

무인잠수정 해미래 활용 동해 저서환경 심해탐사

민원기¹, 김종욱², 김웅서², 김동성³, 이판묵⁴, 강정훈^{5*}

¹한국해양과학기술원 동해연구소, ²한국해양과학기술원 심해저광물자원연구센터,
³한국해양과학기술원 생태기반연구센터, ⁴한국해양과학기술원 선박해양플랜트연구소,
⁵한국해양과학기술원 남해특성연구센터

Deep-sea floor exploration in the East Sea using ROV HEMIRE

Won-Gi Min¹, Jonguk Kim², Woong-Seo Kim², Dong-Sung Kim³, Pan-Mook Lee⁴,
Jung-Hoon Kang^{5*}

¹East Sea Research Institute, Korea Institute of Ocean Science & Technology (KIOST)

²Deep-Sea and Seabed Resources Research Division, KIOST

³Marine Ecosystem and Biological Research Center, KIOST

⁴Marine Robotics Lab., Ocean System Engineering Research Division,
Korea Research Institute of Ship & Ocean Engineering, KIOST

⁵South Sea Environment Research Center, KIOST

요약 국내 심해 저서환경의 접근 한계로 서식생물과 인근환경 연구를 위한 정밀채집이 불가능하였으나, 6,000 미터급 심해 무인잠수정 해미래의 개발로 가능성이 열렸다. 활용가능성 확인을 위해, 2015년 6월에 2주간 동해에서 연구선 온누리호와 무인잠수정 해미래를 이용하여 울릉분지와 후포퇴 사면의 8개 정점에서 심해 종합해양연구를 국내최초로 수행하였다. 수심 범위가 194~2,080m인 조사해역에서 총 10회 잠수를 수행하였고, 잠수시간은 운용조건에 따라 약 1~6시간 소요되었다. 조사 결과, 1) 주요 심해 해저면의 실제 영상, 2) 주요 수산자원인 홍게류의 서식밀도 및 미기록 생물종을 포함한 심해생물상 자료, 3) 해저협곡의 경사면 등 특이 지형 확인, 4) 압력주상채니기를 이용한 퇴적물 주상시료 채집, 5) 육상폐기물 해양투기현황을 확인 및 획득하였다. 본 탐사결과 심해 저서환경 및 생물의 직접관찰 및 채집이 가능함을 확인하였다.

Abstract HEMIRE is a 6,000-meter-class remotely operated vehicle (ROV) that has been developed for observation and sampling of objects of interest on the deep seabed. We first carried out deep-seabed exploration around the slopes of the Hupo Bank and the Ulleung Basin in the East Sea in June 2015. Over two weeks, a total of 10 dives were made from a support ship, the R/V Onnuri, at eight stations with water depth ranging between 194 and 2,080 m. The dive times ranged from 1 to 6 hours, depending on the operating conditions. We obtained the following results: 1) video images of the deep seafloor; 2) red snow crab density data (a major fishery resource) and inventories of deep-sea fauna, including an unrecorded organism; 3) specific topographies such as canyons slopes; 4) an undisturbed sediment core obtained using a push corer; and 5) observations of the seabed surface covered with discarded anthropogenic waste material.

Keywords : Deep-sea, East Sea, HEMIRE, ROV, Seabed

본 논문은 과제 [심해 유무인 잠수정 기술개발 및 운용인프라 구축 (PM58901, PM58902, PM58904)]지원으로 작성됨.

*Corresponding Author : Jung-Hoon Kang(Korea Institute of Ocean Science & Technology)

Tel: +82-55-639-8517 email: jhkang@kiost.ac.kr

Received March 2, 2016

Revised March 21, 2016

Accepted April 7, 2016

Published April 30, 2016

1. 서론

동해 (평균 수심 약 1,684m, 최대 수심 4,049m)는 남부해역을 제외한 대부분 해역(전체 면적의 약 90%)이 수심 200m 이하의 심해환경이며[1], 높은 압력과 낮은 수온으로 인간의 접근이 매우 제한적이다[2]. 이로 인해 해저면의 직접적 영상관측 등의 시각적 해양연구가 드물고, 수온 및 염분 측정 장비(CTD: Conductivity-Temperature- Depth), 심해 계류장비 등의 물리 관측 장비 및 박스주상 채니기(box corer)나 수산용 어구를 활용한 심해생물 채집 등의 간접적 연구가 주를 이루었다. 인간에 의한 심해 해저면 및 생태계의 실질적 조사는 20세기 후반에 들어서 해양과학 선진국인 미국, 프랑스, 러시아, 일본을 중심으로 심해용 영상장비 및 유무인 잠수정 기술이 개발된 후 가능해졌다[2, 3]. 심해조사를 위한 특수 장비의 개발과 운용에는 우주탐사에 버금가는 비용이 소요되므로, 국가적 차원의 개발의지와 적극적 투자가 필요하다[3, 4, 5]. 우리나라의 경우, 한국해양과학기술원의 선박해양플랜트연구소에서 수행한 개발사업의 결과로, 2006년에 6,000m 급 심해 무인잠수정 해미레와 해누리 중계기를 개발하였다[6, 7]. 최근 전 세계적으로 심해저 환경의 생물 및 광물자원에 대한 관심이 급격히 증대되어 해양생명 및 광물자원 발굴을 위한 심해 탐사가 경쟁적으로 진행되고 있으나[8, 9, 10], 우리나라 심해환경 연구는 동해에서 한정된 생물군에 국한되었다[1]. 해미레 시스템의 개발이후, 동해에서 수행한 실해역 테스트 탐사 중 2009년 6월과 11월에 포항 동쪽 70 km 해저의 메탄가스 분출해역 탐사를 수행한 바 있으나, 해양 과학적 종합 탐사는 수행되지 못했다[11]. 그러던 중 2013년에 새롭게 착수된 연구개발사업인 ‘심해 유무인 잠수정 기술개발 및 운용 인프라구축 사업’을 통해 유무인 잠수정 개발에 필요한 제반기술과 잠수정운영기술의 확보가 요구되어, 본격적인 해양학적 종합탐사를 동해에서 수행할 수 있게 되었다[5]. 본 탐사에서는 동해에서 지형 및 생태학적 특성이 이슈가 되었던 지역을 중심으로 잠수정 카메라를 통한 영상조사와 다양한 채집도구를 응용하여 심해 퇴적물과 생물을 직접 채집하는 성과를 거두었다. 본 탐사성과는 동해 주요 해저지역의 특성을 이해하는 기초 자료로 활용될 수 있고, 무인잠수정 시스템 보완 및 시료채취장비 제작을 통해 본격적 심해 탐사 시스템 구축에 활용될 수 있을 것이다.

2. 재료 및 방법

2.1 탐사 장비

조사에 사용된 무인잠수정 “해미레”의 주요제원은 잠수한계수심 6,000m, 크기 $3.3 \times 1.8 \times 2.2$ m, 중량 3,700 kg, 적재량 200 kg, 최고 속도 1.5 노트, 중성 부력 케이블로 연결된 수중진수장치인 해누리, 선상 원격제어 중앙 시스템이다. 주요 탑재장비는 6개의 추진기, 수중음향위치추적시스템(USBL), 전방 음향탐지기(Sonar), 다중빔 탐지기, 3대의 CCD와 1대의 HD 카메라, 고휘도 멀티 LED 조명 세트, CTD, 수심계, 2기의 로봇팔(Manipulator), 슬라이딩 식 작업대이다[Fig. 1]. 해미레의 진수와 인양은 갑판 우현에 설치된 전용 크레인(20 ton)을 이용하였고[Fig. 1], 해미레 상단 로프에 릴리즈 후크를 이용하여 진수하였고, 해미레 2차 케이블에 고정된 인양로프를 크레인 로프에 연결하여 인양하였다. 수중진수장치인 해누리의 진수와 인양은 온누리호의 A-프레임을 이용하였고, 견인용 윈치(Traction winch)를 이용한 잠항부상 방법을 사용하였다. 해미레와 해누리의 수중 위치추적은 해미레의 모선인 온누리호 우현 중앙에 수중음향위치추적시스템 수신기를 설치하여 운용하였다. 탐사에 사용된 해미레의 모선인 온누리호에 설치된 주요 장비는 1미터 해상도의 위성항법보정시스템(DGPS, differential global positioning system),



Fig. 1. Deployment and recovery of ROV ‘HEMIRE’.

KonMap 시스템을 적용한 종합항법통제 및 관리시스템 (Navigation system), 정밀수심측정기(Precision Echo Sounder, SIMRAD EA-600), 다중빔 음향측심기(EM 120, Kongsberg Simrad Inc.), 그리고 천부지층탐사기 (Sub-Bottom Profiler, BATHY-2000P) 이다. 이외에 무인잠수정 해미래로 운용될 것으로, 해저 퇴적물 채집을 위해 제작된 압력주상채니기(push corer)와 채집국자(scoop), 심해생물 채집을 위한 2가지 타입의 연구용 통발 (사각형과 원형), 그리고 CO₂-CH₄ 농도 측정센서가 장착 사용되었다.

2.2 현장 조사

해미래를 이용한 동해 울릉분지 및 후포퇴 주변 해역의 심해 해저면 탐사는 2015년 6월 12일부터 26일 동안 2 항차로 구분하여 실시되었다. 조사정점은 후포퇴의 왕돌초 주변 정점 1, 동측 심해 사면에 위치한 정점 6, 7, 울릉분지 중앙에 위치한 정점 2, 울릉분지 서남쪽 사면에 위치한 정점 3, 4, 5, 8의 총 8정점으로 총 10번의 잠수조사를 실시하였다[Fig. 2, Table 1].

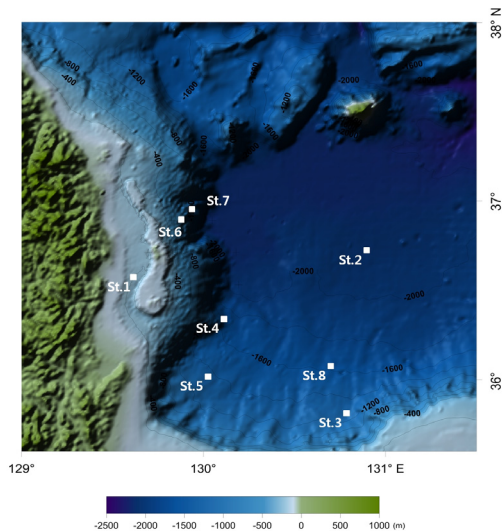


Fig. 2. Station map with bathymetry data of study area in the East Sea.

전체 조사해역의 수심은 194~2,080m였으며, 각각의 잠수시간은 조사목적과 장비의 상태, 해황에 따라 1~6 시간 정도가 소요되었다. 안전 확보를 위해 어구 설치지역을 피하여 주간에 조사하였다. 조사내용은 고해상도 비디오카메라를 통한 해저면의 지형 및 퇴적상 특성, 심

해생물상 관찰과 압력주상채니기를 사용한 퇴적물 채집, 심해생물 채집을 위한 원통 및 상자형의 두 가지 타입의 연구용 통발 설치 및 수거, 로봇팔을 이용한 심해생물 채집이었다. 모든 잠수 조사 시 시간별로 잠수정 운용 및 관찰내용을 기록하였고, 조사 후 녹화된 자료와 대조하여 관찰된 내용과 시료 채집위치 및 환경정보를 참고하여 분석하였다.

Table 1. Information of location, dive time and samples at each dive station

Station	Dive number	Date / Dive time	Location (target position)	Water depth (m)	Sample	Features of Sites
St.1	#01	13-Jun 3h 4m	36°29.23'N 129°34.52'W	194	4 push cores, Sea anemones	Site of depressive seabed
		14-Jun 1h 10m	36°36.00'N 130°57.00'W	2080		Field of methane hydrate
St.2	#03	15-Jun 5h 42m	36°36.00'N 130°57.00'W	2080	3 push cores, Sea anemones	Field of methane hydrate
		17-Jun 4h 30m	36°52.04'N 130°45.72'W	1360	6 push cores, Sea anemones	Site of Minero's run track
St.3	#04	18-Jun 2h 0m	36°15.10'N 130°03.90'W	1540		Site of drilling core (gashydrate)
St.4	#05	20-Jun 5h 34m	36°06.27'N 130°04.28'W	1440	Snails	Site of Hemire's mound
		25-Jun 4h 3m	36°06.42'N 130°04.72'W	1447	2 bait traps (snails, crabs)	Site of Hemire's mound
St.5	#10	22-Jun 1h 54m	36°41.67'N 129°49.89'W	330	discarded crab-trap (hermit crabs), sea lilies	Slope area of Hupo bank
St.6	#07	23-Jun 5h 48m	36°29.31'N 129°34.52'W	1040	discarded crab-trap (sea anemones, snails, crabs)	Slope area of Hupo bank (steep slope)
St.7	#08	24-Jun 5h 52m	36°05.00'N 130°53.60'W	1677	1 push core, 1 bait trap (red snow crab)	Dumping area (Byoung)
St.8	#09					

3. 결과

3.1 정점 1 (후포퇴 남측 함몰지형, Dive #1)

이 지역(수심 200m 내외)에서는 생선원인 등의 정보가 거의 없는 함몰대 (직경 30-40m, 깊이 5-6m 규모)의 영상 자료를 취득하였다. 탐사일자와 소요시간은 2015년 6월 13일과 3시간 4분이었다. 탐사 중 4개의 압력주상채니기를 획득하였고, 심해 말미잘을 채집하였다. 후포퇴 남부 함몰대는 수심이 얕고 부유물 농도가 높아 잠수정의 시야확보가 매우 불량하였다. 특히 함몰대 내부의 경우, 고도 1m 이내에서만 해저면 영상 확보가 가능하였고, 그 결과 당초 계획한 함몰대 지형특성 확인은 취소되었다. 해저면에는 대게류가 간혹 출현하였고, 투기쓰레기인 비닐로 보이는 물체에 부착된 심해 말미잘이 관찰되었다.

3.2 정점 2

(가스하이드레이트 발견 해역, Dive #02, #03)

본 지역에서 지난 2007년 수행된 울릉분지 가스 하이드레이트 탐사(지질자원연구원 주도)를 통해 채집된 퇴적물 코어에서 메탄수화물이 확인된 바 있다.

다중음향측심기를 이용하여 지형도 및 음향산란도를 획득하고, 기존 퇴적물 시료채취 정점을 활용하여 잠수정 조사 측선을 선정하였다. 조사 측선은 메탄수화물이 확인된 정점을 포함하였고, 해저면 영상관측을 통해 압력주상채니기로 채취하고자 하였다. Dive #02에서는 해저면 도달 후 1시간 10분 이후 잠수정 전원이 차단되어 퇴적물 시료채취 지점에 도달하지 못하고 잠수정을 회수하였다. 잠수정 점검 후 다시 수행된 Dive #03에서는 당초 예정된 2곳의 퇴적물 시료채취 지점에서 탐사를 수행하였다. Dive #03에서는 약 5시간 40분간 수행된 해저면 관측을 통해 메탄수화물 노출지역을 확인하고자 했으나, 찾지 못했다. 첫 번째 퇴적물 시료채취 지점에서 2개 코어 채집에 성공하였으며[Fig. 3], 두 번째 시료채취 지점에서는 코어뚜껑 이탈로 시료획득에 실패했다. 정점 2에서는 해저에 있는 물체에 부착되어 있는 심해말미잘과 해저면에 서식하는 홍게류, 연골어류인 침치목(order ophidiiformes)에 속하는 심해어류가 다수 관찰되었다[12, Fig. 3].

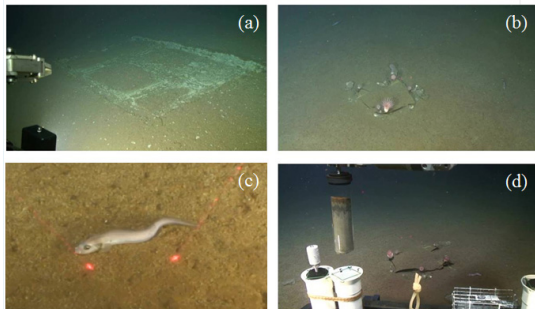


Fig. 3. Images of dive survey at station 2.

(a) trace of HEMIRE (b) deep-sea anemones attached on a vinyl litter debris (c) a fish (order ophidiiformes) detected during ROV video-surveys (d) core sample collected by push corer.

3.3 정점 3 (심해 채광기 미내로 주행시험 해역, Dive #04)

본 정점은 지난 2013년 망간단괴 집광기인 미내로의 주행성능시험을 수행한 곳(수심 1,300m)이다. 이곳에서

첫 번째 측선을 통해 주행트랙을 확인하고, 두 번째 측선 운영을 통해 압력주상채니기로 퇴적물 시료를 채취하였다. 집광기 주행트랙은 평행한 골과 마루가 교호하는 형태로 관찰되었으며, 주행자국이 남지 않아 주행시험 이후 퇴적물이 덮였음을 시사하였다. 한편, 표층 초대형저서생물의 분포는 주행트랙과 미 주행지역 사이에 뚜렷한 차이가 없었다. 주행시험에 따른 퇴적물 교란을 평가하기 위해 주행 직접영향지역(A), 간접영향지역(B), 미 영향지역(C)으로 구분하여 퇴적물 시료를 채취하였다. 이곳에서는 홍게류가 다수 출현하였고, 일반명 다알리아(Dahlia) 말미잘이라고 불리는 Liponematidae과에 속하는 대형 심해 말미잘류(*Liponema* sp.)가 출현하여 채집하였다[12]. 이 종은 태평양의 한대해역에서 출현하는 심해종으로 알려져 있으며 동해에서는 처음으로 발견되었다[12, Fig. 4].



Fig. 4. Collection of deep sea anemone (family Liponematidae) at station 3.

3.4 정점 4

(가스 하이드레이트 시추공 해역, Dive #05)

이곳은 이전에 가스 하이드레이트 조사를 위해 시추된 시추공이 위치한 지역이다. 잠수정 탐사는 해저면 영상관찰을 통해 시추공을 확인하고 시추공 주변 지역의 퇴적물을 채취하고자 하였다. 2015년 6월 18일 오전에 탐사가 시작되었고, 시추공 예상 위치 300m 전방에서 잠수정을 착지시킨 후 시추공 정점으로 잠수정 고도 3m를 유지하여 정밀지형을 확인하며, 잠수정 행동반경 범위(약 20m 내외)에서 영상탐사를 했으나, 시추공 흔적은 발견하지 못했다. Dive #05 수행 중에는 빠른 해류유속으로 인해 온누리호의 정선의 어려움으로 해저면 착지가 필요한 퇴적물 시료채취 및 정밀지형도 획득을 위한 측선조사가 불가하였다. 이곳에서는 심해 오징어류와 빗살

해파리류(Ctenophores) 그리고 폐기된 물체에 부착된 심해 말미잘류가 관찰되었다.

3.5 정점 5 (해미래 동산, Dive #06, #10)

이곳은 2013년에 해미래를 이용한 조사 시 처음 관찰된 곳으로 작은 언덕의 형태로 이루어져 “해미래 동산”으로 명명되었다. 이곳은 해저면 군데군데 위치한 암석 마운드들이 하얗게 변색되어, 메탄가스의 용출이 예상되는 특이지역으로, 대게나 홍게류, 저서어류, 불가사리 등의 생물상이 풍부하게 관찰된 지점이다. Dive #06 탐사에서는 고해상도 카메라를 이용하여 해미래 동산 지역의 생물분포를 파악하였다. 생물상이 상대적으로 풍부한 곳(수심 1,454m, 북위 36°05.9120', 동경 130°04.6872')에 연구용 통발(원형 및 상자형)을 설치하였다[Fig. 5-6]. 설치 후, 주변 20-30m 이내 지형탐색 결과, 대략 면적 (1m×1m) 내에 홍게류가 최대 4 개체, 침치목(order ophiidiiformes)에 속하는 어류가 최대 3 개체, Solasteridae과에 속하는 햇님불가사리류 최대 3 개체가 관찰되었다. 그 중 웅크리는 자세로 있는 햇님불가사리류와 퇴적물에 절반쯤 몸을 숨긴 *Buccinum* 속에 속하는 심해 고둥류(물레고둥류)를 뜯쳐로 채집하였다[Fig. 6].

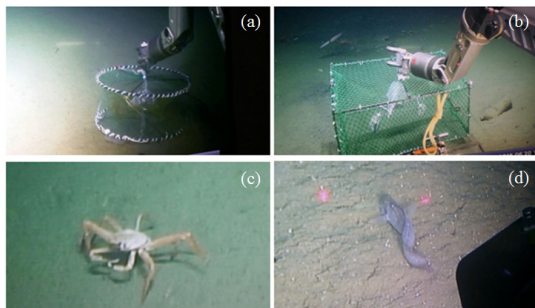


Fig. 5. Images of dive survey at station 5.

(a) Deploying cylinder type bait trap (b) Deploying box type bait trap (c) feeding behavior of red snow crab (d) a fish (order ophiidiiformes) detected during ROV video-surveys.

마지막 조사로 2015년 6월 25일에 실시된 Dive #10 탐사에서는 동일해역에서 5일전 Dive #06에서 설치한 연구용 통발(원형 및 상자형)을 회수하였다. 수거된 연구용 통발에는 홍게류 3개체와 큰 크기의 *Buccinum*속의 심해 고둥류(물레고둥류)가 50개체 이상 포획되었다. 포획효율은 원형통발보다 사각통발이 높았고, 특히 고둥류 개체수가 높았고, 홍게류의 크기도 다른 정점에 비해 비

교적 컸다. 정점 5에서 수행한 연구용 통발 설치 및 회수 작업은 동해에서 최초로 1,400m가 넘는 수심에서 연구자가 원하는 위치에 설치하고, 일정기간 경과 뒤 재 방문하여 100% 회수할 수 있음을 입증한 것이다. 또한 주요 서식생물인 홍게류를 채집할 수 있음도 증명되어, 향후 현장 설치형 심해연구의 가능성을 입증하였다.

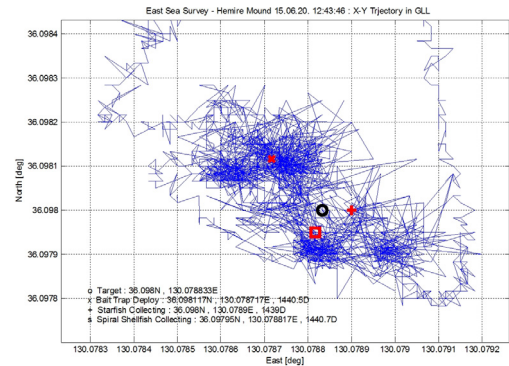


Fig. 6. Tracking path of "HEMIRE" and position of bait trap deployed at station 5.

3.6 정점 6, 7 (후포퇴 사면, Dive #07, #08)

후포퇴 인근 해역의 정점 6과 7은 거리상 약 7 km 정도 떨어져 있다[Fig. 7]. 정점 6은 후포퇴 동쪽 심해경사면의 시작부분에 있고, 대게류(홍게, 대게)와 동물플랑크톤의 높은 생물량으로 인한 어류의 생육장으로도 잘 알려져 있다. 정점 7은 정점 6에 비해 후포퇴 및 왕돌초에서 외해로 더 멀리 떨어진 협곡부근으로, 천해에서 심해로 전이되는 곳이다. 정점 6에서 해미래를 이용한 수평 이동 조사 시 관찰된 생물들은, 많은 개체수의 등가시치과(family Zoarcidae)에 속하는 심해성 저서어류, 소형의 게류, 소형 오징어, 그리고 상대적으로 적은 개체수의 바다나리류, 채찍산호류, 불가사리류, 성게류였다. 이는 해미래 동산의 바닥표면에서 관찰된 생물상에 비해 높아, 생산력이 높은 것으로 나타났다. 퇴적물 표면에 저서생물의 서식지로 보이는 구멍이 다수 관찰되었다. 버려진 통발 1기가 관찰되었고, 다수의 집게류가 포획되어 있었다. 또한 주변에 바다나리류(강장동물문)가 다수 관찰되어 인양 및 채집하였다. 통발 상태는 상대적으로 온전하였으나, 포획된 생물상은 집게류가 대부분이었고, 골뱅이라고 불리우는 *Buccinum* 속의 심해 고둥류(물레고둥류)가 일부 있었다. 특이한 점으로, 폐통발을 인양할 때, 주변에 난바다곤쟁이류의 떼(swarm)가 존재하여 먹이주

변을 맴도는 부식자의 모습을 연상케 하였다.

정점 7은 후포퇴 사면의 급경사를 이루는 협곡부를 중심으로 수심이 얇은 곳(Point 1)에서 수심이 깊은 (Point 3)으로 나가면서, 해저면을 탐색하였다[Fig. 7]. 최초 착저된 Point 1에서 관찰된 생물은 대게였으며, 그 크기가 Station 6에서 관찰된 것에 비해 컸다. 사면을 따라 발견된 생물들은 홍게류, 말미잘류, 심해 오징어류, 햇님불가사리류, 심해 해삼류, 등가시치과 어류, 그리고 다수의 심해성 저서새우류 등이었다. 분포특성은 곳곳에 폐기된 대형쓰레기(침묵과 폐비닐 등) 주변에 생물들이 모여 있었으며, 저서어류, 게류, 말미잘 등이 한데 어우러져 있었다[Fig. 8]. Point 1에서 Point 3으로 진행하는 과정에서, 수심이 깊어지는 경사면 쪽에 생물상이 특히 높았으며, 홍게류와 새우류의 밀도가 높았다. 해저면 탐색 중, 폐기된 중형 통발이 발견되어 회수한 결과 다수의 심해 말미잘류, 환형동물류 그리고 홍게 암컷 2마리가 확인되었다[Fig. 8]. 생물들은 목적에 따라 급속냉동, 알콜 또는 5%의 포르말린 고정액에 보관하였다.

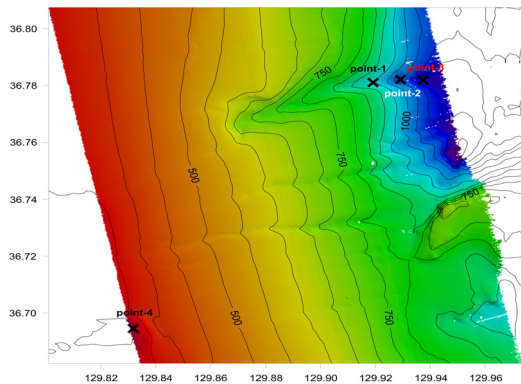


Fig. 7. Bathymetry map with dive point at stations 6 and 7. (Dive #07:point-4, Dive #08:point-1-3; Point-1(36°46.85583' N, 129°55.14567' E, 940m), Point-2(36°46.9145' N, 129°55.737' E, 1,055m), Point-3(36°46.89817' N, 129°56.22517' E, 1,172m), Point-4(36°41.66817' N, 129°49.89367' E, 300m))

3.7 정점 8 (동해병 해양투기해역, Dive #09)

이 정점은 1991년부터 2013년까지 분뇨, 축산폐수, 생선찌꺼기, 준설토사, 폐수, 하수찌꺼기, 원료로 사용된 등, 식물 폐기물 등을 투기해 온 동해병 투기해역 내에 있다[13].

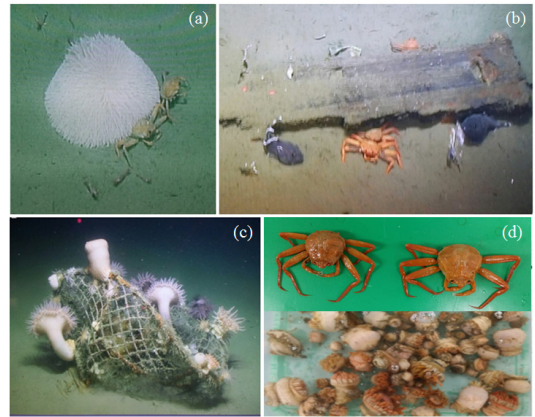


Fig. 8. Images of dive survey at station 7.

(a) two red snow crabs and small shrimps near dahlia anemone (b) deep-sea community near sunken wood (c) anemone community attached to discarded fishing gear (d) biological samples collected in abandoned fishing gear.



Fig. 9. Images of dive survey at station 8.

(a) sediment surface (b) walking red snow crabs on the sediment surface (c) core samples collected by push corer (d) deployed bait trap of cylinder type and crabs.

이곳의 오염도 분포 및 생물 분포 연구는 진행 중이나 [13], 해저면 영상의 직접관찰을 통한 서식지 혹은 서식 생물의 특성조사는 최초이다. 2015년 6월 24일 5시간 52분 동안 실시된 Dive #09의 결과, 탐사지역의 해저면 색은 다른 정점에 비해 짙었고, 울퉁불퉁한 표면특성을 나타냈는데, 이는 많은 양의 준설토가 집중폐기 된 것과 관련 있어 보였다[Fig. 9]. 이곳은 홍게류, 복족류와 침치목(order ophiidiiformes)의 어류 등이 주로 관찰되었고, 홍게류가 걸을 때마다 다리들이 퇴적물 속에 깊이 빠지는 양상이 관찰되었다. 연구용 통발(원형)의 먹이를 절반 정도 으깨어 설치한 후 1시간 20분 정도 경과 후 수거하였다. 이 경우에 통발을 설치하자마자 붉은 대게 한 마리가

가 빠르게 접근하였고, 회수를 위해 재접근 했을 때에는 통발 주변에 6~7마리의 대게들이 몰려있었다. 압력주상채니기를 통해 획득된 퇴적물 층은 다른 정점들과 달리 짙은 색을 띠었다.

4. 고찰 및 결론

최근에 심해 해산 및 열수분출공 지역과 같은 특수 생태계에 대한 관심이 전 세계적으로 증가하고 있다[10, 14]. 수십 년 전부터 연구용 유, 무인 잠수정 등의 최첨단장비를 보유하고 관련 연구를 진행해 온 국가들을 중심으로 심해에서 인간에게 유용한 물질을 추출하려는 적극적인 시도를 해왔다 [4, 5]. 이러한 추세는 심해를 연구하기 위한 기반 장비나 시설이 충분치 않은 국가들에게 매우 시급한 과제이다. 대표적인 사례로 중국은 후발 주자이지만 2000년대에 접어들어 심해 유무인 잠수정 개발에 집중하여, 2009년에 중국과학부 및 국가해양국에서 ‘JIAOLONG’을 제작하여, 2012년 7,062m 심해탐사에 성공하였고, 2013년 4,500미터에서 탐사에 성공한 ROV “해마(海馬)호”를 보유하게 되어, 전 세계 해양의 99.8%를 탐사할 수 있는 능력을 보유하였다[5]. 우리나라도 해양수산부의 지원 아래 한국해양과학기술원을 중심으로 1990년대 중반부터 수행되어온 심해저 자원탐사와 더불어 심해 생물 및 열수 생물에 대한 연구가 계속 진행되고 있다[8, 9, 10]. 특히 2006년에 세계 4 번째로 개발된 6,000m급 무인잠수정 해미래는 우리나라 심해 연구를 수행하기 위한 기반 기술로서 큰 의미를 가진다 [3, 5, 6]. 특히 우리바다 동해는 90% 이상이 심해로 구성되어 있으며, 가스 하이드레이트가 부존하고, 해산 생태계 및 환원환경의 특수 생태계의 존재 가능성이 높게 평가되면서 관련 심해 연구의 시급성이 부각되고 있다 [1]. 따라서 이번 해미래를 활용한 심해 탐사는 동해 심해연구에 새로운 국면을 제공할 수 있을 것이다.

본 조사 시 획득한 탐사결과를 요약하면, 1) 동해 주요 해역 심해 해저면의 실제 영상을 획득하였고, 2) 수산자원으로 중요한 홍게류의 서식밀도와 미 기록종의 생물을 포함한 주요 심해생물상 자료를 획득하였고, 3) 해저협곡의 경사면 등 특이 지형을 확인하였으며, 4) 압력주상채니기를 이용한 현장의 교란되지 않은 퇴적물 주상시료를 채집하였으며, 5) 외부에서 투기 유입된 폐물질 등의 심해 저서환경을 확인하였다. 이 같은 자료들은 기

존 연구의 결과를 해석하거나 심해 서식지 환경을 이해하는데 활용될 수 있다. 또한, 이번 조사로 얻어진 해미래 운용의 기술적 성과는 다음의 4가지로 요약될 수 있다. 1) 관성센서 및 초음파속도센서를 융합한 항법 제어시스템의 성공적 활용으로 안정적이며 정밀한 항법이 가능하여, 정점 5의 수심 1,440m 에서 연구용 통발을 설치한 뒤 5일 후에 다시 잠항하여 회수에 성공하였다. 이는 향후 심해 현장 실험을 위한 장비 설치 및 수거가 가능함을 의미한다. 2) Hypack과 연동한 해미래, 해누리, 모션 위치 통합 모니터링 기법을 적용하여 위치추적 화면과 탐사장면 HD 영상을 선박의 브릿지와 Dry Lab에 전송하여 현재 위치에 대한 정확한 정보를 선박 운용팀과 연구팀이 동시에 활용할 수 있게 되었다. 3) 모션인 온누리호의 추진기를 이용한 무인잠수정 위치 제어를 성공적으로 수행하여, DP(Dynamic Positioning)기능에 대한 제한성이 상당부분 개선되었다. 4) 개선된 HD 카메라, LED 램프 그리고 HMI 램프를 이용하여 이전 조사에 비해 고화질의 영상 취득이 가능하였다.

이번 동해 심해탐사 수행을 통해 향후 보완되어야 할 점은, 무인잠수정 지원 선박의 DP system과 시료를 채집할 수 있는 다기능의 로봇팔의 안정성 및 고장 대비방안, 효과적인 생물 채집을 가능케 하는 흡입식 채집기의 개발이다. 또한 국내 실정상 무인잠수정 탐사에 위험한 장애물이 될 수 있는 어구들이 해저면에 많이 존재하므로, 이를 극복할 수 있는 대안이 필요하다. 또한, 성공적이고 효율적인 탐사가 되기 위해서는 국내에 거의 전무한 전문 기술 및 조사 지원 인력의 확보가 절실한 실정이다.

References

- [1] Ministry of Education, Science and Technology, East sea/Dokdo Marine Science Program, Ministry of Education, Science and Technology, p.3-9, 2009.
- [2] Peter Herring, The Biology of the Deep Ocean, p.1-26, Oxford University Press, 2002.
- [3] W. Kim, Endless scientific exploration of a mysterious deep-sea, Sci. Technol. (7), pp.69-73, 2007.
- [4] S. Jin, S. Lim, S. Park, S. Yoo, Measuring the Scientific Benefits from the Deep-sea Human-operated Vehicle Project: A Choice Experiment Study, Ocean and Polar Res., 36(3), pp.277-288, 2014.
DOI: <http://dx.doi.org/10.4217/OPR.2014.36.3.277>
- [5] Ministry of Oceans and Fisheries, Development of

deep-sea manned Submersible, pp.25-219, 2014.

- [6] P. Lee, Y. Seo, Development of 6k class deep-sea ROV 'Hemire' and "Henubi", World of Electricity, 55(3), pp. 20-24, 2006.
- [7] P. Lee, Discovering undersea world below 11,782 m, Sci. Technol., 7, pp.74-79, 2007.
- [8] S. Yoo, D. Jung, S. Park, The economic impacts of pacific ocean deep-sea manganese nodule development project, Ocean and Polar Res., 32(4), pp.489-499, 2010. DOI: <http://dx.doi.org/10.4217/OPR.2010.32.4.489>
- [9] Ministry of Oceans and Fisheries, Development of overseas marine bioresources and a system for their utilization, 341p, Ministry of Oceans and Fisheries, 2014.
- [10] Korea Ocean Research & Development Institute, Study for International Collaboration Work of Hydrothermal Vent Community, 370p, Korea Ocean Research & Development Institute, 2002.
- [11] H. Baek, B. Jun, G. Choi, P. Lee, A Case Study on the Operation Strategy of Hemire from the Analysis of Deep-Sea ROV Operations, Abstract book of The Korean Society for Marine Environment & Energy, pp.1723-1729, 2012.
- [12] K. Fujikura, T. Okutani, T. Maruyama, Deep-Sea Life - Biological Observations Using Research Submersibles, 487p, Tokai University Press, 2008.
- [13] Ministry of Oceans and Fisheries, Establishment of management system for ocean dumping waste [III], 1242p, Ministry of Oceans and Fisheries, 2006.
- [14] Maria R Cunha (eds), 14th deep-sea biology symposium abstract book, 367p, Universidade de Aveiro, 2015.

민 원 기(Won-Gi Min)

[정회원]



- 2000년 2월 : 한양대학교 지구해양 과학과 (이학석사)
- 2007년 8월 : 인하대학교 해양학과 (이학박사)
- 2007년 9월 ~ 현재 : 한국해양과 학기술원 전문연구사업인력

<관심분야>

해양생물학, 심해생물학

김 종 욱(Jonguk Kim)

[정회원]



- 1999년 2월 : 연세대학교 지구시스 템과학과 (이학석사)
- 1996년 3월 : 서울대학교 지구환경 과학부 (이학박사)
- 2006년 10월 ~ 현재 : 한국해양과 학기술원 책임연구원

<관심분야>

해저열수시스템, 해저화산활동

김 응 서(Woong-Seo Kim)

[정회원]



- 1984년 8월 : 서울대학교 대학원 해양학과 (이학석사)
- 1993년 2월 : 뉴욕주립대학교 해양 과학과 (이학박사)
- 1993년 3월 ~ 현재 : 한국해양과 학기술원 책임연구원
- 2005년 9월 ~ 현재 : UST 교수

<관심분야>

해양생물학, 동물플랑크톤, 심해생물

김 동 성(Dong-Sung Kim)

[정회원]



- 1992년 3월 : 일본 동경대학교 생 물학과 (이학석사)
- 1996년 3월 : 일본 동경대학교생물 학과 (이학박사)
- 2000년 9월 ~ 현재 : 한국해양과 학기술원 책임연구원
- 2005년 9월 ~ 현재 : UST 교수

<관심분야>

해양생물학, 심해생물학

이 판 묵(Pan-Mook Lee)

[정회원]



- 1985년 2월 : 한국과학기술원 기계공학과 (공학석사)
- 1998년 2월 : 한국과학기술원 기계공학과 (공학박사)
- 1985년 3월 ~ 현재 : 선박해양플랜트연구소 책임연구원

<관심분야>

심해 유무인 잠수정, 수중로봇

강 정 훈(Jung-Hoon Kang)

[정회원]



- 1998년 2월 : 서울대학교 해양학과 (이학석사)
- 2004년 8월 : 서울대학교 지구환경과학부 (이학박사)
- 2007년 3월 ~ 현재 : 한국해양과학기술원 책임연구원
- 2014년 9월 ~ 현재 : UST 교수

<관심분야>

해양생물학, 외래생물생태학