의 면적과 결과를 바탕으로 하여 조사 해역의 단위 구역별 침적쓰레기량을 조사 대상 면적에 곱한 값으로 해당 해역의 쓰레기량을 추정하였다 (Table 1). 그 결과, 왕등도 인근 해역의 해저 침적쓰레기의 양은 686 kg/km²에서 영흥도의 4,350 kg/km²에 이르렀다. 참고로 어장이 아닌 동중국해의 경우 30.6 kg/km²의 해양쓰레기가 조사된 바 있다(Lee *et al.*, 2006). 이 결과는 일차적으로 사전에 어업인과 관계자들의 의견을 종합하여 쓰레기가 다량 침적되어 있을 것으로 예상되는 어장 인근 해역을 조사 대상 해역으로 선정하였기 때문으로 파악된다. 그리고 영흥도와 흑산도 인근 해역에서의 침적쓰레기량이 다량으로 추정되었던 것은 표본조사에서 강철판, 외이어와 같은 무거운 쓰레기들이 인양되었기 때문이기도 하다. 또한 본 표본조사에 사용된 인양틀이 주로 폐어구와 폐어망을 수월하게 인양할 수 있도록 제작되었기 때문에 상대적으로 무거운 쓰레기가 표본에 포함될 가능성이 컸다.

Table 1. Estimated amount of the deposited marine debris

	No. of Trawl	No. of Samples	Amount (tonne)	Area (Ha)	Total Marine debris on the floor (estimated) (ton)	Total Marine debris on the floor (estimated) (kg/km ²)
Wangdeung-do	107	12	2.0	36,000	247	686
Younghung-do	45	23	2.5	4,000	174	4,350
Jawol-do	61	7	0.7	5,800	31	534
Saengil-do	49	5	1.2	4,800	34	708
Heuksan-do	58	13	1.4	7,000	118	1,686

3.7 수거 처리 비용 추정 방법

쓰레기가 다량 침적되어 있을 것으로 사전 조사된 해역에 대하여 쓰레기량을 표본조사를 실시하였다. 이 결과를 바탕으로 하여 대상해역 전체에 대한 수거 방안을 수립하고, 그에 따른 개략적 총 수거처리비용을 산출하였다. 해양쓰레기 수거처리비용은 ‘원가계산에 의한 예정가격 작성준칙’에 의한 공사원가 작성요령에 따라 산출하였다. 먼저 수거된 해양쓰레기는 바다에서 수거, 운반되어 종류에 따라 육상에서 분류된다. 일반적으로 재활용이 가능한 품목은 어업인들이 일차적으로 활용하도록 판매되며, 수익으로 간주되나 이번 추산 과정에서는 제외하였다. 폐목재류, 폐어망, 폐플라스틱 등의 가연성 쓰레기는 폐기물처리업체에 위탁하여 폐기물 처리 규정에 따라 적법한 절차를 거쳐 감독관 인회하에 계량하여 처리하는 것으로 하였다. 쓰레기의 톤당 처리비용은 환경부 고시 제 2009-136호 제40조제4항 및 같은 법 시행령 제21조제2항의 규정에 의하여 ‘방치폐기물처리이행보조금 산출을 위한 폐기물의 종류별 처리단가’에 근거하여 271,000원/톤으로 산정하였다. 노무비는 대한건설협회의 2012년도 하반기 시중노임을 기준으로 하여 회계예규인 ‘원가계산에 의한 예정가격 작성준칙’에서 정한 바에 따라 적용하였다. 제비율은 2012년 하반기 조달청에서 발표한 ‘2012년도 하반기 공사원가계산 제비율 적용기준’을 기본으로 적용하였고, ‘2008년도 해양쓰레기 수거처리사업 집행지침’의 사업비 책정기준에 의해 위탁수수료는 총사업비(순공사원가+일반관리비+부가가치세)의 10%로 적용하였다. 이상과 같은 기준 및 근거에 준하여 조

Table 2. Estimated costs for collection, transport and disposal of the marine debris around the Wangdeung-do area

Item	Cost (1,000 KRW)	Details
Direct materials	1,633,176	Ships, carriage by sea, disposal cost
Direct labor	1,451,289	Labor, insurances
Overhead	816,588	-
Total	3,901,054	

Table 3. Estimated equipment for collection, transport of the deposited marine debris

	Recovery ship (ton)			Tugboat	barge
	100	50	10	-	300
Wangdeung-do	1	1	10	2	2
Younghung-do		2	6	1	1
Jawol-do		1	5	1	1
Saengil-do		1	5	1	1
Heuksan-do	1		3	1	1

Table 4. The estimated amount and disposal cost for deposited marine debris

Surveyed area	Size (ha)	The amount of the marine debris (tonne)	The amount of the marine debris per unit area (kg/ha)	Recovery cost (1,000 KRW)	Recovery cost per area (1,000 KRW/ha)
Wangdeung-do	36,000	247	6.86	3,901,054	108.4
Younghung-do	4,000	174	43.50	792,645	198.2
Jawol-do	5,800	31	5.34	347,206	59.9
Saengil-do	4,800	34	7.08	195,745	40.8
Heuksan -do	7,000	118	16.86	574,830	82.12
Total	57,600	604		5,811,480	

사대상 해역에 대한 해양폐기물 수거처리사업의 개략적 수거처리 사업비를 산정하였다.

왕등도의 경우 어장 부근 해저면 상태, 해상운반 거리, 육상하역 지 등을 고려하여 12척의 작업선, 2척의 예선, 2척의 대선(크레인)로 이루어진 선단을 구성하여, 폐기물처리수거업 등록업체가 사업을 수행하는 것으로 가정하였다. 이에 대한 총 수거처리 비용은 총 39억원 규모로 추정되었다(Table 2).

다른 도서 연안의 조사지역에 대해서도 수거처리비용을 추정하였다. 선단의 규모는 도서의 규모, 위치, 해저면 상태, 그리고 육상까지의 운송거리 등을 고려하여 제안하였다(Table 3). 대상 해역에서의 단위 면적당 처리 비용이 왕등도의 108,400원을 비롯하여 40,800~198,200원에 이르기까지 차이가 많이 나타난 것은 일차적으로 추정 침적쓰레기량의 차이에 기인하며, 그 밖에도 필요한 장비 및 인원량 산정, 작업 기간, 육지까지의 거리, 폐어구의 종류, 어장 유형 등에 따라 다르게 나타났다(Table 4).

4. 토 의

해저에 침적된 쓰레기의 정확한 양을 추정하기는 쉽지 않다. 본 연구에서는 표본조사 대상해역을 선정하여 침적해저쓰레기의 양을 추정하고 그 수거처리비용을 계산하였다. 어업인과 지자체관계자의 의견을 참고하여 침적쓰레기가 많이 있는 것으로 추정되는 도서 연안 주요 어장을 대상으로 표본해역을 선정하고, 선박과 인양틀 등을 이용하여 직접적인 수거 조사는 실시하였다. 본 조사 작업처럼 인양틀 방식으로 얻은 표본결과를 사용하여 해역내 전체 쓰레기량을 추정한 결과에는 오차요인이 많음을 감안하여야 한다. Side-scan sonar를 이용한 쓰레기 분포 밀도의 정성적 조사, 분할격자 방식을 이용한 해저면 조사 등의 조치에도 불구하고 조사 초기의 영역 크기 설정, 선박을 이용한 인양틀 이동과 걸림의 무작위성, 수거되는 쓰레기의 특성 등 불확실한 변수가 많은 조사인 것은 침적쓰레기 조사의 피할 수 없는 특성이다. 폐어구는 단위당 무게가 크기 때문에 수거 성공 여부에 따라 동일 해역 내에서도 전체 쓰레기 추정량의 편차가 커질 수도 있다. 자료의 신뢰도 향상과 신속한 침적쓰레기 분포 특성 파악을 위하여 SSS 등의 장비 활용 결과를 검토하였으나, 정량적인 자료를 추출하는 수준에는 이르지 못하는 것으로 판단되었다. 특히 쓰레기가 니질해저면에 일부나 전부가 파묻혀 있는 경우, 조사영상을 통해서 침적해양쓰레기의 자세한

종류와 규모를 파악하는 것은 쉽지 않았다. 또한 해저면이 암반이거나, 일반적으로 어획량이 많을 것으로 짐작되는 해저 계곡이나 암초가 있는 곳에서는 음영대가 나타나 이미지 분석이 어려운 경우도 있기 때문에, SSS 조사 결과를 일차 자료로 사용하는 것은 적절하지 않는 것으로 판단되었다. 조사 대상 지역 내에서도 폐어구 등이 다량 침적되어 있을 것으로 예상되었던 곳은 오히려 조업 활동이 활발하여 실제 수거 조사를 원활하게 수행하지 못하는 경우도 있었다. 침적쓰레기 수거 처리 비용은 여러 가지 요인에 의해 영향을 받을 수 있음을 확인할 수 있었다.

후 기

본 연구는 국토해양부의 지원하에 한국해양과학기술원에서 수행한 바 있는 “연근해 주요어장에 대한 해양폐기물 분포 및 실태조사(V)”에 근거를 두고 있으며, 3차원 유출유 확산예측 기반 해양유류오염 방제 지원기술 개발에서 연구비 일부를 지원받았습니다. 관련 과제에 참여하신 모든 연구원분들과 정정열박사, 그리고 자료 해석에 조언을 해주신 심사위원 여러분들께 감사드립니다.

참고문헌

- [1] An, Y.I., Park, J.Y. and Jo, H.J., 2001, “Recovery of Lost Fishing Gear in Alaska Pollack Fishing Ground of the East Coast in Korea”, Bull. Korean Soc. Fish. Tech. 37, 9-17.
- [2] Baeta, F., José Costa, M. and Cabral, H., 2009, “Trammel nets’ ghost fishing off the Portuguese central coast”, Fisheries Research 98, 33-39.
- [3] Brown, J. and Macfadyen, G., 2007, “Ghost fishing in European waters: impacts and management responses”, Marine Policy 31, 488-504.
- [4] Cho, D.O., 2005, “Challenges to Marine Debris Management in Korea”, Coastal Management 33, 389-409.
- [5] Choi, D.H. and Choi, J.S., 1998, “Policy Recommendations for the Improvement of Controlling Marine Debris”, Ocean Policy Research 13, 17-54.
- [6] Edyvane, K.S., Dalgetty, A., Hone, P.W., Higham, J.S. and Wace, N.M., 2004, “Long-term marine litter monitoring in the remote Great Australian Bight, South Australia”, Marine Pollution Bulletin 48, 1060-1075.

- [7] Galgani, F., Leaute, J.P., Mogueudet, P., Souplet, A., Verin, Y., Carpentier, A., Goraguer, H., Latrouite, D., Andral, B., Cadiou, Y., Mahe, J.C. and Poulard, J.C., 2000, "Litter on the Sea Floor along European Coasts", *Marine Pollution Bulletin* 40, 516-527.
- [8] Galil, B.S., Golik, A. and Turkay, M., 1995, "Litter at the bottom of the sea: a sea bed survey in the Eastern Mediterranean", *Marine Pollution Bulletin* 30, 22-24.
- [9] Gilardi, K.V.K., Carlson-Bremer, D., June, A.J. Antonelis, K., Broadhurst, G. and Cowan, T., 2010, "Marine species mortality in derelict fishing nets in Puget Sound, WA and the cost/benefits of derelict net removal", *Marine Pollution Bulletin* 60, 376-382.
- [10] Jeong, S.B., Lee, D.I., Cho, H.S. and Kim, Y.J., 2005, "Characteristics of Marine Litters Distribution on the Sea-bed of the East China Sea", *J. Kor. Soc. Mar. Environ. Eng.* 8, 220-226.
- [11] Jones, L.L. and Ferrero, R.C., 1985, "Observations of net debris and associated entanglements in the North Pacific Ocean and Bering Sea", 1978-1984, In: Shomura, R.S., Yoshida, O. (Eds.), *Proceedings of the Workshop on the Fate and Impact of Marine Debris*, 27-29 November 1984, Honolulu, HI. US Department of Commerce, pp. 193-196 (NOAA Technical Memo: NMFS, NOAA-TM-NMFS-SWFSC-54).
- [12] Jones, M.M., 1995, "Fishing Debris in the Australian Marine Environment", *Marine Pollution Bulletin* 30, 25-33.
- [13] Kang, W.S., 2001, "The Methodology for Investigation on Seabed Litters and the Distribution of Seabed Litters in Ports around the Korea Coastline", *J. Kor. Soc. Mar. Environ. Eng.* 4, 74-80.
- [14] Kim, B.Y., Seo, D.O., Choi, C.M., Lee, C.H., Chang, D.S., Oh, T.Y., Kim, Y.T., Kim, Y.H. and Kim, J.N., 2010, "Characteristics of lost fishing gear distribution on the sea bed around gillnet fishing ground for yellow croaker in the near sea of Jeju, Korea", *J. Kor. Soc. Fish. Tech.* 46, 441-448.
- [15] Kim, J.H., Jang, C.H. and Kim, G.T., 2012, "Study on Linking a Submerged Marine Litter Collection Project to a Marine Environment and Resources Investigation Project", *J. Kor. Soc. Mar. Environ. Eng.* 15, 54-65.
- [16] Kim, S.K., Kim, J.H. and Park, C.D., 1999, "A Study on the Growth and Environmental Development for the Protection-nourishment of Fisheries Resources 2. Marine Litter on the Sea-bed of Chinhae Bay", *J. Kor. Soc. Fish. Tech.* 35, 359-365.
- [17] Laist, D.W., 1987, "Overview of the biological effects of lost and discarded plastic debris in the marine environment", *Marine Pollution Bulletin* 18, 319-326.
- [18] Lee, D.I., Cho, H.S. and Jeong, S.B., 2006, "Distribution characteristics of marine litter on the sea bed of the East China Sea and the South Sea of Korea", *Estuarine Coastal and Shelf Science* 70, 187-194.
- [19] Lidia, S.I. and Fischer, D.W., 2003, "Quantification and classification of marine litter on the municipal beach of Ensenada, Baja California, Mexico", *Marine Pollution Bulletin* 46, 132-138.
- [20] Ministry of Maritime Affairs & Fisheries, 2008, "Research on the Distribution and State of the Marine Litter around Major Fishing Grounds in Littoral Sea(V)", Report, 40.
- [21] Mordecai, G., Tyler, P.A., Masson, D.G. and Huvenne, V.A.I., 2011, "Litter in submarine canyons off the west coast of Portugal", *Deep-Sea Research II* 58, 2489-2496.
- [22] Nash, A.D., 1992, "Impacts of marine debris on subsistence fishermen", *Marine Pollution Bulletin* 24, 150-156.
- [23] Pruter, A.T., 1987, "Sources, quantities and distribution of persistent plastics in the marine environment", *Marine Pollution Bulletin* 18, 305-310.
- [24] Spengler, A. and Costa, M.F., 2008, "Methods applied in studies of benthic marine debris", *Marine Pollution Bulletin* 56, 226-230.

2012년 10월 24일 원고접수

2012년 11월 5일 심사수정일자

2012년 11월 20일 게재확정일자