



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

대한민국 해군 해난구조작전을 위한 이동식  
포화잠수체계 도입 및 활용방안에 관한 연구

A Study on the Introduction and Application Plan of the Mobile  
Saturation Diving System for ROK Navy Salvage Operations



지도교수 강 신 영

2014년 12월

한국해양대학교 해양과학기술전문대학원

해양관리기술학과 수중잠수과학기술전공

유 호 휘

본 논문을 유호휘의 공학석사 학위논문으로 인준함.

위원장 김 재 수 (인)

위 원 강 신 범 (인)

위 원 강 신 영 (인)



2014년 12월

한국해양대학교 해양과학기술전문대학원

# 목 차

List of Tables .....	iv
List of Figures .....	v
Abstract .....	vi

## 1. 서 론

1.1 연구의 필요성 .....	1
1.2 연구의 목적 .....	2
1.3 연구의 문제와 방법 .....	3
1.3.1 연구의 문제 .....	3
1.3.2 연구의 범위와 방법 .....	3

## 2. 이론적 고찰

2.1 잠수체계의 종류와 특성 .....	4
2.2 포화잠수의 개념과 특징 .....	10
2.3 포화잠수체계 구성 .....	11
2.4 이동식 포화잠수체계	
2.4.1 이동식 포화잠수체계의 개념과 특징 .....	13
2.4.2 이동식 포화잠수체계 현황 .....	14
2.5 적·가·용 판단기법 .....	16
2.5.1 적합성 판단 .....	16
2.5.2 가능성 판단 .....	16
2.5.3 용납성 판단 .....	17

<b>3. 해난구조작전을 위한 이동식 포화잠수체계 연구</b>	
3.1 해군 해난구조작전 잠수체계 .....	18
3.1.1 해군 해난구조작전의 범위 .....	18
3.1.2 해난구조작전의 특징 .....	23
3.1.3 해군 해난구조작전 잠수체계 운용 .....	25
3.1.4 현 실태 및 문제점 .....	28
3.2 해난구조작전 잠수체계 주요 요구조건 .....	29
3.2.1 잠수능력 .....	29
3.2.2 기준 및 규격 .....	32
3.2.3 탑재 및 이동성 .....	34
3.2.4 이동식 포화잠수체계 요구조건 .....	39
3.3 이동식 포화잠수체계 표준구성 제안 .....	41
3.3.1 선행연구결과에 따른 잠수체계 구성 .....	41
3.3.2 이동식 포화잠수체계 표준구성안 .....	45
<b>4. 가설의 수립과 검정</b>	
4.1 가설의 수립 .....	52
4.1.1 가설 1. 기존 포화잠수체계 보완 가능성 .....	52
4.1.2 가설 2. 기존 혼합기체잠수체계 개선 가능성 .....	53
4.2 적·가·용 판단기법에 따른 가설의 검정 .....	53
4.2.1 기존 포화잠수체계 분석 및 호환성 판단 .....	53
4.2.2 기존 혼합기체잠수체계 분석 및 개선 가능성 판단 .....	57
4.2.3 분석에 따른 가설의 검정 결과 .....	62

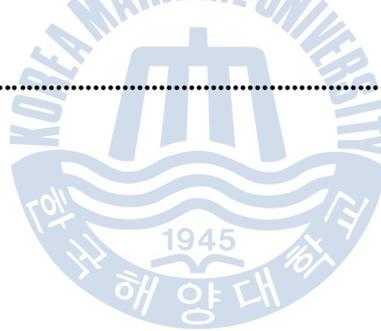
## 5. 논의 및 제안

5.1 이동식 포화잠수체계 도입 및 운용방안 제안 .....	63
5.1.1 이동식 포화잠수체계 도입방안 .....	63
5.1.2 플랫폼에 따른 설치 및 운용방안 .....	64
5.1.3 평시 및 전시 활용방안 .....	66
5.2 향후과제 .....	66

## 6. 결 론

6.1 이동식 포화잠수체계 요구조건 및 표준구성 제안 .....	69
6.2 기존 잠수체계 보완 및 개선 가능성 .....	69
6.3 이동식 포화잠수체계 도입, 운용 및 활용방안 .....	70

참고문헌 .....	71
------------	----



## List of Tables

Table 1. 잠수체계의 분류와 종류 .....	7
Table 2. 잠수체계별 제한 및 특성 .....	9
Table 3. 포화잠수체계 주요 구성 및 기능 .....	12
Table 4. 상용 이동식 포화잠수장비 .....	14
Table 5. 미 해군 이동식 포화잠수장비 FADS-III .....	15
Table 6. 해난구조임무 수행 관련 주요 법령 .....	19
Table 7. 대한민국 관할해역 현황 .....	22
Table 8. 잠수 제한 요소 .....	23
Table 9. 해군 구조전력별 잠수능력 .....	26
Table 10. 수심대별 잠수체계 임무 가능구역 .....	30
Table 11. 포화잠수체계 탑재 플랫폼 요구조건 .....	35
Table 12. 상용 이동식 포화잠수체계 주요구성장비 크기 및 무게 .....	36
Table 13. ISO 기준에 따른 주요 컨테이너 규격 .....	37
Table 14. 이동식 포화잠수체계 요구조건 제안 .....	40
Table 15. 혼합기체 잠수 시스템의 구성별 기능 .....	42
Table 16. 포화잠수 시스템의 구성별 기능 .....	43
Table 17. 이동식 포화잠수체계 표준구성안 .....	46
Table 18. 표준구성안 대비 기존 포화잠수체계 분석 .....	54
Table 19. 표준구성안 대비 혼합기체잠수체계 분석 .....	58

## List of Figures

Fig. 1. 해군 해난구조작전을 위한 잠수의 분류와 종류 .....	6
Fig. 2. 해군 구조작전 잠수체계별 잠수심도 .....	8
Fig. 3. 포화잠수체계 주요 구성장비 배치도 .....	13
Fig. 4. 대한민국 관할해역 범위 및 수심 분포 .....	21
Fig. 5. 주요 컨테이너 및 군용 수송장비 형상 .....	39



# A Study on the Introduction and Application Plan of the Mobile Saturation Diving System for ROK Navy Salvage Operations

Yu, Ho Hwi

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

## Abstract

This study examined how to improve the Korean Navy diving system, particularly focused on using the mobile saturation diving system. The study determined the range of navy operations and analyzed the suggested requirements as standard configurations from missions, which were previously operated by the portable saturation diving system. Also, the use of military strategy was examined in terms of its technical and applicable possibility for the enhancement of current system.

As the result, the study confirmed that although the single diving system has high expectations, its improvements are possibly limited. In addition, suggestions were made from both advantages/disadvantages of importing portable saturation diving system products and domestic development. To review measures in installing and operating such system, the study included an analysis on the effectiveness of individual platform. Also, the utilization method of the system both during wartime and peacetime were suggested. From the study, it is concluded that with the adequate introduction and utilization of the mobile diving system the Korean Navy salvage ability can be improved.

**KEY WORDS:** Navy Salvage & Rescue 해군 해난구조; Mixed gas 혼합기체; Saturation diving 포화잠수; Portable/Mobile diving system 이동식 잠수체계.

# 제 1 장 서 론

해군 해난구조작전은 인명과 재산의 보호라는 목적의 중요성 때문에 전·평시를 막론하고 경제성을 고려하지 않더라도 반드시 임무를 완수해야 하는 특수작전이다. 본 연구는 대한민국 해군의 해난구조능력 향상을 위해 임무수행의 주요 수단이 되는 잠수체계를 개선하는 방안에 관한 연구로서 가장 발전된 형태의 잠수기술인 포화잠수를 다양한 플랫폼에서 실시할 수 있도록 이동식 포화잠수체계(mobile saturation diving system)<sup>1)</sup>를 도입 및 운용하여 구조전력의 잠수능력을 개선함으로써 해난구조능력 향상에 기여할 수 있는 방안을 도출하고자 연구를 진행하게 되었다.

## 1.1 연구의 필요성

최근 발생한 세월호 사고현장에서도 알 수 있듯이 구조작전은 대심도 및 해수 유동, 시정 불량 등 환경적인 제약 속에서도 신속성과 안전성이 동시에 요구되는 작전이며 또한 조난자의 인명과 재산에 대한 책임감과 사회적 요구에 따른 임무의 장기화로 인하여 반복해서 잠수를 실시해야 하는 어려움이 복합적으로 작용하는 작전이기도 하다. 따라서 성공적인 구조작전을 위해서는 상황에 따라 최적화된 잠수능력이 요구되며 이를 위해 현재 운용중인 잠수체계의 문제점 개선이 반드시 필요하다.

첫 번째 문제점은 구조작전시 잠수임무 가능구역 제한이다. 현재 해군에서 운용중인 구조함은 총 3척이나 이들 중 한 척만이 포화잠수체계를 이용하여 최대 약 300m까지의 수심에서 약 2주간 지속적인 잠수작전이 가능하나 나머지 2척은 혼합기체잠수체계를 이용하여 최대 약 91m까지의 수심에서 30분 이내의

1) 소형화 및 모듈화 된 포화잠수체계로 이동 및 탑재 플랫폼 전환이 가능하나 현재 상용화된 체계로는 기존 운용 및 건조 예정인 구조함 탑재가 제한됨.

잠수만 가능하다. 따라서 포화잠수체계 보유 구조함의 수리 등 공백이 발생할 경우 수심 제한에 따라 잠수임무 가능구역이 축소된다. 물론 각 구조함의 후속함이 건조 및 개발 중이나 그 잠수능력과 운용여건상 여러 가지 한계와 문제점을 가지고 있어 개선이 요구된다. 또한 구조함은 잠수 외에도 예인, 이초, 소화 등 여러 임무를 수행하며 다양한 장비가 탑재된 고가의 복합장비로 그 개발과 제작, 도입 및 운용에 있어 많은 비용과 노력, 그리고 시행착오가 따른다. 따라서 구조함 외 다양한 플랫폼(platform)에서 단독으로 잠수임무 수행이 가능한 이동식 포화잠수체계와 같은 최신기술을 갖춘 잠수체계가 도입된다면 향후 해난구조작전능력 향상에 기여할 수 있을 것이다.

두 번째 문제점은 국내 이동식 포화잠수체계 관련 연구 미흡이다. 아직 포화잠수체계와 관련된 국내의 연구 성과는 극히 미미하며 특히 이동식 포화잠수체계는 도입 및 연구가 전무한 실정이다. 문제의 해결을 위해서는 무엇이 필요하며 그것을 어떻게 적용해야 하는지 알아보아야 한다. 따라서 본 연구에서는 해난구조능력의 향상을 위해 어떤 능력을 갖춘 잠수체계가 필요하며 그 요구조건과 표준구성을 제안하고 그 체계를 어떻게 도입하고 운용 및 활용할 것인가에 대해 고찰하였다. 이는 해군 작전능력 향상 뿐 아니라 관련분야의 학술적 발전과 산업의 발달로 이어질 수 있을 것이며 현재 대부분의 장비를 수입에 의존하고 있는 잠수체계의 해외 기술 의존도를 줄여 구조전력 운용의 유연성과 공급 안정성을 획득하는데도 기여하는 등 연구의 필요성이 높다.

## 1.2 연구의 목적

본 연구의 목적은 해군의 해난구조 임무수행을 위한 작전수심 및 체류시간 등의 잠수능력 증진을 위하여 현 구조전력이 보유한 잠수체계를 개선하고 전력 운용의 유연성을 확보하기 위한 수단으로써 이동식 포화잠수체계의 요구조건과 표준구성 등의 기준을 제안하고 그 도입과 운용 및 활용방안을 연구하여 해군의 해난구조능력 향상에 기여할 기초자료를 제공하기 위함이다.

## 1.3 연구의 문제와 방법

### 1.3.1 연구의 문제

본 연구에서 결론을 얻고자 하는 문제는 총 세 가지로 구분할 수 있다. 첫째, 도입에 필요한 이동식 포화잠수체계의 요구조건과 표준구성을 어떻게 구성해야 할 것인가? 둘째, 도입한 이동식 포화잠수체계가 기존 잠수체계를 보완하거나 개선할 수 있는 가능성은 어느 정도인가? 셋째, 이를 어떻게 도입, 운용 및 활용해야 할 것인가?

### 1.3.2 연구의 범위와 방법

본 연구는 해군 해난구조작전 잠수체계 개선방안에 대한 것으로 여러 잠수기법 중 주로 유인 환경압잠수를 중심으로 고찰하였다. 단 가장 대중적인 스쿠버(SCUBA) 잠수체계는 최근 레저분야를 중심으로 재호흡기(rebreather)<sup>2)</sup>와 기술잠수(technical diving)<sup>3)</sup> 등 여러 형태로 발전하며 향후 구조기술로써의 가능성은 있으나 아직 검정이 부족하므로 본 연구에서는 다루지 않았다. 따라서 표면공급잠수체계(SSDS: Surface Supplied Diving System)를 이용한 잠수 중 최상위 개념인 포화잠수기법에 집중하며 특히 아직 국내에 도입되지 않은 이동식 포화잠수체계를 중심으로 전반적인 요구조건과 표준구성을 제안하고 도입의 타당성을 확인하며 도입, 운용 및 활용방안을 제안하는 정도로 그 수준과 범위를 제한하였다. 또한 현 해군의 잠수체계의 규정과 기준을 준수하되 보안을 위해 잠수능력과 관련 없는 군사자료는 명시하지는 않았다. 연구방법은 먼저 관련 법규를 분석하여 임무범위를 확인하고 현 보유 잠수체계를 분석한 후 이동식 포화잠수체계 요구조건을 정리하였다. 다음 선행연구와 국내·외 상용체계들을 분석하여 표준구성을 제안하였고 이들을 통한 기존 잠수체계의 보완 및 개선 가능성에 대해 가설을 수립하여 군의 전략 판단기법인 적·가·용 기법에 따라 검정해 보았다. 마지막으로는 결과를 종합하여 해난구조작전 잠수능력 향상을 위한 이동식 포화잠수체계의 도입과 운용 및 활용방안을 도출하였다.

2) 잠수사가 호흡한 기체를 폐쇄회로 내에서 순환시켜 다시 호흡할 수 있도록 고안된 잠수체계를 통칭한다 (Barsky, 1998).

3) 아직 명확한 정의를 내리기 어려우나 보편적으로 기존 레저잠수체계인 개방식 공기잠수체계의 한계를 초과하기 위해 진보된 기술과 장비, 새로운 기체 등을 사용한 잠수의 형태를 의미한다.

## 제 2 장 이론적 고찰

### 2.1 잠수체계의 종류와 특성

일반적으로 잠수의 종류를 구분하려면 다양한 잠수체계의 형태를 일련의 기준에 따라 분류하고 각 종류별 특성을 구분할 수 있어야 한다. 여러 기준에 따른 다양한 분류방법이 있으나 본 연구에서는 해군에서 주로 사용하는 복합적 기준에 따라 정리하였다(NOAA, 2001). 먼저 사람의 잠수여부에 따라서 (Fig. 1) 과 같이 무인잠수와 유인잠수로 구분할 있는데 사람이 잠수를 하지 않는 무인잠수의 경우 조종 및 전력공급을 위한 케이블이 잠수장비까지 연결된 형태의 ROV(Remotely Operated underwater Vehicle)와 항해 및 임무수행에 관련한 프로그램이 내장되어 배터리를 이용한 추진 방식의 자율 항해식 잠수장비인 UUV(Unmanned Underwater Vehicle)로 구분할 수 있다. 두 체계 모두 무인잠수를 실시함에 따라 비교적 깊은 심해까지 잠수가 가능하다. 이들 중 ROV는 전력의 안정적인 공급과 조종사의 정밀한 제어가 가능하나 케이블의 저항으로 인한 움직임의 제약이 따르는 반면 UUV는 무선으로 인한 공간적 자유로움은 보장되나 실시간 제어 및 전력 공급상 제한이 있다는 특성을 가진다. 따라서 해난 구조 임무 수행에서는 주로 ROV를 통한 실시간 심해 탐색을 선호하는 편이다.

사람이 수중으로 잠수하는 유인잠수는 다시 잠수사의 압력 노출 여부에 따라 압력을 압력선체나 장비가 대신 받아 대기압 상태를 유지하는 대기압잠수와 잠수사가 직접 압력을 받는 환경압잠수로 나눌 수 있다. 대기압잠수의 예로 잠수함/잠수정 또는 대기압잠수복(ADS: Atmospheric Diving Suit)을 들 수 있는데 이들은 압력으로부터 자유로운 만큼 감압이 필요 없어 장비의 성능 한계가 곧 수심과 체류시간을 결정하게 된다. 단점으로는 고비용의 문제와 장비 고장시 운용자가 압력에 노출되는 안전상 문제 그리고 부피가 큰 만큼 비교적 해수 유동

의 영향을 많이 받을 수 있다는 점을 들 수 있다. 환경압잠수는 잠수사가 수중에서 정밀한 작업을 수행할 수 있다는 장점을 가지지만 해당 수심의 압력에 따른 불활성기체 포화현상으로 인해 체내에 불활성기체 분압이 올라가고 이를 배출하기 위해 감압의 과정을 거쳐야 하며 따라서 잠수수심과 체류시간이 짧다는 단점을 가진다.

환경압잠수는 잠수장비에 따라 가장 보편적인 잠수방식이자 개인장비만을 가지고 공기를 이용하여 독립적인 잠수를 실시하는 스쿠버잠수와 수상의 함위고 고정된 플랫폼으로부터 생명줄(umbilical)을 통해 호흡기체 공급, 통신, 수심의 측정 및 온수의 공급도 가능한 표면공급잠수체계로 구분할 수 있다. 또한 표면공급잠수체계는 다시 호흡기체의 종류에 따라 공기를 사용하는 표면공급 공기잠수와 산소와 질소 외 헬륨, 수소, 네온 등 다양한 불활성기체를 합성하여 다양한 혼합기체들(synthetic mix gases)을 사용하는 표면공급 혼합기체잠수로 구분할 수 있다. 공기잠수가 호흡기체 수급이 쉽고 경제적인 반면 혼합기체잠수는 고가의 비용이 발생하나 기체독성의 위험을 줄이고 감압시간을 단축할 수 있다는 장점을 가진다.

마지막으로 혼합기체잠수는 비포화잠수와 포화의 정도에 따라 잠수 전 목표 수심의 압력과 동일하게 체내에 불활성기체를 완전히 포화시킨 후 임무 종료 후 1회의 감압만을 실시하는 포화잠수로 구분할 수 있다. 포화잠수는 비포화 혼합기체잠수에 비해 매우 긴 체류시간을 얻을 수 있지만 복잡한 장비와 숙련된 다수의 전문가가 추가로 필요하고 감압에도 그만큼 긴 시간이 소요되며 헬륨 등 고가의 혼합기체를 사용함에 따라 고비용의 문제가 따른다.

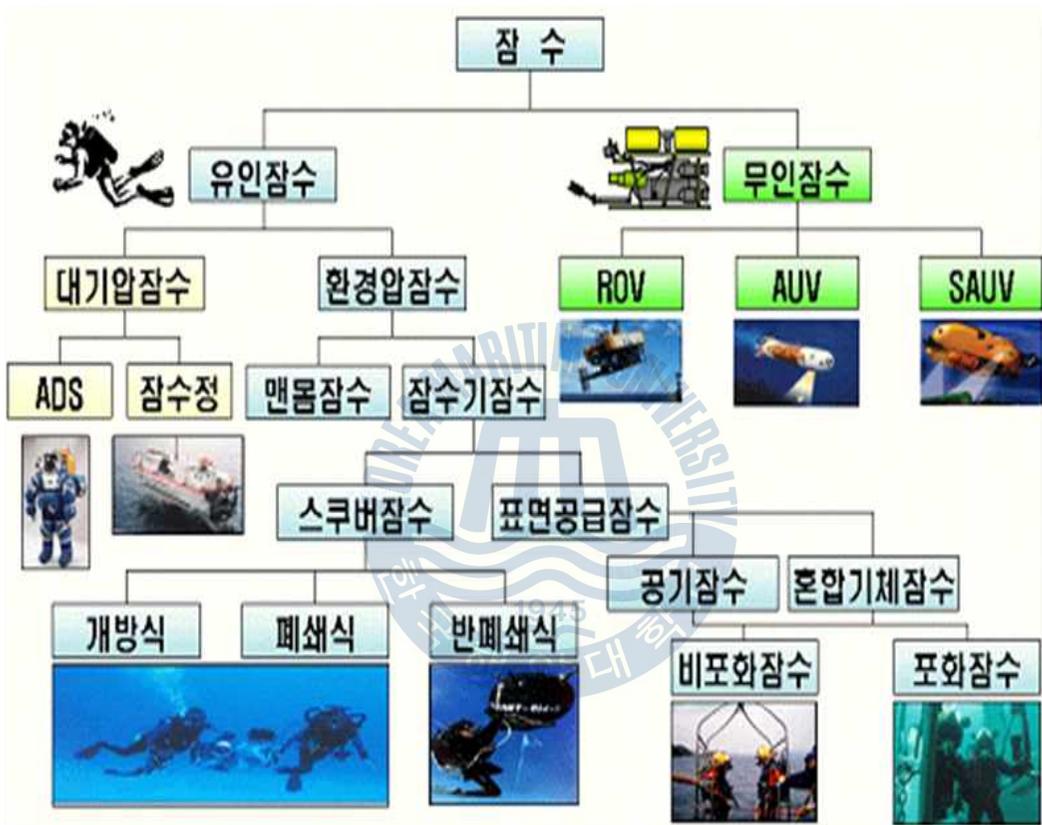


Fig. 1. 해군 해난구조작전을 위한 잠수의 분류와 종류(박정식, 2008)

앞서 언급한 여러 가지 기준에 따른 잠수체계의 분류와 종류에 대하여 각 기준별 잠수체계의 차이를 (Table 1)에서 정리하였다. 또한 해군 구조작전 잠수체계별 잠수심도를 (Fig. 2)에 도시하였으며 최대 잠수심도, 해저 체류시간 및 잠압시간 등 각 잠수체계별 제한 및 특성에 관한 세부적인 사항은 (Table 2)에 정리하였다.

Table 1. 잠수체계의 분류와 종류

분류기준 잠수체계	유/무인	압력노출	잠수장비	호흡기체	포화여부
무인잠수정 (ROV/UUV)	무인	환경압	무인잠수정 플랫폼	-	-
잠수함 및 잠수정	유인	대기압	잠수함/정	공기	-
대기압잠수복			대기압잠수복 플랫폼		
스쿠버 (SCUBA)		SCUBA	비포화		
표면공급 공기잠수 (SSDS/air)		환경압			SSDS 플랫폼
표면공급 혼합기체잠수 (SSDS/mixed gas)					
포화잠수 (saturation diving)			포화		

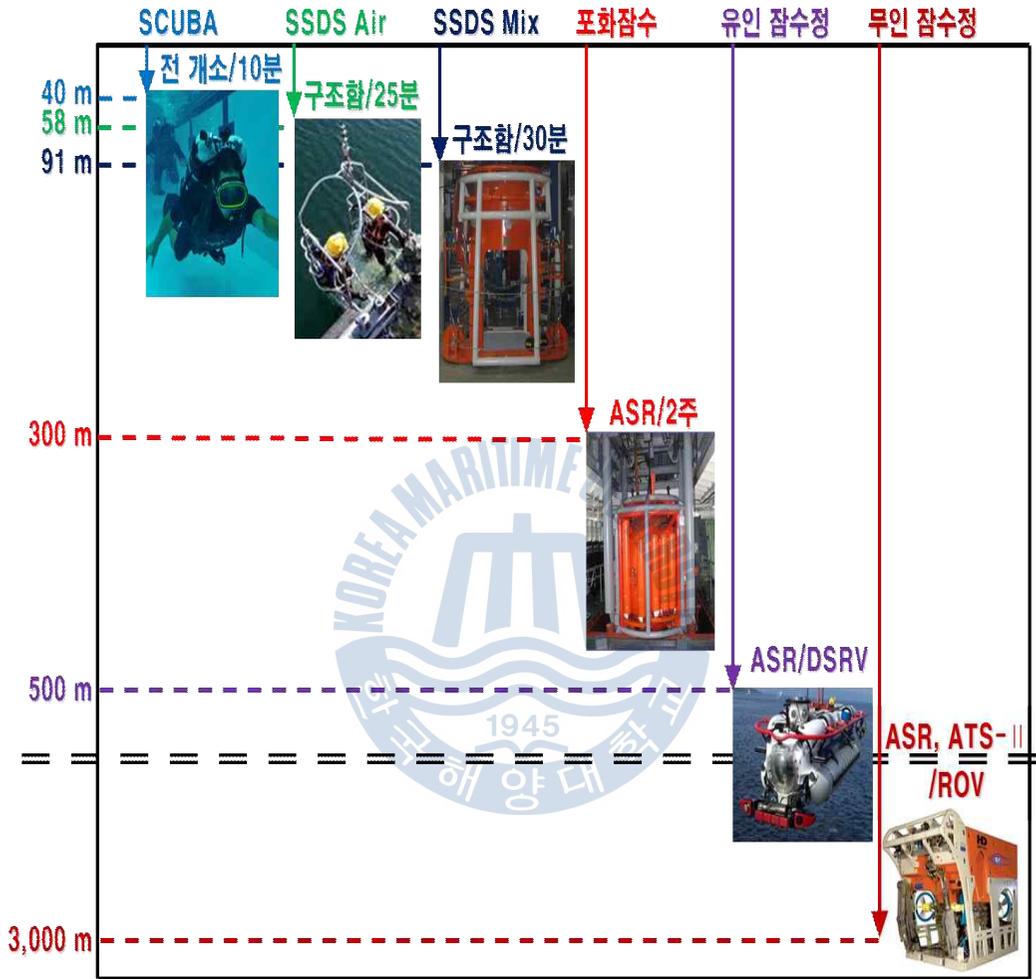


Fig. 2. 해군 구조작전 잠수체계별 잠수심도

Table 2. 잠수체계별 제한 및 특성(USN, 2008)

제한 및 특성 잠수체계	최대 잠수심도	해저 체류시간	감압 소요시간	비 고
스쿠버잠수 (SCUBA diving)	40m (130ft)	10분	4분 20초	공기 호흡에 따른 제한이 아닌 안전을 고려한 기준 간편한 잠수장비로 투입시간 짧고 수중활동 용이 플랫폼과의 통신 제한
표면공급 공기잠수 (SSDS/air)	58m (190ft)	25분	공기감압시 89분 20초 산소감압시 46분 40초	기체공급 및 통신 용이 함위유지 가능한 수상 플랫폼 및 다수의 운용인원 필요
표면공급 혼합기체잠수 (SSDS/mixed gas)	91m (300ft)	30분	공기감압시 144분 40초 산소감압시 62분 20초	기체공급 및 통신 용이 함위유지 가능한 수상 플랫폼 및 다수의 운용인원 필요 호흡기체: 헬리옥스(heliox) (헬륨-산소 혼합기체)
포화잠수 (saturation diving)	300m (990ft)	14일	15,450분 (약 158시간) (약 11일)	기체공급 및 통신 용이 함위유지 가능한 수상 플랫폼 및 다수의 운용인원 필요 감압에 장시간 소요(10일 이상) 호흡기체: 헬리옥스(heliox) (헬륨-산소 혼합기체)
<p>* 각 잠수체계별 특징의 산출기준은 세계적으로 보편화된 기준인 미해군 잠수교범을 기준으로 산출한 결과이며 표면공급 잠수시 감압에는 표면감압절차(Sur D)를 적용하였다. 한국 해군 역시 본 기준에 따라 해난구조 잠수임무를 수행.</p> <p>* 반복적인 잠수가 아닌 단일잠수를 기준으로 산출하며 예외노출 제외.</p>				

표에서 보는 바와 같이 각각의 잠수체계는 임무수행이 가능한 잠수심도와 해당 수심에서 머무를 수 있는 체류시간 그리고 감압을 수행하기 위한 감압시간에 있어 많은 차이를 보인다. 잠수체계를 비교할 때 같은 분류기준 내에서는 상하관계를 정립하는 경우도 있다. 예를 들어 표면공급방식의 잠수체계의 경우 통상 공기잠수, 혼합기체잠수, 포화잠수 순으로 하위에서 상위개념의 잠수체계로 구분 지을 수 있다. 하지만 어떤 잠수체계가 다른 잠수체계와 비교하여 일반적으로 좋고 나쁨을 단정 지을 수는 없다. 왜냐하면 잠수체계마다 각기 다른 특성을 가지고 여러 다른 상황에서 상호 보완적인 장·단점을 가질 수 있기 때문이다. 따라서 해난구조 임무 수행을 위해서는 각 잠수체계의 특성을 정확하게 이해하고 상황에 적합한 체계를 선택하여 적절하게 운용하는 것이 필요하다. 잠수방법을 선택할 때 고려해야 하는 요소들로는 잠수 수심 및 계획된 잠수시간, 장비의 이용 가능성, 이용 가능한 기체 혼합의 양, 운용요원의 자격 및 수의 이용 가능성, 요구되는 작업 종류의 기동성, 환경요소(온도, 시계, 해저형태, 해수의 유동, 오염 등), 통신의 필요성, 특수 작전절차의 필요성 등 다양한 요소들이 존재한다(해난구조대, 1998).

## 2.2 포화잠수의 개념과 특징

앞서 제시한 기준에 따르면 포화잠수는 잠수사가 수중에 들어가 수심에 따른 압력을 받는 유인잠수이자 환경압잠수이며 장비로는 표면공급잠수체계를 이용하되 호흡기체로 혼합기체를 사용하며 포화잠수기법을 이용한 잠수임을 알 수 있다. 이 중 마지막의 개념인 ‘포화잠수’란 Haldane의 감압모델을 바탕으로 어떤 수심에서 일정시간 이상 잠수시 불활성기체는 더 이상 신체 내에 흡수되지 않아 잠수시간과 관계없이 일정한 감압시간을 갖게 된다는 이론을 기초로 1957년 미 해군의 George F. Bond 대령에 의해 본격적으로 연구된 잠수기법으로 현재 여러 국가와 관련업계의 연구기관을 통해 정립되어 각 기관의 규정과 절차에 따라 운용하고 있다(편필장, 2011). 이 포화잠수기법의 발전을 통해 인류의 잠수 가능한 수심과 체류시간이 비약적으로 늘어날 수 있었는데 예를 들어 헬리옥스(heliox: 헬륨+산소)를 이용한 포화잠수를 실시할 경우 비포화 혼합기체 잠수와 비교했을 때 3배가 넘는 300m 이상의 잠수수심과 14일에 이르는

체류시간을 확보할 수 있다. 이는 산업잠수는 물론 해난구조를 위한 잠수능력의 향상을 가져오게 되었다. 포화잠수시 사용하는 혼합기체에는 헬리옥스 외에도 공기를 구성하는 질소와 산소의 혼합비를 여러 가지로 합성한 나이트록스(nitrox: 질소+산소), 트라이믹스(trimix: 헬륨+산소+질소), 하이드록스(hydrox: 수소+산소), 하이드렐리옥스(hydreliox: 수소+헬륨+산소) 등 다양한 종류가 있다. 현재 해군에서 사용하는 혼합기체는 미 해군규정을 따라 주로 헬리옥스를 사용하고 있으며 본 연구에서도 여러 혼합기체 중 이를 이용한 잠수체계를 주로 다루었다. 포화잠수체계를 이용한 최대수심의 잠수기록은 Duke대학에서 1979년부터 1982년에 걸쳐 헬륨과 산소, 질소를 혼합한 트라이믹스 기체를 이용하여 실시한 686m 수심의 모의잠수이다(Bennett, 1982).

하지만 포화잠수가 혼합기체잠수에 비해 심해에서 장기간의 임무수행이 가능하다는 장점은 또 다른 문제를 가져오는데 각종 장비의 내압기준이 상향 조정되는 부분 외에도 잠수사들의 포화를 위한 사전 가압절차와 긴 임무기간 중 고압에서 생존해야 하며 기간 중 호흡, 감압 및 재압치료를 위한 기체량이 비약적으로 늘어남은 물론 가압상태를 유지하며 이동해야 한다는 점 등이다. 따라서 잠수체계의 구성 역시 복잡해진다. 또한 포화잠수사를 현장에 투입하기까지는 잠수사 신체검사 및 장비점검, 가압, 기체 재충전 및 안정화, 출항 및 이동 등으로 인하여 약 6일의 시간이 소요된다(해군 5전단, 2010).

## 2.3 포화잠수체계의 구성

포화잠수를 포함하는 표면공급잠수체계는 잠수사 개인이 잠수계획 수립에서부터 장비 운용 및 감압에 이르기까지 모든 요소를 독립적으로 운용 및 통제하는 스쿠버잠수체계와 달리 특정한 요구조건을 가진 플랫폼에 다양한 장비를 연동하여 다수의 운용자들 간의 협업에 따라 이루어지는 복합적인 체계이다. 특히 포화잠수를 위해서는 기존의 혼합기체잠수를 위한 체계에 잠수사의 거주 및 생존을 위한 선상 감압격실(DDC: Deck Decompression Chamber)과 생명 유지장치(LSS: Life Support System)가 필요하며 가압상태를 유지하며 이동하기 위한 폐쇄식 잠수종(PTC: Personal Transfer Capsule)과 그 진수 및 회수장치(LARS: Launch And Recovery Systems) 등 다양한 장비들을 추가해야 하는데

일반적인 주요 구성과 기능은 (Table 3)과 같이 구분된다(Sisman, 1982).

**Table 3.** 포화잠수체계 주요 구성 및 기능(Sisman, 1982)

	구성	주요기능
1	잠수종 (diving bell)	<ul style="list-style-type: none"> <li>○ 잠수사 압력 유지 하 감압실-임무수심 간 이동</li> <li>○ 자체 압력 조절 가능(필요시 감압절차 수행)</li> <li>○ 잠수사의 수중 플랫폼 기능 수행</li> </ul>
2	잠수종 작동 및 잠수 조종실 (bell handling & dive control)	<ul style="list-style-type: none"> <li>○ 잠수종을 플랫폼-임무수심 간 이동</li> <li>○ 잠수종의 진·회수 및 감압실과의 접합 등 제어</li> <li>○ 생명줄을 통한 기체, 전력, 온수, 통신 연결</li> </ul>
3	감압실 단지 (deck decompression chamber complex)	<ul style="list-style-type: none"> <li>○ 가·감압절차 수행 및 감압병 치료와 예방</li> <li>○ 플랫폼 선상에서 압력 하 잠수사의 생활공간</li> <li>○ 위생시설을 통한 잠수사의 생리적 필요 충족</li> </ul>
4	감압실 조종실 (chamber control)	<ul style="list-style-type: none"> <li>○ 중앙 통제실로서 감압실 및 잠수종 내부환경 (압력, 전원 등) 통제 및 제어</li> <li>○ 잠수 중 잠수사와 통신, 해저상태 관찰 및 지시</li> </ul>
5	생명 유지 장치 (life support equipment)	<ul style="list-style-type: none"> <li>○ 잠수사 생존에 필요한 모든 제반요소를 지원, 환경의 조절 및 통제(온도, 습도 등)</li> <li>○ 잠수시 필요한 호흡기체의 생산, 저장, 혼합, 공급, 회수, 정화, 농도조절</li> </ul>

각 주요 구성장비별 일반적인 배치는 (Fig. 3)과 같이 도식화할 수 있다.

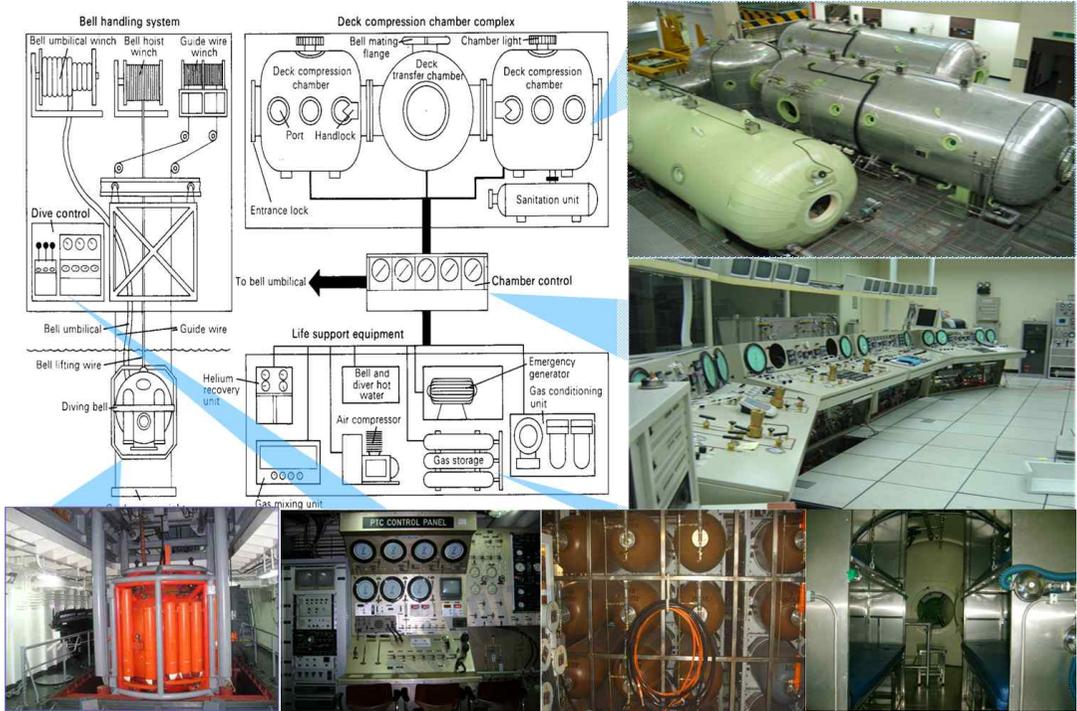


Fig. 3. 포화잠수체계 주요 구성장비 배치도(Sisman, 1982)

## 2.4 이동식 포화잠수체계

### 2.4.1 이동식 포화잠수의 개념과 특징

이동식 포화잠수체계는 일반 고정식 포화잠수체계와 특별히 다른 체계는 아니다. 다만 그 사용목적에 따라 구분할 수 있는데 고정식의 경우 이동의 필요성이 없어 주로 구조함이나 잠수지원선박(DSV: Diving Support Vehicle)을 플랫폼으로 불박이식으로 설치되어 운용의 안정성이 높고 전력이나 냉/온수 등 필요자원을 함선으로부터 공급받을 수 있는 이점을 가진다. 반면 이동식은 각 장비를 최대한 소형화 하여 모듈화된 컨테이너에 나누어 적재함으로써 잠수체계의 기동성을 높였으며 적재공간 외 어떤 지원도 없는 바지선과 같은 플랫폼에서도 운용할 수 있도록 자체 전원과 청수 등 모든 자원을 자급자족할 수 있도록 설계하고 있다.

#### 2.4.2 이동식 포화잠수체계 현황

현재 해외 민간 산업잠수 업체에서 상용으로 운용중인 이동식 포화잠수장비들의 기본 제원은 (Table 4)에서 정리하였다.

**Table 4.** 상용 이동식 포화잠수장비(각 제조사 홈페이지, 2014)

	제조사	모델명	무게 (ton)	작전수심 (m)	잠수인원 (명)
1	United Divers	ULIS	53	200	6
2	SMIT Subsea	SAT 3	57	200	6
3	Oceaneering	M7 SAT	45	300	6
4	Unique Hydra	SAT 300HF	156	300	6
5	Global Diving & Salvage	SAT I	89	180	6
6		SAT III	100	300	6
7		SAT IV	111	300	6



\* 상기 무게는 기체장치(gas system) 미포함

\* 기체장치 실린더 예상무게

- 이동식 포화잠수체계 탑재시 필요 기체량: 5,630,000L 추정  
2개조(3인 1조) 6명 챔버 입실 하 각 조별 3회 잠수 가능한 기체량
- DDS 트레일러 1개(9개 기체 실린더로 구성 기체량: 4,113,000L)  
탑재시 예상 무게: 약 29톤 추가

미 해군에서 도입 및 운용중인 이동식 포화잠수체계인 FADS-III의 주요 구성을 (Table 5)에서 정리하였다.

**Table 5.** 미 해군 이동식 포화잠수장비 FADS-III(Phoenix-international, 2014)

구분	주요 구성품	중량(ton)	길이/폭/높이(m)
1	PTC 하강/인양용 A frame	17	7.4 / 2.5 / 5.0
2	PTC	5	2.1 / 1.9 / 2.5
3	윈치 받침대	7	3.4 / 3.4 / 1.7
4	잠수 및 가/감압 조종 컨테이너	8	6.0 / 2.4 / 2.4
5	생명유지장치 컨테이너	8	6.0 / 2.4 / 2.4
6	잠수사 온수기	1	1.8 / 0.6 / 1.6
7	유압 전원기	3	1.7 / 1.7 / 1.2
8	발전기	3	3.1 / 2.5 / 2.5
9	생명줄 및 릴(reel)	3	3.5 / 2.4 / 2.0
10	앵커 웨이트	2	2.2 / 0.6 / 1.6
11	기체 실린더	29	12 / 2.84 / 2.8
총 중량		86	
포화잠수체계 약 57ton + 기체 실린더 약 29ton = 86ton			



## 2.5 적·가·용 판단기법

가설을 검정하기 위해서는 여러 가지 기법과 분석도구가 사용될 수 있다. 그러나 본 연구에서 가설의 수립과 검정은 군사적인 작전능력을 향상시키기 위한 안전을 제안하고 그 타당성을 판단하는 것을 목적으로 하는데 통계적 검정의 유의수준 결정을 위해 실제로 잠수체계를 도입하고 설치 및 운용을 하게 된다면 군사보안적, 비용적 문제가 따르게 된다. 따라서 가설을 검정하는 방법으로 전략 수립 및 작전계획을 검토하기 위해 사용하는 군의 판단기법인 적·가·용 판단기법을 응용하여 그 타당성을 검토하고자 한다. 이는 적합성(adaptability), 가능성(feasibility), 용납성(acceptability)의 세 가지 조건을 순차적으로 적용시켜 제안된 전략이나 계획의 타당성을 검토하는 방법이다(조영갑, 2008). 즉 안전이 목표를 달성하는데 적합한지 판단하고 그 안전을 시행 가능한지 판단한 후 비용 대 효과적 측면에서 용납할 수 있는지 판단하는 것이다.

### 2.5.1 적합성 판단

먼저 적합성(adaptability)이란 군사용어사전의 정의에 따르면 계획된 작전의 범위와 개념의 부여된 임무달성을 위해 적합함을 의미하는 작전계획 검토 기준이다. 즉 제안하고 있는 계획이 상위 목표달성의 수단으로 적합한가에 대한 여부를 판단하는 것이다. 곧 가설에 의해 제안된 안전은 연구의 최상위 목표인 해난구조 작전능력을 향상하기 위해 상위목표인 잠수능력을 개선해야 한다. 따라서 임무구역 내에서 구조작전을 위한 잠수능력이 얼마나 개선되는지에 대하여 최대수심에 따른 작전 가능구역 범위와 체류시간 증가율 등의 세부요소를 통해 알아볼 것이다.

### 2.5.2 가능성 판단

안전이 적합성을 충족시킨다면 다음으로 가능성(feasibility)이 있는가를 판단해야 한다. 이는 전략의 시행과 관련한 것으로 제안된 전략이 보유하고 있는 자원(인력, 장비, 자본, 시간, 공간 등)과 능력(기술, 경험 등)으로 시행 가능한가를 검토하는 것이다. 제안된 안전이 어떤 체계의 도입일 경우 우리 해군의 능력으로 도입 및 설치가 가능해야 할 뿐 아니라 운용에 있어서도 문제가 없어야

한다. 즉 자원과 능력 부족으로 안전을 실행할 수 없다면 제안은 뜬 구름을 잡는 환상에 불과할 뿐이다. 따라서 가능성을 판단할 때는 우리 해군이 보유하고 있는 자원과 능력에 대한 검토가 이루어져야 하며 그것으로 체계를 도입하고 설치 및 운용이 가능한가를 판단해야 한다. 만약 현재로써는 부족한 부분이 있다면 무엇을 개선하면 가능성을 만족할 수 있는지 도출하고 제안하는 것 역시 중요한 연구과제가 될 것이다.

### 2.5.3 용납성 판단

마지막으로 용납성(acceptability)은 주로 경제성과 안전성, 윤리적 차원의 당위성 등의 중의적 의미를 가질 수 있다. 우선 안전이 목표를 달성할 수 있고 실현 가능하다 하더라도 보유자원의 비용 대비 효과 측면에서 받아들일 수 있는 정도인지 그 경제성을 판단해야 한다. 하지만 서론에서도 언급했듯이 군사적 자원의 작전이자 인명을 대상으로 하는 해난구조작전의 경우 그 가치의 중요성으로 인하여 경제성에 있어서는 다른 분야에 비해 상대적으로 느슨한 기준을 적용할 수 있을 것이다. 오히려 본 연구에서 주로 다루는 유인 환경압잠수를 실시할 경우 다음 판단기준인 안전과 윤리적 차원의 문제가 중요한 화두가 될 수 있다. 해난구조작전에서는 안전과 윤리적 문제가 맞물리는 경우가 많은데 이는 구조자와 피구조자 간의 관계에서 임무의 성공율을 높이기 위한 요소와 구조자의 위험이 대체로 비례하는 경우가 많기 때문이다. 2014년 세월호 사고에서도 볼 수 있듯 대형 인명사고의 경우 전 국민적 관심이 쏠리게 되고 유가족 외에도 많은 이들이 윤리적 차원에서 구조에 대한 강한 요구를 표명하지만 감정에 휩쓸려 안전규정을 초과한 수심과 체류시간, 작전기간을 늘리는 등 무리한 작전을 수행할 경우 구조자의 안전이 경시될 수 있으며 이는 추가적인 인명사고로 이어질 수 있다. 때문에 제안된 안전이 새로운 방법이라면 충분한 검토를 통해 안전기준을 만족하는지에 대한 검토가 반드시 필요하며 군 내·외적으로 용납성을 만족할 수 있어야 한다.

## 제 3 장 해난구조작전을 위한 이동식 포화잠수체계 연구

### 3.1 해군 해난구조작전 잠수체계

해난구조에는 여러 가지 정의가 있으나 본 연구의 범위에 따라 여기서는 해군에서 규정하는 해난구조작전의 의미에 따라 그 임무의 범위를 알아보고 현재 해군에서 임무 수행을 위해 운용하고 있는 잠수체계에는 어떤 것이 있으며 어떤 문제점을 가지고 있는지 알아보도록 한다.

#### 3.1.1 해군 해난구조작전의 범위

먼저 용어의 정의에 따른 임무를 규정해보자. 해군 군사용어사전에 따르면 ‘구조’란 생존자를 재난이나 위험한 장소로부터 안전한 장소로 이동 조치하는 행위 또는 파손된 것을 구조하거나 건져 올리는 것이라고 정의한다(해군본부, 2007). 또한 해군 구조작전교범에서는 ‘구조’란 위험한 상태에 있는 물체 또는 인원을 위험으로부터 구원하는 행위이며 ‘해난구조작전’은 구조의 행위가 수상 또는 수중에서 실시되는 것으로 위험 상황에 처한 선박이나 인명의 구조를 위해 취해지는 계획이나 행동 등 일체의 구조에 관련한 작전을 의미한다고 설명하고 있다. 또한 구조는 그 형태가 다양하고 복잡하나 방법적인 측면에서 좌초선 이초, 침선인양, 예인 등의 선체구조(salvage), 인명탐색 및 구조(search & rescue), 조난잠수함 탐색 및 구조, 소화/방수 및 보수지원과 해상오염 처리를 의미하는 구조지원 등으로 그 종류를 구분할 수 있다고 명시한다(해군본부, 2010).

즉, 해군에서 해난구조작전 임무는 선박이나 선박의 화물을 처리하는 ‘구난(salvage)’와 인명을 구조하는 ‘구조(rescue)’의 두 가지 의미를 모두 포함하고 있다. 같은 맥락에서 해군의 해난구조임무를 수행하는 해난구조대(SSU: Sea Salvage and rescue Unit)는 최근 부대의 영문 표기를 ‘Ship Salvage Unit’에

서 ‘Sea Salvage and rescue Unit’ 로 변경한 바 있다.

그렇다면 임무의 범위는 어디까지일까? 물론 비교적 소규모의 익수자 구조나 고장선박의 예인 등의 해난구조임무는 작은 어선으로도 가능하다. 하지만 깊은 수심에서의 잠수가 필요한 인양작전 등의 대규모의 해난 상황은 전문성을 갖춘 인력과 장비 그리고 선박이 필요하다. 따라서 대부분의 나라에서는 해양경찰 (coast guard)이나 119 구조대 등 국가적 차원의 구조 전문조직을 운영하고 있으며, 우리나라에서도 ‘재난/안전관리기본법’, ‘수난구조법’ 등 관련법을 제정하여 해양경찰청장에게 그 임무를 부여하고 있다. 해난구조임무 수행 관련 주요 법령은 (Table 6)에 정리하였다.

**Table 6.** 해난구조임무 수행 관련 주요 법령(국가법령정보센터, 2014)

구 분	주 요 내 용
재난 및 안전관리 기본법  (법률 제11994호)	제3조(정의)  7항 “긴급구조기관“이란 소방방재청·소방본부 및 소방서를 말한다. 다만, 해양에서 발생한 재난의 경우에는 해양경찰청·지방해양경찰청 및 해양경찰서를 말한다.
	제56조(해상에서의 긴급구조)  1항 해양경찰청장은 해상에서 선박이나 항공기 등의 조난사고가 발생하면 「수난구조법」 등 관계 법령에 따라 긴급구조 활동을 하여야 한다.
	제57조(항공기 등 조난사고 시의 긴급구조 등)  3항 국방부장관은 항공기나 선박의 조난사고가 발생하면 관계 법령에 따라 긴급구조업무에 책임이 있는 기관의 긴급구조 활동에 대한 군의 지원을 신속하게 할 수 있도록 다음 각 호의 조치를 취하여야 한다. <ol style="list-style-type: none"> <li>1. 탐색구조본부의 설치·운영</li> <li>2. 탐색구조부대의 지정 및 출동대기태세의 유지</li> <li>3. 조난 항공기에 관한 정보 제공</li> </ol>

구 분	주 요 내 용
수난구조법 (법률 제11690호)	<p>제5조(중앙구조본부 등의 설치)</p> <p>1항 해수면에서의 수난구조에 관한 사항의 총괄·조정, 수난구조협력기관과 수난구조민간단체 등이 행하는 수난구조활동의 역할조정과 지휘·통제 및 수난구조활동의 국제적인 협력을 위하여 해양경찰청에 중앙구조본부를 둔다.</p>
	<p>제13조(수난구조의 관할)</p> <p>해수면에서의 수난구조는 구조본부의 장이 수행하고, 내수면에서의 수난구조는 소방관서의 장이 수행한다. 다만, 국제항행에 종사하는 내수면 운항선박에 대한 수난구조는 구조본부의 장과 소방관서의 장이 상호 협조하여 수행하여야 한다.</p>
	<p>제14조(수난구조협력기관과의 협조 등)</p> <p>1항 수난구조협력기관의 장(국방부장관 포함)은 수난구조활동을 위하여 구조본부의 장(해양경찰청장) 또는 소방관서의 장으로부터 필요한 지원과 협조 요청이 있을 경우 적극 협력하여야 한다.</p>
	<p>제17조(현장지휘)</p> <p>1항 조난현장에서의 수난구조활동의 지휘는 지역구조본부의 장(해양경찰청장) 또는 소방서장이 행한다.</p>

해군의 주요 임무는 군사작전 수행이며 따라서 기본적인 임무구역은 ‘작전인가구역(AAO)’이다. 그러나 관련법령에서 국방부장관에게 부여한 임무에 따라 국가 또는 지자체 차원의 대처가 필요한 인명사고나 재난이 발생할 경우 해양경찰청의 긴급구조활동에 대한 군의 지원을 신속히 해야 한다. 따라서 1차적인 임무의 대상과 범위는 아니더라도 해양경찰청으로부터 지원요청을 받을 경

4) 작전인가구역(AAO: Approved Areas of Operation)이란 평시 아군의 해상 및 공중전력을 효과적으로 통제하기 위하여 합참의장이 설정하는 구역을 의미(군사용어사전)

우 해군의 구조작전 임무 범위는 전 해수면 및 내수면 곧 우리나라의 전 해역으로 확대된다고 할 수 있다.

한반도 주변의 해양환경은 북태평양의 북서쪽에 위치한 비교적 좁은 구역이지만 동해, 남해, 서해(황해)로 구분하는 세 해역의 특징이 모두 다르며 해역별 수심, 수온, 해수의 유동, 수중시야 등 잠수와 관련한 수중환경 역시 큰 차이를 보이고 있다. 하지만 작은 대양이라 불리는 동해의 깊은 수심과 강한 해류 그리고 세계적으로 손꼽히는 강한 해수의 유동과 그로 인한 부유물로 인하여 황해라고 불리는 서해는 잠수에 있어 세계 어느 해역과 견주어도 손색없는 악조건을 두루 갖추고 있다. (Fig. 4)는 대한민국 관할해역의 범위와 수심 분포를 나타낸 그림으로 원으로 표시한 지점은 해역별 최대수심의 위치이다. 대한민국 관할해역 내 주요 현황은 (Table 7)에 정리되어 있다.

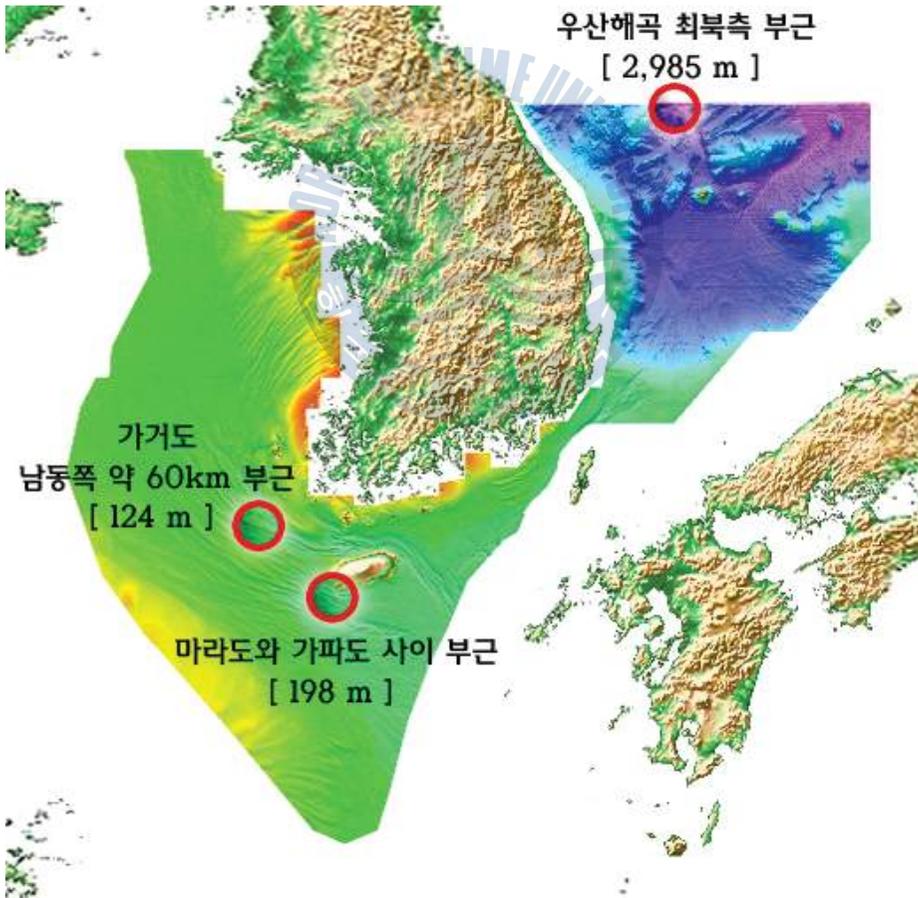


Fig. 4. 대한민국 관할해역 범위 및 수심 분포(국립해양조사원,2012)

Table 7. 대한민국 관할해역 현황(국립해양조사원, 2012)

구분	현황	비고
계	면적: 약 443,838km <sup>2</sup>	○ 국토면적의 약 4.4배(국토면적 100,210km <sup>2</sup> )
	평균수심: 약 783m	○ 영해 면적: 약 91,211km <sup>2</sup> (섬 제외)/약 20.6%
	최대수심: 약 2,985m	○ 수심 20m 이내 면적: 약 34,839km <sup>2</sup> /약 7.8%
동해	면적: 약 120,447km <sup>2</sup>	○ 수심 50m 이내 면적: 약 70,311km <sup>2</sup> /약 15.8%
	평균수심: 약 1,497m	○ 영해 면적: 약 14,503km <sup>2</sup> (섬 제외)/약 12%
	최대수심: 약 2,985m	○ 수심 20m 이내 면적: 약 2,504km <sup>2</sup> /약 2.1%
남해	면적: 약 131,942km <sup>2</sup>	○ 수심 50m 이내 면적: 약 7,505km <sup>2</sup> /약 6.2%
	평균수심: 약 71m	○ 영해 면적: 약 26,490km <sup>2</sup> (섬 제외)/약 20.1%
	최대수심: 약 198m	○ 수심 20m 이내 면적: 약 4,878km <sup>2</sup> /약 3.7%
서해	면적: 약 191,449km <sup>2</sup>	○ 수심 50m 이내 면적: 약 11,084km <sup>2</sup> /약 8.4%
	평균수심: 약 51m	○ 영해 면적: 약 50,218km <sup>2</sup> (섬 제외)/약 26.2%
	최대수심: 약 124m	○ 수심 20m 이내 면적: 약 27,457km <sup>2</sup> /약 14.3%
		○ 수심 50m 이내 면적: 약 51,722km <sup>2</sup> /약 27%

(Fig. 4)와 (Table 7)에서는 특히 수심에 관한 특징을 확인할 수 있는데, 관할해역 내 최대수심은 약 3km로 매우 깊지만 이는 동해에 국한하며 남해와 서해의 경우 최대수심이 200m가 되지 않아 잠수수심에 관한 한 비교적 좋은 조건을 가짐을 알 수 있다.

### 3.1.2 해난구조작전의 특징

해난구조작전은 전·평시를 막론하고 소요가 발생하며 해상 및 수중에서 임무를 수행하는 만큼 환경의 영향을 크게 받는다. 특히 기상에 따른 바람과 파도로 인한 해상상태는 플랫폼의 전개와 함위유지에 제한을 주게 되며 압력변화, 수중시야, 해수의 유동, 수온 등의 요소는 잠수병의 위험과 체류시간, 움직임, 저체온증 등으로 인한 문제를 발생시켜 잠수임무수행에 직접적인 영향을 준다(강신영, 2010). 잠수의 제한요소는 (Table 8)에 정리되어 있다.

Table 8. 잠수 제한요소(해군 5전단, 2010)

제한요소	병명	원인 및 상태	증상
압력변화 (잠수병)	감압병	잘못된 감압으로 혈액 또는 인체조직 내 기포 형성	관절, 림프관 통증, 피부발진 등(유형1) 마비, 감각저하, 가슴통증, 질식, 근력약화 등(유형2)
	기체색전증	빠른 상승이나 상승시 호흡정지로 혈관 내 형성된 기포에 의한 순환 억제	의식상실, 현기증, 마비, 호흡곤란 등
	질소 마취	질소 부분압 증가에 따른 마취현상으로 주로 30~40m 이상의 수심에서 발생	판단력 저하, 흥분상태, 주의력 결핍 등
	저산소증	산소 부분압 감소에 따른 산소부족 현상	의식상실, 나른함, 흥분, 도취, 집중력/근육 조절능력 저하 등
	산소 독성	산소 부분압 증가에 따른 산소의 독성으로 폐나 중추신경계 손상	호흡시 통증, 시야 협착, 귀울림, 현기증, 구토, 근육경련 등
	일산화탄소	호흡기체 오염으로 인한 일산화탄소 중독	나른함, 현기증, 혼란, 두통, 구토 등
	중이 압착	압력 불균형에 따른 중이 압착 현상	귀의 통증, 고막파열, 구토, 현기증 등
	공동 압착	압력 불균형에 따른 공동 압착 현상	코피, 통증 등

제한요소	거리	잠수사에게 미치는 영향	
시정	2m 이상	정상 작업 가능	
	1~2m	탐색 제한	
	0.5~1m	수중작업 제한	
	0.5m 이하	조명 이용 하 제한적 작업 가능	
제한요소	유속	잠수사에게 미치는 영향	
해수의 유동	없음	정상적인 작업 수행	
	0.5kts	저항은 있으나 수영 및 작업 가능	
	1kts	유영불가, 제한적 수중작업 가능(SSDS 이용시)	
	2kts	유영불가, 수중작업 불가(잠수한계)	
제한요소	온도	평균 잠수 가능시간(경험치)	
		습식 잠수복	건식 잠수복
수온	13℃	1시간 이내	2시간 이내
	7℃	30분 이내	1시간 이내
	1.5℃	10분 이내	30분 이내
* 수온에 대한 제한은 해난구조대 잠수사들의 경험에 따른 결과로 개인에 따라 편차가 큰 제한요소임.			

이러한 제한요소는 인체의 잠수행위 자체에 따른 것으로 단순한 잠수행위 외 아무런 행동을 취하지 않아도 발생하는 공통적인 제한일 뿐 해난구조작전을 위한 다양한 임무수행에는 추가적인 제한사항이 발행하게 된다.

특히 해난구조작전을 위한 잠수는 구난 및 구조를 위해 수중탐색, 수중용접 및 절단, 수중폭파, 와이어, 체인 등의 결색 작업, 구조물의 조립 및 해체를 위한 유압공구의 사용 등 고도의 기술을 요하면서도 많은 체력이 필요한 중 작업을 실시하게 된다. 수중에서의 활동목적과 수준이 그저 수중 환경을 관광하거나 심신의 단련을 위한 레저로서의 잠수 보다는 산업잠수와 유사하나 전시 적의 공격이나 구조대상에 적재된 폭발물의 위험, 인명구조의 절박성에 따른 시간적 촉박함 등 여러 가지 위험요소가 산재하는 상황을 고려하면 더욱 어려운 환경에서 임무를 수행해야 함을 알 수 있다. 또한 혼합기체를 호흡기체로 사용할 경우 추가적인 문제가 발생하는데 헬륨의 경우 마취효과가 낮은 반면 매우 고가이며 체온손실이 큰데다 음성변조(donald duck effect)가 일어나고 밀폐가 어려우며 고압신경증후군(HPNS: High Pressure Nervous or Neurological Syndrome)의 위험성이 커지는 등 여러 가지 제한이 따른다. 수소의 경우 질소에 비해 마취성이 낮고 인체손상이 적다는 점 등 일부 장점에도 불구하고 폭발의 위험을 가진 기체로써 보관에 주의가 필요하며 혼합시 산소농도를 4% 이내로 낮춰야 하는 등 사용에 제한을 가진다(USN, 2008). 마지막으로 잠수사의 개인장비 역시 무게가 약 30kg 이상에 체온유지를 위해 건식 잠수복을 착용할 경우 큰 체적으로 수중에서 움직임에 저항이 커짐에 따라 저시정 및 강조류 하정밀한 작업을 방해하는 제한요소가 된다.

### 3.1.3 해군 해난구조작전 잠수체계 운용

해군 구조작전의 임무 범위가 우리나라의 전 해역이라고 할 때 잠수체계를 운용하여 임무수행이 가능한 범위를 확인하기 위해서는 해군의 해난구조전력별로 잠수능력과 특성을 파악하고 이를 토대로 대한민국 관할해역의 현황과 비교하여 분석해야 한다. 단 본 연구의 목적을 고려할 때 예인, 이초, 소화능력 등 구조전력의 여러 가지 보유능력 중 잠수와 관련한 능력만을 정리하였으며 그 중 스쿠버(SCUBA) 잠수의 경우 어디서나 운용이 가능하므로 연구 대상에서는 제외하였다.

이를 위해 (Table 9)에서는 해군 구조전력별 잠수능력을 정리하였으며 각 구조전력이 보유한 잠수능력에 대해 비교 및 이해할 수 있다.

Table 9. 해군 구조전력별 잠수능력(해군 5전단, 2010)

잠수능력 구조전력		잠수체계 (최대수심 / 체류시간)	기체저장	함위유지
해 난 구 조 대	YDT 2척	공기잠수 / SSDS (58m(190ft) / 35분) * 호흡기체 추가 적재시 1척 혼합기체잠수 가능	공기: 392m <sup>3</sup> 산소: 96m <sup>3</sup>	다점묘박 * 제한사항 - 수심 45m 이내 - 유속 2kts 이내
	MDS 1기	혼합기체잠수 / SSDS (91m(300ft) / 25분) * 3인 기준 약 1회 가능	공기: 149m <sup>3</sup> 산소: 337m <sup>3</sup> 혼합기체(Heliox) - 해저: 462m <sup>3</sup> - 감압: 162m <sup>3</sup>	플랫폼 미포함 총 중량 23.8ton 컨테이너 2개 구성
ATS 2척		혼합기체잠수 / SSDS (91m(300ft) / 30분) * 3인 기준 약 2~6회 가능	공기: 4,526m <sup>3</sup> 산소: 346m <sup>3</sup> 헬륨: 1,329m <sup>3</sup>	다점묘박 * 제한사항 - 수심 91m 이내 - 유속 2kts 이내
ATS- II 1척 (시험평가중)		혼합기체잠수 / SSDS (91m(300ft) / 30분) * 3인 기준 약 20회 가능 무인잠수정 / ROV (3,000m(9,842ft) / 무제한)	공기: 4,554m <sup>3</sup> 산소: 1,560m <sup>3</sup> 헬륨: 1,138m <sup>3</sup> 혼합기체(Heliox) - 해저: 1,404m <sup>3</sup> - 감압: 468m <sup>3</sup>	자동함위유지(DPS) * 제한사항 - 수심제한 없음 - 유속 2kts 이내
ASR 1척		포화잠수 (300m(990ft) / 14일) * 9인 기준 1회 가능 심해잠수정 / DSRV (500m(1,640ft) / 10시간) 무인잠수정 / ROV (3,000m(9,842ft) / 무제한)	공기: 3,275m <sup>3</sup> 산소: 720m <sup>3</sup> 헬륨: 9,432m <sup>3</sup>	자동함위유지(DPS) * 제한사항 - 수심제한 없음 - 유속 2kts 이내
				
YDT			ASR	



ATS



ATS- II

- \* 표면공급방식의 잠수체계에서 공기잠수, 혼합기체잠수, 포화잠수 순으로 하위에서 상위개념의 잠수체계로 간주하여 상위 잠수체계 보유시 하위 잠수체계운용이 가능.
- \* 체류시간은 1회 잠수시 임무수심에서 머무를 수 있는 최대 시간이며 가능회수는 감압병에 따른 치료표 운용을 고려하지 않은 정상 감압절차 수행시 산출결과임.
- \* 잠수사가 교대로 잠수임무를 수행할 경우 호흡기체의 생산 및 저장능력에 따라 임무의 지속능력이 결정됨.(공기의 경우 저장량 외 압축기를 통한 추가생산 가능)
- \* 기체 저장시 헬륨을 따로 저장하기도 하고 미리 혼합하여 해저기체나 감압기체 등 용도에 따라 구분하여 저장하기도 함.

우선 해군의 해난구조작전 구조전력 중 해난구조대가 보유한 잠수지원정(YDT: Yard Diving Tender)이 2척 있으며 공기잠수체계가 탑재되어있으나 이 중 1척은 추가 장비 적재시 혼합기체잠수도 가능하다. 또한 이동식 혼합기체 잠수체계(MDS: Mobile Diving System)가 1기 있어 탑재 및 함위유지가 가능한 플랫폼 또는 부두에서 운용이 가능하다. 해군에서 운용중인 구조함은 총 3척인데 이 중 1척의 잠수함구조함(ASR: Auxiliary Submarine Rescue ship)은 수심 약 300m 까지 포화잠수가 가능하고 잠수함 승조원의 구조를 목적으로 운용수심 500m인 심해잠수정(DSRV: Deep Submergence Rescue Vehicle)을 보유하고 있으며 최근 운용수심 3,000m로 전 관할해역에서 임무수행이 가능한 ROV를 추가 탑재하였다. 나머지 2척의 수상함구조함(ATS: Auxiliary Towing Salvage ship)의 경우 표면공급 잠수체계를 탑재하여 공기잠수는 물론 수심 약 91m 까지 혼합기체잠수가 가능하다. ATS-II의 경우 역시 혼합기체잠수체계를 탑재하였고 청해진함에 탑재된 것과 동일한 ROV를 보유하고 있으나 신조함 시험평가 중으로 전력화가 완료되지 않았으며 전력화시 기존의 ATS는 도태가 예상된다. 정리하자면 심해잠수정 1기 및 무인잠수정 2기와 일부 제한이 있으나 혼합기체잠수체계를 4기, 포화잠수체계를 1기 보유한 셈이다.

### 3.1.4 현 실태 및 문제점

전력운용 제한으로 인한 가장 큰 문제는 전력별 임무 가능구역의 제한이다. 앞서 해난구조대의 YDT와 MDS를 언급하였으나 YDT의 경우 기동성능 및 내과성이 낮아 자력이동 및 깊은 수심에서의 묘박이 제한되어 주로 내해 임무와 교육훈련 소요로 운용중이다. 게다가 혼합기체 잠수체계는 두 척 중 한 척만 보유하고 이를 운용하기 위해서는 별도의 기체 저장장치를 탑재해야 한다. 또한 MDS는 부두 내 업무가 아닌 외해 임무 수행시 적재 및 운용을 위한 별도의 플랫폼이 필요하다는 제한점을 가진다. 따라서 실제 임무소요 발생 시 즉각 기동 및 투입이 가능한 전력은 3척의 구조함이 될 것이다. 그러나 일반적인 구조함의 3교대 운용방식(2척 교대 운용 중 1척 수리)을 고려할 경우 ASR의 수리기간 및 기타임무 수행 중에는 ATS의 잠수수심 제한으로 임무 가능구역이 축소된다. 물론 이 같은 문제점을 해소하기 위해 추가적인 잠수함구조함의 도입 및 교호운용을 위한 노력이 있으나 아직 후속함이 건조되지 않은 상황이다.

또한 구조함에 탑재된 대부분의 잠수체계는 해외 수입에 의존하고 있으며 특히 포화잠수체계는 최초 해경에서 도입하였으나 관리 및 운용상 문제로 현재 운용하고 있지 않으므로 국내에서는 해군이 보유하고 있는 체계가 유일하다. 게다가 해군에 도입된 장비마저 제작사와 규격 등 기준이 상이하여 호환성에 있어서도 문제가 발생한다. 따라서 현재 4운용중인 잠수체계에 문제가 발생할 경우 수리에 많은 시간과 비용이 소모되며 공백 기간 중 이를 대체할 여유장비와 부속품이 턱없이 부족한 실정이다.

마지막으로 포화잠수사에 대한 문제인데 이는 유일한 포화잠수전력인 ASR 잠수인원이 적다는 의미가 아니다. 잠수체계를 운용하는 인력에 있어서는 일정 규모 이상의 해난구조 임무 수행시 해난구조대 병력이 구조함에 증원 편승하게 되므로 평시 특정한 구조함에 탑승한 잠수인력만 생각할 것이 아니라 전체적인 규모를 기준으로 해야 한다. 하지만 이를 고려하더라도 군 내 포화잠수사의 현황을 살펴보면 1996년부터 양성교육을 실시하였으나 2014년 기준 총 양성인원은 총 59명이나 전역, 연령제한 및 신체적 결함발생 등으로 가용인원은 이에 못 미칠 것으로 사료된다. 군 외에도 민간 산업잠수사 중 일부 포화잠수자격을 갖춘 인원이 있지만 매우 소수에 불과하다.

## 3.2 해난구조작전 잠수체계 주요 요구조건

해난구조작전을 위해 필요한 잠수체계의 주요 요구조건에 대해 고찰해보면 해난사고 현장에 대한 공간적인 접근을 위한 잠수능력과 그 임무를 안전하게 수행하기 위해 잠수체계에 요구되는 기준 및 규격, 그 잠수체계를 현장에 투입하기 위한 탑재 및 이동성과 관련한 최소 기준을 확립해야 한다.

### 3.2.1 잠수능력

우선 필요한 잠수능력에 대해 고찰해보자면 해난구조작전의 범위가 전 해역이므로 필요한 잠수능력은 해역 내 최대수심인 2,985m 이상이어야 한다. 이를 충족하기 위해 ROV를 비롯하여 무인잠수체계를 도입 및 운용 중이나 정밀한 작업이 가능한 유인 환경압잠수체계로 목표수심에 다다르기란 현재의 기술력으로는 요원한 일이다. 게다가 환경의 영향을 많이 받으면서도 유인잠수체계를 이용하는 주된 이유는 사람의 섬세한 움직임과 고도의 기술이 필요한 중 작업을 실시해야 함을 의미하는 것으로 그만큼 수중에서 머물러야 하는 최소 시간이 많이 필요함을 의미한다. 본 연구에서는 이러한 작업의 수준을 고려하여 임의로 해당 수심에서 필요한 최소의 체류시간을 30분으로 설정하여 현재 운용 가능한 잠수체계별로 고찰해보고자 한다.

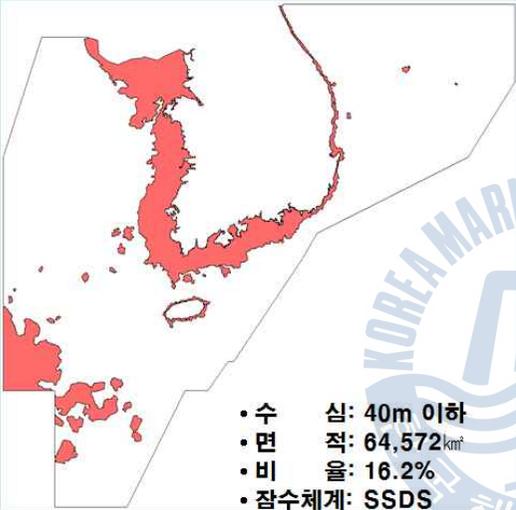
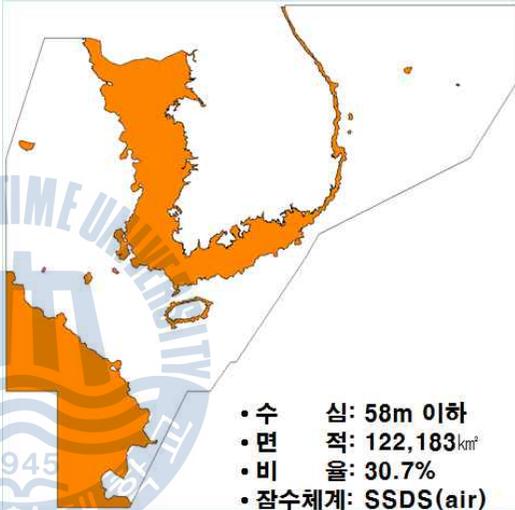
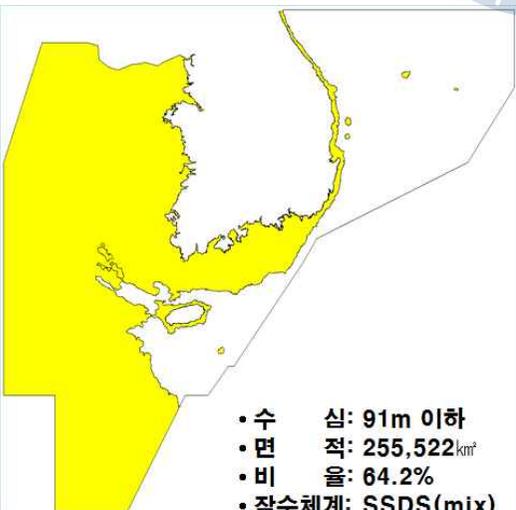
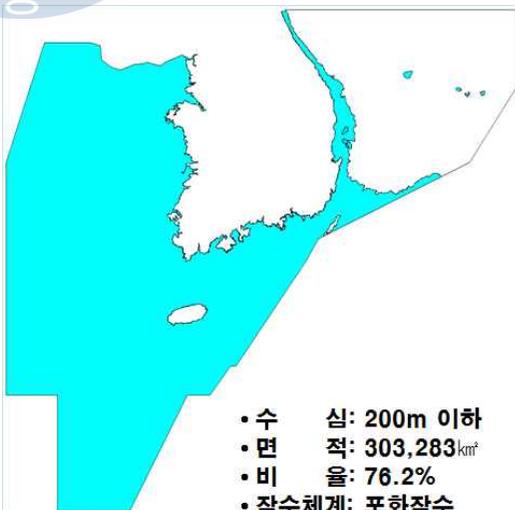
잠수체계별 제한에 따르면 SCUBA 잠수의 경우 플랫폼과의 교신이 되지 않으며 보유한 기체의 양이 제한됨에 따라 안전을 위해 감압을 하지 않기 위해 체류시간을 제한한다. SCUBA 잠수로 체류시간 30분을 확보하려면 잠수의 제한수심은 약 21m(70ft) 정도이다(통상적인 감압테이블 이용 시). 표면공급체계를 이용한 공기잠수를 할 경우 감압을 하지 않을 경우는 약 28m(90ft)이며 약 39분에서 74분에 달하는 표면감압을 실시한다 하더라도 약 50m(160ft)에 불과하다. 이상의 세 가지 잠수체계를 대상으로 안전을 고려할 경우 대한민국 관할해역 중 수심 20m 이내 해역의 면적은 전체 면적의 약 7.8%에 불과하며 수심 50m을 기준으로 잡는다면 해도 약 15.8%에 불과하다.

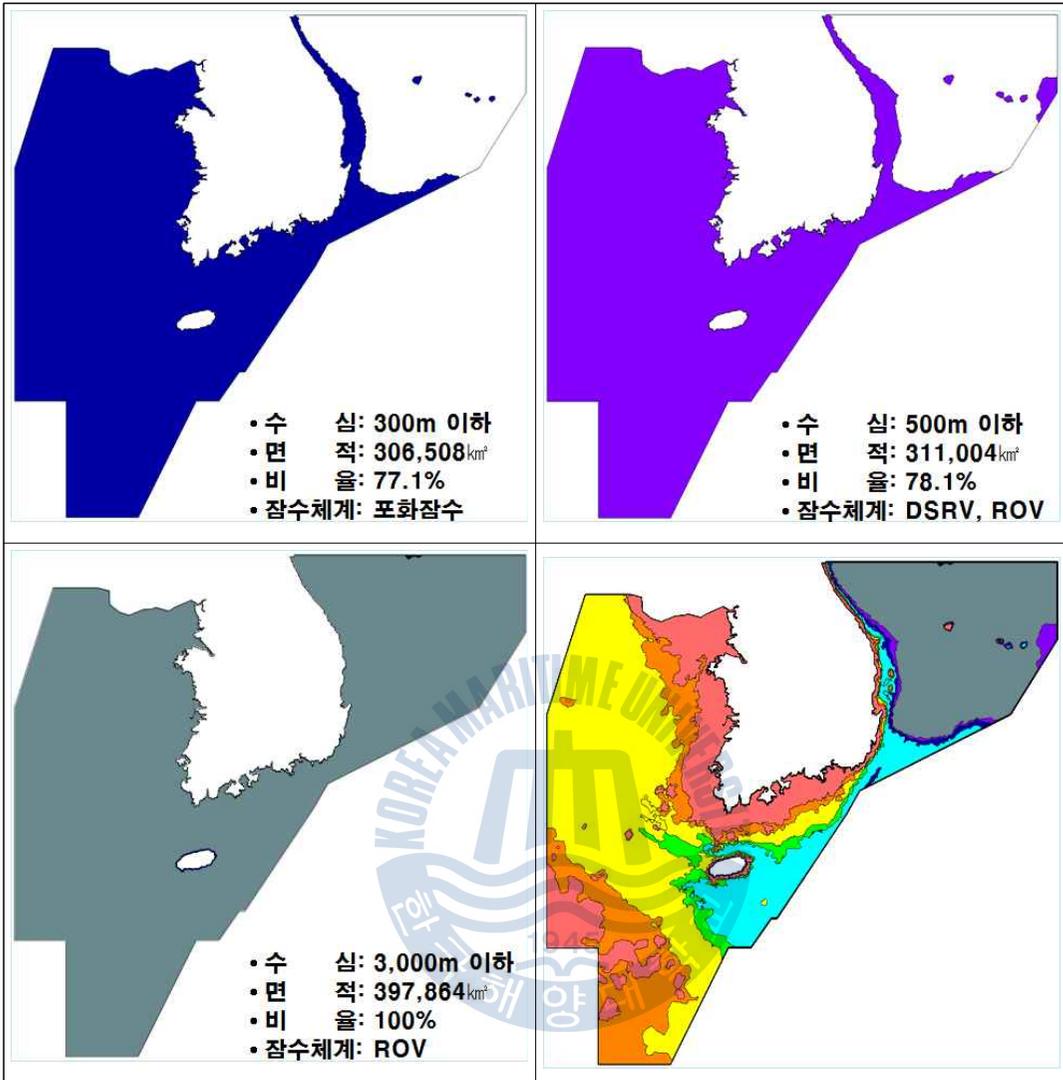
작전인가구역(AAO)를 기준으로 수심대별 임무 가능구역을 산출한 결과(Table 10)에서 볼 수 있듯이 각 잠수체계별로 큰 차이를 보였다.

Table 10. 수심대별 잠수체계 임무 가능구역(해양정보단, 2014)

수심대(m)	면적(km <sup>2</sup> )	비율(%)	잠수체계
0 ~ 40	64,572	16.2	SCUBA
40 ~ 58	122,183	30.7	SSDS(air)
58 ~ 91	255,522	64.2	SSDS(mixed gas)
91 ~ 200	303,283	76.2	포화잠수
200 ~ 300	306,508	77.0	포화잠수
300 ~ 500	311,004	78.1	DSRV, ROV
500 ~ 3,000	397,964	100	ROV

 <ul style="list-style-type: none"> <li>• 수 심: 40m 이하</li> <li>• 면 적: 64,572km<sup>2</sup></li> <li>• 비 율: 16.2%</li> <li>• 잠수체계: SSDS</li> </ul>	 <ul style="list-style-type: none"> <li>• 수 심: 58m 이하</li> <li>• 면 적: 122,183km<sup>2</sup></li> <li>• 비 율: 30.7%</li> <li>• 잠수체계: SSDS(air)</li> </ul>
 <ul style="list-style-type: none"> <li>• 수 심: 91m 이하</li> <li>• 면 적: 255,522km<sup>2</sup></li> <li>• 비 율: 64.2%</li> <li>• 잠수체계: SSDS(mix)</li> </ul>	 <ul style="list-style-type: none"> <li>• 수 심: 200m 이하</li> <li>• 면 적: 303,283km<sup>2</sup></li> <li>• 비 율: 76.2%</li> <li>• 잠수체계: 포화잠수</li> </ul>



혼합기체잠수를 실시할 경우 체류시간 30분을 확보 가능한 수심이 약 91m(300ft)로 비약적으로 향상되며 포화잠수의 경우에는 그 특성상 약 14일의 임무시간이 확보되므로 수심이 문제인데 200m 잠수시 작전인가구역(AAO)의 약 76%를 감당할 수 있으며 남해와 황해(서해)의 최대수심보다 깊어 두 해역의 어떤 구역에서도 임무수행이 가능하다는 의미이다. 특히 제주도 근해의 해역은 혼합기체잠수로서는 임무수행이 제한되나 해군기지 건설에 따른 소요 증가가 예상되는 만큼 적어도 200m 이상의 잠수능력이 필요하다.

임무 제한구역의 비율이 큰 동해의 경우 평균수심이 약 1,497m로 매우 깊고 경사가 심해 수심 200m와 300m의 면적 차이는 약 1%에 불과하며 수심 500m 잠수능력을 갖춘다 하더라도 면적의 변화는 약 2% 증가할 뿐이다.

따라서 본 연구에서는 현재까지 연구된 잠수기술의 수준을 고려할 때 해난구조작전을 위한 잠수능력은 수심 200m 이상의 포화잠수체계를 갖춰야 한다고 판단하였으며 비상시를 대비하여 최소 2기 이상이 필요하다. 이 때 포화잠수체계는 하위 잠수체계인 혼합기체, 공기, SCUBA잠수체계를 모두 포함하며 잠수능력이란 장비로써의 잠수체계 자체만이 아닌 이를 운용할 수 있는 기술과 능력, 플랫폼 등 인적 물적 자원이 모두 포함된 능력을 말한다.

또한 해난구조작전시 안전을 고려 반드시 짝(buddy) 잠수를 하며 비상시를 대비한 예비 잠수사를 두고 있다는 점과 장기간의 임무를 수행하는 포화잠수의 특성상 교대 근무가 가능해야 함을 고려할 때 잠수사의 인원은 최소 3인 1조로 2개조 즉 6명 이상이어야 한다.

따라서 해난구조작전을 위해 필요한 잠수능력을 종합하자면 잠수사 6인 이상을 동시에 운용 가능한 수심 200m 이상의 포화잠수체계 2기 이상을 보유하며 이를 운용할 수 있는 능력을 갖춰야 한다고 정리해 볼 수 있다.

### 3.2.2 기준 및 규격

기준 및 규격은 잠수체계의 안전을 보장하고 체계를 구성하는 여러 장비 사이 또는 체계와 플랫폼 간의 호환성을 확보할 수 있게 해 주는 요소이다. 잠수시스템 국내 표준과 안전 기준 필요성에 관한연구(박종엽, 2011)에서는 잠수시스템과 관련한 국내·외 기준을 고찰하였는데 연구결과에 따르면 국내 정부기관의 기준은 일반 수중 공사용 장비 및 잠수자격과 관련하여 고용노동부의 산업안전보건법과 국가기술자격법에 명시되어 있으며 챔버는 보건복지부의 의료기기법에서, 선박에 설치된 잠수설비는 해양수산부의 선박안전법에서 다루는 등 잠수체계를 구성하는 여러 요소 중 일부에 대하여 각기 다른 부서와 법령에 그 기준을 두고 있다.

또한 제정된 기준마저 체계를 전반적으로 다루지 않고 개별 장비에 대한 요구사항을 명시하는 정도에 불과하여 체계의 운용을 위한 지원장비나 운용을 위

한 안전규정 등이 부족하며 한국표준협회의 산업규격 KS마크나 국가통합인증을 의미하는 KC마크 등 인증제도 역시 극히 일부 제품이나 교육 안전요건에 한정하여 사용하고 있다.

잠수체계의 기준과 규격을 위한 국제인증과 표준제정의 예로 세계 주요 선급에서는 국제선급협회(IACS: International Association of Classification Societies)와 국제해사기구(IMO: International Maritime Organization)의 기술위원회에서 채택한 사항을 규칙으로 제정 및 반영하고 있는데 여기서는 각국의 리더격인 기술단체에서 연구 발표된 쟁점들과 자국의 산업계에서 논의된 사항들에 대한 기술적 합의를 기술회람으로 발표한다. 또한 국제표준기구(ISO: International Standard Organization)에서도 여러 국제 표준을 제공하고 있으며 잠수시스템의 경우 미 해군 잠수교범의 감압절차를 이론적 배경으로 정립하는 등 선진 기술단체의 연구결과를 기반으로 제정된 표준 규격은 각 국가별 규정의 제정과 시행의 근거가 되고 있다.

각 선급은 이렇게 국제적으로 표준화된 기준과 규격을 바탕으로 자체 규칙을 제정하기에 선급별로 큰 차이를 나타내지는 않는다. 선급별 상이한 부분일 경우 보수적인 수준을 만족하도록 제작한다면 나머지 기준 역시 충족할 수 있어 장비 및 체계를 외국으로 수출하는 것도 가능할 것이다. 또한 상업적으로 국제 해양플랜트 및 수중공사업체의 양대 산맥이 되는 민간조직인 ADCI(Association of Diving Contractors International)와 IMCA(The International Marine Contractors Association)와 같은 민간조직들은 현재 산업잠수 분야의 기준을 제시하며 시장에서 막대한 영향력을 행사하고 있는데 그 기준 역시 선급의 규칙과 유사하며 잠수체계가 해난구조를 위한 목적 외에도 다양한 분야에서 활용 가능하도록 발전하여 양산 및 수출까지 가능하려면 이들이 제시하는 기준을 만족해야 할 것이다. 따라서 해난구조작전에 필요한 잠수체계는 국내 관련법령을 준수하고 국제적 표준을 제시하는 선급과 민간조직의 규칙과 기준을 만족해야 한다. 이를 통해 최소한의 안전을 보장할 수 있을 뿐 아니라 각 장비의 규격이 표준화되어 제조사와 상관없이 상호 호환이 가능한 다양한 체계를 구성할 수 있으며 하위개념의 잠수체계를 상위개념으로 개선하는 일도 보다 용이할 것으로 판단된다.

### 3.2.3 탑재 및 이동성

선박에 고정되지 않고 이동이 가능한 형태의 포화잠수체계를 현장에 투입하기 위해서는 탑재 및 이동성을 만족해야 한다. 먼저 탑재를 위해 플랫폼의 요구조건에 대해 고찰해 보면 최근 발생한 세월호 침몰 사고에서 사고의 원인 중 유력한 가설로 화물의 적재 불량 및 복원력 상실이 제기되었듯이(SBS, 2014) 기사에 따라 유동이 심한 해상에서 잠수체계를 떠 있는 부체인 플랫폼에 탑재하기 위해서는 선박안전법에 의한 안전기준을 모두 만족해야 한다.

이러한 안전기준을 요약하자면 설치성과 복원력에 관한 부분을 만족해야 한다고 압축할 수 있다. 이 중 설치성을 만족하기 위해서는 탑재를 위한 공간과 바닥의 강도와 적재물의 고정 가능성은 물론 잠수체계의 무게 이상을 적재할 수 있는 충분한 여유 부력이 있어야 한다. 이와 관련하여 선박안전법 제39, 40조에 명시된 화물의 적재와 고정, 운송에 관한 세부기준을 만족해야 할 것이며 특히 제41조에는 위험물의 운송에 대한 법령이 있는데 잠수체계에는 산소 등 폭발 및 발화의 위험이 있는 기체를 고압으로 저장하고 있어 각별한 주의가 요구된다. 복원력에 대한 부분은 잠수체계를 탑재할 경우 부체인 플랫폼의 무게 중심과 부력중심이 변하는데 그 변화에도 플랫폼의 복원력이 안전기준을 만족해야 한다. 이러한 안전기준은 선박안전법 제28조에 의한 선박의 복원성의 기준에 상세히 명시되어 있다(해양수산부, 2013).

또한 생명줄로 잠수사와 플랫폼이 연결되는 표면공급잠수체계를 운용하기 위해서는 함위유지가 필수적이며 이를 위해서는 다점묘박이나 자동함위유지체계(DPS: Dynamic Positioning System)의 운용이 가능해야 한다. 마지막으로 다수의 인원이 장기간 임무를 수행하는 포화잠수체계의 경우 플랫폼은 운용자의 거주 및 생활에 필요한 제반시설과 주·부식 및 청수 등을 제공해야 하며 플랫폼 자체의 운용을 위한 전력 등의 자원공급이 필요하다.

포화잠수체계 탑재를 위한 플랫폼의 요구조건을 (Table 11)에서 정리하였다.

Table 11. 포화잠수체계 탑재 플랫폼 요구조건

항목	요구조건	비고
설치성 및 복원력	<ul style="list-style-type: none"> <li>○ 구성요소를 모두 탑재 가능한 공간 필요</li> <li>○ 여유 부력(적재하중)이 충분해야 함</li> <li>○ 무게중심에 따른 복원력을 고려하여 탑재</li> <li>○ 튼튼한 고정이 가능해야 함</li> </ul>	선박안전법상 안전기준 충족 필요
다점묘박	<ul style="list-style-type: none"> <li>○ 여러개의 닻/닻줄을 동시 설치하여 함위유지</li> <li>○ 보유한 닻/닻줄의 규모에 따른 수심 제한</li> </ul>	100m 이내
자동 함위 유지체계 (DPS)	<ul style="list-style-type: none"> <li>○ 임무구역 수상 플랫폼의 함위유지</li> <li>○ 다수의 추진장치를 GPS 연동하여 운용</li> <li>○ 수심제한 없으나 잠수사 안전거리 유지 필요</li> </ul>	100m 이상
거주시설	<ul style="list-style-type: none"> <li>○ 플랫폼 및 잠수체계 운용자의 거주 및 생활에 필요한 제반 시설 제공(장기간의 임무수행)</li> <li>○ 침실, 식당, 세면장, 화장실 등</li> </ul>	-
자원공급	<ul style="list-style-type: none"> <li>○ 플랫폼 운용을 위한 전력 및 유압 공급</li> <li>○ 청수, 주·부식 적재 및 공급</li> </ul>	-

현재 탑재 대상이 되는 플랫폼에 대해서는 기존의 구조함을 고려해 볼 수 있는데 이미 포화잠수체계가 탑재된 ASR은 제외하고 ATS 및 ATS-II의 경우 일정톤수 이상의 여유하중이 있으나 상부갑판 적재시 복원력을 유지하기 위해서는 무게중심을 고려하여 장비의 적재방향과 위치를 조절해야 한다. 특히 DPS가 설치된 ATS-II의 경우 설치시 문풀 외 LARS 운용을 고려 갑판상 현측 수직으로 설치하기 위해서는 추진기 위치와 겹치지 않아야 하며 비행갑판을 늘리는 등 일부 구조의 변경이 요구된다. 물론 위에서 정리한 플랫폼 요구조건을 만족한다면 구조함 외에도 기타 군함이나 상선, 바지선 등 다양한 종류의 플랫폼에도 설치가 가능할 것이다.

이동성과 관련해서는 기 조사한 상용 이동식 포화잠수장비의 구성요소별 크기와 무게를 고려하여 운송체계별로 검토하였다. 구성요소는 가급적 분할하여 최소화 하되 분할이 불가능한 품목, 즉 단일 크기와 무게가 가장 큰 장비를 기준으로 삼아 선박, 차량, 항공기 등을 통해 운송이 가능한 조건 및 제한사항을 도출하였는데 각 운송수단은 경제성과 편의성을 고려하여 상용 체계를 우선으로 불가시 특수 제작된 체계 순으로 적용하였다.

우선 각 제작사의 모델별로 크기와 무게의 제원을 확인하여 핵심적인 구성요소 중 세 가지 장비를 기준으로 정리해 본 결과 일반적으로 (Table 12)와 같은 범위를 가진다는 사실을 확인하였다. (Table 12)는 상용 이동식 포화잠수체계의 주요구성장비 크기 및 무게의 범위를 정리한 표이다.

**Table 12.** 상용 이동식 포화잠수체계 주요구성장비 크기 및 무게

구성요소	길이(m)	폭(m)	높이(m)	무게(ton)
선상 감압격실 (DDC)	6 ~ 13	2.4 ~ 4	2.3 ~ 4	21 ~ 74
잠수종 (diving bell)	2.2 ~ 3	2.2 ~ 3	2.7 ~ 4	3.7 ~ 10
진·회수장치 (LARS)	3 ~ 8	2.2 ~ 5.2	2.1 ~ 7.2	9 ~ 20

조사결과 각 장비의 부가적인 설비의 부착유무 등에 따라 크기나 무게의 변동이 매우 크며 유사한 기능과 수준의 장비라 하더라도 제조사별로 차이가 커 평균값을 대표기준으로 제시하기가 어려웠다. 따라서 본 연구에서는 구성장비별 범위의 값을 정리하여 기준 선정의 유연성을 높이고자 하였다.

이 같은 결과를 바탕으로 운송수단별 가능성과 요구조건을 검토하였는데 선박의 경우 앞서 정리한 플랫폼 요구조건 중 탑재 공간 및 부력에 관한 기준을 충족한다면 어떤 선박이라도 자력항해만 가능하면 운송수단으로써의 조건을 충족할 수 있게 된다. 다음으로 차량을 이용할 경우 대표적인 화물 적재 및 운송

방법으로 상용 컨테이너를 활용할 수 있다. ISO 기준에 따른 주요 컨테이너의 규격은 (Table 13)에서 정리하였다.

**Table 13.** ISO 기준에 따른 주요 컨테이너 규격(국가물류통합정보센터, 2014)

컨테이너 유형	내부크기 (mm)		적재중량 (kg)	자체중량 (kg)	총 중량 (kg)
	길이	폭			
dry (20ft)	길이	5,896	18,015	2,340	24,000
	폭	2,348			
	높이	2,372			
dry (40ft)	길이	12,023	26,260	4,220	30,480
	폭	2,234			
	높이	2,359			
high cube dry (40ft)	길이	12,033	26,230	4,250	30,480
	폭	2,348			
	높이	2,695			
high cube dry (45ft)	길이	13,555	25,600	4,880	30,480
	폭	2,348			
	높이	2,690			
open top (20ft)	길이	5,898	21,500	2,450	24,000
	폭	2,340			
	높이	2,381			
open top (40ft)	길이	12,032	26,230	4,160	30,480
	폭	2,346			
	높이	2,321			
flat rack (20ft)	길이	5,542	27,610	2,870	24,000
	폭	2,018			
	높이	2,077			
flat rack (40ft)	길이	11,676	39,020	5,980	45,000
	폭	2,108			
	높이	1,962			

\* 각 규격은 일부 허용범위가 있으나 본 표에서는 최소기준을 적용하였다.  
 \* 컨테이너 입구의 크기는 내부 단면의 크기에 비해 조금 작다.

이처럼 컨테이너의 적재능력은 국제표준기구(ISO)에 의해 규격화 되어있으며 여러 가지 형태가 있어 다양한 화물의 적재가 가능하고 육상 뿐 아니라 해상운송에도 용이하며 각종 기반시설과 운용법규와 같은 관련 제도가 잘 구축되어 있다. 내부크기 및 적재중량을 고려할 때 조사된 범위 내의 상용 이동식 포화잠수체계의 주요 장비는 (Fig. 5)에서 확인할 수 있듯이 가장 일반적인 형태인 드라이(dry) 컨테이너를 이용하여 대부분 적재가 가능하며 혹 크기에 있어 범위를 벗어날 경우 바닥과 일부분을 제외한 부분이 열려있는 형태인 플랫폼(flat rack) 컨테이너를 이용하면 일부 제한요소를 제거할 수 있을 것이라 판단된다. 물론 장비 전용 트레일러를 제작하거나 전차 등 최대 60톤가량의 중장비를 수송하는 군용 HET(Heavy Equipment Transporter)를 이용한다면 보다 크고 무거운 장비를 운송할 수 있을 것이다. 하지만 이 경우 트레일러 외에도 전용 차량을 구입해야 하며 기반시설을 활용이 제한된다는 점에서 상용 컨테이너를 활용하는 방법에 비해 경제성이 떨어진다.

마지막으로 항공기를 통한 운송이 가능하려면 보다 까다로운 조건을 충족해야 한다. 민간 항공기의 경우 적재공간의 협소함과 고가의 항공유를 사용한다는 제한이 따르기 때문에 적재 가능한 크기와 무게가 상대적으로 작아진다. 항공기는 주로 알루미늄 재질의 컨테이너나 갑판에 적재물을 고정하는 팔레트(pallet)를 이용하여 화물을 이송하는데 기종에 따라 적재 가능한 컨테이너의 규격이 다르며 최대 크기의 컨테이너도 가장 긴 면의 길이가 5m가 되지 않고 적재 가능한 무게 또한 약 4.5톤 내외에 불과하다. 팔레트의 경우 최대길이 약 6m에 약 11톤 까지도 적재가 가능하나 폭과 높이가 약 2m 내외에 불과하다. 하지만 적재능력을 떠나 민간 항공기의 경우 근본적으로 안전을 이유로 고압기체의 적재를 허가하지 않는다는 제한을 가지므로 이동식 포화잠수체계를 전 구성요소를 적재하는 것 자체가 불가능하다. 하지만 폭발물도 화물로 취급하는 군용 수송기를 이용한다면 항공운송도 가능하다. 미군에서 운용중인 C-5계열의 전략수송기의 경우 최대 약 100톤가량의 화물을 한 번에 운송할 수 있다. 하지만 우리나라 자산이 아니므로 지원을 받기 위해서는 많은 제약이 따른다. 우리군에서 운용중인 C-130계열의 전술수송기는 약 19.9톤의 적재가 가능하며 회전익 항공기인 CH-47계열 수송기는 약 12.7톤의 화물을 적재할 수 있으나 주요

구성요소 중 20톤이 넘는 선상 감압격실(DCC) 등 운송이 불가능한 장비가 많아 현실성이 매우 적을 뿐 아니라 경제성이 떨어지며 고정익 수송기의 경우 우리나라 해역에서 사용할 경우 그리 크지 않은 국토면적과 공항의 접근성을 생각할 때 차량에 비해 신속성 면에서도 큰 성과를 기대하기 어렵다.

따라서 이동식 포화잠수체계의 요구조건 중 이동성을 만족하기 위해서는 선박과 차량을 통한 운송이 가능하도록 각 구성요소들을 상용 컨테이너 규격에 맞게 분할하여 적재 및 운송이 가능해야 한다는 결론을 도출할 수 있다.



Fig. 5. 주요 컨테이너 및 군용 수송장비 형상(국가물류통합정보센터 등)

### 3.2.4 이동식 포화잠수체계 요구조건

이동식 포화잠수체계를 위해 앞서 도출한 잠수능력, 기준 및 규격, 탑재 및 이동성과 관련한 요구조건을 (Table 14)에서 정리하였다.

Table 14. 이동식 포화잠수체계 요구조건

구분	요구조건	세부사항
잠수 능력	잠수체계	<ul style="list-style-type: none"> <li>○ 수심 200m 이상 포화잠수 가능</li> <li>○ 혼합기체잠수 및 공기잠수 전환 가능</li> <li>○ 잠수사 6인 이상 동시 수용(가·감압) 가능</li> <li>○ 14일 이상의 잠수 및 이 후 감압절차 가능한 충분한 양의 혼합기체 보유</li> </ul>
	운용인력	<ul style="list-style-type: none"> <li>○ 자격을 갖춘 구조잠수사, 감독관 및 생환지원사 배치</li> <li>○ 기타 정비 및 체계 운용을 위한 유자격인원 배치</li> <li>○ 임무기간 중 24시간 운용 가능한 당직체계 구성</li> </ul>
	기술력 및 경험	<ul style="list-style-type: none"> <li>○ 정상적인 포화잠수절차 수행</li> <li>○ 비상시 대처 및 잠수병 치료절차 가능</li> </ul>
기준 및 규격	국내 관련법	<ul style="list-style-type: none"> <li>○ 수중공사용 장비 및 잠수자격 관련 고용노동부 산업안전보건법 및 국가기술자격법 준수</li> <li>○ 챔버 관련 보건복지부 의료기기법 준수</li> <li>○ 선박 잠수설비 관련 해양수산부 선박안전법 준수</li> </ul>
	국제 표준규칙	<ul style="list-style-type: none"> <li>○ 미국(ABS), 노르웨이(DnV), 한국(KR) 등 각국 선급규칙 준수</li> <li>○ 미국(ADCI), 유럽(IMCA) 등 국제 민간조직 기준 준수</li> </ul>
탑재 및 이동성	탑재 플랫폼	<ul style="list-style-type: none"> <li>○ 설치성 및 복원성을 위한 선박안전법상 안전기준 준수</li> <li>○ 함위유지를 위해 다점묘박 또는 자동함위유지체계(DPS) 운용 가능</li> <li>○ 다수 인원이 장기간 거주 가능한 시설 및 생필품 공급</li> <li>○ 플랫폼 운용을 위한 전력 및 유압 공급</li> </ul>
	이동성	<ul style="list-style-type: none"> <li>○ 포화잠수체계 각 구성요소들을 상용 컨테이너 규격에 맞게 분할하여 적재 및 운송 가능</li> </ul>
<p>* 후속 군수지원 : 별도 항목으로 분류하지는 않았으나 해상에서 인명과 직결되는 체계를 운용함에 따라 고장 발생시 현장에서 조치 가능토록 수리부속, 정비공구 및 충분한 소모품의 확보가 이루어져야 하며 기술교범 및 정비기술 이전 등 체계운용 및 정비를 위한 후속 군수지원이 충족되어야 한다.</p>		

요약하자면 해난구조작전을 위한 주요 요구조건으로는 수심 200m 이상에서 6명 이상의 잠수사가 14일 이상 포화잠수를 정상적으로 실시할 수 있는 잠수능력을 갖춰야 하고 국내 관련법과 국제 표준규칙 등의 기준 및 규격을 준수해야 하며 안전기준에 맞게 전 구성요소들을 탑재 및 운용할 수 있다는 플랫폼의 조건과 구성요소들의 이동성이 보장되어야 한다고 할 수 있다.

### 3.3 이동식 포화잠수체계 표준구성 제안

다음으로 이동식 포화잠수체계의 표준구성을 정립할 수 있다면 이를 통해 기존 잠수체계를 분석하여 개선요소를 도출하거나 그 자체로 향후 도입 또는 개발하는 잠수체계의 요구조건이나 설계기준으로 활용할 수 있을 것이다. 또한 이를 발전시켜 국내 잠수기준의 표준을 정립한다면 민·관·군 잠수체계 간 호환성을 확립하여 국내 잠수산업분야의 통합적 발전을 촉진할 수도 있다. 따라서 본 절에서는 포화잠수 역시 혼합기체잠수의 한 종류이자 같은 분류 내에서 비포화잠수에 비해 상위개념의 잠수기술이라는 점에 착안하여 기존의 선행연구와 현재 운용중인 잠수체계의 구성, 여러 관련 자료를 비교 및 검토하여 기존의 잠수체계와도 호환이 가능한 이동식 포화잠수체계의 표준구성을 제안하고자 한다.

#### 3.3.1 선행연구결과에 따른 잠수체계 구성

우선 (Table 15)와 (Table 16)은 선행연구의 결과로써 각각 잠수 시스템 국내 표준과 안전 기준 필요성에 관한 연구에서 제시한 기준으로(박종엽, 2011) 혼합기체잠수체계 및 포화잠수체계의 구성별 기능을 정리한 표이다.

Table 15. 혼합기체 잠수 시스템의 구성별 기능(박종엽, 2011)

구 분	구 성 별 기 능
고압공기 장치 (HP air system)	○ 호흡용 기체공급원으로 고정식 가스저장 시설, 조작 장치, 호흡용 고압공기압축기
저압공기 장치 (LP air system)	○ 공기뱅크로 구성되어 챔버, 볼륨탱크, SCUBA 충전, 표면 잠수 지원 콘솔에 공기 공급
혼합기체 장치	○ 혼합기체 및 산소/헬륨을 이송하는 펌프, 산소 및 헬륨 저장용기, 표면공급식 혼합기체 잠수를 위한 혼합기체를 생산하는 장치(기체혼합기)
생명지원 장치	○ 표면공급 잠수에서 잠수사 호흡기체를 관리/감독하는 중앙제어 장치 ○ 공급 호흡기체 실시간 산소농도 분석과 잠수수심 확인 ○ 비상상황 시 기체 조작 등을 수행
감압 챔버	○ 감압 챔버는 표면공급 잠수 시 표면감압 및 잠수병 치료용으로 사용 ○ 잠수사에 대한 압력테스트 및 산소내성 검사에 사용 ○ 고압 산소 이용 일산화탄소 중독 치료
진수 및 회수 장치	○ 표면공급 잠수에서 하잠/상승시키는 이송장치 ○ 잠수사 수중작업을 위해 사용되는 작업대
생명줄 (umbilical)	○ 잠수사에게 기체를 공급해 주는 장치 ○ 기체공급선, 통화선, 수심 측심선 및 장력선으로 구성

Table 16. 포화잠수 시스템의 구성별 기능(박종업, 2011)

구 분	구 성 별 기 능
선상 감압 챔버 (DDC: Deck Decompression Chamber)	○ 가압, 감압 챔버 및 감압병 치료 및 예방 ○ 잠수작업 신체에 압력 평형을 조절
잠수사 이송 캡슐 (PTC: Personal Transfer Capsule)	○ 가압 또는 대기압 상태로 수중작업장과 선상 감압실간에 잠수사를 이동하는 캡슐
잠수사 이송 캡슐 조종 장치 (PTC handling system)	○ PTC를 작업수심까지 내리고 다시 회수하여 DDC에 연결하는 장치
생명줄 장치 (umbilical system)	○ PTC로 가스, 전원 공급 및 통신, CCTV 화면 전송 등을 하는 장치
생명유지 장치 (life support system)	○ DDC 및 PTC의 잠수사의 온/습도 조절하여 호흡 가스 내 이산화탄소를 제거하고 산소량을 조절하는 장치
기체 장치 (gas system)	○ 잠수작업에 필요한 호흡가스 저장, 공급 및 회수, 압력조절, 헬륨재생, 산소농도 등을 조절하는 장치
선상 감압 챔버 조종 장치 (DDC control system)	○ DDC에 호흡가스의 공급/회수, 압력조절, CO <sub>2</sub> 및 산소제어 ○ DDC 내 잠수사의 상태감시, 통신 등을 하는 장치
잠수사 이송 캡슐 조종 장치 (PTC control system)	○ DDC에 호흡가스의 공급/회수, 압력조절, CO <sub>2</sub> 및 산소제어 ○ PTC 내 잠수사의 상태감시 및 통신 ○ 잠수사의 해저관찰 및 전원공급 등을 조정
중앙 구조 조종실 (RCC: Rescue Control Center) instrument console	○ DDC 및 PTC 내부 관찰 및 잠수사의 TV 카메라를 통한 해저 관찰 ○ 조종실과 PTC 및 DDC간의 통화, PTC 및 잠수사 수심, DDC 각 lock의 압력 등 전시 장치
이동용 챔버	○ 1명의 환자와 1명의 환자 보호요원이 탑승하여 잠수사 이송하는데 사용

이 연구에서는 국제적으로 통용되는 표준 규격, 잠수체계와 관련한 여러 나라(노르웨이, 미국, 영국, 한국)의 선급규칙 고찰하여 국내에서 적용될 수 있는 잠수 시스템의 표준구성을 정리하였다. 연구에 따르면 혼합기체잠수체계는 고압공기 장치, 저압공기 장치, 혼합기체 장치, 생명지원 장치, 감압 챔버, 진수 및 회수 장치, 생명줄의 7가지 장비로 구분하여 정리하였으며 포화잠수체계의 경우 선상 감압 챔버, 잠수사 이송 캡슐, 잠수사 이송 캡슐 조종 장치, 생명줄 장치, 생명유지 장치, 기체 장치, 선상 감압 챔버 조종 장치, 잠수사 이송 캡슐 조종 장치, 중앙 구조 조종실, 이동용 챔버의 10가지 장비로 구분하여 정리하고 있다. 또한 각 잠수체계는 하위개념의 잠수방식을 포함하여 지원하도록 되어 있어 혼합기체잠수체계는 공기잠수를, 포화잠수체계는 혼합기체잠수 및 공기잠수를 모두 지원할 수 있다.

하지만 역으로 혼합기체잠수체계에서 무엇을 추가하면 포화잠수가 가능한지 도출하는 데에는 제한이 있다. 두 잠수체계의 표준구성을 비교하면 각 구성요소별로 그 기능상 공통점을 가지고 있는 요소가 많이 있으나 비슷한 역할을 하는 구성장비라 해도 체계별로 다른 명칭과 구분을 함으로써 상호간에 장비를 호환할 경우는 무리가 따른다. 물론 유사한 구성요소라 하더라도 잠수체계별로 최대 잠수수심이 다른 만큼 설계상의 내압성능 등 여러 장비의 규모와 수준에 있어 차이를 보이는 것은 당연한 결과일 것이다. 또한 중요한 장비 위주로 비교적 개략적인 분류를 하다 보니 바지선 등 적재공간 외 다른 기반이 없는 제로-베이스(zero-base) 상황에서 제시된 장비만을 가지고 잠수체계를 구성하기에는 다소 무리가 따른다.

만약 포화잠수를 실시하기 위해 필수적인 구성요소를 모두 포함하되 이들을 같은 기준에 따라 분류하고 정리할 수 있다면 서로 다른 잠수체계라 하더라도 동일한 기능을 가진 장비 간에 상호 호환이 가능하거나 하위개념의 잠수체계에 추가 구성요소를 더하여 상위체계로 개선(upgrade)이 가능하도록 표준구성안을 도출할 수 있을 것이라고 생각된다.

### 3.3.2 이동식 포화잠수체계 표준구성안

표준구성안을 도출하기 위해서는 선행연구결과를 바탕으로 기 고찰한 기준 외에도 현재 운용중인 혼합기체 및 포화잠수체계를 여러 공신력 있는 기관의 장비 분류 기준을 바탕으로 분석하여 각 장비의 목적과 기능에 따른 표준 기준을 세워 구체적인 장비 구성을 정리하는 것이 필요하다. 또한 장비의 설계 뿐 아니라 운용상 표준절차와 감압이론의 정립 역시 중요한 연구 대상이나 이는 많은 자원과 노력이 필요로 하며 동물과 사람의 신체를 대상으로 실험을 진행하는 등 여러 차례의 시행착오를 거쳐야만 정립할 수 있는 만큼 본 연구에서는 고려해야 할 요소를 간단히 소개하는 정도로 그 범위를 제한하였다.

먼저 포화잠수가 발전된 형태의 혼합기체잠수임을 고려하여 두 가지 잠수체계 사이에 공통적인 요소가 있을 것이라 가정하고 선행연구에 따른 구성과 여러 기관의 분류기준에 따른 구성을 종합하여 제로-베이스 하 포화잠수를 수행하기 위해 필요한 구성요소들을 모두 나열해 보았다. 그 결과 많은 요소들의 기능이 중복됨을 알 수 있었다. 즉 두 체계의 구성요소 중 명칭과 요구능력의 수준은 다르지만 장비의 근본적인 목적과 기능이 유사한 장비가 많다는 것이다. 따라서 이들 사이의 중복되는 부분을 제거한 후 장비의 주된 목적이 같은 요소끼리 모아 대분류 항목을 정리하였으며 대분류 항목을 구성하는 여러 가지 세부적인 요소들을 소분류 항목으로 정리하여 (Table 17)과 같이 이동식 포화잠수체계의 표준구성안을 제안하였다.

그 결과 대분류는 이론적 고찰에서 정리했던 포화잠수의 분류기준과 동일하게 잠수종, 잠수종 작동 및 잠수 조종실, 감압실 단지, 감압실 조종실, 생명 유지 장치의 5가지 항목으로 대분류 항목별로 4~7가지 구성요소인 소분류는 총 35가지 항목으로 정리해 볼 수 있었다. 단 앞서 3장 2절에서 정리한 이동식 포화잠수체계 요구조건은 각 구성요소가 만족해야 하는 선행요건이 된다. 특히 기준 및 규격에 대한 항목은 각 요소별로 방대한 양의 관련규칙이 따르므로 본 구성안에서 언급하지는 않기로 한다.

Table 17. 이동식 포화잠수체계 표준구성안

순번	대분류	소분류	주요기능 및 특징	비고
1	잠수중 (diving bell)	폐쇄식 잠수중 (PTC: Personal Transfer Capsule)	<ul style="list-style-type: none"> <li>○ 잠수사 압력 유지 하 감압실-임무수심 간 이동</li> <li>○ 자체 압력 조절 가능(필요시 감압절차 수행)</li> <li>○ 잠수사의 수중 플랫폼 기능 수행</li> <li>○ 잠수사 수중호흡기와 생명줄 연결</li> <li>○ 비상용 배터리 및 호흡기체 실린더 탑재</li> </ul>	포화
		개방식 잠수중 (wet diving bell)	<ul style="list-style-type: none"> <li>○ 잠수사 플랫폼-임무수심 간 이동</li> <li>○ 공기층을 제공하여 안전성과 감압효과 향상</li> <li>○ 이동 중 수압 및 외부환경에 일부 노출</li> </ul>	혼합
		스테이지 (diving stage)	<ul style="list-style-type: none"> <li>○ 잠수사 플랫폼-임무수심 간 이동</li> <li>○ 금속 프레임 형태의 경량장비로 진·회수 용이</li> <li>○ 이동 중 수압 및 외부환경에 대부분 노출</li> </ul>	혼합
		수중호흡기 (UBA: Underwater Breathing Apparatus)	<ul style="list-style-type: none"> <li>○ 잠수사 수중 호흡 및 통신, 체온 유지</li> <li>○ 헬멧, 또는 밴드마스크 형태의 호흡기</li> <li>○ 생명줄을 통해 플랫폼과 연결, 카메라 및 통신기를 통해 영상 및 음성신호 전송</li> </ul>	
		개인 잠수장비 (personal diving equipment)	<ul style="list-style-type: none"> <li>○ 건식잠수복 또는 온수공급 가능한 잠수복</li> <li>○ 조명, 핀, 칼 등 개인 잠수장비 일체 포함</li> <li>○ 최소한의 감압상승을 위한 비상용 호흡기체</li> </ul>	
		잠수사 생명줄 (diver umbilical)	<ul style="list-style-type: none"> <li>○ 잠수사 호흡기체 및 온수, 조명용 전기 공급</li> <li>○ 잠수사와 플랫폼 간 통신 및 장력 유지</li> <li>○ 플랫폼에 수심 및 영상정보 제공</li> </ul>	

순번	대분류	소분류	주요기능 및 특징	비고
2	잠수종 작동 및 잠수 통제실 (bell handling & dive control)	진·회수장치 (LARS)	<ul style="list-style-type: none"> <li>○ 잠수종의 진·회수 및 감압실과의 접합</li> <li>○ A-프레임, 갠트리, 크레인 등 여러 방식 존재</li> </ul>	포화
		잠수종 생명줄 (bell umbilical)	<ul style="list-style-type: none"> <li>○ 잠수종-플랫폼간 기체, 전력, 온수, 통신선 등 연결을 통해 필요한 자원을 공급</li> <li>○ 각 기능별 다양한 호스 및 연결선의 종합체</li> </ul>	포화
		호이스트 와이어 (bell lifting wire)	<ul style="list-style-type: none"> <li>○ 잠수종을 플랫폼-임무수심 간 이동</li> <li>○ 잠수종에 걸리는 장력을 흡수, 생명줄 보호</li> </ul>	포화
		가이드 와이어 (guide wire)	<ul style="list-style-type: none"> <li>○ 무게추의 이동 및 장력을 조절</li> <li>○ 잠수종의 이동시 가이드라인 제공</li> </ul>	포화
		각종 윈치들 (winches)	<ul style="list-style-type: none"> <li>○ 잠수종 생명줄, 호이스트, 가이드와이어 등 각각의 이동 및 장력을 조절</li> <li>○ 자동 장력 조절장치를 통한 절단 방지</li> </ul>	포화
		무게추 (anchor weight)	<ul style="list-style-type: none"> <li>○ 가이드와이어의 아랫부분에서 장력을 주어 잠수종이 수직으로 이동할 수 있도록 한다</li> <li>○ 잠수사가 잠수종 외부 진입 전 발판의 역할</li> <li>○ 공구함 적재 또는 수중물체 인양시 활용</li> </ul>	포화
		잠수 통제실 (dive control)	<ul style="list-style-type: none"> <li>○ 잠수종 내부의 환경(호흡기체, 압력 등)조절</li> <li>○ 진·회수장치, 각종 와이어 및 윈치 등 잠수종 운용 관련장비의 전반적인 조종, 통제</li> <li>○ 잠수시 감독관의 기본 위치</li> </ul>	

순번	대분류	소분류	주요기능 및 특징	비고
3	감압실 단지 (DDC: Deck Decompression Chamber complex)	선상 감압격실 (DDC: Deck Decompression Chamber)	<ul style="list-style-type: none"> <li>○ 가·감압절차 수행 및 감압병 치료·예방</li> <li>○ 플랫폼 선상에서 압력 하 잠수사의 생활공간</li> <li>○ 독립적인 압력 조절이 가능한 최소 두 개 이상의 분리격실을 갖추되 상호간 잠수사의 이동이 가능</li> </ul>	
		이동격실 (TC: Transfer Chamber)	<ul style="list-style-type: none"> <li>○ 잠수종과 접합하여 압력 하 잠수사 이송</li> <li>○ 분리된 격실 간 잠수사 이동</li> </ul>	포화
		위생시설 (sanitation unit)	<ul style="list-style-type: none"> <li>○ 잠수사의 세면 및 용변처리 기능</li> <li>○ 청수 공급 및 오염물질을 외부로 배출</li> </ul>	포화
		메디컬락 (medical / service lock)	<ul style="list-style-type: none"> <li>○ DDC 내부로 음식물, 의약품 등 필요물품 공급 및 배출</li> <li>○ 이중구조로 압력평형을 이루어 이송 가능</li> </ul>	포화
		관찰창 및 조명 (view port & light)	<ul style="list-style-type: none"> <li>○ 각 챔버 격실별로 내부 관찰이 가능하도록 내압 설계된 관찰창 설치</li> <li>○ 챔버의 내부조명 외 관찰창을 통해 외부에서 내부를 비추는 조명 또는 내압조명 설치</li> <li>○ 아크릴 플라스틱 재질</li> </ul>	
		이산화탄소 제거기 (CO2 canister)	<ul style="list-style-type: none"> <li>○ 각 챔버 내부 이산화탄소 제거</li> <li>○ 주로 수산화칼슘, 수산화나트륨 등으로 이루어진 소다라임(sodalime)을 사용</li> </ul>	
		내부 호흡기 (BIBS: Built-in Breathing System)	<ul style="list-style-type: none"> <li>○ DDC 내부에 설치된 마스크 형태의 호흡기로 감압절차 수행, 잠수병 치료시 필요기체 제공</li> <li>○ 챔버 내부 오염 등 비상시 호흡기체 제공</li> </ul>	

순번	대분류	소분류	주요기능 및 특징	비고
4	감압실 통제실 (chamber control)	중앙 통제실 (main chamber control)	<ul style="list-style-type: none"> <li>○ 주 통제실로 가·감압시 감독관 기본 위치</li> <li>○ 전 격실 및 잠수중 내부 환경(기체, 압력 등) 조절 및 통제</li> <li>○ 잠수 중 잠수사와 통신, 카메라 모니터를 통한 해저상태 관찰, 임무의 지시 및 감독</li> <li>○ 생명 유지 장치 통제 및 제어</li> </ul>	
		잠수중 조정반 (bell control panel)	<ul style="list-style-type: none"> <li>○ 잠수중 내부 관찰 및 환경 통제</li> <li>○ 모니터, 압력게이지, 통신장치, 내부기체 확인 및 조절장치 등으로 구성</li> </ul>	
		챔버 조정반 (chamber control panel)	<ul style="list-style-type: none"> <li>○ 각 챔버별 내부 관찰 및 환경 통제</li> <li>○ 모니터, 압력게이지, 통신장치, 내부기체 확인 및 조절장치 등으로 구성</li> </ul>	
		전기 조정반 (electrical control panel)	<ul style="list-style-type: none"> <li>○ 전기장치 운용상태 확인 및 통제</li> <li>○ 각 구성요소에 전기 공급 관리 및 제어</li> <li>○ 비상용 배터리 유지 및 관리</li> </ul>	
		기체 조정반 (gas control panel)	<ul style="list-style-type: none"> <li>○ 헬륨, 산소 및 각종 혼합기체 공급량과 농도 등 관리 및 제어</li> <li>○ 기체 분배 및 공급량 조정</li> <li>○ 기체 배관 및 밸브 상태 확인 및 제어</li> <li>○ 헬륨 수거 및 여과장치 통제</li> </ul>	
		통신기 (telephone)	<ul style="list-style-type: none"> <li>○ 각 챔버-감압실 조정반 간 통신장치</li> <li>○ 헬륨으로 인한 주파수 변환으로 통신 시 음성변조효과 제거</li> </ul>	

순번	대분류	소분류	주요기능 및 특징	비고
5	생명 유지 장치 (LSS: Life Support System)	기체장치 (gas system)	<ul style="list-style-type: none"> <li>○ 잠수시 필요한 호흡기체의 생산, 저장, 혼합, 공급, 회수 및 재사용, 정화, 농도조절</li> <li>○ 헬륨, 산소, 공기, 혼합기체 등 실린더 다수를 बैं크(Bank) 형태로 묶어서 고정 보관</li> <li>○ 장기간의 임무수행을 위해서는 기체 저장에 상당히 큰 적재공간과 부력이 필요</li> </ul>	
		전원장치 (electrical system)	<ul style="list-style-type: none"> <li>○ 각종 전기·전자장치에 전원 공급</li> <li>○ 이동식 발전기 및 비상용 배터리로 구성</li> <li>○ 플랫폼의 전원도 사용할 수 있음</li> <li>○ 잠수사 안전을 위한 안정적인 전력공급 필요</li> </ul>	
		온수장치 (hot water system)	<ul style="list-style-type: none"> <li>○ 잠수중 잠수사 체온 유지</li> <li>○ 생명줄을 통해 고압의 온수를 잠수중, DDC 및 잠수복에 공급하여 체온 유지</li> </ul>	
		환경 조절장치 (ECU: Environmental Control Unit)	<ul style="list-style-type: none"> <li>○ 잠수사 호흡기체 정화를 통한 생명 유지</li> <li>○ 산소농도 조절, 이산화탄소 등 독성물질 제거</li> <li>○ 잠수중, DDC 내부의 온도 및 습도 조절을 통한 잠수사 체온 유지 및 감염 예방</li> </ul>	포화
		소화장치 (fire apparatus)	<ul style="list-style-type: none"> <li>○ 화재 발생시 신속한 초기 진화용</li> <li>○ 폐쇄격실 내 인체에 해가 없는 진화제 사용</li> <li>○ 물소화기, 산소농도 조절장치 등</li> </ul>	포화
		이동식 챔버 (transportable chamber)	<ul style="list-style-type: none"> <li>○ 비상시 압력 하 잠수사 이송용</li> <li>○ 주로 1~2인용, 경량 소형으로 제작</li> <li>○ DDC, TC와 접합하거나 내부로 진입 가능</li> </ul>	
<p>* 본 분류에서 혼합기체잠수는 포화잠수의 하위개념으로 간주하며 본 분류상 명시된 구성요소 중 일부가 없어도 운용할 수 있다.</p> <p>* 비고란에 아무것도 없는 경우 포화잠수 및 혼합기체잠수가 모두 가능한 경우이며 ‘혼합’ 이라 기재한 요소는 혼합기체잠수에서만 운용이 가능한 구성요소이고 ‘포화’ 라 기재한 요소는 주로 포화잠수에서만 사용하는 구성요소이다.</p>				

이 구성안은 장비의 경량화와 이동성 향상을 위하여 최소한의 장비만을 갖춘 소형 포화잠수체계(mini saturation system)과는 다른 개념으로 기 도출한 요구조건을 선행요건으로 하며 이를 만족하기 위해 필요한 구성요소를 모두 열거한 것이다. 즉 소분류에 따른 각 구성요소는 단일 장비를 지칭하는 것이 아니라 필요한 기능에 해당하는 요소를 개념화 한 것이기에 한 장비가 여러 기능을 담당하는 등 많은 부분이 중첩될 수 있어 설계 및 제작자에 따라 보다 간소한 장비 구성으로도 포화잠수를 실시하거나 이들 중 필요한 구성요소에 해당하는 최소 장비만을 모아 혼합기체잠수를 실시할 수도 있는 것이다.

본 표준구성안에 따라 각 장비 간 호환성이 확보될 수 있다면 잠수체계의 상호 보완 및 개선이 가능하여 표준규격 확립을 통해 민·관·군 합동작전 및 상호 교류, 방산장비 납품 및 개발의 기준 제시 등 국내 관련 산업 발전의 초석으로써 국가 경쟁력 증진에 도움이 될 것이다.

단 잠수 자체의 수행 외 수중에서의 임무 수행을 위한 유압공구나 이를 위한 유압생성기, 비상시 플랫폼으로부터의 탈출을 위한 고압구조챔버(HRC: Hyperbaric Rescue Chamber)나 고압구조정(HRB: Hyperbaric Rescue Boat) 등 부가적인 요소는 제외하였다.

## 제 4 장 가설의 수립과 검정

### 4.1 가설의 수립

3장에서는 해군 해난구조작전이란 무엇이고 어떤 특징을 가지며 잠수체계와 관련하여 어떤 요구조건이 있는지에 대해 고찰하여 선행요건으로 삼은 뒤 이동식 포화잠수체계의 표준구성안을 제안해보았다. 이를 바탕으로 본 절에서는 연구의 목적을 고려하여 이동식 포화잠수체계를 도입할 시 해군의 해난구조작전을 위한 잠수능력 보완 및 개선이 이루어질 수 있는지 확인하기 위해 가설을 수립하고 이를 앞서 설명한 적·가·용 판단기법에 따라 검정해 보았다. 단 본 연구에서 가설의 검정에 사용한 판단기법은 통계적 가설 검정방법이 아닌 의사결정의 도구로서 실제 실험값 산출로 유의수준을 정량화 할 수 없기에 상식적인 수준에서 논거를 제시하여 판단의 근거를 삼았음을 밝힌다.

물론 새로운 포화잠수체계를 도입하게 되면 구조작전시 잠수개소가 늘어나고 임무영역이 확대되는 등 잠수능력에 관하여 많은 이점이 생김은 자명하다. 그러나 특정한 장비의 도입으로 인한 단순한 이점 외에 기존 체계와의 호환 및 개선 가능성을 확인하기 위해서는 보다 심도 있는 연구가 필요하다. 따라서 본 연구에서 검정이 필요한 가설은 앞서 제시한 요구조건을 만족할 경우 표준구성안을 바탕으로 이동식 포화잠수체계를 도입한다면 기존 잠수체계에 어떤 이점을 줄 수 있는지에 대한 확인이 가능하도록 수립하였다.

#### 4.1.1 가설 1. 기존 포화잠수체계 보완 가능성

첫 번째 가설은 “요구조건을 만족하는 표준구성안에 따라 구성한 이동식 포화잠수체계를 도입할 경우 기존 포화잠수체계의 보완이 가능하다.” 는 것이다.

이 가설은 호환성과 관련한 문제이다. 가설을 만족하려면 제시한 체계가 기존의 체계와 호환이 되어야 하며 이는 ASR, DDS와 같은 기존 체계의 규격, 성

능, 설치와 관련한 모든 항목을 만족해야 함을 의미한다. 이러한 호환성이 충족될 경우 이동식 포화잠수체계 도입시 기존 체계를 보완할 수 있어 상위목표인 잠수능력 개선을 달성하여 적합성을 충족할 수 있다. 물론 이를 위해서는 앞서 언급한 모든 항목에 대한 호환의 가능성이 검증되어야 하며 그 수행이 경제적이고 효율적인지에 대한 용납성이 인정되어야 할 것이다.

#### 4.1.2 가설 2. 기존 혼합기체잠수체계 개선 가능성

두 번째 가설은 “요구조건을 만족하는 표준구성안에 따라 구성한 이동식 포화잠수체계를 도입할 경우 기존 혼합기체잠수체계를 포화잠수체계로 개선이 가능하다.” 는 것이다.

이는 포화잠수도 혼합기체잠수의 한 형태임을 고려시 기존 운용중인 구조함의 잠수체계인 혼합기체 잠수체계에 포화잠수를 위해 필요한 장비만 추가한다면 이론적으로는 포화잠수체계로 개선이 가능할 수 있다는 점에서 착안하였다. 즉 두 체계 간의 호환성 뿐 아니라 수준이 다른 두 체계의 부분적인 결합을 통해 보다 상위개념의 포화잠수가 가능한가를 검증하기 위함인데 이동식 포화잠수체계 전체를 기존 플랫폼에 탑재하는 것 외에도 기존 탑재된 혼합기체잠수체계를 활용하여 포화잠수로 개선할 때 필요한 부분을 도출하고 호환성 여부에 따라 최소한의 추가적인 장비를 탑재함으로써 포화잠수를 가능하도록 개선할 수 있다는 가설이다. 물론 가설 2 역시 적합성과 가능성, 용납성이 인정되어야 한다.

## 4.2 적·가·용 판단기법에 따른 가설의 검증

본 절에서는 앞서 제안한 표준구성안에 기존의 포화잠수체계와 혼합기체잠수체계를 대입해 분석하였으며 그 결과를 토대로 적·가·용 판단기법에 따라 4.1절에서 제시한 두 가지 가설을 검증해보았다.

### 4.2.1 기존 포화잠수체계 분석 및 호환성 판단

기존 포화잠수체계로는 해군에서 운용중인 ASR와 DDS의 잠수체계를 대상으로 분석하였다. 표준구성안 대비 기존 포화잠수체계를 분석하여 (Table 18)에 정리해보았다.

Table 18. 표준구성안 대비 기존 포화잠수체계 분석

순번	대분류	소분류	ASR 잠수체계	DDS 잠수체계	비고
1	잠수종	폐쇄식 잠수종	○ 3인용 1set ○ 허용수심 300m ○ 중량 약 9ton	○ 3인용 1set ○ 훈련용	포화
		개방식 잠수종	○ 없음	○ 훈련용 1set	혼합
		스테이지	○ 91m 이하 천해 잠수용	○ 없음	혼합
		수중호흡기	○ 3set	○ 3set	
		개인 잠수장비	○ 3set / 개인 착용	○ 3set / 개인 착용	
		잠수사 생명줄	○ 35m 3set	○ 35m 3set	
2	잠수종 작동 및 잠수 통제실	진·회수장치	○ 문폴(moonpool) 이용 ○ 트롤리 및 윈치 설치 ○ 현측 데비트(스테이지)	○ 훈련용 수조 이용 ○ 천정크레인 설치	포화
		잠수종 생명줄	○ 총 360m 1set ○ 직경 100mm <sup>45</sup> ○ 파단력 600kg	○ 총 25m 1set	포화
		호이스트 와이어	○ 총 400m 1set ○ 직경 36mm ○ 파단력 101ton	○ 천정크레인 이용 ○ 최대 인양중량 50ton	포화
		가이드 와이어	○ 총 400m 1set ○ 직경 22mm ○ 파단력 36.3ton	○ 없음	포화
		각종 윈치들	○ 각 라인 별 1set ○ 속도 약 30m/min	○ 천정크레인 이용	포화
		무게추	○ 중량 약 4.4ton 1set	○ 없음	포화
		잠수 통제실	○ 문폴 인근 설치	○ 훈련용 수조 상부 설치	

순번	대분류	소분류	ASR 잠수체계	DDS 잠수체계	비고
3	감압실 단지	선상 감압 격실	<input type="checkbox"/> 1, 2, 3격실 챔버 각 1set <input type="checkbox"/> - 거주격실(LC) 2개소 <input type="checkbox"/> - 이동격실(TC) 2개소 <input type="checkbox"/> - 출입격실(EL) 2개소 <input type="checkbox"/> 허용수심 300m <input type="checkbox"/> 수용인원 9명	<input type="checkbox"/> 거주용 챔버 2set <input type="checkbox"/> - 거주격실(LC) 2개소 <input type="checkbox"/> - 출입격실(EL) 2개소 <input type="checkbox"/> 치료용 챔버 1set <input type="checkbox"/> 허용수심 300m <input type="checkbox"/> 수용인원 12명	
		이동격실	<input type="checkbox"/> 3격실 챔버에 부속 <input type="checkbox"/> PTC 및 각 격실 연결	<input type="checkbox"/> 이동격실 1set <input type="checkbox"/> - 전 격실 중앙 연결	포화
		위생시설	<input type="checkbox"/> 출입격실 내 설치 <input type="checkbox"/> 세면기, 화장실 등	<input type="checkbox"/> 출입격실 내 설치 <input type="checkbox"/> 세면기, 화장실 등	포화
		메디컬락	<input type="checkbox"/> 감압격실 내 설치 <input type="checkbox"/> 총 2개소	<input type="checkbox"/> 감압격실 내 설치 <input type="checkbox"/> 총 2개소	포화
		관찰창 및 조명	<input type="checkbox"/> 각 챔버 및 잠수중에 설치 <input type="checkbox"/> 아크릴 플라스틱 재질	<input type="checkbox"/> 각 챔버 및 잠수중에 설치 <input type="checkbox"/> 아크릴 플라스틱 재질	
		이산화탄소 제거기	<input type="checkbox"/> 각 격실 및 ECU 내 설치	<input type="checkbox"/> 각 격실 및 ECU 내 설치	
		내부 호흡기	<input type="checkbox"/> 각 격실 내 설치	<input type="checkbox"/> 각 격실 내 설치	
4	감압실 통제실	중앙 통제실	<input type="checkbox"/> DDC 인근 설치	<input type="checkbox"/> DDC 인근 설치	
		잠수중 조정반	<input type="checkbox"/> 중앙통제실 내 설치	<input type="checkbox"/> 중앙통제실 내 설치	
		챔버 조정반	<input type="checkbox"/> 중앙통제실 내 설치	<input type="checkbox"/> 중앙통제실 내 설치	
		전기 조정반	<input type="checkbox"/> 중앙통제실 내 설치	<input type="checkbox"/> 중앙통제실 내 설치	
		기체 조정반	<input type="checkbox"/> 중앙통제실 내 설치 <input type="checkbox"/> 기체장치 내 설치	<input type="checkbox"/> 중앙통제실 내 설치 <input type="checkbox"/> 기체장치 내 설치	
		통신기	<input type="checkbox"/> 헬륨정화통신기 1set	<input type="checkbox"/> 헬륨정화통신기 1set	

순번	대분류	소분류	ASR 잠수체계	DDS 잠수체계	비고
5	생명유지장치	기체장치	<input type="checkbox"/> 총 100개 저장탱크 <input type="checkbox"/> 기체이송 및 회수용 압축기 및 펌프 등 <input type="checkbox"/> 기체 혼합기 및 불륨탱크	<input type="checkbox"/> 총 103개 대형 저장탱크 <input type="checkbox"/> 기체이송 및 회수용 압축기 및 펌프 등 <input type="checkbox"/> 기체 혼합기 및 불륨탱크	
		전원장치	<input type="checkbox"/> 함정 탑재 발전기 이용 <input type="checkbox"/> 주 전원 440V 변압 운용 <input type="checkbox"/> 24V 비상용 배터리 <input type="checkbox"/> 각종 전원 패널	<input type="checkbox"/> 육상전원 이용 <input type="checkbox"/> 주 전원 380/220V 변압 운용 <input type="checkbox"/> 380/220V 비상발전기 <input type="checkbox"/> 각종 전원 패널	
		온수장치	<input type="checkbox"/> 온수 가열기 <input type="checkbox"/> 승압펌프	<input type="checkbox"/> 온수 가열기 <input type="checkbox"/> 승압펌프	
		환경조절장치	<input type="checkbox"/> 기체 농도 확인 및 조절장치 <input type="checkbox"/> 기체 정화기 및 온·습도 조절기	<input type="checkbox"/> 기체 농도 확인 및 조절장치 <input type="checkbox"/> 기체 정화기 및 온·습도 조절기	포화
		소화장치	<input type="checkbox"/> DDC 내부 물소화기 <input type="checkbox"/> DDC 산소농도 조절	<input type="checkbox"/> 없음 <input type="checkbox"/> DDC 산소농도 조절	포화
		이동식 챔버	<input type="checkbox"/> 2인용 1set <input type="checkbox"/> 허용수심 55m - 외부환자 치료용 <input type="checkbox"/> 중량 350kg	<input type="checkbox"/> 없음	
<p>* DDS는 육상에 설치된 심해잠수(포화잠수 포함) 훈련용 모의 잠수시설로 모든 잠수 절차를 사실적으로 모사할 수 있으나 해상이 아닌 관계로 LARS의 운용은 제한적이다.</p>					

먼저 적합성 측면을 검토하자면 기존 체계에 문제가 발생하였을 시 이동식 포화잠수체계를 도입하여 체계 전체를 탑재하거나 구성요소별로 부분적 대체를 통한 보완이 가능하다면 기존 체계를 사용한 구조전력의 공백을 채울 수 있다. 특히 ASR과 DDS 모두 많은 장비를 수입에 의존하는 만큼 자체 수리가 불가능한 고장이 발생할 경우 외국 제조업체를 통해 수리를 하기 위해 많은 시간이

소요된다. 또한 각 운용 특성상 일부 장비에만 문제가 발생하여도 체계 전체의 운용이 불가능한 만큼 대체 장비에 의한 보완이 가능할 경우 상위목표인 해난구조작전 잠수능력 개선이 달성되기 때문에 적합성이 충분함을 알 수 있다.

다음으로 가능성에 대해 검토해 보자면 ASR의 경우 표준구성안의 구성요소를 모두 보유하고 있으며 DDS의 경우 육상장비인 만큼 일부 차이가 있지만 상호 호환이 아닌 기존 체계의 구성요소에 문제가 있을 시 이를 대체하는 수단으로써는 이동식 포화잠수체계의 장비 사용이 가능하다고 판단된다. 우선 규격에 있어 각 기존의 체계가 어떤 기준과 규격을 만족하는지 모른다 하더라도 표준구성안이 국내·외 기준을 만족한다는 선행요건을 충족해야 하므로 기존 체계를 대신하는 호환성은 만족할 수 있다. 단 성능에 대해서는 ASR과 DDS의 체계가 수심 300m에서 각각 9명, 12명이 포화잠수가 가능하도록 설정되어 있으나 표준구성안의 경우 200m에서 6명이므로 잠수능력은 여기에 맞추어 제한을 받게 된다. 또한 설치에 있어서는 DDS는 육상에 설치된 만큼 공간적 제약이 비교적 작지만 ASR의 경우 전체 장비를 탑재할 경우 여유적재량과 복원력에 있어 문제가 발생하므로 대체가 필요한 장비만 부분적으로 탑재해야 한다는 제한이 따른다. 또한 기존의 체계가 선체 내부에 고정식으로 탑재된 만큼 대체장비의 접근 및 탑재를 위한 공간적 시간적 제약이 크다. 따라서 가능성 측면에서는 일부 제한적인 달성이 이루어진다고 하겠다.

마지막으로 용납성에 대해 검토하자면 인명을 대상으로 하는 체계인 만큼 경제성 측면에서 명확한 기준을 설정하기란 어렵지만 표준구성안과 유사한 수준의 상용 이동식 포화잠수체계는 한화로 약 100억원에서 200억원정도의 가격대가 형성되어 있다. 고가의 체계임은 분명하나 적어도 현재 운용중인 구조함에 비교한다면 상대적으로 저렴하다고 할 수 있으며 필요에 따라 구성요소별로 구입한다면 보다 경제적인 체계 보완이 가능할 것이라 판단된다. 따라서 용납성은 주어진 예산의 범위에 따라 판단할 수 있다고 생각된다.

#### 4.2.2 기존 혼합기체잠수체계 분석 및 개선 가능성 판단

표준구성안 대비 혼합기체잠수체계를 분석하여 (Table 19)에 정리하였다.

Table 19. 표준구성안 대비 혼합기체잠수체계 분석

순번	대분류	소분류	ATS	ATS-II
1	잠수종	폐쇄식 잠수종	<input type="radio"/> 없음	<input type="radio"/> 없음
		개방식 잠수종	<input type="radio"/> 없음	<input type="radio"/> 2인용 1set 운용 <input type="radio"/> 1.5ton
		스테이지	<input type="radio"/> 2~3인용 1set 운용 <input type="radio"/> 약 460kg	<input type="radio"/> 2~3인용 1set 운용 <input type="radio"/> 약 460kg
		수중호흡기	<input type="radio"/> 3set	<input type="radio"/> 3set
		개인 잠수장비	<input type="radio"/> 3set / 개인 착용	<input type="radio"/> 3set / 개인 착용
		잠수사 생명줄	<input type="radio"/> 180m 4set <input type="radio"/> 플랫폼에서 연결	<input type="radio"/> 40m 6set, 180m 9set <input type="radio"/> 잠수종 및 플랫폼에서 연결
2	잠수종 작동 및 잠수 통제실	진·회수장치	<input type="radio"/> 현측 데비트 <input type="radio"/> 압축공기 사용	<input type="radio"/> 문폴(Moonpool) 이용 <input type="radio"/> 트롤리 및 윈치 <input type="radio"/> 현측 데비트(스테이지)
		잠수종 생명줄	<input type="radio"/> 없음	<input type="radio"/> 총 150m 1set <input type="radio"/> 잠수종 현측 연결
		호이스트 와이어	<input type="radio"/> 총 150m 1set <input type="radio"/> 안전하중 1ton	<input type="radio"/> 총 179m 1set <input type="radio"/> 안전하중 2.8ton
		가이드 와이어	<input type="radio"/> 없음 <input type="radio"/> 필요시 하잠줄 사용	<input type="radio"/> 총 332m 1set <input type="radio"/> 직경 14mm <input type="radio"/> 안전하중 2.8ton
		각종 윈치들	<input type="radio"/> 데비트 윈치 사용 <input type="radio"/> 운용중량 약 650kg	<input type="radio"/> 각 라인 별 1set <input type="radio"/> 속도 약 24~75m/min
		무계추	<input type="radio"/> 없음	<input type="radio"/> 중량 약 0.4ton 1set
		잠수 통제실	<input type="radio"/> 플랫폼 갑판 현장	<input type="radio"/> 문폴 인근 설치

순번	대분류	소분류	ATS	ATS-II
3	감압실 단지	선상 감압 격실	○ 2격실 챔버 1set - 거주격실(LC) 1개소 - 출입격실(EL) 1개소 ○ 허용수심 65m ○ 수용인원 4명	○ 3격실 챔버 1set - 거주격실(LC) 2개소 - 출입격실(EL) 1개소 ○ 허용수심 80m ○ 수용인원 8명
		이동격실	○ 없음	○ 없음
		위생시설	○ 없음	○ 없음
		메디컬락	○ 없음	○ 감압격실 내 설치 ○ 총 2개소
		관찰창 및 조명	○ 각 격실에 설치	○ 각 챔버 및 잠수중에 설치
		이산화탄소 제거기	○ 각 격실 내 설치	○ 각 격실 및 ECU 내 설치
		내부 호흡기	○ 각 격실 내 설치	○ 각 격실 내 설치
4	감압실 통제실	중앙 통제실	○ 플랫폼 갑판 현장	○ DDC 인근 설치
		잠수중 조정반	○ 데비트 조종 장치	○ 중앙통제실 내 설치
		챔버 조정반	○ 챔버 측면 설치	○ 중앙통제실 내 설치
		전기 조정반	○ 플랫폼 전원 장치	○ 중앙통제실 내 설치
		기체 조정반	○ 플랫폼 갑판 상	○ 중앙통제실 내 설치 ○ 기체장치 내 설치
		통신기	○ 이동식 통신기 2set	○ 음력 전화기

순번	대분류	소분류	ATS	ATS-II
5	생명유지장치	기체장치	<input type="checkbox"/> 총 83개 저장탱크 <input type="checkbox"/> 기체이송 및 회수용 압축기 및 펌프 등 <input type="checkbox"/> 기체 혼합기 및 불륨탱크	<input type="checkbox"/> 총 99개 저장탱크 <input type="checkbox"/> 기체이송 및 회수용 압축기 및 펌프 등 <input type="checkbox"/> 기체 혼합기 및 불륨탱크
		전원장치	<input type="checkbox"/> 함정 탑재 발전기 이용 <input type="checkbox"/> 주 전원 440V 변압 운용 <input type="checkbox"/> 비상용 발전기 2대	<input type="checkbox"/> 함정 탑재 발전기 이용 <input type="checkbox"/> 주 전원 440V 변압 운용 <input type="checkbox"/> 비상용 발전기 2대 <input type="checkbox"/> 각종 전원 패널
		온수장치	<input type="checkbox"/> 온수 가열기 보유 <input type="checkbox"/> 승압펌프 보유	<input type="checkbox"/> 온수 가열기 보유 <input type="checkbox"/> 승압펌프 보유
		환경조절장치	<input type="checkbox"/> 환경조절장치 1set <input type="checkbox"/> 온·습도 조절기	<input type="checkbox"/> 환경조절장치 1set <input type="checkbox"/> 온·습도 조절기
		소화장치	<input type="checkbox"/> DDC 내부 물소화기 <input type="checkbox"/> DDC 산소농도 조절	<input type="checkbox"/> DDC 내부 물소화기 <input type="checkbox"/> DDC 산소농도 조절
		이동식 챔버	<input type="checkbox"/> 없음	<input type="checkbox"/> 1인용 1set 보유 <input type="checkbox"/> 허용수심 70m <input type="checkbox"/> 중량 250kg
<p>* 혼합기체잠수체계는 포화잠수체계와 비교하여 사전 포화절차가 필요하지 않으며 상대적으로 낮은 수심에서 단시간 잠수를 실시하므로 구성요소가 적고 기준도 낮다.</p>				

기존 혼합기체잠수체계로는 ATS와 ATS-II의 잠수체계를 대상으로 분석하였다. YDT나 MDS의 경우 선행요건이 되는 요구조건을 충족하지 못하여 호환성을 검토하기에는 실효성이 부족하므로 개별적으로 사용하는 것이 좋을 것이다.

먼저 적합성 측면에서 검토해보도록 하자. 기존의 혼합기체잠수체계를 탑재한 구조함에서도 포화잠수가 가능하다면 해난구조능력은 더욱 증가할 것이다. 또한 구조함은 수중탐색이나 인양작전 등 잠수임무 수행이 필요한 작전 외에도 예인, 이초, 화재진압 등의 구조임무와 구조인력 양성을 위한 교육·훈련 등 기

타 소요도 많다. 게다가 전시에는 대함·대잠전 등 각종 전투에 따른 구조소요가 급증할 것으로 예상되며 구조 과정에서 적의 공격을 받아 구조함의 구조능력을 상실할 수도 있다. 따라서 바지선과 같이 넓은 적재공간과 대비하여 소형의 플랫폼은 해수의 유동과 바람에 대한 저항이 적어 비교적 함위 유지가 용이하고 그 수가 많아 확보하기 쉽다는 장점을 가지므로 그 위에 이동식 포화잠수체계를 적재하여 운용할 수 있다면 구조전력 운용의 유연성을 확보할 수 있을 것이다. 따라서 적합성은 충분하다고 판단된다.

다음으로 가능성 및 용납성을 판단해 보면 ATS의 경우 표준구성안 대비 대부분의 요소가 부족하며 보유한 구성요소라도 성능기준이 낮다. 예를 들어 DDC의 경우 보유는 하고 있으나 허용수심과 수용인원 기준이 낮고 위생시설이나 메디컬락은 갖춰져 있지 않다. 따라서 대부분의 구성요소를 추가 탑재해야 하는데 탑재를 위한 공간이 부족하여 개조 및 개장이 요구된다. 하지만 오랜 선령으로 선체의 노후도가 심하고 퇴역이 얼마 남지 않음을 고려할 때 경제성이 낮아 용납성 측면에서 문제가 된다.

그러나 2012년 진수하여 현재 시험평가 중인 ATS-II의 경우 잠수체계는 ATS와 동일한 혼합기체잠수체계이나 DPS가 설치되어 있고 PTC는 아니지만 개방식 잠수종을 운용하는 등 포화잠수에도 활용 가능한 장비를 일부 탑재하고 있다. 따라서 추가적인 구성요소를 탑재한다면 포화잠수가 가능하도록 개선할 수 있는 가능성이 충분하나 잠수능력에 있어서는 활용할 수 있는 장비의 최소수준을 기준으로 수심과 잠수인원이 결정되므로 포화잠수를 할 수 있다 해도 체류시간만 늘어날 수 있음을 고려해야 한다. 물론 표준구성안과 유사한 수준의 상용 이동식 포화잠수체계의 전 구성요소를 모두 사용한다면 잠수능력도 200m 수심에 6명의 잠수가 가능하며 ATS-II의 경우 탑재하기 위한 공간도 ATS와 비교할 때 보다 용이한 조건을 가지고 있다. 하지만 상부갑판(비행갑판) 적재시 부력 및 복원력을 유지하기 위해서는 무게중심을 고려하여 장비의 적재방향과 위치를 조절하여 튼튼히 고정해야 하며 기 적재된 장비를 일부 하역해야 하는데 이는 실행과 검정에 있어서 많은 시간과 노력이 필요하므로 신속한 전력투입에 제한을 준다. 또한 DPS가 설치된 선박에서 문풀 외 공간에서 LARS를 운용하려면 갑판상 현측까지 비행갑판을 늘려야 하는 등 선체구조의 변경이 요구된다.5)

따라서 ATS-II의 경우 가능성은 달성할 수 있으나 이를 위해 필요한 조건을 달성하기 위해 들어가는 기술적, 비용적 노력을 고려하여 경제성과 합리성에 따른 용납성을 만족하는가에 대한 부분은 상당히 제한적이라고 판단할 수 있다.

#### 4.2.3 분석에 따른 가설의 검정 결과

먼저 “요구조건을 만족하는 표준구성안에 따라 구성한 이동식 포화잠수체계를 도입할 경우 기존 포화잠수체계의 보완이 가능하다.”는 첫 번째 가설에 대해서는 적합성과 가능성은 충분하며 용납성에 대해서도 비교적 긍정적이라고 결론지을 수 있다.

다음으로 “표준구성안에 따라 구성한 이동식 포화잠수체계를 도입할 경우 기존 혼합기체잠수체계를 포화잠수체계로 개선이 가능하다.”는 두 번째 가설은 적합성은 충분하나 가능성 면에서 ATS-II에 대해서만 제한적으로 달성할 수 있으며 이 경우 용납성 측면에서 예산범위와 기술적 측면에서 보다 면밀한 검토에 의해 타당성이 확보되어야 한다고 판단된다.

이처럼 이동식 포화잠수체계를 통한 기존 잠수체계의 보완 및 개선 가능성에 대하여 정리하자면 일정한 요구조건을 만족하며 표준구성안에 따른 이동식 포화잠수체계를 구성 및 도입할 경우 기존의 포화잠수체계는 비교적 쉽게 호환할 수 있어 예비장비 공급 및 병행사용 등 다양한 활용을 통한 보완이 기대되나 혼합기체잠수체계와의 호환은 상당히 제한적이므로 포화잠수체계로의 개선이 가능하려면 보다 많은 노력과 비용이 필요하여 경제성이 떨어진다고 할 수 있다. 이는 두 체계상 구성요소의 유무 뿐 아니라 요구하는 기준과 규격, 성능을 만족해야 하는데 기존 혼합기체잠수체계가 새로 도입하는 체계의 수준을 따라가지 못하면 결국 하향 평준화되어 선행 요구조건을 만족할 수 없으며 일부 개선이 된다 하더라도 비용대비 성과가 미미하기 때문이다.

---

5) ATS-II 비행갑판상 미 해군의 FADS-III를 적재함을 기준으로 조선소에서 제작사 요구조건 검토 결과 갑판 면적의 확장을 위한 추가 공사가 필요 판단.

## 제 5 장 제안 및 향후과제

앞서 4장에서는 이동식 포화잠수체계의 도입 및 활용을 통한 기존 잠수체계의 보완 및 개선 가능성을 확인하기 위해 두 가지 가설을 수립하여 검정한 결과 제한적으로 기존의 포화잠수체계를 보완할 수 있으나 혼합기체잠수체계와의 제한적인 호환 및 개선이 가능하려면 추가적인 노력과 비용이 필요하다는 결론을 도출할 수 있었다. 하지만 이는 이동식 포화잠수체계의 독립적인 운용 이외의 활용성을 확인하기 위함이었다. 따라서 마지막으로 그 동안의 연구결과를 바탕으로 최적의 이동식 포화잠수체계 도입 및 운용방안과 전·평시 활용방안에 대해 제안하고 향후과제에 대해 정리해 보고자 한다.

### 5.1 이동식 포화잠수체계 도입 및 운용방안 제안

#### 5.1.1 이동식 포화잠수체계 도입방안

물론 여기서 도입하는 이동식 포화잠수체계는 선행요건으로 앞서 제시한 요구조건을 만족해야 하며 표준구성안에 따른 모든 요소가 포함되어야 한다. 이는 포화잠수체계 외에 혼합기체잠수체계를 도입한다 하여도 지켜져야 하는 부분인데 이는 향후 각 잠수체계 간 호환성을 확립하여 보완 및 개선을 가능케 하기 위함이다. 또한 민·관·군 표준규격 제시를 통해 잠수산업분야의 통합 발전을 촉진하고 국가적인 대심도 잠수자산 확보에 기여하여 유사시 합동 구조 작전 뿐 아니라 과학적 연구 및 심해저 자원 확보를 위한 기반 마련 등 국가경쟁력 증진에 도움을 줄 수 있을 것이다.

이처럼 선행요건의 충족을 전제로 도입방안에 대해 생각해 보자면 먼저 도입의 방향을 생각해야 한다. 이는 상용제품을 사들일 것인지 아니면 국내 개발을 통해 생산할 것인지에 대한 부분인데 기존 상용화된 외국 제조업체의 제품을 그대로 수입할 경우 오히려 단시간에 검정된 제품을 도입할 수 있다는 장점을

가진다. 상용 제품이지만 구성요소에 따라 사용자 맞춤형으로 제작되는 만큼 원하는 성능과 형태를 갖추기 용이하며 가격 면에서도 새로운 제품을 생산하는 것에 비해 연구개발비가 줄어들게 되므로 경쟁력이 높다고 하겠다. 하지만 국내기술 발전에는 도움을 주지 못하며 고장시 외주수리절차에 의해 장기간이 소요되며 그 동안 임무공백이 발생할 수 있다는 단점을 가진다. 반면 국내 개발을 통해 생산하는 방법은 국내 원천기술 개발에 따라 국가경쟁력 향상에 도움을 줄 수 있으며 유사시 즉각적인 수리로 운용 안정성을 확보할 수 있다. 단 국내기술에 의한 장비개발의 경우 병원에서 사용하는 의료용 챔버나 해군 DDS 도입 중 제조사 문제에 따라 일부 장비를 국산 제작하는 등 일부 실적이 있으나 전반적인 포화잠수체계 제작에 관한 부분에 대해서는 경험이 부족하여 검정을 위해서는 보다 많은 비용과 시간, 노력이 필요하다는 단점을 가지고 있다. 따라서 단시간에 원하는 수준을 갖추기 위해서는 상용제품의 해외 수입이 미래의 기술력 확보를 바라본다면 국내 개발이 더 좋은 선택이 될 것이다.

다음으로 도입의 과정에 대한 부분인데 이는 이동식 포화잠수체계의 모든 구성요소를 한 번에 도입할 것인지 아니면 플랫폼 별 추가로 필요한 구성요소의 우선순위를 세워 순차적으로 도입할 것인지에 대한 문제이다. 전 구성요소를 한 번에 도입하는 방안은 단독으로도 임무수행이 가능하다는 장점이 있지만 비용이 많이 들고 순차적 도입 방안은 초기 많은 비용이 들지는 않으나 단독작전이 불가능하다. 이 부분에 있어서는 앞서 가설의 검정과정에서 기존 잠수체계를 보완 및 개선하기 위해서는 추가적인 노력과 비용이 필요하다는 결론이 있었던 만큼 가급적 구성요소를 함께 도입하는 것이 해난구조작전 잠수능력 향상에 더 유리할 것이라 판단된다. 하지만 도입 방향에 있어 국내 개발을 선택할 경우 단기간 안에 모든 구성요소의 개발이 이루어지기는 쉽지 않기 때문에 먼저 개발을 마친 구성요소별로 도입하는 방법도 고려대상이 될 수 있다.

### 5.1.2 플랫폼에 따른 설치 및 운용방안

플랫폼에 따른 설치는 부분적 탑재를 통한 보완 및 개선과 전 구성요소의 탑재를 통한 운용의 두 가지 방안을 모두 고려해야 한다. 우선 기존 구조전력 중 혼합기체잠수체계를 탑재한 YDT와 MDS의 경우 요구조건을 충족하지 못하여 두 방안 모두 실효성이 부족함을 확인하였다. ATS의 경우에도 탑재를 위한 공

간적 제약은 물론 기존 체계와의 접근성을 확보하기 위해서는 구조변경이 필요한데 선령을 고려할 때 이 또한 실효성이 적으며 ATS-II의 경우 가설의 검정 과정에서 도출한 결과에 따라 일부 구조변경을 통한 개선이 가능하나 구조변경 및 안전성 검정의 문제 등 상당한 제한이 따른다. 따라서 혼합기체잠수체계를 운용중인 각 구조전력의 후속사업을 계획할 때에는 처음부터 설치하는 구성요소가 포화잠수체계의 기준으로 선행요건을 만족하도록 만들고 부족한 부분은 이 후 여유가 있을 때 탑재하거나 필요한 부분을 유사시 추가 적재하여 포화잠수가 가능하도록 만들 수 있어야 한다. 특히 ATS-II의 경우 선도함은 이미 전력화 단계에 들어가 구조변경이 어렵지만 아직 제작이 완료되지 않은 후속함 건조시에는 이러한 요소를 설계단계에서부터 반영하되 처음부터 완벽한 포화잠수체계를 갖출 수 있다면 좋겠지만 불가하더라도 예산 범위 안에서 단계적인 성능개선이 가능하도록 추진해야 할 것이다.

다음으로 포화잠수체계를 탑재한 ASR 및 DDS의 경우 부분적 탑재를 통해 상당히 많은 구성요소 간 호환이 가능하여 예비 장비 및 부품의 역할을 할 수 있을 것으로 판단된다. 특히 ASR의 경우 PTC의 병렬 운영을 통해 동시 다수의 잠수를 실시하거나 유사시 잠수사를 수중에서 PTC 간 이동하여 복귀시킬 수 있으며 챔버 간 연결을 통해 비상 탈출을 실시하는 등 다양한 활용이 가능할 것이다. 단 탑재된 고정식 장비를 대체하기 위해서는 기존 장비의 해체 및 신규 장비의 탑재과정이 필요한데 설치공간 및 안정적인 고정이 중요한 요건이 될 것이다. 또한 전 구성요소를 탑재하는 방안은 여러가지 제약이 예상되어 실효성이 부족하다고 판단된다.

마지막으로 일반 바지 및 기타 플랫폼을 활용하여 운용하는 것은 이동식 잠수체계의 독자적인 운용을 가능하게 한다. 단 다점묘박을 실시하는 소형플랫폼의 경우 묘박 가능한 수심이 곧 최대 잠수수심으로 제한되나 저항이 작아 바람이나 해수의 흐름 등 외부압력에 강하고 수심과 관계없이 DPS 운용이 가능한 함소는 현재 ASR 및 ATS-II 뿐이기 때문에 임무구역 환경에 적합한 플랫폼의 확보가 중요하며 이는 해군 구조작전 절차 상 민간 구조자산을 포함한 플랫폼의 결정을 통해 일부 해결할 수 있다(김태현, 2013). 이러한 독자적인 운용은 잠수임무 외에도 다양한 임무를 수행하는 구조함의 부담을 덜어주고 임무 가능

구역 확장 및 가동률의 증가나 적당 담당구역 범위축소 등 잠수능력 개선 외에도 차상위목표인 구조능력 향상을 달성하는데 기여할 수 있다.

### 5.1.3 평시 및 전시 활용방안

구조작전에는 전·평시의 구분이 없다. 하지만 전시 해상 및 수중의 위협요소가 증가하고 전력 운용상 많은 구조소요가 예상됨에 따라 각 상황에 따른 전력운용에 대하여 고찰해 볼 필요가 있다. 이동식 포화잠수체계는 비용을 고려하여 1세트를 도입하는 것으로 가정한다면 평시에는 육상 DDS 체계와 병행하여 부두 또는 바지선 등의 플랫폼에 탑재하여 운용하거나 이동성을 살려 타 함대에 전개하는 등 교육·훈련을 목적으로 활용할 수 있다. 또한 구조함 중 ASR의 수리 및 공백 발생시 예비 장비 및 전력으로써 이를 보완 및 대체하거나 일부 구성요소를 ATS-II에 탑재하여 포화잠수능력을 보유하도록 운용하는 것이 좋을 것이다.

전시에는 전 해상에 최대한 많은 구조전력이 필요하며 우선순위에 있어 수중 인양 등 잠수작전의 소요는 주요 군항의 개항(開港) 유지나 잠수함 구조가 보다 시급한 문제가 될 것으로 예상된다. 또한 교전으로 인한 해상 인명구조, 함정의 화재소화 및 방수작전, 기동력을 상실한 함정의 예인이나 좌초한 선박의 이초 등 잠수 외 임무를 수행하기 위한 구조함의 소요가 증가할 것이다. 따라서 구조함은 현재의 잠수체계를 그대로 유지하여 각 임무해역에 전개하되 이동식 포화잠수체계는 전시 민간으로부터 동원한 바지선 등 별도의 플랫폼에 탑재하여 잠수를 통한 구조작전 가능개소를 늘리는 데 주력해야 할 것이다. 이러한 조치는 구조함의 피격이나 손상에 따른 예비 구조전력으로써의 역할도 겸할 수 있게 한다.

## 5.2 향후과제

먼저 잠수와 관련한 국가 전담기관의 설치 및 관련법규의 제정이 시급하다. 앞서 언급했지만 국내 잠수 관련법은 여러 요소 중 일부만을 제한적인 범위 내에서 그것도 각기 다른 부서와 법령에 따라 규제받고 있다. 또 많은 이들이 장비 차원의 잠수체계만 들여오면 잠수능력이 확보된다고 여기는데 잠수능력이란

장비 이외에도 이를 운용할 수 있는 기술과 능력이 필요하며 후속군수지원을 통한 지속능력의 확보 역시 중요한 문제이다. 따라서 국가적 차원에서 잠수와 관련한 전담기관을 설치하고 장비의 설계 및 제작에서부터 그 운용을 위해 표준규격과 안전기준, 자격요건 등 관련법규를 제정하고 정비하는 등의 노력이 시급하다.

다음으로 국가적 차원의 잠수기술 발전을 위한 해군의 지원이 필요하다. 포화 잠수체계는 고가인데다 기술수준 및 자격인원의 부족 등 제한요소로 인하여 도입이 쉽지 않다(김태현 등, 2012). 특히 안정적인 수요가 확보되지 않은 민간 산업잠수 및 구난업계에서 이를 운용하기란 매우 어려운 일이다. 따라서 해군에서는 고유임무수행에 지장을 주지 않는 범위 내에서 민간분야의 관련 산업 활성화를 위해 민간인을 대상으로 양성교육을 주관하고 국가기술자격을 신설하여 추후 민간에서 자생력을 확보할 때 까지 공적기관 차원에서 지원한다면 국가경제의 발전 뿐 아니라 추후 전역 군인들의 일자리 창출에도 기여할 수 있을 것으로 기대된다. 또한 비슷한 맥락에서 해군장비를 학문적 연구를 위한 기반으로 활용한다면 국내 잠수기술 발전에도 기여할 수 있으며 나아가 잠수체계의 국산화를 통해 결국 해군 전력운용의 안정성을 확보에도 도움을 줄 수 있을 것이다. 이와 관련하여 본 연구를 지속 발전시켜 구체적인 국내 표준규격을 제시할 수 있다면 민·관·군 잠수체계 간 호환성을 확립하여 국내 잠수산업분야의 통합적 발전을 촉진하고 나아가 국제표준제정을 선도하여 국가경쟁력 확보에도 기여할 수 있을 것이다.

해군 포화잠수체계와 관련해서는 다양한 호흡기체의 운용능력 확보가 필요하다. 현재 해군의 포화잠수체계를 포함한 혼합기체잠수체계에는 주요 호흡기체로 헬륨과 산소를 희석한 헬리옥스(heliox)를 사용하는데 헬륨은 앞서 언급했듯이 비용 및 체온소실, 음성변조 및 고압신경증후군(HPNS)과 같이 신체에 미치는 영향으로 인해 제한수심을 약 300m 이내로 하는 등 제한요소가 따르는데다가 잔존 자원량이 한정되어 향후 고갈에 따른 문제점도 제기되고 있다. 따라서 앞으로의 잠수체계에서는 헬리옥스(heliox) 뿐 아니라 나이트록스(nitrox), 트라이믹스(trimix), 하이드록스(hydrox), 하이드렐리옥스(hydreliox) 등 다양한 혼합기체도 동시에 운용 가능하도록 현 잠수체계를 검토 및 개선이 필요하며 각 혼합기

체를 사용하여 안전한 포화잠수가 가능하도록 장비만이 아닌 운용절차의 정립 및 교육훈련 등 기술 및 인적자원까지 고려하여 준비하는 것이 중요하다.

또한 유사시를 대비한 탈출수단의 확보가 필요하다. 본 연구에서는 표준 구성안에 포함하지 않았으나 많은 상용 포화잠수체계에는 비상시 플랫폼으로부터 모든 잠수사가 압력을 유지한 채 탈출할 수 있도록 고압구조챔버나 고압구조정을 탑재 및 운용하고 있다. 이와 같은 탈출장비는 우리 해군에서도 운용하고 있지 않고 있는데 심지어 일부 치료가 필요한 잠수사를 외부 시설로 이송하기 위한 이동식 챔버조차 없는 실정이다. DDC에 문제가 발생하거나 화재 등 플랫폼에 사고가 생기는 등 유사시 잠수사가 탈출할 수 없다면 인명사고는 피할 수 없을 것이다. 특히 전시에 잠수임무를 위해 함위가 고정된 구조 플랫폼은 손쉽게 적의 표적이 될 수 있는 만큼 탈출수단의 확보가 필요하다.

마지막으로 무인잠수 및 대기압잠수기술의 발전을 위한 노력이 필요하다. 물론 천안함 및 세월호 현장에서도 확인할 수 있었듯 환경의 제약이 크며 현재의 기술수준으로는 주로 수중에서 촬영한 영상을 소형 화면으로 보고 키보드나 버튼으로 집계와 비슷한 로봇팔을 사용하는 수준이었기에 직관(直觀)적인 판단 및 정밀한 움직임에 있어 잠수사가 직접 수중현장에서 신체적인 작업을 실시하는 유인 환경압잠수체계를 따라가기 어렵다. 하지만 수심 및 체류시간의 제한과 사고의 위험, 비용적 문제 등 여러 가지 제한요소를 근본적으로 극복하기 위해서는 결국 잠수방법의 중심을 무인잠수와 대기압잠수로 이동해 가야 한다. 다행히 최근 급속도로 발전하고 있는 가상현실(VR: Virtual Reality)과 의료분야의 로봇 관련기술은 그 가능성의 실마리가 될 수 있다. 최신 가상현실 게임에서는 항공기를 조종하거나 스포츠를 함에 있어 입체안경과 헤드폰을 쓰고 다양한 입력장치를 통해 오감을 활용하여 마치 실제와 유사하게 조종하고 움직이는 것을 볼 수 있으며 의료용 로봇팔의 경우 수술도구로 활용될 정도로 정밀한 움직임을 보여준다. 이런 기술들을 ROV운용이나 대기압잠수복에 사용한다면 보다 직관적인 판단과 정밀한 움직임을 실현하는 데 도움이 될 수 있을 것이다.

## 제 6 장 결 론

지금까지 이동식 포화잠수체계를 이용한 해군 해난구조작전 잠수능력 향상방안에 대해 연구해 보았다. 임무의 범위와 특징을 고려할 때 현재 국내의 포화잠수 구조함은 단 1척으로 전력운용 상 임무구역의 제한 등의 문제점이 발생함에 따라 이동식 포화잠수체계를 도입 및 운용함으로써 유사시 전력의 공백을 막을 수 있음은 물론 기존의 잠수체계를 일부 보완할 수 있음을 확인하였다. 본 연구를 시작하면서 결론을 얻고자 했던 세 가지 질문에 대한 연구결과는 다음과 같다.

### 6.1 이동식 포화잠수체계 요구조건 및 표준구성 제안

국내 이동식 포화잠수체계와 관련 연구 미흡에 따라 도입에 필요한 잠수체계의 요구조건을 도출한 결과 수심 200m 이상에서 6명 이상의 잠수사가 14일 이상 포화잠수를 정상적으로 실시할 수 있는 잠수능력을 갖춰야 하고, 국내 관련 법과 국제 표준규칙 등의 기준 및 규격을 준수해야 하며, 안전기준에 맞게 전 구성요소들을 탑재 및 운용할 수 있는 플랫폼 조건과 구성요소들의 이동성 확보가 필요함을 알 수 있었다. 또한 민·관·군 잠수체계 간 호환성을 확립하여 국내 잠수산업분야의 통합적 발전을 촉진하기 위해 앞서 정립한 요구조건을 선행요건으로 하여 상용 체계와 선행연구결과를 바탕으로 잠수중, 잠수중 작동 및 잠수 조종실, 감압실 단지, 감압실 조종실, 생명 유지 장치의 5가지 대분류 항목과 이를 세분하여 총 35가지 소분류 항목으로 정리한 표준구성을 제안하였다.

### 6.2 기존 잠수체계 보완 및 개선 가능성

이동식 포화잠수체계를 도입 및 활용할 경우에 관한 실효성을 검증하기 위해

기존 포화잠수체계의 보완과 기존 혼합기체잠수체계를 포화잠수체계로 개선하는 것이 가능하다는 두 가지 가설을 수립한 후 적·가·용 판단기법에 따라 검정한 결과 기존의 포화잠수체계는 예비장비 공급 및 병행사용 등 다양한 활용을 통한 보완이 기대되나 혼합기체잠수체계와의 호환은 상당히 제한적이라 포화잠수체계의 개선은 경제성이 떨어진다는 결론을 도출할 수 있었다.

### 6.3 이동식 포화잠수체계 도입, 운용 및 활용방안

우선 도입의 경우 단시간에 원하는 수준을 갖추기 위해서는 상용제품의 해외 수입을 미래의 기술력 확보를 위해서는 국내 개발을 선택하는 방향이 좋으며, 가급적 구성요소를 한 번에 도입하는 것이 유리하나 국내 개발시 개발순서에 따라 도입해야 한다.

플랫폼별 설치 및 운용방안에 있어서는 ATS, YDT, MDS의 경우 실효성이 부족하고 ATS-II의 경우 개선이 가능하나 상당한 제한이 따르므로 혼합기체잠수체계를 운용하는 구조전력은 후속사업에서 포화잠수체계를 갖추거나 예산 부족시 각 구성요소가 포화잠수체계의 기준을 만족하여 이후 부족한 부분을 추가 탑재하여 단계적으로 포화잠수가 가능하도록 제작해야 한다. 포화잠수체계를 탑재한 ASR 및 DDS의 경우 이동식 포화잠수체계의 전 구성요소를 탑재하는 방안은 실효성이 부족하므로 부분적으로 탑재하여 예비장비 및 부품이나 PTC의 병렬 운행, 챔버 간 연결을 통한 비상 탈출을 목적으로 운용할 것을 제안하였다.

전·평시 활용방안으로는 평시 교육·훈련을 목적으로 활용하고 ASR의 수리 및 공백 발생시 이를 보완 및 대체하거나 ATS-II에 탑재하여 포화잠수능력을 보유하도록 활용할 수 있다. 전시에는 구조소요가 많아짐을 고려하여 동원선박 등 별도의 플랫폼에 탑재하여 추가적인 구조전력으로 활용할 수 있다.

이처럼 이동식 포화잠수체계를 도입, 운용 및 활용하며 향후과제 수행을 위해 노력한다면 구조전력의 잠수능력을 증진하여 해난구조능력 향상에 기여할 수 있을 것이다.

## 참고문헌

- 강신영, 2010. 수중 작업에 있어서 극한 환경의 잠수 활동 기준 검토. 한국마린 엔지니어링학회지, 34(5), pp.735-742.
- 국가물류통합정보센터, 2014. 물류자료실. Available at: <http://www.nlic.go.kr/> [Accessed 1 July 2014].
- 국가법령정보센터, 2014. 수난구조법, 재난 및 안전관리 기본법. Available at: <http://www.law.go.kr/> [Accessed 1 July 2014].
- 김태현, 강신영, 정주성, 2012. 한국의 해난구조 역량 분석 및 발전 방안 연구. 한국마린엔지니어링학회지, 36(8), pp.1143-1150.
- 김태현, 2013. *Technical 잠수기술과 소형 플랫폼을 이용한 해난구조 활동 효율성 제고 방안 연구*. 석사학위논문. 부산:한국해양대학교.
- 박정식, 2008. *해군 잠수의 역할과 잠수 교육훈련체계 발전 방안*. 석사학위논문. 부산:한국해양대학교.
- 박종엽, 2011. *잠수 시스템 국내 표준과 안전 기준 필요성에 관한 연구*. 석사학위논문. 부산:한국해양대학교.
- 조영갑, 2008. *한국군 군사전략의 역사적 변천과정과 전략적 특징의 정립*. 학술논문. 군사논단 제 54호(2008년 여름), pp.48-87.
- 편필장, 2011. *대한민국 해군 포화잠수 체계 현황과 발전방향*. 석사학위논문. 부산:한국해양대학교.
- 해군본부, 2007. *해군군사용어사전*. 해군인쇄창. 진해
- 해군본부, 2010. *구조작전*. 국군인쇄창.

- 해군 5전단, 2010. *구조작전 지휘참고철*. 자체보고서.
- 해남구조대, 1998. *혼합기체잠수교범*. 해군인쇄창. 진해
- 해양수산부, 2013. *선박안전법*. 해사산업기술과.
- 해양정보단, 2014. *수심분포자료*. 자체보고서
- Bennett, P.B. et. al., 1982. *Effect of Compression Rate on Use of Trimix to Ameliorate HPNS in Man to 686m(2250ft)*. Undersea Biomed, Res. 9. pp.335-351.
- Global Diving & Salvage, 2011. *SATURATION SYSTEM I, II, III*. Global Diving & Salvage INC.
- NOAA, 2001. *NOAA diving manual, 4th edition. Diving for Science and Technology*. Best publishing company.
- Oceaneering International, 2011. *6-Man Portable Saturation Diving System Specifications*. Oceaneering International, Inc.
- Phoenix international, 2014. *FADS-III*. Available at: [www.phnx-international.com](http://www.phnx-international.com) [Accessed 1 July 2014].
- SBS, 2014. *세월호 침몰 사고원인 4가지 추정 관련 보도자료*. Available at: <http://news.sbs.co.kr/> [Accessed 1 July 2014].
- Sisman, D., Bevan, J. 1982. *The professional diver's handbook*. Submex, London.
- SMIT SUBSEA, 2006. *SMIT-SAT 3 200 meter 6 Man Modular Saturation Diving System*. SMIT Subsea Middle East LLC.
- Unique Hydra, 2012. *SATURATION SYSTEM 300HF06-3 ABS*. Unique Hydra.
- United Divers, 2009. *Specifications of ULIS*. United Divers Pvt. Ltd.
- USN, 2008. *US Navy Diving manual*. NAVSEA. Florida.