



저작자표시-비영리-변경금지 2.0 대한민국

이용자는 아래의 조건을 따르는 경우에 한하여 자유롭게

- 이 저작물을 복제, 배포, 전송, 전시, 공연 및 방송할 수 있습니다.

다음과 같은 조건을 따라야 합니다:



저작자표시. 귀하는 원저작자를 표시하여야 합니다.



비영리. 귀하는 이 저작물을 영리 목적으로 이용할 수 없습니다.



변경금지. 귀하는 이 저작물을 개작, 변형 또는 가공할 수 없습니다.

- 귀하는, 이 저작물의 재이용이나 배포의 경우, 이 저작물에 적용된 이용허락조건을 명확하게 나타내어야 합니다.
- 저작권자로부터 별도의 허가를 받으면 이러한 조건들은 적용되지 않습니다.

저작권법에 따른 이용자의 권리는 위의 내용에 의하여 영향을 받지 않습니다.

이것은 [이용허락규약\(Legal Code\)](#)을 이해하기 쉽게 요약한 것입니다.

[Disclaimer](#)

공학석사 학위논문

한국 연·근해의 구조작전에서 해군 수중무인탐사기(ROV)의 효용성에 관한 연구

Study on efficiency of Naval ROV at salvage operations
on coasts & shores in South Korea

지도교수 강 신 영

The seal of Korea Maritime and Ocean University is a circular emblem. It features a stylized ship's mast or anchor in the center, with wavy lines representing water below it. The year '1945' is inscribed within the waves. The outer ring of the seal contains the university's name in English, 'KOREA MARITIME AND OCEAN UNIVERSITY', at the top and in Korean, '한국해양대학교', at the bottom.

2015년 12월

한국해양대학교 해양과학기술전문대학원

해양관리기술학과 수중잠수과학기술전공

우 제 삼

본 논문을 우제삼의 공학석사 학위논문으로 인준함.



위원장 박 선 호 (인)

위 원 하 승 현 (인)

위 원 강 신 영 (인)

2015년 12월

한국해양대학교 해양과학기술전문대학원

목 차

List of Tables	iv
List of Figures	v
Abstract	vi

1. 서 론

1.1 연구의 필요성 및 목적	1
1.2 연구의 범위 및 방법	2
1.3 연구의 제한사항	3

2. 이론적 고찰

2.1 수중무인탐사기 일반	4
2.1.1 개발 배경	4
2.1.2 개발 변화	5
2.1.3 수중무인탐사기의 분류	7
2.1.4 수중무인탐사기의 구성과 운용 방식	7
2.2 수중무인탐사기 현황	15
2.2.1 외국의 수중무인탐사기	15
2.2.2 한국의 수중무인탐사기	21
2.3 구조작전 운용사례	24
2.3.1 외국의 운용사례	24
2.3.2 한국의 운용사례	27

3. 해군 수중무인탐사기 현황

3.1 수중무인탐사기 도입 배경	30
3.2 수중무인탐사기 현황	30
3.2.1 HYBALL	30

3.2.2 V8 Sii	31
3.2.3 HD	34
3.3 구조작전 운용사례	38
4. 한국 연·근해의 해양환경과 해군 수중무인탐사기의 운용제한	
4.1 한국 연·근해의 해양환경 특성	40
4.1.1 동해	42
4.1.2 황해	43
4.1.3 남해	43
4.2 해군 수중무인탐사기 운용제한 요소	43
4.2.1 성능에 의한 운용제한	43
4.2.2 해양환경에 의한 운용제한	44
5. 한국 연·근해에서의 해군 수중무인탐사기의 효용성	
5.1 해양환경 극복방안	50
5.2 해양환경별 운용 가능성	52
6. 결 론	55
참고문헌	56

List of Tables

Table 1 수중무인탐사기 분류	7
Table 2 미국의 민간 수중무인탐사기	15
Table 3 미 해군의 수중무인탐사기	17
Table 4 일본의 민간 수중무인탐사기	19
Table 5 영국의 수중무인탐사기	20
Table 6 CROV 300	21
Table 7 해미래	22
Table 8 해누리	22
Table 9 다관절 해저로봇 크랩스터 CR-200	24
Table 10 CURV-III	25
Table 11 소방 방재청 수중무인탐사기	28
Table 12 CR-200 운용결과	29
Table 13 HYBALL	30
Table 14 V8 Sii	31
Table 15 탐사기	36
Table 16 함상 조종장치	36
Table 17 수중케이블 관리장치	37
Table 18 진·회수 장치	37
Table 19 주요 운용사례	38
Table 20 수중무인탐사기 운용제한	44
Table 21 항력계수 및 항력 산출방법	48
Table 22 운용가능 환경	52
Table 23 해역별 운용 및 가능임무 판단	53

List of Figures

Fig. 1 미 해군의 CURV	5
Fig. 2 수중무인탐사기 SCORPIO	6
Fig. 3 선상 제어실	8
Fig. 4 중계기를 사용하지 않는 수중무인탐사기	10
Fig. 5 수중케이블 관리장치 이용 방식	11
Fig. 6 수중 진수장치 이용 방식	12
Fig. 7 케이지 이용 방식	13
Fig. 8 분리형 방식	14
Fig. 9 해미래 운용 개념도	23
Fig. 10 러시아 조난 잠수정 Priz AS-28	26
Fig. 11 구조작전에서의 해미래 운용	27
Fig. 12 세월호 구조작전에서 CR-200 이용 획득 영상	29
Fig. 13 V8 Sii 구성장비	32
Fig. 14 소형 보트에서의 V8 Sii 운용	33
Fig. 15 함정에서의 V8 Sii 운용	33
Fig. 16 HD 운용 요도	35
Fig. 17 구조작전에서 수중무인탐사기 운용	39
Fig. 18 한국 연·근해의 조류(창조류) 분포	41
Fig. 19 한국 연·근해의 조류(낙조류) 분포	42
Fig. 20 탐사기 접근 방향	45
Fig. 21 조류에 의한 탐사기 운동변화	46
Fig. 22 수중케이블 관리장치를 이용한 탐사기 운용	47
Fig. 23 조류의 영향으로 인한 탐사기의 자세변화	48
Fig. 24 하잠색을 이용한 V8 Sii 운용	51

Study on efficiency of Naval ROV at salvage operations on coasts & shores in South Korea

WOO, JEA-SAM

Major in Underwater Diving Science and Technology
Department of Maritime Management Technology
Ocean Science and Technology School

Abstract

Foreign countries have employed ROV in various types of salvage operations and have been enhancing ROV's versatility. However, the actual usage of ROVs in the Korean Peninsula is seldom and has not demonstrated a performance as good as in foreign countries. Therefore, a study on usage of naval ROVs in salvage operations near Korean littoral and shore is necessary.

For the study, current status of foreign, domestic, and ROK Navy's ROV and cases of it being used in salvage operation have been researched and influence of Korean maritime environment to the employment of Navy's ROV was analyzed and the result has been derived.

The result shows that strong current and turbid underwater visibility are major factors that affect the employment of ROV and usage of naval ROV near Korean littoral and shores are listed as following. First, it is impossible to completely overcome strong current and turbid underwater visibility. Second, although employment of ROV in the western littoral and few maritime sectors west of the southern sea is limited or nearly impossible due to strong current and turbid underwater visibility, it is possible to employ ROVs in other maritime sectors. In the future, a continuous study is necessary to overcome limits of its employment and to enhance its operational capability for various circumstances and mission.

Key word : ROV 수중무인탐사기; Navy 해군; salvage operations 구조작전; marine environment 해양환경

제 1 장 서 론

1.1 연구의 필요성 및 목적

수중에서의 탐색, 구조 등의 작업은 잠수사에 의한 작업방식이 가장 정확하다. 하지만, 잠수사가 수중에서 활동할 수 있는 조건(수심, 잠수 시간 등)은 제한되어 있고, 잠수병 및 안전사고 등 인명피해의 위험이 높다. 수중무인탐사기(ROV: Remotely Operated Vehicle)는 잠수사가 작업할 수 없는 수심 또는 환경에서 잠수사를 대신하여 수중작업을 하거나, 잠수사 투입 전 수중환경 및 수중물체에 대한 사전 정보를 확인하여 잠수사의 안전사고 예방과 효율적인 작업을 위해 운용한다.

초창기의 수중무인탐사기는 군사 목적과 단순한 해저탐사 및 작업용으로만 개발되었으나, 수차례의 운용성과와 세계 경제의 변화 등으로 현재는 수중건설, 해저 케이블 매설, 심해저 자원 개발 등 다양한 용도로 사용되고 있고, 각각의 목적과 효과적인 수중작업을 위해 다양한 크기와 형태, 기능을 보유한 수중무인탐사기가 개발되고 있다.

최근 개발된 수중무인탐사기는 기술의 발달과 해양에서의 경제활동이 증가하면서 그 성능이 매우 우수하지만 외부환경의 영향으로 인해 모든 해역에서 각종 작업을 완벽히 수행할 수는 없다. 수중작업의 성과는 해양환경과 작업종류에 따라 달라지며, 이러한 조건은 수중무인탐사기 운용에도 영향을 미친다. 수중무인탐사기가 주로 활용되고, 또한 작업을 성공할 수 있었던 중요한 요인은 해양환경이 매우 양호하거나 수중무인탐사기의 성능으로 극복할 수 있는 환경에서의 작업인 경우이다.

수중무인탐사기는 개발 이후 구조작전에서 직접적인 구조임무 또는 지원임무에 성공한 사례도 있는 반면, 해양환경으로 인해 실패한 경우도 있다. 최근의 실패 사례로는 세월호 침몰사고 현장에서의 수중무인탐사기 운용이다. 세월호

침몰사고 후 미국의 기술진과 수중무인탐사기가 현장에서 운용된다고 했을 때 많은 사람들이 큰 성과를 기대하면서 수중무인탐사기의 투입지연에 대한 의문과 한국에서 개발한 수중무인탐사기는 왜 투입하지 않는지에 대한 많은 의구심을 가졌다. 그러나, 미국의 수중무인탐사기는 사고현장의 해양환경(강한 조류, 탁한 수중시계 등)으로 아무런 성과도 얻지 못하였다. 이후, 국내에서 자체 개발한 수중무인탐사기를 투입하였지만, 기대만큼의 성과를 얻지 못하였다. 세월호 침몰사고에서의 투입 결과와 같이 한국의 연·근해에서 수중무인탐사기의 운용은 제한사항이 많다.

한국은 1980년대 말 소형 수중무인탐사기의 자체 개발을 시작한 후 세계에서 4번째로 수심 6,000m급의 수중무인탐사기를 자체 개발하였고, 해군은 1996년 소형 수중무인탐사기를 최초로 도입한 이래 현재는 대형(WORK 급) 수중무인탐사기도 보유하고 있다.

본 연구의 목적은 수중무인탐사기의 현황과 운용사례를 확인하고, 수중무인탐사기 운용과 해양환경과의 관계를 고찰하여 한국 연·근해의 구조작전에서 한국 해군이 보유하고 있는 수중무인탐사기의 운용 가능성을 분석함으로써 효율성을 제고함에 있다.

1.2. 연구의 범위 및 방법

본 연구는 한국 연·근해의 구조작전에서 해군 수중무인탐사기의 효율성을 도출하기 위한 연구이다. 따라서, 국내·외의 대표적인 수중무인탐사기와 해군 수중무인탐사기를 대상으로 하였고, 해양환경은 한국 관할해역의 수심, 조류 등의 해양특성을 대상으로 하였다.

해군 수중무인탐사기의 효율성을 분석하기 위해 국내·외의 수중무인탐사기의 현황과 구조작전 운용사례를 확인하였다. 또한, 해군 수중무인탐사기 현황과 운용사례, 해군의 구조작전 절차, 한국 연·근해의 해양환경 등을 고려하였다.

한국 연·근해의 해양환경은 해양조사원과 해군의 조사자료와 해군에서 수행한 구조작전에서 획득한 자료를 이용하였고, 해양환경 자료는 해역별 일반적인 특성과 연구에 필요한 수심, 조류 등을 적용하였다.

1.3 연구의 제한사항

본 논문과 같이 구조작전에서 수중무인탐사기의 효용성에 대해 구체적으로 연구한 선행연구 결과는 찾을 수 없었고, 세월호 침몰사고에서의 수중무인탐사기 운용 결과 등 일부에 국한된 내용만 확인할 수 있었다. 또한, 한국 연·근해에서의 수중무인탐사기 운용사례가 거의 없어, 본 논문에서는 국내·외의 수중무인탐사기 현황과 운용사례, 해군 수중무인탐사기의 현황과 운용사례, 한국 연·근해의 해양환경 특성 등 제한되고 단편적인 자료를 참고하여 연구를 진행해야 하는 제한점이 있었다.



제 2 장 이론적 고찰

2.1 수중무인탐사기 일반

2.1.1 개발 배경

심해를 탐사하는 잠수정은 인간이 탑승하는 유인잠수정과 인간이 탑승하지 않는 무인잠수정으로 분류한다. 무인잠수정은 모선과 케이블로 연결 없이 수중에서 작업을 수행하는 자율형 무인잠수정과 모선과 케이블로 연결되어 작업을 수행하는 무인잠수정 즉, 수중무인탐사기로 분류한다. 인간이 탑승하여 작업하는 유인잠수정은 1960년대부터 심해탐사에 운용되었으며, 인간이 직접 탑승함으로써 3차원적인 관찰이 가능한 장점이 있어 현재도 운용되고 있다. 반면에, 지원모선과 케이블로 연결되어 원격 조종할 수 있는 수중무인탐사기는 유인잠수정에 비해 지원모선에 장착된 화면을 통해 2차원적인 관찰을 할 수 밖에 없는 단점을 지니고 있지만, 인명피해와 같은 안전상의 문제에서 자유롭고 시간 제한 없이 운용이 가능한 장점이 있다. 최초의 수중무인탐사기는 1953년 드미트리 레비코프가 제작한 푸들이다. 이후, 1966년 비행기 사고로 해저에 분실된 수소폭탄을 회수하고, 1968년 침몰한 구소련 잠수함을 탐색하면서 관련 기술이 급속히 발달하였다. 중동전쟁의 여파로 촉발된 석유파동을 겪으면서 1970년대 말부터는 연 · 근해의 해저유전이 개발되어 해저작업이 가능한 상업용 수중무인탐사기 개발이 이루어졌고, 1980년대 컴퓨터의 발전으로 다양한 기능과 보다 깊은 해저에서 운용이 가능한 수중무인탐사기가 군사용 및 상업용 목적으로 다양하게 개발되기 시작하였다(이판목, 2007).

미 해군은 초창기인 1958년 Work 급 수중무인탐사기 CURV를 개발하여 1963년 Thresher함 탐사와 1966년 지중해의 수심 880m에서 수소폭탄 회수에 사용하였다. 같은 시기에 미 해군에서 개발한 SNOOPY는 휴대가 가능한 소형으로

최초 유압식에서 이후 전기식으로 개선되었다. Fig. 1은 미 해군에서 개발한 수중무인탐사기 CURV이다.



Fig. 1 미 해군의 CURV(MARINE TECHNOLOGY NEWS, 2015)

2.1.2 개발 변화

1970년대 초까지는 주로 미사일 탄두 회수, 기뢰제거 및 설치와 같은 군사적 목적으로 대부분 개발되었으나, 해양자원 개발에 대한 관심이 고조되어 1970년대 중반 이후에는 진보된 형태의 수중무인탐사기 개발에 대한 투자가 급격히 증가하였다. 유전개발과 같은 상업적 목적으로 이 시기에 제작된 대표적인 수중무인탐사기가 RCV 225이다. 최초의 상업적 모델인 이 모델은 잠수사의 수중작업을 돕기 위해 제작되었으며, 기존의 수중무인탐사기에 비해 크기가 작아지고 신뢰성이 증가하였다(황아름 등, 2012).

이외에도 SCORPIO, Deep Drone 등의 수중무인탐사기가 이 시기에 개발되었고, SCORPIO와 Deep Drone은 지속적인 성능개선을 하면서 현재까지도 운용하고 있다. Fig. 2는 Perry사에서 제작한 수중무인탐사기 SCORPIO 이다.



Fig. 2 수중무인탐사기 SCORPIO(CYBERNETICZOO, 2015)

1980년대 들어 민간의 수중무인탐사기 개발이 활발해지고 고사양의 수중무인탐사기를 낮은 가격으로 구입할 수 있게 되면서 그동안 자체 개발하던 정부 및 군도 민간에서 개발한 수중무인탐사기를 사용하게 되었다.

최근 개발되는 수중무인탐사기들은 1980 ~ 90년대 개발된 수중무인탐사기들과는 매우 다른 모습을 띄고 있는데, 이러한 변화는 작업수심의 증가와 다양한 용도가 요구되고 컴퓨터 및 로봇 등 관련 기술이 매우 발전한 것에 기인한다. 오늘날 많은 심해작업(유전, 해저 광물 탐사 등)은 다음과 같은 조건을 요구하고, 이 요구조건에 따라 수중무인탐사기가 개발되고 있다(황아름 등, 2012).

- ① 보다 유연한 조종 시스템 및 유압 시스템
- ② 높은 신뢰성을 갖는 소재와 부품
- ③ 향상된 카메라와 레이저 imaging 기술
- ④ 다기능 매니퓰레이터와 매니퓰레이터 조종 기술
- ⑤ 발전된 설계 기술

2.1.3 수중무인탐사기의 분류

수중무인탐사기의 분류는 명확하게 규정되어 있지는 않지만, 일반적으로 기능, 크기, 용도 등으로 분류하고 있다. Table 1은 기능과 시스템, 용도로 분류한 결과이다.

Table 1 수중무인탐사기 분류(황아름 등, 2012)

분 류	특 징	무 게
Observation - low cost	· 소형, 최소 시스템	50kg 이하
Observation - inspection	· 소형, 고사양의 카메라와 조명	50-100kg
Light Work	· 측정/제어장치, 소나, 소형 매니퓰레이터	100-500kg
Medium and Heavy Work	· 중작업 지원 가능 기기	500-5,000kg
CMROV	· 해저 통신케이블 작업, 워터 제트 시스템	3,000-16,000kg

2.1.4 수중무인탐사기의 구성과 운용 방식

수중무인탐사기의 기본 운용방식은 진수, 탐색, 접근, 식별, 작업, 회수로 진행되며 수중무인탐사기의 안전하고 효율적인 운용을 위해 몇 가지의 운용방식을 사용하고 운용방식에 따라 장비구성이 다르다.

2.1.4.1. 수중무인탐사기의 구성

수중무인탐사기의 일반적인 구성은 탐사기(Vehicle), 조종 장치, 케이블, 진·회수 장치(LARS: Launch and Recovery System)로 구성되어 있다.

대형 수중무인탐사기는 전용선박 또는 운용지원이 가능한 선박 및 바지 등의 해상 플랫폼에서 운용한다. 탐사기, 선상 제어실과 케이블, 진·회수 장치로 구성되어 있고, 운용방식에 따라 수중 진수장치 등 추가 장비가 있다. Fig. 3은 한국에서 개발한 해미래의 선상 제어실 내부이다.



Fig. 3 선상 제어실(대양전기공업, 2015)

소형(Observation) 수중무인탐사기는 각 구성장비가 인력으로도 이동이 가능하도록 소형화 되어 선박, 바지, 소형 보트 등에서도 운용할 수 있고, 플랫폼 지원 외 추가적인 소요가 없어 운용비용이 싸고 대형에 비해 신속하게 투입될 수 있는 장점이 있다.

수중무인탐사기의 일반적인 구성은 위와 같지만, 세부적인 구성은 더욱 다양하다. 현재 수많은 수중무인탐사기가 다양한 목적으로 운용되고 있지만, 특수목적 외에는 일반적으로 음향위치 식별장치, 음탐기, 로봇 팔, 광학 카메라, 조명, 자세계측 장치 등의 장비로 구성되어 있으며, 유향 유속계, 환경측정 장치 등의 장비도 장착된 수중무인탐사기도 있다.

2.1.4.2. 수중무인탐사기의 운용 방식

소형 수중무인탐사기는 크기가 작고 중량이 작아 운용이 편하지만, 대형 수중무인탐사기는 운용을 위한 많은 장치가 필요하며, 운용목적과 운용방식의 장단점 등을 고려해 몇 가지의 운용방식이 사용되고 있다.

소형 수중무인탐사기는 기본적으로 별도의 지원 장비 없이 인력으로 운용하지만, 크레인 또는 데비트 등을 이용하여 운용할 수도 있다. 반면, 심해저 탐사와 다양한 작업이 가능한 대형 수중무인탐사기는 기본적으로 해상 플랫폼(전용 선박 또는 운용지원이 가능한 선박 및 바지 등)이 필요하다. 기본적인 구성 외 중계기의 구성 여부에 따라 중계기를 사용하는 방식과 사용하지 않는 방식이 있으며, 중계기를 사용하는 방식에는 일체형과 분리형이 있다.

중계기를 사용하지 않는 방식은 소형 수중무인탐사기 운용방식과 동일하다. 다만, 탐사기가 크고 중량이 무거워 크레인과 진·회수 장치가 필요하며, 진수 후 자체 추진기로 수중목표까지 접근해야 한다는 부담이 있다. 하지만, 지원 선박의 위치유지에 대한 유동성 범위가 일체형보다 넓어서 자동함위유지(DP: Dynamic Positioning)가 없는 함정에서도 운용이 가능하고, 중계기를 사용하는 방식에 비해 비용이 저렴하다.

중계기는 탐사기와 함께 수중으로 진수되어 탐사기의 수중기지 역할과 내부에 탑재되어 있는 테더(tether)를 방출함으로써 탐사기에 운동성능에 영향을 주는 테더의 장력을 감소시키는 역할을 한다. 중계기를 사용하지 않는 방식에 비해 안전성이 우수한 반면, 추가적인 장비가 설치 및 운용되어 비용이 증가하고 해상플랫폼의 위치유지가 필요하여 자동 함위유지가 되는 함정이나 묘박된 바지 등에서만 사용할 수 있다.

캐나다의 CSSF사의 ROPOS 수중무인탐사기는 중계기를 사용하지 않고 운용하는 방식이다. Fig. 4는 중계기를 사용하지 않는 수중무인탐사기의 운용 요도이며, 지원모선과 탐사기로 구성되어 있다. 모선이 목표해역에 도착한 후 탐사기를 진수하면, 자체 추진기를 이용하여 잠항한다. 수중에서 케이블에 의한 제어 영향을 없애기 위해 케이블에 부력 부이를 설치하여 운용하고, 운용 반경은 심도의 20% 범위 이내에서 자유롭게 운용할 수 있다(백혁 등, 2012).

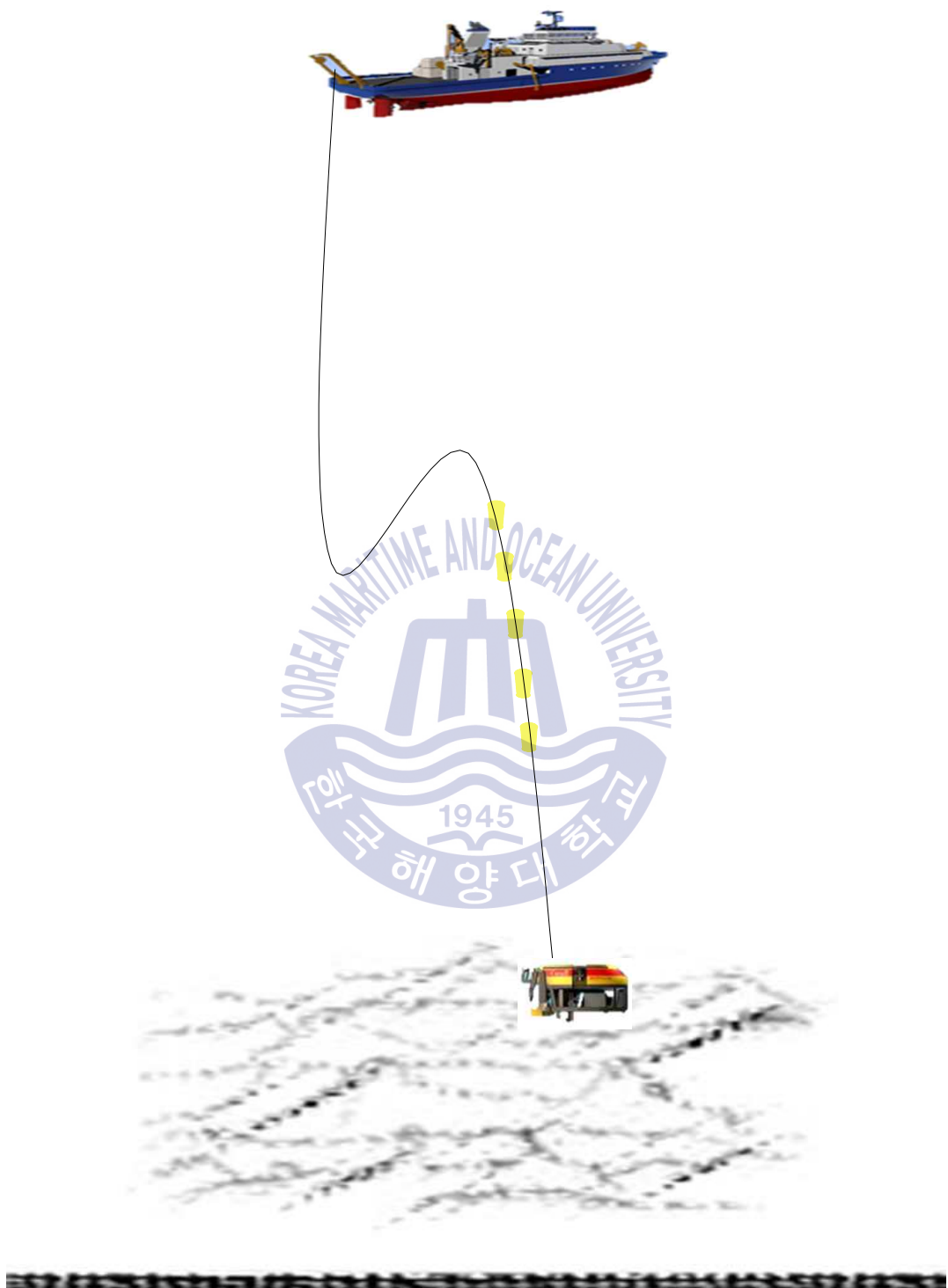


Fig. 4 중계기를 사용하지 않는 수중무인탐사기

중계기를 사용하는 방식에는 일체형과 분리형이 있으며, 일체형 방식은 수중 케이블 관리장치(TMS: Tether Management System) 이용법, 수중 진수장치 이용법, 케이지를 이용법 등이 있다(이판묵, 2007).

첫째, 수중케이블 관리장치를 이용하는 방식이다. 탐사기는 수중케이블 관리장치와 테더로 연결되고, 수중케이블 관리장치는 엄빌리컬(Umbilical)로 모함과 연결되어 운용된다. 탐사기는 수중케이블 관리장치와 함께 진수되어 목표수심 도착 후 탐사기를 방출하여 작업을 수행하는데, 이러한 방식은 탐사기를 선박에서 전해지는 요동으로부터 보호하고, 탐사기의 추진기 사용 부담이 작은 장점이 있다. 단점으로는 수중무인탐사기에 연결되는 테더가 수중윈치에 반복적으로 감기고 풀리는 현상이 반복되어 기계적인 피로가 누적되며, 수중무인탐사기가 심해에서 탐사 중에 전원이 차단되었을 경우에는 테더 전체가 풀리게 된다(이판묵, 2007). 이 방식은 영국의 ISIS, 한국 해군의 대형 수중무인탐사기에서 사용하고 있다.

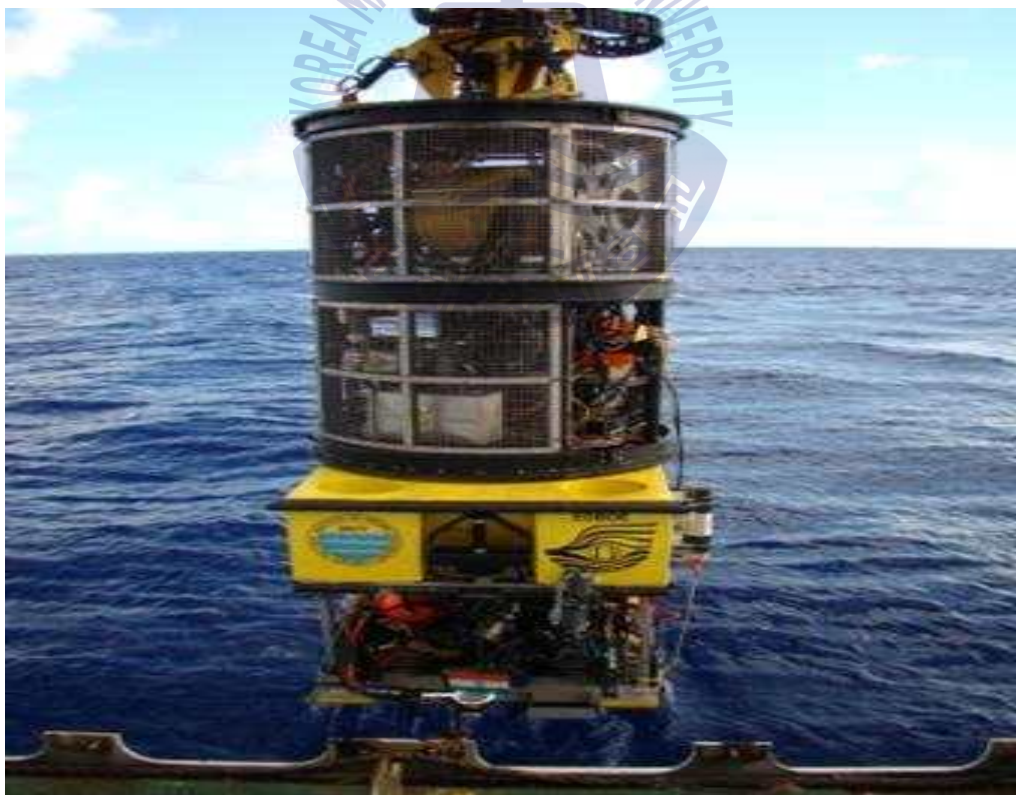


Fig. 5 수중케이블 관리장치 이용 방식(ISE, 2015)

둘째, 수중 진수장치를 이용하는 방식이다. 수중 진수장치는 탐사기를 원하는 위치까지 안전하게 이동시키고, 탐사기의 위치를 파악할 수 있는 등 수중기지 역할을 한다. 일본해양연구개발기구(JAMSTEC)의 KAICO 7000 II는 진수장치 하부에 탐사기를 고정시켜 일체형으로 진수되어, 해저면에 도달한 후에 분리되는 방식이다. 진수장치에는 테더의 장력 조종이 가능한 수중케이블 관리장치가 내장되어 있다(이판목, 2007). Fig. 6은 수중 진수장치를 이용한 운용요도이다.



Fig. 6 수중 진수장치 이용 방식

셋째, 케이지를 이용하는 방식이다. 케이지를 이용하는 방식은 근본적으로 수중케이블 관리장치를 이용하는 방식과 동일한 방식으로 수중케이블 관리장치와 탐사기 보호용 케이지를 외부에 설치한다. 탐사기는 수중에서 케이지로부터 수평 또는 수직방향으로 출발하여 작업을 수행하고 다시 케이지로 복귀한다(이판묵, 2007). 캐나다 ISE사에서 개발한 HYSUB 50-2000 수중무인탐사기는 케이지 방식을 이용하여 제작되었다.



Fig. 7 케이지 이용 방식(ISE, 2015)

분리형은 수중 진수장치가 탐사기와 같이 진수되는 일체형과는 달리 수중에서 중계역할을 하는 장치인 중계기가 별도로 분리되어 진수 및 운용하는 방식이다. 중계기는 자체 추진시스템과 카메라 등의 장비를 장착하고 있어 수중에서 모선과 탐사기의 완충역할 및 작업 관찰 등을 할 수 있는 장점이 있다. 이러한 분리형 방식은 미국의 JASON II, 한국의 해미래, 프랑스의 빅터 6000에서 사용하고 있다(이판묵, 2007).

Fig. 8은 분리형 방식의 운용 요도이며, 진·회수 중에는 탐사기와 중계기는 각각 별도로 운용된다. 탐사기는 자체 추진기로 이동하고, 중계기는 크레인 등의 장치를 이용 및 이동하여 수중에서 작업을 실시한다.



Fig. 8 분리형 방식

2.2 수중무인탐사기 현황

2.2.1 외국의 수중무인탐사기

수중무인탐사기는 최초 개발 이후 컴퓨터 기술 등의 발전과 자원확보를 위한 심해탐사 등의 요구를 충족하기 위해 1980년대부터 미국, 영국, 일본, 프랑스, 독일 등 주요 선진국들을 중심으로 활발하게 개발되기 시작하였다. 초기에는 비교적 얕은 수심에서 간단한 탐사 등의 목적으로 개발된 후, 현재는 수심 6,000m 이상의 심해에서도 자원 탐사와 작업이 가능한 수중무인탐사기를 개발하여 운용 중에 있다.

2.2.1.1 미국

미국은 초창기 해군 주도로 수중무인탐사기 개발과 운용을 하였으며, 이후 연구기관과 민간 제작사의 주도로 다양한 형태와 향상된 성능을 보유한 수중무인탐사기를 개발하여 운용하고 있다. 미국에서 개발된 수많은 수중무인탐사기 중 민간 및 미 해군에서 운용 중인 주요 수중무인탐사기는 다음과 같다.

Table 2 미국의 민간 수중무인탐사기(국방기술품질원, 2015)

	1945 해양대학교	· 전장×전폭×전고: 3.4×2.2×2.4m
		· 중량: 4,128kg
		· 최대 속력: 1.5kts
		· 최대 운용수심: 6,500m
JASON II		· 인양력: 130kg



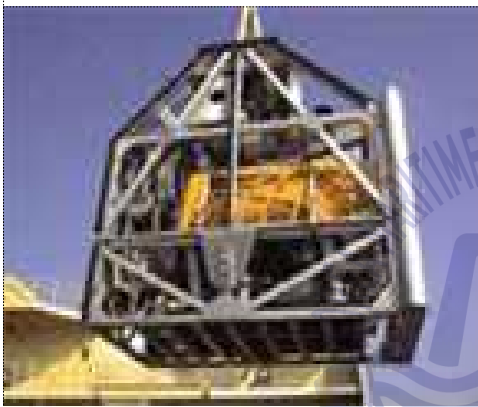
Remora

• 전장×전폭×전고: 1.8×1.2×2.2m

• 중량: 2,000kg

• 최대 속력: 2kts

• 최대 운용수심: 6,000m



Magnum

• 전장×전폭×전고: 2.6×1.5×1.8m

• 중량: 2,540kg

• 최대 운용수심: 3,048m

• 인양력: 227kg

미국의 우즈홀 해양연구소(WHOD)는 해양탐사 관련 연구 및 관련 기술 개발, 수중무인탐사기의 개발 및 운용의 대표적인 기관이다. 우즈홀 해양연구소는 1990년대 초 수심 6,000m 깊이의 해저를 탐사할 수 있는 심해탐사용 수중무인탐사기인 JASON과 MEDEA를 개발했으며, 2002년부터는 6,500m 급으로 기능이 향상된 제이슨 II를 개발하여 심해탐사에 이용하고 있다(이관목, 2007). 우즈홀 해양연구소에서 개발한 JASON II는 MEDEA라는 중계기와 함께 운용되는 분리형 방식의 수중무인탐사기로 영국의 수중무인탐사기 ISIS와 한국의 해미래 개발에 참고가 된 모델이다. Remora는 2009년 대서양 수심 3,900m에 추락한 프랑스 여객기(AF 447)의 구조 및 인양작전에 투입되어 블랙박스과 탑승객의 유해를 인양했다(경향신문, 2011).

Table 3 미 해군의 수중무인탐사기(국방기술품질원, 2015)

	• 전장×전폭×전고: 2.4×1.5×2.1m • 중량: 2,903kg • 최대 속도: 2.5kts • 최대 운용수심: 6,000m
CURV 21	• 인양력: 109kg
	• 전장×전폭×전고: 2.8×1.4×1.9m • 중량: 1,864kg • 최대 속도: 3kts • 최대 운용수심: 2,440m
Deep Drone 8000	• 인양력: 136kg
	• 전장×전폭×전고: 1.4×0.7×0.6m • 중량: 100kg • 최대 속도: 3kts • 최대 운용수심: 300m
Mini-Rov III	• 인양력: 9.1kg

CURV 21은 미 해군의 초창기 모델인 CURV의 최신 모델이다. CURV 모델은 개발 이후 CURV-II, CURV-II B/C, CURV-III까지 개발이 되었고, 미 해군이 수행한 구조작전에 투입되어 다양한 임무를 수행한 미 해군 수중무인탐사기의 대표적인 모델이다. CURV-III를 개량하여 성능이 향상된 CURV 21은 2009년 괌 인근 25nm 해상의 수심 3,543m에 추락한 B-52 폭격기의 잔해 탐색 및 인양작전과 2012년 일본 근해에 추락한 미군 F-16 전투기 인양작전에 투입되었다. Deep Drone 8000은 다양한 플랫폼에서의 운용과 화물기로도 이동이 가능한 장점이 있으며, Mini-Rov III 는 수심 300m까지 운용이 가능한 Light Work 급 수중무인탐사기이다. 미 해군의 수중무인탐사기는 해군 체계사령부(NAVSEA: NAVAL SEA SYSTEMS COMMAND) 에서 운용하고 있다.

2.2.1.2 일본

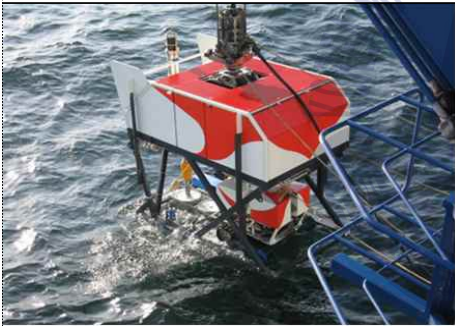
일본은 유인잠수정 신카이 6500과 수중무인탐사기 KAIKO 7000 II 등을 이용한 해양탐사 및 해저자원 개발 활동이 활발하며, 해양탐사 능력과 관련 기술은 세계 최고 수준이다. 심해탐사를 위해 다수의 전용 연구선에서 수중무인탐사기를 운용하고 있는데, KAIKEI호는 KAIKO 7000 II의 운용을 지원하는 전용선박으로 수중무인탐사기 운용에 필요한 자동 함위유지 시스템과 기타 지원 시설을 갖추고 있다. KAIKEI호에 비해 크기는 작지만 KAIYO호도 수중무인탐사기 운용 지원을 위한 자동 함위유지 시스템 등 지원시설을 갖추고 있다.

일본의 대표적인 수중무인탐사기는 일본해양연구개발기구의 KAIKO 시리즈이다. 일본해양연구개발기구는 1997년 마리아나 해구를 조사할 목적으로 KAIKO를 개발하였고, KAIKO는 탐사기와 진수장치로 구성되어 탐사기가 수중작업을 수행하는 동안 진수장치는 해저면의 100m 고도에서 호버링(Hovering) 하는 운용방식이다. KAIKO는 수심 10,911.4m 까지 탐사에 성공하였으나, 2003년 5월 케이블이 절단되어 손실되었다(일본해양연구개발기구, 2015).

KAIKO 손실 후 일본해양연구개발기구는 수중무인탐사기 UROV7K의 성능을 개선한 KAIKO 7000 II를 개발하였다. 기존의 7,000m급 UROV7K 수중무인탐사기에서 로봇팔의 기능을 업그레이드하고 보조 로봇팔 및 6개의 추진기 등을 추가하여 항해성능과 작업 수행능력 등 주요 기능을 개선하였다. KAIKO 7000 II는 2006년 6월부터 매년 30회의 잠수를 수행하는 등 유용하게 사용되고 있다.

ABSIMO는 일본해양연구개발기구가 모든 해양에서의 잠수를 위해 개발한 심해용 수중무인탐사기이며, KAICO 7000 II와 같이 탐사기와 수중 진수장치를 이용하여 운용한다. 2008년 6월 마리아나 해구에서 10,000m 이상의 수심에서 잠수를 성공하였고, 최대 잠수수심은 10,257m이다(국방기술품질원, 2015).

Table 4 일본의 민간 수중무인탐사기(국방기술품질원, 2015)

 KAICO 7000 II	• 전장×전폭×전고: 3.0×2.0×2.1m • 중량: 3,900kg • 최대 속도: 1.5kts • 최대 운용수심: 7,000m
 ABISMO	• 전장×전폭×전고: 1.2×1.3×1.2m • 중량: 327kg • 최대 속도: 3kts • 최대 운용수심: 11,000m
 Marine Nova	• 전장×전폭×전고: 1.0×0.8×0.5m • 중량: 45kg • 최대 속도: 3kts • 최대 운용수심: 150m

2.2.1.3 영국

영국 해군은 1982년부터 SCORPIO 45를 운용하던 중 2005년 북태평양 캄차카 반도 근해에서 조난당한 러시아 잠수정의 구조에 성공하였다. 2005년 영국 사우스햄튼 국립 해양연구소(NOCS: National Oceanography Centre, Southampton)는 미국의 우즈홀 연구소와 함께 JASON II를 기초로 한 영국 최초의 심해용 수중무인탐사기 ISIS를 개발하였다.

Table 5 영국의 수중무인탐사기(국방기술품질원, 2015)

	• 전장×전폭×전고: 2.7×1.8×1.7m • 중량: 1,400kg • 최대 속도: 4kts • 최대 운용수심: 914m
SCORPIO 45	• 인양력: 100kg
	• 전장×전폭×전고: 2.7×1.5×2.0m • 중량: 3,000kg • 최대 속도: 1.5kts • 최대 운용수심: 6,500m
ISIS	• 인양력: 90~140kg
	• 전장×전폭×전고: 0.8×0.7×0.6m • 중량: 111kg • 최대 운용수심: 500m
Hawkeye	• 인양력: 10kg

2.2.2 한국의 수중무인탐사기

2.2.2.1 CROV 300

한국이 자체 개발한 최초의 수중무인탐사기는 1980년대 후반부터 해사기술연구소(현 선박해양플랜트연구소)를 중심으로 개발한 CROV 300이며, 천해관측용으로 개발되었다(김효철 등, 2010).

Table 6 CROV 300(김효철 등, 2010)

	• 전장×전폭×전고: 0.8×0.5×0.6m
	• 중량: 70kg
	• 최대 속도: 2kts
	• 최대 운용수심: 300m
	• 비디오카메라, 조명, 자세센서

CROV 300은 소형 수중무인탐사기로 카메라와 조명, 자세유지를 위한 센서가 탑재되어 탐색임무는 가능하였지만, 로봇팔 등 추가적인 작업을 위한 장치는 탑재되지 않았다.

2.2.2.2 해미래

CROV 300 개발 이후 한국해양연구원(현 한국해양과학기술원)의 주도로 2001년부터 심해용 수중무인탐사기 개발을 시작하여 2006년 미국, 일본, 프랑스에 이어 세계에서 4번째로 6,000m급 수중무인탐사기 해미래를 자체 개발하였다. 해미래는 미국의 JASON II를 참고하여 개발되어 해미래와 진수장치인 해누리로 구성된, 탐사기와 진수장치가 분리되어 운용되는 방식이다. 해미래는 심해에서의 자원 및 생물, 해양환경 탐사를 수행할 수 있도록, 로봇팔과 각종 계측장비 등이 장착되어 있고, 6개의 전동추진기로 전·후, 좌·우, 상·하 운행이 가능하며, 자세센서와 위치추적 장치 등을 이용하여 정확한 수중물체 탐색 및 작업이 가능하다.

해미래는 개발 이후 심해에서의 탐사를 성공적으로 수행하였지만, 2010년 천안함 구조작전에서는 성과를 얻지 못하였다.

Table 7 해미래(이관목, 2015)

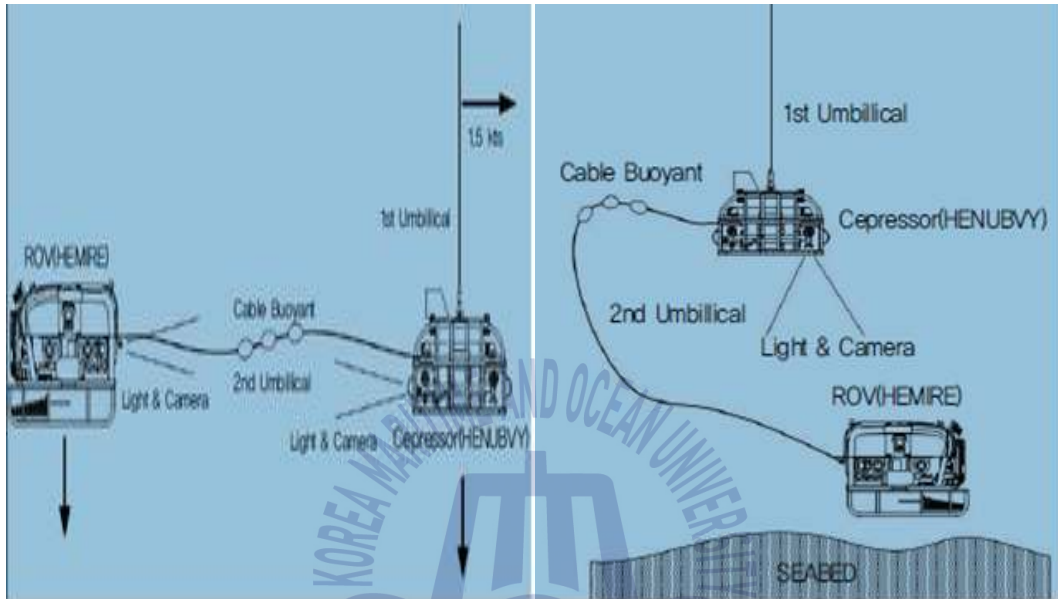
	· 전장×전폭×전고: 3.3×1.8×2.2m
	· 중량: 3,700kg
	· 최대 속도: 1 ~ 1.5kts
	· 최대 운용수심: 6,000m
	· 로봇팔, 카메라, 조명, 음탐기, 위치추적 장치, 자세센서, CTD

Table 8 해누리(이관목, 2015)

	· 전장×전폭×전고: 2.6×1.2×1.3m
	· 중량: 1,100kg
	· 최대 운용수심: 6,000m
	· 카메라, 조명, 고도센서, 음탐기, 사이드 스캔소나

Fig. 9는 해미래와 해누비의 잠항 및 해저면 작업 개념도이다. 해미래의 탐사기가 잠항할 때 탐사기는 자체의 추진기를 이용하며 해누비는 선상의 케이블 윈치를 조정하여 상대 수심을 맞추며 잠항한다. 해저면에 도달한 후에, 해누비

는 일정고도를 유지하고, 해미래의 탐사기는 해누비 밑으로 이동하여 해저탐사를 수행하는 방식이다. 이 방식은 잠항 및 부상을 위하여 탐사기의 자체 추진기를 계속 작동해야 하는 단점이 있으나 해저면에서는 안전한 운용이 가능한 장점이 있다(이관목, 2007).



해미래 잠항 개념도

해저면 작업 개념도

Fig. 9 해미래 운용 개념도(이관목, 2007)

2.2.2.3 다관절 해저로봇 크랩스터 CR-200

한국해양과학기술원은 2010년 7월부터 천해용 다관절 해저로봇 CR-200의 개발을 착수하여 2013년 개발을 완료하였다. CR-200은 프로펠러로 추력을 얻는 기존의 방식과는 달리 여러 개의 관절로 이루어진 다리를 이용하여 해저면에 밀착하여 보행 이동하는 새로운 개념의 수중무인탐사기이다. 이러한 개념은 게(Crab)와 가재(Lobster)가 해저면에서 이동하는 형태와 유사하여 ‘Crabster’라고 명명하였다(전봉환 등, 2013).

CR-200은 개발부터 우리나라 연·근해 200m 수심까지의 해저에서 침몰선 조사와 세굴조사 등의 해양과학 조사를 수행하는 것에 목적을 두었고, 특히, 우리나라 황해안과 같이 세계적으로 보기 드물게 조류가 세고 수중시계가 탁한 해

양환경에서 작업할 수 있는 기술의 개발에 초점을 두었다. CR-200은 게나 거미와 같은 형태로 몸체 아래 양 옆으로 6개의 다리를 좌우로 각각 3개씩 배치되었다(전봉환 등, 2013).

Table 9 다관절 해저로봇 크랩스터 CR-200(전봉환 등, 2013)

	· 전장×전폭×전고: 2.4×2.5×1.2m
	· 중량: 500kg
	· 최대 속도: 2kts
	· 최대 운용수심: 200m
	· 카메라, 스캐닝 소나, ADCP, CTD, 소나

2.3 구조작전 운용사례

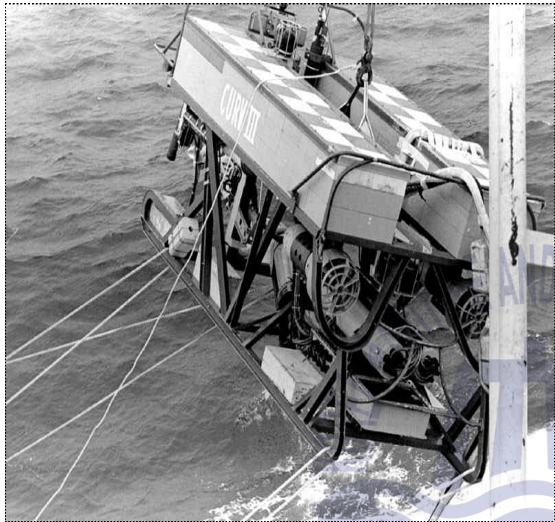
2.3.1. 외국의 운용사례

구조작전에서 수중무인탐사기는 수중물체 탐색 및 식별, 회수를 주로 수행한다. 선진국은 1960년대부터 구조작전에 수중무인탐사기를 활발히 운용하고 있으며, 주요 구조작전 운용사례는 다음과 같다.

첫 번째 사례는 미 해군의 S-3B 바이킹의 잔해를 수거하는 작업이었다. S-3B 바이킹은 걸프만의 수심 3,170m에 추락하였는데, 수심이 깊고 조류가 강해 잠수사에 의한 작업이 불가했다. 수중작업을 위해 투입된 수중무인탐사기 CURV-III는 잔해의 사진자료 수집 및 비행기의 파편과 본체 인양에 중요한 역할을 수

행하였다(황아름 등, 2012). CURV-III는 1966년 수소폭탄을 회수한 CURV- I 의 개량형으로 아일랜드 근해의 수심 420m에 침몰한 유인잠수정 PISCES- II 에서 2 명의 승무원 구조임무도 성공하였다. 최초에는 최대 운용수심이 3,000m였으나, 성능개량을 통해 최대 6,000m에서도 운용이 가능하도록 성능을 개량하였고, 이 후 다양한 구조작전에 운용하였다.

Table 10 CURV-III(WIKIPEDIA, 2015)

	· 전장×전폭×전고: 4.6×2.0×2.0m
	· 중량: 2,400kg
	· 최대 운용수심: 3,000m

두 번째 사례는 1980년에 이태리 나폴리로부터 80마일 떨어진 해상에 추락한 ITAVIA DC-9의 인양작업이다. 이 비행기는 공대공 미사일 공격을 받은 것으로 추정되어 정확한 추락원인 조사를 위해 추락한 비행기의 잔해와 음성 녹음기 등의 인양이 필요하였다. 비행기 추락 해역의 수심은 3,353m로 회수 작업을 위해 수중무인탐사기 Magellan을 운용하였다. 총 72번의 탐사를 실시하여 200시간 분량의 Video Tape와 1200장이 넘는 사진 확보, 85회의 잠수를 실시하여 DC-9의 음성 녹음기를 비롯한 2,500점 이상의 파편이 회수되었다(황아름 등, 2012).

세 번째 사례는 1987년 인도양에 추락한 남아프리카 항공 소속의 보잉 747기의 수중탐사 및 잔해 인양작업이다. 추락 비행기의 탐사 및 잔해 인양을 위해 OTECH사는 수중무인탐사기를 이용하여 453kg에 달하는 잔해를 직접 인양하였고, 1989년에는 이 비행기의 블랙박스를 회수에도 성공하였다(황아름 등, 2012).

네 번째 사례는 러시아 해군의 구조용 잠수정 구조이다. 2005년 8월 4일 러시아 해군의 구조용 잠수정인 Priz AS-28은 러시아 동부 캄차카 반도 인근 해상에서 케이블과 그물에 걸려 수심 190m에 좌초되었다. 구조작전에 투입된 영국의 수중무인탐사기 SCORPIO 45가 케이블과 그물을 절단하여 잠수정 승조원들을 무사히 구조하였다.



Fig. 10 러시아 조난 잠수정 Priz AS-28(JFDEFENCE, 2015)

이외에도 1985년 미국의 우즈홀 해양연구소는 수중무인탐사기 아르고를 이용하여 수심 약 3,800m 해저에서 타이타닉호를 발견하였고, 1986년 우주비행선 챌린저호의 잔해 탐색, 1987년 남아프리카 항공기의 블랙박스 인양, 1996년 룡아일랜드 동쪽 모리치스 남동쪽 대서양에 추락한 TWA 800기 구조작전, 2001년 하와이 오아후섬 근해에서 미해군 핵잠수함과 충돌하여 침몰한 일본 우와지마 수산고등학교 실습선 에히메호 구조작전 등 외국에서는 수중무인탐사기를 활발하게 운용하고 있다.

2.3.2 한국의 운용사례

한국의 구조작전에서 수중무인탐사기 운용사례는 외국에 비해 운용사례도 적으며, 구조작전에서의 역할 및 성과도 작다. 한국은 1980년대까지 수중무인탐사기 운용에 대한 관심이 부족하여 구조작전 등 수중작업에 운용하지 않았지만 이후 수중무인탐사기 활용에 대한 관심이 증대되면서 자체 개발을 시작하고, 해저탐사와 구조작전에도 활용되기 시작하였다. 1990년대 초 남형제도 근해에 침몰한 오성호 유류제거 작업에 외국의 수중무인탐사기가 운용되었고, 2010년 천안함 구조작전에서 해미래가 운용되었지만 강한 조류와 탁한 수중시계로 인해 운용성과는 없었다.



Fig. 11 구조작전에서 해미래 운용(이판목, 2015)

최근의 대표적인 운용 사례는 2014년 진도 부근 해역에 침몰한 세월호 구조 작전이며, 구조작전에는 국내·외에서 개발 및 보유한 수중무인탐사기가 투입되었다. 미국 비디오 레이(VIDEO RAY)사에서 개발된 소형 수중무인탐사기는 강한 조류와 탁한 수중시계로 성과 없이 철수하였고, 소방방재청이 보유한 수중무인탐사기는 강한 조류로 인해 조종 케이블이 끊어지면서 운용이 중단되었다(NEWSIS, 2014).

Table 11 소방방재청 수중무인탐사기(SAAB SEAEYE, 2015)

	· 전장×전폭×전고: 1.0×0.6×0.5m
	· 중량: 60kg
	· 최대 속도: 3kts
	· 최대 운용수심: 300m
	· 인양력: 14kg

마지막으로 운용한 국내에서 개발된 CR-200은 한국 연·근해에서의 운용을 목적으로 개발된 만큼 8가지의 기능을 수행할 것으로 기대하였다(전봉환, 2014).

- ① 세월호 인근 100m 이내로 접근하여 세월호 수중 모습 스캐닝
- ② 근거리 정밀 스캐닝 기능으로 주변해역 수색 및 물체 탐지
- ③ 초음파 카메라를 이용한 사고해역 주변 실시간 초음파 영상 촬영
- ④ 총 10대의 광학 카메라를 이용하여 주변의 광학 영상 촬영
- ⑤ 로봇팔을 이용한 해저 샘플의 채취
- ⑥ 해저 위치 계측기능과 조명을 이용, 혼탁한 물속의 잠수작업 지원
- ⑦ 침몰선 주변 수심별 유향/유속 실시간 계측 제공
- ⑧ 침몰선 주변의 수심, 수온, 전도도 등 데이터 취득 제공 등

Table 12는 CR-200의 운용결과를 요약한 내용이다.

Table 12 CR-200 운용결과(전봉환, 2014).

구 분	운 용 결 과
지원활동 요약	· 지원기간: 2014. 4.21. ~ 5.20.(30일) · 출동일수/대기일수: 2박 5일/25일 · 최대 운용수심: 46m
주요 조사내용	· 세월호 형상 수중음파 촬영 및 주변물체 식별

장기간 동안 CR-200을 투입한 결과 음탐기를 이용한 세월호 선체 촬영과 일부 해저샘플 채취, 침몰선 주변의 수심, 수온, 전도도 등의 정보를 수집하는 일부 성과는 있었으나, 최초 기대했던 침몰선 주변 수심별 유향/유속 실시간 계측과 혼탁한 물속의 잠수사 작업지원 등은 실패하였다. CR-200이 기존의 수중무인탐사기의 추진방식인 프로펠러와 달리 다리를 이용하여 이동한다고는 하나 최대 속력이 2kts로 짧은 전류시간 동안에만 운용이 가능하였고, 수중시계가 30cm 이하인 환경에서의 광학 카메라 선체촬영 결과는 활용가치가 떨어졌다.



Fig. 12 세월호 구조작전에서 CR-200 이용 획득 영상(전봉환, 2014)

제 3 장 해군 수중무인탐사기 현황

3.1 수중무인탐사기 도입 배경

해군은 1993년 발생한 서해 훼리호 침몰사고 이후 국가재난 사고에 대비하여 전문구조능력 향상을 위해 수중무인탐사기를 도입하였다. 수중무인탐사기 도입 전 해군의 구조작전은 잠수사가 직접 잠수를 해서 수중에서 물표를 탐색하고 식별하는 방법으로 수행하였지만, 수중무인탐사기 도입 후 구조작전에서 몇 차례의 수중무인탐사기를 운용을 통해 필요한 정보를 획득하였다.

3.2. 수중무인탐사기 현황

3.2.1 HYBALL

HYBALL은 해군 최초의 수중무인탐사기로 1996년 영국의 HYBALL사로부터 도입하여 운용하였다.

Table 13 HYBALL(해난구조대, 1998)



- 전장×전폭×전고: 0.7×0.5×0.5m
- 중량: 42.5kg
- 최대 속도: 2.5kts
- 최대 운용수심: 300m
- 카메라, 조명, 음탐기

HYBALL은 소형의 탐색용 수중무인탐사기로 최대 속도 2.5kts, 최대 운용수심 300m로 탐색용으로의 기본적인 성능은 갖췄지만 음탐기의 탐지능력이 떨어지고 항법조종과 수중 위치추적 기능이 없는 등 세부 성능은 우수하지 못했다.

3.2.2 V8 Sii

HYBALL의 장기간 운용 후 2009년 스웨덴 OCEAN MODULES사의 V8 Sii 수중무인탐사기를 도입하게 되었다. V8 Sii는 HYBALL과 비교해 성능이 우수한 수중무인탐사기로 자동방위, 자동수심, 360도 자유기동, 음탐기, 로봇팔 등의 장치와 운용자가 용이하고 다양한 작업이 가능하도록 향상된 운용자 시스템을 갖추고 있다.

Table 14 V8 Sii(해군 작전사, 2009)

	· 전장×전폭×전고: 0.8×0.7×0.5m
	· 중량: 50kg
	· 최대 속도: 3kts
	· 최대 운용수심: 500m
	· 카메라, 조명, 위치추적 시스템, 음탐기, 센서(자동침로 및 수심), 로봇팔

V8 Sii는 최대 탐지거리가 130m인 음탐기를 보유하여 함정 등의 수중탐색 지원이 없어도 좁은 구역에 대한 자체 탐색능력을 보유하고 있고, 항법장비로 해저의 목적지에 정확하게 유도할 수 있으며, 8방향 추진기와 관성 계측장치를 이용하여 안정된 자세와 방향을 유지할 수 있다. 5관절로 구성된 로봇팔은 전면부에 좌·우 2개를 장착하여 다양한 방위 및 각도에서 작업을 할 수 있으며, 소형 절단기로 제한적인 절단능력과 최대 10kg의 인양능력을 보유하고 있다.

V8 Sii 수중무인탐사기의 구성은 탐사기, 전원공급 장치, 운용자 조종 장치, 케이블 및 윈치로 구성되어 있고, 각각의 구성 장비는 가벼운 중량과 케이스 등으로 패키지화되어 이동 및 운용이 용이하다.



Fig. 13 V8 Sii 구성장비(해군 작전사, 2009)

V8 Sii는 소형 보트에서부터 함정 및 바지까지 운용할 수 있는 플랫폼이 매우 다양하다.



Fig. 14 소형 보트에서의 V8 Sii 운용(해군 작전사, 2009)



Fig. 15 함정에서의 V8 Sii 운용(해군 작전사, 2009)

3.2.3 HD

해군은 구조작전능력 향상을 위해 침선 및 해상 추락항공기 탐색과 지원, 조난 잠수함 구조지원 등 다양한 임무를 수행할 수 있는 대형 수중무인탐사기 HD Work type을 2013년에 도입하였다. 이전까지 해군의 수중구조작전 능력은 포화잠수 300m, 심해구조잠수정(DSRV) 500m, V8 Sii 300m로 동해의 깊은 수심에서는 작전이 불가하여 한국 전 해역에 대한 구조작전능력은 갖추지 못했다.

수중무인탐사기 HD의 도입으로 해군은 한국의 전 해역에서 구조작전이 가능하게 되었다. HD는 침선 및 추락항공기 탐색 및 인양, 수중탐사, 조난 잠수함 구조 지원 등의 임무를 수행하기 위해 시각, 음향 및 수중환경(유향·속, 밀도, 압력, 수온, 음속 측정 등) 등의 정보수집과 수리부속 및 식량/의약품 공급능력, 와이어 절단 등 다양한 기능을 보유하고 있다.

HD 수중무인탐사기의 운용방식은 중계기를 이용한 일체형 운용방식이며, 탐사기와 수중케이블 관리장치가 함께 진수되어 목표수심에 도착한 후 탐사기가 분리되어 작업을 수행하게 된다.

HD의 운용을 위해서 먼저 모함인 구조함의 함위를 유지한 후 A-Frame을 이용하여 문풀(Moon-pool)을 통해 수중케이블 관리장치와 함께 목표 수심으로 하강한다. 탐사기는 수중케이블 관리장치와 테더로 수중케이블 관리장치는 구조함과 엄빌리컬로 연결되어 데이터를 송·수신한다. 구조함의 제어실에서는 획득한 영상 및 음향정보 등을 전시하고 조종하게 되며, 탐사기 운용을 위한 위치 확인은 탐사기에 탑재된 트랜스 폰더(Transponder)의 음향신호를 구조함의 음파방향탐지기(HPR: Hydroacoustic Position Reference)를 통해 수신하여 확인한다(해군 작전사, 2014).

HD의 전체적인 구성은 탐사기, 함상 조종장치(Topside Controls), 수중케이블 관리장치, 진·회수 장치, 전원 및 통신체계로 구성되어 있다. 진·회수 장치와 제어실 등 운용에 필요한 모든 시설이 전용함정인 구조함에 탑재되어 있어 V8 Sii보다 안정적인 운용이 가능하다. Fig. 16은 HD 수중무인탐사기의 운용개념도이며, 모든 운용시스템이 함정에 탑재되어 있다.

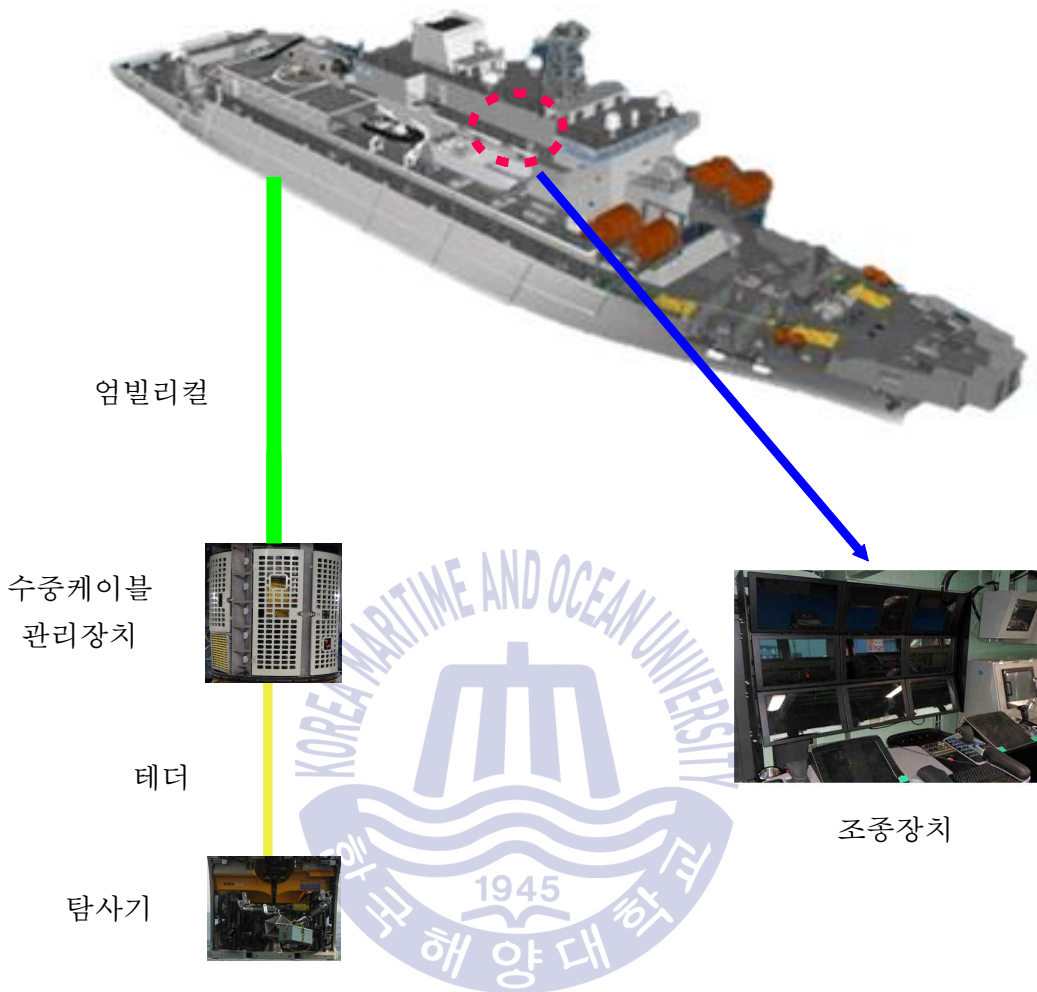


Fig. 16 HD 운용 요도

탐사기는 수중에서 다양한 임무를 수행할 수 있도록 많은 센서와 장치가 포함되어 있다. 로봇팔은 최대 250kg까지 인양할 수 있고, 좌측은 집게 형태이며, 우측은 갈고리 형태로서 경량 유실물 회수, 장구 체결 및 결색, 밸브 및 도어 개방, 시료 채취, 볼트 체결 등 다양한 작업이 가능하다. 환경측정 장치는 수중 유향·속, 밀도, 압력, 수온 및 음속을 측정할 수 있어 구조작전에 필요한 수중 환경자료를 제공할 수 있다. 해저지형 탐색기로는 해저 지형 및 해저에 묻혀 있는 물체를 탐색할 수 있으며, 음탐기를 이용하여 최대 750m까지 물체 탐색이 가능하다.

Table 15 탐사기(해군 작전사, 2014)

	• 전장×전폭×전고: 2.9×1.7×1.9m
	• 중량: 3,500kg
	• 최대 속도: 3.5kts
	• 최대 운용수심: 3,000m
	• 카메라, 조명, 음탐기, 로봇팔, 자세계측 장치, 환경측정 장치, 해저지형 탐색기, 수심계, 도플러 속도계 등

함상 조종장치는 HD의 모든 구성장비를 조종할 수 있으며, 연동된 컴퓨터는 탐사기 및 수중케이블 관리장치와 광섬유 케이블로 연결되어 데이터를 송·수신한다.

Table 16 함상 조종장치(Topside Controls)

	• 구성: 조종콘솔, 전방전시기 등
	• 기능: 탐사기, 수중케이블 관리장치 등 장비 제어

수중케이블 관리장치는 아래로는 탐사기와 연결되고 위로는 A-Frame과 엄빌리컬로 연결되어 탐사기와 함께 수중으로 잠항하여 목표수심에서 테더를 통해 탐사기를 방출한다. 수중케이블 관리장치는 탐사기가 수중에서 끌리는 것을 방지하고, 탐사기를 함정의 요동으로부터 방지와 함상과 탐사기의 전력 및 광섬유 신호 정보를 보낸다.

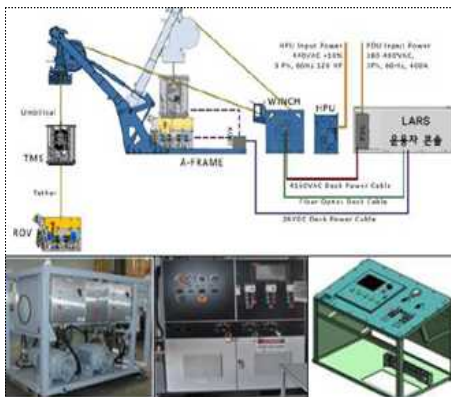
Table 17 수중케이블 관리장치(해군 작전사, 2014)



- 길이×높이: 1.9×2.1m
- 중량: 2,455kg
- 수중무게: 1.513kg
- 최대 감김/풀림 속도: 0 ~ 50m/min
- 구성: 프레임, 테더, 슬립링 등

진·회수장치는 탐사기와 수중케이블 관리장치의 진수 및 회수에 필요한 다양한 장비로 구성되어 있다. 엄빌리컬 방출/회수 속도조절과 엄빌리컬 각도 조절기능 등 안전한 진수 및 회수 지원이 가능하다.

Table 18 진·회수 장치(해군 작전사, 2014)



- 구성: 엄빌리컬 및 윈치, 레벨 와인드, A-Frame, 유압동력기
- 기능: 탐사기 및 수중케이블 관리장치 진·회수

3.3 구조작전 운용 사례

구조작전 수행에 있어 가장 중요한 사항은 정보, 즉 사고해역의 해양환경과 수중물체의 위치 및 상태 등을 정확히 확인하는 것이다. 이러한 정보는 사전 정보와 현장에서 획득한 정보로 구분되고, 사전정보는 현장 상황과 상이한 경우가 많기 때문에 현장에서 정확한 정보획득은 반드시 필요하다. 특히, 한국의 연·근해 중 황해와 남해 일부 해역처럼 강한 조류가 있는 해역에서는 조류에 대한 사전정보와 현장에서 측정한 정보의 상이한 경우가 빈번하게 발생한다.

해군의 구조작전은 탐색, 인명구조, 선체구조의 기본적인 절차로 진행되며, 현장상황과 추가정보를 고려하여 세부 구조작전을 실시한다. 수중무인탐사기의 고전적인 임무가 탐색 및 인양이었지만, 현재의 수중무인탐사기는 다양한 성능을 보유하여 인명구조와 선체구조 지원임무 등을 수행한다. 해군은 일부 구조작전에서 해양환경을 고려하여, 수중무인탐사기를 적절하게 운용함으로써 필요한 정보를 획득하였다.

Table 19 주요 운용사례

순번	내 용	년 도	수 심	조 류
1	황해 미식별 수중 접촉물 탐색	1997년	80m	4kts
2	Tow Fish 탐색	2002년	45m	0.5kts
3	MDV 탐색	2003년	35m	0.5kts
4	추자도 근해 항공기 탐색	2005년	57m	3.4kts
5	어청도 근해 항공기 탐색	2007년	45m	2.5kts

Table 19와 같이 수중무인탐사기는 다양한 해양환경에서 투입되어 구조작전에 운용하였다. 양호한 해양환경의 해역에서 운용한 사례가 있는 반면, 강한 조류와 탁한 수중시계의 해양환경에서 운용한 사례도 있었으며, 강한 조류가 있는 해역은 저질이 빨리 이루어진 곳이 많아 수중시계도 탁하여 수중무인탐사기 운용이 더욱 제한되었다. 조류의 평균 유속이 2.5kts 이상인 해역은 수중무인탐

사기의 정상적인 운용이 불가하여, 유속이 약해지는 전류 시간에만 운용이 가능하였고, 유속이 약해지는 시간도 예보와 차이점이 있어 운용 중 현장에서 유속변화를 확인하면서 진수 및 회수를 해야 하는 등 많은 제한점이 있었다. 해군이 보유한 소형 수중무인탐사기는 인력으로 회수를 하기 때문에 조류가 강한 상태에서 회수 할 경우 강한 장력발생으로 엄빌리컬 손상 등은 물론 최악의 경우 엄빌리컬 절단으로 탐사기를 손실할 수 있는 상황도 발생할 수 있어 각별한 주의가 필요하였다.

수중무인탐사기 운용이 가장 힘들었던 사례는 황해 미식별 수중 접촉물 탐색 작전으로 평균 유속은 4kts, 최대 유속 약 7kts, 수중시계 30cm 이내로 해양환경이 매우 악조건이었고, 페어망과 로프 등 수중 장애물이 산재하여 운용에 특히 주의해야 했다. 이러한 해양환경 극복을 위해 수중물표에 근접하여 중량추를 이용한 하잠색을 설치한 후 하잠색과 엄빌리컬을 연결하여 수중무인탐사기의 엄빌리컬에 미치는 장력을 감소시켜 탐색임무를 수행하였지만, 수중 장애물로 근접거리까진 접근이 불가하여 가능한 거리에서 탐색을 하였다. 비록 근접 식별은 못했지만, 제한적인 식별로 최초 목표인 수중물표 식별에 대한 정보를 제공하였다. 추자도와 어청도 근해에서의 작전도 강한 조류와 수중시계의 제한이 있었으나, 전류 시간을 이용하여 구조작전에 필요한 정보를 획득하였다.



Fig. 17 구조작전에서 수중무인탐사기 운용

제 4 장 한국 연·근해의 해양환경과 해군 수중무인탐사기의 운용제한

수중무인탐사기 운용에 영향을 미치는 가장 중요한 요인은 해양환경이며, 수중무인탐사기에 미치는 해양환경은 해상상태와 수중환경으로 구분할 수 있다. 수중무인탐사기는 해상의 플랫폼과 케이블로 연결되어 전력을 공급받고 수중작업을 하기 때문에 자율형 무인잠수정 및 유인 잠수정에 비해 작업시간의 제한이 없지만, 이러한 운용 특성 때문에 수중무인탐사기 운용을 위한 플랫폼은 위치를 고정 또는 일정범위 내 유지해야 한다. 이 플랫폼의 위치 유지는 해상상태(파도, 풍향 및 풍속 등)와 조류에 따라 좌우되며, 해상상태가 양호하여 플랫폼 운용이 가능하더라도 수중환경에 의해 수중무인탐사기 운용에 제한을 받는다. 수중환경에서도 조류, 수중시계, 수중 장애물(폐어망, 로프 등)이 수중무인탐사기 운용에 영향을 미치며, 이중 가장 큰 영향을 주는 것은 조류와 수중시계이다.

현재의 수중무인탐사기는 탐지 장비, 로봇팔 등 기능적인 능력은 향상되었지만, 속력면에서는 크게 향상되지 못했다. 구조작전 및 탐사용으로 사용 중인 전 세계의 수중무인탐사기 중 4kts 이상의 속력을 낼 수 있는 수중무인탐사기는 없으며, 기뢰탐색 등 특수한 군사용 목적으로 사용되는 일부 장비는 최대 7kts 이상의 속력까지 가능하다. 한국 연·근해의 해양환경은 해역별로 다른 특성을 보유하고 있어 구조작전에서 해역별 환경에 따라 운용에 제한을 받는다.

4.1 한국 연·근해의 해양환경 특성

한국의 동해, 황해와 남해는 서로 각각 다른 특성을 지니고 있다. 동해는 수심이 깊고 대륙붕이 발달되어 있지 않아 조석보다는 해류의 영향이 크고, 황해는 수심이 얕은 대륙붕으로 이루어져 있어 세계적으로 큰 조수간만의 차를 보이며 조석과 조

류의 영향이 가장 중요한 해역이다(국립해양조사원, 2014). 조류와 함께 수중무인 탐사기의 운용에 영향을 주는 요소인 수중시계는 동해는 양호하나, 황해와 남해 일부 해역은 저질이 주로 빨 퇴적물로 구성되어 있어 수중시계가 매우 탁하다.

한국의 해양환경조사 기관인 국립해양조사원에서 매월 및 연간 발간하는 조류 관측결과 자료는 해역 및 수심별로 세부적으로 분류하였을 경우 100% 정확하지 않다. 그 이유는 국립해양조사원의 조류관측 방법에는 일정 구역에 대해 연간 관측을 하는 고정용 관측부이, 조사선, 해수유동 관측소를 이용한 관측을 하고 있지만, 연중 관측이 가능한 관측부이는 약 30여 개로 세부 지역별로 조사가 불가능하고, 표층 (3 ~ 5m)에 대한 조류 관측만 가능하다. 조사선을 이용한 방식은 사전에 계획한 해역에 대한 일정기간의 조사만 실시하며, 해수유동관측소를 이용한 관측은 해수 유동만 관측하기 때문이다.

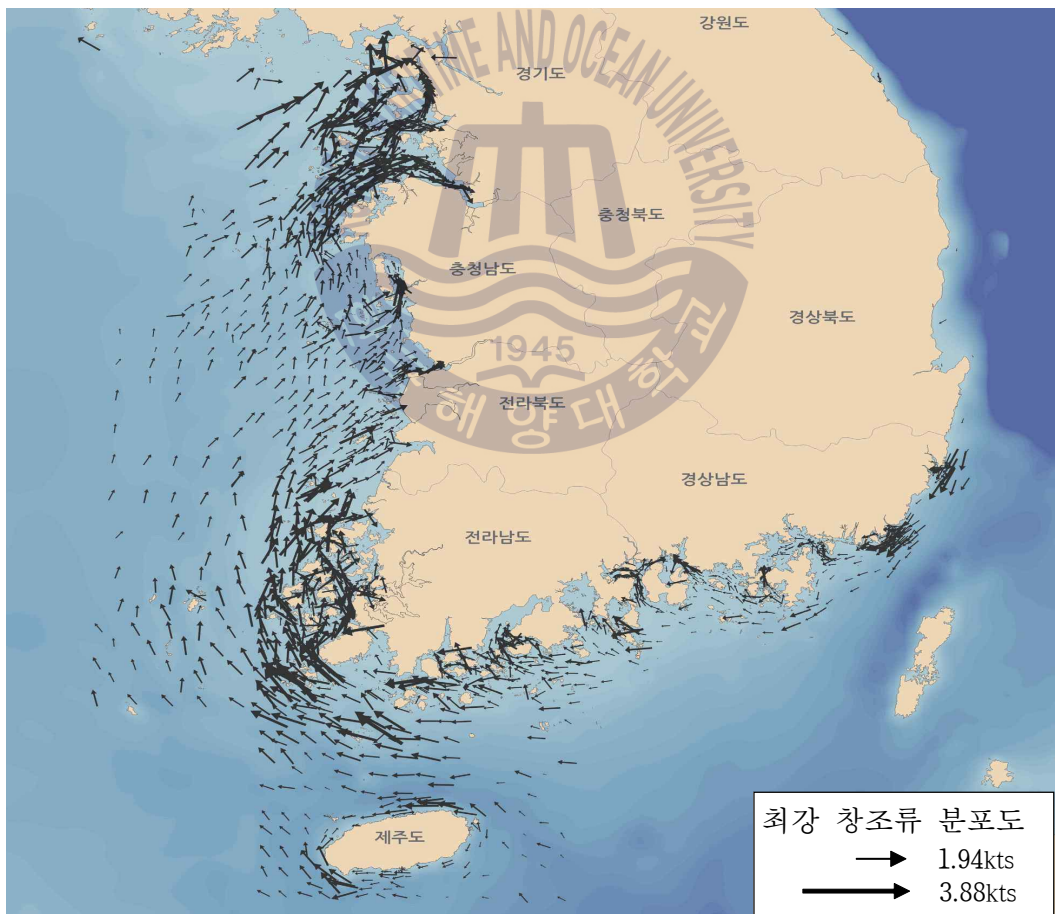


Fig. 18 한국 연·근해의 조류(창조류) 분포(국립해양조사원, 2014)

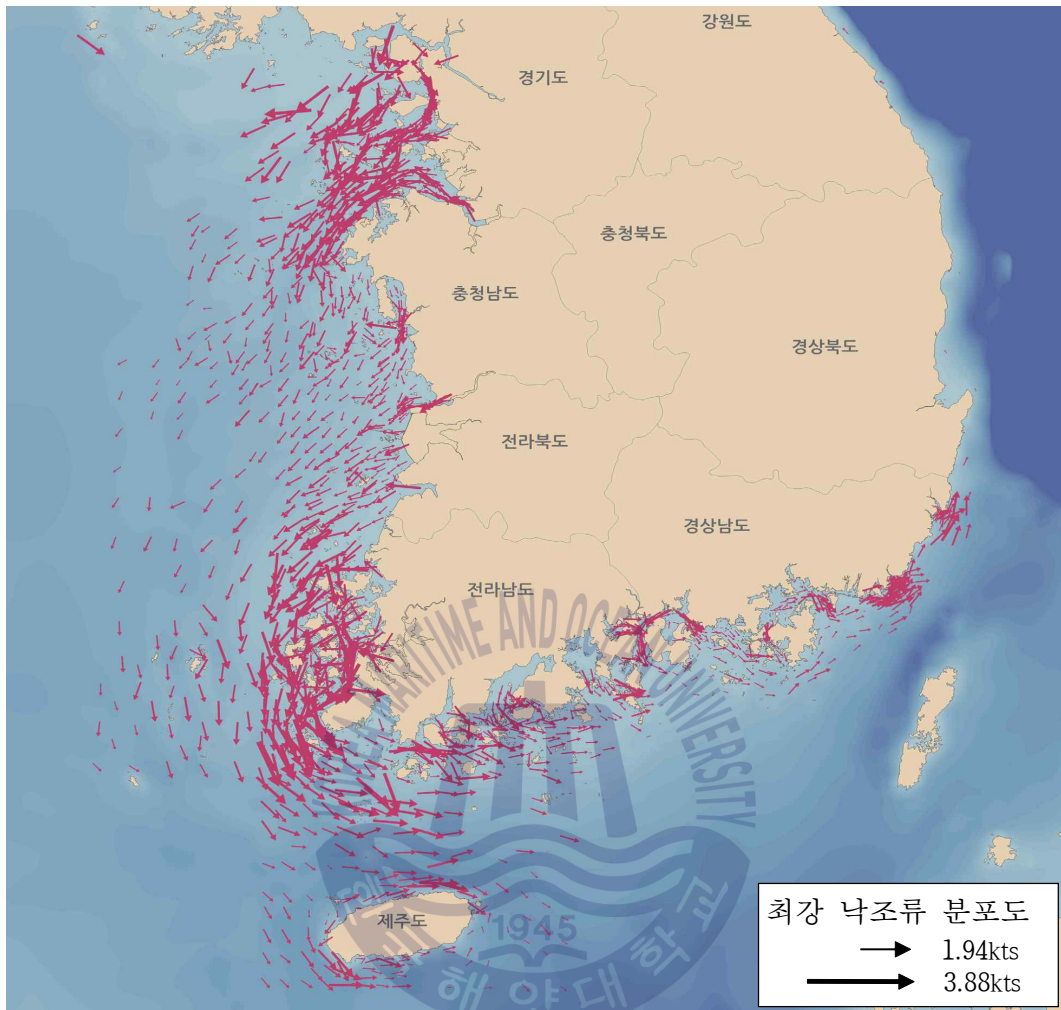


Fig. 19 한국 연·근해의 조류(낙조류) 분포(국립해양조사원, 2014)

4.1.1 동해

동해의 일반적 특성은 평균 수심 1,543m, 최고 수심은 약 2,985m이며, 동해 북서부에는 해저분지가 위치하는데 200m이하의 천해가 전체 면적이 1/5을 차지하고 있다. 또한, 한반도 동방에는 완만한 기복이 많은 수심 약 1,500m의 지형이 발달되어 있다. 해저 저질 상태는 수심 약 500m 이하의 대륙붕 해역인 내해에서는 등수심선과 평행하게 모래성 퇴적물이 우세하게 분포하고, 수심이 1,000m 이상으로 깊어지는 대륙사면과 대륙대 지형인 외해에서는 세립질인 빨성 퇴적물이 우세하게 분포한다(해군본부, 2010).

4.1.2. 황해

황해의 일반적 특성은 평균수심 44m로 수심은 깊지 않고, 중국 연안에 비해 우리나라 쪽은 60 ~ 80m로 비교적 깊으며, 최고 수심은 약 100m 내외이다. 해저 저질은 주변 육지로부터 하천수의 유입이 많아 연간 약 40만 톤 정도가 퇴적되는데, 연안에는 뿔 퇴적물이 외해 쪽으로는 사질 퇴적물이 우세하다(해군본부, 2010). 황해 해양환경의 가장 큰 특징인 조류는 북부 해역과 경기만 남측은 매우 강하며, 덕적군도 서측과 태안반도 북서측은 유속이 비교적 강하여 덕적도 사이의 폭이 좁은 수로에서는 5.8kts이상의 강한 조류가 흐른다. 어청도에서 안마군도 서부 해역은 1.6 ~ 2.1kts, 목포항을 포함하는 남부 해역은 크고 작은 섬들과 여러 갈래의 수로가 많이 산재해 있어 조류의 흐름이 매우 복잡하고 유속력 매우 강한편이다. 유속은 맹골, 거차, 장죽, 횡간수도 등에서 매우 강하며 2.1 ~ 6.4kts이다. 흑산군도 인근 해역은 1.1 ~ 5.24kts, 제주도 서부해역은 0.6 ~ 3.7kts이다(국립해양조사원, 2014).

4.1.3 남해

남해의 일반적 특성은 평균 수심 101m, 최심부는 대한해협인 서수도인 부산영도 남동방에서 227m로 나타나며, 해저는 급경사가 거의 없는 평탄한 지형을 갖는다. 해저 저질 상태는 연안에는 주로 뿔 퇴적물이 제주도 좌·우측 해역에서는 모래성 퇴적물이 주로 분포하고, 제주해협 주변의 북쪽에는 모래가 포함된 뿔이 남쪽에는 모래성 퇴적물이 양분되어 분포를 한다(해군본부, 2010). 남해의 조류는 전반적으로 낮은 유속을 보이나, 일부해역은 2kts가 넘는 유속이 나타난다. 제주도 동부해역은 0.6 ~ 2.5kts, 완도에서 여수해역은 다도해로 여러 갈래의 크고 작은 수도가 존재하여 유속이 강한 편으로 0.6 ~ 2.5kts이다. 부산항을 포함하는 남해동부 해역은 0.2 ~ 2.5kts이다(국립해양조사원, 2014).

4.2 해군 수중무인탐사기 운용제한 요소

4.2.1 성능에 의한 운용제한

Table 20은 해군에서 운용중인 운용선박의 성능(위치유지, 진·회수 등)과 수중무인탐사기의 성능을 고려한 운용제한 조건이다. 해양환경에 의한 운용제한

조건은 두 종류가 유사하며, 운용수심에 의한 차이가 있다. 해상상태의 차이는 HD는 전용함정과 진·회수 장치로 운용되기 때문에 상대적으로 조금 높지만, 차이는 크지 않다. 결과적으로 해군 보유 수중무인탐사기는 장비구성, 기능은 큰 차이가 있지만, 수심을 제외하고는 한국 연·근해에서의 운용에 있어 제한은 큰 차이가 없다. 그 이유는 강한 조류를 극복할 수 있는 가장 중요한 속력과 해상 플랫폼의 위치유지 능력이 유사하기 때문이다.

Table 20 수중무인탐사기 운용제한(해군 작전사, 2009, 2014)

구 분	운용제한	
	V8 Sii	HD
해상상태	파고 2m 이상	파고 2.5m 이상
조 류	유속 2kts 이상	유속 2kts 이상
풍 속	20kts 이상	20kts 이상
수 심	300m	3,000m

4.2.2 해양환경에 의한 운용제한

수중무인탐사기 운용에 제한을 주는 주된 요소는 조류, 수중시계, 수중 장애물이 있다. 이 중에서도 가장 큰 영향을 주는 것은 조류와 수중시계이며, 장소에 따라 폐어망 등의 수중 장애물로 인해 수중무인탐사기 운용에 제한을 받는다. 90년대 초 남형제도에 좌초되어 침몰한 유조선 오성호의 선체 내부 폐유를 제거하기 위해 외국의 구조회사에서 수중무인탐사기를 이용해 수중촬영을 시도하던 중 강한 조류와 탁한 수중시계로 선체에 케이블이 감기는 등의 사고로 수중무인탐사기 3대를 손실하는 경우가 있었다.

4.2.2.1. 조류의 의한 제한

수중작업을 위해서는 수중에서의 위치 및 자세유지가 필수적이다. 탐사기는 전·후, 좌·우 등 여러 개의 추진기로 다양한 방향과 자세로 움직일 수 있지만 전진속력이 가장 빠르며, 탐사기마다 다르지만 일반적으로 전진속력이 횡 또는 후진 속력보다 약 0.5 ~ 1kts정도 빠르다. 또한, 음탐기, 카메라 및 조명,

로봇팔 등 수중탐색과 작업장치가 전면에 배치되어 있기 때문에 탐사기는 이동 및 작업을 할 경우에는 전면부가 수중목표를 향하고 있어야 한다. 만약, 강한 조류에서 작업을 할 경우 조류를 받는 방향이 전면부가 아닌 측면 또는 후면에서 받게 된다면 조류에 휩쓸리게 되어 탐사기의 손실이 발생할 수 있다. Fig. 20은 조류가 있는 해역에서의 탐사기 접근방향이며, 조류를 정면에서 받도록 해야 한다.



Fig. 20 탐사기 접근 방향

수중에서 탐사기는 유속의 영향으로 유체역학에 따라 움직임이 달라진다. 유속이 '0'인 상태에서는 수직(상·하)으로 위치하고, 유속에 따라 여러 각도로 위치하게 된다. Fig. 21은 탐사기가 수중에서 유속에 의한 움직임의 변화이며, 일반적인 변화를 나타낸 것이다.

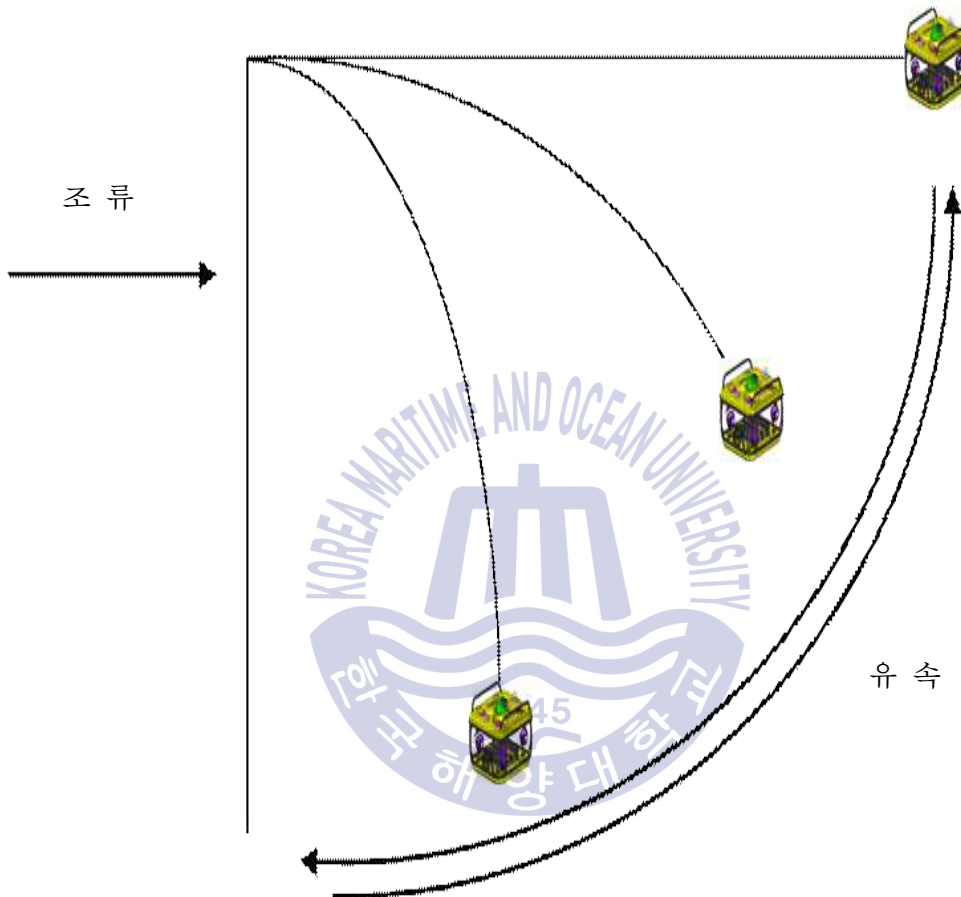


Fig. 21 조류에 의한 탐사기 운동 변화(해군 작전사, 2009)

Fig. 21은 중계기를 사용하지 않고 운용했을 경우이며, 중계기를 사용한다면 탐사기의 운동변화는 감소할 것이다. HD는 수중케이블 관리장치가 작업수심 인근까지 탐사기와 함께 진수되어 작업수심 인근에서 분리되어 운용되기 때문에 V8 Sii보다 상대적으로 안정적이다. 그러나, HD는 수중케이블 관리장치, 엄빌리컬, 테더 및 탐사기가 조류의 영향을 받기 때문에 조류의 영향에서 완전하게 안정적이지 않다.

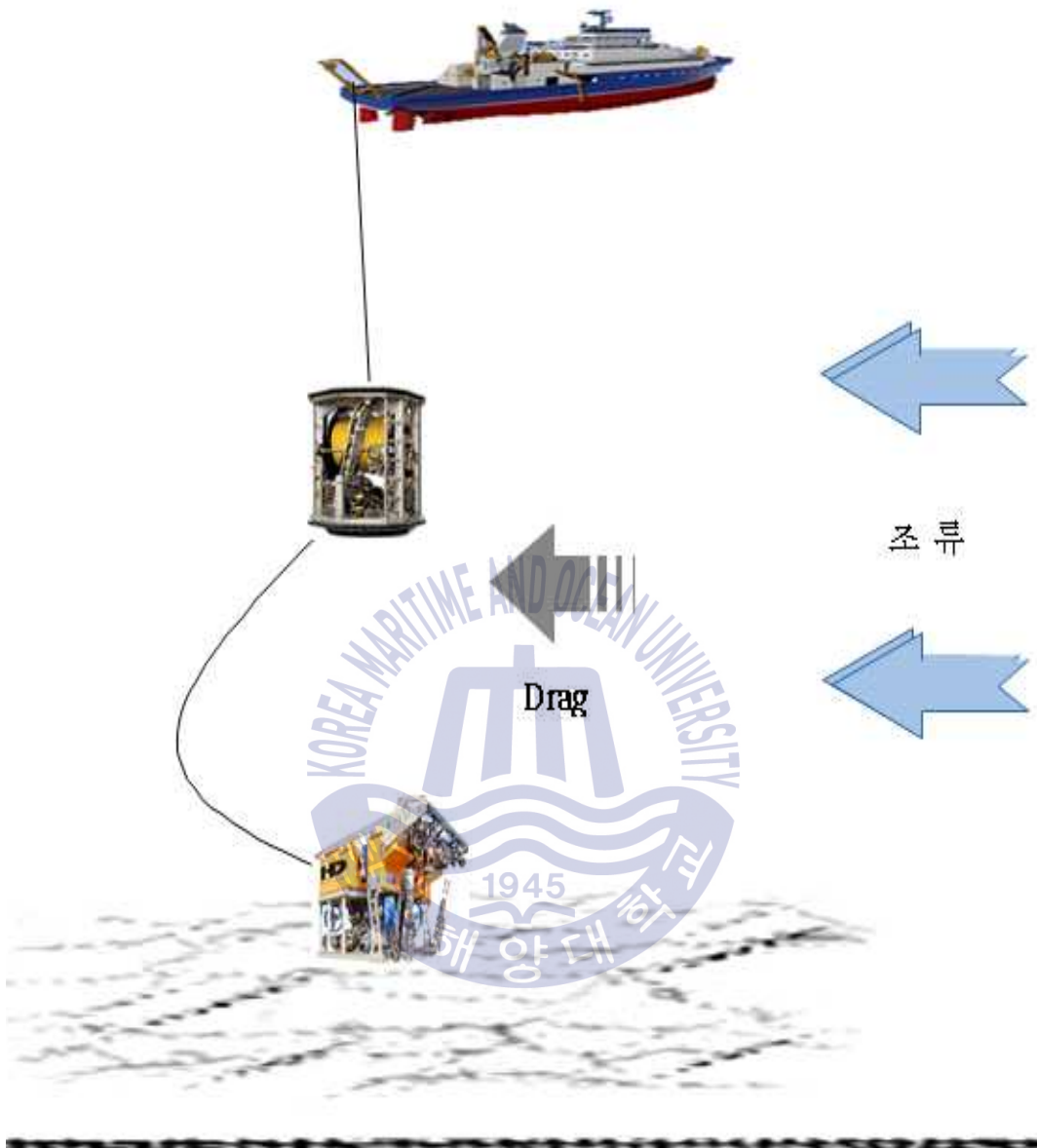


Fig. 22 수중케이블 관리장치를 이용한 탐사기 운용

Fig. 22는 HD처럼 수중케이블 관리장치를 이용하는 탐사기의 운용요도이다. 탐사기가 수중작업 중 외력에 의해 끌리는 힘을 항력이라고 하고, 항력은 탐사기, 엄빌리컬, 테더가 받는 항력이 있다. 항력은 수중무인탐사기의 운용 한계를 결정하는 것으로 매우 중요하며, 항력을 최소화해야 수중무인탐사기를 효과적으로 운용할 수 있다.

Table 21은 물체의 형상에 따른 항력계수와 HD의 항력계수, 항력계수를 이용한 항력 산출방법이다.

Table 21 항력 계수 및 항력 산출방법(해군 작전사, 2014)

구 분	내 용
물체 형상별 항력계수	○ 1.2 □ 1.1 ◐ 0.5
HD 항력계수	탐사기: 약 1.0 엄빌리컬 · 테더: 0.5
항력 산출방법	$\text{항력} = 1/2 \rho A u^2 C_d$ ρ: 유체 밀도, A: 투영면적 u: 유체 속도, C_d: 항력계수

HD는 테더가 탐사기 상단에 연결되어 있어 조류의 영향이 강할 경우 탐사기의 전면부가 올라가는 현상이 발생한다. 이러한 현상이 심하게 되면 자세제어가 불가능하게 되어 탐사기가 고장 또는 손실되는 경우가 발생할 수 있다.

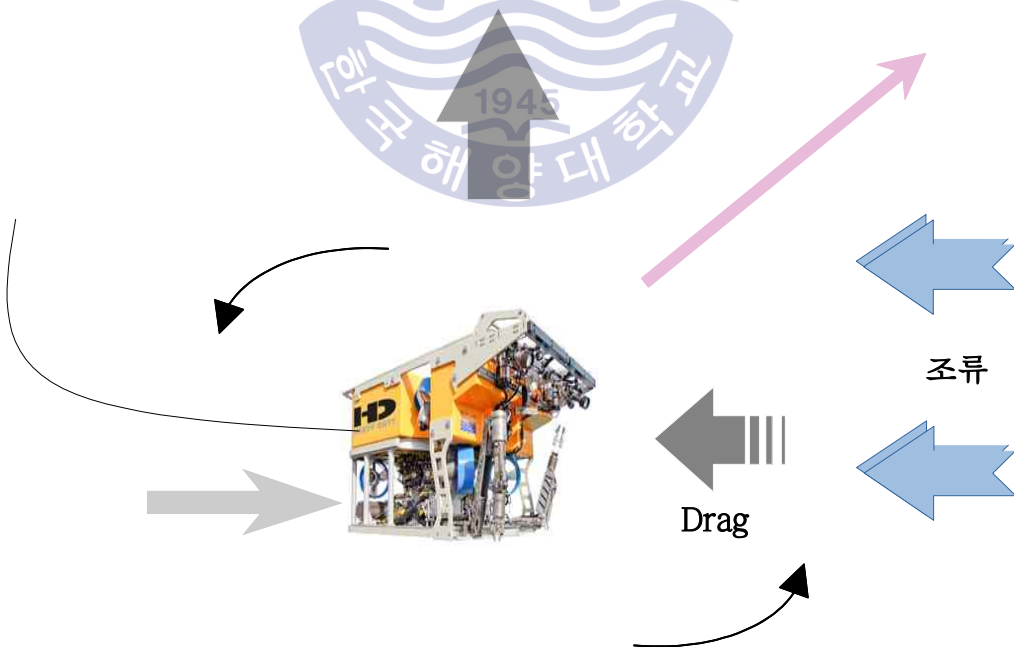


Fig. 23 조류의 영향으로 인한 탐사기의 자세변화

4.2.2.2. 수중시계와 수중 장애물에 의한 제한

수중시계가 탁하더라도 수중무인탐사기는 운용할 수는 있지만, 운용결과에 미치는 영향이 크다. 한국 연·근해의 수중시계에 대한 관측 자료와 수중무인탐사기 운용에 있어 수중시계에 대한 제한 조건은 정해진 것이 없다. 일반적인 운용에는 수중시계가 큰 문제가 되지 않지만, 구조작전에서 수중무인탐사기의 기본적인 운용목적이 탐색 및 식별, 인양이므로 이러한 목적을 위해서는 일정 수준의 수중시계는 필요하다. 조류는 양호하지만 수중시계가 ‘0’ 또는 30cm 이하로 탁할 경우 수중무인탐사기가 수중작업은 매우 제한된다. 세월호 구조작전에 투입된 CR-200이 카메라를 이용하여 촬영을 하였으나, 식별이 어려웠듯이 수중시계가 나쁠 경우 탐색 및 식별뿐만 아니라 로봇팔을 이용한 정밀 작업은 매우 어렵다. 또한, 수중시계가 없을 경우 물체의 굴곡이나 날카로운 부분을 확인하지 못해 탐사기가 손상되거나 엉뚱리켈 절단으로 손실될 수 있다.

수중시계가 미치는 영향은 이동 중에도 영향을 준다. 수중 장애물에 대한 정보는 설치된 어망이나 해도상 침선, 암초 등은 사전에 확인이 가능하여 회피가 가능하지만, 그 외 사전에 확인되지 않은 수중 장애물(침선, 암반, 폐어망 등)은 음탐기, 초음파 카메라 및 광학 카메라로 식별하면서 이동해야 하나 수중시계가 탁할 경우 식별이 매우 제한된다. 침선이나 암반처럼 큰 물체는 음탐기와 초음파 카메라로 확인이 가능하지만 폐어망 등의 작은 물체는 식별되지 않을 경우가 발생할 수 있어 때로는 탐사기의 손실을 가져올 수 있다.

한국의 황해 및 남해 일부해역은 강한 조류와 뱀 등의 저질로 인해 수중에서의 시계가 30cm 이하로 수중시계가 거의 없는 곳이 존재한다. 이러한, 수중시계에서는 잠수사가 수중에서 랜턴을 이용해도 식별이 매우 어려운 상황으로 카메라를 이용하는 수중무인탐사기 운용은 매우 제한되며, 운용할 경우 손실 방지대책 수립 등 세부적인 계획이 필요하다.

제 5 장 한국 연·근해에서의 해군 수중무인탐사기의 효용성

수중무인탐사기의 운용성과는 국내·외 사례와 같이 해양환경의 영향이 절대적이며, 한국 연·근해 일부 해역의 해양환경은 수중무인탐사기 운용에 매우 열악하다. 해양환경에 의한 수중무인탐사기의 운용제한 조건은 국내·외 기관 및 제조회사 등에서도 정해진 것은 없지만, 해군은 해상플랫폼의 위치유지 능력과 수중무인탐사기의 안전한 운용을 고려하여 운용제한 조건을 정하였다.

본 장에서는 해군 수중무인탐사기의 해양환경 극복 가능성과 운용가능 환경 판단, 해역별 운용 가능성과 가능 임무를 도출하였다.

5.1 해양환경 극복 방안

수중무인탐사기를 운용하기 위해서는 수중무인탐사기의 최대 속력이 조류의 속력보다 높아야 한다. 따라서, 한국의 일부 해역에서 나타나는 3.5kts(V8 Sii는 3kts) 이상의 강한 조류를 극복하고 수중무인탐사기를 운용할 수 있는 방안은 없으며, 1일 1~3회 정도 조류가 약해지는 전류시간에만 수중무인탐사기를 운용할 수 있다. 수중무인탐사기의 테더가 받는 항력을 감소시켜 운용에 도움을 줄 수 있는 방법이 있으나, 근본적인 극복방안은 아니다.

강한 조류에서는 전류시간 이용과 테더의 항력감소로 제한적으로 운용이 가능하지만, 수중시계는 전류시간에도 크게 양호해지지 않아 극복할 수 있는 방법이 없다. 수중무인탐사기의 주요 탐색장비는 음탐기, 초음파 카메라, 광학 카메라가 있지만 이동 및 수중물체에 대한 최종 확인, 인양 등 수중작업을 위해서는 수중무인탐사기의 눈인 광학 카메라의 가시거리가 매우 중요하다.

해군 수중무인탐사기의 광학 카메라 가시거리는 수중시계에 의해 결정되며, 수중물체 식별과 인양작업 등 수중작업에 따라 요구되는 광학 카메라의 가시거리는 상이하지만, 일반적으로 최소 50cm이상은 되어야 하며, 운용자의 숙련도에 따라 차이가 있다.

Fig. 24는 V8 Sii 테더의 항력을 감소시키기 위해 하잠색을 설치하여 운용하는 방식이며, 설치되는 하잠색은 수중물체에 최대한 근접해서 설치한다. 이 방식은 수중시계가 탁할 경우 이동 중 수중 장애물에 의한 수중무인탐사기의 손실을 방지하기 위해서도 효과적이다.

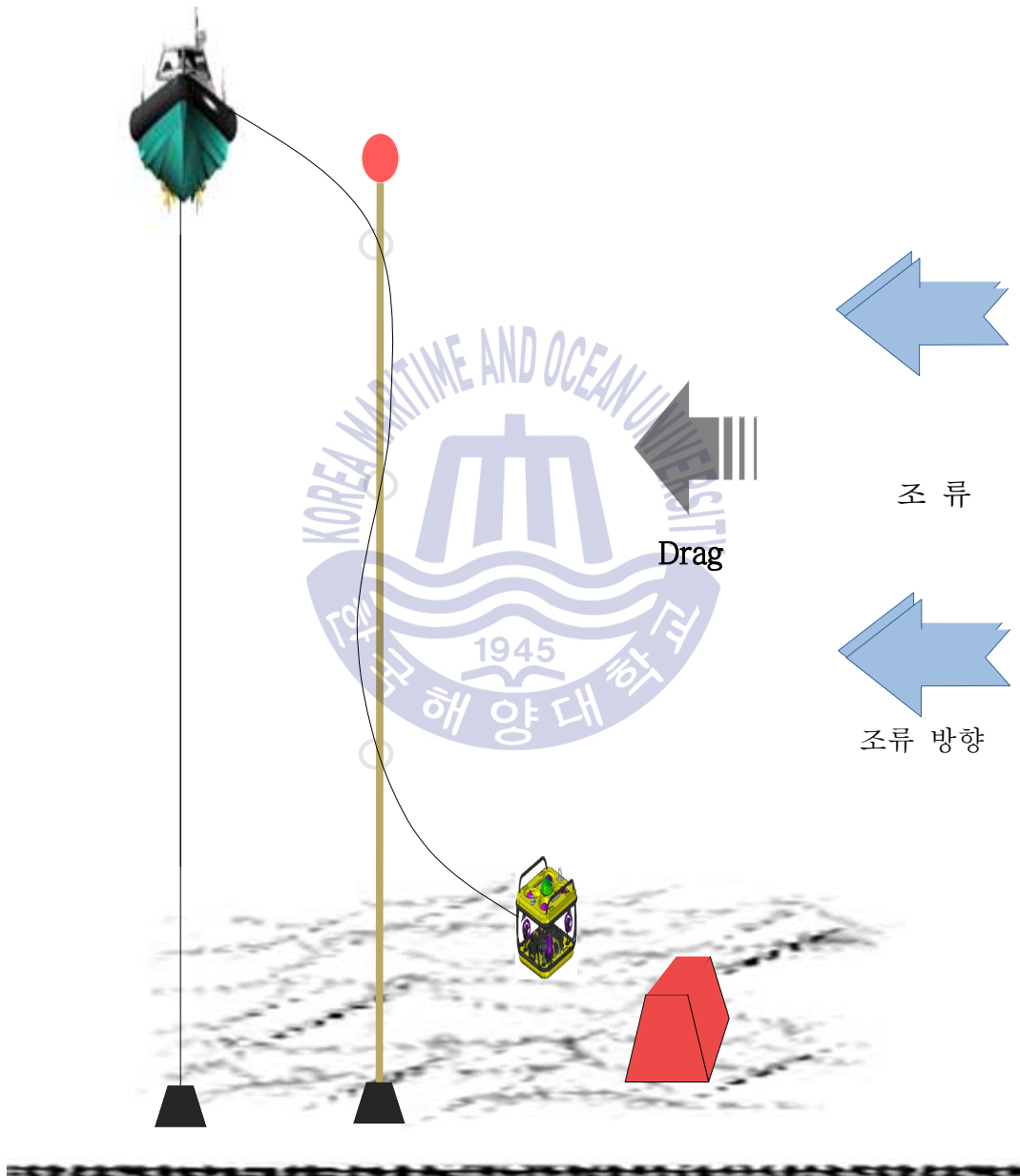


Fig. 24 하잠색을 이용한 V8 Sii 운용

5.2 해양환경별 운용 가능성

해군은 수중무인탐사기별로 운용제한 조건을 자체적으로 정하여 운용하고 있다. 하지만, 이 운용제한 조건은 수중무인탐사기와 해상 플랫폼의 최대 능력을 기준으로 한 것이 아니라 안전한 운용을 염두에 두고 정하였다. 한국 연·근해의 해양환경에서 해군의 운용제한 조건을 적용한다면, 운용의 폭은 더 좁아진다. 구조작전에서 해군 수중무인탐사기의 적극적인 운용을 위해서는 최대 성능을 적용한 운용가능 환경을 정하여야 한다.

Table 22는 해군 수중무인탐사기의 최대 성능(최대 속도, 운용수심), 해상 플랫폼의 위치유지 능력 등을 고려하여 운용가능 환경을 판단한 결과이다.

Table 22 운용가능 환경

구 분	운용가능 조건	
	V8 Sii	HD
해상상태	파고 3m 이하	파고 3.5m 이하
조 류	유속 2.5kts 이하	유속 3kts 이하
풍 속	25kts 이하	30kts 이하
수 심	300m	3,000m

Table 22는 수중무인탐사기와 해상 플랫폼의 최대 성능을 이론적으로 적용한 결과이며, 실제 운용을 통해 정확한 운용가능 환경을 확인해야 한다. 또한, Table 22의 운용가능 환경으로 운용을 위해서는 우수한 운용능력이 필요하다.

해군 수중무인탐사기는 구조작전 단계인 탐색, 인명구조, 선체구조에서 간접 및 직접적인 작전능력을 보유하고 있지만, 해역별 해양환경에 따라 가능한 임무는 상이하다. 조류가 약하고 수중시계가 양호한 해역에서는 수중무인탐사기를 보유 기능을 모두 활용할 수 있고, 강한 조류 또는 탁한 수중시계가 있는 곳에서는 일부 임무만 수행가능 하거나 운용이 불가능 할 수도 있다.

해역별로 수중무인탐사기의 운용 가능성을 간단히 정리하면, 동해는 해양환경이 매우 양호하나 전체적으로 수심이 깊어 V8 Sii의 운용은 일부 제한되고, HD는 동해 전 해역에서 모든 임무수행이 가능하다. 황해는 전반적으로 강한 조류와 수중시계가 탁하고 연안일수록 더욱 강한 조류와 탁한 수중시계를 가지고 있어, 연안에서의 운용이 더욱 제한될 것이다. 반면, 외해 쪽으로 갈수록 수중무인탐사기 운용은 보다 용이해질 것이다. 남해는 강한 조류와 탁한 수중시계가 존재하는 서부 일부 해역에서는 수중무인탐사기 운용이 제한되고, 이외의 해역은 수중무인탐사기 운용에 좋은 조건을 가지고 있다.

해군 수중무인탐사기의 해역별 운용 가능성 및 가능한 임무는 해역별로 상이하며, Table 23은 해역별 운용 및 가능임무를 판단한 결과이다.

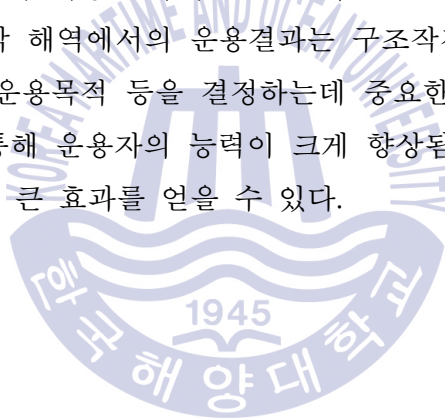
Table 23 해역별 운용 및 가능 임무 판단

구 분		V8 Sii	HD
해역별 운용 가능성	동 해	△	○
	황 해	△	△
	남 해	△	△
임무수행 가능성	탐 색	동 · 황 · 남해: △	동해: ○, 황 · 남해: △
	식 별	동 · 황 · 남해: △	동해: ○, 황 · 남해: △
	인 양	동 · 황 · 남해: △	동해: ○, 황 · 남해: △
	조난 잠수함 구조지원	×	동해: ○, 황 · 남해: △
	해저탐사	동 · 황 · 남해: △	동해: ○, 황 · 남해: △

○: 가능 △: 제한적 가능 ×: 불가

Table 23에서의 판단 기준은 수심, 조류, 수중시계이며, 해역별로 구분하여 해양 환경자료의 특성을 고려하였다. 황해 연안의 대부분과 남해 서부 일부 해역은 강한 조류와 탁한 수중시계를 가지고 있어 수중무인탐사기 운용이 불가능하거나 매우 제한될 수도 있지만, 해역 전체의 상황이 동일하지 않기 때문에 제한적 가능으로 판단하였다. Table 23의 결과로 보면 100% 운용하지 못하는 해역은 없지만, 각 해역의 다양한 환경에서의 운용경험과 현장에서의 획득한 정보 등이 없기 때문에 정확한 결과는 아니다. 다만, 해군에서 수행한 구조작전 경험해서 판단하면, 황해 및 남해 서부에는 수중무인탐사기 운용이 불가능한 곳이 존재할 것이다.

Table 23에서 판단한 해역별로 가능한 임무수행을 위해서는 각 해역의 다양한 환경에서 운용이 필요하다. 해양환경이 상이한 각각의 장소에서 충분한 운용을 통해 운용 가능성과 가능한 임무를 실질적으로 분석하고 필요 사항을 추가로 식별해야 한다. 각 해역에서의 운용결과는 구조작전 계획수립과 수중무인탐사기 투입 여부 및 운용목적 등을 결정하는데 중요한 판단자료로 활용이 가능하고, 실제 운용을 통해 운용자의 능력이 크게 향상됨은 물론 시뮬레이션 등 교육훈련에도 활용하여 큰 효과를 얻을 수 있다.



제 6 장 결 론

해군 수중무인탐사기는 구조작전에서 탐색 및 식별, 인명구조, 선체구조, 기타 잠수사 지원 등 다양한 임무를 수행할 수 있다. 그러나, 구조작전에서 수중무인탐사기 운용은 해양환경에 의해 결정되며, 해역별 특성이 다양한 한국 연·근해의 구조작전에서 해군 수중무인탐사기의 효용성을 연구한 결과는 다음과 같다.

첫째, 해군 수중무인탐사기 운용에 영향을 미치는 해양환경 중 가장 중요한 요소는 조류와 수중시계이다. 해군 수중무인탐사기의 최대 속력인 3.5kts(V8 Sii는 3kts)를 초과하는 강한 조류에서는 수중무인탐사기 운용이 불가하고, 이를 극복하는 방안도 없어 전류시간에만 운용이 가능하다. 또한, 이동 및 탐색, 인양작업 등을 위해서는 운용자의 능력에 따라 다르지만 광학 카메라의 가시거리가 최소 50cm 이상이 되어야 하며, 수중시계가 50cm 이내인 곳에서는 수중무인탐사기의 운용이 매우 제한되고, 목표했던 성과를 얻기는 매우 힘들다.

둘째, 구조작전에서 일반적으로 해군 수중무인탐사기가 수행하는 탐색 및 식별, 인명구조, 선체구조, 기타 잠수사 지원 등의 임무는 해역별 해양환경에 따라 제한되거나 불가능하다. 운용환경 조건은 파고는 3.5m, 조류는 3kts(V8 Sii는 3m, 2.5kts) 이하에서 운용이 가능하며, 조류와 수중시계가 양호한 동해에서는 모든 임무를 수행할 수 있고, 황해 연안과 남해 서부 일부 해역은 강한 조류와 탁한 수중시계로 운용이 제한 또는 불가능하다.

본 연구 결과는 해군 수중무인탐사기의 운용경험이 거의 없고, 민간 수중무인탐사기의 운용사례도 거의 없어 대부분 이론 자료를 이용하여 도출하였다. 수중무인탐사기의 운용가능 환경, 해역별 운용 가능성과 가능한 임무 판단, 운용자 능력 향상과 해양환경 극복방안 연구를 위해서는 다양한 해양환경에서의 적극적인 운용이 필요하다. 더불어 운용결과를 분석하여 구조작전에서 해군 수중무인탐사기의 효과적인 운용방안에 대한 지속적인 연구가 필요하다.

참고문헌

- 경향신문, 2011. 2년 전 대서양 추락 여객기 프랑스 유해 첫 인양 성공. Available at: <http://news.khan.co.kr> [Accessed 1 september 2015].
- 국립해양조사원, 2014. 대한민국 해양과학정보도. 국립해양조사원.
- 국방기술품질원, 2015. 국방기술정보통합서비스 Available at: <http://dtims.mnd.mil> [Accessed 1 september 2015].
- 김효철 등, 2010. 한국의 배. 지성사.
- 뉴시스, 2014. 선체일부 절단... ROV 투입 실패. Available at: <http://www.newsis.com> [Accessed 1 september 2015].
- 대양전기공업, 2015. 심해무인잠수정(UUV). Available at: <http://www.daeyang.co.kr> [Accessed 1 september 2015].
- 일본해양연구개발기구, 2015. KAIKO 7000 II. Available at: <http://www.JAMSTEC.go.jp> [Accessed 1 september 2015].
- 이판목, 2007. 해저 삼만리 미지의 세계를 밝힌다. 과학과 기술 학회지, 통권 (458호), pp.74-79.
- 이판목, 2015. 심해용 ROV 해미래의 최근 활용현황 및 극한 환경에서의 운용방안. 2015년도 해난구조발전 자문위원회.
- 전봉환, 2014. 다관절 해저로봇 크랩스터의 세월호 구난지원 투입사례. 2014년도 해난구조발전 자문위원회.
- 백혁, 전봉환, 최고, 이판목, 2012. 심해무인잠수정 운용사례 분석을 통한 해미래의 운용전략 수립. 2012년도 한국해양과학기술협의회 공동학술 대회.
- 전봉환 등, 2013. 해저보행로봇 크랩스터 CR-200 프로토 타입의 개발과 수중시험. 2013년도 수중로봇기술연구회 추계 학술대회.
- 최종용, 2015. ROV 운용 및 활용사례. 2015년도 잠수 구조발전 자문위원회.

황아름, 주영섭, 유현섭, 2012. *해양 플랜트와 해양장비 기초*. GS 인터비전.

해군본부, 2010. *구조작전*. 국군 인쇄창.

해군작전사, 2009. *수중무인탐사기 운용지침서(V8 Sii)*. 해군 인쇄창.

해군작전사, 2014. *수중무인탐사기(ROV) 운용지침서*. 국군 인쇄창.

해난구조대, 1998. *수중무인탐사기(HYBALL)*. 국군 인쇄창.

CYBERNETICZOO, 2015. *SCORPIO-ROV*. Available at: <http://cyberneticzoo.com>
[Accessed 14 november 2015].

ISE, 2015. *HYSUB 50-2000*. Available at: <http://www.ISE.bc.ca> [Accessed 1
september 2015].

JFD, 2015. *AS-28 Priz Rescue*. Available at: <http://jfdefence.com> [Accessed 14
november 2015].

MARINE TECHNOLOGY NEWS, 2015. *Pioneer Work Class ROVs (CURV - I)*.
Available at: <http://www.Marinetechologynews.com> [Accessed 21 december
2015].

SEA EYE, 2015. *Seaeye Falcon & Seaeye Falcon HD*. Available at: <http://www.seaeye.com> [Accessed 1 september 2015].

WIKIPEDIA, 2015. *CURV-III*. Available at: <http://en.wikipedia.org> [Accessed 14
november 2015].