

# 한국 해군의 해난구조작전을 위한 이동식 포화잠수체계 도입 및 활용방안에 관한 연구

유호휘\* · 강신영\*\*† · 임 안\*\*

\*, \*\* 한국해양대학교 해양과학기술전문대학원 해양관리기술학과

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

Ho-Hwi Yu \* · Sin-Young Kang \*\*† · An Lim \*\*

\*, \*\* Department of Maritime Management Technology, Ocean Science and Technology School, Korea Maritime and Ocean University, Busan 49112, Korea

**요 약 :** 본 연구는 한국 해군의 해난구조능력 향상을 위해 임무수행의 주요 수단이 되는 잠수체계를 개선하는 방안에 대한 연구이다. 특히 구조작전시 잠수체계별 임무 가능구역이 제한되는 문제를 해결하기 위하여 이동식 포화잠수 체계를 중심으로 연구를 진행하였다. 연구는 먼저 임무의 범위를 확인하였고, 기존 연구결과와 현용 잠수체계를 분석한 결과를 활용하여 이동식 포화잠수체계의 요구조건과 표준구성을 정리 및 제안하였으며, 이동식 포화잠수체계를 활용한 기존 잠수체계의 보완 및 개선 가능성에 대하여 군의 전략 선택 기법인 적·가·용 판단에 따라 검토하였다. 또한, 도입방안에 대해서는 상용제품의 해외수입과 국내 개발로 구분하여 장·단점을 분석하고, 설치 및 운용방안에 대해서는 각 플랫폼별로 실효성을 분석하였다. 연구결과로 먼저, 200 m 이상에서 6명 이상의 잠수사가 약 17일 이상 포화잠수를 정상적으로 실시할 수 있도록 요구조건 및 표준구성을 제안하였으며, 기존 잠수체계의 보완 및 개선 가능성에 대해서는 예비장비 공급 및 병행사용 등 다양한 보완이 기대되나 혼합기체잠수체계를 포화잠수체계로 개선하는 것은 경제성이 떨어졌다. 설치방안은 ATS-II 후속사업에서 이동식 포화잠수체계를 탑재가 가능하도록 제작하는 것을 제안하였으며 운용은 평시 교육·훈련 및 ARS 대체전력으로 사용하다 전시에 별도의 플랫폼에 탑재하여 추가적인 구조전력으로 활용해야 한다.

**핵심용어 :** 해군 해난구조, 혼합기체, 포화잠수, 이동식 잠수체계, 해난구조 작전

**Abstract :** This study examined how to improve the Korean Navy diving system, particularly focused on using the mobile saturation diving system. This study determined the range of navy operations, and suggested requirements of mobile saturation diving system from the analysis of previous study and current Navy Diving system. Also, this study examined the use of military strategy in terms of its technical and applicable possibility for the enhancement of current system. In addition, the study analyzed both advantages/disadvantages of importing mobile saturation diving system products and domestic development. To review measures in installing and operating such system, this study included analysis on the effectiveness of individual platform. As the result, the study suggested requirements of mobile saturation diving system to be able to be operated by more than 6 divers for more than 17 days at more than 200m depth. And the study confirmed that there are beneficial to use mobile saturation diving system and current Navy saturation diving system together. However, it is low economical efficiency to change current Navy gas diving system to Saturation diving system. To review measures in installing and operating such system, this study suggested that second ATS-II should be built to be able to install mobile saturation diving system. Also, this study generated an utilization method of the system to use it for training when peacetime, and than it should be installed on other platform to use as additional salvage strength during wartime.

**Key Words :** Navy Salvage & Rescue, Mixed gas, Saturation diving, Portable/Mobile diving system, Salvage operation

\* First Author : hwigun82@gmail.com, 051-410-4855

† Corresponding Author : sykang@kmou.ac.kr, 051-410-4323

※ 학술대회 발표논문 : 대한민국 해군 해난구조작전을 위한 이동식 포화잠수체계 도입 및 활용방안에 관한 연구, 2015년도 춘계학술대회, 부경대학교, 4월 23일, pp. 100-105.

## 1. 서 론

해군 해난구조작전은 인명과 재산의 보호라는 목적의 중요성 때문에 전·평시를 막론하고 경제성을 고려하지 않더라도 반드시 임무를 완수해야 하는 특수작전이다. 본 연구는 한국 해군의 해난구조능력 향상을 위해 임무수행의 주요 수단인 잠수체계를 개선하는 방안에 관한 연구로써 이동식 포화잠수체계를 도입 및 운용하여 구조전력의 잠수능력을 높이는 내용이 핵심이다.

최근 발생한 세월호 사고현장에서도 알 수 있듯이 구조작전은 깊은 수심 및 해수 유동, 시정 불량 등 환경적인 제약 속에서도 신속성과 안전성이 동시에 요구되는 작전이며, 또한 조난자의 인명과 재산에 대한 책임감이 복합적으로 작용하게 된다. 그렇기 때문에 성공적인 구조작전을 위해서는 상황에 따라 최적화된 잠수능력이 요구되며, 이를 위해 현재 운용중인 잠수체계의 문제점 개선이 반드시 필요하다.

한국 해군 잠수체계의 문제점은 첫째, 구조작전 시 잠수 가능 수심의 제한이다. 현재 해군에서 운용중인 구조함은 총 3척이나 이들 중 한 척만이 포화잠수체계를 이용하여 최대 약 300m까지의 수심에서 약 17일간 지속적인 잠수작전이 가능하며, 나머지 2척은 혼합기체잠수체계를 이용하여 최대 약 91m까지의 수심에서 30분 이내의 반복적인 잠수만 가능하다 (ROK NAVY, 2010). 따라서 포화잠수체계 보유 구조함의 수리 등 공백이 발생할 경우 구조작전 가능 수심이 제한된다.

둘째, 국내의 이동식 포화잠수체계 관련 연구 미흡이다. 아직 국내에서는 포화잠수체계와 관련된 연구가 극히 미미하며, 특히 이동식 포화잠수체계는 국내에 도입된 사례가 없기 때문에 이에 대한 연구는 전무한 실정이다.

따라서 본 연구에서는 해군의 해난구조 임무수행에 대한 문제점을 개선하기 위해 이동식 포화잠수체계의 요구조건과 표준구성 등의 기준을 제안하고, 그 도입과 운용 및 활용 방안을 연구하여, 해군의 해난구조능력 향상에 기여하고자 하였다.

## 2. 이론적 고찰

### 2.1 포화잠수의 개념과 특징

‘포화잠수(saturation diving)’란 압축공기를 사용하는 일반 잠수보다 깊은 수심에서 장시간 잠수를 가능하게 하고 감압 시간을 적게 하는 기법이다. 이론적 배경은 어떤 수심에서 일정시간 이상 잠수시 불활성기체는 더 이상 신체 내에 흡수되지 않아 잠수시간과 관계없이 일정한 감압시간을 갖게 된다는 것으로, 1957년 미 해군의 George F. Bond 대령에 의해 본격적으로 연구되었으며(Bond, 1964) 현재 여러 국가와

관련업계의 연구기관을 통해 정립되어 각 기관의 규정과 절차에 따라 운용하고 있다(Pyun, 2011). 이 포화잠수 기법의 발전을 통해 인류의 잠수 가능 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 약 17일에 이르는 체류시간을 확보할 수 있다. 하지만 잠수사들의 포화를 위한 사전 가압절차와 긴 임무기간 중 고압에서 생존해야 하며 기간 중 호흡, 감압 및 재압치료를 위한 기체량이 늘어남은 물론 가압상태를 유지하며 이동해야 한다는 제한사항이 있다.

### 2.2 이동식 포화잠수체계

이동식 포화잠수체계(mobile saturation diving system)는 구조함이나 잠수지원선박에 불박이식으로 설치된 일반 고정식 포화잠수체계와는 달리 각 장비를 최대한 소형화하여 모듈화된 컨테이너에 나누어 적재함으로써 잠수체계의 기동성을 높인 것을 말한다. 운용자의 거주 및 생활에 필요한 간단한 지원시설만 갖추어진다면 바지선과 같은 플랫폼에서도 운용할 수 있도록 제작된다.

### 2.3 적·가·용 판단기법

본 연구에서는 가설의 수립과 검증하는 방법으로 전략 수립 및 작전계획을 검토하기 위해 사용하는 군의 판단기법인 적·가·용 판단기법을 응용하여 그 타당성을 검토하였다. 이는 적합성(adaptability), 가능성(feasibility), 용납성(acceptability)의 세 가지 조건을 순차적으로 적용시켜 제안된 전략이나 계획의 타당성을 검토하는 방법이다(Cho, 2008).

적합성은 제안하고 있는 계획이 상위 목표달성의 수단으로 적합한가에 대한 여부를 판단하는 것이며, 가능성은 제안된 전략이 보유하고 있는 자원(인력, 장비, 자본, 시간, 공간 등)과 능력(기술, 경험 등)으로 시행 가능한가를 검토하는 것이고, 용납성은 경제성과 안전성, 윤리적 차원의 당위성 등의 중의적 의미를 가질 수 있다.

즉 안전이 목표를 달성하는데 적합한지 판단하고 그 안전을 시행 가능한지 판단한 후 비용 대 효과적 측면에서 용납할 수 있는지 판단하는 것이다.

## 3. 한국 해군 해난구조전력의 현실태 및 문제점

해난구조에는 여러 가지 정의가 있으나 본 연구에서는 해군에서 규정하는 해난구조작전의 정의로 범위를 제한한다. 그리고 해군에서 임무 수행을 위해 운용하고 있는 잠수체계에 국한하여 현실태 및 문제점을 파악하였다.

### 3.1 해군 해난구조작전의 범위

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 재난및안전관리기본법(법률 제12943호) 및 수난구조법(법률 제12844호)에 따라 국민안전처 주관의 긴급구조활동에 대한 지원을 신속히 해야 한다. 따라서 구조작전 임무 범위는 우리나라 전 해수면 및 내수면이 된다.

### 3.2 해군 해난구조작전 잠수체계 운용

해군에서 운용중인 구조함은 총 3척인데, 이 중 1척의 잠수함구조함(ASR: Auxiliary Submarine Rescue ship)은 수심 약 300 m까지 포화잠수가 가능하고, 잠수함 승조원의 구조를 목적으로 운용수심 500 m인 심해잠수정(DSRV: Deep Submergence Rescue Vehicle)을 보유하고 있으며, 최근 운용수심 3,000 m의 ROV(Remotely Operated Vehicle)를 추가 탑재하였다. 나머지 2척은 수상함구조함(ATS-I/II: Auxiliary Towing Salvage ship)으로 표면공급 잠수체계를 탑재하여 공기잠수는 물론 수심 약 91 m까지 혼합기체잠수가 가능하다.

### 3.3 해군 해난구조작전 잠수체계 운용상 문제점

전력운용 제한으로 인한 가장 큰 문제는 전력별 임무 가능구역의 제한이다. 임무소요 발생 시 즉각 기동 및 투입이 가능한 전력은 구조함 3척이며, 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 ASR의 도입 및 교대 운용을 위한 노력이 있으나 아직 후속함이 건조되지 않은 실정이다.

## 4. 보완대책

본 장은 3장에서 확인한 한국 해군 해난구조전력의 현 문제점을 보완하기 위한 대책으로 선행연구와 국내·외 상용체계들을 분석하여 도입해야할 잠수체계의 요구조건, 표준구성안을 제안하였고 잠수능력 보완 및 개선이 이루어질 수 있는지 확인하기 위해 가설을 수립하고 해난구조대 포화잠수 전문가의 의견을 바탕으로 도입 및 운용방안에 대해 연구하였다.

1) 작전인가구역(AAO: Approved Areas of Operation)이란 평시 아군의 해상 및 공중전력을 효과적으로 통제하기 위하여 함참의장이 설정하는 구역을 의미(ROK NAVY, 2007)

### 4.1 해난구조작전 잠수체계 주요 요구조건

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

#### 4.1.1 잠수능력

작전인가구역을 기준으로 수심대별 임무 가능구역을 산출한 결과를 Fig. 1에 나타내었다. 각 잠수체계별로 큰 차이를 보여주고 있는데, SCUBA(Self-Contained Underwater Breathing Apparatus)잠수의 경우 보유한 기체의 양이 제한됨에 따라 안전을 위해 체류시간을 제한하므로 체류시간 30분을 확보하려면 잠수의 제한수심은 약 21 m(70ft) 정도이다. 표면공급체계를 이용한 공기잠수의 경우 감압을 하지 않을 때 약 28 m(90 ft)이며(Table 1), 약 39분에서 74분에 달하는 표면감압을 실시한다 하더라도 약 50 m(160 ft)에 불과하다(Table 2).

Table 1. No-Decompression Limits(US Navy, 2008)

Depth (fsw)	No-Stop Limit (min)	Depth (fsw)	No-Stop Limit (min)	Depth (fsw)	No-Stop Limit (min)
10	Unlimited	50	92	120	15
15	Unlimited	55	74	130	10
20	Unlimited	60	60	140	10
25	595	70	48	150	5
30	371	80	39	160	5
35	232	90	30	170	5
40	163	100	25	180	5
45	125	110	20	190	5

Table 2. Air Decompression Table at 160fsw(US Navy, 2008)

Depth (fsw)	Bottom Time (min)	Decompression Stops(min)			Total Ascent Time (M:S)
		40fsw	30fsw	20fsw	
160	5	-	-	-	5:20
	10	-	-	1	6:20
	15	-	-	5	10:20
	20	-	-	22	27:20
	25	-	3	41	49:00
	30	1	8	60	73:40

이상의 두 가지 잠수체계를 대상으로 고려할 경우 대한민국 관할해역 중 수심 20 m 이 내 해역의 면적은 전체 면적의

약 7.8%에 불과하며, 수심 50m을 기준으로 잡는다 해도 약 15.8%에 불과하다.

혼합기체잠수를 실시할 경우 체류시간 30분을 확보 가능한 수심이 약 91m로 향상되며, 포화잠수의 경우 체류시간 30분 확보 가능수심은 최대 300m까지 향상되어 작전인가구역의 약 77%를 감당할 수 있다.

우리나라 해역 특성상 수심 200m와 300m의 작전인가구역 면적 차이는 약 1%에 불과하며 200m까지만 잠수 하여도 남해와 황해의 최대 수심보다 깊어 두 해역의 어떤 구역에서도 임무수행이 가능하다.

현재 해외 민간 산업잠수 업체에서 상용으로 운용중인 이 동식 포화잠수장비들의 기본 제원을 Table 3에서 정리하였으며 현재까지 연구된 잠수기술의 수준과 우리나라 해역 특성을 고려할 때 해난구조작전을 위한 잠수능력은 수심 200m 이상의 포화잠수체계를 갖춰야 한다고 판단되며, 비상시를 대비하여 최소 2기 이상이 필요하다. 여기서 포화잠수체계는 혼합기체, 공기, SCUBA잠수체계를 모두 포함해야 하며, 잠수능력이란 장비로써의 잠수체계 자체만이 아닌 이를 운용할 수 있는 기술과 능력, 플랫폼 등 인적 물적 자원 등을 모두 포함해야 한다.

Table 3. Commercial Mobile Saturation Diving System Specification

Company	Model	Weight(ton)	Depth(m)	Personnel
United Divers	ULIS	53	200	6
SMIT Subsea	SAT 3	57	200	6
Oceaneering	M7 SAT	45	300	6
Unique Hydra	SAT 300HF	156	300	6
	SAT I	89	180	6
	SAT III	100	300	6
Global Diving & Salvage	SAT IV	111	300	6

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 한다.

#### 4.1.2 기준 및 규격

잠수체계의 기준과 규격을 위한 국제인증과 표준제정의 예로 세계 주요 선급에서는 국제선급협회(IACS: International

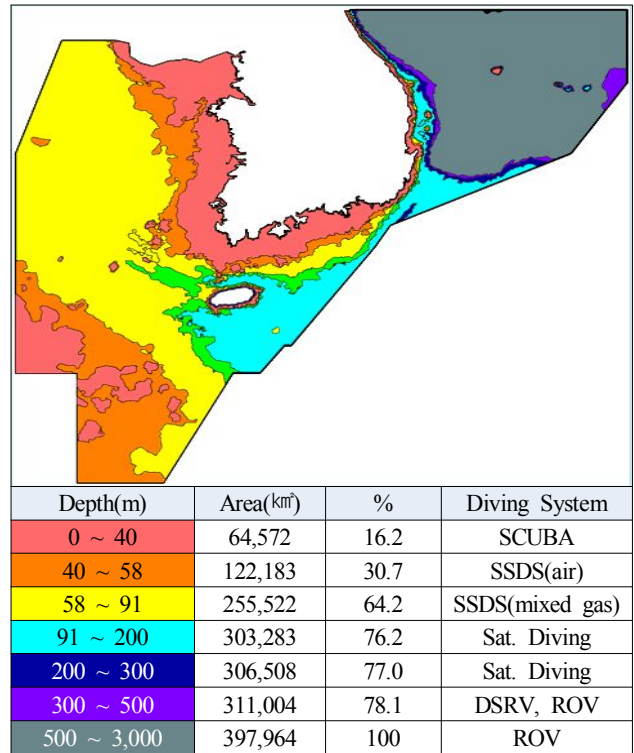


Fig. 1. Operation sectors of various diving system(ROK NAVY, 2014).

Association of Classification Societies)와 국제해사기구(IMO: International Maritime Organization)의 기술위원회에서 채택한 사항을 규칙으로 제정 및 반영하고 있는데, 여기서는 각국의 리더적인 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. 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, 혼합기체잠수체계를 포화잠수체계로 개선하는 일도 보다 용이할 것으로 판단된다.

#### 4.1.3 탑재 및 이동성

선박에 고정되지 않고 이동이 가능한 형태의 포화잠수체계를 현장에 투입하기 위해서는 탑재 및 이동성을 만족해야 한다.

이 중에서 먼저 탑재성을 만족하기 위해서는 탑재를 위한 공간과 바닥의 강도 등이 선박안전법 제39, 40조에 명시된 세부기준을 만족해야 하며, 복원력에 대한 부분 역시 제28조에 의거 안전기준을 만족해야 한다. 또한 생명줄로 잠수사와 플랫폼이 연결되는 표면공급잠수체계를 운용하기 위해서는 선위유지가 필수적이며, 이를 위해서는 다점지지계류(Multi point mooring)나 동적위치유지체계(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.

이동성과 관련해서는 상용 이동식 포화잠수장비의 구성 요소별 크기와 무게를 고려하여 운송체계별로 검토하였다. 선박의 경우 앞서 정리한 플랫폼 요구조건 중 탑재 공간 및 복원성에 관한 기준을 충족한다면 500~1,000톤급 이상의 어떤 선박이라도 운송수단으로써의 조건을 충족하며, 차량을 이용할 경우 대표적인 화물 적재 및 운송방법으로 상용 컨테이너를 활용할 수 있다. 컨테이너의 적재능력은 국제표준 기구(ISO)에 의해 규격화 되어있다. 여러 가지 형태가 있어 다양한 화물의 적재가 가능하고, 육상 뿐 아니라 해상운송에도 용이하며, 각종 기반시설과 운용법규와 같은 관련 제도가 잘 구축되어 있다. 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.

#### 4.2 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 제안하였다.

##### 4.2.1 선행연구결과에 따른 잠수체계 구성

선행연구 결과인 국내 표준과 안전 기준 필요성에 관한 연구(Park, 2011)에서 제시한 기준에 따르면 혼합기체잠수체

계는 고압공기 장치, 저압공기 장치, 혼합기체 장치, 생명지원 장치, 감압 챔버, 진수 및 회수 장치, 생명줄의 7가지 장비로 구분하였으며, 포화잠수체계의 경우 선상 감압 챔버, 잠수사 이송 캡슐, 잠수사 이송 캡슐 통제 장치, 생명줄 장치, 생명유지 장치, 기체 장치, 선상 감압 챔버 조종 장치, 잠수사 이송 캡슐 조종 장치, 중앙 구조 조종실, 이동용 챔버의 10가지 장비로 구분하였다. 또한 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. 만약 포화잠수를 실시하기 위해 필수적인 구성요소를 모두 포함하되 이들을 같은 기준에 따라 분류하고 정리하면 서로 다른 잠수체계라 하더라도 동일한 기능을 가진 장비 간에 상호 호환이 가능하거나 추가 구성요소를 더하여 혼합기체잠수체계를 포화잠수체계로 개선이 가능하도록 표준구성안을 도출할 수 있다.

##### 4.2.2 이동식 포화잠수체계 표준구성안

먼저 포화잠수체계와 혼합기체잠수체계 사이에 공통적인 요소가 있을 것이라 가정하고 선행연구에 따른 구성과 여러 기관의 분류기준에 따른 구성을 종합하여 포화잠수를 수행하기 위해 필요한 구성요소들을 모두 나열해 보았다. 그 결과 많은 요소들의 기능이 중복됨이 파악되었다. 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 4와 같이 이동식 포화잠수체계의 표준구성안을 구성하였다.

#### 4.3 가설의 수립과 검증

앞 절에서 제안한 이동식 포화잠수체계의 표준구성안을 바탕으로 본 절에서는 이동식 포화잠수체계를 도입하였을 때 해군의 해난구조작전을 위한 잠수능력 보완 및 개선이 이루어질 수 있는지 확인하기 위해 가설을 수립하고 이를 적·가·용 판단기법에 따라 검증해 보았다.

##### 4.3.1 가설 1. 기존 포화잠수체계 보완 가능성

첫 번째 가설은 “요구조건을 만족하는 표준구성안에 따라 구성된 이동식 포화잠수체계를 도입할 경우 기존 포화잠수

Table 4. Proposed standard classification of mobile saturation diving system.

Category	Section	Remark
Diving Bell	PTC (3 man)	Saturation
	Wet Bell	Mixed gas
	Diving Stage	Mixed gas
	UBA: Underwater Breathing Apparatus	Common
	Personal Diving Equipment	Common
	Diver Umbilical	Common
Bell Handling & Dive Control	LARS	Saturation
	Bell Umbilical	Saturation
	Bell Lifting Wire	Saturation
	Guide Wire	Saturation
	Winches	Saturation
	Anchor Weight	Saturation
DDC: Deck Decompression Chamber complex	Dive Control	Common
	DDC: Deck Decompression Chamber (6 man)	Common
	TC: Transfer Chamber	Saturation
	Sanitation unit	Saturation
	Medical / Service lock	Saturation
	View Port & Light	Common
Chamber Control	CO2 Canister	Common
	BIBS: Built-in Breathing System	Common
	Main Chamber Control	Common
	Bell Control Panel	Common
	Chamber Control Panel	Common
	Electrical Control Panel	Common
LSS: Life Support System	Gas Control Panel	Common
	Telephone	Common
	gas system	Common
	electrical system	Common
	hot water system	Common
	ECU: Environmental Control Unit	Saturation
fire apparatus	fire apparatus	Saturation
	transportable chamber	Common

체계의 보완이 가능하다.”는 것이다.

이 가설은 호환성과 관련한 문제이다. 가설을 만족하려면 제시한 체계가 기존의 체계와 호환이 되어야 하며, 이는 ASR, 육상 심해잠수훈련장(DDSS: Deep Diving Simulator System)과 같은 기존 체계의 규격, 성능, 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 한다.

먼저 적합성 측면을 검토하면, 기존 체계에 문제가 발생하였을 시 이동식 포화잠수체계를 도입하여 체계 전체를 탑재하거나 구성요소별로 부분적 대체를 통한 보완이 가능하다면 기존 체계를 사용한 구조전력의 공백을 채울 수 있기 때문에 적합성이 충분하다.

다음으로 가능성에 대해 검토하면, ASR의 경우 표준구성안의 구성요소를 모두 보유하고 있으며 DDSS의 경우 육상 장비인 만큼 일부 차이가 있지만 상호 호환이 아닌 기존 체계의 구성요소에 문제가 있을 시 이를 대체하는 수단으로써는 이동식 포화잠수체계의 장비 사용이 가능하다. 우선 규격에 있어 각 기존의 체계가 어떤 기준과 규격을 만족하는지 모른다 하더라도 표준구성안이 국내·외의 기준을 만족한다는 선행요건을 충족해야 하므로 기존 체계를 대신하는 호환성은 만족할 수 있다. 단 성능에 대해서는 ASR과 DDSS의 체계가 수심 300 m에서 각각 9명, 12명이 포화잠수가 가능하도록 설정되어 있으나 표준구성안의 경우 200 m에서 6명이므로 잠수능력은 여기에 맞추어 제한을 받게 된다.

마지막으로 용납성에 대해 검토하면, 인명을 대상으로 하는 체계인 만큼 경제성 측면에서 명확한 기준을 설정하기란 어렵지만 표준구성안과 유사한 수준의 상용 이동식 포화잠수체계는 한화로 약 100억 원에서 200억 원 정도의 가격대가 형성되어 있다. 고가의 체계임은 분명하나 효과적 임무수행이라는 측면을 고려시 주어진 예산의 범위에 따라 판단할 수 있다.

#### 4.3.2 가설 2. 기존 혼합기체잠수체계 개선 가능성

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

이는 기존 탑재된 혼합기체잠수체계를 활용하여 포화잠수로 개선할 때 필요한 부분을 도출하고 호환성 여부에 따라 최소한의 추가적인 장비를 탑재함으로써 포화잠수를 가능하도록 개선할 수 있다는 가설이다.

먼저 적합성 측면에서 검토를 하면, 기존의 혼합기체잠수체계를 탑재한 ATS, ATS-II에서도 포화잠수가 가능하다면 해난구조능력은 더욱 향상될 것이다. 특히 ATS, ATS-II는 다점지지계류가 가능하고 ATS-II의 경우 동적위치유지체계 운용이 가능하므로 그 위에 이동식 포화잠수체계를 적재하여 운용할 수 있다면 구조전력 운용의 효과를 극대화 할 수 있다.

다음으로 가능성 및 용납성을 판단해 보면, ATS-II의 경우 ATS에 설치되어있지 않은 DPS가 설치되어 있고 폐쇄식 잠수중(PTC: Personal Transfer Capsule)은 아니지만 개방식 잠수중을 운용하는 등 포화잠수에도 활용 가능한 장비를 일부

탐재하고 있다. 따라서 추가적인 구성요소를 탐재한다면 포화잠수가 가능하도록 개선할 수 있는 가능성이 있으나 잠수 능력에 있어서는 활용할 수 있는 장비의 최소수준을 기준으로 수심과 잠수인원이 결정되므로 포화잠수를 할 수 있다 해도 체류시간만 늘어날 수 있음을 고려해야 한다.

또한 문풀(moon pool) 외 공간에서 진수 및 회수장치(LARS: Launch And Recovery Systems)를 운용하기 위해서 갑판상 현측까지 비행갑판을 늘려야 하는 등 선체구조의 변경이 요구된다. 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 제한적이라고 판단할 수 있다.

#### 4.3.3 분석에 따른 가설의 검증 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 면밀히 검토되어야 한다.

이처럼 이동식 포화잠수체계를 통한 기존 잠수체계의 보완 및 개선 가능성에 대하여 정리하자면 일정한 요구조건을 만족하며 표준구성안에 따른 이동식 포화잠수체계를 도입할 경우 기존의 포화잠수체계는 비교적 쉽게 호환할 수 있어 예비장비 공급 및 병행사용 등 다양한 활용을 통한 보완이 기대되나, 혼합기체잠수체계와의 호환은 제한적이므로 포화잠수체계로의 개선이 가능하려면 보다 많은 노력과 비용이 필요하여 경제성이 떨어진다. 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.

#### 4.4 도입 및 운용 방안

지금까지의 연구결과를 바탕으로 최적의 이동식 포화잠수체계 도입 및 운용방안과 전·평시 활용방안에 대해 제안하고 향후과제에 대해 정리해 보고자 한다.

##### 4.4.1 이동식 포화잠수체계 도입방안

포화잠수체계의 도입하기 위해서는 먼저 도입의 방향을 고려해야 한다. 이는 상용제품을 사들일 것인지 아니면 국내 개발을 통해 생산할 것인지에 대한 부분인데, 단시간에 원하는 수준을 갖추기 위해서는 검증된 상용제품의 해외 수입이 좋을 것이며 미래의 기술력 확보를 바라본다면 많은 비용과 노력이 들더라도 국내 개발이 더 좋은 선택이 된다.

##### 4.4.2 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 ATS의 경우 탑재를 위한 공간적 제약은 물론 선령을 고려할 때 실효성이 적으며 ATS-II의 경우 일부 구조변경을 통한 개선이 가능하나 구조변경 및 안전성 검토의 문제 등 상당한 제한이 따른다. 따라서 혼합기체잠수체계를 운용중인 각 구조전력의 후속 사업을 계획할 때 처음부터 구성요소가 포화잠수체계의 기준으로 선행요건을 만족하도록 만들고 유사시 필요한 부분을 추가 적재하여 포화잠수가 가능하도록 만들어야 한다. 특히 ATS-II의 경우 선도함은 이미 전력화되어 구조변경이 어렵지만 아직 제작이 완료되지 않은 후속함 건조시에는 이러한 요소를 설계단계에서부터 반영하여 성능개선이 가능하도록 추진해야 한다.

다음으로 포화잠수체계를 탑재한 ASR 및 DDSS의 경우 부분적 탑재를 통해 많은 구성요소 간 호환이 가능하여 예비 장비 및 부품의 역할을 할 수 있다. 특히 ASR의 경우 PTC의 병렬 운영을 통해 동시 다수의 잠수를 실시하거나, 유사시 잠수사를 수중에서 PTC 간 이동하여 복귀시키는 등 다양한 활용이 가능하다.

마지막으로 일반 바지 및 기타 플랫폼을 활용하여 운용하는 것은 이동식 잠수체계의 독자적인 운용을 가능하게 한다. 단 다점묘박을 실시하는 소형 플랫폼의 경우 묘박 가능한 수심이 곧 최대 잠수수심으로 제한되므로 DPS 운용이 가능한 플랫폼이 필요하며 현재 해군에 DPS가 가능한 플랫폼은 ASR 및 ATS-II 뿐이기 때문에 임무구역 환경에 적합한 플랫폼의 확보가 중요하다. 이는 민간 구조자산을 포함한 플랫폼의 결정을 통해 일부 해결할 수 있다(Kim, 2013).

##### 4.4.3 평시 및 전시 활용방안

구조작전에는 전·평시의 구분이 없다. 하지만 전시 해상 및 수중의 위협요소가 증가하고 많은 구조 소요가 예상됨에 따라 각 상황에 따른 전력 운용에 대하여 고찰해 볼 필요가 있다. 이동식 포화잠수체계를 1세트 도입하는 것으로 가정한다면 평시에는 부두 또는 DPS를 갖춘 바지선에 탑재하여



운용하거나 이동성을 살려 타 지역에 전개하는 등 DDSS 체계와 병행하여 교육·훈련 목적으로 활용할 수 있다. 또한 ASR의 수리 및 공백 발생시 예비 장비 및 전력으로써 이를 보완 및 대체하거나 일부 구성요소를 ATS-II 후속함에 탑재하여 포화잠수능력을 보유하도록 운용하는 것이 좋을 것이다.

전시에는 전 해상에 최대한 많은 구조전력이 필요하며 해상 인명구조, 함정의 화재소화 및 방수, 함정의 예인이나 좌초한 선박의 이초 등 구조함의 소요가 증가할 것이다. 따라서 구조함은 각 임무해역에 전개하되 이동식 포화잠수체계는 DPS를 갖춘 바지선에 탑재하여 잠수를 통한 구조작전 가능개소를 늘리는 데 주력해야 할 것이다.

## 5. 결 론

본 연구에서는 현재 해군의 포화잠수 구조함이 단 1척으로 수리 등 전력 운용상 공백이 발생할 경우 구조작전 가능구역이 제한되는 문제점을 해결하기 위해 이동식 포화잠수체계를 도입하여 해결하고자 하였다. 주요 연구내용으로 요구조건 및 표준구성을 제안하였고, 기존 잠수체계를 보완 및 개선할 수 있는 가능성에 대해 검토하였으며, 도입 및 운용방안을 제시하였다.

① 이동식 포화잠수체계 도입에 필요한 잠수체계의 요구조건은 수심 200m 이상에서 6명 이상의 잠수사가 약 17일 이상 포화잠수를 정상적으로 실시할 수 있는 잠수능력을 갖춰야 하고, 잠수체계의 안전성 관련 국내 관련법과 국제 표준규칙을 준수해야 하며, 이동성을 위해 상용 컨테이너 규격에 맞게 제작되어야 한다. 또한 혼합기체잠수체계와의 호환성을 확보하기 위해 구성품을 5가지 대분류 항목과 35가지 소분류 항목으로 구성한다.

② 기존 잠수체계 보완 및 개선 가능성에 대해 이동식 포화잠수체계 도입 및 운용의 실효성을 검정한 결과, 기존의 포화잠수체계에 대해서는 예비장비 공급 및 병행사용 등 다양한 보완이 기대되나 혼합기체잠수체계를 포화잠수체계로 개선하는 것은 호환성이 제한되어 경제성이 떨어진다는 결론을 도출하였다.

③ 도입 및 운용방안에 대해서 우선 도입의 경우, 단시간에 도입을 위해서는 상용제품의 해외 수입을, 미래의 기술력 확보를 위해서는 국내 개발을 추진해야 한다.

플랫폼별 설치 방안에 있어서 ATS는 실효성이 부족하고 ATS-II의 경우 설치시 많은 제한사항이 발생하므로, ATS-II 후속사업에서 이동식 포화잠수체계를 탑재하거나 추후 탑재가 가능하도록 제작하는 것을 제안하며, ASR 및 DDSS의 경우 구성품 및 부품을 병렬 운행할 것을 제안한다.

전·평시 운용방안으로, 평시에는 교육·훈련을 목적으로 활

용하고 ASR의 수리 및 공백 발생시 이를 보완 및 대체하거나 ATS-II 후속함에 탑재하여 포화잠수능력을 보유하도록 하고, 전시에는 구조소요가 많아짐을 고려하여 동원선박 등 별도의 플랫폼에 탑재하여 추가적인 구조전력으로 활용하여야 한다.

끝으로, 본 연구는 이동식 포화잠수체계 도입에 대한 필요성 및 운용방안에 중점을 두어 진행한 만큼 경제성 분석을 생략하였으나 막대한 예산이 소요되는 만큼 이 부분에 대해서는 세밀한 검토가 이루어져야 하며, 플랫폼별 부력을 고려한 세부적인 탑재방법, 기술적인 운용방안 등에 대해서는 추가적인 연구가 진행되어야 하겠다.

## References

- [1] Bond, G. F.(1964), New Developments in High Pressure Living, Archives of Environmental Health, 9, pp. 310-314.
- [2] Cho, Y. G.(2008), The Establishment of Historical Change and Strategic Characteristics of the Military Strategies of the Republic of Korea Armed Forces, Military Forum, Vol. 54, pp. 48-87.
- [3] Kim, T. H.(2013), A study on the improvement of ROK Navy salvage and rescue activity using technical diving technique and a small platform, Master's Thesis, Underwater Diving Science and Technology Graduate School of Korea Maritime University, p. 67.
- [4] Park, J. Y.(2011), A Study on the Necessity of Korean Standard and Code of Safety for Diving System, Master's Thesis, Underwater Diving Science and Technology Graduate School of Korea Maritime University, pp. 36-37.
- [5] Pyun, P. J.(2011), The State and Development of Korean NAVY Saturation Diving System, Master's Thesis, Underwater Diving Science and Technology Graduate School of Korea Maritime University, pp. 7-9.
- [6] ROK NAVY(2014), Data report of sea water depth surround the Korean peninsular, Maritime Intelligence Group.
- [7] ROK NAVY(2010), Salvage Operation, Navy Headquarters, Korea Armed Forces Printing & Publishing Department, pp. 2-14.
- [8] US NAVY(2008), US NAVY Diving Manual Vol. 2, Naval Sea Systems Command, pp. 9-79.

Received : 2015. 06. 02.

Revised : 2015. 07. 30. (1st)

: 2015. 08. 19. (2nd)

Accepted : 2015. 08. 27.