인공어초 단지 주변 해양쓰레기 피해 시민모니터링과 수중 레저활동 접목 방안

How to apply citizen monitoring of marine debris damage around artificial reefs to scuba diving activities[1)]

우민수* · 임세한** · 박요섭*** · 홍선욱**** · 김혜진 · 곽태진*****
Woo, Minsu · Lim, Sehan · Park, Yoseop · Hong, Sunwook · Kim, Haejin · Kwak, Taejin

목 차

Ⅰ. 서 론
Ⅱ. 연구 방법
Ⅲ. 결과 및 고찰
Ⅳ. 요약 및 결론

Abstract: As one of the 'Marine Leisure Tourism Revitalization Measur es' announced by the Ministry of Oceans and Fisheries in 2019, underwate r areas with excellent scenery, including artificial reefs, have been designat ed and operated as scuba diving points. However, the original function of reefs is occasionally lost due to marine debris such as abandoned fishing gears, and derelict gears continue a vicious cycle of ghost fishing. Currentl y, the marine debris collection project is being carried out mainly by local

* 제1저자, 한국해양과학기술원 울릉도 · 독도해양연구기지 연구원
woominsu@kiost.ac.kr
** 제2저자, 대학민국 해군사관학교 해양학과 교수
*** 제3저자, 한국해양과학기술원 해양로봇실증센터 책임기술원
**** 제4저자, (사)동아시아 바다공동체 오션 대표
***** 교신저자, 해양탐사그룹 팀부스터 대표(곽태진) 및 팀원(김혜진)
※ 사전 연구는 KT&G의 후원으로 2021-2022년 해양생태계 보호 프로젝트에서 수행되었음.
※ 이 연구는 한국해양수산개발원(KMI)의 「2022년 우리바다 현장연구 지원사업」으로 진행되었음.

governments, and the integrated data on the management of artificial reefs are insufficient. In addition, scientific data such as the types and cause of marine debris are also lacking. Due to the spatial and temporal characteristics of the ocean, it is virtually impossible to investigate all areas with a small number of people. Recently, along with the increase in the population of marine leisure sports such as scuba diving, public awareness about environmental protection is increasing, and people tend to be directly involved in marine environmental protection activities. However, the current population of domestic marine leisure sports has a high frequency of one-time simple experiences and a high demand for diving tour abroad. The UDS (Underwater Debris Survey), a method of surveying the density of debris deposited or sunken on the sea bottom can give scuba divers a role as citizen scientists by investigating pollution levels around artificial reefs and various marine ecosystems. It is expected that it will be a cost-effective alternative to the effectiveness and management of artificial reefs through the connection of professional researchers and scuba divers as citizen scientists.

Key words: Artificial reef, Citizen science, Scuba diver, Marine debris

Ⅰ. 서 론

인공어초는 '대상 해양생물을 정착시키거나 끌어모으고, 그에 대한 보호와 배양을 목적으로 해저나 해중에 시설하는 인공구조물로서, 해양생물의 서식환경과 특성을 활용한 대표적인 수산자원 조성 방법'이다[1]. 한국수산자원공단의 2020년 인공어초 설치통계에 따르면 1971년부터 2020년까지 우리나라 연안역의 면적 230,821ha에 1,435,618개의 인공어초가 설치되었고, 인공어초 시설사업 사후관리에 따라 조성 이후 2~3년 안에 효과에

1) https://www.fira.or.kr/newgis/intro/afr01.do

대한 해역의 정보, 위치, 어초의 상태, 서식 생물 현황, 폐기물 정보 등의 조사를 재실시하게 되어있다. 그러나 오래 전에 시설된 인공어초의 경우 어업활동 등에 의해 원래의 위치나 상태를 유지하지 못하고, 조업하는 그물에 걸려 고유의 기능을 상실하는 사례가 빈번히 제기되어 왔다. 인공어초의 순기능 상실을 복원하기 위하여 사후관리의 중요성이 부각되고 있다.[2] 또한 해양수산부(2019)는 '해양레저관광 활성화 대책' 중 수중레저산업 활성화 방안으로, 수중 환경과 개발 여건이 우수한 강원도 고성과 제주 2개소에 인공어초 등의 시설 조성[3]을 지원하기도 하였다. 국내 수중 레저 인구는 매년 급증하고 있으며, 스쿠버다이빙 역시 우리나라 동해와 남해를 중심으로 많은 사람이 즐기는 대표적인 해양레저 스포츠로 자리매김하였다. 수중작살, 해루질 등을 즐겼던 예전의 스쿠버다이빙에서 최근에는 소형 액션카메라 및 다양한 수중카메라의 보급으로 수중촬영을 하는 스쿠버다이버가 많아지고 있으며 아름다운 수중경관뿐 아니라 해양쓰레기로 인해 피해받는 수중생태계의 모습도 소셜네트워크서비스를 통해 확산되고 있다. 일반 대중이 과학연구활동에 참여하여 과학자들과 함께 자료를 수집하고 결과를 도출하는 시민과학(citizen science)의 활동도 증가하고 있다[4]. 해양쓰레기 분야에서는 최근 스쿠버다이버들이 기록한 수중 해양쓰레기 생물피해 사례들을 모아 분석한 결과가 책자로 발행되기도 하였다.[5] 또한 시민과학은 환경문제 해결 및 생태계 보전을 위한 수단으로 더욱 활발하게 적용되고 있어 그 잠재력 역시 증가할 전망이다.[6]

곽태진 등(2022)은 인공어초 주변에 폐어구가 걸려 어초가 제 기능을 하지 못하고 유령어업의 원인이 되는 현장을 보고하였다. 바다 밑에 설치해 두고

---

2) 이성일 · 안승환 · 김동선. 2005. 「인공어초 사후관리 현황과 발전방향」. 『한국환경안전학회』, pp. 139-141.

3) 해양수산부. 2019.「해양레저관광 활성화 대책」. pp. 28

4) 고재경 · 예민지. 2020.「환경문제 해결을 위한 국내 시민과학 유형과 특성 연구」. 『환경정책』, 제28권 제4호, pp. 181-213.

5) 곽태진, 김혜진, 강경빈, 이혜은, 양기영, 김현만, 정희남, 홍선욱, 임세한, 2021. 해양쓰레기 생물피해 사례집 2: 스쿠버다이버가 수집한 증거를 중심으로, (사)동아시아바다공동체 오션, pp. 147

6) 4)와 동일

계속 효과를 모니터링하지 못하면 언제 어초의 기능이 사라지고 순기능 대신 피해 유발 원인이 될지 알 수 없는 상황이다. 대부분의 어구가 내구성이 강한 플라스틱으로 만들어지고 해양생물을 잘 잡기 위한 형태로 제작되어 설치되므로 수거되지 않는 폐어구는 죽음의 덫으로 바다에 영원히 남게 된다. 폐어구에 포획되는 해양생물 중 90% 이상이 수산업에서 상업적으로 가치를 가지는 종들이라는 보고도 있다[7].

해안쓰레기는 체계화된 조사 방법들이 널리 사용되는 반면 해저의 쓰레기에 대해서는 조사 방법론에 대한 논의가 매우 제한적이다[8]. 버려지거나 유실된 폐어구들의 실태는 정확하게 파악하기도 어렵고, 깊은 바닷속 쓰레기를 수거하는 데에는 인력이나 비용 측면에서 상당한 대가를 치러야만 한다.[9] 전문 다이버를 이용한 모니터링은 기회비용이 매우 크고, 조사범위 또한 한정적일 수 밖에 없다. 그러나, 국내 20만명 이상 활동하는 레크레이션 잠수사가 일정한 교육을 받고 모니터링에 참여하면 크라우드 소싱(crowd sourcing)[10]의 형태로 시공간적 모니터링 자료의 밀도가 높아질 것이다.

이 연구는 어초의 실태를 전문가들에 의한 재조사에만 맡기지 말고 어초 주변으로 몰려드는 어류와 생물상을 관찰하기 위해 비정기적으로 어초를 방문하는 수중 다이버들의 레저 활동을 접목하는 방안을 찾기 위한 것이다. 수중 18개 정점에서 조사를 실시하고 방법을 비교하여 보다 과학적인 자료를 시민과학자들의 참여로 도출할 방법을 모색하였다.

---

7) WWF, 2020.「Stop ghost gear: The most deadly form of marine plastic debris」

8) GESAMP. (2019). Guidelines or the monitoring and assessment of plastic litter and microplastics in the ocean (Kershaw P. J., Turra A. and Galgani F. editors), (IMO/FAO/UNESCO-IOC/UNIDO/WMO/IAEA/UN/UNEP/UNDP/ISA Joint Group of Experts on the Scientific Aspects of Marine Environmental Protection.

9) 김선동, 강원수. (2012) 서남해 주요 도서 연안 어장 침적쓰레기의 분포 실태 조사 및 수거처리 비용 추정. 한국해양환경공학회지, Vol 15(4), pp. 330-336.

10) 크라우드 소싱(crowd sourcing)은 '대중(crowd)'과 '외부 자원 활용(outsourcing)'의 합성어로, 전문가 대신 비전문가인 고객과 대중에게 문제의 해결책 마련에 참여하게 하는 과정이다. 네이버 지식백과

Ⅱ. 연구 방법

기존 인공어초에서 발견된 해양쓰레기 피해 사례를 수집하고, 조사대상지역을 선정한 뒤 3가지 방법을 시범으로 적용해 보았다.

1. 인공어초 해양쓰레기 피해 사례

인공어초의 해양쓰레기 피해 기록을 곽태진 등(2022)에서 추출하였고, 해양탐사그룹 팀부스터(Team Booster)의 자체 활동을 통해서 수집된 자료를 간추려 표-1로 목록화 하였다. 그림-1은 표-1의 사례번호의 현장 사진으로서 해양쓰레기로 인하여 본래의 기능인 해양생물의 서식환경 제공을 하지 못하고 유령어업이 일어나 수산자원 조성에 악영향을 미치는 모습을 생생하게 보여준다.

곽태진 등(2022)은 해양쓰레기 피해가 발견된 사례들의 해저 지형 유형을 분류해 본 결과, 암반에서 가장 많은 피해가 발견되었고 다음으로 인공어초가 많음을 보여준 바 있다(암반 65.1%, 인공어초에서 16.3%, 모래지형에서 16.3%와 테트라포트 2.3%). 이것은 해양생물들의 피해가 발견된 사례만을 수집 분석한 것이어서, 실제 인공어초만을 대상으로 한다면 더 많은 피해 사례가 분포할 것으로 예상된다.

▌표-1. 인공어초 피해 사례▐

사례 번호	지역	위치	피해 쓰레기
1	강원도 강릉시 영진리	37° 52’02.7“N 128° 51’47.9“E	폐어구
2	강원도 고성군 봉포리	38° 15’32.5“N 128° 35’49.2“E	폐어구
3	강원도 양양군 주청리	38° 07’31.6“N 128° 38’51.7“E	폐어구
4	강원도 양양군 주청리	38° 07’29.1“N 128° 38’52.6“E	폐어구
5	강원도 양양군 남애리	37° 56’35.1“N 128° 48’56.2“E	폐어구
6	전라남도 여수시 거문도	34° 01’14.5“N 127° 18’39.2“E	폐어구
7	강원도 양양군 남애리	37° 56’37.6“N 128° 48’56.6“E	폐어구
8	강원도 고성군 문암진리	38° 17’48.5“N 128° 33’02.0“E	패기물
9	강원도 고성군 문암진리	38° 16’50.6“N 128° 34’16.3“E	폐어구
10	강원도 고성군 아야진	38° 16’50.6“N 128° 34’16.3“E	생활쓰레기

자료: 사례번호 1-7: 곽태진 등(2022); 사례번호 8-10: 해양탐사그룹 팀부스터 자체 수집

▌그림-1. 인공어초 해양쓰레기 피해사례▐



(a) 사례번호1 자료:김혜진



(b) 사례번호2 자료:곽태진



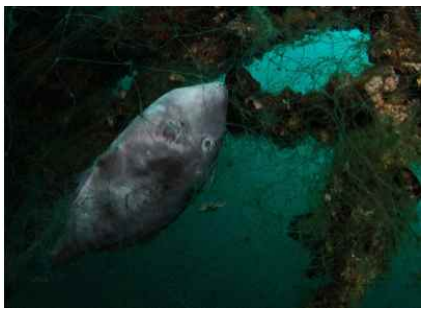
(c) 사례번호3 자료:김현덕



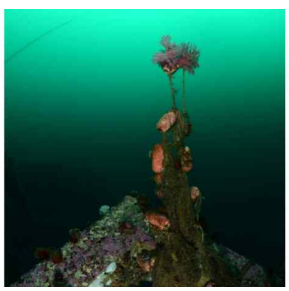
(d) 사례번호4 자료:김혜진



(e) 사례번호5 자료:김혜진



(f) 사례번호6 자료:김현덕



(g) 사례번호7 자료:김혜진



(h) 사례번호8 자료:곽태진



(i) 사례번호9 자료:곽태진



(j) 사례번호10 자료:김혜진

2. 조사 방법

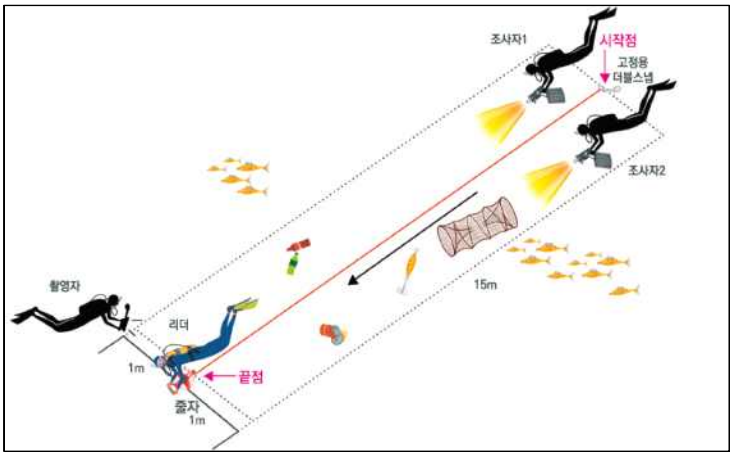
연구진은 이번 연구에 3가지 방법을 적용해 보았다. 첫 번째는 수중 쓰레기 조사 방법인데, 호주에 기반을 둔 해양생물 모니터링 프로그램인 RLS(Reef Life Survey)[11] 방법과 해양 플라스틱 쓰레기 모니터링 및 평가지침(GESAMP)[12]을 기초로 하여 자체 고안한 것으로 여기서는 '수중 침전물 밀도조사(UDS, Underwater Debris Survey)'로 명명한다[13].

이 방법은 줄자 또는 15m 로프, 시작점 고정용 더블스냅(double snap), 침적물 수거용 망, 신호용 수중조명 및 수중칼(또는 수중가위)의 장비를 이용하여 4명의 스쿠버다이버가 한 팀이 되어 조사한다. 수중 조사팀은 그림-2와 같이 캡틴, 조사자 2명, 카메라맨으로 역할을 분담하고 캡틴은 더블스냅을 이용하여 기준점을 고정한 후 줄자를 이용, 기준선(15m x 2m)을 설치한다. 기준선 설치 후 조사자는 기준선을 중심으로 1m 내에서 유영하며 수중 쓰레기를 수거하고, 카메라맨은 자료용 사진 및 활동사진을 촬영한다. $30m^2$ 범위 내의 쓰레기만 수거해 쓰레기를 확인한다. 수거한 쓰레기는 육지로

11) 호주에 기반을 둔 스쿠버다이버들이 전 세계 암반와 산호초의 생물 다양성에 대한 표준화된 시각적 수중 조사를 수행하는 비영리 시민과학 프로그램. reeflifesurvey.com
12) GESAMP: The Joint Group of Experts on the Scientific Aspects of Marine Environmental Protection, UN시스템 과학전문가 자문기구
13) 곽태진, 이종수, 김유라, 강경빈, 2021. UDS(Underwater Debris Survey)-수중 침전물 밀도 조사방법, 해양탐사그룹 팀부스터(Team Booster), (사)동아시아공동체 오션

가지고 나와서 1) 생활쓰레기, 2) 어업 및 낚시쓰레기, 3) 외국기인 쓰레기로 크게 구분한 뒤 다시 각 분류마다 재질에 따라 플라스틱, 금속, 유리 등으로 분류하고 다시 38종으로 구분한다. 기존의 해안쓰레기 분류와의 차이점은 낚시쓰레기를 상세히 구분하고 있다는 점이다. 이 방법에 따라 조사면적당 쓰레기의 종류와 개수, 무게를 기록한다.

▌그림-2. 수중 쓰레기 밀도 조사방법(UDS) 개념도와 실제 수행 모습▐



(a) UDS 조사 개념도(자료: 다이버를 위한 수중정화활동 매뉴얼 (2) 스쿠버 조사 가이드)



(b) UDS 방법 적용 면적 설정 모습
자료: 해양탐사그룹 팀부스터 곽태진



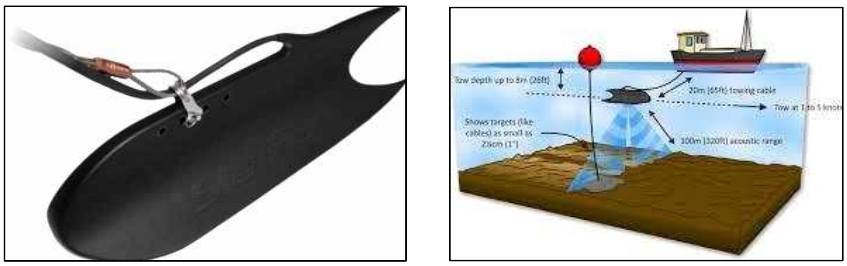
(c) 30m^2에서 수거한 수중 쓰레기

두 번째는 레저 스쿠버다이버가 인공어초 다이빙 포인트에 입수하여 어초시설에 걸려있거나 어초 주변 또는 해저면에 침적되어 있는 해양쓰레기를 근접 촬영하고 일부 또는 전부를 수거하는 방법으로 특별한 지침 없이 수행할

수 있는 가장 일반적인 방법이다. 여기서 얻을 수 있는 정보는 수중 사진, 날짜, 위치정보, 수심, 수온 등이다. 일반 수중촬영 방법(CUP, Common Underwater Photography)이라 부른다.

세 번째는 수중 쓰레기 파악에 흔히 사용되는 양방향 음파탐사기(SSS, Side Scan Sonar)를 이용한 탐색 방법이다. 양방향 음파탐사기(Side Scan Sonar)는 수중물체나 해저면의 형태를 영상화하기에 매우 효과적이어서 특정한 목표물을 찾는 데 유용하다.[14] 특히 인공어초의 경우 자연적인 암반이나 지형과 다르게 특징적인 형태를 가지고 있어 이 장비를 이용하여 인공어초의 위치 및 상태를 파악할 수 있다. 장비는 그림-3과 같이 Tritech사의 StarFish 450F(450 kHz)를 이용하였고, 이를 통해 식별된 인공어초지역을 스쿠버다이빙과 병행하여 수중촬영(CUP)을 실시하였다.

▌그림-3. 조사에 사용된 양방향 음파탐사기(Side Scan Sonar)▐



(a) Tritech　　(b) 작업모식도

3. 조사 지역 및 조사대상 어초 선정

스쿠버다이버들이 짧은 기간 동안 한두 번의 다이빙으로 인공어초의 실태를 파악하기에 한계가 있기 때문에 연구기간 이전에 실시한 자체 조사까지 포함하였다. 조사 지역은 총 18개 정점인데 UDS 방법을 적용하여 사전 조사한

14) 신성렬 · 임민혁 · 장원일 · 임종세 · 윤지호 · 이성민. 2009.「인공어초지역에 대한 사이드스캔소나와 SBP 탐사 자료 처리」.『지구물리와 물리탐사』, Vol. 12 No. 2, pp. 192-198.

정점(표-2) 13곳과 본 조사 정점 5곳으로 구성되어 있다. 인공어초를 대상으로 3가지 방법을 적용한 정점은 총 4곳으로 사전 조사 1곳, 본 조사 3곳이며 표-3에 별도로 표시하였다.

인공어초 단지는 시설시 어초 설치의 목적, 어초의 형태, 수량, 시설 면적 등의 정보를 지자체나 설치기관에서 공개하는 자료를 통해 어느 정도 확인할 수 있다. 국내에 설치된 인공어초 단지 중 스쿠버다이버가 레저의 목적으로 자주 방문하며 인공어초를 다이빙 포인트로 이용하는 곳을 대상으로 하였다. 강원도 양양군, 경상북도 울릉군 그리고 제주특별자치도 서귀포시를 조사 대상 지역으로 선정하였고, 다이빙 리조트의 인터뷰를 통해 각 지역에 설치된 인공어초 중 4개의 단지를 선정하여 조사하였다(표-3, 그림-2). 양양군은 어류용 어초인 그림-3(a)의 사각형 어초와 그림-3(b)의 반원가지형 어초가 단지를 이루고 있었고, 울릉군은 그림-3(a)의 어류용 사각형 어초 단지가 시공되어 있었다. 제주특별자치도 서귀포시에 설치된 인공어초의 경우 그림-3(c)의 해조류 착생이 유리하고 내부에 초식성 패류 및 어류의 서식장 용도로 개발된 정삼각뿔형 어초가 시공되어 있었다.

▌표-2. 총 조사 정점 시기와 지역 및 조사 방법▐

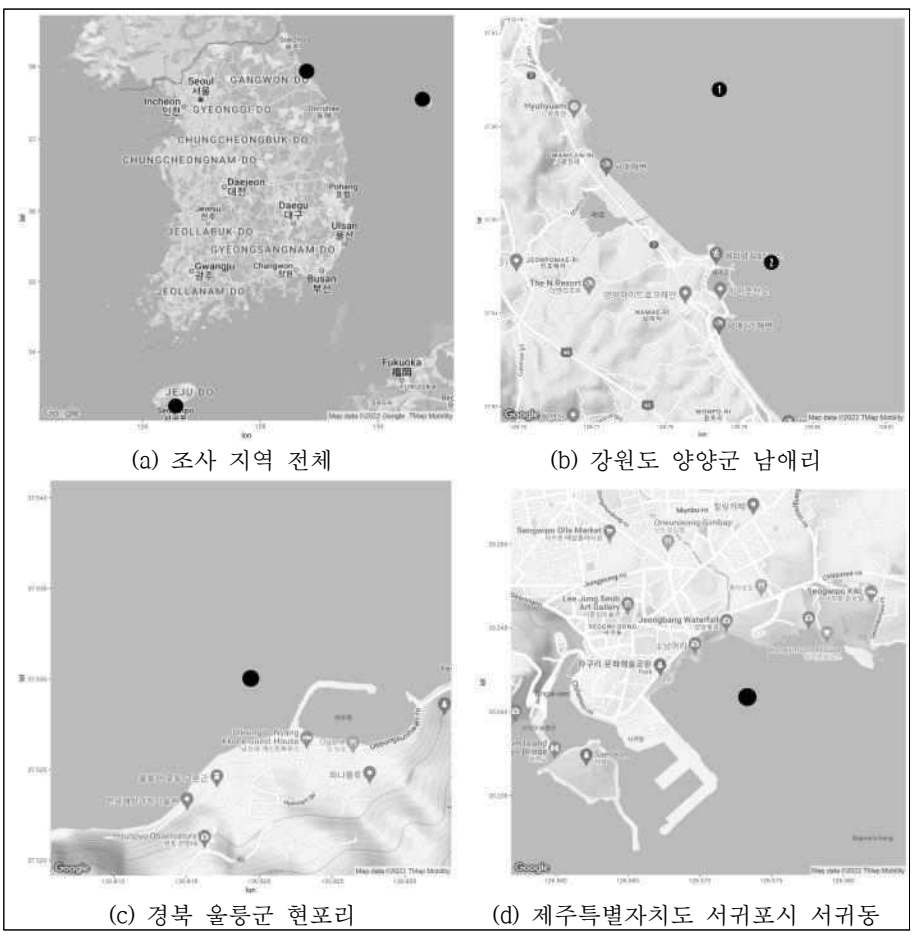
조사 시기	지역	조사 방법
2020-11-1	강원도 양양군* 남애리1	수중촬영(CUP)
2021-10-9	경남 남해 갈도1	수중 침전물 밀도조사(UDS)
2021-10-9	경남 남해 갈도2	수중 침전물 밀도조사(UDS)
2021-10-9	경남 남해 갈도3	수중 침전물 밀도조사(UDS)
2021-10-10	경남 남해 세존도1	수중 침전물 밀도조사(UDS)
2021-10-10	경남 남해 세존도2	수중 침전물 밀도조사(UDS)
2022-4-30	제주특별자치도* 서귀포시 서귀동	양방향 음파탐사기(SSS), 수중촬영(CUP)
2022-5-22	부산 형제섬1	수중 침전물 밀도조사(UDS)
2022-5-22	부산 형제섬2	수중 침전물 밀도조사(UDS)
2022-5-22	부산 남형제섬1	수중 침전물 밀도조사(UDS)
2022-5-23	부산 남형제섬2	수중 침전물 밀도조사(UDS)
2022-5-23	부산 나무섬1	수중 침전물 밀도조사(UDS)
2022-5-23	부산 나무섬2	수중 침전물 밀도조사(UDS)
2022-6-25	강원도 양양군 남애리2*	수중촬영(CUP), 수중 침전물 밀도조사(UDS)
2022-8-7	경남 통영 홍도1	수중 침전물 밀도조사(UDS)
2022-8-7	경남 통영 홍도2	수중 침전물 밀도조사(UDS)
2022-8-8	경남 통영 국도	수중 침전물 밀도조사(UDS)
2022-9-13	경상북도 울릉군 현포리*	수중촬영(CUP), 수중 침전물 밀도조사(UDS)

*인공어초

▌표-3. 인공어초 단지의 위치와 설치 형태▐

지역	위치	어초 형태	어초 목적
강원도 양양군 남애리1	37° 57.837 ' N, 128° 47.237 ' E	사각형(그림-5a)	어류
강원도 양양군 남애리2	37° 56.720 ' N, 128° 47.670 ' E	반원가지형(그림-5b)	어패류
경상북도 울릉군 북면	37° 31.804 ' N, 130° 49.166 ' E	사각형(그림-5a)	어류
제주특별자치도 서귀포시	33° 14.453 ' N, 126° 34.400 ' E	정삼각뿔형(그림-5c)	패류, 조류

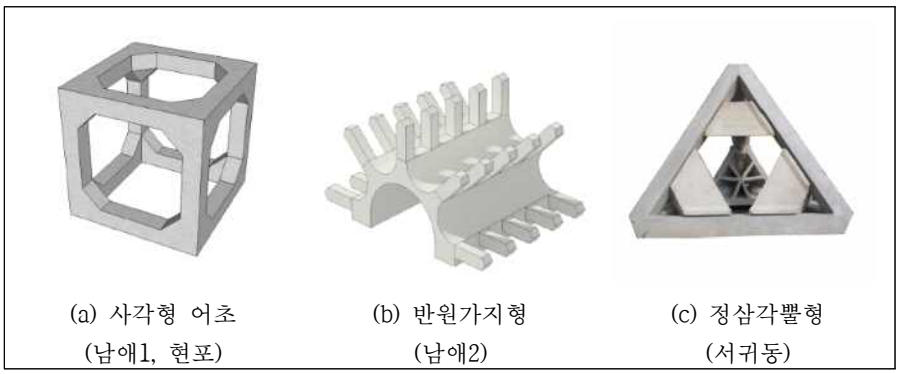
▌그림-4. 조사한 인공어초 단지의 상세 위치 지도▐



(a) 조사 지역 전체 (b) 강원도 양양군 남애리

(c) 경북 울릉군 현포리 (d) 제주특별자치도 서귀포시 서귀동

▌그림-5. 조사한 인공어초 단지에 설치된 인공어초 형태▐



(a) 사각형 어초 (남애1, 현포) | (b) 반원가지형 (남애2) | (c) 정삼각뿔형 (서귀동)

자료: 한국수산자원공단 인공어초 정보집

Ⅲ. 결과 및 고찰

1. 결과

2020년 11월부터 2022년 9월까지 18곳에서 조사한 결과 중 수거한 쓰레기 분류 모습을 그림-6에 제시하였고, 전체 결과를 표-4에 정리하였다. 2022년 9월 13일에 수행한 울릉도 현포리의 사각형 어초 조사의 경우 수심 20~25m 인공어초 주변 면적 30m^2(가로 15m, 세로 2m) 지역을 UDS 방법으로 조사하였으나 수중 쓰레기는 발견되지 않았다. 대부분 암반지형에서 조사가 이뤄졌으며 쓰레기 개수의 범위는 4~15개/30m^2, 무게의 범위는 0.02~21kg//30m^2로 나타났다(그림-7). 플라스틱 낚시용품과 폐어구가 높은 비중을 차지하였다. 18곳 중 UDS로 조사한 경우에 수거항목별로 개수를 구할 수 있었고, 무게값도 얻을 수 있었다. 하지만 CUP나 SSS의 방법으로는 쓰레기의 종류나 양을 단위면적당 정량화된 수치로 제시할 수 없었다.

▌그림-6. UDS 조사 결과 수거된 쓰레기▐



(a) 양양군 남애리2



(b) 부산 남형제섬1



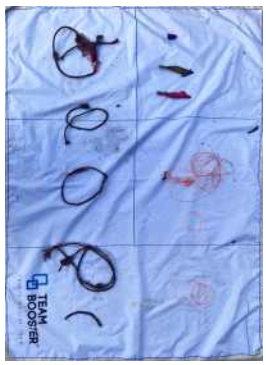
(c) 부산 형제섬2



(d) 통영 국도



(e) 남해 갈도



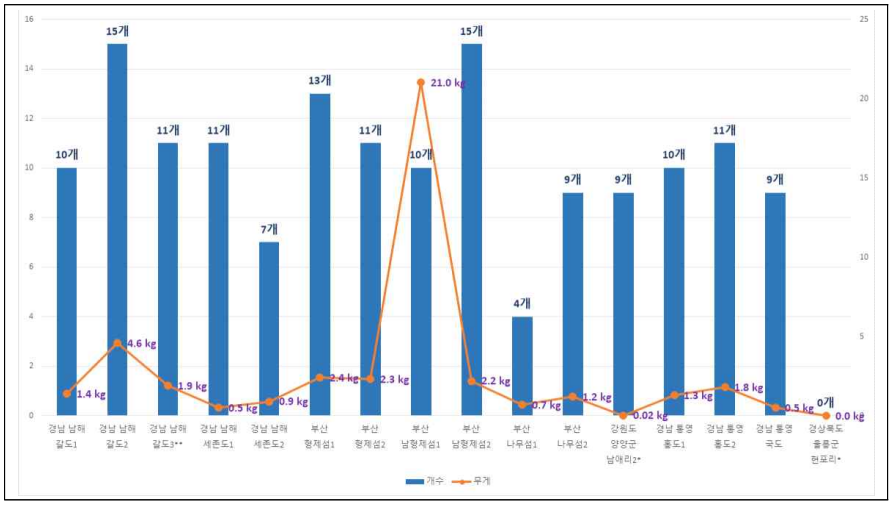
(f) 남해 세존도

▌표-4. 수중 쓰레기 조사 결과(인공어초와 암반, 자갈밭 포함, 조사면적은 $30m^2$으로 동일) ▐

지역	조사 방법	수거 항목 (항목별 개수)	$30m^2$당 개수	무게(kg)
강원도 양양군* 남애리1	CUP	없음	없음	없음
경남 남해 갈도1	UDS	낚시용품(6), 폐어구(1), 캔(2), 병(1),	10	1.4
경남 남해 갈도2	UDS	낚시용품(6), 폐어구(6), 기타 플라스틱(1), 병(1), 섬유(1)	15	4.6
경남 남해 갈도3**	UDS	낚시용품(2), 폐어구(1), 기타 플라스틱(5), 캔(1), 병(1), 섬유(1)	11	1.9
경남 남해 세존도1	UDS	낚시용품(6), 폐어구(5)	11	0.5
경남 남해 세존도2	UDS	낚시용품(7)	7	0.9
제주특별자치도* 서귀포시 서귀동	SSS. CUP	폐어구(로프)	없음	없음
부산 형제섬1	UDS	낚시용품(3), 폐어구(5), 기타 플라스틱(1), 캔(3), 병(1)	13	2.4
부산 형제섬2	UDS	낚시용품(7), 폐어구(2), 기타 플라스틱(2)	11	2.3
부산 남형제섬1	UDS	낚시용품(5), 폐어구(3), 기타 플라스틱(2)	10	21.0
부산 남형제섬2	UDS	낚시용품(6), 폐어구(1), 기타 플라스틱(5), 캔(2), 병(1)	15	2.2
부산 나무섬1	UDS	낚시용품(3), 기타 플라스틱(1)	4	0.7
부산 나무섬2	UDS	낚시용품(1), 폐어구(3), 기타 플라스틱(5)	9	1.2
강원도 양양군 남애리2*	CUP, UDS	낚시용품(1), 폐어구(8)	9	0.02
경남 통영 홍도1	UDS	낚시용품(3), 폐어구(4), 기타 플라스틱(1), 섬유(1), 금속(1)	10	1.3
경남 통영 홍도2	UDS	낚시용품(7), 기타 플라스틱(2), 병(1), 금속(1)	11	1.8
경남 통영 국도	UDS	낚시용품(5), 기타 플라스틱(2), 캔(1), 금속(1)	9	0.5
경상북도 울릉군 현포리*	CUP, UDS	없음	없음	없음

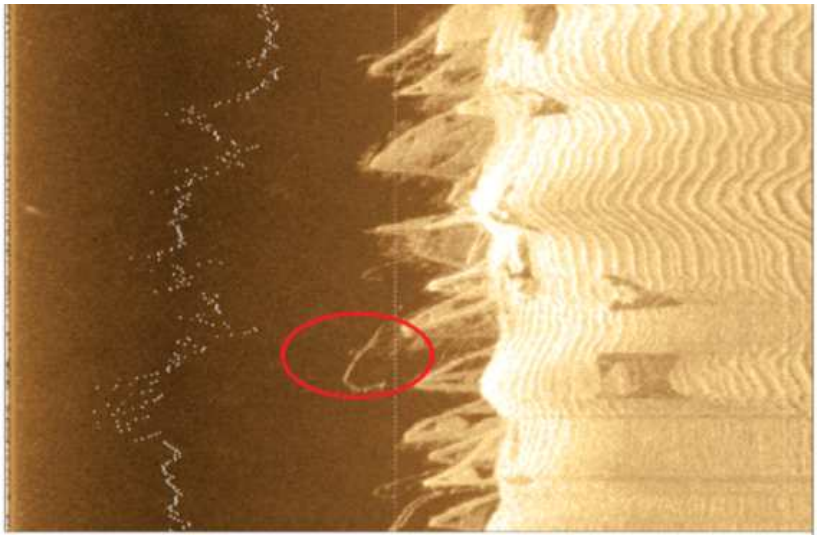
*인공어초, **자갈밭, 그 밖은 모두 암반

▌그림-7. UDS 조사 결과 정점별 30m^2당 쓰레기 개수와 무게▐



2022년 4월 30일 서귀포시 서귀동 자구리 해역에 적용한 SSS는 그림-8과 같은 이미지를 보여주었다. 이곳은 수심은 10~25m로 경사면이며, 파도와 조류에 따라 수중 쓰레기의 이동이 빈번히 관찰되는 곳이다. UDS를 적용하기 어려운 정점이어서 SSS로 인공어초의 위치와 형상을 파악하고, 확인한 위치에서 스쿠버다이빙으로 영상조사를 연속 실시한 결과 정삼각뿔 어초 단지에 로프가 걸려 있음을 알 수 있었다. 개수와 무게는 확인할 수 없었다.

▌그림-8. 양방향 음파탐사기를 이용한 인공어초 단지 영상(a)과 스쿠버다이빙으로 확인한 사진(b) ▌



(a) 정삼각뿔 어초 단지와 로프(Rope)가 걸려있는 것으로 추정되는 영상



(b) 스쿠버다이빙을 통한 밧줄 확인

2. 고찰

기존의 인공어초 관리 체계로는 장기간에 걸친 모니터링에 한계가 있다. 인공어초시설사업진행 및 관리규정의 제26조 (사후관리)에 따르면, 시·도지사는 관할해역에 시설된 어초어장에 대한 연차별 어초어장관리 계획 및 활용방안을 수립하고, 시설된 어초의 효율적인 관리를 위해 위치와 상태를 조사하여 보수·보완·보강을 하고, 어초 기능 회복 및 효과 향상을 위해 어초에 걸린 폐기물 제거, 어초의 기능성 및 생태학적 효과 분석을 위한 서식 생물상 조사 등을 실시한다.[15] 하지만 이런 방법은 각 인공어초 단지에 있어 일시적인 조사이며 장기적인 모니터링은 불가능하다.

최근 증가하고 있는 스쿠버다이버들의 레저활동과 UDS를 접목한다면 시민과학의 새로운 유형으로서 장점이 클 것이다. 어초에 걸린 폐기물 제거 및 생태학적 효과 분석을 위한 서식 생물상 조사의 경우 주기적인 조사가 이루어져야 인공어초 효과에 대한 보다 과학적인 자료를 획득할 수 있다. 최근 합리적인 가격의 양방향 음파탐사기(Side Scan Sonar)와 멀티빔 음향측심기(Multi-Beam Echo Sounder)가 개발되고 있지만 적절한 활용을 위해서는 사용 방법 및 후처리에 대한 교육이 필요하고, 전용 선박 등이 필요하다는 이유로 시민과학과 접목하기는 어렵다. 또 CUP 방법의 경우도 사진을 촬영하는 것으로 끝나 정량적인 정보로 축적하기 어려운 한계가 있다. 따라서 정부기관과 연구기관이 보유한 인공어초 및 해양쓰레기 등에 대한 다양한 정보에 기반하고, UDS 방법을 통해 폐기물 유무 확인과 어초 단지에 침적 및 표착되어 있는 폐어구와 같은 수중 쓰레기에 대한 정확한 정보를 활용하면, 정부 정책 입안에 필요한 현장 상황 사진과 정량적 자료를 제공할 수 있을 뿐만 아니라 스쿠버다이버들에게 시민과학자로서의 활동에 높은 성취감을 주어 자발적이고 적극적인 참여를 유도할 수도 있다.

15) 해양수산부훈령 제572호, 2020.12.30. 시행. 인공어초시설사업진행 및 관리규정 참조

수중 쓰레기 분포 및 수거 현황 체계 구축이 필요하다. 현재 우리나라는 수중 쓰레기의 분포나 처리에 대한 상황을 파악할 수 있는 정보가 일반인들에게 제대로 제공되지 않고 있다. 해양환경공단에서 수중 쓰레기 관련 정보들을 제공하고 있으나 광역지자체 수준의 수거예산과 수거량을 공개하는 정도에 그치고 있어 어느 해역, 어느 해점에서 얼마나 많은 수중 쓰레기가 존재하는지, 수거하였는지는 알 수가 없다. 스쿠버다이버들이 수중 쓰레기를 다이빙 중 발견하더라도 이를 신고하거나 처리하기 위한 제도적 장치가 마련되어 있지 않다. 더군다나 인공어초의 경우 관리의 주체가 지자체로 되어있는 경우가 많아 수거를 위해서는 민원을 제기해야만 하는 상황이며 공식적인 채널로 수중 쓰레기 발견 위치와 수거 등의 관련 정보가 공개되거나 제공되지 않으므로 인공어초에 대한 수중 쓰레기 상태를 확인하는 것은 사실상 불가능하다. 다만, 다이빙 리조트나 스쿠버다이버 상호 간의 비공식적 정보교환을 통해 다이빙 포인트의 상태를 파악하고 안전한 다이빙과 아름다운 수중경관 유지, 해양생태계 보호를 위해 자발적으로 수중 쓰레기를 수거하는 상황에 있는 것이다. 그러므로 본 연구진은 수중 쓰레기 분포와 처리 상황을 알 수 있도록 지자체와 한국해양환경공단, 한국수산자원공단 등 유관 기관과 시민이 관련 정보를 입력하고 활용할 수 있도록 지리정보체계(GIS)에 기반한 가칭 “수중 쓰레기 분포 및 수거 현황 체계” 구축을 제안한다.

인공어초 다이빙 포인트와 해양수산부의 해중 경관 가꾸기를 연계하는 것이 바람직하다. 인공어초를 시설한 지자체에서는 지역 내 스쿠버다이빙 리조트와 연계하여 효과적으로 인공어초를 관리할 뿐 아니라, 일회성 방문으로 그칠 수 있는 해양레저인구를 붙잡을 방안이 될 수 있다. 해양수산부 제2차 해양관광진흥기본계획(2014-2023)은 ‘동북아 해양관광허브실현’라는 비전 아래 해양레저문화 확산과 관련 산업 육성을 통해 목표로 두고 있으며, 2023년까지 해양 여행 이동 총량 5억일 달성과 해양관광분야 신규 일자리 3만 5천개 창출 등의 구체적인 목표를 설정하고 있다. 계획에서 제시하는 5대 전략과제로 첫째, 휴식과 회복이 있는 행복한 바다관광, 둘째, 체험과 학습이 있는 즐거운 바다관광, 셋째, 문화와 예술이 있는 아름다운 바다관광, 넷째, 생활 속 이야기가 있는 정겨운 바다관광, 다섯째, 세계인이 찾아오는 글로벌

바다관광으로 해양관광 활성화를 위한 다양한 노력을 기울이고 있다. 이러한 해양관광 활성화의 일환으로 해양환경과 해양생태계를 보전하는 데 시민들이 직접 참여하여 활동할 수 있도록 인공어초 다이빙 포인트를 활용한 '아름다운 해중경관 가꾸기'를 현재 진행되고 있는 '해중경관지구' 사업과 연계하여 적극 추진하는 것이 필요하다고 본다. 해중경관을 구경하는 차원의 수중관광에서 인공어초의 수중 생태계를 조사하거나 수중쓰레기를 수거하는 등의 활동을 함으로써 피해를 입은 수중경관을 복구하고 해양생태계를 구호하는 활동으로 연계한다면 참가하는 시민에게 '휴식과 회복이 있는 바다관광', 즐거움과 보람을 줄 수 있는 '체험과 학습이 있는 즐거운 바다관광'이 될 수 있을 것이다.

Ⅳ. 요약 및 결론

인공어초는 대상 해양생물을 정착시키거나 끌어모으고, 그에 대한 배양과 보호의 목적으로 해저나 해중에 시설하는 인공구조물로 해양생물의 서식환경과 특성을 활용한 대표적인 수산자원 조성 방법이다. 2019년 해양수산부에서 발표한 '해양레저관광 활성화 대책' 중 하나로 인공어초를 포함한 해중 경관이 우수한 해역을 스쿠버다이빙 포인트로 지정하여 운영하고 있다. 그러나 일부 인공어초의 경우 폐어구와 같은 해양쓰레기로 인해 원래의 기능을 상실하고, 어초에 걸린 폐어구는 유령어업을 계속하게 되는 악순환이 이어진다. 현재 해양폐기물 수거 사업은 지자체 중심으로 진행되고 있고, 인공어초 관리에 관한 통합적 자료는 미흡하다. 또한 수거에만 집중되어 발생 시기 및 원인 등과 같은 과학적 자료 역시 부족하다. 해양의 시공간적 특성상 소수의 인력으로 모든 지역을 조사하는 것은 사실상 불가능하며, 이를 보완하기 위한 방법의 하나로 시민과학과의 접목을 제안한다. 최근 스쿠버다이빙과 같은 해양레저스포츠 인구의 증가와 함께 환경보호에 대한 시민의식이 높아지고 있고, 해양의 환경문제에 직접적으로 활동하기를 원하는 사람들이 많아지고 있다. 하지만 현재 국내 해양레저스포츠 인구는 1회성 단순

체험 빈도가 높고 국외 유출 수요가 많다. 이런 스쿠버다이버들에게 수중 쓰레기 밀도 조사 방법인 UDS(Underwater Debris Survey)를 소개하고 인공어초 주변 및 다양한 해양생태계에 오염도를 조사함으로써 시민과학자로서의 역할을 부여하고 지자체에서는 지속적인 해양레저스포츠 인구를 확보하고 인공어초의 관리를 유용하게 할 뿐 아니라 전문연구인력과의 연결을 통해 인공어초 효과 및 관리에 대한 비용효율적인 대안이 될 수 있을 것이라 기대한다.

투고일
1차 심사일
게재확정일

참고문헌

1. 이성일・안승환・김동선. 2005.「인공어초 사후관리 현황과 발전방향」.『한국환경안전학회』, pp. 139-141.
2. 해양수산부. 2019.「해양레저관광 활성화 대책」.
3. 고재경・예민지. 2020.「환경문제 해결을 위한 국내 시민과학 유형과 특성 연구」.『환경정책』, 제28권 제4호, pp. 181-213.
4. 곽태진,・김혜진・강경빈・이혜은・양기영・김현만・정희남・홍선욱・임세한, 2021. 해양쓰레기 생물피해 사례집 2: 스쿠버다이버가 수집한 증거를 중심으로, (사)동아시아바다공동체 오션, pp. 13, 14, 147.
5. 곽태진・이종수・김유라・강경빈, 2021. UDS(Underwater Debris Survey)-수중 침전물 밀도 조사방법, 해양탐사그룹 팀부스터(Team Booster), (사)동아시아공동체 오션
6. 김선동・강원수. (2012) 서남해 주요 도서 연안 어장 침적쓰레기의 분포실태 조사 및 수거처리 비용 추정. 한국해양환경공학회지, Vol 15(4), pp.330-336.
7. 신성렬・임민혁・장원일・임종세・윤지호・이성민. 2009.「인공어초지역에 대한 사이드스캔소나와 SBP 탐사 자료 처리」.『지구물리와 물리탐사』, Vol. 12 No. 2, pp. 192-198.
8. 해양수산부훈령 제572호, 2020.12.30. 시행. 인공어초시설 산업 진행 및 관리규정
9. WWF, 2020.「Stop ghost gear : The most deadly form of marine plastic debris」, WWF international
10. GESAMP. (2019). Guidelines or the monitoring and assessment of plastic litter and microplastics in the ocean (Kershaw P. J., Turra A. and Galgani F. editors), (IMO/FAO/UNESCO-IOC/UNIDO/WMO/ IAEA/UN/UNEP/UNDP/ISA Joint Group of Experts on the Scientific Aspects of Marine Environmental Protection.

관련자료

1. 해양수산부. 2018.「제1차 수중레저활동 기본계획」.
2. 한국수산자원공단. 2019.「인공어초 설치통계(1971-2018)」.
3. 한국수산자원공단. 2022.「인공어초 정보집」.
4. 김범진・고호석. 2021. 「포스트 코로나에 대비한 해양레저관광 활성화 방안에 관한연구」. 지역산업연구, 제44권 제4호, pp. 499-516.
5. 이정삼・김대영・엄선희・황규환・이예나. 2015. 「폐어구의 체계적 관리방안 연구」.한국해양수산개발원.
6. 최일선・홍장원・이정아・장정인. 2019. 「해양레저관광서비스 산업 육성방안 연구」.한국해양수산개발원.
7. Anna Metaxas, Emily Higgins and Robert E. Scheibling. 2022. “A systematic review of artificial reefs as platforms for coral reef research and conservation.”. PLos One, 17(1), doi: 10.1371.
8. Christina Simoniello, Jennifer Jencks, Federico M. Lauro, Jon Derek Loftis, Jan Marcin Weslawski, Kajetan Deja, David R. Forrest, Sarah Gossett, Thomas C. Jeffries, Rachelle M. Jensen, Shinichi Kobara, Lindsey Nolan, Martin Ostrowski, Dana Pnunds, Gabriel Roseman, Olivia Basco, Serge Gosselin, Adam Reed, Peter Wills and David Wyatt. 2019. “Citizen-Science for the Future : Advisory Case Studies From Around the Globe.”. Frontiers in Marine Science, doi:10.3389.