KOSHA GUIDE

KOSHA GUIDE

KOSHA GUIDE

KOSHA GUIDE

KOSHA GUIDE
기술지원규정

잠수작업 보건관리에 관한 기술지원규정
E-G-15-2026

한국산업안전보건공단

기술지원규정은 산업안전보건기준에 관한 규칙 등 산업안전보건법령의 요구사항을 이행하는데 참고하거나 사업장 안전·보건 수준향상에 필요한 기술적 권고 규정임

기술지원규정의 개요

○ 개정자 : 국립창원대학교 산학협력단

○ 제·개정경과
- 1999년 11월 기계안전분야 기준제정위원회 심의
- 1999년 12월 총괄기준제정위원회 심의
- 2011년 12월 기계안전분야 제정위원회 심의(개정, 법규개정조항 반영)
- 2025년 12월 보건·위생분야 전문위원회 심의(개정)
- 2026년 1월 표준제정위원회 본위원회 심의(개정)

○ 관련규격 및 자료

- 29 CFR 1910 Subpart T Commercial Diving Operations
- 46 CFR 197 Subpart B Commercial Diving Operations
- ADCI International Consensus Standards for Commercial Diving and Underwater Operations 6.5 Edition, 2024
- HSE Approved Code of Practices 2014
- IMCA D014 International Code of Practice for Offshore Diving 2019
- US Navy Diving Manual Rev. 7, 2018
- WHS Council Workplace Safety and Health Guidelines Inland/Inshore Commercial Diving, 2021

○ 관련 법규·규칙·고시 등

- 산업안전보건법 시행규칙 제72조(산업재해 기록 등)
- 산업안전보건기준에 관한 규칙 제46조(승강설비의 설치)
- 산업안전보건법 시행규칙 제202조(특수건강진단의 실시 시기 및 주기 등)
- 산업안전보건법 시행규칙 제206조(특수건강진단 등의 검사항목 및 실시방법 등)
- 고용노동부 고시「고기압 작업에 관한 기준」(제2020-59호)

○ 기술지원규정의 적용 및 문의

- 이 기술지원규정에 대한 의견 또는 문의는 산업안전포털 홈페이지(portal.kosha.or.kr)의 기술지원규정(KOSHA GUIDE) 소관 분야별 문의처 안내를 참고하시기 바랍니다.
- 동 규정 내에서 인용된 관련규격 및 자료, 법규 등에 관하여 최근 개정본이 있을 경우에는 해당 개정본의 내용을 참고하시기 바랍니다.

공표일자 : 2026년 1월 30일
제 정 자 : 한국산업안전보건공단 이사장

목 차

1. 목적 ····· 1

2. 적용범위 ····· 1

3. 용어의 정의 ····· 1

4. 책임과 권한 ····· 3

4.1 발주자 ····· 3

4.2 잠수기업 ····· 4

4.3 잠수작업 종사자 ····· 5

5. 자원관리 ····· 10

5.1 인적자원관리 ····· 11

5.2 장비 관리 ····· 12

6. 잠수 방법 ····· 30

6.1 스쿠버 잠수 ····· 30

6.2 표면공급식 잠수 ····· 33

6.3 나이트록스 잠수 ····· 36

6.4 표면공급식 혼합기체 잠수 ····· 40

7. 위험 관리 ····· 41

7.1 유해·위험요인 ····· 41

8. 잠수작업 ····· 52

8.1 유해·위험성 분석 ····· 52

8.2 작업 전 안전회의(Toolbox Meeting, TBM) ····· 53

8.3 작업 중지 ····· 54

8.4 잠수 후 절차 ····· 54

8.5 잠수기업 기록 유지 ····· 56

8.6 감압 절차 평가 ····· 56
9. 비상조치 ····· 56
9.1 호흡기체 공급중단 ····· 56
9.2 통신 두절 ····· 57
9.3 잠수사 갇힘, 엉킴 ····· 57
9.4 수중 잠수사 부상 ····· 57
9.5 생명줄 중 공기호스 절단 ····· 57
9.6 생명줄 절단 ····· 58
9.7 화재 ····· 58
9.8 수중 잠수사 장비 고장 ····· 58
9.9 악천후 및 환경 악화 ····· 59
9.10 수중 산소 중독 ····· 59
9.11 응급조치 중 산소 중독 ····· 59
9.12 비상 대피 ····· 60
9.13 의식잃은 잠수사 구조 ····· 60
10. 재해 기록 및 보고 ····· 62
10.1 재해의 기록 ····· 62
10.2 재해의 분류 ····· 64
10.3 재해 및 사고의 기록 ····· 64
<부록 1> 고열 징후 및 증상 ····· 66
<부록 2> 줄 신호 ····· 67
<부록 3> 수신호 ····· 68
<부록 4> 잠수 후 고지대 이동 또는 비행 전 휴식시간 ····· 69
<부록 5> 사건·사고조사보고서 ····· 70

잠수작업 보건관리에 관한 기술지원규정

1. 목 적

이 규정은 「산업안전보건기준에 관한 규칙」(이하 “안전보건규칙”이라 한다) 제522조부터 제548조의 규정에 따라 잠수작업 산업재해 예방을 위하여 사업주와 근로자가 이행하여야 할 기술적인 사항을 정하는데 목적이 있다.

2. 적용범위

(1) 이 규정의 적용범위와 대상은 다음과 같다.

(가) 압축공기를 이용한 표면공급식 잠수작업

(나) 산업잠수를 위한 스쿠버 잠수작업

(다) 잠수작업을 발주하는 법인 또는 자연인

(라) 잠수작업을 수행하는 법인 또는 자연인

(2) 이 규정은 포화잠수작업, 잠수기어업에 적용하지 않는다.

3. 용어의 정의

(1) 이 규정에서 사용하는 용어의 정의는 다음과 같다.

(가) “공기조(volume tank)”란 상용압력 1.5 MPa 이하의 압축공기를 저장하는 압력용기를 말한다.

(나) “과학/고고학 잠수(scientific & archaeological diving)”란 12해리 이내에서 계약의 형태와 상관없이 임금, 급여, 기타 형태의 금전적 사례를 위해 과학 연구 또는 고고학 연구를 위해 행하는 잠수를 말한다.

(다) “내수역 잠수(inland diving)”란 저조면에서 12해리 이내, 내륙의 하천, 호수, 저수지에서 행하는 엔지니어링이 필요한 잠수작업을 말한다.

(라) “레저 잠수(recreational diving)”란 12해리 이내에서 계약의 형태와 상관없이 임금, 급여, 기타 형태의 금전적 사례를 위해 레저 잠수를 배우는 자를 교육하거나 레저 잠수하는 자를 가이드하는 자가 행하는 잠수를 말한다.

(마) “미디어 잠수(media diving)”란 12해리 이내에서 미디어 종사자(스턴트 배우, 언론인, 방송진행자, 수중사진사, 카메라·음향·조명 기술자 및 기타 보조자)들이 수행하는 잠수를 말한다.

(바) “보조사(dive tender) 또는 감시인”이란 잠수교육을 이수하고 잠수사(diver)를 보조하는 자를 말한다.

(사) “부력조절기(buoyancy compensator)”란 상체에 착용하여 공기를 넣거나 빼서 잠수사의 부력을 양성 또는 음성으로 조절하는 스쿠버 잠수 장비를 말한다.

(아) “생명유지장비(life support system)”이란 잠수사의 안전과 보건에 직접 영향을 주는 개별 기구, 장치, 장비, 설비 또는 그 조합을 말한다.

(자) “스쿠버(SCUBA) 잠수”란 잠수사가 압축공기 또는 기타의 기체를 저장한 압력용기를 잠수사가 휴대하고 그 용기에 저장된 기체로 호흡하는 잠수 방법을 말한다.

(차) “실린더(cylinder)”란 상용압력 10 MPa 이상의 압축공기 또는 기타의 기체를 저장하는 압력용기를 말한다.

(카) “외수역 잠수(offshore diving)”란 저조면에서 12해리를 초과하는 수역 또는 12해리 이내의 해양 기지 건설, 에너지 또는 신재생 에너지 산업, 유류 산업과 관련되어 엔지니어링이 필요한 잠수작업을 말한다.

(타) “잠수”란 물 또는 기타 액체, 100 hPa 이상으로 가압된 기압조절실로 들어가 생존을 위해 환경 압력보다 높은 공기나 기타의 기체로 호흡하는 행위를 말한다.

(파) “잠수 감독(diving supervisor)”란 잠수작업 수행 관리, 감압 계획 수립 및 이행, 안전한 잠수작업을 관리·감독하는 자를 말한다.

(하) “잠수기 잠수(commercial shellfish diving)”란 12해리 이내에서 계약의 형태와 상관없이

상인 또는 고객에게 판매를 목적으로 패류를 채취하는 잠수를 말한다.

(거) “잠수기업(diving contractor)”란 잠수작업을 수급하여 해당 작업을 총괄하는 법인 또는 잠수작업을 수행하는 협력업체를 말한다.

(너) “잠수작업 총괄책임자(diving superintendent)”란 잠수작업 경력이 많은 자로서 잠수작업, 잠수작업 안전보건, 잠수작업 효율성 제고를 위한 업무조정, 규정 준수 업무를 담당하는 프로젝트 관리자를 말한다.

(더) “표면공급식 잠수”란 수면 위 또는 육상에서 수중압력보다 높은 압력으로 공기나 기타의 기체를 호스로 공급하며, 수중의 잠수사와 수면 위 또는 육상에서 잠수 작업을 지원하는 자와 통화할 수 있는 잠수 방법을 말한다.

(러) “후카(hookah) 잠수”란 잠수조정반과 양방향 통화장치 없이 공기압축기의 압력용기에 호스를 직접 연결하여 잠수사에게 압축공기를 공급하는 잠수 방법을 말한다.

(머) “SMB(surface marker buoy)”란 공기를 내부에 주입하고 수면 위로 상승시켜 스쿠버 잠수작업 중 잠수사의 위치를 알리는 튜브 모양의 장비를 말한다.

(2) 그 밖에 이 규정에서 사용하는 용어의 정의는 특별한 규정이 있는 경우를 제외하고는 산업안전보건법, 같은 법 시행령, 같은 법 시행규칙, 안전보건규칙 및 관련 고시에서 정하는 바에 의한다.

4. 책임과 권한

4.1 발주자

(1) 작업 전 잠수기업이 제출한 문서와 작업 중 제출한 기록을 검토하여야 한다.

(2) 필요시 작업허가(permit to work, PTW)를 발급하고 및 잠금·표시·확인(Lock Out, Tag Out, Try Out, LOTOTO)을 잠수 감독 또는 잠수기업의 안전관리자와 함께 시행한다.

(3) 작업허가를 위해 필요시 선박운항 및 크레인 운전계획을 고려하여야 한다.

(4) 현장 관리인 파견 시 해당 분야의 지식과 경험이 있어야 한다.

(5) 위험요인 발굴 및 저감대책을 수립하여야 한다.

(6) 위험요인 식별 및 위험성평가를 위해 필요한 정보를 잠수기업에 제공하고, 작업지역 주변에 동시작업 및 잠수사 및 잠수작업 종사자의 안전보건에 악영향을 주는 요인을 제거한다.

(7) 작업/설계 변경 요청 시 이를 검토하고 검토 결과를 이행하여야 한다.

(8) 잠수작업에 필요한 장비 및 설비를 준비할 수 있도록 잠수기업에게 충분한 시간을 부여하여야 한다.

(9) 아차사고 및 재해의 위험을 인지하거나 예측될 때 작업을 중지할 수 있다.

4.2 잠수기업

(1) 잠수팀이 안전하게 작업할 수 있도록 안전한 잠수장비 및 잠수지원설비를 제공하여야 한다.

(2) 의료보험, 산업재해보상보험, 근로자 재해보험, 제3자 배상책임 등 적절한 보험에 가입하여야 한다.

(3) 잠수작업 동원 및 철수 과정을 포함한 위험성평가를 하여야 한다.

(4) 작업 또는 설계 변경관리 절차를 마련하여야 한다.

(5) 잠수작업 장비나 설비 등의 유지보수하고 관련 기록을 보관하여야 한다.

(6) 비상절차 및 대체방안 마련하여야 한다.

(7) 적절한 잠수작업 인원을 동원, 직무능력 확인, 건강검진 절차를 마련하여야 한다.

(8) 잠수작업에 적합한 안전보건교육을 실시하여야 한다.

(9) 잠수 감독과 잠수팀에게 잠수작업과 사용장비에 대하여 숙지하도록 한다.

(10) 감압기록을 포함한 잠수작업 관련사항을 기록하고 보존하여야 한다.

(11) 아차사고 및 사고의 보고 및 조사 절차를 마련하여야 한다.

(12) 비상대응조치 및 응급처치 절차를 마련하고 작업 전 비상대응훈련을 실시하여야 한다.

(13) 비상 시 직무별 담당자를 지정하고, 담당자별 서명을 받은 뒤 게시하여야 한다.

(14) 책임, 권한, 보고 및 의사소통 체계를 마련하여야 한다.

(15) 잠수 감독 등 서면으로 임면하여야 한다.

(16) 작업계획 및 절차서의 최신판을 현장에 구비하고 이를 준수하여야 한다.

(17) 관련 법령 및 규정을 준수하여야 한다.

(18) 작업 중 아차사고나 재해를 유발할 수 있는 위험이 인지된 경우 작업을 중지할 수 있다.

4.3 잠수작업 종사자

(1) 안전관리자 또는 보건관리자

소규모 잠수작업에서 안전관리자 또는 보건관리자를 선임할 수 없을 때는 잠수 감독이 안전관리자 또는 보건관리자의 업무를 대행할 수 있다.

(가) 잠수작업 관계자들의 개인 보호구 착용을 확인한다.

(나) 작업현장의 유해·위험요인을 발굴하고 저감, 제거한다.

(다) 압축공기 또는 호흡기체가 잠수에 적합한지 확인한다.

(라) 잠수 감독과 함께 비상대응훈련을 실시하며, 비상대응훈련 결과가 양호한 경우 비상대응훈련을 종료한다.

(2) 잠수작업 총괄책임자/프로젝트 매니저

잠수 감독이 2명 이상이고 해당 작업이 교대작업일 때, 잠수작업 총괄책임자를 선임하여야 한다.

(가) 교대 근무 간 작업을 조율한다.

(나) 작업계획서, 관련 법령 및 규정에 준하여 잠수작업을 수행하여야 한다.

(다) 잠수작업에 종사하는 작업자들의 직무능력을 확인하고 작업절차, 안전보건사항, 관련 법령 및 규정을 준수하도록 하여야 한다.

(3) 잠수 감독

(가) 허가된 작업과 관련하여 오직 잠수 감독만이 잠수 작업을 시작할 수 있다. 다만, 잠수작업 총괄책임자, 프로젝트 매니저, 관리자, 선박 운영에 책임이 있는 자 등은 안전보건상의 이유로 잠수 감독에게 잠수 작업의 중지를 요구할 수 있다.

(나) 위험성평가 결과를 검토하고 잠수작업 종사자들로 하여금 조치사항을 알리고 필요시 교육한다.

(다) 잠수 감독이 내린 잠수작업 안전보건 증진을 위한 지시사항은 사내 위계서열에 우선한다.

(라) 잠수작업에 불필요한 인원이나 안전보건사항 위반자에 대해 잠수작업 배제 또는 하선을 명할 수 있다.

(마) 잠수 감독은 잠수작업 및 비상대응조치를 수행하기 위한 충분한 직무능력을 보유하여야 한다.

(바) 잠수 감독이 관리감독하는 잠수팀의 구성원은 잠수작업 및 비상대응조치를 수행하기 위한 충분한 직무능력을 보유하여야 한다.

(사) 작업에 사용될 장비 관련 서류 및 최종 점검 상태를 검토하여야 한다.

(아) 잠수작업 계획, 작업 방법 및 절차 등 잠수작업과 관련된 문서 및 요구사항을 이해하고 잠수작업 종사자에게 알려야 한다.

(자) 잠수작업에 영향을 미치는 동시작업이 진행될 시기 및 절차 등 관련 사항을 숙지하고,

작업 허가(permit to work)를 통하여 잠수작업 수행 및 중단을 결정한다.

(차) 작업감독 시 유·무선으로 구축된 음성 또는 영상 통화 장치를 통해 작업 전역을 관리하여야 한다. 통화품질이 불량한 장소에는 유선 통신을 설치한다.

(카) 잠수작업과 관련된 모든 작업자들과 통화할 수 있어야 한다. 관계자들과 통화는 잠수사와 잠수 감독의 통화에 우선할 수 없으며, 잠수사와 통화가 방해되지 않도록 관계자들과의 통화를 차단할 수 있다.

(타) 잠수작업에 관한 기록을 유지하여야 한다.

(4) 잠수사

(가) 잠수작업 계획서에 명시된 업무 수행을 위한 잠수 감독의 지시를 이행하여야 한다.

(나) 잠수를 할 수 없을 때 의학적인 문제를 포함한 기타 사유를 잠수 감독에게 알려야 한다.

(다) 전문의료인이 처방한 약물을 복용할 때는 잠수 감독에게 알려야 한다.

(라) 개인이 착용할 잠수 장비가 목적에 맞고 기능이 정상인지 확인하여야 한다.

(마) 잠수 계획을 숙지하고 작업을 이행할 수 있는 직무 능력을 갖추어야 한다.

(바) 비상 절차를 숙지하여야 한다.

(사) 잠수 중 또는 잠수 후 건강 이상 징후나 증상에 대해 보고한다.

(아) 장비 이상, 잠재적 위험 요인, 아차 사고, 사고 등을 보고한다.

(자) 사용한 장비를 점검하고 정리한다.

(차) 매 잠수 후 로그를 작성하고 잠수 감독의 서명을 받는다.

(5) 대기잠수사

(가) 현재 잠수작업을 수행하는 자 다음 순서의 잠수사가 대기잠수사 직무를 맡는다.

(나) 대기잠수사는 잠수헬멧 또는 전면마스크를 제외한 모든 장비를 착용하여야 하며, 보조사의 도움으로 착용한 장비가 정상 작동함을 확인하여야 한다.

(다) 대기잠수사는 잠수사가 도움이 필요할 때 즉시 호흡보호구를 착용하고 입수하여야 한다.

(라) 대기잠수사는 잠수사의 생명줄을 따라 이동하여 잠수사를 찾는다. 이 때, 생명줄을 잡아당기지 않는다. 생명줄을 잡아 당기면 도움이 필요한 잠수사를 부상케 하거나 생명줄이 잠수사와 분리된 경우 잠수사를 찾지 못할 수 있다.

(마) 잠수사를 찾으면, 잠수사의 반응을 확인하고 반응여부를 잠수 감독에게 보고한다.

(바) 잠수사의 환기밸브를 열어 잠수헬멧 내 물을 제거하거나 호흡기체 공급여부를 확인한다.

(사) 환기밸브를 열었음에도 불구하고 호흡기체가 공급되지 않을 경우 수심계측호스를 헬멧 안으로 넣어 호흡기체를 공급한다. 수심계측호스를 헬멧 안으로 넣기 전에 잠수감독에게 수심계측호스에 연결된 밸브의 개방을 요청하고 기포 또는 이물질이 나오는지 확인한 후 헬멧 내부가 침수되지 않도록 귀 아래 턱 부분으로 넣고 잠수사의 앞면창에 호스가 보이는지 확인한다.

(6) 보조사

(가) 잠수작업 계획서에 명시된 업무 수행을 위한 잠수 감독의 지시를 이행하여야 한다.

(나) 작업을 위해 동원한 잠수 장비를 하역한다.

(다) 하역된 잠수작업 장비를 배치하고 용접 또는 줄매기 도구(rigging tool)를 이용하여 견고하게 고정한다.

(라) 장비 설치 후 시운전하고 기능을 점검한다.

(마) 호스를 장비에 연결하고 호스 풀림방지기구를 설치한 후 기체의 누출이 없도록 한다.

(바) 장비착용 시 잠수사를 보조하고 입수 전 착용상태를 점검한다.

(사) 잠수사의 생명줄을 잡고 보조하는 자는 잠수사의 요구에 따라 생명줄을 풀거나 회수하고,

생명줄의 끼임, 얽힘, 감김 등이 발생하지 않도록 주의를 기울여야 한다.

(아) 생명줄을 잡고 잠수사를 보조하는 자는 잠수사가 출수하여 안전한 장소에 오를 때까지 생명줄 관리 및 관련 업무를 제외한 다른 일을 동시에 수행하여서는 안된다.

(자) 기압조절실 운영, 호흡기체 공급, 생명줄 관리를 하지 않는 보조사는 업무 중 잠수 장비를 점검하고 필요 시 급유하여야 한다.

(차) 잠수사 입·출수, 승선, 잠수 장비 해체 시 잠수사를 보조한다.

(카) 잠수사를 수상으로 상승시킬 때는 상승속도를 준수하여야 한다.

(타) 비상 상황 발생 시 비상시 업무분장을 숙지하고 직무를 수행한다.

(7) 기압조절실 운영자

(가) 잠수작업 중 「잠수용 기압조절실에 관한 기술지원규정」에 따라 기압조절실 점검한다.

(나) 「공기잠수 감압에 관한 기술지원규정」에 따른 기압조절실 가압 및 감압한다.

(다) 기압조절실에 부착된 메디컬 락의 압력평형, 개방, 폐쇄 등을 통해 기압조절실 내부에 필요한 물품을 반입하고 반출한다.

(라) 기압조절실내의 산소 농도 25%이하, 이산화탄소 농도 1.5%(SEV)이하가 되도록 환기하고 기압조절실내 온도를 10℃ 이상 29℃(85°F)이하로 유지하여야 한다. 10℃ 이하일 때는 난연성 재질의 모포를 제공하여야 한다.

(마) 수심 게이지, 압력 게이지, 산소 분석기, 이산화탄소 분석기의 검·교정 성적서를 확인하고 필요시 「잠수용 기압조절실에 관한 기술지원규정」 4.4 수심·압력 게이지 검·교정 또는 산업표준에서 정한 바에 따라 검·교정하여야 한다.

(바) 감압에 필요한 산소(액체 산소와 고압 산소 모두를 포함한다)의 잔압 및 잔량을 확인하여 기압조절실 운영 중 산소가 부족하지 않도록 한다.

(사) 기압조절실 및 부속장비의 손망실, 잠재적 위험 요인, 아차사고와 재해를 잠수 감독에게 알려야 한다.

(아) 「잠수용 기압조절실을 이용한 치료표 운용에 관한 기술지원규정」에 따른 기압조절실

가압 및 감압절차를 준수하여야 한다.

(자) 기압조절실 운영을 위한 감압표(고시 [별표 4]. 미해군 잠수매뉴얼 Rev 7, 공기잠수 감압표), 「잠수용 기압조절실을 이용한 치료표 운용에 관한 기술지원규정」에 따른 감압병 발병 시 응급처치 절차 및 감압표 등을 기압조절실 운용 중 참고할 수 있도록 게시하여야 한다.

(8) 그 밖에 잠수작업 종사자

잠수작업선 또는 잠수지원선박의 갑판근무자는 숙련된 잠수사 및 잠수사가 아닌 갑판원 또는 크레인 운전자를 포함한다.

(가) 작업 전 안전회의(Tool Box Meeting)에 참석하여 잠수작업 및 위험요인 등을 숙지하여야 한다.

(나) 잠수작업의 물리적 한계를 숙지하여야 한다.

(다) 잠수작업 중 선상 또는 육상에 거치하여 잠수작업을 보조하는 기계·기구에 대하여 작동방식 등을 이해하여야 한다.

(라) 크레인과 같이 권양기구를 사용할 경우 잠수사의 통화내용과 권양기구의 동작이 시간상 정확히 일치하지 않음을 알고 있어야 한다. 수평 이동 시 권양기에 매어둔 작업물은 잠수사가 요구하고 잠수 감독이 응답한 시점보다 늦게 도착하며, 너울이나 파고가 높을 때 잠수사의 요구와 무관하게 상하운동(heave)을 하므로 잠수사에게 위험요인으로 작용할 수 있다.

(마) 안전작업하중 및 위험요인에 대한 안전작업절차를 숙지해야 하며, 권양과 선박운용을 위한 줄걸이 및 매듭에 익숙하여야 한다.

(바) 안전모, 안전화, 작업복, 작업용 부력조끼, 추락방지대 등 작업에 알맞은 개인보호구를 착용하여야 한다.

5. 자원 관리

5.1 인적자원관리

(1) 잠수사 자격 관리

(가) 잠수사를 채용 시 잠수자격의 진위여부를 확인하여야 한다. 우리나라 국가기술자격과 해외 산업잠수 관련 자격 발급기관은 <표 1>과 같다.

<표 1> 국가기술자격 및 해외 산업잠수 자격 발급기관

국가기술자격	해외 산업잠수 자격 발급기관
잠수기능사 잠수산업기사 잠수기능장	ADAS[주1)](호주) ADCI[주2)](미국) IMCA[주3)](영국)

주1) Australian Diver Accreditation Scheme
주2) Association of Diving Contractors International
주3) International Marine Contractors Association

(나) 스쿠버 잠수자격 및 경험만으로 설치, 시공, 시운전, 해체, 철거, 준설, 발굴, 선박 유지보수, 구난(salvage) 등과 같은 산업잠수분야에 종사할 수 없다. 다만, 구조(rescue), 스쿠버 교육, 수족관, 방송, 놀이시설 등 유해·위험도가 현저히 낮은 수중 작업일 때는 스쿠버 잠수자격 및 경험으로 잠수사를 채용할 수 있다.

(다) 잠수작업 종사자 중 보조사는 잠수사와 같은 산업잠수 교육·훈련을 이수한 자로서 잠수사보다 실무경험이 적은 자이다. 다만, 필요에 따라 잠수사가 보조사의 역할을 수행할 수 있다.

(라) 산업잠수 교육·훈련을 이수하지 않은 자를 보조사로 채용할 때는 「유해위험작업 취업제한에 관한 규칙」에서 정한 바와 같이 교육하여야 한다.

(마) 기압조절실을 운영하는 사람은 산업잠수 기본 교육과정을 이수하거나 사내·외 기압조절실 운영 교육을 이수하도록 하여야 한다.

(2) 건강진단

(가) 사업주는 근로자를 잠수작업에 배치하기 전 배치전건강진단을 하여야 한다. 배치전건강진단의 항목은 <표 2>와 같다.

<표 2> 특수건강진단, 배치전건강진단, 수시건강진단 검사항목

제1차 검사항목	제2차 검사항목
(1) 직업력 및 노출력 조사 (2) 주요 표적기관과 관련된 병력조사 (3) 임상검사 및 진찰 ① 이비인후: 순음 청력검사(양측 기도) 정밀 진찰(이경 검사) ② 눈, 이비인후, 피부, 호흡기계, 근골격계, 심혈관계, 치과: 관련 증상 문진	임상검사 및 진찰 ① 이비인후: 순음 청력검사(양측 기도 및 골도), 중이검사(고막 운동성 검사) ② 호흡기계: 폐활량 검사 ③ 근골격계: 골 및 관절 방사선검사 ④ 심혈관계: 심전도검사 ⑤ 치과: 치과의사에 의한 치은염, 치주염 검사

출처) 산업안전보건법 시행규칙 제206조 [별표 24] 특수건강진단·배치전건강진단·수시건강진단의 검사항목

(나) 배치전건강진단을 받은 후 12개월 주기로 <표 2>와 같이 특수건강진단을 실시하여야 한다.

(다) 아래의 질병 또는 증상이 있는 근로자를 잠수작업에 배치해서는 안된다.

① 전염될 우려가 있는 질병에 걸린 사람. 다만, 전염을 예방하기 위한 조치를 한 경우는 제외한다.

② 조현병, 마비성 치매를 앓는 사람

③ 심장, 신장, 폐 등의 질환이 있는 사람으로서 병세가 악화될 우려가 있는 사람

④ 압력평형이 불가능한 사람

⑤ 균형감각 상실 우려가 있는 질병에 걸린 사람

(라) 잠수작업을 금지하거나 다시 시작할 때는 의사의 의견을 들어야 한다.

5.2 장비 관리

5.2.1 구성

(1) 장비의 구성과 예시는 다음과 같다.

(가) 공기압축기

저압 공기압축기	고압 공기압축기
	

<그림 1> 호흡용 공기압축기

(나) 공기조

저압 공기조	고압 압력용기
	

<그림 2> 잠수용 공기조

(다) 잠수조정장치

휴대용 잠수조정장치	설치형 잠수조정장치
	

<그림 3> 잠수조정장치(dive control panel)

(라) 기압조절실

기압조절실 외부	기압조절실 내부
	

<그림 4> 잠수용 기압조절실

(마) 잠수용 승강장치

승강장치 + 스테이지	승강장치 + 습식 잠수종
	

<그림 5> 잠수용 승강장치와 탑승장치

(바) 통화장치

유선통화장치	무선통화장치
	

<그림 6> 잠수용 통화장치

(사) 생명줄(umbilicals)

생명줄 꼬임형	생명줄 직선형
	

<그림 7> 잠수용 생명줄

(아) 호흡보호구

잠수헬멧	밴드마스크	전면마스크
		

<그림 8> 잠수용 호흡보호구

(자) 수중 CCTV 시스템

본체	수중 카메라 + 조명	수중 케이블
		

<그림 9> 수중 CCTV 시스템

5.2.2 잠수장비 점검 및 사양

(1) 모든 생명유지장비는 제조사의 지침 또는 이 기술지원규정에서 정하는 기준에 따라 검사 및 유지관리 되어야 한다. 다만, 개인소유 장비의 점검은 그 소유자가 한다.

(2) 장비는 정기적으로 시험·검사하여야 하며, 그 기록을 보존하여야 한다.

(3) 기록에는 점검날짜, 수행자 이름, 점검결과, 다음 점검예정일을 명시한다.

(4) 잠수사 착용 장비

(가) 건식 잠수복

① 과팽창을 방지하는 장치가 있어야 한다.

② 사용환경에 적합한 재질로 만들어져야 한다.

③ 수온, 유해물질과 같은 환경으로부터 잠수사를 보호할 수 있어야 한다.

(나) 온수 잠수복

① 체온을 보호할 수 있도록 충분한 유량이 흐를 수 있어야 한다.

② 44℃의 온수에 견딜 수 있어야 한다.

③ 온수 호스와 잠수복을 연결하는 부위에는 온수가 잠수복 내부로 들어가지 않도록 조절하는 바이패스 밸브가 있어야 한다.

(다) 안전대(harness)

① 그네식 안전대(full body harness)여야 한다.

② 생명줄을 단단히 연결할 수 있는 수단이 있어야 한다.

③ 비상 시 의식을 잃은 잠수사를 권양할 수 있도록 고안되어야 한다.

④ 권양에 사용하는 D링의 파괴하중은 900 kgf 이상이어야 한다.

⑤ 수중용으로 제작되어야 한다.

⑥ 의도하지 않게 버클이 풀어지지 않아야 하고, 한 동작으로 안전대가 벗겨지지 않아야 한다.

⑦ 생명줄을 연결할 수 있어야 한다.

⑧ 길이를 조절할 수 있고, 분리가 불가능한 다리끈이 있어야 한다.

⑨ 의식을 잃은 잠수사를 인양할 때 머리가 위로 향해야 한다.

⑩ 해지거나 부식, 손상이 없어야 한다.

⑪ 제조사의 권고에 따라 주기적으로 검사하여야 한다.

(라) 웨이트 벨트

① 웨이트의 무게나 수량은 잠수작업 환경에 적정하여야 한다.

② 생명줄에 달아서 사용하지 않는다.

③ 적합한 해체 장치가 있어야 한다.

④ 의도하지 않은 상황에서 풀리지 않도록 착용할 수 있어야 한다.

(마) 비상기체통

① 목적과 용도에 적합한 산업표준으로 제조되어야 한다.

② 과압 방지 수단이 있어야 한다.

③ 잠수용 비상기체통에 관한 기술지원규정에서 정한 주기와 방법에 따라 검사하여야 한다.

④ 제조 후 10년 이내 제품은 매 5년마다, 10년을 초과한 제품은 매 3년마다 압력검사를 받아야 한다.

⑤ 시험 검사 후 검사결과를 보여주는 표시가 있어야 한다.

⑥ 충전속도는 분당 40 bar를 초과하지 않는다.

⑦ 공기가 아닌 나이트록스 또는 헬리옥스와 같은 혼합기체일 때는 기체의 종류와 조성비를 누구나 볼 수 있게 실린더 외벽에 표시하여야 한다.

⑧ 실린더에 다른 기체를 저장하고자 할 때는 저장된 기체를 완전히 배출한 후 기체를 저장한다.

(5) 헬멧 또는 마스크

(가) 일반사항

① 작업에 적합하여야 한다.

② 양방향 통신기능이 있어야 한다.

③ 주 호흡기체 공급부에는 잠수사가 조작하기 쉬운 위치에 기체의 역류를 방지하는 기능을 갖춘 밸브를 설치하여야 한다.

④ 기체의 역류를 방지하는 기능을 갖춘 밸브는 순방향에서 개방 압력이 20.68 kPa (3 psig)를 초과해서는 안된다.

⑤ 부식에 저항성이 있는 재질로 만들어져야 한다.

⑥ 제조사의 권고에 따라 유지보수하고, 그 기록을 보관하여야 한다.

(나) 경량 잠수 헬멧

① (가)의 요구사항을 충족하여야 한다.

② 비상기체통을 연결하여 착용할 수 있어야 한다.

③ 잠수사가 사용 시 쉽게 벗을 수 있는 구조여야 한다.

(다) BIBS 마스크(기압조절실용 산소 마스크)

① 착용 후 잠수사가 양손을 놓아도 떨어지지 않는 구조여야 한다.

② 최고 심도에서 분당 56 리터 이상의 호흡기체를 공급할 수 있어야 한다.

③ 호흡하기 편하도록 유량을 조절할 수 있는 수단이 있어야 한다.

④ 호흡한 공기를 기압조절실 외부로 내보낼 수 있는 수단이 있어야 한다.

⑤ 과압 또는 음압에 저항할 수 있는 장치가 있어야 한다.

⑥ 제조사의 권고에 따라 유지보수하여야 한다.

(6) 호스

(가) 일반사항

① 파열압력(burst pressure)은 최고사용압력의 4배 이상이어야 하며, 사용 목적에 일치하여야 한다.

② 최고사용압력은 잠수시스템 압력 이상이어야 한다.

③ 호스에 사용한 피팅은 시스템의 최고상용압력 이상이어야 한다.

④ 부식이 잘되지 않는 재질의 피팅이어야 하며 사용 중 분리되어서는 안 된다.

⑤ 굽힘(kink)에 대한 내성이 있어야 한다.

⑥ 온수 호스는 해당 온도에서 사용가능한 호스여야 한다.

⑦ 수리 후 내압시험을 하여야 한다. 호스는 연 1회 정기적으로 내부를 세척해야 한다.

⑧ 외력 또는 외압에 찌그러짐이 없어야 한다.

⑨ 최고사용압력은 공급압력에 10.5 kg/cm²를 더한 압력보다 커야 한다.

⑩ 호스는 플러그, 캡 등으로 막아야 한다. 테이프로 막지 아니한다.

(나) 호흡용 저압 호스

① (가)의 요구사항을 충족하여야 한다.

② 호흡용기체를 공급하기에 적합하여야 한다.

③ 호스는 매년 최고사용압력과 최고사용압력의 1.5배에서 내압시험을 하여야 한다. 시험압력은 10분간 유지하여야 한다.

(다) 생명줄

① (가)와 (나)의 요구사항을 만족하여야 한다.

② 잠수사가 하네스에 체결한 지점부터 「잠수용 생명줄에 관한 기술지원규정」에 따라 길이를 표시하여야 한다.

③ 연간 1회 시스템 설계 압력의 1.5배의 압력으로 10분간 내압시험한다. 내압시험 중 온도 보정 후 압력 손실은 없어야 한다.

④ 다른 생명줄과 구분할 수 있도록 식별 표시를 하고 관리시스템에 등록한다.

⑤ 생명줄은 호흡기체용 호스, 통화 전선, 잠수사의 수심을 식별할 수 있는 수단, 인장강도를 유지할 수 있는 밧줄(단, 꼬임형 생명줄은 제외한다)로 구성한다.

⑥ 생명줄은 파단하중은 450 kgf 이상이어야 한다.

⑦ 수심을 계측하는 호스는 연 1회 기밀시험을 하여야 한다.

(라) 산소 호스

① 산소 호스는 (나) 호흡용 저압 호스의 조건을 충족하여야 한다.

② 50% 이상의 산소를 송기하는 저압(35 kg/cm^2이하)호스는 「잠수용 생명줄에 관한 기술지원규정」에 따라 산소 사용을 위한 세척을 하여야 한다.

③ 피팅에 윤활제를 사용할 때는 산소환경에서 사용할 수 있는 윤활제를 사용하여야 한다.

(마) 호흡용 고압 호스

① 파단압력은 최고사용압력의 4배 이상이며, 사용 목적에 적합하게 제조된 제품이어야 한다.

② 호스 피팅의 내압성능은 설비의 사용압력 이상이어야 한다.

③ 피팅은 부식에 내성이 있어야 하며, 뜻하지 않게 분리되지 않아야 한다.

④ 굽힘(kink)에 대하여 내성이 있어야 한다.

⑤ 수리 또는 부품교체 후 맨눈검사와 내압검사를 하여야 한다.

⑥ 호흡용으로 제작된 제품이어야 한다.

⑦ 매 1년마다 최고사용압력에서 내압시험을 한다. 온도에 의한 압력변화를 보정한 뒤 10분간 압력의 변화는 없어야 한다.

(7) 공기압축기 시스템

(가) 공기압축기 또는 가스 펌프

① 회전부에 보호덮개가 있어야 한다.

② 구동을 위한 적절한 동력원이가 있어야 한다.

③ 사용목적에 맞고 적합한 형식, <식 1>의 토출압, <식 2>의 토출량을 갖추어야 한다.

$$\text{토출압}(bar) \geq \text{수심(미터)} \times 0.1 + \text{호흡기동작압력} \quad \cdots\cdots <\text{식 1}>$$

<표 3> 잠수헬멧 호흡기 동작 압력

수심(미터)	호흡기 동작 압력(bar)
0 ~ 18	6.2
18 ~ 30	7.9
30 ~ 40	9.3
40 ~ 50	11.4
50 ~ 67	15.5

$$\text{토출량}(L/m) \geq \frac{\text{수심}(m)+10m}{10m} \times 40\,L/m \times \text{잠수사수} \quad \cdots\cdots <\text{식 2}>$$

④ 흡기구는 배기가스, 흄 및 기타 오염물질이 유입되지 않는 곳에 위치하여야 한다.

⑤ 호스는 (6)의 (가) 일반사항에 부합하여야 한다.

⑥ 전기제어장치, 배선, 구동부는 산업표준에서 정한 바에 따라야 한다.

(나) 필터

필터는 공기압축기 또는 설치된 배관의 토출량과 토출압에 적합하여야 하며, 안전보건규칙 제525조(공기청정장치)에서 정한 기준을 충족하여야 한다.

(다) 시험

호흡용 기체에 사용하는 공기압축기의 기능시험은 아래의 주기에 따른다.

① 사용 전 시험하여야 한다.

② 제조사가 권장하는 주기 및 잠수설비 정기점검시스템에 따라 점검한다.

③ 연간 점검 기간 내에 점검한다.

④ 공기압축기의 성능에 영향을 주는 정비 후 시험한다.

(라) 공기질

① 호흡용 기체에 사용하는 압축기, 펌프 등은 매 6개월 마다 호흡기체질을 평가하여야 한다. 호흡기체질은 「잠수용 호흡기체의 질 및 분압에 관한 기술지원규정」에 따른다.

② 공기질 검사는 필터를 거친 이후의 토출구, 잠수사 호스, 실린더 충전구 등에서 실시한다.

③ 공기질 검사 결과는 기록하여 보관하여야 한다.

④ 공기가 아닌 다른 호흡기체를 압축하거나 송기하는 압축기는 매 6개월 마다 오염물질의 유입여부를 검사하여야 한다.

(8) 잠수조정장치

(가) 잠수작업에 적합한 압력과 유량을 공급하여야 한다.

(나) 모든 부품은 쉽게 부식되지 않아야 하고, 내압성능을 14 kg/cm^2 이상 이거나 최소공급압력보다 커야 한다.

(다) 사용하는 기체에 알맞게 세척하여야 한다.

(라) 산소의 농도가 50%이상일 때는 볼밸브와 같이 빨리 개폐가 가능한 밸브를 사용하지 않는다.

(마) 입력압력과 출력압력을 항상 볼 수 있는 장치가 있어야 한다.

(바) 압력을 조절하는 장치(압력 레귤레이터)를 설치하는 때는 (9)의 레귤레이터의 요구사항에 따른다.

(사) 수심 게이지의 정밀도는 전체 측심 범위의 ±0.25%이다.

(아) 예비 공급원을 연결하여, 운영 중 쉽게 예비 공급원으로 전환할 수 있어야 한다.

(자) 저압부에는 볼밸브를 사용한다. 다만, 산소의 농도가 50%이상이면 천천히 개방할 수 있는 밸브를 사용하여야 한다.

(9) 압력조절기(레귤레이터)

(가) 잠수작업에 적합한 압력과 유량을 갖추어야 한다.

(나) 부식에 내성이 있어야 한다.

(다) 레귤레이터는 적절한 과압 방지 장치(릴리프 밸브)와 빠르게 차단 할 수 있는 밸브가 있어야 한다. 다만, 산소의 농도가 50%이상인 때는 천천히 개방하는 밸브(니들 밸브)를 사용하여야 한다. 레귤레이터 출력부 후단에 과압 방지 장치(릴리프 밸브)를 설치하여야 한다. 과압 방지 장치의 압력은 최고사용압력의 +10%를 초과해서는 안된다.

(라) 입력부와 출력부에 압력을 확인할 수 있는 압력게이지를 부착하여야 한다.

(10) 잠수사 승강장치

(가) 일반사항

① 법령, 산업표준 및 설계기준에 따라 설계, 제조, 검사 하여야 한다.

② 안전하중의 1.25배의 힘을 갖는 두 개의 독립적인 브레이크 장치를 윈치마다 설치하여야 한다.

③ 윈치는 기어 중립, 동력 차단 시 현재 위치에서 정지하여야 한다.

④ 조작 레버 등은 운영자가 승강장치의 동작, 신호수 등을 볼 수 있는 곳에 위치하여야 한다.

⑤ 설치, 수리, 개조, 보강을 한 때는 안전하중의 1.25배의 하중으로 시험하여야 한다.

⑥ 와이어로프와 피팅 등은 아래와 같다.

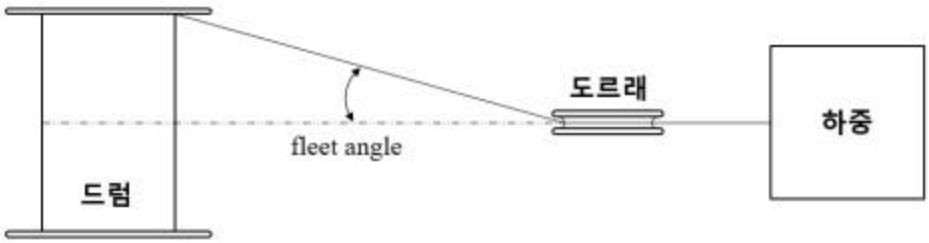
• 산업표준, 설계코드, 제조사의 권고에 따라 설치 및 유지보수 하여야 한다.

• 매 6개월 마다 손상, 부식, 변형 등을 검사하여야 한다.

• 산업표준이나 관련 지침에 따라 정기적으로 검사하여야 한다.

• 와이어로프와 피팅의 안전계수는 8이상이어야 한다.

⑦ 권양 도르래를 정중앙에 두어 윈치 드럼의 양 끝과 가상의 이등변 삼각형을 그린 후 권양 도르래 쪽의 2분의 1에 해당하는 각도(fleet angle)가 2도를 초과할 때는 와이어로프가 꼬이지 않도록 가이드를 설치하여야 한다.



<그림 10> 윈치 드럼의 끝과 도르래 각도

(나) 사다리 및 스테이지(또는 잠수 바스켓)

① 잠수사 2명과 착용한 장비의 무게를 지탱할 수 있어야 한다.

② 부식에 내성이 있어야 하며, 부식이 없도록 관리하여야 한다.

③ 사용 목적에 부합하여야 한다.

④ 사다리는 수면 아래 2미터 잠기도록 설치하되, 입수지점 수심이 2미터 미만인 때는 1미터 이상 잠기도록 설치한다.

⑤ 사다리 양쪽 손잡이(hand rail)는 잠수사가 발을 딛는 곳보다 1미터 이상 높게 설치하여야 한다.

⑥ 발판의 간격은 일정하여야 하며, 미끄러지지 않아야 한다.

⑦ 폭은 30센티미터 이상이어야 하다.

⑧ 스테이지(잠수 바스켓)는 승하강 중 잠수사가 추락하지 않도록 손잡이와 체인을 설치한다.

⑨ 스테이지(잠수 바스켓)에 의식이 없는 잠수사 구조를 위해 잠수사를 안전대에 걸 수 있는 장치가 있어야 한다.

(다) 습식 잠수종

① 습식 잠수종의 상부에는 잠수사의 머리가 젖지 않도록 물이 차지 않는 공간이 있어야 한다.

② 잠수종의 무게와 탑승자 별 250 kg이상의 무게를 지지할 수 있는 권양 철물(pad eye)이 있어야 한다.

③ 부상의 위험이 있는 부식이 없어야 한다.

④ 장비를 착용한 잠수사 2명이 탑승할 수 있는 넉넉한 공간이어야 한다.

⑤ 잠수사가 추락하지 않도록 손잡이가 있어야 한다.

⑥ 작업 수심에서 비상기체를 사용할 수 있는 압력용기와 호흡기를 착장하여야 한다.

(11) 게이지

① 사용 목적에 적합하여야 한다.

② 산소 농도가 50%이상인 장치에 사용할 때는 산소사용을 위한 세척을 하여야 한다.

③ 수심게이지는 아래의 사항에 적합하여야 한다.

- 수심게이지의 단위는 사용하는 감압표의 수심단위와 일치하여야 한다.
- 매 6개월 마다 관련 표준으로 검·교정하여야 한다.
- ±0.25%의 정밀도로 전체 스케일 중 최소 다섯 지점을 시험해야 한다.
- 압력을 가할 때와 감할 때 각각 다섯 지점을 측정한다.
- 시험 후 검·교정 날짜, 검·교정자, 유효기간 등을 표시한 스티커를 부착한다.

④ 수심게이지를 검·교정할 때 사용하는 계측기는 수심게이지 정밀도의 4배 이상이어야 하며 한국인정기구(Korea Laboratory Accreditation Scheme, KOLAS)의 인증을 받은 기관에서 매년마다 검·교정을 받은 제품으로 인증서는 유효하여야 한다.

⑤ 검·교정 중 오차범위를 초과한 때는 수리 후 재검정한다.

(12) 압축기체 저장장치

(가) 공기조(저압)

① ASME 보일러 및 압력용기, EN 13445 상온 압력용기, AS 1210 압력용기, KS B 6750 압력용기와 같은 산업표준으로 제작한다.

② 압력게이지를 설치하여야 한다.

③ 입력부에 체크밸브를 설치하여야 한다.

④ 공기조의 압력은 시스템의 최고사용압력 이상이어야 한다.

⑤ 과압 방지를 위한 릴리프 밸브를 설치하여야 하며 매년 1회 시험하여야 한다.

⑥ 위치가 가장 낮은 곳에 응축수를 배출할 수 있는 배수밸브를 설치하여야 한다.

⑦ 35 kg/cm^2 이상의 용기에는 볼밸브가 아닌 니들 밸브를 설치하여야 한다.

⑧ 산소 농도가 50%이상인 기체를 저장하는 용기에 밸브를 설치할 때는 니들 밸브를 설치한다.

⑨ 매년 1회 내부와 외부의 부식 및 손상을 검사하여야 한다. 오염물질 제거를 위해 매년 1회 내부 세척을 권장한다.

⑩ 호흡용 공기를 이용하여 최고사용압력에서 내압시험을 한다.

⑪ 최고사용압력 내에서 수리나 개조 후 또는 매 5년마다 최고사용압력의 1.3배에 해당하는 압력으로 수압시험을 한다.

⑫ 시험결과를 기록하고 공기조에 적절한 방법으로 표시한다.

(나) 고압 실린더와 튜브

① 산업표준에 맞게 제조되어야 한다.

② 과압 방지를 위한 파열판을 설치하여야 한다.

③ 매년 1회 손상 및 부식을 검사하여야 한다.

④ 여러 개의 실린더를 한데 모아 레귤레이터(regulator) 등을 부착하여 사용할 때는 낙하물에 의한 손상을 예방하기 위한 조치를 하여야 한다.

⑤ 신규 검사 10년 이내의 제품은 매 5년에 1회, 10년을 초과한 제품은 매 3년에 1회 수압시험을 하여야 한다.

⑥ 수중에서 사용하는 실린더는 매년 1회 이상 실린더 내부의 손상이나 부식을 검사하여야 한다.

⑦ 산소를 저장한 용기는 <그림 11>의 화기금지 표지를 부착하여야 한다.



<그림 11> 화기금지 표지

⑧ 환기가 양호하고 낙하물로부터 보호할 수 있는 곳에 보관한다

⑨ 실린더(cylinder), 쿼드(quad), 뱅크(bank)에 내용물과 압력을 표시한다. 사용 중인 때는 표시를 매일 갱신하도록 한다.



<그림 12> 쿼드(quad, 좌)와 뱅크(bank, 우)

(다) 스쿠버 실린더(비상기체통)

① 산업규격에 따라 제조되어야 한다.

② 과압 방지를 위한 파열판이 있어야 한다.

③ 매년 실린더 외부와 내부의 부식 및 손상을 검사하여야 한다.

④ 신규 검사 10년 이내의 제품은 매 5년에 1회, 10년을 초과한 제품은 매 3년에 1회 수압시험을 하여야 한다.

⑤ 시험결과를 표시하고 기록하여야 한다.

⑥ 실린더 충전 시 분당 42 kg/cm^2(600 psig)이하로 충전한다.

⑦ 충전 시 충전함 및 적절한 보호구를 착용한다.

(13) 기압조절실

(가) 일반사항

① 「잠수용 기압조절실에 관한 기술지원규정」의 기압조절실 산업규격에 따라 제조하여야 한다.

② 과압 방지를 위한 안전 밸브를 설치하여야 한다. 안전 밸브의 동작 압력은 최고사용압력의 +10%이하여야 한다.

③ 기압조절실의 문은 기압조절실의 압력이 외부보다 높을 때 열리지 않는 구조여야 한다. 메디컬 락의 안쪽 문은 내·외부의 압력을 같게 하는 장치가 있어야 한다.

④ 각 격실의 압력을 수심으로 표시하는 수심게이지가 있어야 한다. 수심게이지는 「잠수용 기압조절실에 관한 기술지원규정」에 따라 매 6개월마다 1회 검·교정 하여야 한다.

(나) 감압용 기압조절실

① 격실이 두 개여야 하며 2인 이상이 사용할 수 있어야 한다.

② 한 사람이 눕고 다른 한 사람이 앉았을 때 충분한 크기의 공간이어야 한다.

③ 기압조절실에 압력을 높였을 때, 압력을 유지한 채 반입 및 반출이 가능하여야 한다.

④ 출입구에 잠금장치를 설치할 때는 내부와 외부 양측에서 조작할 수 있어야 한다.

⑤ 기압조절실 운영을 위한 충분한 밝기의 조명을 설치하여야 한다.

⑥ 기압조절실 외부에서 실내를 볼 수 있는 현창(viewport)이 있어야 한다.

⑦ 상용압력은 최소 6기압(165피트)이며, 설계압력은 상용압력보다 1기압 높아야 한다.

⑧ 가압 성능은 분당 60피트 이상이어야 한다. 가압 성능 달성을 위해 주격실을 미리 가압할 수 있다.

⑨ 33피트(약 10미터)까지 분당 30피트로 감압할 수 있어야 한다.

⑩ 기압조절실 내부의 산소 농도를 25% 이하로 유지할 수 있어야 한다.

⑪ 이산화탄소의 농도가 1.5%(SEV) 이하로 유지할 수 있어야 한다.

⑫ 압축공기 배출부에는 소음을 줄일 수 있는 장치를 설치하여야 한다.

⑬ 공기가 흡입되는 밸브에는 압력차이에 의해 흡착되는 것을 방지할 수 있는 장치(suction guard)를 설치하여야 한다.

⑭ 배관은 환기가 가능하도록 설치하여야 한다.

⑮ 호스는 (6) 호스에서 정한 바에 따른다.

⑯ 모든 관통부에는 이름 또는 기능을 표시하여야 한다.

⑰ 기압조절실 관련 시험은 「잠수용 기압조절실에 관한 기술지원규정」에 따른다.

⑱ 각 격실에는 사용자 1인당 BIBS 마스크 1개와 실내 텐더를 위한 여분의 마스크를 설치하여야 한다.

⑲ 기압조절실 내 산소를 공급할 때는 힘든 작업 시에 필요한 분당 호흡량(분당 40리터)으로 가정하여 공급한다.

⑳ BIBS 마스크에 산소를 공급하는 배관의 퀵 커넥터에는 체크 밸브가 있어야 한다.

㉑ 양방향 통신 장치와 전기가 차단될 때를 대비하여 무전원 양방향 통화기를 설치하여야 한다.

㉒ 내부 화재에 대비하여 기압조절실 전용 소화기를 설치하여야 한다.

㉓ 전기 장치를 설치할 때는 고압환경에 사용할 수 있도록 설계, 제조된 장치를 사용하여야 한다.

㉔ 기압조절실과 BIBS 마스크는 배기는 밀폐공간으로 해서는 아니된다.

㉕ 기압조절실을 운용하기 위한 조작부에는 적절한 밝기의 조명을 설치하여야 한다.

㉖ 기압조절실의 내부를 밝히기 위하여 외부 조명을 사용할 때는 현창(viewport)에 열손상이 발생하지 않도록 하여야 한다.

㉗ 기압조절실이 잠수작업 통제실과 분리되어 설치된 때는 양방향 통화장치를 설치하여야 한다.

㉘ BIBS 마스크에는 비상 시 사용할 수 있는 예비용 기체를 준비하여야 한다.

6. 잠수 방법

6.1 스쿠버 잠수

표면공급식 잠수와 같은 수준의 안전조치를 행하지 않은 스쿠버 잠수는 산업잠수 시 사용하지 않는다.

6.1.1 잠수팀 최소 인원

산업잠수를 하기 위한 스쿠버 잠수의 최소 인원은 4인 이상이어야 한다.

(1) 유선통화 또는 밧줄로 연결된 산업 스쿠버 비감압잠수(0~30미터)

(가) 잠수 감독 1명

(나) 유선 통화 장치를 착용한 잠수사 1명

(다) 유선 통화 장치를 착용한 대기 잠수사 1명

(라) 보조사(감시인) 1명

(마) 잠수팀의 구성원은 응급처치, 심폐소생술 등의 수행할 수 있어야 한다.

(2) 무선통화 또는 밧줄이 없는 산업 스쿠버 비감압잠수(0~30미터)

(가) 잠수 감독 1명

(나) 잠수사 2명. 2인 1조로 작업하여야 한다.

(다) 유선 통화 장치를 착용한 대기 잠수사 1명, 무선 통화장치를 사용할 때는 밧줄을 연결하고 잠수하여야 한다.

(라) 잠수팀의 구성원은 응급처치, 심폐소생술, 산소 공급 등을 할 수 있어야 한다.

6.1.2 운영 지침

(1) 1 노트(초당 0.5미터)를 초과하는 곳에서 스쿠버 잠수를 해서는 아니된다.

(2) 스쿠버 잠수 수심은 30미터 또는 비감압 한계를 초과해서는 안된다.

(3) 스쿠버 잠수 시간은 비감압 한계를 초과해서는 안된다.

(4) 스쿠버 잠수장비를 착용한 잠수사는 압축공기의 공급원을 주 공급원과 공급원 전환 장치가 달린 비상기체통을 휴대하여야 한다. 비상기체통은 잠수한 수심에서 5분 이상의 호흡기체를 공급할 수 있어야 한다. 비상기체통의 수심별 호흡시간은 「잠수용 비상기체통에 관한 기술지원규정」을 참고한다.

(5) 스쿠버 장비의 압축공기 저장압력을 입수 직전 점검하여야 한다. 주 공급원과 비상기체 공급원에는 각각 1단계 레귤레이터(regulator)를 장착하여야 한다.

(6) 스쿠버 잠수작업 시 잠수사끼리 통화할 수 있어야 하며, 잠수 감독과 통화할 수 있어야 한다.

(7) 스쿠버 장비를 착용한 상태에서 밀폐공간 진입을 하여서는 아니된다.

(8) 차압이 있거나 차압이 발생할 것으로 우려되는 지역에서 잠수하여서는 아니된다.

(9) 잠수작업 중 대기 잠수사는 유선통화장치를 사용하거나 무선통화장치를 사용할 경우 밧줄을 연결하고 잠수하여야 한다.

(10) 스쿠버 잠수작업 시 잠수사는 밧줄 또는 유선통화장치를 이용하여 잠수하거나 2인 1조로 잠수하여 시각적, 물리적 접촉을 유지하여야 한다.

(11) 스쿠버 잠수작업은 주간에만 허용한다.

(12) 스쿠버 잠수작업 시 부력조절기(buoyancy compensator, BC)를 착용하여야 한다.

(13) 시정(visibility)이 좋지 않은 곳에서는 경량 비콘(beacon)을 소지하여야 한다.

(14) 스쿠버 장비를 착용하고 15 kgf 이상의 유압, 공압, 전동 공구를 사용하여서는 아니된다.

(15) 부식 측정기(cathodic protection probe)나 초음파 두께 측정기(ultrasonic thickness meter)와 같은 비파괴 검사장비는 사용할 수 있다.

(16) 나이트록스 잠수는 기압조절실을 현장에 비치하였을 때만 할 수 있으며, 모든 잠수사는 나이트록스 잠수 훈련을 이수하여야 한다.

(17) 스쿠버 잠수장비는 건설현장에서 사용해서는 아니된다.

6.1.3 장비 요구사항

(1) 스쿠버 잠수작업 시 잠수사는 잠수용 칼, 다이브 컴퓨터(또는 수중 시계), 수심계를 착용하여야 한다.

(2) 버튼식 공기 주머니 팽창장치와 입으로 불어서 공기 주머니를 팽창시킬 수 있는 부력조절기를 착용하여야 한다.

(3) 휘슬이나 소리를 낼 수 있는 장치를 착용하여야 한다.

(4) 작업시간동안 충분한 양의 공기를 공급할 수 있는 고압 압축공기 저장용기와 작업수심에서 5분 이상 호흡할 수 있는 비상기체통을 휴대하여야 한다.

(5) 고압을 중압으로 바꾸는 1단계 레귤레이터와 중압을 환경압으로 바꾸는 2단계 레귤레이터를 사용하여 한다.

(6) 잠수사는 압축공기 공급원을 주 공기공급원에서 비상기체통으로 조작할 수 있는 기체전환 장치(gas switching manifold)를 사용하여야 한다.

(7) 잠수사끼리 통화할 수 있고, 수면 위의 잠수 감독과 통화할 수 있는 장치를 전면마스크(full face mask)에 설치하여야 한다.

(8) 수심과 잠수복의 부력에 맞게 중량벨트를 착용하여야 한다.

(9) 응급산소, 구급함, 머리와 목을 고정하는 장치 및 들것을 준비하여야 한다.

6.2 표면공급식 잠수

표면공급식 잠수는 수면에서 호흡기체를 공급하고 잠수사의 안전보건을 위한 제반 조치를 이행한 잠수방법으로, 양방향 통화장치, 비상기체통, 역지변(check valve)이 연결된 기체전환장치를 부착한 전면마스크 또는 잠수헬멧, 수심의 변화에 따라 충분한 압력과 유량을 제공하는 설비의 전부 또는 일부를 사용하지 않는 후카(hookah) 잠수는 호흡기체를 수면에서 공급하더라도 잠수사 안전보건조치가 생략된 잠수방법이므로 표면공급식 잠수에 해당하지 않는다.

6.2.1 최소 운영 인원

(1) 공기 잠수 감독 1명

(2) 잠수사 1명

(3) 대기 잠수사 1명

(4) 2명의 보조사/잠수사(감시인): 보조사/잠수사는 산업잠수 교육훈련을 이수한 잠수사여야 한다.

6.2.2 잠수작업팀 자격 등

잠수팀의 구성원은 응급처치, 심폐소생술, 산소 공급 등을 할 수 있어야 한다.

(1) 공기 잠수 감독

공기 잠수 감독은 잠수작업 팀원의 안전보건, 잠수계획 및 수행에 책임이 있으며, 잠수작업을 감독할 수 있는 자격과 경험을 갖추어야 한다.

(2) 잠수사/대기 잠수사

공기 잠수작업 시 잠수사는 아래 사항에 대하여 교육·훈련을 받거나 경험이 있어야 한다.

(가) 공기 잠수 운영절차 및 관련 기술

(나) 비상절차

(다) 잠수작업 응급처치 절차

(라) 기압조절실을 포함한 잠수장비 운영 기술

(마) 잠수 장비 사용 경력

(바) 수행할 작업에 대하여 익숙해야 한다.

(3) 보조사/잠수사

보조사/잠수사는 산업잠수 교육을 이수하고 공기 잠수 자격을 취득한 자여야 한다.

6.2.3 운영 지침

(1) 잠수작업 전 작업지역의 수심 정보를 미리 알아야 한다.

(2) 호흡기체의 조성비율은 수심에 적합하여야 한다.

(3) 기압조절실은 잠수사가 출수 후 3분 30초 이내에 사용할 수 있는 위치에 설치하여야 한다.

(4) 수중의 잠수사를 지속적으로 보조하여야 한다.

(5) 호흡기체 주공급원의 압력과 유량은 잠수작업과 감압을 할 수 있도록 충분하여야 한다.

6.2.4 장비 요구사항

(1) 2명의 잠수사가 잠수할 수 있는 공기조와 두 개의 독립적인 공급원

(2) 스테이지 또는 바스켓에 47리터 크기의 비상기체통 설치

(3) 격실이 2개인 기압조절실 1대와 165피트까지 가압할 수 있는 압축공기설비

(4) 잠수작업 및 응급처치에 충분한 기체 공급원

(5) 생명줄 기본 구성은 아래와 같으며, 생명줄에 세부사항은 「잠수용 생명줄에 관한 기술지원규정」에 따른다.

① 공기 호스

② 통화케이블

③ 수심 계측용 호스

(6) 공기 잠수 감압표 및 응급처치를 위한 치료표 1세트

(7) 수중 감압을 위한 장비

(가) 잠수 스테이지(잠수 바스켓) 또는 습식 잠수종

(나) 생명줄, 비상기체통 및 비상 시 공기 공급원

(8) 잠수 통제실

(가) 통화 장치

(나) 수심게이지 및 호흡기체 공급장치

(9) 시간 측정 기기

(10) 구급상자 및 휴대용 산소 호흡기

(11) 다음의 장비를 포함하는 잠수사 착용 장비 2세트

(가) 잠수헬멧 또는 전면 마스크

(나) 중량 벨트

(다) 잠수복

(라) 잠수용 안전대

(마) 잠수용 칼

(바) 수중 작업용 공구

(12) 잠수 기구, 장비, 설비 등의 예비부품

(13) 다음을 포함한 문서

(가) 안전 작업 매뉴얼

(나) 구급 핸드북

(다) 직무 위험 분석

(라) 잠수 기록지

6.3 나이트록스 잠수

6.3.1 장·단점

나이트록스 잠수의 가장 깊은 수심은 30미터이며, 30미터보다 얕은 수심에서 공기 잠수보다 해저체류시간을 길게 유지할 수 있다. 다만, 산소 중독의 위험이 있으므로 사용 시 주의를 요한다.

(1) 공기 잠수와 비교하면 나이트록스 잠수의 장점은 아래와 같다.

(가) 비감압잠수 시 해저체류시간이 길다.

(나) 같은 수심, 같은 시간 동안 잠수하면 감압시간이 짧다.

(다) 잠수 후 체내 잔류질소가 적다.

(라) 감압병 가능성이 감소한다.

(마) 질소마취의 가능성을 줄일 수 있다.

(2) 공기 잠수와 비교하면 나이트록스 잠수의 단점은 아래와 같다.

(가) 중추신경계 산소 중독의 위험이 높다.

(나) 장시간 잠수하면 폐산소 중독의 위험이 증가할 수 있다.

6.3.2 일반사항

나이트록스 잠수 시 수심에 질소 비율을 곱하여 공기 잠수 수심으로 보정(equivalent air depth, EAD)한 후 아래의 공기잠수 감압표를 이용한다.

- 고용노동부 고시 「고기압작업에 관한 기준」[별표 4] 공기 잠수작업 기준
- 미국 해군 잠수매뉴얼 Rev 7. 공기 감압표(air decompression table)

6.3.3 요구사항

중추신경계 산소 중독 및 폐산소 중독의 위험을 저감하기 위하여 다음의 조치를 취한다.

(1) 나이트록스를 공급하는 배관에는 산소분석기를 설치하고 지속적으로 모니터링 한다.

(2) 잠수용 나이트록스의 산소의 백분율은 40%이하 이다. 다만, 감압이나 응급조치를 위한 나이트록스는 40%를 초과할 수 있다.

(3) 나이트록스 산소의 오차범위는 인증된 범위의 ±1%이다.

(4) 예비 나이트록스 공급원이 있어야 한다.

(5) 항상 비상기체통을 착용하여야 한다. 비상기체통에 저장된 호흡기체는 주 호흡기체와 산소 비율이 같은 나이트록스여야 한다.

(6) 나이트록스 잠수 중 공기로 호흡한 때는 공기 잠수 감압표로 감압한다.

6.3.4 교육훈련

나이트록스를 이용하여 잠수할 때는 잠수사 모두 아래의 내용이 포함된 교육과정을 이수하고 충분한 훈련을 하여야 한다.

- 나이트록스의 정의
- 나이트록스의 장점과 한계
- 기체법칙 및 산출
- 질소 비율에 따른 공기잠수 수심 보정 및 감압표 활용방법
- 산소의 생리학적 작용
- 나이트록스 공급 및 분석
- 장비 관련 사항

6.3.5 운영절차

(1) 감압표

「공기잠수 감압에 관한 기술지원규정」5.2 나이트록스 잠수 <표 8> 질소 비율에 따른 수심 보정값을 구한 뒤 공기잠수감압표를 이용하여 잠수한다.

(2) 고지대 잠수

해발 300미터까지 미국해양대기청(National Oceanic and Atmospheric Administrtaion, NOAA)의 나이트록스 감압표를 사용하거나 「공기잠수 감압에 관한 기술지원규정」5.2 나이트록스 잠수 <표 8> 질소 비율에 따른 수심 보정 및 7. 고지대 잠수를 참고한다.

(3) 감압생략

감압표에 따라 감압해야 했으나 감압하지 못하고 수면으로 상승하였을 때는 「공기잠수 감압에 관한 기술지원규정」6.10 감압생략 후 무증상 및 6.11 수중 감압병 이환을 참고한다.

6.3.6 기체 공급

(1) 나이트록스 기체 조성비율은 제조사 또는 공급사가 발행한 인증서와 같아야 한다. 나이트록스 저장용기에 기체의 조성비율을 표시하여야 한다.

(2) 나이트록스 사용 전 산소 분석기를 사용하여 산소 조성비율을 확인하여야 한다.

(3) 공기 중 질소를 제거한 나이트록스의 질은 국제 규격(EN 12021)에 따른다.

<표 4> 질소를 제거한 나이트록스의 질

성분	20℃, 1,013 mbar
산소	질소 백분율[주1)]±1.0%
수분	≦ 25 mg/m^3
이산화탄소	≦ 500 $m\ell/m^3$(ppm)
일산화탄소	≦ 5 $m\ell/m^3$(ppm)
오일	≦ 0.1 mg/m^3

주1) 생산자가 표시한 질소의 백분율

(4) 질소와 산소를 혼합한 나이트록스의 질은 국제 규격(EN 12021)에 따른다.

<표 5> 혼합해서 제조한 나이트록스의 질

성분	20℃, 1,013 mbar
산소 20% 미만	질소 백분율[주1)]±0.5%
산소 20% 이상	질소 백분율[주1)]±1.0%
질소	타 기체성분 제외한 백분율
수분	≦ 15 mg/m^3
이산화탄소	≦ 5 mL/m^3(ppm)
일산화탄소	≦ 3 mL/m^3(ppm)
오일	≦ 0.1 mg/m^3
탄화수소	≦ 30 mL/m^3(ppm)
기타 비독성 가스[주2)]	< 1%

주1) 생산자가 표시한 질소의 백분율

주2) 아르곤 등 불활성 기체

(5) 산업잠수업계는 산소 50%미만인 경우 산소 사용을 위한 세척을 의무화하지 않지만, 오염물을 제거하기 위하여 초음파 세척기, 초음파 세척기용 세제 및 온수를 이용하여 세척하고 헹군다.

6.3.7 응급처치 절차

나이트록스 잠수 후 기압조절실을 이용한 응급처치 절차는 「잠수용 기압조절실을 이용한 치료표 운용에 관한 기술지원규정」의 공기 잠수 응급처치 절차를 따른다.

6.4 표면공급식 혼합기체 잠수

6.4.1 최소 인원

(1) 혼합기체 잠수 감독 1명

(2) 잠수사 1명

(3) 대기 잠수사 1명

(4) 보조사/잠수사 2명

(5) 모든 잠수사는 응급처치와 심폐소생술을 할 수 있어야 한다.

6.4.2 장비 요구사항

(1) 2개 이상의 기체 공급원으로 2명의 잠수사에게 공급할 수 있어야 한다.

(2) 부상기체로 사용할 수 있도록 준비하여야 한다.

(3) 50미터까지 가압할 수 있는 격실이 두 개인 기압조절실을 사용하여야 한다.

(4) 감압 중 적절한 산소를 공급하여야 한다.

(5) 생명줄은 2개 이상이어야 한다.

(6) 감압표와 치료표 1세트를 갖추어야 한다.

(7) 습식 잠수종, 생명줄, 승강장치를 사용하여야 한다.

(8) 잠수 통제실을 아래와 같이 구성한다.

(가) 적절한 통화장치 및 예비 통화장치를 갖춘다. 헬륨 변성을 억제하는 장치(helium scrambler)를 권장한다.

(나) 수심게이지와 가장 깊은 수심에서 잠수사에게 공급할 수 있는 혼합기체 공급장치를 사용하여야 한다.

(9) 산소 분석장치가 있어야 하며 청각, 시간 또는 복합 경보장치가 있어야 한다.

(10) 시간을 측정할 수 있는 스톱워치 2개 이상을 준비하여야 한다.

(11) 응급처치용 키트와 투명한 마스크가 달린 인공호흡기를 준비한다.

(12) 잠수사가 사용할 장비는 아래와 같다.

(가) 헬멧 또는 마스크

(나) 중량 벨트(필요 시)

(다) 잠수복

(라) 작업용 공구

(마) 전신 안전대

(13) 필요 부품

(14) 잠수 기록지, 안전매뉴얼, 응급처치 핸드북, 직무유해 위험 분석지

(15) 잠수사는 비상기체를 착용하여야 한다.

7. 위험 관리

7.1 유해·위험요인

7.1.1 환경요인

(1) 유속 및 조석(tide)

(가) 유속이 증가하면 잠수사의 피로도가 증가할 위험이 있으며, 잠수 바스켓, 스테이지, 습식 잠수종과 같은 승강장치에 설치된 와이어로프의 꼬임을 유발하여 생명줄 절단, 승·하강 불능과 같은 위험이 증가한다.

(나) 조석으로 인한 해수면의 높낮이 변동이 클수록 조류의 유속이 증가하고, 잠수 수심이 깊어져 특정 기체의 분압 증가로 기체 독성이 증가할 위험이 있다. 기체 독성은 「잠수용 호흡기체질 및 분압에 관한 기술지원규정」에 따라 관리하여야 한다.

(다) 조류의 방향이 바뀌는 정조 시 유속은 감소하나 부유물의 정체로 시정(visibility)이 감소한다.

(2) 오염수

(가) 선박 및 플랜트 등의 배수설비, 하수 처리 시설의 오·폐수, 석호 또는 소류지 등은 생물학적, 화학적 오염물로부터 감염의 위험이 있으므로 오염 물질에 대한 정보를 사전에 검토하여야 한다.

(나) 방사성 물질 인근에서 잠수할 때는 「생활주변방사선 안전관리법」 제14조와 같은 법 시행령 제6조에 따른 안전조치를 하여야 한다.

(다) 잠수사가 오염수에 노출되지 않도록 잠수복을 갖추어야 한다.

(라) 잠수사가 착용하는 호흡보호구는 헬멧의 내압이 수압보다 항상 높아야 하므로 요구형 호흡기보다 지속적으로 호흡기체를 분사하고 과압 배출 장치가 설치된 헬멧(free flow helmet)을 착용을 권장한다.

(마) 출수 후 잠수복과 잠수헬멧에 묻은 오염물을 제거하거나 독성물질을 제독한 후 잠수장비를 벗고, 제독에 사용된 오염물을 폐기물관리법령에 따라 처리하여야 한다.

(바) (마)의 조치로 인하여 기압조절실 사용이 불가능할 때는 비감압 잠수를 하거나 비감압 한계를 초과하여 잠수하여야 할 때는 수중 공기·산소 감압을 하여야 한다.

(3) 해수면 시정(visibility) 불량

(가) 주간 작업 시 안개, 폭풍과 같은 악천후는 수면 시정을 제한하며 선박 간 충돌의 위험이 있으므로 해상교통안전법령에 따라 항해등(navigation light) 점등, 신호등(signal light) 점멸 및 청각 신호(sound signal)를 이용하여 충돌하지 않도록 한다.

(나) 야간 작업 시 작업 현장에 어두운 곳이 생기지 않도록 안전보건규칙 제8조에 따른 적절한 조도를 갖춘 조명시설을 갖추어야 한다.

(4) 수중 시정 불량

(가) 수중 CCTV의 화질을 저하시켜 잠수사 보조를 어렵게 한다.

(나) 잠수작업 중 수중 구조물 또는 크레인과 같은 권양기가 운반하는 물체와 충돌하거나 깔릴 위험이 있으며, 작업효율이 저하될 수 있다.

(다) 해파리, 푸른 고리 문어, 쏠배감펭, 상어, 성게 등과 같은 위험한 해양 생물에 접촉하여 부상을 당하거나 중독될 수 있다.

(5) 바다 상태

(가) 강한 해·조류는 잠수사 입·출수에 영향을 주어 호흡 장비 분리. 호흡 장비 침수, 생명줄 엉킴, 안전대와 생명줄 분리 등의 위험이 있다.

(나) 수중 감압 중 감압 수심을 유지할 수 없어 감압병의 위험이 있다.

(다) 선박의 계류 상태가 악영향을 끼친다.

(라) 바람의 영향으로 파봉이 깨져 포말이 목격되면 즉시 인근 항구로 대피한다.

(마) 잠수 중 선박의 닻이 파주력을 상실할 때 즉시 잠수작업을 중단하고 잠수사를 선상으로 대피시킨다. 부족한 감압은 「공기잠수 감압에 관한 기술지원규정」 “6. 비상 감압 절차”에 따른다.

(6) 온도

(가) 더운 날씨는 잠수작업 종사자에게 탈수, 주의력 결핍, 온열질환을 유발하고, 잠수설비의 과열, 동력기 벨트 장력 감소 등으로 인한 기계 고장의 원인이 될 수 있다.

(나) 잠수 작업 중 체온 저하로 인하여 근육 긴장, 의식상실, 심실세동 등의 위험이 증가하고 사망할 수 있다.

(다) 온도가 31도 이상이 되는 장소에서 장시간 작업할 때는 적절한 온·습도 조절장치를 설치하여야 한다.

(라) 온·습도 조절장치를 설치할 수 없는 실외 작업을 하는 근로자에게 그늘막, 통풍장치, 적절한 휴식시간 제공, 적정한 수분 및 전해질 균형을 유지할 수 있도록 조치하여야 한다.

(마) 수온이 낮거나 헬리옥스로 호흡하여 열손실이 빠를 때는 잠수사에게 38도 이상의 온수를 공급하여야 한다.

(7) 위험 생물

(가) 성게, 해파리, 푸른 고리 문어, 쏠배감펭, 왕관 가시불가사리, 바다뱀 등 독을 가진 생물에 의한 찔림, 물림에 의한 중독의 위험이 있다. 특히 푸른 고리 문어는 테트로도톡신이라는 신경독을 보유하여 물리면 호흡근육이 마비되어 사망할 수 있다.

(나) 해양 온난화로 인하여 여름철에는 청상아리와 같은 공격성이 강한 대형 상어 종이 발견된 바 있으므로 주의를 요한다.

7.1.2 작업 중 위험

(1) 취수구/방수구

(가) 댐이나 저수지의 취수탑, 소류지의 사통 등이 대표적인 취수구이며, 강이나 해안가에 취수시설 등은 시공 시 생물 유입 방지를 위한 스크린을 설치하나 일정 시간 후 부식으로 인하여 스크린이 사라져 흡입될 위험이 있다.

(나) 펌프, 선박 항행을 위한 추진기(propeller), 선박 위치 제어를 위한 쓰러스터(thruster), 선박 평형수 유입을 위한 씨체스트(sea chest) 등은 기계적 에너지를 이용하여 물을 이동시키는 장치로 잠수사를 빨아들여 치명적인 부상을 입게 하거나 사망케 할 수 있다.

(2) 차압

(가) 물을 이동시키는 힘으로 작용하므로 수중에서 발생한 압력의 차이는 해당 수심의 압력에 개방된 면적을 곱한 값만큼 작용하여 잠수사를 빨아들여 수면으로 상승할 수 없게 한다. 수심의 차이와 단면적이 클수록 개방된 면적에 작용하는 힘이 커진다.

(나) 차압이 발생할 위험이 있는 지역에서 잠수작업을 할 때는 밧줄에 중량추를 묶어 사용하거나 물의 흐름을 감지할 수 있는 끝을 풀어헤친 밧줄과 수중 카메라, 또는 유속측정기를 사용하여 차압 발생 여부를 확인한다.

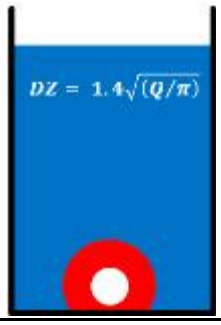
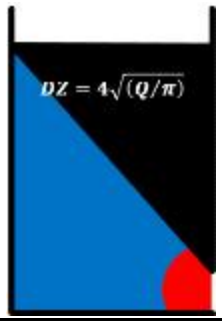
(다) 펌프가 없고 수위 차에 의해 차압이 발생한 때 발생지역에 작용하는 힘과 유량을 추정하고, 유속이 초속 0.5미터를 초과하여 잠수사가 흡인될 수 있는 위험거리를 <표 6>의 식을 이용하여 구한다.

(라) 수중의 잠수사가 (다)에서 구한 위험거리 내로 근접하지 않도록 차수벽을 설치하거나, 물의 흐름이 잠수사에게 영향을 주지 않도록 유도벽(deflector)을 설치한다.

(마) (라)의 조치가 불가능한 때는 (다)에서 구한 위험거리를 바탕으로 생명줄의 길이를 제한하여야 하며, 잠수사에게 물의 흐름을 시각적으로 확인할 수 있는 도구(예) 대걸레)를 지참케 하여 위험지역에 접근하지 않도록 조치하여야 한다.

<표 6> 차압 발생원 위험거리 추정

작용하는 힘(kgf)	= 개구부 단면적(m^2) × 수위차(m) × 물의 밀도(1,000 kg/m^3)
유량(m^3/s)	= 개구부 단면적(m^2) × $\sqrt{2 \times 9.3 m/s^2 \times \text{수위차}(m)}$
위험거리(m)	= $C \cdot \sqrt{\text{유량}(m^3/s) \div (2 \times 0.5\ m/s \times \pi)}$

C=1	C=1.4	C=2	C=4
			

(3) 밀폐공간/상승 불능 지역

(가) 수면으로 상승하는데 제한이 있어 공황상태에 빠져 익사의 위험이 있다.

(나) 잠수사에게 호흡기체를 지속적으로 공급할 수 있도록 표면공급식 잠수방법을 이용하여 작업한다.

(다) 생명줄 손상으로 기체공급 중단 및 통신차단 시 익사의 위험이 있으므로 비상기체통을 착용하여야 한다.

(4) 생명줄 엉킴

(가) 수중 구조물이나 폐기물에 잠수사의 비상기체통, 생명줄 등이 걸려 상승 및 하강이 어려울 때 잠수사는 공황상태에 빠져 공기를 완전히 소진하거나 사망 위험이 있다.

(나) 잠수사에게 자신의 안전대에 묶인 생명줄의 길이가 너무 팽팽하거나 느슨하지 않게 항상 살펴야 한다.

(다) 수중에서 작업 중 생명줄 공급 길이가 짧을 때 잠수사는 보조자에게 생명줄 공급을 요청하고 보조자는 잠수사의 요청에 따라 생명줄을 공급한다. 잠수사가 요구하지 않을 때 보조자가 임의로 생명줄을 공급해서는 안된다.

(5) 감전

(가) 용접, 절단 등과 같이 수중에서 전기를 사용할 때는 감전의 위험이 있다.

(나) 용접 또는 절단 시 직류 전기를 사용할 때는 잠수사가 접지(ground)와 용접 홀더 사이에 위치해서는 안되며, 적절한 길이와 두께의 고무장갑을 착용하여야 한다.

(다) 용접봉 또는 절단봉을 교체하는 등 용접이나 절단을 잠시 중단할 때 잠수사는 통화장치를 통하여 전기의 차단을 요청하고, 잠수 감독은 전원을 즉시 차단하거나 차단하도록 지시하여야 한다. 전원을 차단하고 통화장치를 통하여 잠수사에게 전원 차단을 알려야 한다.

(라) 외부전원식 전기방식(impressed current cathodic protection, ICCP)이 적용된 선박에서 잠수할 때 감전의 위험이 있으므로, 잠금, 표시, 확인(lock out, tag out, try out, LOTOTO)하여 감전의 위험을 제거한 후 작업하여야 한다.

(6) 폭발

(가) 비상기체통 또는 고압 실린더에 압축공기를 충전하거나 가연성 기체의 발화 또는 수중 발파 시 생성된 에너지로 인하여 인명, 설비 및 환경에 심각한 손상이 발생할 수 있다.

(나) 비상기체통, 고압 실린더, 공기조 등은 「잠수용 비상기체통에 관한 기술지원규정」을 참고하고, 기압조절실은 「잠수용 기압조절실에 관한 기술지원규정」에 따라 내압성능을 검사하여야 한다.

(다) 직류전기를 사용하는 수중 용접 및 수중 절단은 물의 전기분해로 인하여 생성된 수소와 수중 생물작용에 의한 메탄 등의 가연성 가스로 인하여 작업 중 폭발의 위험이 있다.

(라) 상부가 막힌 구조물을 수중 용접·절단할 때 절단면의 위쪽에 전기분해로 발생한 수소 또는 이미 생성되어 쌓인 메탄이 배출될 수 있도록 드릴을 이용하여 충분한 크기와 수량의 구멍을 뚫고, 구멍을 뚫은 후에는 수심 계측용 호스를 이용하여 기포의 배출이 원활한지 확인하여야 한다.

(마) 수평면 절단 시 기포의 이동경로를 확인할 수 없으므로 유압 기구를 이용하여 절단하여야 한다.

(바) 배관을 용접할 때는 해저면에 가까운 쪽부터 해수면에 가까운 쪽으로 용접한다.

(7) 잠수중 크레인 운영

(가) 수중 시정 불량, 권양 중인 중량물에 충돌하거나 와이어로프에 생명줄이 끼어 생명줄이 파괴되는 위험이 있다.

(나) 조금구(spreader bar)를 사용하여 크레인 훅(hook)에 거는 로프가 권양물에 근접할수록 멀어지게 하여 교차되지 않도록 한다.

(다) 시정이 불량할 때 중량물을 작업 위치로 이동시킨 후 잠수사가 접근하여 중량물을 찾는다. 상하 요동을 제어할 수 없는 선박에서 작업할 때는 비콘(beacon) 또는 탐침봉과 같은 가볍고 긴 막대를 이용하여 작업한다.

7.1.3 생리학적 위험

(1) 익수

익수는 통화품질이 불량한 상태에서 잠수장비가 고장나거나 분리되었을 때 공황상태(panic)에서 나타날 수 있다. 표면공급식 잠수에서 거의 나타나지 않으나 스쿠버 잠수 또는 후카 잠수에서 발생한다. 익수를 경험한 작업자는 의료시설로 옮겨 24시간 동안 관찰을 요한다. 익수는 다음의 위험을 수반한다.

(가) 기도를 통해 폐로 액체가 유입되면 질식하여, 뇌손상, 심장 마비 등이 발생하며 사망할 수 있다.

(나) 흡입된 해수의 염도로 인하여 폐조직에서 체액이 빠져나와 폐수종이 발생하여 익사할 수 있다.

(2) 열 스트레스

(가) 심부온도가 38℃ 이상인 고열(hyperthermia)은 공기 중 온도 32℃, 수온 27℃를 초과할 때 발생할 위험이 있다. 고열 징후와 증세는 <부록 1>과 같다.

(나) 심부 온도 감소로 인하여 저체온증이 발생할 수 있다. 저체온증의 징후와 증상은 <표 7>과 같다.

<표 7> 체온 변화에 따른 징후와 증상

심부 온도	저체온증 강도	관찰된 징후	경험한 증상
37℃	정상	없음	없음
33~35℃	약	떨림, 행동 변화, 운동 협조 부족, 주의력결핍, 무관심	떨림, 혈압상승, 기억상실, 어눌함, 판단착오, 추위, 무관심
29~32℃	보통	허약, 나른함, 의식상실	혼미, 떨림 멈춤, 동공 확대, 부정맥, 의식상실
28℃ 이하	중증	호흡기능저하, 명령수행 불가, 의식상실, 사망	심실세동, 과호흡, 반사소실, 자발적 운동상실, 사망

출처: WSH Workplace Safety and Health Guidelines Inland/Inshore Commercial diving

(3) 감압병

(가) 감압병은 고압환경에서 호흡활동으로 체내에 축적된 불활성기체가 기포화하여 발생하는 질병(decompression sickness)와 짧은 시간 안에 급격한 압력 저하로 발생한 외상에 기포가 침입하여 발생하는 기체색전(gas embolism)이 있다.

(나) 감압병은 관절부 통증과 피부 병변을 유발하는 경증 감압병(제1형 감압병)과 뇌와 척수 같은 중추신경계에 작용하는 중증 감압병(제2형 감압병)으로 나눌 수 있고, 감압을 해야 했음에도 불구하고 장시간 감압하지 않아 폐와 심장에 심각한 손상을 유발하는 감압병(제3형 감압병)이 있다.

(다) 피부 증상이나 피부모양이 대리석 모양처럼 나타나거나, 가슴뼈, 고관절, 척추 등에 나타나는 관절부 통증은 중증 감압병으로 간주한다.

(라) 심폐감압병 또는 폐감압병은 매우 강도 높은 고압산소치료를 하더라도 사망할 위험이 높은 질병으로 알려져 있으므로 반드시 「고기압작업에 관한 기준」 또는 해외에서 인증된 감압절차에 따라 감압하여야 한다.

(마) 감압병 발생 시 응급처치는 반드시 감압병 전문 의료기관의 자문을 구해야 하며, 자문을 얻을 수 없을 때 「잠수용 기압조절실을 이용한 치료표 운용에 관한 기술지원규정」을 참고한다.

(4) 압력상해(barotrauma)

(가) 인체 내 빈 공간의 압력이 외압의 증가 및 감소에 반응하지 못해 발생한 압력차이가 외상을 일으켜 귀, 코, 목, 심장, 폐 등에 외상을 유발한다.

(나) 잠수 전 압력평형이 잘 되는지 확인하며, 압력평형이 되지 않을 때 잠수작업에 종사해서는 안된다.

(다) 입수하여 작업 위치로 하잠하거나 기압조절실 입실 후 가압할 때는 하잠 및 가압 속도를 준수하여야 한다.

(라) 기압조절실 최고가압 속도는 분당 100피트로 하잠속도보다 빠르므로 귀에 통증이 느껴지기 전에 침 삼키기, 물 마시기, 발살바(valsalva) 등의 방법으로 압력평형을 하여야 한다.

(5) 질소 마취

(가) 질소분압이 4.0 bar 이상일 때 질소의 마취효과가 잠수에 부정적인 영향을 끼칠 수 있다. 잠수사의 사고 및 반응시간이 저하되고 비정상적인 행동을 보일 수 있어 재해의 위험이 높다.

(나) 압축공기에 약 79%의 질소가 포함된 것으로 간주하며 수심 40미터를 초과하면 질소분압이 4.0 bar 이상이 되므로 질소마취의 강도가 높아진다.

(다) 미국 해군 잠수매뉴얼에서 약 58미터까지 압축공기 잠수를 허용하고, 장시간 질소에 노출될 경우 순응(acclimatization) 현상이 보고된 바 있으나, 미국 해군과 장비, 교육훈련 및 안전보건조치가 같지 아니하므로 압축공기잠수를 시도하지 아니한다.

(6) 산소 중독

(가) 중추신경계에 작용하여 경련, 시야 감퇴, 귀울림, 구역, 저림, 불안, 어지럼움 등의 증상(중추신경계 산소 중독)이 나타날 수 있고, 장시간 호흡하면 폐손상에 따른 기능저하(폐 산소 중독)가 발생한다.

(나) 폐산소 중독지수(unit of pulmonary toxicity dose, UPTD)를 아래의 식을 이용하여 구하고 1일 600, 일주일 합계 2,500 이상인 때는 산소 호흡을 중단하고 공기로 호흡하여야 한다.

$$UPTD = \left(\frac{ppO_2 - 0.5}{0.5} \right)^{\frac{5}{6}} \times time(\text{분}) \quad \cdots\cdots <\text{식 } 3>$$

(다) 잠수 중 산소 중독 증상이 발현된 때는 「공기잠수 감압에 관한 기술지원규정」 6.4 수중산소감압 중 중추신경계 산소 중독 이하를 참고하여 조치한다.

(7) 이산화탄소 중독

(가) 이산화탄소의 축적 또는 고탄산혈증은 호흡조절, 잠수헬멧 환기부족, 호흡기체 오염, 힘든 작업(heavy work)으로 인한 불규칙한 호흡 패턴으로 나타날 수 있다.

(나) 이산화탄소 중독은 발한, 두통, 메스꺼움, 피로, 호흡증가, 심박수 증가, 경련, 호흡곤란 등을 유발하고 의식을 잃을 수 있다.

(다) 호흡보호구 내 머리를 보호하는 헤드 라이너(head liner)에 스펀지 등을 추가하여 사강(dead space)을 줄인다.

(라) 작업 중 잠수 헬멧의 환기밸브를 개방하여 이산화탄소의 축적을 예방한다.

(마) 잠수 감독은 충분한 유량의 호흡기체를 제공하여야 한다.

(바) 잠수사는 규칙적이고 정상적인 속도의 호흡패턴을 유지하여야 한다.

(사) 힘든 작업으로 호흡패턴이 불규칙해지면 작업을 멈추고 호흡패턴을 정상화한다.

(8) 일산화탄소 중독

(가) 잠수작업선의 내연기관, 공기압축기 엔진 배기 가스 등의 유입으로 압축공기 중 일산화탄소의 농도가 증가할 수 있다.

(나) 고농도 일산화탄소는 어지러움증, 두통, 방향감각 상실, 뇌기능 손상, 시력 장애, 심폐기능 저하, 경련, 구역 등을 유발하고 사망할 수 있다.

(다) 일산화탄소는 헤모글로빈과 결합력이 산소보다 높아 산소 농도가 정상이더라도 일산화탄소 중독 위험이 있다.

(라) 엔진식 공기압축기를 사용할 때는 공기압축기 배기구와 흡기구의 거리를 멀리하고 흡기구는 바람이 불어오는 쪽에 설치하여야 한다.

(마) 기류가 정체된 곳에서 공기압축기를 작동하여 잠수사에게 압축공기를 공급하거나 비상기체통을 충전하여서는 아니된다.

(바) 잠수 전 공기조, 고압실린더, 비상기체통의 일산화탄소의 농도를 측정한다. 압축공기를 이용한 공기잠수에서 일산화탄소의 농도는 20 ppm 이하를 유지하여야 한다.

(사) 공기압축기 필터는 일산화탄소를 이산화탄소로 바꾸는 촉매제(hopcalite)가 포함된 것을 사용한다.

(아) 잠수조정반에 일산화탄소 검측기를 설치하고 미리 준비한 고압실린더를 예비공급원으로 연결하여 일산화탄소의 농도가 20 ppm을 초과하면, 주 공급원을 차단하고 예비공급원의 압축공기를 개방한다.

(자) 잠수 감독은 잠수사에게 환기밸브 또는 2단계 호흡기의 퍼지 버튼을 눌러 환기하게 하고 대기 잠수사를 잠수시켜 잠수사를 수중 보조 및 구조하여야 한다.

(차) 혼합기체 잠수 시 사용하는 헬리옥스 중 일산화탄소 농도는 EN 12021에 따라 0.2 ppm 이하여야 한다.

(카) 일산화탄소 중독 또는 일산화탄소 중독이 의심되는 경우라 하더라도 중추신경계 산소 중독 위험이 큰 수심 9미터 보다 깊은 곳에서 100% 산소를 공급해서는 안된다.

7.1.4 기타 위험

(1) 잠수 후 고지대 이동 또는 비행

(가) 비행은 기내 압력 저하로 체내 잔류질소의 과포화를 유발하여 감압병 증상을 유발할 수 있다.

(나) 24시간 이내 잠수 후 고지대로 이동하거나 비행할 때는 <부록 4>에서 주어진 시간 이상의 휴식을 취한 후 이동한다.

(다) 잠수 후 반복그룹기호가 없거나 예외노출인 때는 48시간 동안 고지대 이동 또는 비행을 금지한다.

(라) 음주는 탈수를 유발하여 잔류질소 배출에 유해하므로 금하며, 수분을 충분히 섭취하여야 한다.

(마) 경미하더라도 감압병 증상이 있을 때는 가까운 고압산소챔버를 보유한 의료기관을 방문하여 치료를 받아야 한다. 치료를 받았을 때는 전문의의 조언에 따르되, 24시간 내 비행해서는 안된다.

8. 잠수작업

8.1 유해·위험성 분석

(1) 작업 분해

(가) 직무를 구체적이고 단계적으로 분해한다.

(나) 직무가 복잡할 때는 여러 단계의 작업군으로 분류한다.

(다) “무엇을 한다”로 직무를 서술한다.

(라) 직무 단계에 순번을 매긴다.

(2) 잠재적 위험요인

(가) 각 직무 단계별 유해위험요인을 구체적으로 기술하고 직무 단계별로 기입한다.

(나) 발생가능한 재해의 결과(접질림, 미끄러짐, 넘어짐, 베임, 끼임 등)를 고려한다.

(다) 환경 및 보건 유해위험요인(증기, 가스, 열, 소음, 독성)을 고려한다.

(3) 안전절차

(가) 잠재적 유해위험요인에 대하여 해결책을 모색하여 제시한다.

(나) 해결방안(control)을 구체적으로 적는다.(환기, 격리, 잠금, 방호망 설치 등)

(다) 필요한 개인보호장구를 적는다.(장갑, 보안경, 공기호흡기, 안전대 등)

(4) 책임 부여

(가) 특정인에게 안전조치를 수행하는 책임을 부여한다.

(나) 수행여부를 확인하여야 한다.

(5) 참여 인원

(가) 작성, 검토, 승인한 사람의 이름과 서명을 기입한다.

(나) 작성한 유해·위험성 분석을 모든 근로자에게 전달한다.

(다) 근로자는 유해·위험성과 안전조치를 숙지하여야 한다.

(6) 위험성 분석 검토

(가) 유해·위험성 분석은 설계, 장비, 작업절차, 시설, 설비가 신규이거나 변경될 때 검토하여야 한다.

(나) 재해가 발생한 직무에 대한 검토와 업데이트를 하여야 한다.

8.2 작업 전 안전회의(Toolbox Meeting, TBM)

(1) 잠수작업 전 다음의 내용이 포함된 작업 전 회의를 하여야 한다.

(가) 수행하여야 할 직무와 직무 수행방법

(나) 잠수방법 안전절차

(다) 잠수작업 및 잠수사 안전에 부정적 영향을 주는 유해·위험요인 및 상황

(라) 잠수작업 직무변경 사항

(2) 잠수 전 잠수사는 본인의 컨디션이 잠수에 적합한지 알려야 한다.

8.3 작업 중지

다음의 상황이 발생한 때 잠수작업을 중지한다.

(1) 잠수 감독 또는 해당 직무의 책임자가 작업중지를 명할 때

(2) 잠수사가 작업중지를 요청할 때

(3) 잠수사가 통화요구 또는 줄신호에 적절하게 반응하지 않을 때

(4) 잠수 감독, 잠수사, 보조사 간의 통화가 안되거나 빨리 복구할 수 없을 때

(5) 움직이는 선박에서 잠수하던 중 선박운영자가 작업중지를 요구할 때

(6) 잠수사가 비상기체로 호흡할 때

8.4 잠수 후 절차

(1) 매 잠수 종료 후 잠수사 관련 절차는 아래와 같다.

(가) 잠수사에게 건강 상태를 묻는다.

(나) 잠수사가 신체적 이상상태, 생리적 이상상태, 감압병 또는 공기색전증 의심 증상을 보고하도록 한다.

(다) 잠수사에게 현장 또는 가장 가까운 곳의 기압조절실 위치를 알려야 한다.

(라) 잠수 후 비행의 위험성에 대하여 알려야 한다.

(마) 잠수지역보다 고도가 높은 지대로 여행할 때 위험성에 대하여 알려야 한다.

(2) 무감압 한계를 초과한 잠수작업을 한 후 잠수사는 아래의 절차에 따른다.

(가) 최소 1시간 동안 기압조절실 주변에 깨어 있는 상태로 머물러야 한다.

(나) (가)의 조치 후 5시간 동안은 기압조절실에서 2시간 거리에 머물러야 한다.

(다) 잠수 후 비행의 위험성에 대하여 알려야 한다.

8.5 잠수기업 기록 유지

(1) 잠수 감독과 잠수사는 잠수 후 잠수기록을 유지하여야 한다.

(2) 잠수기업은 잠수사의 잠수작업을 기록하고 3년간 보관하여야 한다. 잠수기록은 아래의 내용을 포함하여야 한다.

(가) 잠수기업의 사명과 주소

(나) 잠수작업 장소의 위치, 날짜, 시간

(다) 잠수 감독, 잠수사, 보조사의 성명

(라) 수심

(마) 해저체류시간

(바) 수온 및 보온조치

(사) 작업환경(바다 상태, 수중 시정, 수중 유속)

(아) 사용한 감압표와 감압 계획

(자) 24시간 이내 잠수 또는 반복잠수일 때 표면대기시간(surface interval)

(차) 호흡 기체의 종류 및 기체의 조성비

(카) 작업의 종류

(타) 사용한 잠수용 호흡보호구

(파) 비정상적인 상황

(하) 감압병 증상 또는 증상이 의심될 때 아래의 정보를 기록하여야 한다.

① 감압병 (의심) 증상 및 발현 수심과 시간

② 치료표 운용 후 결과

(거) 잠수 종료 후 잠수사의 건강 상태

(너) 잠수 감독의 서명

8.6 감압 절차 평가

(1) 잠수기업은 잠수기록을 바탕으로 감압병 발병 사건에 대하여 평가하여야 한다.

(2) 잠수기업은 감압병 발병 감소를 위하여 시정조치를 마련하여야 한다.

(3) (1)과 (2)를 기록하여 보관하여야 한다.

9. 비상조치

9.1 호흡기체 공급중단

(1) 잠수사는 즉시 비상기체를 사용하고, 호흡기체 공급이 중단되었음을 통화수단을 이용하여 알린다.

(2) 비상기체 사용 시간을 확인하고 상승 절차를 시행한다.

(3) 필요 시 대기 잠수사를 투입하여 지원한다.

(4) 필요 시 대기 잠수사는 여분의 호흡보호구를 잠수사에게 주어 물속에서 호흡보호구를 교체한다.

(5) 감압 절차를 준수하며 잠수를 종료한다.

9.2 통신 두절

(1) 잠수 감독은 즉시 예비 통신 체계를 가동한다.

(2) 통화가 복귀되지 않으면 줄신호를 이용하여 지시한다.

(3) 작업을 중단하고 잠수사를 상승시킨다.

9.3 잠수사 갇힘, 엉킴

(1) 잠수사는 움직임을 멈추고 상황을 통화장치로 보고한다.

(2) 대기 잠수사는 즉시 헬멧을 착용하고 입수를 준비한다.

(3) 필요 시 절단 도구를 사용하여 잠수사를 구조한다.

(4) 잠수사를 구출한 후 감압 절차에 따른다.

9.4 수중 잠수사 부상

(1) 대기 잠수사를 잠수시키고 상황을 보고한다.

(2) 부상당한 잠수사를 상승시켜 응급처치를 시행한다.

(3) 필요 시 기압조절실을 이용하여 응급처치하고 의료지원을 요청한다.

9.5 생명줄 중 공기호스 절단

(1) 잠수사는 즉시 비상기체로 전환하고 상승을 준비한다.

(2) 잠수 감독은 대기 잠수사를 투입하고 잠수사를 지원하여 상승시킨다.

9.6 생명줄 절단

(1) 잠수사는 비상기체를 사용하여 즉시 상승한다.

(2) 대기 잠수사를 투입하여 잠수사를 지원하게 한다.

(3) 대기 잠수사는 수심계측호스(뉴모호스)를 이용하여 잠수사의 호흡을 돕는다.

9.7 화재

(1) 수상/지상 화재

(가) 표준 화재 비상절차를 수행한다.

(나) 필요 시 잠수작업 중단하고 잠수사를 상승시킨다.

(다) 수중 감압이 필요한 때는 잠수 감독이 공기호흡기 등을 이용하여 호흡할 수 있어야 한다.

(2) 기압조절실내 화재

(가) 기압조절실 내부에 소화수단을 비치하여야 한다.

(나) 화재 사실은 잠수 감독에게 알리고 인접 격실로 대피한다.

(다) 기압조절실 내 잠수사와 보조사는 BIBS(산소 마스크)로 호흡한다.

(라) 기압조절실 내 비필수 전력을 차단한다.

(마) 화재 진압 후 기압조절실을 환기한다.

(바) 잠수 감독에게 상황을 보고한다.

9.8 수중 잠수작사 장비 고장

(1) 잠수 감독은 고장 영향을 평가한다.

(2) 잠수사에게 상황과 조치 계획을 전달한다.

(3) 대기 잠수사 및 갑판작업원들에게 비상상황임을 알린다.

(4) 작업을 중지하고 잠수사를 상승시킨다.

9.9 악천후 및 환경 악화

(1) 악천후 및 환경 악화에 대한 위험요인분석 및 대응절차를 마련한다.

(가) 해양 기상: 날씨, 해상 상태, 조류, 번개, 바람 등

(나) 가스, 유류 누출: 작업 중 발생하는 유해 또는 가연성 가스 등

(다) 위험 해양 생물: 해파리, 쏠배감펭, 푸른고리문어, 상어 등

9.10 수중 산소 중독

(1) 잠수 감독이 증상을 확인하거나 잠수사의 보고 즉시 산소분압 감소를 위한 조치(호흡기체의 혼합비 조정 또는 공기 사용)를 취한다.

(2) 대기 잠수사를 입수시켜 잠수사에게 접근한다.

(3) 필요 시 감압 절차를 수정하고 나이트록스 50/50을 사용한다.

9.11 응급조치 중 산소 중독

(1) 기압조절실에서 잠수사를 응급처치할 때는 환자를 보조할 보조사가 있어야 한다.

(2) 산소 중독이 발생할 때는 아래와 같이 조치한다.

(가) 산소 마스크를 벗고 15분 동안 기압조절실 공기로 호흡한다.

(나) 환자를 다치지 않도록 안정된 자세를 유지한다.

(다) 기압조절실내 압력 상태를 유지한다.

(라) 모든 증상이 사라지고 난 후 산소를 다시 호흡한다.

(마) 공기로 호흡한 시간은 “치료표”의 응급처치시간으로 보지 않는다.

(바) 산소 공급을 중단한 때부터 응급처치를 재개한다.

(3) 산소 중독 증상이 재발하면 (2)의 절차를 반복한다.

(4) 산소 중독이 3번째 발생할 때는 산소 사용을 중단하고 고압산소치료 전문가에게 연락하여 즉시 도움을 받도록 한다.

9.12 비상 대피

(1) 잠수작업에 관련된 모든 사람들에게 비상상황임을 알리고 잠수작업을 중지한다.

(2) 적정한 감압절차에 따라 잠수사를 감압한다. 필요 시 “감압생략 시 대응절차”에 따라 감압한다.

(3) 안전한 곳으로 작업자들을 대피시킨다.

(4) 모든 인원은 대피 후 반드시 인원점검을 실시한다.

(가) 부상자 유무를 확인한다.

(나) 의료 조치 필요성 유무를 확인한다.

(5) 비상 대피 종료 후 모든 장비와 시스템을 점검하고 사고 보고서를 작성한다.

9.13 의식잃은 잠수사 구조

(1) 구조 훈련 절차

(가) 비상 상황 발생 시 작업자를 직무별로 배치한 서식에 관계자들의 서명을 받은 뒤 보기 쉬운 곳에 게시한다.

(나) 잠수작업 프로젝트를 시작하기 전 의식잃은 잠수사 구조 훈련을 진행한다.

(다) 구조 훈련의 순서는 아래와 같다.

① 요구조자 역할을 수행할 잠수사가 입수한다.

② 잠수 감독은 “다이버 다운(diver down)”을 외쳐 비상 상황임을 알린다.

③ 갑판위의 잠수사들은 “다이버 다운(diver down)”을 외치고 비상 시 직무에 따라 요구조자가 갑판위에 옮겨질 때를 대비한다.

④ 대기 잠수사를 입수시켜 요구조자를 탐색한다.

⑤ 요구조자 발견 시 대기 잠수사는 잠수 감독에게 요구조자 발견 사실을 알린다.

⑥ 대기 잠수사는 요구조자의 의식 및 호흡 유무, 호흡기체 공급 여부를 확인한다.

⑦ 호흡기체가 공급되지 않을 때는 요구조자가 착용하고 있는 비상기체통의 밸브를 개방하여 요구조자에게 호흡기체를 공급한다.

⑧ 대기 잠수사는 잠수 감독에게 본인의 수심계측호스에 호흡용 기체 분사를 요구하고 호스 끝에서 기체가 분출되면 요구조자의 잠수헬멧이 침수되지 않도록 수심계측호스를 밀어 넣어 호흡을 보조한다.

⑨ 대기 잠수사는 잠수 감독에게 상승 준비 및 상승을 요구한다.

⑩ 요구조자 및 대기 잠수사를 보조하는 자는 잠수 감독의 지시에 따라 생명줄을 분당 30피트의 속도로 잡아 당겨 대기 잠수사와 요구조자를 상승시킨다.

⑪ 잠수사 승강장치를 사용할 때는 대기잠수사는 요구조자를 승강장치에 탑승케 하고 안전대 상단의 구조용 고리에 승강장치 끝에 있는 권양장치에 걸어 탑승 중 추락을 방지한다.

⑫ 승강장치를 사용하지 않을 때 잠수사가 수면에 도착하면 수상 보조자(emergency runner)가 입수하여 대기 잠수사를 보조한다.

⑬ 선상 작업자들은 들것을 내리고 대기 잠수사와 수상 보조자가 요구조자를 들것에 넣은 후 단단히 결색하여 권양한다.

⑭ 요구조자가 선상에 오르면 장비를 벗기고 호흡을 확인한 후 호흡이 있을 때 기압조절실로 이동하여 감압병 예방조치를 한다. 심정지 상태일 때는 제세동기를 이용하여 심장기능을 회복한 뒤 기압조절실로 옮긴다.

⑮ 대기잠수사와 요구조자가 수면에 도착한 때부터 요구조자의 들것이 선상에 도착할 때까지 5분을 초과한 때는 ①부터 다시 수행한다.

(2) 긴급 연락망

(가) 관할 해양경찰, 119 구조대, 다인용 고압산소치료시설의 연락처를 파악하여 게시한다. 고압산소치료시설의 연락처는 「잠수기어업 표면공급식 잠수작업에 관한 기술지원규정」의 <부록 1> 다인용 고압산소챔버 의료기관 현황을 참고한다.

(나) 재해발생 시 해양경찰 및 119구조대에 연락을 취하여 요구조자를 전문의료기관에 이송할 수 있도록 조치한다.

(다) 감압병 응급조치 시 고압산소치료실 전문의의 자문을 받는다.

10. 재해 기록 및 보고

10.1 재해의 기록

(1) 산업재해가 발생한 때는 아래의 정보를 기록·보존하여야 한다.

(가) 사업장 개요 및 근로자의 인적사항

(나) 재해 발생의 일시 및 장소

(다) 재해 발생의 원인 및 과정

(라) 재해 재발방지 계획

10.2 재해의 분류

(1) 산업재해

노무를 제공하는 사람이 업무에 관계되는 건설물・설비・원재료・가스・증기・분진 등에 의하거나 작업 또는 그 밖의 업무로 인하여 사망 또는 부상하거나 질병에 걸리는 것을 말한다.

(2) 중대재해

(가) 사망자가 1명 이상 발생한 재해

(나) 3개월 이상의 요양이 필요한 부상자가 동시에 2명 이상 발생한 재해

(다) 부상자 또는 직업성 질병자가 동시에 10명 이상 발생한 재해

* 참고: 중대산업재해
- 사망자가 1명 이상 발생한 재해
- 동일한 사고로 6개월 이상 치료가 필요한 부상자가 2명 이상 발생한 재해
- 동일한 유해요인으로 직업성 질병자가 1년 이내에 3명 이상 발생한 재해

(3) 아차사고(near miss)

산업재해로 발생할 뻔했으나, 인적, 물적, 시스템, 또는 환경 피해가 발생하지 않은 상황을 말한다.

10.3 재해 및 사고의 기록

(1) 아래의 재해에 대하여 산업안전보건법 시행규칙 제73조에 정한 바에 따라 해당 산업재해가 발생한 날로부터 1개월 이내에 [별지 제30호 서식] 산업재해조사표를 작성하여 관할 지방고용노동관서의 장에게 제출해야 한다.

(가) 사망자 1명 이상 발생한 재해

(나) 3일 이상의 휴업이 필요한 부상을 입거나 질병에 걸린 사람이 발생한 재해

(2) (1)에 해당하지 않는 사건·사고는 <부록 5>의 서식으로 기록·보관하여 위험요인감소 조치를 위한 자료로 사용한다.

<부록 1>

고열 징후 및 증상

관찰된 징후	경험한 증상
일반 징후 • 자세를 바꾼 후 실신 • 비틀거리며 걷기 • 의식상실 또는 경련 행동 • 혼란, 방향감각 상실 • 불안, 초조 • 공격성 심장과 폐 • 얕고 바른 호흡 근육 • 근육 경련 장기 • 구토 • 변·요실금 피부 • 어둡고 꺼진 눈, 입술 마름	일반 증상 • 어지럽거나 별이 보이는 증상 • 균형감삭 상실 • 허약한 느낌 • 구역 • 두통 • 빛에 예민하고 시야가 흐려짐 심장과 폐 • 숨가쁨 • 가슴 부위 불편 • 두근거림 근육 • 하지 경련 • 손 저림 장기 • 입 마름 • 구토 • 복통

출처: WSH Workplace Safety and Health Guidelines Inland/Inshore Commercial diving

<부록 2>

줄 신호(line-pull signal)

보조사 ➔ 잠수시		원형 탐색 줄이 없을 때	
1회 당김	“괜찮나?” 하잠 중일 때 “정지”	7회 당김	“탐색 시작” 또는 “탐색 종료”
2회 당김	“하잠하라” 상승 중일 때: “너무 많이 상승함. 멈추라고 할 때까지 하잠”	1회 당김	“정지. 주위를 탐색하라”
3회 당김	“상승 준비”	2회 당김	생명줄이 느슨하면, “보조사에게서 멀어져라” 생명줄이 팽팽하면, “보조사쪽으로 다가가라”
4회 당김	“상승하라”		
2-1 당김	“이해했다” 또는 “송신하라”		
3-2 당김	“환기 실시”	3회 당김	“생명줄 마주보고 오른쪽으로 이동”
4-3 당김	“환기 종료”	4회 당김	“생명줄 마주보고 왼쪽으로 이동”
잠수시 ➔ 보조사		원형 탐색 줄이 있을 때	
1회 당김	“괜찮다” 하잠 중일 때 “정지”, “해저도착”	7회 당김	“탐색 시작” 또는 “탐색 종료”
2회 당김	“하잠”, “생명줄을 더 달라”	1회 당김	“정지. 주위를 탐색하라”
3회 당김	“생명줄을 당겨라”	2회 당김	“중량추로부터 멀어져라”
4회 당김	“끌어올려라”	3회 당김	“중량추 마주보고 오른쪽으로 이동”
2-1 당김	“이해했다” 또는 “송신하라”	4회 당김	“중량추 마주보고 왼쪽으로 이동”
3-2 당김	“공기를 많이 달라”		
4-3 당김	“공기를 적게 달라”		
잠수사 ➔ 보조사 특수 신호		잠수사 ➔ 보조사 긴급 신호	
1-2-3 당김	“표시 도구[주1)]를 달라”	2-2-2 당김	“문제 발생, 도움이 필요하다.”
5회 당김	“줄을 보내달라”	3-3-3 당김	“문제 발생, 스스로 해결 가능”
2-1-2 당김	“메모판을 달라”	4-4-4 당김	“즉시 상승해야한다.”

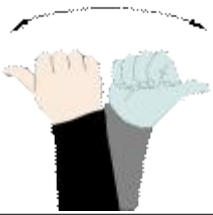
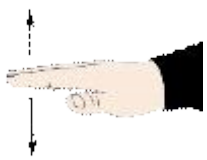
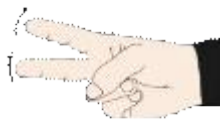
주1) 원문: sqaure mark. 경계를 표시하기 위해 사용함.

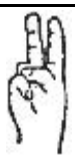
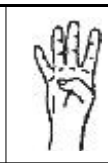
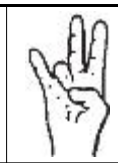
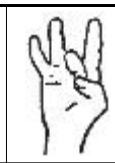
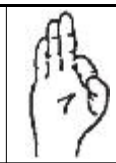
(가) 탐색신호를 송·수신할 때는 잠수사가 생명줄 또는 탐색줄을 정면으로 마주한 상태에서 송·수신한다.

(나) 4-4-4를 제외하고 수신자는 송신자가 보낸 당김신호를 똑같이 당겨 신호수신을 확인하여야 한다.

<부록 3>

수신호(hand signal)

				
“괜찮다” 또는 “괜찮아?”	“하잠”	“압력평형 안됨”	“상승”	“현재 수심 유지”
				
“어느 방향인가?”	“저쪽으로 가면 위험하다”	“짝과 같이 이동”	“멈춰라”	“공기가 얼마 남았나?”
				
“100bar 남음” 또는 “절반 남음”	“돌아가자”	“문제 발생”	“그물(또는 로프)에 엉켰다”	“진정하라”
				
“잘라라”	“50 bar 남음, 상승해야 함”	“안전정지점 (5미터) 까지 상승”	“쥐났다”	“나를 보라”
				
“공기가 없다”	“공기를 달라”	“춥다”	“모른다”	수면 위에서 “도와달라”

신호										
의미	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9

<부록 4>

잠수 후 고지대 이동 또는 비행 전 휴식시간

RGD	증가한 고도(단위:피트(미터))									
	1,000 (305)	2,000 (610)	3,000 (914)	4,000 (1,219)	5,000 (1,524)	6,000 (1,829)	7,000 (2,134)	**8,000 (2,438)**	9,000 (2,743)	10,000 (3,048)
A	0:00	0:00	0:00	0:00	0:00	0:00	0:00	**0:00**	0:00	0:00
B	0:00	0:00	0:00	0:00	0:00	0:00	0:00	**0:00**	0:00	1:42
C	0:00	0:00	0:00	0:00	0:00	0:00	0:00	**0:00**	1:48	6:23
D	0:00	0:00	0:00	0:00	0:00	0:00	0:00	**1:45**	5:24	9:59
E	0:00	0:00	0:00	0:00	0:00	0:00	1:37	**4:39**	8:18	12:54
F	0:00	0:00	0:00	0:00	0:00	1:32	4:04	**7:06**	10:45	15:20
G	0:00	0:00	0:00	0:00	1:19	3:38	6:10	**9:13**	12:52	17:27
H	0:00	0:00	0:00	1:06	3:10	5:29	8:02	**11:04**	14:43	19:18
I	0:00	0:00	0:56	2:45	4:50	7:09	9:41	**12:44**	16:22	20:58
J	0:00	0:41	2:25	4:15	6:19	8:39	11:11	**14:13**	17:52	22:27
K	0:30	2:03	3:47	5:37	7:41	10:00	12:33	**15:35**	19:14	23:49
L	1:45	3:18	5:02	6:52	8:56	11:15	13:48	**16:50**	20:29	25:04
M	2:54	4:28	6:12	8:01	10:06	12:25	14:57	**18:00**	21:38	26:14
N	3:59	5:32	7:16	9:06	11:10	13:29	16:02	**19:04**	22:43	27:18
O	4:59	6:33	8:17	10:06	12:11	14:30	17:02	**20:05**	23:43	28:19
Z	5:56	7:29	9:13	11:03	13:07	15:26	17:59	**21:01**	24:40	29:15
예외노출	고지대 또는 비행 전 48시간 이상 휴식									

- RGD: 반복그룹기호(repetitive group designator)
- 휴식 시간은 [시:분]으로 표시한다.
- 민간 항공기내 압력은 8,000피트(2,438미터)와 같다.
- 고도 8,000피트(2,438미터)보다 높은 곳에서 비행기를 타면 높은 압력으로 이동한 것으로 보아 휴식시간이 필요하지 않다.
- 헬리옥스를 호흡기체로 하여 비포화잠수를 한 때는 24시간 동안 휴식한다.

<부록 5>

사건·사고조사보고서

□에 체크(✓) 하세요

1. 사건·사고 발생시 잠수 방법

□표면공급식잠수	□스쿠버 잠수	□기타( )

2. 잠수팀의 규모

직무	잠수 감독	잠수사	보조사	갑판원	중장비 운전원
인원수					

3. 잠수사와 통신 방법(빈칸에 체크(✓)하세요)

양방향 통화장치	단방향 통화장치	줄신호
유선 □, 무선 □	유선 □, 무선 □	

4. 잠수장비 세부사항

No	장비명	세부사양	사진
1	공기압축기	토출압: _____ kg/cm^2 토출량: _____ L/m	
2	공기조	최고사용압력: _____ kg/cm^2 용량: _____ L	
3	비상기체통	모델: _____ ft^3	
4	잠수조정장치	저압 공급부: _____개 고압 공급부: _____개 수압 게이지: _____ fsw/msw 입력 압력게이지: _____ kg/cm^2 출력 압력게이지: _____ kg/cm^2 안전밸브 개방압력: _____ kg/cm^2	
5	생명줄	길이: _____ m □공기호스, □수심계측호스, □통화·조명 전선, □CCTV 신호선	
6	안전대(harness)		
7	마스크	□전면 마스크: _____ □반면 마스크: _____	
8	잠수헬멧	모델: _____	
9	중량벨트	총 납추중량: _____ kg	

5. 작업장비 세부사항

No	장비명	세부사양	사진
1	공기압축기		
2	공기조(압력용기)		
3	비상기체통		
4	잠수조정장치		
5	생명줄		

6. 사건·사고 개요

7. 사건·사고 원인

8. 재발 방지 대책

기술지원규정 개정 이력

□ 개정일 : 2026. 1. 30.

○ 개정자 : 국립창원대학교 산학협력단

○ 개정사유

- 잠수작업 안전보건조치의 최신화를 위한 전면 개정

○ 주요 개정내용

- 잠수작업 주요위험요인 제시
- 일반 스쿠버와 스쿠버 잠수작업의 차이 제시

KOSHA GUIDE
기술지원규정

·규정번호 : E-G-15-2026
·심　　의 : 산업안전보건표준제정위원회
·공 표 일 : 2026. 1. 30.