



6,000m급 심해무인잠수정 “해미래” 및 “해누비” 시스템 개발

▣ 이판목 / 한국해양연구원 해양탐사장비사업단장
▣ 서영우 / 대양전기공업(주) 기술연구소장

1. 서 언

지구의 71퍼센트는 바다이고 지구의 60퍼센트는 1천5백미터 이상인 심해이다. 심해는 엄청난 자원의 보고이며 지구과학의 많은 문제에 대한 해답의 실마리를 제공할 것으로 기대된다. 하지만 심해는 수심 10미터 증가에 1기압씩 압력이 증가하여 수심 6천미터에서는 6백기압이 작용하는 초고압 극한 조건이 된다. 게다가 바다는 수시로 변하며 빛과 전파가 수중을 통과하기 어려우므로 육상에서 통용되는 기술이 수중세계에 직접 적용될 수 없다. 우주개발이 실현되는 첨단 과학기술로도 심해는 미지 세계로 남아 있다.

심해 탐사를 위하여 여러 나라가 끊임없이 도전하였고 가시적인 성과를 일부분 얻었다. 무인잠수정은 심해탐사와 심해환경 조사를 위하여 심해 현장에 실제로 투입되어 시료를 채취하고 분석하는 필수적인 핵심장비이다. 이들은 현재 첨단기술이 접목된 무인잠수정과 해양계측장비 개발에 열중하고 있다.

한국해양연구원 해양시스템안전연구소는 해양수산부의 특정연구사업으로써 2001년부터 6개년 사업으로 심해무인잠수정 시스템을 개발해 오고 있다. 심해무인잠수정은 해양과학탐사를 목적으로 하며 이를 위해 다양한 기능을 보유해야하는 무인잠수정이다. 심해무인잠수정의 설계 심도는 6,000미터로 전 세계 해양의 약

97%를 탐사할 수 있는 성능을 갖는다.

심해무인잠수정은 그림 1에 보이는 것과 같이 실질적인 탐사 작업을 수행하는 원격제어무인잠수정(Remotely Operated Vehicle, ROV) ‘해미래’와 이를 지원하는 수중진수장치 ‘해누비’로 구성되며, ‘해누비’는 단독으로 운용이 가능하여 예인형 수중카메라 및 사이드스캔 소나 기능을 수행할 수 있다.

원격제어 무인잠수정(ROV) ‘해미래’에는 심해 생명체 등을 관찰하고 과학 조사 작업을 하기 위해 5개의 카메라 시스템과 조명 시스템 및 2개의 유압식 원격제어 매니플레이터를 탑재한다. 또한 심해 생물을 보다 자연스런 상태로 관찰하기 위해 유압식 추진기 대신에 소음이 적은 전동식 추진기 6기를 탑재하고 있다. 심해무인잠수정 시스템의 또 다른 구성원 중의 하나인 수중진수장치는 원격제어 무인잠수정의 작업을 지원하며 단독으로는 심해 예인 카메라의 기능을 갖는다. 수중진수장치에는 3개의 카메라와 조명장치, 측면주사 소나 및 방위각 제어를 위한 2기의 전동식 추진기를 갖는다. ‘해미래’와 ‘해누비’는 현재 대양전기공업(주)에서 하드웨어 제작이 완성되었으며, 2006년 2월 현재 수조 성능시험이 실시되고 있으며 2006년 4월에 2,000m 동해 성능시험을, 동년 10월에 태평양 시험을 계획하고 있다.

본 논문에서는 심해무인잠수정의 활용분야에 대한



그림 1 심해무인잠수정 "해미래"와 "해누비"의 시스템운용 개념도

소개와 함께 무인잠수정 개발 동향에 대하여 개략적으로 소개하고, "해미래"와 "해누비" 시스템에 대한 사양을 소개하였다.

2. 심해무인잠수정의 활용분야

일반적으로 2백미터 이상의 깊은 바다에는 햇빛이 전달되지 못한다. 따라서 심해는 생명체가 살기 힘든 환경이며 5백미터 이상 수심에서는 생명체가 거의 없는 것으로 알려져 왔다. 하지만 심해에도 우리에게 익숙한 형태의 심해생물을 비롯하여 희귀한 생명체들이 사는 것이 심해탐사로 밝혀졌다. 해양생물학자들은 이러한 생명체가 열악한 환경에서 어떻게 생존하며 생태계를 형성하고 있는가에 대한 연구를 수행하고 있다.

일례로 심해에는 열수분출구가 해저 화산대를 따라 곳곳에 산재해 있다 (그림 2). 열수분출구에서 솟어나



그림 2 심해 열수분출구와 심해생태계 탐사 (WHOI)



그림 3 해저 광케이블 보수작업 (WHOI)

는 먹구름 형태의 용출수는 350도 이상으로 뜨겁다. 이 주변에 새우, 게, 조개와 함께 관벌레가 대단위 군락을 이루며 산다. 관벌레에는 열수분출구에서 나오는 황화물을 화학적으로 분해하여 영양분을 공급하는 박테리아가 공생한다. 통상적으로 70도 이상에서는 박테리아가 살 수 없으나 이 박테리아는 열을 차단하는 물질이 있었다. 심해생물학자들은 유인잠수정과 무인잠수정을 이용하여 지금까지 밝혀지지 않았던 새로운 생명체를 약 5백여종 발견하였다. 이들은 유전자 분석을 통하여 심해생물의 계보 지도를 만들고 있으며, 고온에 견디는 박테리아를 연구하여 신물질 개발과 의학, 생화학, 생명공학에 활용하는 연구에 박차를 가하고 있다. 또한 인류의 생성기원에 관한 연구와 우주의 다른 행성에서도 화학합성에 의해서 생명체가 존재할 가능성에 대한 연구가 진행중이다.

해양지질학자들은 해저지각구조를 연구하고 해저지하자원을 탐사하고 해저지각 이동량을 예측하여 지진 발생을 예측한다. 심해무인잠수정은 해저면을 시추하여 시료를 얻고 로봇팔을 이용하여 케이블을 해저에 매설하고 해저암석을 채취하기도 한다 (그림 3, 4). 지금까지 해저 지하자원의 매장량 추정은 원격으로 탐사 되었으나 정밀한 측정을 위해서는 무인잠수정이 필요하다. 무인잠수정은 해저면에 근접해서 초정밀 중력계로 미소중력변화를 측정하여 자원 매장량을 정확히 추정할 수 있다.

또한 심해무인잠수정은 해저에 침몰한 선박의 발굴에도 활용된다. 영화로도 잘 알려진 비운의 타이타닉

호가 대서양에서 침몰한 후 73년이 지난 1985년에 다시 세상에 알려지기까지는 해양탐사기술과 잠수정 기술이 발전하였기에 가능하였다. 미국 우즈홀 해양연구소의 로버트 벨러드 박사는 썰

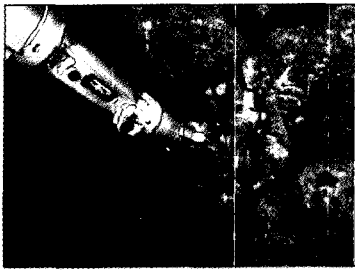


그림 4 해저광물 채취 (WHOI)

매 형태의 아르 고라는 무인잠수정에 해저를 관측할 수 있는 수중음향탐지기과 카메라를 설치하고, 길게 늘어뜨린 케이블에 아르고를 연결하고 예인하는 방법으로 해저를 관측하여 3,810미터 해저에 숨어 있는 타이타닉호를 발견하였다. 또한 벨러드 박사는 유인잠수정과 유인잠수정에서 발전하는 제이슨 주니어라는 소형의 원격조종 무인잠수정을 이용하여 타이타닉호의 선실 내부까지 정밀하게 탐사하였다.

3. 무인잠수정의 발전 현황

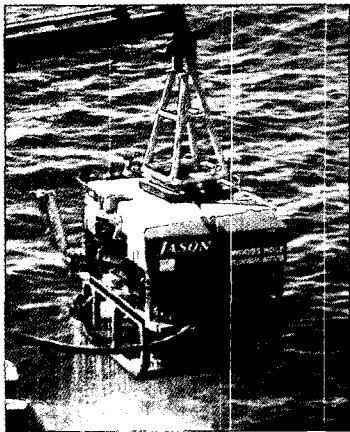


그림 5 미국 WHOI의 심해무인잠수정 Jason II

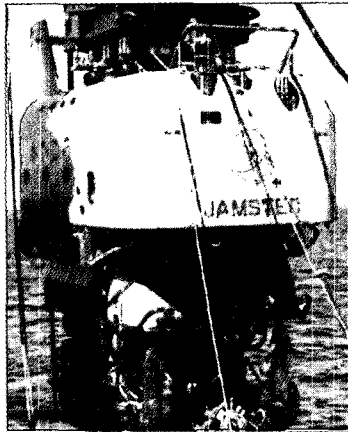


그림 6 일본 JAMSTEC의 심해무인잠수정 Kaiko

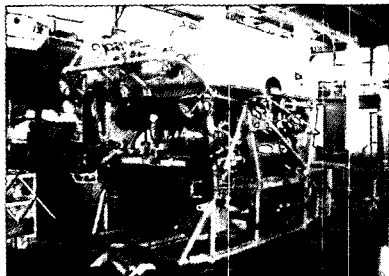


그림 7 프랑스 IFREMER의 심해무인잠수정 Victor 6000



그림 8 민군겸용으로 사용 가능한 반자율 무인잠수정 SAUV

최초의 무인잠수정은 1953년 드미트리 레비코프가 제작한 것으로 케이블이 연결된 무인잠수정 푸들이다. 1966년에 비행기 사고로 해저에 분실한 원자폭탄을 회수하고 1968년 침몰한 구 소련 잠수함을 찾아 인양하면서 심해탐사장비와 잠수정 기술이 급속히 발전하였다. 중동전쟁의 여파로 촉발된 석유파동을 겪으면서 70년대 말부터 연근해의 해저 유전이 개발되었으며, 이와 더불어 해저작업이 가능한 상업용 무인잠수정 개발이 이루어지기 시작하였다. 80년대에는 컴퓨터 기술 발전에 힘입어 무인잠수정의 기능이 다양화되었다. 이 시기에 자체 지능을 보유한 무인잠수정이 출현하였다. 미국을 비롯하여 프랑스, 영국, 캐나다, 일본, 러시아, 노르웨이, 스웨덴, 이태리, 독일, 호주, 중국 등이 무인잠수정을 개발하기 시작하였으며, 최근에는 6천미터 심해를 탐사하는 다양한 형태의 무인잠수정이 선보였다.

미국 우즈홀 해양연구소는 90년대 초반에 6천미터를 탐사할 수 있는 심해무인잠수정 제이슨과 미디어를 개발한 이후에 2002년에 6천5백미터 수심을 탐사할 수 있는 제이슨 II를 개발하였다 (그림 5). 일본해양연구센터는 마리아나 해구를 조사할 목적으로 1997년에 1만1천미터 수심을 탐사할 수 있는 심해무인잠수정 카이코를 개발하였다 (그림 6). 3천5백미터 수심에서 3백킬로미터를 자율항해할 수 있는 우라시마를 개발 중이다. 한편, 프랑스 해양연구소는 1997년에 6천미터급 작업용 무인잠수정 빅토르6000을 개발하였다 (그림 7).

우리나라는 선진해양국에 비하여 무인잠수정 개발에 늦게 뛰어 들었다. 하지만 세계최고의 선박 건조기술을 바탕으로 해양장비기술과 무인잠수정 기술을 꾸준히 발전시키고 있다. 국내에서 무인잠수정은 1993년에 한국해양연구

원이 해저탐사를 위한 무인잠수정 CROV300을 개발한 것이 처음이다. 대우조선(주)이 1996년에 해저를 탐사할 수 있는 자율항해무인잠수정 욱포6000을 개발하였고, 한국해양연구원이 1997년에 수중항주체의 제어시스템 연구를 위한 시험용 자율항해무인잠수정 보람호를 개발하였다. 2003년에는 민군겸용으로 사용할 수 있는 반자율항해 무인잠수정(SAUV)가 한국해양연구원과 대양전기(주) 공동으로 개발되었다.

4. 해미래 및 해누비의 시스템 사양

한국해양연구원이 개발 중인 심해무인잠수정은 복합형 무인잠수정 시스템으로 개발되고 있다. 최대 6천미터 수심에서 정밀 작업이 가능하면서 넓은 영역을 탐사할 수 있다. 심해무인잠수정은 2개 선체로 구성된다. 해저관측과 심해 이동기지 기능을 갖고 예인이 가능한 수중진수장치 '해누비' (그림 9), '해누비'와 중성부력 케이블로 연결되어 해저 탐사와 정밀작업을 수행하는 원격제어 무인잠수정 '해미래' (그림 10)이다. 또한 원격제어를 위한 선상 중앙제어 시스템으로 구성되었다.

'해누비'는 심해에서 수중전진기지 역할을 하며 초음파 위치추적장치를 갖추어 수중 위치를 선상에서 파악한다. 이를 기준으로 '해미래'가 위치를 계산한다. 수중진수장치는 ROV 작업을 보조하며, 해상에 떠 있는 해양조사선과 철갑 케이블로 연결되어 선상 원ちに 의하여 심도가 제어된다. 선상에는 중앙제어실이 있으며 심해무인잠수정을 모니터링하며 원격제어하는 장비가 설치되었다. 철갑 케이블에는 3개의 광통신 라인과 전원공급용 전선이 포함되었다. 이 장치에는 수중음향탐지기, 스틸 카메라, 비디오카메라 2대가 탑재된다. 표 1은 수중진수장치의 기본사양을 나타

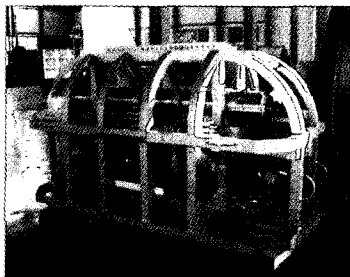


그림 9 수중진수장치 "해누비" 전경

낸다. 한편 수중진수장치는 단독으로 활용이 가능하므로, 이 장치를 예인함으로써 넓은 탐사해역에서 해저 영상촬영과 초음파 해저지형도가 작성된다.

ROV는 수중진수장치와 중성부력 케이블로 연결된다. 공기중 중량은 약 3.6톤이고, 수중에서는 중량과 부력이 일치하도록 설계되어 중성부력이 유지된다. 6개의 추진기를 이용하여 수중에서 자유롭게 이동이 가능하며 전진속도는 1.5노트이다.

설계된 ROV는 개방형 프레임 구조를 갖는다. 프레임 내부에 내압용기와 장비들이 배치되고, 상부에 부력재가 탑재되며, 하부에 과학탐사 프레임에 시료운반 바구니가 연결되었다. 광통신장치, 신호처리보드, 계측센서 앰프 등 전자장비는 티타늄으로 제작된 실린더형 내압용기에 내장된다. 그밖의 장비는 내부에 기를 채워 넣는 방식의 압력 보상형 구조를 갖는다.

ROV는 해양과학조사를 위한 염도·온도·밀도 센서(CTD), 탁도센서 등을 갖추고 있으며, 장애물 감지를 위한 전방감시 초음파 센서와 해저지형 관측을 위한 정밀 탐지소나를 장착한다. 최대 비디오 8채널에 디지털 스틸 카메라 1개, 카메라 5개와 수중조명장치가 설치되고, 2기의 유압구동형 수중 로봇팔(매니퓰레이터)이 장착되며, 선상에서 광통신 라인을 통하여 원격으로 제어된다. 표 2는 ROV의 기본사양을 나타낸다. ROV의 항법과 정밀 유도제어는 관성계측센서와 초음파 도플러 속도계를 이용하여 구현되었다. 또한 ROV와 진수장치와의 거리를 보조적으로 이용하여 고정밀 수중항법이 가능하도록 구현되었다.

우리나라가 개발중인 심해무인잠수정은 두 개의 무인잠수정으로 구성되고 전용의 지원선박을 필요로 하

표 1 수중진수장치 "해누비" 사양

Max. depth	6,000m
Dimension(L×B×H)	2.6m×1.2m×1.34m
Weight	1,100kg
Thrusters	2HP×2 for heading control
Equipment	2 Cameras(1 SIT), lights, P/T, Altimeter, USBL responder, Range sonar, AHRs, Side scan sonar, Forward looking sonar
Umbilical Length	8,500m
Towed mode	Heading controlled by vertical fin

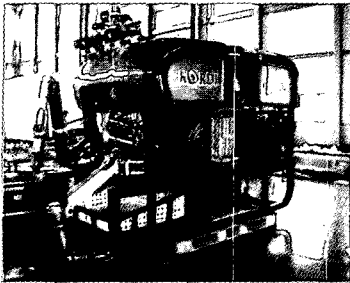


그림 10 심해무인잠수정의 ROV "해미레" 전경

표 2 심해무인잠수정의 ROV "해미레" 사양

Max. dep	th6,000 m
Dimension	3.3m×1.8m×2.2m (L×B×H)
Weight	3,661kg
Payload	200kg
Max. speed	For./Lat./Vert. 1.5/1.0/1.5knots
Tether Length	35/50/100m
Equipments	7 Cameras (3 CCD, SIT, 5 Color&B/W cameras), HMI, CTD, Incandescent lamp, 6 thrusters, USBL responder, IMU, DVL, FLS, two 7-F Manipulators, Altimeter, Multi-beam sonar, Range Sonar,

지 않는다는 점에서 미국 제이슨 II와 프랑스 빅토르 6000과 유사한 시스템이다. 제이슨 II와 빅토르6000과 비교하여 세 가지 특징이 있다. 첫째는 ROV를 분리한 상태에서 수중진수장치 단독으로 심해를 탐사하는 기능이고, 둘째는 넓은 해역에 걸쳐 심해무인잠수정의 위치를 추적하면서 특정해역에서는 위치를 정밀하게 추적할 수 있는 수중복합항법시스템이다. 셋째는 ROV를 이용한 정밀탐사 작업과 함께 에이유브이를 이용하여 탐사중인 인근 심해역을 조사할 수 있는 것이다.

심해무인잠수정은 ROV를 분리하고 수중진수장치를 예인하여 심해저를 빠르게 탐사할 수 있다. 이때에는 심해무인잠수정이 넓은 해역을 이동해야하므로 초단기선 초음파 위치추적장치(Ultra Short Base Line, USBL)를 이용하여 이동중인 수중진수장치의 위치를 추적한다. 유에스비엘은 정밀도가 높지 않고 상대거리에 대하여 0.3퍼센트 오차를 가지므로 6천미터 해저탐사에는 18미터 오차를 보인다. 이 위치추적 정밀도로는 ROV가 심해에서 정밀 탐사하는 것이 불가능하다. ROV를 이용한 심해관측과 시료채취 작업에는 유에스비엘과 함께 관성항법시스템과 도플러 속도센서를 퓨전한 수중복합항법시스템을 이용한다. 수중복합항법시스템은 한국해양연구원이 독자적으로 개발한 방법으로 6천미터 심해에서 5미터 이내의 항법오차를 가지며, 50센티미터 이내의 상대 위치오차를 갖는다.

5. 결 언

2006년말에 심해무인잠수정이 개발되면 2~3천미터 동해 해저와 6천미터 태평양 심해를 정밀하게 탐사하

는 것이 가능하게 된다. 심해무인잠수정은 해양연구원이 보유한 온누리호를 이용하여 활용될 예정이며, 향후 극지연구소가 건조할 쇠빙조사선에서도 활용될 수 있도록 설계되었다. 심해무인

잠수정은 ROV와 수중 이동기체인 수중진수장치가 협조하여 작업함으로써 작업효율이 향상되고 안전성과 신뢰성이 높고, 수중진수장치 단독으로도 예인형 무인잠수정으로 활용될 수 있다.

심해무인잠수정을 이용함으로써 정밀 지형지도 작성, 지질분석, 심해자원탐사, 심해생태계 연구가 활성화될 것이다. 또한 심해생명과학의 베일을 벗겨 심해신물질 연구, 심해 바이오, 심해 생화학 등의 연구가 가시적 성과를 얻어 첨단해양산업이 발전할 것으로 기대된다. 심해저 망간단괴를 비롯한 광물자원 탐사와 채취에 활용이 가능하며, 해저화산대 주변에 분포하는 열수광상, 열수분출구 주변에 서식하는 심해생물의 생태계 조사, 심해 해양바이오와 생명과학 연구에 직접 활용될 예정이다. 심해무인잠수정은 해저 광케이블을 매설하거나 해저에 해양관측기지를 건설하는 수중작업과 수중 시설물을 유지 관리하는 것에 이용될 수 있다.

석유자원이 고갈됨에 따라 인류의 차세대 대체연료로 부각되는 해저 메탄수화물 등에 대한 관심이 높아지면서 심해자원을 탐사하고 개발하는 사업이 추진될 예정이다. 해저 메탄수화물 분해와 이의 개발에 따른 해저 사면붕괴, 메탄수화물 개발이 심해환경시스템에 미치는 영향과 사회경제활동에 미치는 영향에 관한 연구가 필요하다. 미래에는 지각 플레이트 침하대의 심해환경 변화와 이에 따르는 지구물리 종합연구, 글로벌 심해관측 네트워크 구축, 심해생태계와 생명과학 연구, 심해저 물질순환에 관한 연구가 요구된다. 심해무인잠수정은 이러한 연구를 수행함에 있어서 실질적으로 심해에 투입되어 활용될 것으로 기대된다.