



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

잠수 시스템 국내 표준과 안전 기준  
필요성에 관한 연구

A Study on the Necessity of Korean Standards and  
Code of Safety for Diving System



지도교수 강 신 영

2011년 2 월

한국해양대학교 해양관리기술대학원

수중잠수과학기술전공

박 종 엽



공학석사 학위논문

잠수 시스템 국내 표준과 안전 기준  
필요성에 관한 연구

A Study on the Necessity of Korean Standards and  
Code of Safety for Diving System



지도교수 강 신 영

2011년 2 월

한국해양대학교 해양관리기술대학원

수중잠수과학기술전공

박 종 엽

본 논문을 박종엽의  
공학석사 학위논문으로 인준함.

위원장 최 재 성 인

위원 김 정 만 인

위원 강 신 영 인



2011년 2 월

한국해양대학교 해양관리기술대학원

- 목 차 -

제 1 장 서 론 .....	1
제 1 절 연구의 배경 및 목적 .....	1
제 2 절 연구의 범위 및 방법 .....	2
제 2 장 국내·외 잠수 유관 기관 및 잠수산업 고찰 .....	4
제 1 절 우리나라의 잠수산업 고찰 .....	4
제 2 절 국내·외 잠수 자격 고찰 .....	7
제 3 절 국내·외 잠수 관련 기관 고찰 .....	8
제 4 절 한국 및 외국의 잠수/구난 선박 운용현황 .....	11
제 3 장 잠수 시스템 국내·외 기준 고찰 및 개선방안 .....	17
제 1 절 잠수 시스템 관련 각 선급의 규칙 고찰 .....	17
제 2 절 잠수 및 챔버 관련 국내 기준 고찰 .....	25
제 3 절 국내 기준을 위한 잠수 시스템 장비 구성(안) .....	33
제 4 절 잠수 시스템 기준 필요성 및 국제 협력 방안 .....	41
제 4 장 결 론 .....	44
참 고 문 헌 .....	45
ABSTRACT .....	48

## <표 목차>

<표 1> 우리나라 해군 잠수/구난함 잠수능력 비교표 .....	12
<표 2> 외국 잠수/구난함 주요 제원 .....	13
<표 3> 각 선급의 챔버 장치 관련 규칙 비교 - 1 .....	17
<표 4> 각 선급의 챔버 장치 관련 규칙 비교 - 2 .....	18
<표 5> 각 선급의 생명유지 장치 관련 규칙 비교 - 1 .....	19
<표 6> 각 선급의 생명유지 장치 관련 규칙 비교 - 2 .....	20
<표 7> 각 선급의 잠수중 장치 관련 규칙 비교 .....	20
<표 8> 각 선급의 잠수 장치 규칙 비교 - 1 .....	21
<표 9> 각 선급의 잠수 장치 규칙 비교 - 2 .....	22
<표 10> 각 선급의 잠수 장치 규칙 비교 - 3 .....	23
<표 11> 각 선급의 잠수 장치 규칙 비교 - 4 .....	24
<표 12> 산업안전보건법령상의 잠수 시스템 관련 기준 .....	25
<표 13> 의료기기법령상의 챔버 기준 .....	26
<표 14> 선박안전법령상의 잠수 시스템 관련 기준 .....	26
<표 15> 고압산소 챔버 기준 .....	27
<표 16> 고압산소 챔버 기준 - 1 .....	28
<표 17> 의료기기 시험기관 .....	29
<표 18> KS 마크와 CE 마크의 비교 .....	31
<표 19> KS 규격 현황 .....	32
<표 20> 잠수 분류별 최대수심 및 최대 체류시간 비교 .....	35
<표 21> 혼합기체 잠수 시스템의 구성별 기능 .....	36
<표 22> 포화잠수 시스템의 구성별 기능 .....	37
<표 23> 잠수 시스템 구성별 해당 국제 규격 - 1 .....	38
<표 24> 잠수 시스템 구성별 해당 국제 규격 - 2 .....	39
<표 25> 잠수 시스템 구성별 해당 국제 규격 - 3 .....	40
<표 26> 잠수 시스템 발전을 위한 개선방안 .....	42

## <그림 목차>

(그림 1) 잠수 시스템 안전 기준 연구 대상 분야 .....	3
(그림 2) 우리나라 최초 의료용 챔버 .....	5
(그림 3) 잠수함 구조 포화잠수 .....	14
(그림 4) 미 해군의 잠수/구난 변천사 .....	15
(그림 5) 미 해군의 잠수/구난 체계도 .....	15
(그림 6) 잠수기술 및 잠수 장비 산업 발전을 위한 제안 .....	43





# 제 1 장 서 론

## 제 1 절 연구의 배경 및 목적

우리나라는 많은 섬들로 이뤄진 자연 환경조건과 개인 생활수준의 향상으로 레저 스포츠로 스쿠버 잠수를 즐기는 사람들이 증가하고 있다. 반면 레저 잠수에 비해 산업잠수 분야의 발달은 아직 미비하다. 그 원인은 해양수중 분야 선진국보다 산업잠수를 접할 기회가 적기 때문이라 할 것이다.

2007년 12월 전남 여수 백도 부근에 침몰한 케미컬 선박 인양, 2008년 5월 제주도 인근에서 침몰한 해경 P-000호정 인양, 2010년 4월 천안함 인양 사건 등에서 보듯이 산업잠수 기술이 점점 많이 활용되고 잠수 시스템의 중요성이 부각되고 있다. 제주 해경함정 인양 및 천안함 사건 시 각종 언론에서는 챔버(chamber)의 보유 여부에만 집중적으로 보도되고 감압 챔버가 운영되기 위한 시스템 구축과 운영 자격을 갖춘 운영자 여부 등 산업잠수의 현 실태는 보도되지 않았다.

해상 오염 및 해난사고, 해양자원 개발, 해양역사 연구, 해양건설 분야에서 잠수 시스템의 필요성과 산업잠수 기술의 개발은 필연적이라 할 수 있으며, 우리나라 산업잠수 발전을 도모할 수 있고 국제적으로 통용되는 국내 기준 제정이 필요하다. 또한 그 기준에 따라 제품 및 시스템을 구성하고 제작하여야 국제 잠수산업시장에 진출할 수 있는 기회가 많아 질 것이다.

해외 수중건설 분야에서는 표면공급 잠수는 물론 무감압 잠수기술까지도 적용하고 있으며 육상 대형 수족관과 해저 도시 건설계획으로 해저에서의 생활을 육상과 동일한 대기압 호흡 조건 환경을 조성하는 방법들이 연구되고 있는 실정이다.

노동부, 보건복지부 및 국토해양부에서 잠수 장비 관련된 일부 기준들이 발효 및 적용되고 있으나 국제협약과 같은 국외 기준이 소극적으로 반영되거나 또는 소외되고 있어 국제 해양건설 분야에 우리나라 잠수 기술인들의 진출에 한계가 되고 있는 것이 현 실정이다.

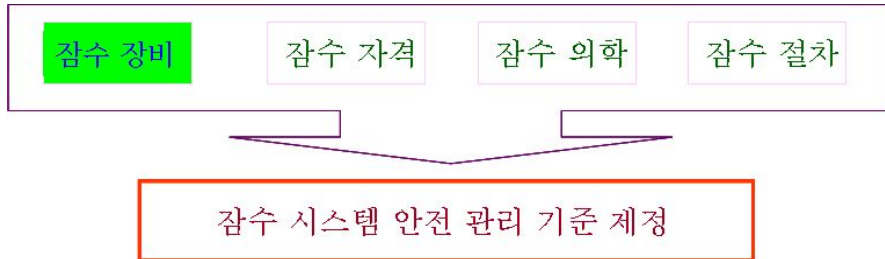
본 연구는 해양플랜트 건설의 수중공사 중 잠수 시스템과 잠수 자격, 잠수 관련 기관과 관련된 외국 기준을 근거로 하여 잠수 인력의 자격요건, 수중공사 현장에서 잠수 작업을 지원하기 위한 각종 장비들의 제작, 설계, 유지보수에 관련된 기준을 고찰하였으며 잠수 시스템의 안전성 확보를 위한 잠수 시스템 구성 기준의 필요성과 개선방안에 대한 연구이다.

## 제 2 절 연구 범위 및 연구 방법

외국의 경우(예, 외국 주재 해양 수중공사) 잠수와 관련된 각국의 조직에서 요구하는 기준은 잠수장비의 인증, 잠수사의 자격, 잠수 응급의료, 잠수절차에 대한 요구사항을 제정하고 있다. 우리나라 선박 안전법에서 제정한 선박운항조건을 예로 들자면 선박 건조는 선박안전법에 따라 선급 등 검사 단체가 위임받아 진행하고, 선원의 자격은 선원법에 따라 해양수산 연수원에서 선원 자격이 충족되었을 때 선박의 운항허가를 해주는 것과 유사하다고 할 수 있을 것이다.

잠수 시스템 안전 기준 제정을 위해 (그림 1)과 같이 4가지 분야가 모두 포함된 기준이 마련되어야 한다. 그러나 잠수자격, 잠수의학, 잠수절차에 대한 국내 기준은 제정되어있지만 주관 부처가 분산되어 있으며 산업잠수 현장에 적용하기는 미흡하다는 지적이 있다. 따라서 본 연구에서는 국외 잠수자격과 잠수 기관 현황을 고찰하여 국제 협력방안 등 개선방안과 잠수 시스템의 설계를 외국 기술력에 의존하는 현 실정을 감안하여 잠수 장비 분야 안전성을 고려하여 본 연구의 범위를 잠수 장비분야로 좁혀 국제 규격,

국의 정부기준, 검사단체의 규칙 등을 기반으로 구성 기준을 제시함으로써 국내 기준의 필요성과 국제적 인정 및 국제 협력을 위한 방안을 제시하였다.



(그림 1) 잠수 시스템 안전 기준 연구 대상 분야

이러한 기반으로 제정된 기준에 따라 잠수 시스템을 설계, 제작, 승인 하여 DSV(잠수 지원 선박)<sup>1)</sup>에 탑재함으로써 잠수사의 안전을 보장하고 해저 탐사, 해양개발 산업의 참여기회를 증대하는데 기여하고자 한다.

<sup>1)</sup> Diving Support Vessel

## 제 2 장 국내·외 잠수 유관 기관 및 잠수산업 고찰

### 제 1 절 우리나라의 잠수산업 고찰

우리나라는 구석기 시대 거주 유적지에서 패총 해초류가 발견되었던 점을 고려해 볼 때 잠수가 시작된 시초는 구석기 시점이라고 볼 수 있으나 산업 잠수의 시초라고 하기에는 여러 가지 다른 의견들이 있다. 현 산업안전보건법에서는 해산물을 채취하거나 레저 잠수를 하다가 인명사고가 발생되었을 경우 그 법에 따라 보호와 혜택을 받을 수 없기 때문에 산업잠수와 거리가 멀다고 볼 수 있으며 잠수의 시초라고 보기에 어려울 것이다.

잠수 시스템의 발전 역사를 보면 잠수 시스템은 해난구조, 해양 생태조사, 해양 개발의 우위권을 차지하기 위한 나라를 위주로 개발되고 발전되어 왔다. 하지만 바다가 3면인 우리나라는 해양과 관련된 산업분야와 잠수 분야를 비교하면 기술 및 장비에 대한 수입 의존도가 100%에 이를 정도로 자급자족이 안 되는 분야 이다.

우리나라 최초의 챔버는 (그림 2)2)[1] 와 같이 1969년 어느 한 교수에 의해 개발되었지만 잠수병 치료를 위한 감압 챔버 시스템은 1978년 해군 해양의료원에 처음 설치되었으며, 그 후 1985년 부산 고신대 의료원 등 민간 치료시설이 설립되었다.

1990년 이후 잠수병 치료를 위해서는 최소 6기압(그 이전에는 3기압)을 만족하여야 하기 때문에 시스템 변경에 따른 경제적 압박과 난방의 수단이 연탄에서 석유 및 가스로 전환되면서 연탄가스 중독 치료 챔버들은 거의 사라져 가고 있고 현재는 잠수병 치료를 위한 소수의 병/의원과 일부 수중 공사 현장에서 감압용 챔버가 사용되고 있다.

2) 고 윤덕로 교수(서울대 의대 명예교수)는 1969년 고압산소장치(그림 2)를 개발하여 연탄가스 중독자를 치료하였다.



(그림 2) 우리나라 최초 의료용 챔버

1960년대 이후 연탄가스 중독으로 인해 챔버가 처음 개발되었을 때 관련 기준 마련의 필요성이 제시되었고 의료계에서는 챔버 관련 기준을 고시하였다. 이렇듯 잠수 분야에서도 잠수 시스템이 먼저 설치되고 기준이 제정된다면 기술 선진국들에게 모든 기득권을 내줘야 할 것이며 한국 내 잠수 시스템 관련 기업도 외국 업체들이 주도할 것이다.

유럽의 경우 1980년대 후반에 교육 센터가 설립된 후 교육이 활성화되면서 관련 산업은 비약적인 발전이 된 사례를 보듯이 기준 제정과 동시에 국제적으로 공인되는 교육기관의 설립이 우선적으로 필요하다.

1990년대 후반 해군 및 해경에서 현대적 잠수기술을 접할 수 있다. 해난 사고 및 잠수함 구조를 위해 1995년 해양경찰청에서 포화잠수 시스템이 탑재된 3000톤급 경비 구난함 건조와 1996년 해군의 300 m급 포화잠수 시스템이 탑재된 함정을 건조하였다.

포화잠수 시스템 탑재 함정의 건조 이후 1998년 북한 반잠수정 인양, 2002년 제 2연평 해전 고속정 인양 등과 같은 군사작전에 실제 적용되면서 해군의 포화잠수 기술력을 인정받게 되지만 민간 산업잠수 분야는 사회적

인식, 관련 기준, 제도적 장치 미흡과 관련 산업의 영세로 안전 및 효율성에 있어서 매우 취약한 것이 사실이다.

해경 및 해군은 정부지원으로 시스템을 구축할 수 있었지만 민간분야는 정부의 지원 부재뿐만 아니라 연구개발에 많은 비용이 소요되므로 투자에 소극적 일 수밖에 없다.

수중 환경에 대한 전문적 기술과 자격, 안전한 장비를 필요로 하는 산업 잠수 분야 전문 교육과 경험 없이 무분별하게 관련 산업에 참여하는 것도 민간 산업잠수 발전을 저해하는 한 요인으로 볼 수 있다.

잠수기술을 발전시키는 그룹과 그 뒷받침하는 학문이 접목되고 선진 기술 국가에서 개발된 규격 및 기술위원회에서 발표된 새로운 학술적 내용을 포함한 잠수장비 안전 기준의 제정은 산업잠수 분야의 발전과 산업잠수 현장의 여건을 향상시킬 것이다.

우리나라도 동해 천연가스 유전을 보유하고 있으며 해저에 매설된 가스관은 반드시 정비가 필요하다. 정비를 위해서는 여러 가지 필요한 장비가 있어야 한다. 그 중 잠수관련 장비와 잠수를 지원할 수 있는 선박 DSV는 민간업체 또는 정부 산하기관에서는 보유할 수 없는 경제적 여건으로 민간분야에서 정비 유지보수에는 한계가 있다.

해군의 잠수 구난함정은 군 자체의 구조를 위한 것일 뿐, 민간 또는 정부 사업의 산업잠수 분야에 지원을 할 수 없는 것이 현실이다. 민간분야에서는 열악하나마 헬멧 잠수를 할 수 있는 장비와 이동식 챔버를 탑재한 바지선이 산업잠수 현장에 사용되고 있다. 이러한 미흡한 시스템도 정비유지를 위해서는 부품의 대부분을 수입에 의존하여야 하고 수입 제 비용에 비하여 경제적 소득이 낮기 때문에 최소한의 정비로 인해 장비의 안전성과 잠수사들의 안전은 보장할 수 없게 될 것이다. 이런 악순환을 방지하기 위해서라도 관련 기준의 마련과 관련 산업의 활성화로 국내 제품이 개발되고 양산화 된다면 더욱 더 잠수사의 안전과 작업 환경이 점차 나아질 수 있을 것이다.

## 제 2 절 국내·외 잠수 자격 고찰

우리나라 국가 자격시험이 시행된 1984년 이후 잠수산업기사 및 잠수기능사 이상 자격을 갖춘 잠수사는 약 2,200여명이 넘는다. 이 인원 중 산업안전보건법에서 규정한 잠수 분야 종사자의 정년(50세)을 고려한다면 현실적으로 산업잠수 현장에서 근무하는 잠수사는 약 1,000 ~ 1,500여명으로 판단된다.

우리나라 산업잠수사 자격제도는 수중공사와 밀접한 관련이 있다. 수중공사 시 자격을 갖춘 잠수사가 필요함에 따라 자격제도는 시행되었고 이론 및 수중 기술에 대한 실기를 평가하여 잠수산업기사, 잠수기능사 자격을 부여한다. 또한 해외 진출 시 영문 자격증도 발급하고 있지만 국제적으로 통용되는 자격증으로써는 해외 해양 건설 현장(잠수 분야)에서 신뢰를 받지 못하는 것이 현실이다.

산업안전보건 예하 법령에서 잠수기능사 자격요건은 잠수산업 현장에 충족되어야 한다고 고시하고 있고 잠수사로서의 경험은 4대 보험(국민연금, 건강보험, 고용보험, 산재보험)에 가입되어 근무한 경력을 인정하고 있다. 외국 해양건설 분야에서 요구하는 경험과는 다소 다른 의미이다. 외국의 경우 인증단체에 등록된 감독관(슈퍼바이저)이 서명한 개인 잠수 기록부를 그 잠수사의 경험으로 인정하는 것이 그 차이점이라 하겠다.

우리나라 노동부 관할 산업안전보건 법령상에는 산업잠수사의 근무 시간, 잠수사 건강 검진, 일부 설비 등에 대한 법적 근거를 가지고 있다. 그러나 잠수사의 능력에 따른 자격과 교육, 잠수 시스템의 운용, 장비의 제작 과정 및 정기적인 장비 유지의 인증, 잠수 응급의료 등에 대해서는 명확하게 정의하고 있지 않다. 이러한 점을 보완하고자 하는 것이 잠수 시스템 관련 기준이다. 이러한 기준은 규제를 위한 것이 아닌 잠수기술 발전, 잠수사의 인명

안전을 위한 제작 및 시험의 기준이 되어야 잠수 분야의 기술과 산업발전에 기여할 것이다.

잠수자격 인증은 쾌적한 잠수 환경 개선, 안전한 수중작업, 잠수자격자의 복지후생 향상 등을 꾀하면서 해양입국의 초석이 되는 인력을 확보하는 것이 주목적일 것이다. 그러나 우리나라 잠수사 자격 인증이 수중작업 환경 개선에 얼마나 기여할지는 미지수이며 산업잠수 현장, 잠수사를 고용하는 사업주, 잠수사의 안전, 장비의 안정성, 잠수 의학 등 과 밀접한 연관성이 있는 것은 분명하다.

미국의 경우 잠수사의 안전을 위해 잠수사는 지정된 수심에서 특별히 벗어나지 않고 잠수 감압표가 제시한 절차를 철저히 이행하고 수심 24 m를 초과하는 수중공사는 반드시 감압 챔버를 설치하여야만 공사에 대한 허가를 내준다.

우리나라 의료분야에서는 의료행위에 사용되는 챔버는 판금물 유형으로 분리하고 의료기기법령상 시험 검사 및 등록대상으로 지정하고 있으며 잠수 현장에 쓰이는 챔버가 의료 행위(치료행위)를 할 경우에는 반드시 허가된 의료기기 취급자(의사)가 운영을 하여야 한다고 고시하고 있다. 하지만 영국 HSE<sup>3)</sup>에서는 취급자가 의사일 필요는 없으며 챔버를 이용하여 치료를 할 경우 의사의 처방을 받아 챔버 운용사(정부 인정 자격자)가 운영을 한다는 것이 우리와 다른 점일 것이다.

### 제 3 절 국내외 잠수 관련 기관 고찰

잠수 관련 기관은 상업적 잠수, 군사 잠수, 정부 잠수 기관으로 구분 할 수 있다. 상업적 잠수 기관은 미주지역의 ADCI<sup>4)</sup>, 유럽지역의 IMCA<sup>5)</sup>, 군사

3) Health Safety Executive

4) Association of Diving Contractors International

5) The International Marine Contractors Association



잠수 기관은 NATO<sup>6)</sup>, UK<sup>7)</sup>, USN<sup>8)</sup>, 정부 잠수 관련 기관은 유럽의 HSE, 미주 지역의 NOAA<sup>9)</sup> 등이 있다. 외국의 잠수 관련 기관(민간, 군, 정부 기관 포함)은 잠수사의 자격, 잠수 깊이에 따른 잠수 능력, 잠수사의 건강 상태를 확인하는 절차 등에 대한 기준을 제정하고 있으며 각국의 합의한 사항을 공식 문서화하고 있다.

정부 조직 중 영국의 HSE는 지방정부와 영국 내에서의 건강과 안전 규제를 담당하는 건강 안전위원회의 시행 당국으로 스쿠버, 혼합가스, 포화잠수 등 모든 잠수 분야에 있어 인명의 안전을 보장하는 것을 조직의 목표로 하고 있다.

영국은 Service occupational diver, Acquaint diver, Military recreational diver 등 세 종류 잠수에 대한 잠수사 건강 진단을 요구하고 있고 그 중 Service occupational diver만이 직업으로 잠수를 수행할 수 있도록 규정하고 있다. 또한 모든 Clearance diver들은 초기 훈련을 완료하는 시점과 작업에 투입되는 시점에 건강검진을 실시하도록 요구하고 있으며, 1년에 10회 이상, 50 m 이상의 수심을 잠수하는 잠수사들은 추가적인 건강검진을 최소한 매 5년마다 실시하여야 한다고 명시하고 있다.

미국의 NOAA는 해상과 기상의 상태를 조사하는 미국 상무부 직할 연방기관으로 스쿠버, 혼합가스 잠수, 포화잠수를 포함한 잠수와 관련된 의학, 자격, 절차에 대해 기준을 제시하고 있다.

민간 조직은 세계적으로 많은 조직이 있으나 미주와 유럽의 대표적인 조직으로 ADCI와 IMCA를 들 수 있다.

ADCI는 민간 잠수절차의 표준화를 진행하기 위해 1968년에 설립되었으며 현재 41개국, 500개 이상의 회원 기업을 보유하고 있으며 대부분이 미국에

---

6) North Atlantic Treaty Organization

7) United Kingdom Navy

8) United States Navy

9) National Oceanographic and Atmospheric Administration

기반을 둔 회사들이다. ADCI 회원사가 수행하는 잠수에는 스쿠버, 혼합가스 및 포화잠수를 포함하여 잠수 절차, 의학, 장비 구성에 대한 기준을 제시하고 있다.

유럽 지역의 IMCA<sup>10)</sup>는 민간 잠수 시스템 및 잠수사 자격 등에 대해 인증 서비스를 제공하는 민간 기업들의 국제적인 상거래 조직이다. 1972년 설립된 AODC<sup>11)</sup>와 1990년 설립된 DPVOA<sup>12)</sup> 두 조직의 합병으로 1995년에 설립되었으며 2010년에는 50개국 700개의 회원사를 보유하고 있다.

IMCA 에서도 해양 플랜트 및 수중공사 현장의 경우 잠수 인력, 잠수장비, 잠수 절차, 잠수 의학 분야 등에서 인증을 요구하고 있다. 최근 국내 대형 건설 회사들이 중동지역에서 대형 건설 수주를 하고 있으며 여기에도 이와 같은 인증된 잠수 인력을 투입할 것을 요구할 것이다.

이러한 기관은 잠수 분야에서 막대한 영향력을 행사하고 있는데 그 예로 IMCA D 014[2] 라는 기준에서는 잠수 적합증서 미 보유 잠수사는 잠수작업에 투입되지 못하도록 규정하고 있다.

우리나라 수중협회, 잠수협회, PADI, NAUI, YMCA 등 여러 단체에서 산업 잠수 및 레저잠수와 관련된 교육과 민간 인증 서비스를 제공하고 있지만 민간 자격증으로 국제 사회에서 인정받기에는 부족함이 많다. 또한 국내 잠수사들은 안전에 대한 국내 기준이 미흡한 수준이라는 것을 인식하고 있다. 이에 잠수 시스템에 대한 필수 구성요건과 그 구성에 따른 시스템 인증을 통한 안전성 확보, 지속적인 정비 유지를 통한 레저와 수중건설에서 인명 안전성 확보가 매우 중요하다.

---

10) International Marine Contractors Association

11) Association of Offshore Diving Contractors

12) Dynamic Position Vessel Owner Association

## 제 4 절 한국 및 외국의 잠수/구난 선박 운용현황

한국 해군은 해난사고와 최초 잠수함인 장보고함의 건조계획과 병행하여 구난함 건조계획을 수립하는 등 해군은 1996년, 해경청은 1993년 한국 근해에서 발생한 대형 해상 인명사고 이후 1995년에 구난함을 국내에서 건조하게 되었다. 건조된 해군 함정은 대기압 상태로 잠항하여 잠수함을 구조할 있는 심해 구조 잠수정과 개인 이송 캡슐(PTC)을 이용하여 침몰 잠수함 구조 및 심해 잠수를 할 수 있는 포화잠수시스템이 탑재되었다.

우리나라 해군의 잠수시스템을 갖춘 잠수/구난함은 1996년 동해 북한 잠수정 침투사건에 투입된 창원/구미급 함정이다. 창원/구미급 구난함정은 미 해군 퇴역 함정을 인수받아 운용한 함정이며 미 해군에서 퇴역한 평택/광양급<sup>13)</sup> 수상함 구조함을 인수받아 현재까지 운영하고 있다. 평택급 수상함 구조함은 2010년 백령도 천안함 사건에도 투입되었으며, 혼합기체 잠수를 할 수 있는 잠수 지원 장비와 함상 감압 챔버가 탑재되어 있다.

해군은 평택급 구난함 이후 ATS-II<sup>14)</sup> 건조 사업을 진행 중이다. ATS-II는 외국의 잠수 업체가 설계하고 국제적으로 통용되는 규격을 기준으로 한국 선급에서 설계 검증을 하고 있다. 우리나라 잠수 장치 기준이 있었다면 우리 기준을 적용하고 우리 기술력에 의해 설계되는 최초의 DSV가 되었을 것이다. 이런 경우를 보더라도 국제적으로 인정받을 수 있는 국가 기준은 필요하며, 90% 이상을 수입에 의존하던 잠수 장비 산업분야도 국산화될 것으로 판단된다. <표 1>[3-4]에서는 한국 해군이 운용중인 수상함 구조함의 주요 기능 및 잠수 탑재 장치에 대한 비교표이다.

13) 미 해군에서 1972년 진수, 1996년 한국 해군에서 인수 / 해군 홈페이지

14) 대우조선해양에서 기본설계중인 평택/광양급 후속 수상함 구조함

Auxiliary Towing Salvage

<표 1> 우리나라 해군 잠수/구난함 잠수능력 비교표

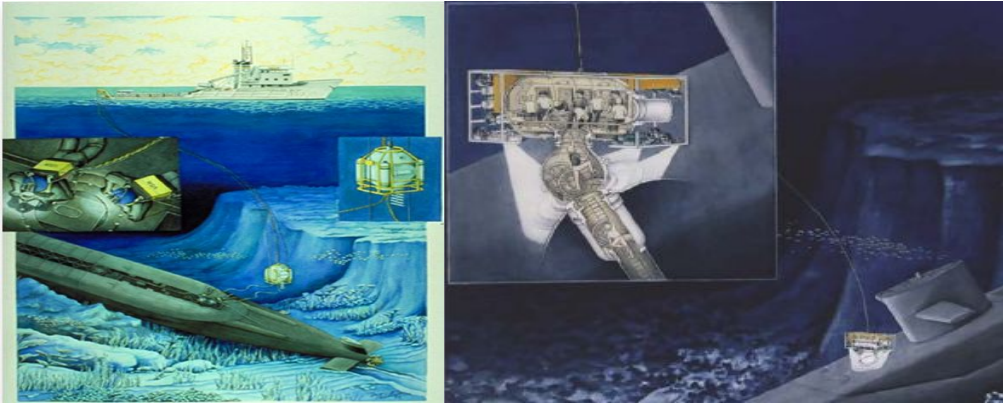
구 분	기지용 시스템	ATS(광양/평택함)	ARS(청해진함)
주요임무	천해 잠수지원	수상함 구조	잠수함 구조
스쿠버	잠수 최대 130 ft(40 m) / 비감압 최대 허용 시간 10분		
표면공급 잠수(공기)	<ul style="list-style-type: none"> <li>○잠수 최대 190 ft (체류시간 60 분)</li> <li>○공기 저장능력 : 392 m<sup>3</sup></li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>○잠수 최대 190 ft (체류시간 60 분)</li> <li>○공기 저장능력 : 4,514 m<sup>3</sup></li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>○잠수 최대 190 ft (체류시간 60 분)</li> <li>○공기 저장능력 : 3,275 m<sup>3</sup></li> </ul>
표면공급 잠수 (혼합기체)	<ul style="list-style-type: none"> <li>○잠수 최대 수심 : 300 ft (체류시간 30분)</li> <li>○조류시간 2 kts</li> <li>○기체저장 능력 - 산소 96 m<sup>3</sup></li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>○잠수 최대 수심 : 300 ft (체류시간 30분)</li> <li>○조류시간 2 kts</li> <li>○잠수가능시간 및 횟수 (잠수사 3명 기준)                             <ul style="list-style-type: none"> <li>- 240 ft / 4회</li> <li>- 300 ft / 3회</li> </ul> </li> <li>○기체저장 능력                             <ul style="list-style-type: none"> <li>- 산소 336 m<sup>3</sup></li> <li>- 헬륨 1.288 m<sup>3</sup></li> </ul> </li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>○잠수 최대 수심 : 984 ft (체류 시간 14일)</li> <li>○조류제한 2 kts</li> <li>○잠수가능시간 및 횟수 (잠수사 3명 기준)                             <ul style="list-style-type: none"> <li>- 14일 작업일수 (가감압 제외)</li> </ul> </li> <li>○기체저장 능력                             <ul style="list-style-type: none"> <li>- 산소 720 m<sup>3</sup></li> <li>- 헬륨 9.432 m<sup>3</sup></li> </ul> </li> </ul>
잠수장치	<ul style="list-style-type: none"> <li>○ 감압병 치료용 (6인용)                             <ul style="list-style-type: none"> <li>- 사용압력 6.9 bar</li> <li>- 총 용적 10.9 m<sup>3</sup></li> <li>- 산소마스크 6개</li> </ul> </li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>○ 감압병 치료용 (6인용)                             <ul style="list-style-type: none"> <li>- 사용압력 6.9 bar</li> <li>- 총 용적 5.9 m<sup>3</sup></li> <li>- 산소마스크 6개</li> </ul> </li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>○감압병 치료용 (10인용)                             <ul style="list-style-type: none"> <li>- 사용압력 5.5 bar</li> <li>- 총 용적 12.3 m<sup>3</sup></li> <li>- 산소마스크 10개</li> </ul> </li> <li>○2 x DDC(3 / 6인용)</li> <li>○1 x PTC(3인용)</li> <li>○이동식 챔버(2인용)</li> <li>○1 x Wet Bell(2인용)</li> <li>○DSRV 탑재</li> </ul>

현재 운용되고 있는 해군의 청해진함에 탑재된 포화잠수 시스템은 건조 당시 외국에서 기존에 활용 및 적용되고 있는 장비들이 탑재되었다. 현재 미 해군에서 운용중인 구난함은 통제 및 전자장비가 아날로그에서 디지털로 상향되고 운용자 편의를 고려한 장비들이 탑재되어 있다. <표 2> 15) 는 미국과 영국 해군에서 운용중인 구조함으로써 주요 제원과 임무를 비교한 것이다.

<표 2> 외국 잠수/구난함 주요 제원

구분	ASR 21 Class (PIGEON/미국)	K07 Class (CHALLENGER/영국)	ARS 50 Class (SAFEGUARD/미국)
함 크기 (L × B × d) (경하 중량)	○76.5 × 26.2 × 6.7 m (3,600 ton)	○134.1 × 18 × 5.3 m (6,500 ton)	○77.3 × 15.4 × 5.2 m (2,482 ton)
주요임무	○DSRV 수상지원 및 인명구조 ○심해잠수 지원 ○구난작전 지휘	○해저탐색 및 관찰 ○해저작업 ○물체인양	○수상함 구조
잠수장치	○최대잠수수심 - DSRV : 1,500 m - PTC : 300 m ○포화잠수 (He + O <sub>2</sub> GAS) ○2 x DDC(4인용) ○2 x PTC ○1 x Diving Bell ○2 x DSRV ○Moon Pool	○최대잠수수심 - 300 m ○포화잠수 (MIXED GAS) ○2 x DDC(6인용) ○1 x Diving Bell (3인용) ○1 x TUMS (예항식 무인잠수정) ○Moon Pool ○ROV	○잠수능력 -Air : 190 ft -Mixed Gas : 300 ft

15) ATS-II Diving system Design report 인용



(그림 3) 잠수함 구조 포화잠수

(그림 3)[5]에서는 미 해군의 잠수함 인명 구조 방법을 나타낸 것으로써 심해잠수구조정(DSRV)과 잠수종(Diving Bell)을 이용한 포화잠수 개념에서 시작되었다.

잠수사들은 잠수종을 타고 내려가서 DSRV 접합을 위한 사전준비를 하고 난 후 DSRV는 침몰된 잠수함으로 이동하여 승조원 구조를 위해 잠수함 hatch에 접합한다. 구조를 위한 모듈은 압력을 가할 수 있는 PRM(Pressurized Rescue Module) 개념이 도입된 모듈이 개발되었고, 이 시스템은 구조함에 탑재되어 원격조정으로 통제할 수 있는 기술로 발전되고 있다.

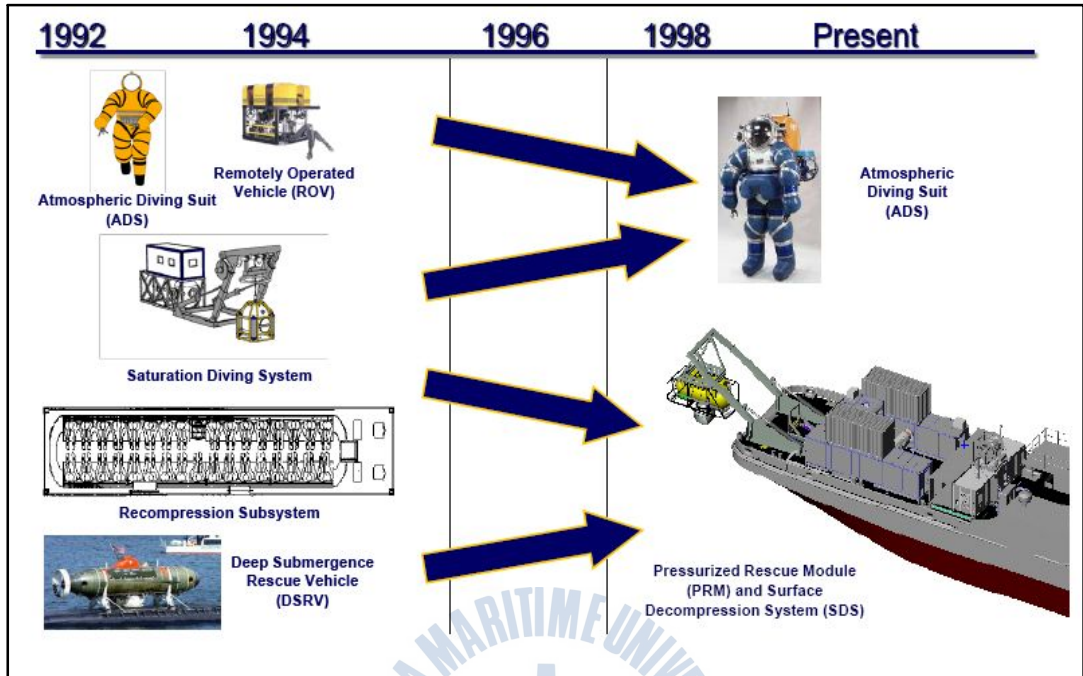
1990년대 포화잠수를 통해 잠수함 구조작전을 하기위하여 대기압 잠수복(ADS<sup>16)</sup>), 무인잠수정(ROV)과 포화잠수 시스템을 갖추고 잠수병 치료를 할 수 있는 감압 챔버 장치를 탑재한 구조함을 설계/건조하기 시작하였다.

(그림 4)와 (그림 5)[5]는 포화잠수 시스템에서 감압 필요성이 없는 대기압 잠수복으로, 함상에 탑재된 감압 챔버와 DSRV는 PRM과 SDS<sup>17)</sup>를 탑재할 수 있는 SRDRS<sup>18)</sup> 개념으로 변화하고 있다는 것을 나타낸 것으로 잠수 산업 분야의 발전에 의한 것이라 볼 수 있다.

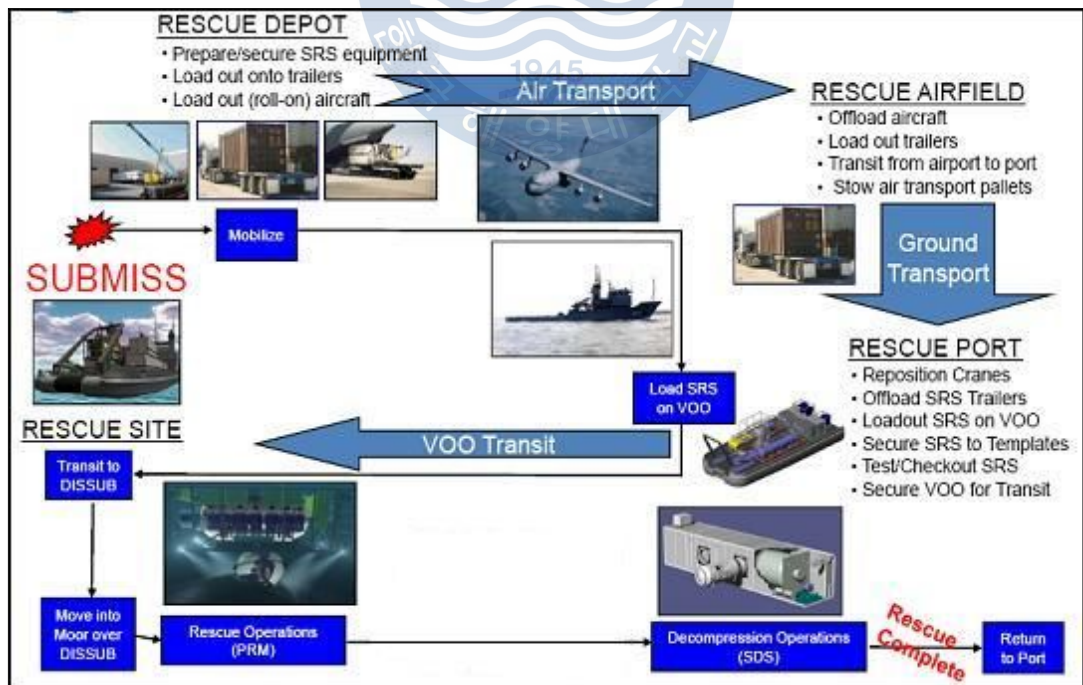
16) Atmospheric Diving Suit

17) Surface Decompression System

18) Submarine Rescue Diving and Recompression System



(그림 4) 미 해군의 잠수/구난 변천사

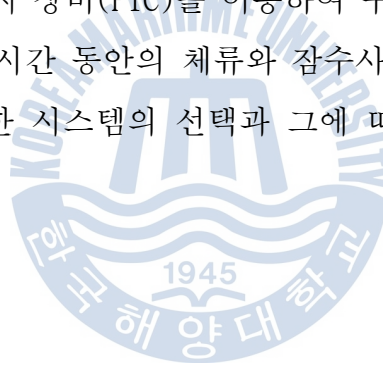


(그림 5) 미 해군의 잠수/구난 체계도

전 세계 해역을 작전구역 개념으로 보는 미국의 경우에는 기존 구조함 처럼 모든 시스템이 구비된 함정은 원거리를 빠르게 이동하는데 제한이 있기 때문에 필요한 장소에 빠르게 이동할 수 있는 수단인 SRDRS 개념은 현 미 해군 구조작전에 부합되는 시스템으로 볼 수 있다.

상기 내용은 군사 잠수와 관련된 잠수 구난체계이지만 잠수 산업분야가 발전되면서 좀 더 발전된 잠수 구난체계가 적용됨을 알 수 있으며 각 종 규격 및 기준의 발전도 짐작할 수 있는 부분이다.

유럽의 경우 산업잠수 업체가 많이 진출하고 있는 중동지역의 수심은 대부분 100 m 이내이고 잠수사가 직접 작업을 하는 수작업이 많아 혼합기체 잠수 보다는 포화잠수 시스템을 이용한다. 이 시스템은 잠수사가 수압을 직접 받지 않고 수심까지 장비(PTC)를 이용하여 수중 작업현장에 도착하여 수중에서 더 많은 작업시간 동안의 체류와 잠수사의 수중안전을 고려하고 수중 작업환경에 적합한 시스템의 선택과 그에 따른 안전 기준의 발전이라고 하겠다.





# 제 3 장 잠수 시스템 국내·외 기준 고찰 및 개선방안

## 제 1 절 잠수 시스템 관련 각 선급의 규칙 고찰

본 절에서는 각 선급의 규칙을 근거로 하여 잠수 시스템의 기본 구성에 대해 정의하였으며 잠수 시스템의 구분을 Surface, Bounce, Saturation으로 구분하고 있다. 각 선급 규칙은 앞서도 언급한 것과 같이 국제해사기구 협약과 국제적으로 통용되는 규격을 반영하여 개발되었기 때문에 큰 차이 점은 없다. 유럽 DnV 선급[6], 미국 ABS 선급[7] 및 우리나라 KR [8]의 잠수 시스템 규칙을 구성별로 구분하여 <표 3> - <표 11>과 같이 비교하였다.

<표 3> 각 선급의 챔버 장치 관련 규칙 비교 -1

구분	KR	DnV	ABS
내부 조건	<ul style="list-style-type: none"> <li>◦ pp CO<sub>2</sub> ≤ 0.005 bar (정상시)</li> <li>pp CO<sub>2</sub> ≤ 0.02 bar (비상시)</li> <li>◦ 온도 : 27 - 36 °C에서 ± 1 °C 유지</li> <li>◦ 상대습도 : 50 % 이상유지</li> <li>◦ 소음 수준 : 상시(8시간 이상) 소음 수준 65 dB 이하</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>◦ pp CO<sub>2</sub> ≤ 0.005 bar (정상시)</li> <li>pp CO<sub>2</sub> ≤ 0.02 bar (비상시)</li> <li>◦ 온도 : 목표 온도에서 ± 1°C 유지</li> <li>◦ 상대습도 : 50 % 유지</li> <li>◦ 소음 수준 : 잠수사가 해로운 소음에 노출되지 않도록 할 것.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>◦ pp CO<sub>2</sub> ≤ 0.005 bar</li> <li>◦ 상대습도 : 50 % ± 20 %</li> </ul>

<표 4> 각 선급의 챔버 장치 관련 규칙 비교 - 2

구분	KR	DnV	ABS
구성품	<ul style="list-style-type: none"> <li>(1) 챔버                             <ul style="list-style-type: none"> <li>◦ 침구(12시간 이상 머무를 경우)</li> <li>◦ 샤워실/화장실(구획별), 조명 설비</li> <li>◦ 인터록 장치(식량, 의약품, 쓰레기 반출용)</li> </ul> </li> <li>(2) 잠수 벨                             <ul style="list-style-type: none"> <li>◦ 중량측정 인양 고리</li> <li>◦ 온수용, 호흡가스용 연결구</li> <li>◦ 잠수사 의식 회복 장비, 좌석</li> </ul> </li> <li>(3) 관망창                             <ul style="list-style-type: none"> <li>◦ 관망창(수중 외부 작업자 관찰용)</li> </ul> </li> <li>(4) 생명유지 장치</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>(1) 챔버                             <ul style="list-style-type: none"> <li>◦ 최소 내부 직경 170 cm(<math>d_{max} &lt; 60 \text{ msw}</math>, Top &lt; 8 hr)</li> <li>183 cm(<math>d_{max} &lt; 125 \text{ msw}</math>, Top &lt; 24 hr)</li> <li>200 cm(제한 조건 없음)</li> </ul> </li> <li>◦ 침대 최소 크기 : 198 cm × 80 cm</li> <li>◦ 침구(12시간 이상 머무를 경우)</li> <li>◦ 샤워실/화장실(구획별), 조명 설비</li> <li>◦ 인터록 장치(식량, 의약품)</li> <li>(2) 잠수 벨                             <ul style="list-style-type: none"> <li>◦ 관망창(수중 외부 작업자 관찰용)</li> <li>◦ 인양 위한 추가 외부 고리</li> <li>◦ 잠수사 리프팅용 내부 고리</li> </ul> </li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>(1) 관망창                             <ul style="list-style-type: none"> <li>◦ 작동 온도 : -18 ~ 66°C</li> <li>◦ 감압 또는 가압 비율 : 10 bar/s</li> <li>◦ 최대 작동 압력 : 1380 bar</li> </ul> </li> <li>(2) 설계수명과 사용수명에 대한 명확한 기준 명시</li> </ul>
출입구	<ul style="list-style-type: none"> <li>◦ 출입문, 해치 지름 : 500mm 이상</li> <li>◦ 잠수 벨 해치 : 600mm 이상</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>◦ 최소 직경 : 600mm,</li> <li>◦ 벨의 Lock 직경 : 800mm 이상</li> </ul>	-

<표 5> 각 선급의 생명유지 장치 관련 규칙 비교 - 1

구분	KR	DnV	ABS
가스 공급	<ul style="list-style-type: none"> <li>◦ 비상용 가스</li> <li>- 정상 작업 시 밀폐 용기에 분리하여 저장</li> <li>- 최대작동수심에서 24시간 이상유지 가능, 산소 공급 보충 위해 1개 산소 용기 설치</li> <li>◦ 가스 공급(가압) : 거주 구획 압력별</li> <li>- 2 bar 이하 : 2 bar/min</li> <li>- 2 bar 이상 : 1 bar/min</li> <li>◦ 가스 배출 : 1 bar/min</li> <li>◦ 최소 요구 장치 (각 구획별, 잠수 벨)</li> <li>- 2개의 독립 가압 가스 공급</li> <li>- 1개의 챔버 배기가스장치</li> <li>- 1개의 고정호흡장치 (BIBS)</li> <li>- 1개의 마스크 배기 장치</li> <li>- 1개의 가스순환장치</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>◦ 비상용 가스 최소 저장량</li> <li>- 내부 공간을 한번 가압하고 Bell과 통로를 다시 최대 잠수 수심까지 가압 가능한 양</li> <li>- 작업 시간이 12시간 이상 시 가장 큰 구획을 최대 잠수 수심까지 가압 할 수 있는 양</li> <li>◦ 내부 및 마스크 공급 산소 분압</li> <li>- 작업시간 12시간 이하 : 24시간</li> <li>- 작업시간 12시간 이상 : 48시간</li> <li>◦ 순수 산소의 최소 부피</li> <li>- 작업시간 12시간 이하 : 2 Nm<sup>3</sup></li> <li>- 작업시간 12시간 이상 : 4 Nm<sup>3</sup></li> <li>◦ 비상용 마스크 가스양 최소치</li> <li>- 산소분압 0.18 ~ 1.25 bar 에서 2 m<sup>3</sup></li> <li>- 18 m 이상 수심 산소 분압이 산소분압 1.5 ~ 2.5 bar일 때 15 m<sup>3</sup></li> <li>◦ 벨 자체 보유 비상 가스 저장 장치 최소 요구량</li> <li>- 산소 : 잠수사당 1 Nm<sup>3</sup></li> <li>- 혼합 가스 : 최대 수심에서 40 %</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>◦ 가스 저장 CGA 19) Regulation에 따름</li> <li>◦ 저장 용기 위치 용기 내부 기체가 모두 주변으로 유출되었을 경우 압력이 1기압 이상 되거나, 산소 부피가 전체의 23 % 이상이 되지 않도록 배치해야 한다.</li> <li>◦ 이산화탄소 제거 시스템 이산화탄소 농도를 전체 부피의 5%이하로 유지</li> <li>◦ 비상용 가스 준비량</li> <li>- 함상공급라인이 없을 경우 : 비상 계획에 일치하는 양, 단 72시간 이내</li> <li>- 함상공급라인이 있는 경우 : 설계 요구량의 10 % 만큼 추가, 8시간 이내</li> </ul>

19) Compressed Gas Association

<표 6> 각 선급의 생명유지 장치 관련 규칙 비교 - 2

구분	KR	DnV	ABS
가스 공급	<ul style="list-style-type: none"> <li>가압장치 ~ 2 bar : 2 bar/min 2 bar ~ : 1 bar/min</li> <li>가스 배출 장치 배출률 : 1 bar/min</li> <li>배기가스 제거장치 분당호흡률의 3배 가스 처리 용량</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>가압장치 ~ 2 bar : 2 bar/min ~ 2 bar : 1 bar/min</li> <li>최소 감압 속도 ~ 2 bar : 1 bar/min</li> <li>Bell에는 두개의 독립적인 가스 공급 Umbilical 보유</li> <li>산소 함량 20 % 이하인 혼합기체가 저장된 폐쇄 구역에는 시청각 알람을 구비한 산소 분석기를 설치</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>비상 생명 유지 장치 - 마스크 : 1인당 1개 - 이산화탄소 : 부피 1.5 % 이하 유지</li> <li>호흡가스 저장</li> <li>산소 공급</li> <li>폐쇄 호흡 가스</li> <li>산소 농도 18 ~ 23 % 내 기준</li> <li>1기압 챔버 산소 시스템에 대한 기준</li> </ul>

<표 7> 각 선급의 잠수중 장치 관련 규칙 비교

구분	KR	DnV	ABS
잠수중	<ul style="list-style-type: none"> <li>정상 호흡용 가스 + 수중 독립 가스 공급 용기 제공</li> <li>Umbilical은 잠수사별 독립 공급</li> <li>비상 산소 공급 장치는 산소분압 조절장치 부착</li> <li>전기설비가 침수되지 않도록 출구 근처에 2개의 독립된 배기 가스 계통 배치</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>정상 호흡용 가스 + 수중 독립 가스 공급 용기 제공</li> <li>배기 장치 - 일부 침수 시 직립 상태에서 전기 장비까지 물이 넘치지 않도록 함</li> <li>- 기울어진 Bell에 해치는 잠기고 물이 찻을 경우 제거할 수 있도록 설계</li> </ul>	<p>강도기준 구성요건 명시</p>

<표 8> 각 선급의 잠수 장치 규칙 비교 - 1

구분	KR	DnV	ABS
마스크	<ul style="list-style-type: none"> <li>◦ 각 구획 인원수 이상의 마스크 구비</li> <li>◦ 호흡 마스크에 자동 감압기 설치</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>◦ 통상 : 잠수사 + 1 (거주구획)</li> <li>◦ 작동시간이 12시간을 넘을 경우 : 잠수사 + 1(통로), 잠수사 + 2 (거주 구획)</li> </ul>	인원수에 대비한 마스크 수량 기준
산소 배관	<ul style="list-style-type: none"> <li>◦ 산소 용기는 통풍이 잘 되고 가연성 재료가 없는 곳에 배치</li> <li>◦ 산소 저장 구역 : A - 60급 갑판</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>◦ 배치 : 대기에 개방된 장소 또는 산소 저장을 위한 별도의 공간, 가연성 물체 또는 유압식 장비 근처 배치</li> <li>◦ 저장 격실 : 주변 공간과 분리, 적절한 환기, 승무원 조종실에 시청각 산소 경보장치 설치</li> <li>◦ 감압 : 저장압(작동 필요 최소압), 감압 장치 저장 용기 근처 배치</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>◦ 산소 공급 1 기압에서 1 인당 0.038 kg/hr</li> </ul>
공기 배관	<ul style="list-style-type: none"> <li>◦ 각종 밸브 기능 및 가스 배관을 색상별로 구분하여 흐름도 부착</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>◦ Relief 밸브 고압시스템 → 저압시스템 성능 : 설계 압력의 110 % 이내 유지</li> <li>◦ 필터는 고압 시스템에 설치</li> </ul>	배관 시스템 설계요건 명시
방화 구조	<ul style="list-style-type: none"> <li>◦ 1974 해상인명안전협약 따름</li> <li>◦ 압력 챔버 내부 및 잠수 벨 : 난연성 재료 사용, 과열방지장치, 정전기 최소화</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>◦ 가연성 물질 사용 금지 - 가연성 물질 : 외부 대기압 또는 내부 최대 압력 하에서 폭발하거나 스스로 연소할 수 있는 물질</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>◦ 화재 시 유독물질 배출 물질 미사용</li> <li>◦ 발화 물질이나 가연성 물질사용 최소화</li> </ul>

<표 9> 각 선급의 잠수 장치 규칙 비교 - 2

구 분	KR	DnV	ABS
통신 장치	IMO Res. A 536(13) 관련 요건	IMO Res. A 536(13) 관련 요건	IMO Res. A 536(13) 관련 요건
화재 감지	<ul style="list-style-type: none"> <li>◦ 내부공간 : 자동 화재 탐지 장치</li> <li>◦ 제어실에서 가시, 가청 경보 수신</li> <li>◦ 화재경보는 자동 및 수동으로 발함</li> </ul>	<p>밀폐된 공간에 설치된 장치의 안팎으로 자동 화재 감지 장치 및 경보 시스템 설치</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>◦ 자동 화재 탐지 및 알람 장치 설치</li> <li>◦ 해수 사용 불가</li> <li>◦ 소화제는 무취</li> </ul>
소화 장치	<ul style="list-style-type: none"> <li>◦ 고정식 소화 장치 : 10 l/m<sup>2</sup> 물 분사</li> <li>◦ 구획별로 수동소화기 비치</li> <li>◦ 소화 물질 : 물 (소화제 비독성)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>◦ 기계 설비에 사용 허가된 고압 수분 분사식 또는 가스 시스템</li> <li>◦ 밀폐 가스 저장 구역 : 외부 화재로부터 압력 용기를 냉각시키고 보호하기 위해 고정식 고압 수분 분사 시스템 설치, 용량은 분당 10 l/m<sup>2</sup> 이상</li> <li>◦ 내부 각 구획에는 소화기 설치</li> <li>◦ 외부, 내부 양쪽 모두 작동 가능</li> <li>◦ 휴대용 소화기 : 10 m 간격 설치</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>◦ 고정 시스템 가스 형을 사용할 경우 구획 전체에 균등하게 분사해야 함</li> <li>◦ 이동식 시스템 이동식 소화기 (정제수, 비전도성 액체 건조한 화학 또는 가스 물질 사용)</li> </ul>
압축기	<p>흡입필터, 냉각기, 수분 제거장치 압력도출 밸브 또는 과열판(10%여유) 압력 게이지</p>	<p>압축기 배출 공기 제한 조건 50 mg water, 1 mg oil/m<sup>3</sup>, 500 ppm 이산화탄소 10 ppm 일산화탄소</p>	<p>압축기 배출 공기 제한 조건(최소) CGA specification G7 Grade</p>

<표 10> 각 선급의 잠수 장치 규칙 비교 - 3

구분	KR	DnV	ABS
조작, 이송 결합 장치 일반 요건	주장치 고장 시 잠수사가 챔버로 돌아갈 수 있는 대체수단 필요대 체수단 실패 시 벨의 비상회수 위한 추가 수단 필요	<ul style="list-style-type: none"> <li>◦ 기계적 멈춤 장치 : Hoisting 모터 정지 시 자동 작동</li> <li>◦ Hoisting 로프가 드럼 축에 대해 2도 이상 기울어져서 감길 경우 교정, 드럼에 감겨진 로프에 압력이나 영구적 변형 금지</li> <li>◦ 적어도 1개의 정상 작동 시스템과 2개의 독립적인 비상 시스템이 존재</li> </ul>	부항에 따른 하중계산식 구성품 요구사항 명시
조작, 이송 결합 장치 Power	작동 전원 세기 : 사용 하중의 1.5배	<ul style="list-style-type: none"> <li>◦ 벨 인양 전력 시스템은 운용 하중의 1.25배의 하중</li> <li>◦ 벨 인양 장치의 기계적 멈춤 장치는 설계 하중을 지지하는 것을 기초로 해야 한다. 정적 테스트 이후 브레이크는 벨의 작동 하중 + 40 % 의 하중을 대비</li> </ul>	동적 하중계산 및 해상 상태 계산식 제공
조작, 이송 결합 장치 Umbilical	<ul style="list-style-type: none"> <li>◦ 액체 및 기체호스 강도 최고 작동 압력의 4배 및 5배 이상</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>◦ Umbilical의 길이는 인양 로프와 분리되어 있을 경우에 다음을 만족                             <ul style="list-style-type: none"> <li>- 최대 작업 수심 + 5 % 또는 실제 바닥 깊이 + 5 %</li> </ul> </li> <li>◦ Umbilical의 최종 인장 강도 정상 작동/비상 작동 시 걸리는 최대 하중의 두 배 이상</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>◦ 최대 압력 : 시스템 작동압력 × 4</li> </ul>

<표 11> 각 선급의 잠수 장치 규칙 비교 - 4

구분	KR	DnV	ABS
조작, 이송 결합 장치 강도	<p>1) 사용 하중 : 잠수 벨의 중량(모든 의장품 적재), 잠수사 무게 (150 kg / 1인), 발라스트 하중 포함</p> <p>◦ 2 m 이하 파고에서 사용하중계수 : 2.0</p> <p>2) Steel wire rope</p> <p>◦ 하중 : 파단강도의 12.5% 이하</p> <p>◦ 블록, 훅, 샤클 등 교체 가능 요소는 사용하중의 2배로 설계</p> <p>◦ 로프의 파단강도는 완전 인장절단시험에 의해 입증</p>	<p>1) 설계 하중</p> <p>◦ significant wave height 2 m 이하: 벨, 부기물의 대기 작동 하중의 2배, 운용 시스템의 구조 부재 무게 (수직 방향 <math>\times 1.3</math>, 수평 방향 <math>\times 0.3</math>)</p> <p>◦ significant wave height 2 m 이상: 24 시간작동시 최대 하중</p> <p>- 벨, 운용 시스템 구조 부재의 무게</p> <p>- 배의 운동에 의한 동하중</p> <p>- 운용 시스템의 작동 및 응답</p> <p>- 유체동역학에 의한 힘</p> <p>◦ Bell 작업 하중 : 모든 장비 포함한 Bell 무게 + 150 kg 잠수사 무게</p> <p>2) 설계 하중에 의한 rope의 장력</p> <p>◦ Steel wire rope 사용 시 SF = 설계하중 factor <math>\times 4</math> (작업 하중의 1.5배 이하) SF = 설계하중 factor <math>\times 3.33</math> (작업 하중의 1.5배 이상)</p> <p>◦ 합성 섬유 rope 사용 시 SF = 설계하중 factor <math>\times 5</math> 설계하중 factor = 설계하중 / 작업하중</p>	<p>1) 설계 하중 : 안전 운용 하중, 관련 동하중, Rigging 하중, 바람, Drag, Added mass에 의한 하중 등의 조합 최댓값</p> <p>2) 안전 계수</p> <p>◦ Wire Rope</p> <p>- 5.0 이상 (전통, 회전 방지 Rope)</p> <p>- 4.0 이상 (Standing Rope)</p> <p>◦ 합성 섬유 Rope</p> <p>- 7.0 이상 (Running Rope)</p> <p>- 5.0 이상 (Standing Rope)</p>



잠수 시스템 구성별 기본적인 구성과 각 선급에서 요구하는 구성 조건은 <표 3> - <표 11>에서 볼 수 있듯이 유사하다. 다만 잠수 설비를 보유한 선박이 사용될 해역의 환경조건과 각 정부 기준을 적용하였다는 것이 차이가 있다.

## 제 2 절 잠수 및 챔버 관련 국내 기준 고찰

외국의 정부 기관과 민간 기관은 우리나라의 잠수 관련 단체와 다른 점이 있다. 우리나라는 주로 잠수 구성 장비 중 챔버에 중점을 두었지만 외국의 경우는 총괄적인 시스템 측면에서의 기준이라는 점에서 차이가 있다.

우리나라 정부 기관의 잠수 시스템에 적용 가능한 기준으로 챔버는 식약청, 선박에 설치된 잠수 설비는 국토해양부, 일반 수중 공사에 사용되는 장비는 산업안전보건법, 잠수사 자격은 노동부와 관련이 있으며 <표 12> - <표 14>와 같이 정리하였다. <표 12>는 산업안전보건법, <표 13>은 의료기기법, <표 14>는 선박안전법에서 잠수와 관련된 법령을 정리하였다.

<표 12> 산업안전보건법령상의 잠수 시스템 관련 기준

관련 법령	조 항	주요 내용
산업안전 보건법	안전검사의 주기	설치 후 부터 3년 이내 최초 안전검사, 그 이후부터 매 2년(건설현장에서 사용하는 것은 최초로 설치한 날부터 매 6개월) 그 밖의 유해·위험기계 등은 사업장에 설치가 끝난 날부터 3년 이내에 최초 안전검사를 실시하되, 그 이후부터 매 2년 검사 실시(공정안전보고서를 제출 및 확인을 받은 압력용기는 4년)
산업안전 보건법 시행규칙	제7장 수입자의 안전인증 의무(제 7장 제59조)	수입하는 자는 산업안전보건법 제34조제2항에 따른 의무 안전인증대상기계·기구 등을 수입하는 경우, 시행령 제28조 제1항 제1호의 기계·기구 및 설비를 제58조의 4에 따른 서면심사와 개별 제품심사를 받고 수입하는 경우에는 안전인증 의무가 부여

<표 13> 의료기기법령상의 챔버 기준

관련 법령	조 항	주요 내용
의료기기법	의료기기 취급자	의료기기를 업무상 취급하는 의료기기 제조업자, 수리업자, 수입업자, 판매업자, 임대업자로서 허가를 받거나 신고한 자, 의료기관 개설자 및 동물병원 개설자.
	의료용 챔버의 분류	A08010 고압산소챔버 <sup>20)</sup> : 대기압보다 높은 압력으로 산소를 가하여 환자의 조직으로 산소를 전달하는 기구. A08020 경피산소챔버 <sup>21)</sup> : 환자의 사지를 챔버에 넣고 사용하는 기구. A08030 복부감압챔버 <sup>22)</sup> : 임신이나 출산 중에 복부의 통증을 완화하고자 복부의 압력을 줄이는 데에 사용. A08040 환자격리챔버 <sup>23)</sup> : 화상 환자 또는 면역성이 약한 환자 등을 보호하기 위한 챔버. 팬, 공기 여과기 등을 갖추고 있으며 외부의 오염을 막기 위하여 내부 압력을 약간 높게 유지하는 기구.

<표 14> 선박안전법령상의 잠수 시스템 관련 기준

관련 법령	조 항	주요 내용
선박안전법	목적 (제1조)	선박의 감항성(堪航性) 유지 및 안전운항에 필요한 사항을 규정함으로써 국민의 생명과 재산을 보호함을 목적으로 한다.
	선박의 정의 (제2조)	수상(水上) 또는 수중(水中)에서 항해용으로 사용하거나 사용될 수 있는 것(선외기를 장착한 것을 포함한다)과 이동식 시추선·수상호텔 등 국토해양부령이 정하는 부유식 해상구조물
	선박시설	선박의 종류/기능에 따라 설치되는 특수한 설비로서 국토해양부장관이 인정하는 설비

20) Hyperbaric chamber

21) Topical oxygen chamber for extremities

22) Abdominal decompression chamber

23) Patient care reverse isolation chamber

산업안전보건법의 예하 기준에서는 「고기압작업에관한기준」, 「산업보건기준에관한규칙」, 「잠수작업에있어안전작업지침」, 의료분야에서는 「고압산소챔버기준」이 예하 기준으로 고시되어 있다. 이 기준들은 시스템 측면보다는 개별 장비에 대한 요구사항을 명시하였으나 향후에는 지원 시스템이 포함된 총괄적인 기준이 마련되어야 할 것이다.

의료계 「고압산소챔버기준」은 대기압보다 높은 압력으로 산소를 가압하여 환자의 조직으로 산소를 이동하게 하는 기구에 대하여 규정한다. 고압산소 챔버 구성으로는 환자를 수용할 수 있는 거주용 압력 용기, 관찰용창(관망창), 송기계통, 배기계통, 환기계통, 안전밸브, 장치내압표시 압력계, 장치 내 환경 감시 장치, 전화 및 통신계통 등으로 구성된다. 고압산소 챔버 기준에서는 <표 15> - <표 16>[9]과 같은 시험을 요구한다.

<표 15> 고압산소 챔버 기준

시 험 명	시 험 내 용
전자과장해에 관한 시험	정보통신부의 관련 고시에 적합하여야 한다.
내압시험	최고사용압력 : 압력 539 kPa (5.5 kgf/cm <sup>2</sup> ) 이하. 시험방법 : KS B 5305 (부르동관 압력계)에 따라 1.5급 이상 또는 이것과 동등 이상 정밀도를 갖는 압력계 사용하여 시험압력 측정
외관검사	장치 전반에 대하여 완성 상태에서 해로운 흠, 변형 등의 이상이 없고 필요한 표시가 확인되어야 한다. 시험방법 : 육안으로 검사 및 확인.

<표 16> 고압산소 챔버 기준 - 1

시 험 명	시 험 내 용
기밀검사	본체, 배관, 등 수압부분에 대하여 최고 사용압력과 동등한 압력으로 기밀 성능을 확인. 시험방법 : 승압 시 압력은 KS B 5305에 따라 측정하고, KS B 6730 (압력용기의 내압시험 및 누수시험)의 4.3에 규정한 방법을 따른다.
송기성능시험	가압속도는 매분 78.5 kPa (0.8 kgf/cm <sup>2</sup> )이하이어야 하고 속도를 임의로 또는 미세하게 조절할 수 있어야 한다. 시험방법 : KS B 5305
배기성능시험	감압속도는 매분 78.5 kPa (0.8 kgf/cm <sup>2</sup> )이하이어야 하고 속도를 임의로 또는 미세하게 조절할 수 있어야 한다. 통상 사용되는 배기 밸브 외에 최고사용압력에서 9.8 kPa (0.1 kgf/cm <sup>2</sup> )까지 60초 이내에 감압할 수 있는 긴급감압용 배기밸브 또는 이를 대신할 수 있는 긴급감압장치가 있어야 한다. 시험방법 : KS B 5305
환기성능시험	이산화탄소 분압이 0.98 kPa (0.01 kgf/cm <sup>2</sup> )를 넘지 않아야 한다. 시험방법 : KS B 5305

<표 15> - <표 16>에서도 알 수 있듯이 의료계의 국내 기준 역시 챔버에 해당되는 내용으로써 그 내용을 분석하면 각 국의 선급 규칙과 요구 성능 값은 유사하다.

식약청 국내 기준에 명시된 챔버는 최대 허용압력이 6 kgf/cm<sup>2</sup> 이내로 잠수의 분류측면에서 보면 수심 55 m 이내의 재압 치료에 사용할 수 있는 조건이며 그 챔버를 운용하기 위한 지원 장비에 대해서는 구체적인 기준이 명시되지 않았다.

<표 17> 의료기기 시험기관

분 류	기 관 명	비 고
의료기기	서울대학교치과병원 임상치의학연구소	
의료기기	경북대학교 생체재료연구소 치과 재료시험 평가센터.	
의료기기	경희대학교 치과재료 시험개발센터	
의료기기	연세대학교 치과대학 치과 의료기기 시험평가센터	
의료기기	연세대학교의료원 연세의료기술품질평가센터	
의료기기	한국기기유화시험연구원	
의료기기	한국생활환경시험연구원	
의료기기	단국대학교 의료기기 시험원	
의료기기	한국산재의료원 재활공학연구소	
의료기기	한국산업기술시험원	
의료기기	서울대학교 임상의학연구소	
의료기기	한국화학시험연구원	
의료기기	한국전기전자시험연구원	

식약청의 위임을 받은 시험 기관은 <표 21>에서 보는 바와 같다. 그러나 우리나라의 챔버 제작업체가 유럽 지역에 수출을 하기 위해서 <표 15> - <표 16>의 기준과 <표 17>의 시험기관 시험 성적서 만으로는 수출의 요건을 만족하지 못한다. 유럽에서 요구하는 CE 마크를 받아야하기 때문이다.

CE<sup>24)</sup> 마크 단어 자체의 의미로는 유럽인들에게 적합하도록 만들어졌음을 증명하는 것이며, 품질에 대한 보증이라기보다는 소비자의 안전, 건강, 위생 그리고 환경 보호와 관련된 유럽 규격의 조건들을 준수한다는 의미이다. 유럽 공동체 이외 지역에서 제조된 제품들도 유럽 시장 내에서 판매와

24) Contorniate European

유통을 원할 경우는 반드시 생산자 스스로 지정된 기관으로부터 CE 마크를 획득해야 한다.

CE 마크는 유럽 내에서 유통되는 모든 제품에 적용되는 것이 아니라 제품의 설계 및 제조단계에서 꼭 고려해야 할 필수요건을 정한 품목을 유럽 연합<sup>25)</sup> 지침(Directives)에서 명시한 제품에 한정하며 유럽시장 통합의 일환으로서, 지역 내 상품의 자유로운 유통을 보장하기 위하여 기존의 인증 제도는 그대로 두고, EC<sup>26)</sup> 차원의 새로운 인증 제도를 도입한 것이다.

유럽 각 국가들은 규격과 기술의 적합성을 평가하는 별도의 인증 제도를 가지고 있고, 유럽차원의 타 인증제도도 실시하였으나, 1985년 EC 집행부의 새로운 기술 등의 채택으로 기존의 EC 차원의 인증 제도를 보다 폭 넓게 실시하게 되었다.

CE 마크의 인증 효과는 다음과 같다.

1. 단일화된 유럽규격의 정비와 통일적용으로 규모의 경제를 실현 가능
2. EU 및 EFTA<sup>27)</sup>회원국과 특혜 관계국과의 교역이 용이해짐
3. 비 특혜 관계국의 유럽현지 진출 업체 역시 EU내 판매유통 가능
4. 유럽시험 및 인증기구(EOTC<sup>28)</sup>)의 설립으로 EU창구의 일원화로 인증 절차 간소화

CE 마크의 적용국가로는 EU 15개국과 1994년에 EEA<sup>29)</sup>의 3개국이 유럽연합 지침과 CE 마크를 인정했으며, 유럽 자유무역연합의 4번째 국가인 Switzerland가 CE 마크를 인정하면서, 유럽의 총 19개국이 현재 CE 마크를 인정하고 있다.

KS 마크와 CE 마크와 차이점을 <표 18>에서 정리하였다.

---

25) European Union

26) European Commission

27) European Free Trade Association

28) European Organization for Testing and Certification

29) European Economic Area

<표 18> KS 마크와 CE 마크의 비교

항 목	CE 마크	KS 마크
대 상 물	제 품	제품 및 가공방법
심사방법	Global Approach에 의한 모듈방식	표준화능력 평가기관에 의한 심사
규 격	EN 규격 및 기타 규격	KS 규격
표 시	강제 표시	임의 표시
표시방법	제품 또는 포장	제품, 포장, 용기 등
마크의 표시자	EU 지역 내 지역 외의 제조자 및 승인된 제조자	허가된 제조자 및 승인된 외국 제조자
마크의 효력	유럽	한 국
심 별	CE	㉞

우리나라 잠수와 관련된 KS규격은 <표 19>에 정리한 것과 같다. <표 19>에서 보듯이 KS 규격의 90% 이상이 스쿠버 및 레크리에이션 잠수에 한정되어 있으며 제 3 장 제 3절의 <표 23> - <표 25>에서 언급된 국제 규격 중 일부만이 KS 규격화 되었을 뿐이다.

잠수 시스템 안전 기준 제정과 병행되어 국제 규격의 KS 규격화도 더욱 활발하게 이뤄져야 할 것이다.

<표 19> KS 규격 현황

KS 번호	표 준 명	제정/개정일
KS B ISO 15618-1	수중용접 용접사의 자격인정시험	2008.09.08
KS B ISO 6425	잠수용 시계	2008.09.05
KS M 6612	잠수용 고무호스	2009.06.05
KS G 7005	스쿠버용 실린더	2009.09.01
KS G 7006	스쿠버용 실린더 밸브	2009.09.01
KS G 7007	스쿠버용 레귤레이터	2009.07.30
KS G 7008	스쿠버용 부력 조정구	2009.07.30
KS G 7009	스쿠버용 압축 공기 기준	2005.12.23
KS S ISO 24801-1	레크리에이션 스쿠버 다이버 교육을 위한 최소 안전 요건-1부 : 초급 다이버	2007.12.05
KS S ISO 24801-2	레크리에이션 스쿠버 다이버 교육을 위한 최소 안전 요건-2부 : 중급 다이버	2007.12.05
KS S ISO 24801-3	레크리에이션 스쿠버 다이버 교육을 위한 최소 안전 요건-3부 : 다이버 리더	2007.12.05
KS S ISO 24802-1	스쿠버 강사의 교육을 위한 최소 안전 요건-1부 : 단계1	2007.12.05
KS S ISO 24802-2	스쿠버 강사의 교육을 위한 최소 안전 요건-2부 : 단계2	2007.12.05
KS S ISO 24803	레크리에이션 스쿠버 다이빙 서비스 제공자에 대한 요건	2007.12.05
KS V 4000	잠수용 호흡공기 압축기	2003.06.04



### 제 3 절 국내 기준을 위한 잠수 시스템 장비 구성(안)

세계 10대 선급<sup>30)</sup> 규칙은 국제선급연합회의 기술위원회에서 논의된 기술 내용과 국제해사기구<sup>31)</sup>의 기술위원회에서 채택한 사항을 선급 규칙으로 제정 및 반영하고 있다. 각 기술위원회는 각국의 리더(Leader)격인 기술 단체에서 연구 발표된 쟁점들과 자국의 산업계에서 논의된 사항들에 대한 기술적 합의를 하여 기술 회람으로 발표한다. 예로 대부분의 챔버와 관망창(viewport)의 설계 기준은 미국규격협회<sup>32)</sup> 및 미국재료시험협회<sup>33)</sup>의 표준을 반영하였으며 유럽의 경우에는 영국 표준규격협회<sup>34)</sup>의 표준을 적용하여 잠수함 압력 동체 등 내압 동체에 관련된 설계 기준을 제공하는데 이런 규격들이 기술적 합의에 의해 발표된 것들이다.

국제표준기구<sup>35)</sup>에서도 여러 국제 표준을 제공하고 있다. 잠수 시스템의 경우 국제적으로 통용되는 표준 규격, 각 선급의 규칙, 국제 협약 등은 미해군 Diving Manual의 감압절차를 이론적 기초 배경으로 정립하였으며 각 국가 기준도 자국의 현실과 국제 표준 규격에 따라 규정(Legislation)을 제정, 시행중이다.

일반적으로 잠수 분야 중 유인잠수를 대기압 잠수와 환경압 잠수로 분류한다. 환경압 잠수 중에서 잠수 시스템 구성이 필요한 잠수는 표면공급식(Surface)과 혼합기체(Bounce, Saturation) 잠수라 할 수 있다.

잠수 시스템 구성의 개념 설계는 잠수기술에 따른 잠수 장비의 구성 및

---

30) 미국(ABS), 프랑스(BV), 중국(CCS), 노르웨이(DnV), 독일(GL), 한국(KR), 영국(LR), 일본(NK), 러시아(RS)

31) International Maritime Organization

32) American Society of Mechanical Engineers

33) American Society for Testing and Materials

34) British Standard Institution

35) International Standard Organization

운영 방법과 잠수사에게 기체의 종류에 따라 일정 압력과 양으로 공급하는 것을 결정하는 것이라 할 수 있으며 상세 설계에서는 수중 또는 수면 상에서 공급하는 기체의 요구량, 잠수 작업 시 요구되는 기체 요구량 및 헬륨/산소 기체의 압력과 총 표면 등가(等價) 부피 계산, 기체 용기의 내부 압력 및 부피, 기체 공급 장치내의 압력 계산, 기체의 부분압, 챔버 또는 기체 저장 용기내의 가스 순도 계산과 시스템의 고장형태 분석(FMEA<sup>36)</sup>) 등이 포함되어야 한다.

우리나라 해군에서는 잠수 시스템의 중요한 목적을 규정된 수심까지 잠수사를 안전하게 데려가고 그 수심에서 생명을 유지하며 수행하고자 하는 임무를 수행한 후 잠수사를 해상으로 안전하게 복귀시키는 것이다. 따라서 안전 설계의 모든 측면에 관한 최종 책임은 궁극적으로 설계자의 책임이며 어떤 문서나 교범에 위임될 수 없다[10] 라고 규정하는데 이는 설계 및 시스템 구성의 중요성을 강조한 것이다.

잠수 시스템에 따라 설계 시 반드시 고려되어야 하는 사항들에는 차이점이 있다. 이러한 시스템별 차이점을 국제적으로 통용되는 규격 및 선급협회 규칙을 기반으로 하여 잠수 시스템의 표준 구성별 특성에 대해 정의하고자 한다.

잠수 지원 선박을 건조하기 위해서는 먼저 그 선박이 사용될 해역 조건, 설계 조건, 잠수 시스템 구성별 특징을 선정한 후 선주가 요구하는 선박을 설계 및 건조하여야 한다.

설계 요건 중 기본적으로 고려해야할 것은 표면공급 공기잠수, 표면공급 혼합기체 및 포화잠수 시스템 중 시스템의 구성의 선택과 최대 제한 수심 및 그 수심에서의 최대 체류 시간을 결정하여야 한다.

최대 제한 수심과 체류 시간은 감압 챔버를 가압하는 기체의 종류 및 보유량과 밀접한 관계가 있기 때문에 고려되어야 할 중요사항 중 하나이며

---

36) Failure Mode and Effects Analysis

미 해군 잠수 지침과 영국 정부 기준을 근거로 <표 20>에서와 같이 정리하였다.

<표 20> 잠수 분류별 최대수심 및 최대 체류시간 비교

구 분	표면잠수	비 포화 잠수	포화잠수
최대 수심	60 MSW <sup>37)</sup>	125 MSW	무제한
최대 체류 시간	8 시간	24 시간	최소 14일

잠수 시스템 설계 시 사용될 해역 환경과 최대 수심 및 시간이 결정되었다면 어떤 시스템을 적용할 것인가를 결정하여야 한다.

각 선급 규칙에서 공통적으로 요구하는 각 시스템의 기본 구성을 고찰하여 본 절에서는 국제적으로 통용되는 규격과 노르웨이선급, 미국선급, 영국선급, 한국선급의 잠수 관련 규칙을 고찰하여 국내에서 적용될 수 있는 잠수 시스템의 표준 구성을 <표 21> - <표 23>과 같이 제시하였다

<표 21>의 혼합기체 잠수 시스템은 표면공급식으로 비포화 잠수에 적용할 수 있으며 사용되는 기체가 공기 또는 혼합기체를 모두 포함하는 최대 수심 125 MSW, 체류 시간 24시간의 잠수 지원 장치이다.

각 구성(안)과 기능은 <표 21>에 정리하였으며 그 기능별 요구되는 설계, 제작, 시험 기준은 <표 24> - <표 25>에 제시하였다.

37) Meter Sea Water

<표 21> 혼합기체 잠수 시스템의 구성별 기능

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 산소 농도 분석과 잠수 수심 확인 ○비상 상황 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

<표 22>에서는 포화잠수 시스템의 기본 구성과 기능이다. 이 시스템도 공기잠수 및 혼합기체 잠수 시스템을 모두 포함하며 잠수 방법에 있어서도 공기 및 혼합기체 잠수를 지원할 수 있는 시스템으로 구성되어야 한다.

<표 22> 포화잠수 시스템의 구성별 기능

구 분	구 성 별 기 능
선상 감압 챔버 (DDC, Deck Decompression Chamber)	<ul style="list-style-type: none"> <li>○가압, 감압 챔버 및 감압병 치료 및 예방</li> <li>○잠수작업 신체에 압력 평형을 조절</li> </ul>
잠수사 이송 캡슐 (PTC, Personal Transfer Capsule)	<ul style="list-style-type: none"> <li>○가압 또는 대기압 상태로 수중작업장과 선상 감압실간에 잠수사를 이동하는 캡슐</li> </ul>
잠수사 이송 캡슐 조종 장치 (PTC Handling System)	<ul style="list-style-type: none"> <li>○PTC를 작업수심까지 내리고 다시 회수하여 DDC에 연결하는 장치</li> </ul>
생명줄 장치 (Umbilical System)	<ul style="list-style-type: none"> <li>○PTC로 가스, 전원 공급 및 통신, CCTV 화면 전송 등을 하는 장치</li> </ul>
생명유지 장치 (Life Support System)	<ul style="list-style-type: none"> <li>○DDC 및 PTC의 잠수사의 온/습도 조절하여 호흡 가스 내 이산화탄소를 제거하고 산소량을 조절장치</li> </ul>
기체 장치 (Gas System)	<ul style="list-style-type: none"> <li>○잠수작업에 필요한 호흡가스 저장, 공급 및 회수, 압력조정, 헬륨재생, 산소농도 등을 조절하는 장치</li> </ul>
선상 감압 챔버 조종 장치 (DDC Control System)	<ul style="list-style-type: none"> <li>○DDC에 호흡가스의 공급/회수, 압력조절 CO<sub>2</sub> 및 산소제어</li> <li>○DDC 내 잠수사의 상태감시, 통신 등을 하는 장치</li> </ul>
잠수사 이송 캡슐 조종 장치 (PTC Control System)	<ul style="list-style-type: none"> <li>○PTC 호흡가스의 공급/회수, 압력조절, CO<sub>2</sub> 및 산소제어</li> <li>○PTC내의 잠수사 상태감시 및 통신</li> <li>○잠수사의 해저관찰 및 전원공급 등을 조정</li> </ul>
중앙 구조 조종실 RCC(Rescue Control Center) Instrument Console	<ul style="list-style-type: none"> <li>○DDC 및 PTC 내부 관찰 및 잠수사의 TV 카메라를 통한 해저 관찰</li> <li>○조종실과 PTC 및 DDC간의 통화, PTC 및 잠수사 수심, DDC 각 Lock의 압력 등 전시 장치</li> </ul>
이동용 챔버	<ul style="list-style-type: none"> <li>○1명의 환자와 1명의 환자 보호요원이 탑승하여 잠수사 이송하는데 사용</li> </ul>

<표 21>과 <표 22>에서 혼합기체 잠수 및 포화잠수 시스템의 가장 큰 차이점은 비포화 또는 포화 시스템의 적용 여부이다.

포화잠수 시스템은 PTC를 이용하여 잠수 초기부터 잠수사가 수중에 노출되지 않고 목표 수심(작업 수심)에 도착함으로써 수중에 노출되는 시간을 줄임으로 인해 잠수사의 안전을 그 만큼 보장할 수 있다.

혼합기체 잠수도 잠수사가 처음부터 수중에 노출되지 않는 시스템을 적용할 수는 있으나 그에 따라 요구되는 장비 구성 규모나 설치비용에 많은 차이가 발생되기 때문에 안전한 수심에서의 혼합기체 시스템에서는 대부분 PTC 보다는 개방형 잠수종을 사용하는 시스템을 적용한다.

<표 21>과 <표 22>에서 정의한 각 시스템 구성과 관련하여 <표 23> - <표 25>는 잠수 시스템의 설계, 제작, 검사 시 기준이 되는 국제적으로 통용되는 규격으로써 각 선급단체의 규칙 개발에 기본적으로 적용하고 있는 규격이다.

<표 23> 잠수 시스템 구성별 해당 국제 규격 - 1

구 분	구성별 기능
잠수 장치 안전 기준 (국제 협약)	<ul style="list-style-type: none"> <li>- IMO Code of Safety for diving System, 1995 Resolution A.831(19)</li> <li>- IMO Guidelines and Specifications for Hyperbaric Evacuation System, 1991 Resolution A.692(17)</li> </ul>
감압 챔버 및 압력용기 제작 설계 기준	<ul style="list-style-type: none"> <li>- ASME VIII Div.1 ASEM Boiler and Pressure Vessel Code</li> <li>- ASME PVHO-1-2002 Safety Standard for Pressure Vessels for Human Occupancy</li> <li>- ASME PVHO-2-2007 Safety Standard for Pressure Vessels for Human Occupancy in Service Guidelines for PVHO Acrylic Windows</li> </ul>

<표 24> 잠수 시스템 구성별 해당 국제 규격 - 2

구 분	구성별 기능
가스 저장 설비 설계 및 장치 요건	<ul style="list-style-type: none"> <li>- API Codes for hoses</li> <li>- API 17E Specification for Subsea Production Control Umbilicals</li> <li>- BS 5355 Specification for filling ratios and developed pressures for liquefiable and permanent gases.</li> <li>- EN 738-1, -2 and -3 1997/1998 Pressure regulators for use with medical gases</li> <li>- EN-1964-1:2000 Transportable gas cylinders (part 1:1999, part 2:2001 or part 3:2000)</li> <li>- EN 1968 :2002 Periodic Inspection and testing of Seamless gas cylinders</li> <li>- EN ISO 11120:1999 Gas cylinders - Refillable seamless steel tubes for compressed gas transport, of water capacity between 150 l and 3000 l - Design construction and testing</li> </ul>
순수 산소계통 (산소 농도 25% 이상) 설계 조건	<ul style="list-style-type: none"> <li>- ASTM G93-96 Standard Practice for Cleaning Methods and Cleanliness Levels for Materials and Equipment Used in Oxygen- Enriched environments</li> </ul>
D.P System 국제 협약	<ul style="list-style-type: none"> <li>- IMO MSC/Circ.645 of 6 June 1994 Guidelines for Vessels with dynamic positioning systems</li> </ul>
화재 방화 관련 국제 협약	<ul style="list-style-type: none"> <li>- IMO Resolution A.809(19) In reference to SOLAS Regulation III/ 6.2.1 and III/6.2.2.</li> <li>- IMO res. MSC.61(67) (FTP Code)</li> </ul>
챔버 및 거주 구역 소음 기준	<ul style="list-style-type: none"> <li>- IMO resolution A.468 (XII) Code on noise levels onboard ships.</li> </ul>

<표 25> 잠수 시스템 구성별 해당 국제 규격 - 3

구 분	구성별 기능
전기 설비 기준	- IEC No.79-10 International Electro technical Commission's Publication No.79-10, and IMO (MODU) Code chapter 6
생명줄 등 호흡 기체 공급 호스 기준	- ISO 10380, BS 6501 Flexible metallic hoses - ISO 13628-5 "Petroleum and natural gas industries Design and operation of subsea production systems - Part 5: Subsea control umbilicals" - SAE J 517, DIN EN 853, 856, 857 Rubber Hoses and Hose Assemblies

잠수 시스템의 기본적인 구성은 <표 21> - <표 22>와 같이 잠수 수심과 수중 환경, 체류시간 등에 따라 잠수사의 생명을 지원하는 장비들의 용량, 형태만 변경될 뿐이고 기본적인 구성은 그 범주를 넘지 않는다. 예를 들면 잠수사 이송캡슐의 크기는 노르웨이는 1.8 m, 영국은 2 m로 규정하며 PTC의 비상 기체 사용 시간도 노르웨이는 8시간, 영국은 12시간으로 사용조건에 따라 차이가 있다.

상기와 같이 잠수 시스템의 구성별 특성을 고려하여 설계자가 설계를 하면 잠수 시스템 인증기관은 시스템의 안전 운용 범위 내에서 장비의 정상 및 긴급 운용절차, 정비 유지절차 문서와 잠수 시스템 구성 장비에 대해 안전성을 검토한 후 현장 검사를 통해 잠수 시스템을 인증할 수 있다.

잠수 시스템은 구성 장비의 특성, 규모, 적용되는 잠수기술과 잠수의학(감압 치료표 등)의 최신 규격에 따라 구성 요건은 변경되어야 한다. 그 예로 미 해군 잠수 교범 5번째 개정판에서는 감압 테이블의 감압 기준은 산소 감압을 언급하지 않았지만 6번째 개정판에서는 산소 감압을 적용하여 수중감압 체류시간을 대폭 줄임에 따른 장비 구성도 산소 감압 수단을 추가



하는 방법론을 제시하고 있다.

잠수기술의 변화는 잠수사의 안전성과 관련되며 잠수 시스템 구성 변화와 밀접한 관계가 있으며 변경 후에는 시스템 인증기관에 의해 안전성이 검증되어야 한다.

#### 제 4 절 잠수 시스템 기준 필요성 및 국제 협력 방안

제 3 장 제 3 절에서는 잠수사가 사용하여야 할 장비 및 시스템적인 측면에서의 구성(안)을 제시하였다. 이런 구성(안)은 잠수자격, 잠수의학, 잠수장비의 안정성이라는 세 분류가 통합된 테두리 안에 있어야 한다.

국제적으로 통용되는 국내 기준안의 필요성은 외국의 사례와 선급 규칙 등 국제적으로 통용되는 규격을 근거로 하여 제시하였다.

잠수사의 생명을 지원하는 시스템 및 시스템을 운용할 수 있는 운용 자격, 잠수의학의 기본적 이수 자격과 잠수 관련 국제 협약 등을 채택할 수 있는 기본 여건과 국제 기준/규격을 검토할 수 있는 산학연의 협의체 구성의 여건이 조성되어야 한다.

본 연구에서 제시한 총괄적인 장비 및 시스템 측면에서의 표준 기준안은 마련되어야 하며 기존 수입에 의존하였던 잠수장비 산업분야도 선박 기자재 산업 육성과 유사한 지원 프로그램으로 육성되고 지원되어야 한다. 물론 이러한 기준들은 현재까지 수중업체를 운영하고 국내 항만 수중공사를 하는 업체에 규제를 가하는 것이 아닌 잠수기술 발전을 위한 기준안이 되어야 할 것이다.

해외 및 국내 잠수산업 현장에서는 잠수사의 안전을 위해 개선되어야 할 점 들이 국제적인 기준/규격으로 제시되고 있으며 이러한 국제적인 기준 및 규격을 신속하게 수용함으로써 국제무대에 동조해야 할 것이다. 이런 기반을 구축하기 위해서는 정부 주도의 지원 정책과 경제적 지원으로 잠수

/구조 전문 기술단체, 전문적 연구 대학(원) 등과 협력 체계를 구축하여야 할 것이다

<표 26> 잠수 시스템 발전을 위한 개선방안

목 록	국내 제도의 문제점	개선방안
국제적 활동	잠수관련 국제협약(IMO 등) 국내 미 채택	국제 협약, 국제 규격 검토 및 수용 - 관련 단체에서 규격의 기준화 요구
	국제 기준 검토 및 국내 수용 미흡	- 산학연 합의체 결성으로 국내 기준 규격을 국제화 할 수 있는 위원회 구성
국제적 통용 시스템 운용요원 및 잠수사 자격	챔버 운용요원에 대한 교육 및 인증 자격 없음	잠수/구조 전문 기술단체 활성화
	다이빙 자격(잠수사 자격)에 대해서만 인정	- 전문 교육기관 및 대학(원) 육성으로 국제적 자격 인정
시스템 정비 유지	장비 수입 의존 (운용유지 비용 과다)	잠수 관련 기준 마련으로 잠수/구조 장비 표준화 및 국산화 추진
	국내 소요 저조 및 국산화 미흡	국제통용 인증/검사 단체 육성
	정기적 검사 미 실시	

<표 26>은 국내 기준과 국제 협력방안에 대해 개선방안을 정리한 것이며 이러한 개선방안을 통하여 향후 국내에서 진행되는 수중공사에 외국인이 투입되지 않고 국내 유능한 잠수사와 잠수 장비들이 투입될 수 있으리라 판단되며 수중 건설의 국제적 무대에서도 당당히 나설 수 있을 것이다.

우리나라 산업잠수사는 앞에서 언급된 것과 같이 약 1,500여명 잠수사가 종사하고 있다. 1,500여명의 잠수사 안전과 그 들이 국제적인 인증단체에서

발행하는 자격 인증을 받지 못하였다는 이유로 외국 자격자보다 노동의 대가를 동등하게 받지 못한다면 개인적으로나 국가적으로 손실이 아닐 수 없다. 이러한 점 등을 감안한다면 앞서 제시한 문제점들을 해결하기 위해서는 본론에서 제시한 표준 기준안의 마련은 물론이며 산업잠수 분야의 정부 주관 부처가 명확하여야 한다.

(그림 6)과 같이 명확한 정부 주관 부처와 기술표준원의 긴밀한 협력 체계로 KS 규격 개발, 전문 인증단체의 육성 및 인증제도 활성화를 통해 제도화의 기반을 구축하여야 한다. 또한 잠수 관련 학과를 중심으로 잠수 관련 협회 및 인증단체로 구성된 기술위원회 개최를 활성화하여 국제적으로 통용되는 국내 기준의 마련 등 국제적인 학술활동에 참여하여야 할 것이다.



(그림 6) 잠수기술 및 잠수 장비 산업 발전을 위한 제안

## 제 4 장 결 론

현존하는 잠수장비 시스템 중 해군에서 보유한 시스템은 우리나라의 대표적인 시스템이나 미 해군 및 유럽의 기준과 사양에 따라 제작되었다. 이에 따른 수명 주기 동안의 운용유지 및 보수에 많은 비용과 기술적인 어려움을 겪고 있는 것이 현실이다. 이러한 현실을 타파하기 위해서는 국내 전문 기술 업체의 발굴 양성, 인증검사 시스템의 정립과 정부주도의 적극적인 국산화 및 제도화 노력, 잠수 자격 및 잠수 분야 연구를 위한 국제적 전문 교육기관 또는 대학(원)의 설립과 산학연 협의체를 구성하여야 한다.

잠수 시스템 국내 기준의 미흡한 현실과 시스템의 국산화, 국제적으로 통용될 수 있는 국가 기준에 대한 구성 방안 및 필요성을 본문에서 제시하였으며 이에 따른 적합한 시스템을 생산한다면 수출을 위한 국제 경쟁력도 갖출 수 있을 것이다.

수중 작업은 고기압 하에서의 작업이며 공중에서의 작업(비행 조종사, 우주 비행사 등)도 유사한 환경이다. 잠수 시스템 기준의 마련은 수중 작업과 해양 건설 분야에만 국한되는 문제가 아니라 우주 항공분야와도 동반되어 발전할 수 있는 분야이기도 하다.

사람이 작업을 수행하기 위해서는 수단과 도구가 선진화되고 그에 따라 파생된 것(잠수의학, 잠수사 능력 요건 등)들이 발전될 수 있다고 판단된다.

본 연구를 통해 국제 활동에 당당히 참여하여 국제화에 동조하고 국내에서 활동 중인 약 1,500여명의 잠수사와 그 잠수사를 고용하는 사업주가 당당히 국제무대에 참여할 수 있고 우리나라의 산업잠수, 해양건설 발전에 이바지하는 계기가 되기를 기원한다.

## <참 고 문 헌>

- [1] 조선일보, <http://news.chosun.com>
- [2] IMCA D 014, International code of practice for offshore diving, pp 3-10, 2007.
- [3] 해군, 해난구조 고급/중급과정 교육교재 (P-11-5-64, P-11-6-64), pp. 15-72, 2005.
- [4] 해군, DLSS 잠수 시스템 (기술교범13-1-1111), pp. 12-34, 2005.
- [5] Naval Sea Systems Command, Delivery and Deployment of the U.S.Navy's Submarine Rescue System, pp. 14-15. 2005.
- [6] DnV, Offshore Standard for Diving Systems 2004, pp.16-52, 2009.
- [7] ABS, Underwater Vehicles, Systems and Hyperbaric Facilities 2002, pp.31-98, 2009.
- [8] KR, Rules and Guidance for the Classification of Underwater Vehicles, pp. 7-35, 2007.
- [9] 식품 의약 안전청, 고시 2007-83호 고압산소챔버기준, pp.1-3, 2007.
- [10] 해군, 잠수 시스템 보증서(기술교범13-1-620),pp. 47-48, 2005.
- [11] 김도현과 강신영, 산업 잠수기술의 발달. 공학석사 학위 논문, 1992.
- [12] 한국가스안전공사, 가스안전관리 일반, 2008.
- [13] 한국 산업규격, KS V 4000 잠수용 호흡 공기 압축기, 2007.
- [14] 한국선급, 산소 챔버(거주, 치료) 시스템 및 잠수장치 검사 지침, 2008.
- [15] 해군본부, 함정 설계/건조 기준, 2005.
- [16] 해군, 부대정비교범 잠수장비 설계 시험절차(기술교범13-1-1114), 2005.

- [17] ASME, PVHO-1-2007 Safety Standard for Pressure Vessels for Human Occupancy, 2009.
- [18] ASME, PVHO-2-2002 edition (or latest) Safety Standard for Pressure Vessels for Human Occupancy in Service Guidelines for PVHO Acrylic Windows, 2002.
- [19] ASME, VIII Div.1 ASME Boiler and Pressure Vessel Code, 2007.
- [20] ASTM, G93-96 Standard Practice for Cleaning Methods and Cleanliness Levels for Materials and Equipment Used in Oxygen-Enriched Environments, 2007.
- [21] ASTM, Safe Use of Oxygen and Oxygen Systems 2nd Edition, 2007.
- [22] BSI, PD5500, Specification for Unfired Fusion Welded Pressure Vessels, 2000.
- [23] DIN, EN ISO 11114-3, Transportable Gas Cylinders - Compatibility of Cylinder and Valve Materials with Gas Contents - Part 3: Ignition Test in Oxygen Atmosphere, 1997.
- [24] DIN, EN ISO 11120, Gas cylinders - Refillable seamless steel tubes for compressed gas transport, of water capacity between 150 l and 3000 l - Design construction and testing, 1999.
- [25] DIN, EN ISO 2503, Gas Welding Equipment - Pressure Regulators for Gas Cylinders used in Welding, Cutting and Allied Processes up to 300 bar, 1998.
- [26] DIN, EN-1964-1, Transportable gas cylinders part 1, 1999, part 2, 2001, part 3, 2000.
- [27] DnV, Rules for Certification and Verification of Diving Systems, 2004.
- [28] DnV, Survey of Diving System, 2007.
- [29] DnV, Hyperbaric Evacuation System, 2006.

- [30] IMCA, International Code of Practice for Offshore Diving, 2007.
- [31] IMCA, Design for saturation (bell) diving systems, 2003.
- [32] IMCA, The evaluation and testing of the environmental control of hyperbaric evacuation systems, 2007.
- [33] IMO, Code of safety for Diving systems 1995, 1997.
- [34] IMO, Resolution A.583(14) Amendments to the Code of safety for Diving systems, 1985.
- [35] SOLAS, 1974 International Convention for the Safety of Life at Sea, 2010.
- [36] U.S Navy, Diving Manual Reversion 6, 2008.
- [37] U.S.A, Department of Defense, MIL-STD\_1330D(SH), 1996.
- [38] U.S.A, Department of Defense, MIL-STD167(1/2), 1996.
- [39] Web Site, <http://www.cermet.co.kr>.
- [40] Web Site, <http://www.draeger.com>.
- [41] Web Site, <http://www.kcdta.or.kr>.
- [42] Web Site, <http://www.tescom.com>.

# **A Study on the Necessity of Korean Standards and Code of Safety for Diving System**

Park, Jong Yeob

Division of Underwater Diving Technology

Graduate School of Maritime Management & Technology

## **ABSTRACT**

This study suggests a national safety code for diving systems and plans for international cooperation through the comparison of institutional standards in commercial diving sector.

To Achieve the goal, various components of diving systems and current situation of diving sector in the country were investigated. Also reviewed the history and scope of diving systems and discussed the applicability of exclusions and exemptions to the commercial diving operation standards. Subsequent amendments for the scientific diving exemption are noted in the text and discussed to identify references for more comprehensive studies on involved issues.

The standard of safety for diving systems is proposed in the text. Furthermore, suggestions were made for pertinent commercial diving standards in Republic of Korea through review and comparison of the regulations of domestic, foreign governments and other private organizations and to propose the direction, which will lead the commercial diving sector to cooperate internationally.