

# 차세대 심해 무인잠수정 바닷속 6천m '해양과학' 탐사



글\_이판목 한국해양연구원 책임연구원 pmlee@kriso.re.kr

지구의 71%는 바다이고, 지구의 60%는 깊이 1천500m 이상인 심해다. 심해는 엄청난 자원의 보고이며 지구과학의 많은 문제에 대한 해답의 실마리를 제공할 것으로 기대된다. 하지만 심해는 수심 10m 증가에 1기압씩 압력이 증가하여 수심 6천m에서는 600기압이 작용하는 초고압 극한 조건이 된다. 게다가 바다는 수시로 변하며 빛과 전파가 수층을 통과하기 어려워 육상에서 통용되는 기술이 직접 적용될 수 없다. 우주개발이 실현되는 첨단 과학기술로도 심해는 여전히 미지의 세계로 남아 있는 것이다.

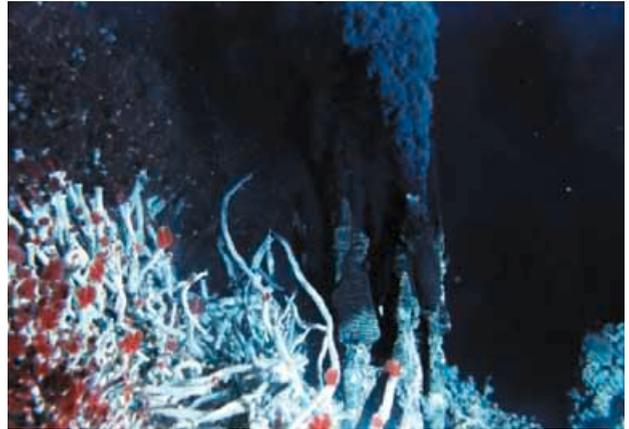
심해 탐사를 위하여 여러 나라가 끊임없이 도전하였고, 일부 분 가시적인 성과도 얻었다. 무인잠수정은 심해탐사와 심해환



심해로봇을 이용한 해저광물 채취



WHO의 심해로봇을 이용한 해저 광케이블 보수작업



WHO의 심해화산 탐사와 심해 생태계 연구

경 조사를 위하여 심해 현장에 실제로 투입되어 시료를 채취하고 분석하는 필수적인 핵심장비이다. 이들은 현재 첨단기술이 접목된 무인잠수정과 해양계측장비 개발에 열중하고 있다.

한국해양연구원은 2001년부터 해양수산부의 지원으로 해양 과학탐사를 위한 심해 무인잠수정 개발에 착수하였다. 이 무인잠수정은 6천m 심해를 정밀하게 탐사하며 작업이 가능한 원격 제어 무인잠수정(Remotely Operated Vehicle), 예인이 가능한 수중진수장치, 수중자율항해 무인잠수정(Autonomous Underwater Vehicle) 등 3개 선체로 구성된다. 현재 4차년도 연구가 수행중이고 2006년말 심해무인잠수정이 완공될 예정이다. 6천m급 심해무인잠수정은 전세계 해양의 98%를 조사할 수 있다. 따라서 한반도 인근해역뿐만 아니라 유엔 승인을 받아 우리 나라가 해양광물자원 개발권을 보유한 태평양 클라리온-클리퍼톤 해역, 인도양과 남서 태평양 해저에 이르기까지 심해 과학연구에 심해무인잠수정이 활용될 것이다.

#### 해저지하자원 탐사 · 지진 예측 · 침몰 선박 발굴

일반적으로 200m 이상의 깊은 바다에는 햇빛이 전달되지 못한다. 따라서 심해는 생명체가 살기 힘든 환경이며 500m 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. 열수분출구에서 솟아나는 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 70℃ 이상에서는 박테리아가 살 수 없으나 이 박테리아는 열을 차단하는 물질이 있었다.

심해생물학자들은 유인잠수정과 무인잠수정을 이용하여 지금까지 밝혀지지 않았던 새로운 생명체를 500 여 종이나 발견하였다. 이들은 유전자 분석을 통하여 심해생물의 지능 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 의한 생명체가 존재할 가능성에 대한 연구가 진행중이다.

해양지질학자들은 해저지각구조를 연구하고 해저지하자원을 탐사하고 해저지각 이동량을 계측하여 지진발생을 예측한다. 심해무인잠수정은 해저면을 시추하여 시료를 얻고 로봇팔을 이용하여 거리측정장치를 해저면에 설치하고 해저암석을 채취하기도 한다. 지금까지 해저 지하자원의 매장량 추정은 원격으로 탐사되었으나 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 타이타닉호가 대서양에서 침몰한 후 73년이 지난 1985년에 다시 세상에 알려지기까지는 해



WHO(미국 우즈홀 해양과학연구소)의 심해무인잠수정 JASON II



JAMSTEC(일본 해양연구센터)의 1만1천m급 심해무인잠수정 KAIKO



IFREMER(프랑스 해양과학연구소)의 심해무인잠수정 VICTOR 6000

양탐사기술과 잠수정기술이 발전하였기에 가능하였다. 미국 우즈홀 해양연구소의 로버트 벨러드 박사는 썰매 형태의 아르고라는 무인잠수정에 해저를 관측할 수 있는 수중음향탐지기 와 카메라를 설치하고, 길게 늘어뜨린 케이블에 아르고를 연결 하고 예인하는 방법으로 해저를 관측하여 3천810m 해저에 숨 어 있는 타이타닉호를 발견하였다. 또한 벨러드 박사는 유인잠 수정과 유인잠수정에서 발견하는 제이슨 주니어라는 소형의 원격조종 무인잠수정을 이용하여 타이타닉호의 선실 내부까지 정밀하게 탐사하였다.

### 자체 지능 보유 '자율항해 무인잠수정' 개발 활발

최초의 무인잠수정은 1953년 드미트리 레비코프가 제작한 것으로 케이블이 연결된 무인잠수정 푸들이다. 1966년에 비행기 사고로 해저에 분실한 원자폭탄을 회수하고, 1968년 침몰한 구소련 잠수함을 찾아 인양하면서 심해탐사장비와 잠수정 기술이 급속히 발전하였다. 중동전쟁의 여파로 촉발된 석유파동을 겪으면서 70년대말부터 연근해의 해저 유전이 개발되었으며, 이와 더불어 해저작업이 가능한 상업용 무인잠수정 개발이 이루어지기 시작하였다.

1980년대에는 컴퓨터 기술 발전에 힘입어 무인잠수정의 기능이 다양화되었다. 이 시기에 자체 지능을 보유한 무인잠수정이 출현하였다. 미국을 비롯하여 프랑스, 영국, 캐나다, 일본, 러시아, 노르웨이, 스웨덴, 이탈리아, 독일, 호주, 중국 등이 무인잠수정을 개발하기 시작하였으며, 최근에는 6천m 심해를 탐사하는 다양한 형태의 무인잠수정이 선보였다.

미국 우즈홀 해양연구소는 1990년대 초반에 6천m를 탐사할 수 있는 심해무인잠수정 제이슨과 미디어를 개발한 이후에 2002년에 6천500m 수심을 탐사할 수 있는 제이슨 II를 개발하였다. 프랑스 해양연구소는 1997년에 6천m급 작업용 무인잠수정 빅토르6000을 개발하였다. 한편 일본해양연구센터는 마리아나 해구를 조사할 목적으로 1997년에 1만1천m 수심을 탐사할 수 있는 심해무인잠수정 가이코를 개발하였다. 3천500m 수심에서 300km를 자율항해할 수 있는 우라시마를 개발중이다.

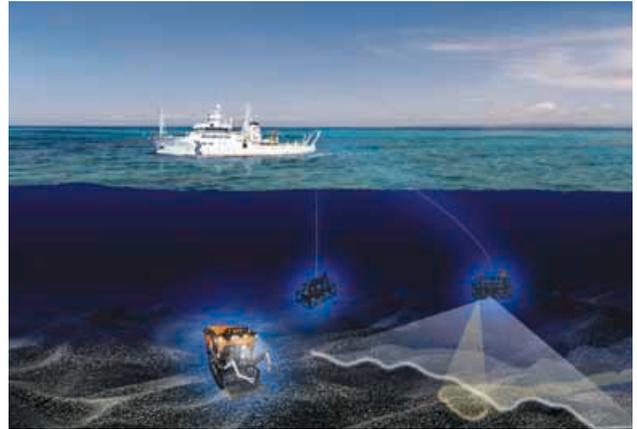
우리 나라는 선진해양국에 비하여 무인잠수정 개발에 늦게 뛰어 들었다. 하지만 세계최고의 선박건조기술을 바탕으로 해



2003년에 개발된 민군겸용으로 활용이 가능한 반자율항해형 수중로봇 SAUV



한국해양연구원이 보유한 6천m급 예인형 심해카메라



심해로봇(심해무인잠수정)의 운용 개념도

양장비기술과 무인잠수정 기술을 꾸준히 발전시키고 있다. 국내에서 무인잠수정은 1993년에 한국해양연구원이 해저탐사를 위한 무인잠수정 씨로브 300을 개발한 것이 처음이다. 대우조선(주)이 1996년에 해저를 탐사할 수 있는 자율항해 무인잠수정 옥포 6000을 개발하였고, 한국해양연구원이 1997년에 시험용 자율항해무인잠수정 보람호를 개발하였다. 2003년에는 민간겸용으로 사용할 수 있는 반자율항해 무인잠수정 소브가 한국해양연구원과 대양전기(주) 공동으로 개발되었다.

### 모선과 광케이블로 연결해 수심 6천m에서 탐사

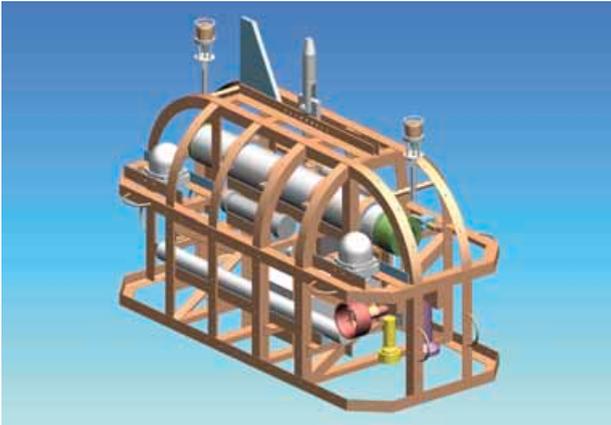
한국해양연구원이 개발중인 심해무인잠수정은 복합형 무인잠수정 시스템으로 개발된다. 최대 6천m 수심에서 정밀 작업이 가능하면서 넓은 영역을 탐사할 수 있다. 심해무인잠수정은 3개 선체로 구성된다. 해저탐사와 심해 이동기지 기능을 갖고 예인이 가능한 수중진수장치, 수중진수장치와 중성부력 케이블로 연결되어 해저 탐사와 정밀작업을 수행하는 ROV, 수중진수장치에서 진수되는 AUV 등이다.

수중진수장치는 현재 한국해양연구원이 보유한 예인형 심해카메라 기능을 대체할 수 있도록 설계되었다. 이 장치는 심해에서 수중전진기지 역할을 하며 초음파 위치 추적 장치를 갖춰 수중 위치를 선상에서 추적한다. 이를 기준으로 ROV와 AUV가 각각의 위치를 계산한다. 수중진수장치는 ROV 작업을 보조하며 AUV를 수중에서 진수하고 회수하는 기능을 가지며, 해상에 떠있는 해양조사선과 철갑 케이블로 연결되어 선상 원치에 의해 심도가 제어된다.

선상에는 중앙제어실이 있으며 심해무인잠수정을 모니터링하며 원격제어하는 장비가 설치된다. 철갑 케이블에는 3개의 광통신 라인과 전원공급용 전선이 포함된다. 이 장치에는 수중음향탐지기, 스틸 카메라, 컬러 비디오카메라 4대가 탑재된다. 한편 수중진수장치는 단독으로 활용이 가능해 넓은 탐사해역에서 영상촬영을 하고, 이를 바탕으로 초음파 해저 지형도를 작성할 수 있게 된다.

ROV는 수중진수장치와 중성부력 케이블로 연결된다. 공기중 중량은 2.8톤이고, 수중에서는 중량과 부력이 일치하도록 설계되어 중성부력이 유지된다. 6개의 프로펠러를 이용하여 수중에서 자유롭게 이동이 가능하며 전진속도는 1.5노트이다. ROV는 개방형 프레임 구조이다. 프레임 내부에 내압용기와 장비들이 배치되고, 상부에 부력재가 탑재되며, 하부에 시료운반바구니가 연결된다. 광통신장치, 신호처리보드, 계측센서 앰프 등 전자장비는 티타늄으로 제작된 실린더형 내압용기에 내장된다. 그 밖의 장비는 내부에 기름을 채워 넣는 방식의 압력보상형 구조로 되어 있다.

ROV는 해양과학조사를 위한 염도·온도·밀도 센서(CTD), 탁도 센서 등을 갖추고 있으며, 장애물 감지를 위한 전방감시 초음파 센서와 해저지형 판독을 위한 정밀 탐지소나를 장착한다. 디지털 스틸 카메라, 8개의 비디오카메라와 수중로봇장치가 설치되고, 2기의 유압구동형 수중 로봇팔이 장착되며, 선상에서 광통신 라인을 통하여 원격으로 제어된다. ROV의 항법과 정밀 유도제어는 관성계측센서와 초음파 도플러 속도계를 이용하여 구현된다. 또한 ROV와 진수장치와의 거리를 보조적으



심해무인잠수정의 수중진수장치 조감도

로 이용하여 고정밀 수중항법이 가능하도록 했다.

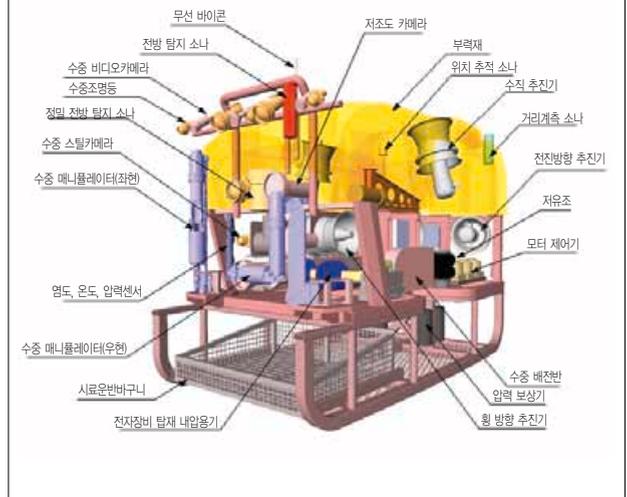
심해무인잠수정 시스템의 특징 중 하나는 심해에서 진수장치로부터 AUV를 발진하여 인근 해역을 신속하면서도 정밀한 조사를 수행하고, 다시 수중진수장치로 귀환하는 것이다. AUV는 자체에 전원을 내장하며, 항주거리가 10km 범위로 비교적 짧은 거리를 주기적으로 왕복하면서 해저를 탐사하는 목적으로 사용된다. AUV는 유선형이며 전진속도가 3노트이고, 선미에 설치된 추진기로 추진력을 얻으며, 수직 방향타와 수평 제어판을 이용하여 운동을 제어한다. 선수에 수중카메라와 음향탐지 센서를 장착하며 양측면에 사이드 스캔 소나를 장착한다. 에이유브이가 수중진수장치로 귀환하는 방법은 항법시스템과 선수부에 장착된 수중카메라를 이용하여 수중도킹으로 이루어진다. 수중진수장치에 귀환하였을 때 전원을 충전하고 취득한 데이터를 전송한다.

**‘수중복합항법시스템’, 오차 50cm 이내로 정밀**

우리 나라가 개발중인 심해무인잠수정은 두 개의 무인잠수정으로 구성되고, 지원 선박을 필요로 하지 않는다는 점에서 미국 제이슨 II와 프랑스 빅토르 6000과 유사한 시스템으로 세 가지 특징을 갖고 있다. 첫째는 ROV를 분리한 상태에서 수중진수장치 단독으로 심해를 탐사하는 기능이고, 둘째는 넓은 해역에 걸쳐 심해무인잠수정의 위치를 추적하면서 특정해역에서는 위치를 정밀하게 추적할 수 있는 수중복합 항법시스템이다. 셋째는 ROV를 이용한 정밀탐사 작업과 함께 AUV를 이용하여 탐사중인 인근 심해역을 조사할 수 있다는 것이다.



심해무인잠수정의 ROV 조감도



심해무인잠수정은 ROV를 분리하고 수중진수장치를 예인하여 심해저를 빠르게 탐사할 수 있다. 이 때에는 심해무인잠수정이 넓은 해역을 이동해야 하므로 초단기선 초음파 위치추적장치(Ultra Short Base Line, USBL)를 이용하여 이동중인 수중진수장치의 위치를 추적한다. USBL은 정밀도가 높지 않고 상대거리에 대하여 0.3%의 오차를 보여 6천m 해저탐사에는 18m 오차를 보인다. 이 위치추적 정밀도로는 ROV가 심해에서 정밀 탐사하는 것이 불가능하다.

ROV를 이용한 심해관측과 시료채취 작업에는 USBL과 함께 관성항법시스템과 도플러 속도센서를 퓨전한 수중복합항법시스템을 이용한다. 수중복합항법시스템은 한국해양연구원이 독자적으로 개발한 방법으로 6천m 심해에서 5m 이내의 항법 오차를 가지며, 50cm 이내의 상대 위치오차를 갖는다. 정밀 수

