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)

우민수[1]·임세한[2]·박요섭[3]·홍선욱[4]·김혜진[5]·곽태진[5]

[1,3]한국해양과학기술원, [2]대한민국 해군사관학교, [4]동아시아바다공동체오션,
[5]해양탐사그룹 팀부스터



강원도 양양 – 인공어초 김혜진

연구 배경

- 인공어초 주변에 **폐어구로 인하여 고유의 기능을 상실하고 유령어업의 원인**이 되는 현장들이 보고되고 있음.
- 인공어초의 순기능 상실을 **복원하기 위하여 사후관리**의 중요성 부각됨.





연구 배경

- 폐어구에 포획되는 **해양생물 중 90%가 수산업에서 상업적으로 가치를 가지는 종**으로 보고됨. WWF, 2020. 「Stop ghost gear: The most deadly form of marine plastic debris」
  - 연간 어획량의 **10%인 약3,800억 피해**(IEEP, 2015).
- 수중 쓰레기에 대해서는 조사 방법론에 대한 논의가 매우 제한적 임.
- 일반 시민이 과학연구활동에 참여하여 과학자들과 함께 자료를 수집하고 결과를 도출하는 **시민과학(citizen science)의 활동 증가**.
- 시민과학활동은 크라우드 소싱(crowd sourcing)으로 **시공간적 모니터링 자료의 밀도가 높아질 것 예상**.
  - **국내 20만명 이상이 레크레이션 다이버**로 활동 중.
  - 전문 다이버를 이용한 모니터링은 기회비용이 매우 크고, 조사범위 또한 한정적.
  - 인공어초 설치 현황, **면적: 230,821ha, 설치량: 1,435,618개**(한국수산자원공단, 2020, 인공어초설치통계)

연구 목적

- 수중 쓰레기인한 인공어초 피해사례 조사.
- 인공어초 모니터링을 스쿠버 다이버들의 레저 활동과 접목 방안 모색.
- 시민과학자를 통한 과학적인 자료 도출 방법 모색.

연구 방법

- 스쿠버 다이버가 목격한 인공어초 피해 사례 수집.

- 조사대상지역을 선정하여 3가지 방법 시범 적용.
  - UDS(Underwater Debris Survey) – 수중침전물 밀도 조사
  - CUP(Common Underwater Photography) – 일반적인 피해 촬영
  - SSS(Side Scan Sonar) – 사이드 스캔 소냐를 이용한 조사

- 대상 지역 인공어초 단지 시설 목적, 어초형태, 수량, 시설 면적 정보 파악.

- 연구기간 이전 조사사례 수집(15개 정점).

- UDS조사방법을 수행할 의향 설문.

인공어초 수중 쓰레기 피해 사례

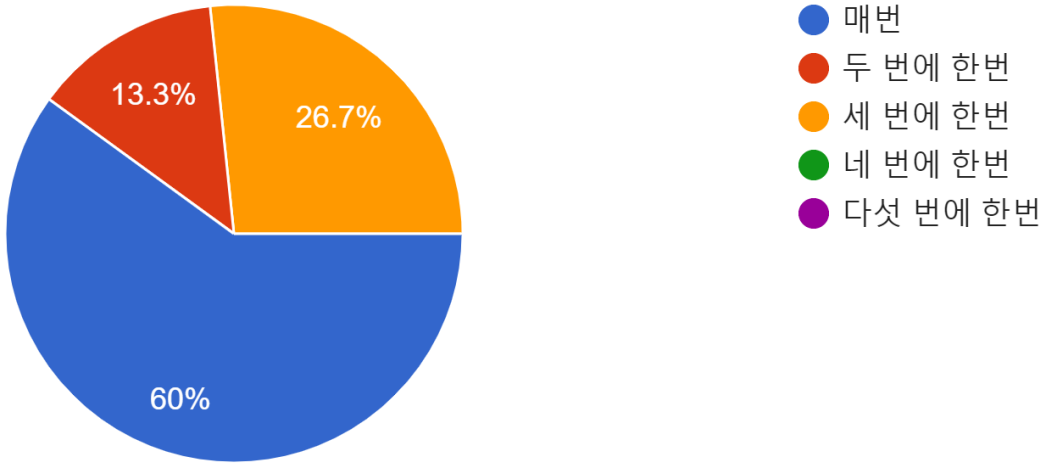
▮ 인공어초피해사례 ▮

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	산업폐기물
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



귀하는 다이빙을 하면서, 폐 어구, 낚시도구, 생활쓰레기 등 해양쓰레기를 목격하는 횟수는 몇 번 정도 인가요?



인공어초 해양쓰레기 피해 사례


강원도 강릉시 영진리 김혜진


강원도 고성군 봉포리 곽태진


강원도 양양군 남애리 김혜진


강원도 양양군 주청리 김현덕


전라남도 여수시 거문도 김혜진


강원도 양양군 주청리 김현덕

인공어초 해양쓰레기 피해 사례


강원도 양양군 남애리 김혜진


강원도 고성군 아야진 김혜진


강원도 고성군 문암진리 곽태진


강원도 고성군 문암진리 곽태진


강원도 양양군 남애리 곽태진

조사 방법

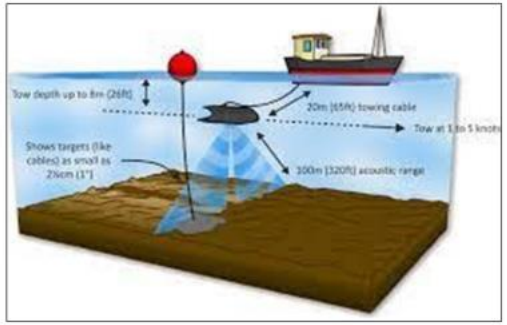
조사 방법 소개

- CUP (Common Underwater Photography)
- UDS (Underwater Debris Survey)
- SSS (Side Scan Sonar)

▮ 양방향음파탐지기를이용한방법(SSS) ▮

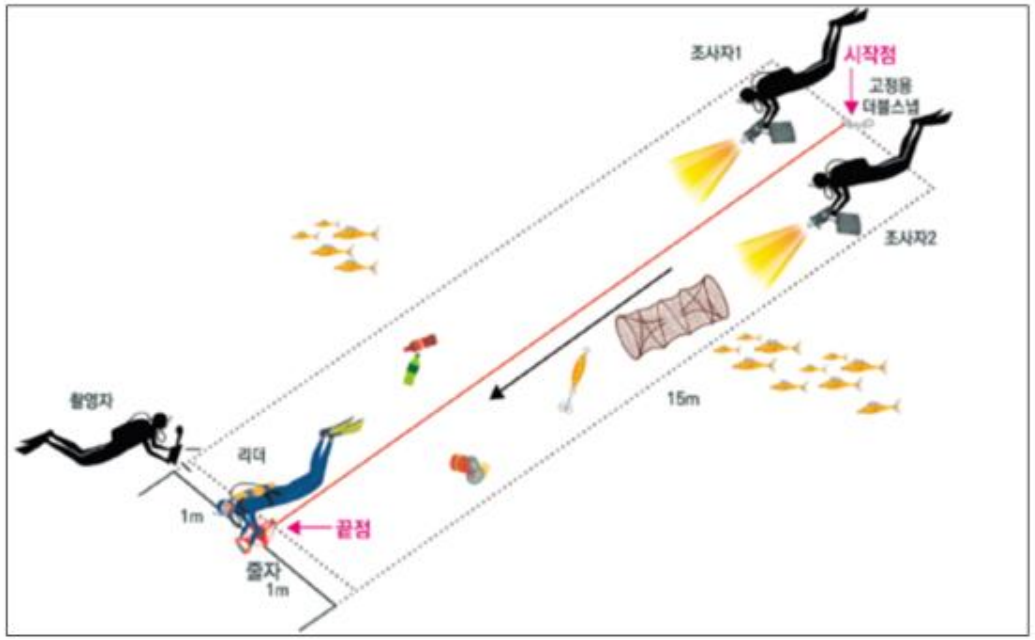


(a) Tritech



(b) 작업모식도

▮ 자체개발한수중쓰레기밀도조사방법(UDS) ▮



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

조사 방법

UDS (Underwater Debris Survey, 수중 침적물 밀도조사)



UDS 활동 사진 촬영: 곽태진



UDS 활동 사진 촬영: 곽태진

조사 지역

▮ 총조사정점시기와지역및조사방법 ▮

* 인공어초 단지

조사 시기	지역	조사 방법
2020-11-01	*강원도 양양군 남애리1	수중촬영(CUP)
2021-10-09	경남 남해 갈도1	수중 침전물 밀도조사(UDS)
2021-10-09	경남 남해 갈도2	수중 침전물 밀도조사(UDS)
2021-10-09	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)
2022-04-30	*제주특별자치도 서귀포시 서귀동	양방향 음파탐사기(SSS), 수중촬영(CUP)
2022-05-22	부산 형제섬1	수중 침전물 밀도조사(UDS)
2022-05-22	부산 형제섬2	수중 침전물 밀도조사(UDS)

조사 시기	지역	조사 방법
2022-05-02	부산 남형제섬1	수중 침전물 밀도조사(UDS)
2022-05-23	부산 남형제섬2	수중 침전물 밀도조사(UDS)
2022-05-23	부산 나무섬1	수중 침전물 밀도조사(UDS)
2022-05-23	부산 나무섬2	수중 침전물 밀도조사(UDS)
2022-06-25	*강원도 양양군 남애리2	수중촬영(CUP), 수중 침전물 밀도조사(UDS)
2022-08-07	경남 통영 홍도1	수중 침전물 밀도조사(UDS)
2022-08-07	경남 통영 홍도2	수중 침전물 밀도조사(UDS)
2022-08-08	경남 통영 국도	수중 침전물 밀도조사(UDS)
2022-09-13	*경상북도 울릉군 현포리	수중촬영(CUP), 수중 침전물 밀도조사(UDS)

스쿠버 다이버들이 짧은 기간 동안 한두번의 다이빙으로 인공어초의 실태를 파악하기에 한계가 있기 때문에 연구기간 이전에 실시한 자체 조사까지 포함. (조사 지역은 총 18개 정점)

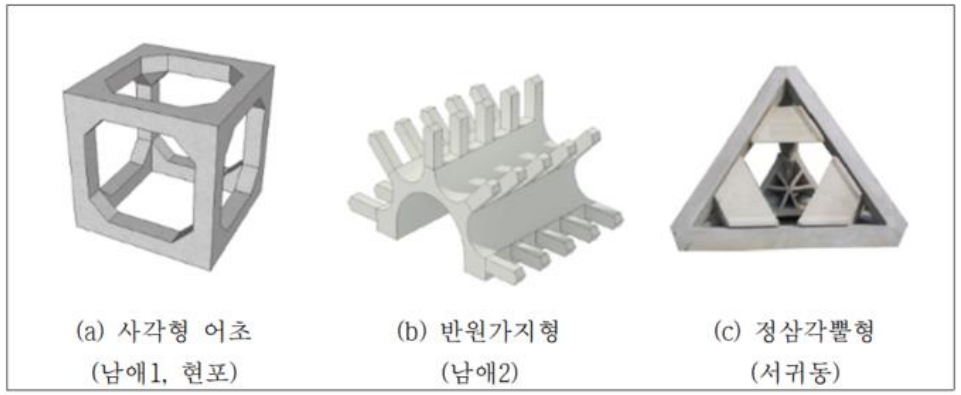
조사 지역

인공어초를 대상으로 3가지 방법을 적용한 정점은 총 4곳으로 사전 조사 1곳, 본 조사 3곳

▮ 인공어초단지의위치와설치형태 ▮

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

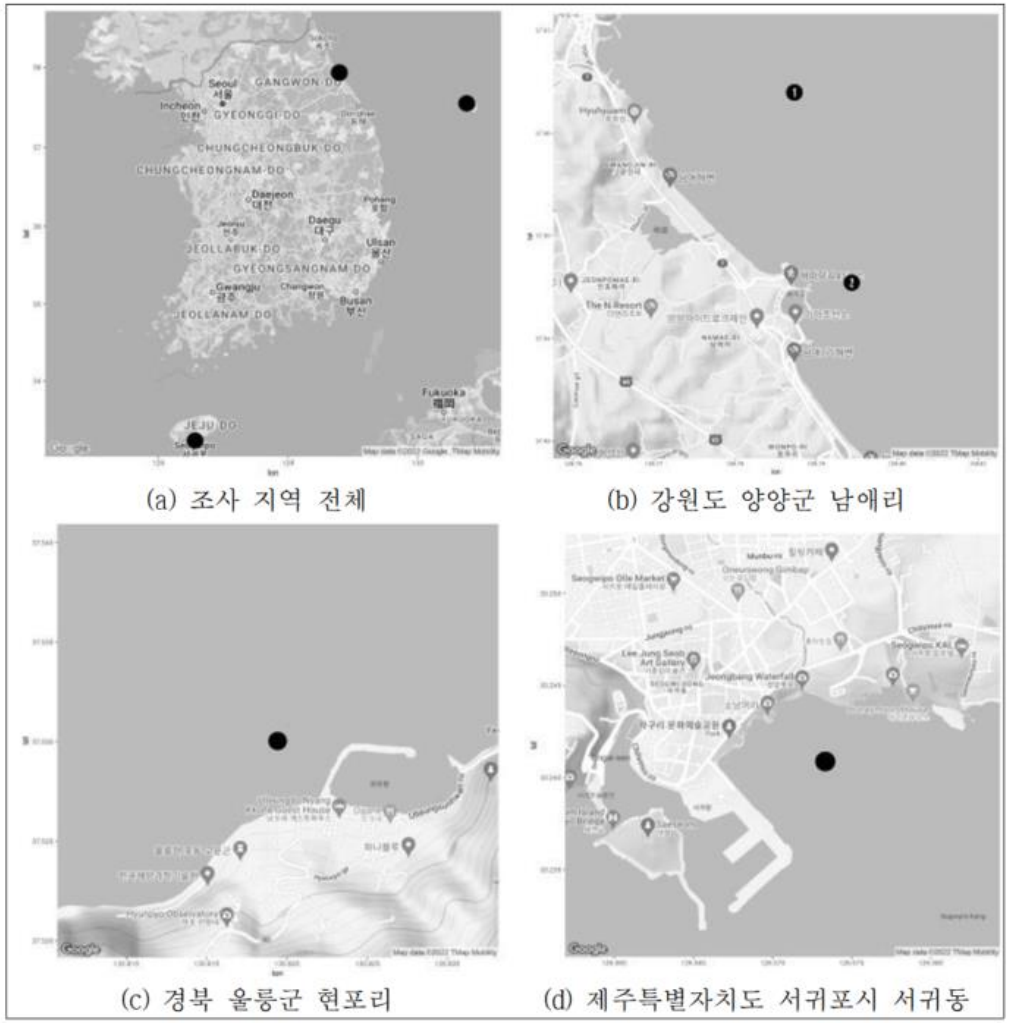
▮ 인공어초형태 ▮



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

자료: 한국수산자원공단 인공어초 정보집

▮ 인공어초 조사 위치 ▮



(a) 조사 지역 전체 (b) 강원도 양양군 남애리

(c) 경북 울릉군 현포리 (d) 제주특별자치도 서귀포시 서귀동

조사 결과

UDS 방법을 통해 수거된 쓰레기



▲ 조사위치: 양양군 남애리2



▲ 조사위치: 부산 남형제섬1



▲ 조사위치: 통영 국도

조사 결과

▮ 수중 쓰레기 조사 결과(인공어초와 암반, 자갈밭 포함, 조사면적은 30m² 으로 동일) ▮

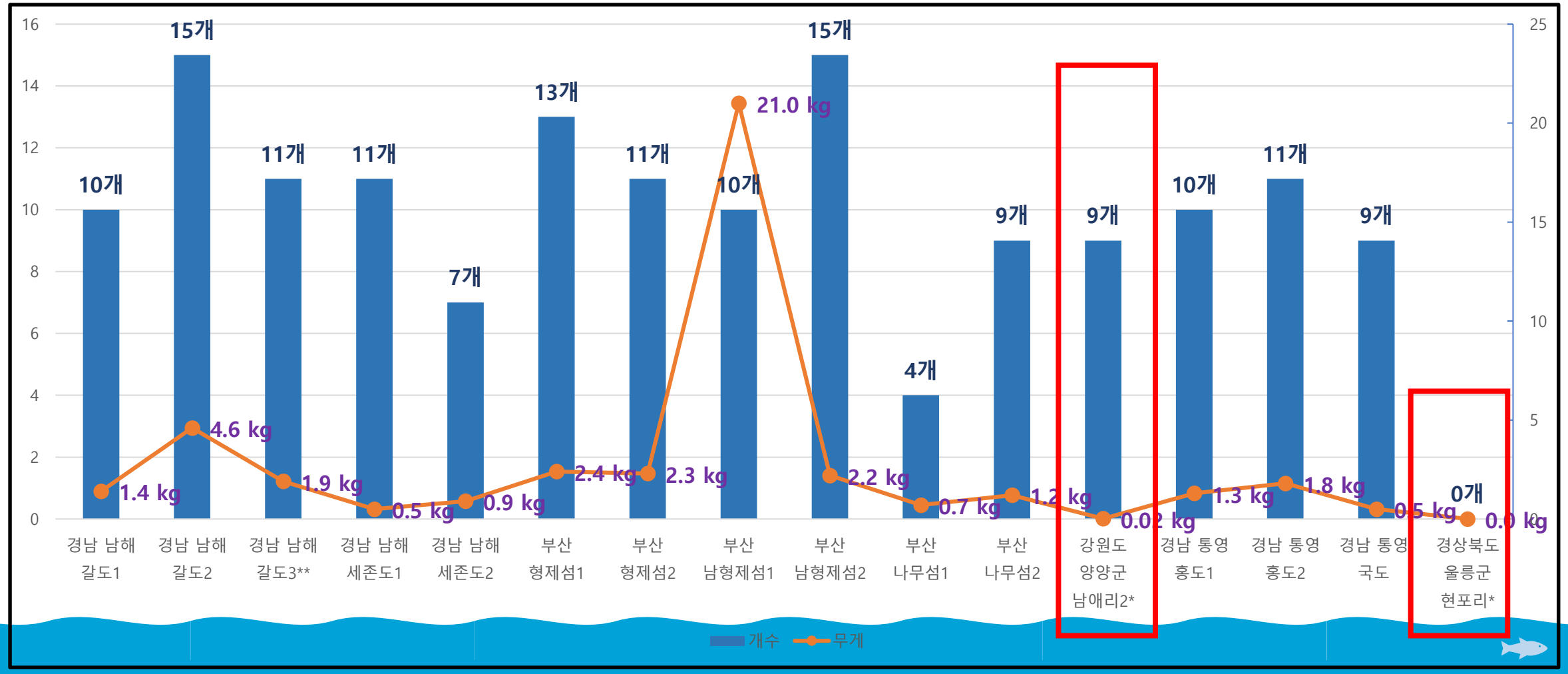
* 인공어초 단지

지역	조사 방법	수거 항목 (항목별 개수)	30 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
*제주도 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	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
*경북 울릉군 현포리	CUP, UDS	없음	없음	없음

조사 결과

▮ UDS 조사 결과 수거된 쓰레기(인공어초와 암반, 자갈밭 포함, 조사면적은 30m²으로 동일) ▮

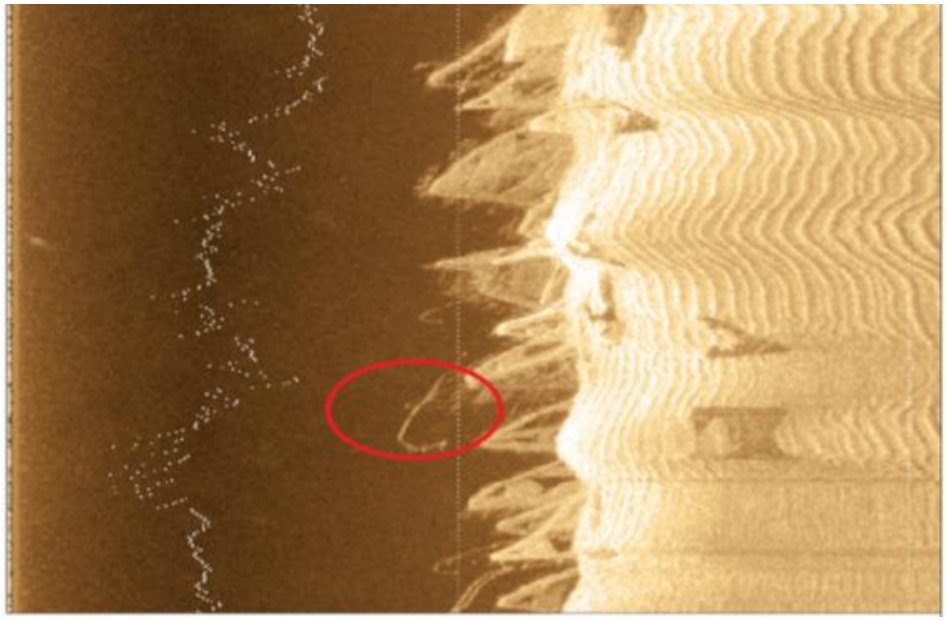
* 인공어초 단지



조사 결과

SSS (Side Scan Sonar, 양방향 음파 탐사기)

▮ 양방향음파탐사기를이용한인공어초단지영상과스쿠버다이빙으로확인한사진 ▮



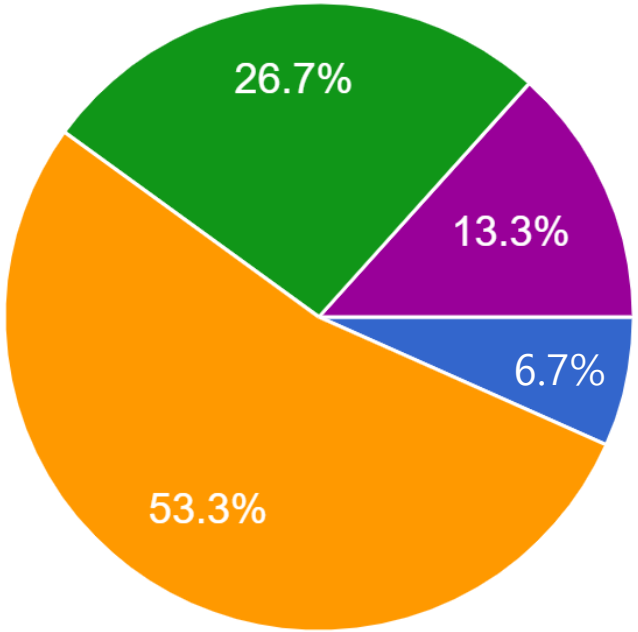
▲ 정삼각뿔 어초 단지와 로프(Rope)가 걸려있는 것으로 추정되는 영상



▲ 스쿠버다이빙을 통한 밧줄 확인

조사 결과

▮ 조사 카드 작성에 의한 수중쓰레기 조사 다이빙 의향 조사 결과 ▮



자료: UDS를 이용한 수중 쓰레기 조사 설문

고 찰

- 인공어초의 사후관리를 위해 현행 전문가에 의한 재조사 방식은 장기 모니터링 진행이 어려움.
  - 인공어초 설치 현황, **면적: 230,821ha, 설치량: 1,435,618개**(한국수산자원공단, 2020, 인공어초설치통계)
- **양방향 음파탐사기(SSS, Side Scan Sonar)**와 **멀티빔 음향측심기(Multi-Beam Echo Sounder)**은 사용 방법 및 후처리 교육이 필요하고, 전용 선박 등이 필요하다는 이유로 **시민과학과 접목하기는 어려움.**
- **CUP**(Common Underwater Photography, 일반 수중 촬영)은 정량적인 정보로 축적 어려움.
- **UDS**(Underwater Debris Survey, 수중 침적물 밀도 조사)방법은 폐기물 유무 확인과 어초 단지에 침적 및 표착되어 있는 **폐어구와 같은 수중 쓰레기에 대한 정확한 정보를 현장 상황 사진과 정량적 자료로 수집 가능.**
  - ➢ 정부 정책 입안에 필요한 과학적 자료 수집 가능.
  - ➢ 시민과학자로서의 활동에 **높은 성취감을 주어 자발적이고 적극적인 참여** 유도.

고 찰

- 수중 쓰레기의 분포나 처리에 대한 상황을 파악할 수 있는 **수중 쓰레기 분포 및 수거 현황 체계 구축 필요.**
  - ➢ 지자체와 해양환경공단, 한국수산자원공단 등 **유관 기관과 시민이 관련 정보를 입력하고** 활용할 수 있는 지리정보체계(GIS)에 기반한 가칭 **"수중 쓰레기 분포 및 수거 현황 체계" 구축 제안**.
- **인공어초 다이빙 포인트를 활용한 '아름다운 해중경관 가꾸기'**를 현재 진행되고 있는 **'해중경관지구' 사업과 연계하여 적극 추진하는 것이 필요**.

요약 및 결론

- 해양생물 배양과 보호의 목적인 인공어초 일부의 경우 폐어구와 같은 해양쓰레기로 인해 원래의 기능을 상실되어 **어초에 걸린 폐어구는 유령어업을 계속하게 되는 악순환이 발생**.
- 해양폐기물 수거 사업은 지자체 중심으로 진행되고 있고, **인공어초 관리에 관한 통합적 자료는 미흡**.
- 해양의 시공간적 특성상 소수의 인력으로 모든 지역을 조사하는 것은 사실상 불가능하며, 이를 **보완하기 위한 방법의 하나로 시민과학과의 접목을 필요.**
- **수중 침적 쓰레기 밀도 조사 방법(UDS-Underwater Debris Survey)를 소개**하고 인공어초 주변 및 다양한 해양생태계에 오염도를 조사함으로써 **시민과학자로서의 역할을 부여**.
- 지자체에서는 지속적인 해양레저스포츠 인구를 확보하고 인공어초 관리에 활용 가능하고, 전문연구인력과의 연결을 통해 인공어초 효과 및 관리에 대한 비용효율적인 대안이 될 수 있음.

감사합니다.

이 연구는 해양환경에 관심이 많은 다이버, 연구자들의 자발적 참여로 이뤄졌습니다. 진심으로 감사드립니다.

bluewarz@gmail.com



TEAM BOOSTER™
TRIMIX DIVING TEAM