KOSHA GUIDE

KOSHA GUIDE

KOSHA GUIDE

KOSHA GUIDE

KOSHA GUIDE 기술지원규정

잠수작업 안전관리에 관한 기술지원규정 E-G-16-2026

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

- OSHA 29 CFR 1910 Subpart I Persocnal Protective Equipment
- OSHA 29 CFR 1910 Subpart T Commercial Diving Operations
- OSHA 46 CFR 197 Subpart B Commercial Diving Operations
- HSE Approved Code of Practices 2014
- US Navy Diving Manual Rev. 7, 2018
- IMCA D014 International Code of Practice for Offshore Diving 2019

○ 관련 법규.규칙.고시 등

- 고용노동부 고시 제2024-76호「사업장 위험성평가에 관한 지침」

○ 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. 안전관리 ····· 2

4.1 잠수작업 유해·위험 요인 ····· 2

4.1.1 감전: 수중 용접·절단 ····· 2

4.1.2 감전: 전기방식 ····· 4

4.1.3 수중 폭발 ····· 4

4.1.4 차압(differential pressure) ····· 5

4.1.5 후카 잠수 ····· 9

4.1.6 감압병, 동맥공기색전증 ····· 9

4.1.7 끼임, 감김 ····· 10

4.1.8 맞음, 깔림 ····· 11

4.1.9 산소결핍, 중독 ····· 12

4.1.10 익수 ····· 15

4.1.11 심장 질환 ····· 16

4.1.12 기타 위험 요인 ····· 16

4.2 위험성평가 ····· 16

4.2.1 빈도·강도에 따른 3단계 판단법 ····· 16

4.2.2 체크리스트법 ····· 18

4.3 작업허가 ····· 19

4.4 잠금, 표지, 확인(lock out, tag out, try out, LOTOTO) ····· 20

4.5 작업 전 안전회의(toolbox meeting, TBM) ····· 21

목 차

4.6 안전 조치 ····· 22

4.6.1 잠수작업 장비 점검 ····· 22

4.6.2 입수 전 점검 ····· 29

4.6.3 잠수 중 조치 ····· 31

4.6.4 잠수작업 종료 후 조치 ····· 31

4.7 환경 관리 ····· 32

4.8 연락망 ····· 33

<부록 1> 위험성평가 ····· 34

<부록 2> 잠수작업 작업허가서 ····· 37

<부록 3> 잠수작업 전 안전회의 ····· 38

<부록 4> 표면공급식 잠수 체크리스트 ····· 39

<부록 5> 표면공급식 잠수 입수 전 잠수사 장비착용 체크리스트 ····· 42

<부록 6> 산업 스쿠버 잠수 체크리스트 ····· 44

<부록 7> 선박 잠수작업 체크리스트 ····· 46

<부록 8> 차압 체크리스트 ····· 47

<부록 9> 수중 용접·절단 체크리스트 ····· 48

<부록 10> 감압병 예방 체크리스트 ····· 49

<부록 11> 잠수감독/안전보건관리자 체크리스트 ····· 50

<부록 12> 장비 설치 체크리스트 ····· 51

<부록 13> 구조 시 업무분장 ····· 53

<부록 14> 잠수작업 중대재해로 본 유해·위험 요인 ····· 54

잠수작업 안전관리에 관한 기술지원규정

1. 목적

이 규정은 「산업안전보건기준에 관한 규칙」 제3편 제5장 이상기압에 의한 건강장해 예방(이하 “안전보건규칙”이라 한다) 및 「사업장 위험성평가에 관한 지침」 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) “잠수”란 물 또는 기타 액체, 100 hPa 이상으로 가압된 기압조절실로 들어가 생존을 위해 환경 압력보다 높은 공기나 기타의 기체로 호흡하는 행위를 말한다.

(나) “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.

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

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

(마) “위해·위험요인(hazard)”란 유해·위험을 일으킬 잠재적 가능성이 있는 것의 고유한 특징이나 속성을 말한다.

(바) “위험성(risk)”이란 유해·위험요인이 사망, 부상 또는 질병으로 이어질 수 있는 가능성과 중대성 등을 고려한 위험의 정도를 말한다.

(사) “위험성평가(risk assessment)”란 사업주가 스스로 유해·위험요인을 파악하고 해당 유해·위험요인의 위험성 수준을 결정하여, 위험성을 낮추기 위한 적절한 조치를 마련하고 실행하는 과정을 말한다.

(아) “작업 전 안전회의(tool box meeting, TBM)”란 작업 시작 전 감독자와 근로자가 함께 모여 작업 내용, 위험요인, 안전조치를 확인하는 과정을 말한다.

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

4. 안전관리

4.1 잠수작업 유해·위험요인

4.1.1 감전: 수중 용접·절단

(1) 선박 또는 수중 용접 시 발생하는 방사선으로 인하여 각막손상이 발생할 수 있으므로 <표 1>에서 제시한 최소 차광유리 번호 이상의 차광유리를 착용하여야 한다.

<표 1> 아크 전류 별 최소 차광유리 번호

용접 종류	아크 전류(A)	최소 차광유리 번호
피복아크용접(SMAW)	60 미만	7
	60~160	8
	160~250	10
	250~550	11

출처: OSHA 29 CFR 1910 Subpart I 1910.133

(2) 전기를 이용한 수중 용접 또는 절단 중 사용자는 감전될 수 있으므로 아래의 조치를 이행하여야 한다.

(가) 용접 및 절단에는 반드시 직류 전기만을 사용하여야 한다.

(나) 용접·절단 홀더는 음극에 연결하고 그라운드는 양극에 연결한다.

(다) 수중 용접 및 수중 절단 시에는 잠수사의 요구에 따라 <그림 1>과 같이 전기공급을 차단할 수 있는 장치(knife switch)를 설치하여야 한다.



수중 용접기 수중 산소아크 절단기

<그림 1> 수중 용접·절단 설비 구성

(라) 양극 스위치가 없어 단극 스위치를 사용할 때는 음극 케이블에 설치한다.



양극 스위치 단극 스위치

<그림 2> 나이프 스위치(knife switch)

(마) 스위치는 직류발전기의 전류를 견딜 수 있어야 한다. 예를 들어 직류용접기의 최대 전류가 400암페어(A)일 때 스위치는 400암페어(A) 이상에 사용할 수 있도록 제작되어야 한다.

(바) 스위치 고장 등으로 스위치를 조작할 수 없을 때를 대비하여 용접기와 스위치 사이에 전원을 차단할 수 있는 <그림 3>과 같은 긴급차단스위치(isolation switch)를 설치할 수 있다.



<그림 3> 긴급 차단 스위치

(사) 잠수사는 용접 또는 절단할 때 통화장치를 통하여 전원 인가를 요청하고, 잠깐 중단하거나 용접봉 또는 절단봉을 교체하기 전에 전원 차단을 요청하여야 한다. 스위치를 조작하는 사람은 잠수사가 요청에 따라 스위치를 연결한 후 전원 인가 상태를 알리고, 스위치를 차단한 후 전원 차단 상태를 잠수사에게 알려야 한다.

(아) 잠수사는 용접 홀더 또는 절단 토치 사이에 위치해서는 안된다.

(자) 잠수사는 감전과 화상을 예방할 수 있는 보호장갑을 착용하여야 한다.

(차) 팔 또는 몸에 전기 케이블을 감아서 사용해서는 안된다.

4.1.2 감전: 전기방식

(1) 강재(steel)로 제조된 구조물에 전기 방식을 사용하는 장소에서 작업할 때는 작업 전 정류기로 공급되는 전원를 차단하여야 한다.

(2) 선박에 사용하는 외부전원식 음극방식장치(impressed current cathodic protection, ICCP)에 직류 전기를 공급하는 정류기의 전원을 차단하여야 한다.

4.1.3 수중 폭발

(1) 수중 폭발은 직류 전기를 이용한 용접·절단 시 음극에서 물의 전기 분해로 발생한 수소와 해저생물에 의해 발생한 메탄가스가 용접 아크로 발화되어 발생한다.

(2) 수중 폭발 예방을 위해 가스가 축적될 우려가 있는 곳에 미리 충분한 크기의 배기구를 뚫어 가스의 배출을 원활하게 하여야 한다.

(3) (2)의 방법은 가스의 이동경로를 유추 가능한 수직면 절단에 적용할 수 있으나 가스의 이동경로를 추정할 수 없는 수평면 절단, 가스의 이동이 원활하지 않은 형강 절단, 경사가 완만한 배관 절단 등에는 효과가 미미할 수 있으므로 기계적 절단 방법을 고려하여야 한다.

4.1.4 차압(differential pressure)

(1) 수중에서 발생하는 압력차이는 잠수사를 흡인하여 사망에 이를 수 있으므로 잠수 전 반드시 저감 조치를 수행하여야 한다.

(가) 차압의 위험성을 아래와 같은 이유로 경시하여서는 안된다.

① 차압은 잠수사가 인지할 수 없고 갑자기 발생한다.

② 흡인된 후 탈출이 거의 불가능하다.

③ 잠수사가 물의 흐름을 느끼는 순간 이미 흡인될 위험에 노출되어 있다.

④ 아주 적은 힘이라도 차압이 발생한 지역의 형상, 움직임 제약 등으로 인하여 상황이 악화될 수 있다.

⑤ 상반신에 35 *kgf*(약 343.2 N)의 힘이 작용하면 호흡곤란 및 혈액순환장애가 발생할 수 있다. 차압이 발생한 곳이 30 *cm* × 30 *cm* 라고 할 때, 수심 약 40 *cm* 정도에서 36 *kgf*(약 353 N)의 힘이 발생한다.

⑥ 유속이 0.5 *m/s*(1 *knot*) 이상이면 잠수사가 극복하기가 매우 어려울 뿐 아니라, 잠수사 또는 생명줄이 차압이 발생한 곳으로 흡인될 수 있다.

(나) 차압이 발생할 수 있는 조건은 다음과 같다.

① 서로 연결된 두 지역의 수위에 차이가 있으며 수위가 같아지려고 할 때

② 물과 맞닿은 곳에 수압보다 낮은 압력의 기체 공간이 있을 때

③ 취수구 등에서 펌프로 물을 취수할 때

④ 선박의 프로펠러(propeller)나 스러스터(thruster), 해수유입시설(sea chest)를 작동하여 발생한 물의 흐름

⑤ 해저 배관에서 양압의 흐름이 발생할 때

(다) 국내 잠수작업 현장에서 차압으로 인한 재해가 발생한 대표적인 곳은 아래와 같다.

① 취수탑의 취수문

② 저수지 사통

③ 댐 및 방조제의 수문

④ 플랜트 집수정 펌프룸

⑤ 플랜트 취수구 스크린

⑥ 선박의 씨체스트(sea chest)

(라) 차압 발생이 우려되는 곳에서 잠수작업을 할 때는 아래의 절차에 따른다.

① 잠수작업을 시작하기 전에 유해·위험성을 파악한다.

② 설계 및 준공도면을 통해 작업할 시설의 구조를 잘 알고 있어야 한다.

③ 차압이 발생할 수 있는 지역을 파악한다.

④ 잠수작업에 참여하는 모든 사람에게 적절한 정보, 지시, 교육훈련을 제공한다.

⑤ 잠수사와 잠수감독은 수문, 밸브, 배관 등이 어떻게 작동하는지 알아야 한다.

⑥ 펌프, 수문, 밸브 등을 확인하고 발주사에 질의한다.

⑦ 수문, 밸브, 동력장치 등의 위치를 확인한다.

⑧ 동시작업이 있을 때는 작업허가(permit to work)을 받아야 한다.

⑨ 발견한 곳을 잠금(lock out), 표시(tag out), 확인(try out) 조치한다.

⑩ 차압 발생 시 작용하는 힘을 계산한다.

⑪ 유량을 추정한다.

⑫ 잠수사에게 차압으로 인한 흡인이 발생할 수 있는 장소를 알린다.

⑬ 작업할 장소의 구조물의 손상이 있는지 확인한다.

⑭ 가능하면 차압위험이 있는 곳에 접근을 금지할 수 있는 물리적 조치를 취한다.

⑮ 잠수사와 보조사는 생명줄이 흡인되지 않도록 팽팽하게 유지한다.

⑯ 잠수사에게 공급할 생명줄의 길이를 제한한다.

⑰ 잠수사가 어느 위치에 있는지 확인할 수 있도록 항상 통화상태를 유지한다.

⑱ 잠수사의 생명줄, 웨이트 등이 풀리지 않도록 조치한다. 생명줄을 안전대에 연결할 때는 <그림 4>의 스냅 샤클(snap shackle)이나 퀵 링크(quick link)를 사용한다. 다만, 유속이 있거나 시정이 나쁜 곳에서 잠수할 때 퀵 링크를 사용하여야 한다.



스냅 샤클 퀵 링크

<그림 4> 생명줄 부착 기구

⑲ 동적위치제어(dynamic positioning) 선박에서 잠수할 때는 잠수사의 생명줄이 흡인될 수 있는 가장 가까운 기계장치로부터 5미터 짧게 하고 대기 잠수사의 생명줄 길이는 3미터 짧게 하여야 한다.

⑳ 대기잠수사 생명줄의 길이는 잠수사에게 닿을 수 있을 만큼 충분히 길어야 한다.

㉑ 흡수구에 스크린(screen)이나 가드(guard)를 설치해야 한다.

㉒ 압력이 수압보다 낮은 곳을 절단할 때는 구멍을 내는 대신 넓게 뚫어서 전체가 막히지 않도록 하여야 한다.

㉓ 10미터 보다 깊은 곳에서 에어리프트(air lift)를 이용하여 준설을 할 때는 주의를 기울여야 한다.

㉔ 필요시 밧줄에 매단 중량추, 수중 드론, 원격 무인 조정 로봇(remotely operated vehicle, ROV), 수중 카메라, 유속계 등을 이용하여 잠수사 입수 전 원격 무인 조사를 수행하여야 한다.

㉕ 취수탑, 댐, 저수지 등과 같은 시설의 구조를 고려해야 한다. 손상된 시설에 차압이 발생할 수 있다.

(마) 대응 방안

① 동시작업 시 작업허가를 받아 기계 운용으로 발생하는 차압을 차단한다.

② 잠수 전 잠금, 표지, 확인(LOTOTO) 한다.

③ 차압의 위험성에 대하여 충분히 교육한다.

④ 잠수사가 사용하는 생명줄에 적정한 간격으로 길이 표시를 한다.

⑤ 전면마스크 또는 잠수헬멧에 통화장치를 통합하여 운영한다.

⑥ 흡인되는 반대편에서 작업한다.

⑦ 작업 전 수위차 또는 압력이 낮은 공극을 제거한다.

⑧ 원격 무인 잠수정(ROV)를 이용한다.

⑨ 차수벽(cofferdam)을 활용하여 물의 흐름을 차단한다.

⑩ 유도벽(deflector)을 설치하여 물의 흐름이 잠수사에게 주는 영향을 차단한다.

⑪ 잠수사의 생명줄이나 밧줄의 길이를 제한한다.

⑫ 스크린(screen) 또는 가드(guard)를 설치하거나 밸브를 차단한다.

4.1.5 후카 잠수

(1) 양방향 통화장치가 없을 때 호흡 패턴의 불안전함을 조기에 알 수 없고, 잠수작업자의 구조 요청을 인지하지 못해 잠수작업자가 처한 위험에 대응할 수 없다.

(2) 수면 위에서 압축공기를 공급하는 설비 중 잠수조정장치가 없을 때 아래와 같은 위험이 증가한다.

(가) 수심이 깊어짐에 따라 증가하는 수압에 상응한 압력의 공기를 제공하여야 하나, 압력을 조절하는 장치가 없어 잠수작업자에게 충분한 송기량을 공급하지 못할 위험이 있다.

(나) 잠수작업자가 체류하는 수심에 대한 정보가 없어 적절한 감압시간을 제공할 수 없어 감압병의 위험이 증가한다.

(3) 비상기체통을 착용하지 않을 때 공기호스의 파열, 공기압축기 가동 중단, 공기조 손상 등으로 공기 공급이 중단되면 호흡할 수 있는 수단이 없어 익사의 위험이 있다.

(4) 역지변이 달린 전면 마스크 또는 헬멧을 사용하지 않을 때, 수면 근처에서 공기 호스가 파열될 때 잠수작업자가 착용한 호흡보호구의 공기가 호스를 따라 압력이 낮은 쪽으로 역류하여 호흡보호구 내에서 차압이 발생하여 질식 또는 익사의 위험이 있다.

4.1.6 감압병, 동맥공기색전증(arterial gas embolism, AGE)

(1) 감압병

(가) 잠수작업 후 수중 또는 기압조절실에서 적절한 감압을 하지 않을 때 체내에서 배출되지 않은 질소 또는 헬륨이 기포화하여 감압병 발병의 위험이 증가한다.

(나) 감압병은 관절 통증, 가려움 또는 발진 등의 피부 관련 증상, 림프종 부종과 같은 제1형 감압병(경증 감압병)과 신경계 손상, 내이 손상, 심폐 손상과 같은 제2형 감압병(중증 감압병)으로 분류할 수 있다.

(다) 관절 통증 가운데 대퇴부 통증, 가슴뼈 주변의 통증과 피부 병변 중 피부가 대리석의 무늬처럼 붉게 나타나는 대리석 피부증(cutis marmorata)은 신경계 손상의 징후일 수 있으므로 제2형 감압병으로 간주한다.

(라) 감압을 하지 않아 발생한 기포가 폐와 심장에 축적되면 심장 및 폐의 기능 이상과 혈관내 염증반응으로 인하여 기압조절실을 이용한 응급처치나 고압산소치료실에서 치료를 받더라도 사망할 위험이 있다.

(마) 「고기압 작업에 관한 기준」 [별표 4] 공기 잠수작업의 기준, [별표 5] 혼합기체 잠수작업의 기준, [별표 6] 잠수작업 수심 및 시간 산정방법, [별표 7] 기압조절실 감압속도에 따라 감압하여 예방할 수 있다.

(바) (마)의 고시에서 정한 방법 외 미해군 잠수매뉴얼 제2권 제9장 공기 감압, 제3권 제12장 표면공급식 혼합잠수의 감압방법을 사용하여 예방할 수 있다.

(2) 동맥공기색전증

(가) 동맥공기색전증은 수압에 노출된 잠수작업자가 빠르게 상승한 결과 폐 안에서 팽창한 기체로 인하여 손상된 폐 조직의 혈관으로 공기가 유입되어 혈류를 차단하여 발생한다.

(나) 폐 과팽창은 잠수작업자가 매우 빠른 속도로 수면으로 이동할 때 발생할 수 있다.

① 비상기체통이 없을 때 호흡기체의 공급이 중단되면 잠수작업자는 수면으로 빠른 속도로 상승을 시도한다.

② 표면공급식 잠수작업자가 유속이 빠른 곳에서 잠수하여 별도의 승강시설 없이 상승하면 잠수사는 생명줄을 반지름으로 하는 원을 그리며 수면으로 빠르게 상승할 수 있는 위험이 있다.

(나) 수면에 도착 즉시 의식을 잃거나, 10분 이내에 증상이 나타난다. 폐 과팽창으로 긴장성 기흉도 발생할 수 있으므로 기압조절실을 이용하여 응급처치할 때는 의사의 의견에 따라야 한다.

(다) 수면으로 상승할 때는 분당 9미터 이하로 상승하되, 기압조절실로 입실하기 위해 수중 12미터에서 상승할 때는 분당 12미터로 상승할 수 있다.

4.1.7 끼임, 감김

(1) 움직이는 두 물체 사이 또는 고정된 물체에 작용하는 외력에 의해 발생하는 물체 사이에 끼임, 회전부와 고정체 사이에 끼임, 회전부 등에 감기는 위험을 말한다.

(2) 수중 발파를 위해 드릴을 천공 지점으로 유도하는 잠수작업자의 생명줄이 지나치게 길 때 회전하는 드릴에 생명줄이 감길 위험이 있다.

(3) 드릴을 회전하기 전에 양방향 통화장치로 잠수작업자를 드릴로부터 생명줄이 걸리지 않도록 충분히 멀어지게 하고, 잠수작업자를 보조하는 자(감시인)는 생명줄을 회수하여 여분의 생명줄이 드릴에 감기지 않도록 하여야 한다.

(4) 선박 유지보수를 위한 잠수작업 중 생명줄이 안벽의 방충재(fender)와 선박의 측면에 끼여 잠수자업자에게 보내는 압축공기 공급이 차단될 위험이 있다.

(5) 항만공사 중 방파제 축조를 위한 피복석 및 이형 블록 거치 시 피복석 또는 이형 블록에 생명줄이 끼여 압축공기 공급이 차단될 위험이 있다.

4.1.8 맞음, 깔림

(1) 맞음

(가) 이동, 낙하, 쓰러진 물체가 재해자와 충돌한 후 신체를 구속하지 않는 재해를 맞음이라 한다.

(나) 방파제를 시공 중 이형 블록인 테트라포드(tetrapod, TTP)를 적치할 때나 작업용 부선(barge)에 중장비를 싣기 위해 설치한 램프(ramp) 등의 추락으로 잠수작업 또는 잠수작업을 위해 이동하는 작업자가 충돌하거나 충격으로 인하여 부상 또는 사망의 위험이 있다.

(다) 중량물을 권양하여 수중에 시공할 때는 반드시 양방향 통화장치를 사용하여 권양물의 이동 상황을 잠수 감독과 잠수작업자 모두 이해할 수 있도록 하여야 한다.

(라) 부선에 설치한 램프는 윈치에 감긴 와이어로프를 이용하여 올리거나 내리므로 램프를 조작하거나 수리할 때는 잠수작업자가 램프 아래로 이동하지 않도록 조치하고, 잠수작업과 램프 조작을 위한 기계·기구를 수리를 동시에 하지 않아야 한다.

(2) 깔림

(가) 이동, 낙하, 쓰러진 물체가 재해자와 충돌한 후 신체의 일부 또는 전부가 구속된 재해를 깔림이라 한다.

(나) 준설 또는 수중 굴착 시에 일정한 사면(slope)을 형성하여 사면 아래 잠수작업을 할 때 사면 붕괴 또는 사면 주위에 있는 암석 등이 추락하여 잠수작업자가 깔릴 위험이 있다.

(다) 준설 또는 수중 굴착 시 지반이 교란되어 사면 붕괴로 이어질 수 있으므로 반드시 사면 안정화를 위한 수단을 강구하여야 한다.

(라) 워터 제트(water jet)를 이용하여 잠수작업자가 준설할 때는 사면 붕괴 방지를 위하여 「항만 및 어항설계기준」에서 정한 바에 따른다.

4.1.9 산소결핍, 중독

호흡기에 산소의 분압이 부족하거나 호흡기체 내 유해가스가 법령 또는 산업표준의 범위를 초과하여 발생한 재해를 말한다.

(1) 산소결핍 또는 질식

(가) 압축공기의 산소 분압은 0.16 bar 이상이어야 한다.

(나) 헬리옥스 산소의 농도는 200피트(약 61미터)까지 최소 14% 이상이어야 하고, 200피트(약 61미터)를 초과한 때는 10% 이상이어야 한다. 헬리옥스 산소의 농도가 16% 미만일 경우 대기 중 및 수중 20피트(약 6미터)까지 공기로 호흡한 후 20피트(약 6미터)에 도착한 후 하잠을 멈추고 압축공기를 헬리옥스로 바꾼다.

(2) 중독

(가) 일산화탄소 중독

① 압축공기의 일산화탄소 농도는 20 ppm 이하, 혼합기체의 일산화탄소 농도는 0.2 ppm 이하를 유지하여야 한다. 산소의 농도가 충분할지라도 헤모글로빈과 일산화탄소의 결합력이 산소와 결합력보다 높아 일산화탄소 중독이 발생할 수 있다.

② 일산화탄소 중독으로 어지러움, 두통, 방향감각 상실, 뇌기능 손상, 시력 장애, 심폐기능 장애, 경련, 구역, 장기 기저질환 악화 등의 증상이 나타날 수 있다.

③ 기관식 공기압축기를 사용할 때 흡기구와 기관의 배기구의 거리가 가까울 때 엔진에서 배출된 일산화탄소가 유입되어 일산화탄소 중독이 발생할 수 있다.

④ 기관식 공기압축기의 흡기구와 기관의 배기구의 이격 거리가 충분하더라도 기류가 정체된 곳에서 압축공기를 생산할 때는 일산화탄소가 유입될 수 있다.

⑤ 기관식 유압장치, 기관식 발전기 등을 공기압축기와 나란히 사용할 때 유압장치의 배기가스가 기관에서 발생한 일산화탄소가 유입되어 일산화탄소 중독의 위험이 있다.

⑥ 고압 용기에 공기압축기를 이용하여 압축공기를 저장할 때는 압축공기 저장 후 일산화탄소의 농도를 측정하여 ①의 농도 또는 「잠수용 호흡기체의 질 및 분압에 관한 기술지원규정」에 따른 기준 농도 미만이어야 한다.

⑦ 기관이 작동하는 곳에서 공기압축기를 이용하여 혼합기체를 제조한 때는 일산화탄소가 유입될 가능성이 있으므로 반드시 일산화탄소의 농도를 측정하여야 한다.

(나) 이산화탄소 중독

① 압축공기의 이산화탄소 농도는 1,000 ppm 이하, 혼합기체의 이산화탄소 농도는 5 ppm 이하를 유지하여야 한다.

② 이산화탄소의 농도가 증가하면, 호흡빈도 증가, 호흡곤란, 혼동, 이상행복감, 집중력 저하, 발한, 두통, 경련, 의식불명 등의 증상이 나타날 수 있다.

③ 일산화탄소 중독 예방을 위하여 공기압축기 청정 장치에 촉매제(hopcalite)를 사용할 때는 일산화탄소가 이산화탄소로 바뀌어 이산화탄소의 농도가 상승할 수 있다.

④ 전면 마스크 또는 잠수헬멧 내부에 사강(dead space)으로 이산화탄소가 축적된 때는 퍼지 버튼이나 환기 밸브를 열어 전면 마스크 또는 잠수헬멧 내부를 환기하여야 한다.

④ 기압조절실내 이산화탄소 농도는 0.005 kg/cm^2 또는 대기압 환산했을 때 0.5% SEV(surface equivalent value) 이하여야 한다. 대기압 환산 농도(SEV)는 해당 수심의 절대압력에 측정된 이산화탄소의 농도(%)를 곱하여 구한다.

⑤ 기압조절실내 이산화탄소 농도가 상승할 경우 공기 공급밸브와 배기 밸브를 열어 기압조절실내 압력의 변화를 유지하면서 환기하여야 한다.

(다) 질소 마취

① 압축공기로 잠수 시 수중 30미터 이상부터 경미한 질소 마취가 발생할 수 있다.

② 압축공기의 잠수할 때는 질소 분압이 4.0 bar 이하를 유지하여야 한다.

③ 질소 분압이 4.0 bar를 초과하면 웃음. 선택 장애, 시청각 자극에 대한 반응 장애, 경미한 운동장애 등의 증상이 나타날 수 있다. 5.5 bar 이상인 때 히스테리, 공황 장애, 졸음, 판단력 상실, 자극에 대한 반응 시간 지체 등이 발생한다.

④ 통화장치를 통한 부름에 응답이 늦거나 웃음소리 등이 들릴 때는 잠수사를 얕은 수심으로 유도하여 질소 마취에서 벗어나도록 하여야 한다.

(라) 산소 중독

① 수중에서 산소 분압이 1.6 bar 이상이면 중추신경계 산소 중독이 발생할 수 있다. 중추신경계 산소 중독은 경련(convulsion), 시야 감소(tunnel vision), 이명(tinnitus), 구역(nausea), 근육의 떨림(twitching), 과민증(irritability), 어지러움(dizziness) 등의 증상이 나타날 수 있다.

② 압축공기의 산소 분압을 1.4 bar 이하로 유지하여야 한다.

③ 산소의 분압이 공기보다 높은 질소와 산소의 호흡기체인 나이트록스(nitrox)를 이용하여 잠수할 때 높은 산소 농도로 인하여 잠수할 수 있는 가장 깊은 수심이 공기 잠수보다 얕다. 잠수 중 한계 수심을 초과하여 산소 분압 1.6 bar 이상일 때 산소 중독의 위험이 있다.

④ 비포화 혼합기체의 산소 분압을 1.3 bar 이하로 유지하여야 한다.

⑤ 산소의 농도가 50% 또는 0.5 bar를 초과할 때는 폐산소 중독의 위험이 있으므로 <식 1>에 따른 폐산소중독단위(unit of pulmonary toxicity dose, UPTD)가 1일 600, 1주 2,500을 초과하지 않도록 한다.

$$\text{폐산소중독단위} = \left(\frac{\text{산소분압} - 0.5}{0.5}\right)^{\frac{5}{6}} \times \text{산소호흡시간(분)} \quad \cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots <\text{식 1}>$$

고용노동부 고시 「고기압 작업에 관한 기준」
제10조(고농도 산소의 사용량) 사업주는 잠수작업을 하는 잠수작업자에게 고농도 산소를 들이마시도록 하는 경우에 별표 8에서 정하는 기준에 따라야 한다.

4.1.10 익수

(1) 액체가 호흡기계로 유입되어 호흡기계가 손상되는 과정을 익수(drowning)라 한다.

(2) 수중용 호흡보호구를 착용한 상태에서 익수는 아래의 상황에서 발생할 수 있다.

(가) 비상기체통을 착용하지 않은 상태에서 공기 공급이 중단되었거나, 스쿠버 실린더에 저장된 압축공기가 완전히 소진되었을 때

(나) 생명줄에 체크밸브가 없고 잠수작업자가 있는 수심보다 얕은 곳에서 생명줄이 손상되어 차압이 발생할 때

(다) 차압 발생원에 구속되어 상승하지 못한 상황에서 호흡기가 손상되거나, 스쿠버 실린더의 공기가 호흡이 불가능할 만큼 소진되었을 때

(라) 선박 하부, 침몰선박 내부, 얼음 아래에서 작업 중 호흡기체가 부족하여 즉시 상승하려 하였으나 수면으로 가장 가까운 거리로 이동할 수 없을 때

(마) 공급량이 제한된 호흡기체로 잠수작업 중 그물, 로프 등에 걸려 상승할 수 없을 때

(바) 스쿠버 호흡기가 외력에 의해 입에서 떨어졌으나 회수할 수 없을 때

(사) 잠수사가 의식을 잃어 스쿠버 호흡기가 입에서 떨어졌을 때

(아) 수중 산소 감압 중 경련이 발생하여 호흡기가 입에서 떨어졌을 때

(자) 호흡보호구를 착용하지 하지 않고 수중으로 잠수하였으나 적절한 출수구를 찾을 수 없을 때

(차) 스쿠버 실린더의 내압이 부족한 상태에서 작업을 수행하였을 때

(카) 생명줄이 공사용 크레인의 권양줄과 엉켜 권양 중 호흡기가 강제로 벗겨지거나 손상될 때

(타) 잠수작업자가 개인장비 운용에 미숙할 때

4.1.11 심장 질환

(1) 심근 비후

(가) 심근 비후는 돌연사의 원인이 될 수 있으므로 잠수작업을 하지 않을 것을 권한다.

(나) 배치 전 건강진단 또는 특수건강진단을 통하여 심장 비후 또는 기능 이상 여부를 확인한다.

(다) 근육 성장을 위한 약물을 복용한 이력이 있을 때는 잠수작업에 종사하기 전 의사의 진단을 받아 심근 비후 증상이 없음을 확인할 것을 권고한다.

(2) 난원공 개존증

(가) 심방 격실의 난원공으로 정맥혈의 기포가 동맥혈로 유입되어 중추 신경계에 작용하는 감압병 발생의 위험이 있다.

(나) 잠수작업 후 대리석 피부증상을 경험한 잠수사는 난원공 개존증의 가능성이 있으므로 전문의료기관의 진단을 받을 것을 권고한다.

4.1.12 기타 위험 요인

그 외의 위험요인은 「잠수작업 보건관리에 관한 기술지원규정」7.1 유해·위험요인을 참고한다.

4.2 위험성평가

4.2.1 빈도·강도에 따른 3단계 판단법

(1) 유해·위험요인 강도

잠수작업 중 유해·위험요인의 강도는 <표 2>와 같이 정의한다.

<표 2> 유해·위험 요인 강도(severity)

강도	근로자	직무	설비	환경
무시	무시할 수준의 부상 또는 보건상의 문제. 휴무 없음.	무시할 수준의 기능·생산 손실	없음	없음
약	응급처치가 필요한 경미한 부상. 감압병이 아닌 두통, 구역, 어지러움, 경미한 발진 등	경미한 기능·생산 손실	경미한 보수 필요	경미
중	감압병, 장기간의 피부질환, 여드름 또는 천식	시간 손실 중대한 기능·생산 손실	국부 손상 비싼 수리 비용	보통 수준 오염 보통 보상 비용
강	사망 1명. 중증 감압병, 중상, 중독, 감각이상 또는 중증 감염	직무 중단	광범위한 손상	심각한 오염 단기·지엽적 손상 중대 보상 비용
최강	사망 다수, 폐질환, 영구 장애 발생	직무 중단	광범위한 손상	대규모 오염 장기간 손상 고비용 보상

출처: Bevan J, The Professional Diver's Handbook, Submex, 2014, p.4

(2) 가능성

(가) 최하(very unlikely): 예측이 불가능하거나 발생할 가능성이 거의 없는 여러 요인들의 조합으로 발생할 수 있는 사건

(나) 하(unlikely): 발생 가능성이 낮은 여러 요인들의 조합으로 발생할 수 있는 사건

(다) 중(possible): 발생 가능성이 낮지만, 요인이 추가되면 발생할 수 있는 사건

(라) 상(likely): 확실하지 않으나, 요인이 추가되면 발생할 수 있는 사건

(마) 최상(very likely): 발생을 거의 막을 수 없는 사건

(3) 위험성평가 매트릭스

유해·위험요인의 강도와 빈도에 따른 매트릭스는 <표 3>과 같다. 매트릭스의 위험성은 빈도와 강도의 곱셈이 아닌 낮음·보통·높음 3단계로 구분한다.

<표 3> 위험성평가 매트릭스

가능성	중대성				
	무시	**약**	**중**	**강**	**최강**
최하 요인들의 매우 희귀한 조합으로 발생	낮음	낮음	낮음	낮음	낮음
하 요인들의 희귀한 조합으로 발생	낮음	낮음	낮음	보통	보통
중 조건만 있으면 발생할 수도 있음	낮음	낮음	보통	보통	높음
상 조건만 있으면 발생 가능성이 높음	낮음	보통	보통	높음	높음
최상 발생 가능성을 피할 수 없음	보통	보통	높음	높음	높음

출처: Bevan J, The professional diver's handbook 3rd Edition, Submex, 2014. p.4

(가) 낮음: 허용가능한 수준을 말한다. 그럼에도 불구하고 위험성을 더 낮출 수 있는지 확인하여야 한다.

(나) 보통: 전문가의 컨설팅과 적절한 조치 후 직무를 수행하고 그 외에는 저감 방안을 마련하여야 한다.

(다) 높음: 직무수행을 금지하고 저감 방안을 재평가한 후 새 저감 방안을 마련하여야 한다.

4.2.2 체크리스트법

유해·위험요인의 위험성을 목록화하고 평가 대상에 대하여 세부목록을 작성하여 위험성을 평가하는 방법이다.

(1) 평가 대상은 아래와 같다.

(가) 잠수 장비

(나) 생리적 위험성

(다) 작업 특이적 위험성

(라) 작업환경 위험

(2) 작성 방법은 아래와 같다.

(가) 유해·위험요인의 위험성을 파악하고, 저감 또는 제거할 조치를 체크리스트 항목에 기록한다.

(나) 체크리스트 항목에 기재된 바를 이행함으로써 위험성을 수용가능한 수준으로 낮출 수 있게 작성한다.

(다) 이행하였음에도 불구하고 위험성을 저감할 수 없거나 제거할 수 없을 때는 체크리스트에 기재된 조치사항을 개선여야 한다.

(라) 체크리스트에 의한 위험성 평가는 <부록 4> 이하를 참고하되, 작업에 따라 위험성을 추가할 수 있다.

4.3 작업허가

(1) 아래의 잠수작업은 서면으로 작업허가를 받아야 한다.

(가) 잠수 감독에게 통제 권한이 없는 작업, 선박, 시설, 설비, 장치, 장비, 제조 또는 설치 중인 구조물 등이 잠수작업에 잠재적 유해·위험요인으로 작용하는 작업

(나) 발주사의 공정이 잠수작업팀에게 잠재적 유해·위험요인으로 작용하는 작업

(다) 작업 지역 인근에 작업, 시설, 설비, 장치, 장비, 구조물 등이 잠수작업자에게 잠재적 유해·위험요인으로 작용할 때

(라) 작업 지역 안에 차압을 일으킬 위험이 있는 설비, 시설, 장치, 장비, 구조물 등이 있을 때

(마) 법령 및 지침에서 작업허가를 필요로 하는 작업

(바) 발주사가 필요하다고 인정하는 작업

(2) (1)의 작업이나 발주사가 작업허가를 요구한 작업이 아닌 잠수작업은 작업 전 안전보건조치 완료 후 잠수감독의 작업지시가 있을 때 작업허가를 받은 것으로 본다.

(3) 작업허가의 내용

(가) 작업 지역에 대한 세부 사항

(나) 수행할 작업에 대한 세부 사항

(다) 유해·위험요인 및 안전보건 조치 사항

(라) 작업 수행자

(마) 1일을 초과하지 않는 작업허가서의 유효 시간 및 기간

(4) 잠수작업과 동시에 수행할 때 유해·위험요인이 생성될 위험이 있는 작업에 관한 작업허가서는 관계 부서장의 서명을 받아야 하며, 작업허가서 발행 즉시 관련 부서에 알려 동시 작업이 수행되지 않도록 하여야 한다.

(5) 작업허가서는 잠수작업을 통제하는 장소에 게시하여야 한다.

4.4 잠금, 표지, 확인(lock out, tag out, try out, LOTOTO)

(1) 절차

(가) 동시작업 방지를 위한 작업허가를 받고, LOTOTO 시행을 관련 부서 등에 공지하여야 한다.

(나) 유해·위험요인을 유발하는 에너지 차단하고 임의로 에너지를 공급할 수 없도록 조치한다.

(다) 차단부에 표지를 설치한다. 표지는 아래의 사항을 포함하여야 한다.

① 해당시설이나 설비의 운전 정지

② 잠금장치 설치자 이름, 부서, 연락처

③ 잠금장치 설치 날짜

④ 잠금장치 해제 시간

⑤ 잠금장치를 설치한 사람만이 제거할 수 있음을 알리는 임의 제거 금지

(라) 장치를 정지시킨 후 정지 상태를 확인하여야 한다.

(마) 장치의 정지가 유해 위험요인을 제거하였음을 확인한 후에 잠수작업을 실시한다.

(바) 잠수작업자가 작업을 완료하고 출수한 후 잠수감독이 작업종료를 알리면, 잠금장치를 설치한 자는 표지와 잠금장치를 제거한 후 설비를 재가동한다.

(2) 주의 사항

(가) 수중 또는 침수 시설의 밸브는 부식에 의해 밸브의 개폐를 표시하는 장치는 밸브의 실제 개폐 상태와 다를 수 있으므로 반드시 개폐 여부를 확인하여야 한다.

(나) 잠금 표지에 관한 세부사항은 「LOTO에 관한 기술지원규정」에 따른다.

4.5 작업 전 안전회의(toolbox meeting, TBM)

(1) 작업 전 안전회의를 할 때는 아래의 내용을 포함하여야 한다.

(가) 일일 작업 내용에 관한 사항

(나) 잠재적 유해·위험요인 및 대책에 관한 사항

(다) 사용 장비의 안전점검에 관한 사항

(라) 호흡용 기체의 보건에 관한 사항

(마) 개인 보호구 착용에 관한 사항

(바) TBM에 참석한 근로자

(2) 작업 전 안전회의의 절차는 아래의 내용을 포함하여야 한다.

(가) 작업자 건강상태 확인

(나) 작업내용 및 절차, 위험요인, 안전대책

(다) TBM 내용 확인

(라) 위험요인 발견시 행동 요령: 멈춤, 확인, 평가, 관리

(마) 기록 및 보관

4.6 안전 조치

4.6.1 잠수작업 장비 점검

(1) 공기압축기

(가) 기관식 공기압축기의 연료를 만충한다.

(나) 압축기의 오일은 최저 눈금 이상 최고 눈금 미만이어야 한다.

(다) 동력원과 공기압축기를 연결한 벨트의 장력을 제조사의 권고에 따라 확인한다. 벨트의 장력이 제조사의 권고수준에 미달할 때는 벨트를 교체하거나 아이들러(idler)를 조정하여 벨트의 장력을 조정한다.

(라) 전기식 공기압축기는 압축기가 정방향으로 회전하는지 확인하고 역방향으로 회전할 때는 결선을 조정한다.

(마) 회전부에 방호장치가 단단히 고정되어 있는지 확인한다.

(바) 흡입구는 배기구와 반대 방향 및 바람이 불어오는 방향으로 높이 설치한다. 선박의 기관 또는 발전기 배기관의 높이가 흡입구의 높이와 유사하여 배기가스가 공기압축기의 흡입구로 유입될 가능성이 있을 때는 배기구를 수면 인근에 설치할 수 있다.

(사) 공기압축기에 공기조가 설치되어 있을 때, 공기의 누출이 없어야 하며, 압력 게이지, 안전밸브(relief valve)의 기능은 정상이어야 한다. 배수밸브를 주기적으로 열고 수분을 배출한 후 닫아야 한다.

(아) 호스를 공기압축기의 매니폴드에 연결할 때는 호스 이탈 방지기를 설치하여야 한다. 호스의 피팅이 압착(cramping)된 곳으로부터 호스쪽으로 25 밀리미터 이상 떨어진 곳에 호스 이탈 방지기의 한 쪽을 채우고 다른 한 쪽을 공기압축기의 프래임에 체결한다. 호스 이탈 방지기의 각 끝을 8자로 만든 후 호스를 넣어 설치하여야 한다.

(2) 공기조

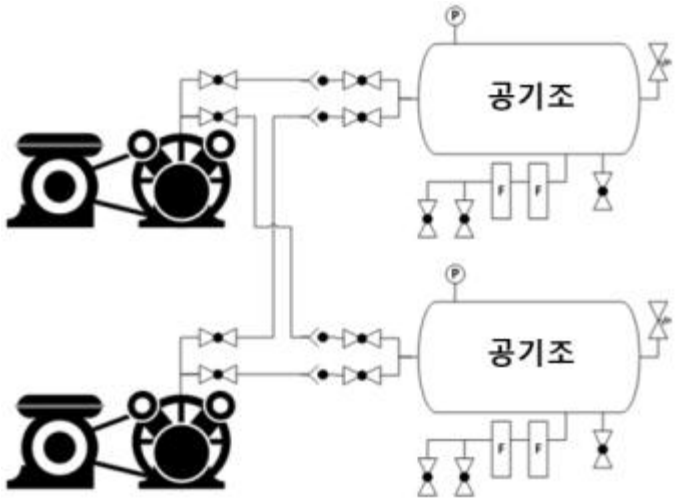
(가) 공기조는 사용 용도와 목적에 맞아야 한다.

(나) 공기조에 설치된 압력게이지, 안전밸브, 체크밸브, 배수밸브는 정상 작동하여야 한다.

(다) 공기조에 필터가 설치된 때는 필터를 통과한 공기질이 안전보건규칙 제525조(공기청정장치)의 공기질 기준에 부합하여야 한다.

(라) 공기조에 호스를 설치할 때는 (1)의 (아)와 같이 체결하여야 한다.

(마) 2개 이상의 공기조 또는 예비 공기조를 설치할 때는 한 공기조가 손상되더라도 잠수사에게 공기를 공급할 수 있도록 <그림 5>의 예시와 같이 병렬 구조로 설치하여야 한다.



<그림 5> 공기조 설치의 예

(바) 예비 공기조는 고압 실린더를 사용할 수 있다. 고압 실린더를 예비 공기조로 사용할 때는 압축공기의 압력을 조절하는 장치(regulator)를 설치하여야 한다. 압축공기의 압력을 조절하는 장치의 유량계수(coefficient value, Cv)는 잠수사 1인당 0.8 이상으로 한다.

(사) 공기조의 배수밸브를 주기적으로 개방하여 공기조 안에 수분을 제거하여야 한다.

(3) 잠수조정장치

(가) 잠수조정장치는 압축공기의 입력 압력을 확인할 수 있는 압력 게이지, 출력 압력을 확인할 수 있는 압력 게이지, 잠수작업자의 수심을 계측할 수 있는 수심 게이지를 갖추어야 한다. 입·출력 압력이 같을 때는 하나의 압력 게이지를 사용할 수 있다.

(나) 주 압축공기 공급원이 공유되지 않도록 하여 한 잠수사의 생명줄이 끊겼을 때, 다른 잠수사의 호흡이 방해받지 않도록 하여야 한다. 다만, 예비 공급원은 나누어 사용할 수 있다.

(다) 과압 방지를 안전밸브(relief valve)를 설치하여야 한다.

(라) 수심 게이지에 밸브를 설치할 때는 밸브-수심 게이지-수심 계측 호스 순으로 설치한다. 수심 게이지와 수심 계측 호스 사이에 밸브를 설치할 때는 수심 게이지에 과압 방지를 위한 안전밸브를 설치하여야 한다.

(마) 잠수조정장치에 호스와 생명줄을 설치할 때는 (1)의 (아)와 같이 체결한다.

(4) 비상기체통

(가) 「고압가스 안전관리법 시행규칙」에 따라 정기검사를 받은 것으로 잠수작업 기간은 검사 유효기간 이내여야 한다.

(나) 잠수기업의 정기점검시스템에 따라 점검 받은 것이어야 한다. 비상기체통 관리는 「잠수용 비상기체통에 관한 기술지원규정」에 따른다.

(다) 비상기체통은 해당 수심에서 안전한 곳으로 대피할 때까지 충분히 호흡할 수 있는 용량이어야 한다. 고압실린더가 설치된 탑승설비를 사용하고 탑승설비와 잠수사 간의 거리가 4분 이내일 때 비상기체통 사용시간이 최소 4분 이상이어야 하다. 비상기체통 수심별 사용시간은 「잠수용 비상기체통에 관한 기술지원규정」 5. 비상기체 사용 시간을 참고한다.

(라) 스쿠버용 1단계 레귤레이터(regulator)를 설치하는 비상기체통의 밸브의 오링은 손상이 없어야 한다. 레귤레이터 설치 후 비눗물을 이용하여 공기 누출 여부를 확인하고 공기가 샐 경우 오링 또는 레귤레이터를 교체한다.

(마) 스쿠버용 1단계 레귤레이터는 정기검사를 받은 것이어야 하며, 기능상 이상이 없어야 한다.

(바) 비상기체통을 충전할 때는 20 MPa(200 bar)로 충전하여야 하며, 충전 후 압축공기 온도저하가 발생한 후 18 MPa(180 bar) 이상이어야 한다. 다만, (가)의 사용환경에서 4분 이상의 호흡시간을 제공할 때는 그렇지 아니하다.

(사) 비상기체통 내부의 기체는 잠수사가 작업하는 수심의 호흡기체를 저장하여야 한다. 만약, 호흡기체의 산소 농도가 16% 미만일 때는 16%로 한다.

(아) 스쿠버 잠수장비를 산업잠수에 사용할 때는 예비용 비상기체통을 착용하여야 한다.

(자) 비상기체통의 1단계 레귤레이터는 주 공기통과 연결되어 있지 않아야 한다. 주 공기통과 비상기체통은 한 번의 움직임으로 기체 공급원을 전환할 수 있는 장치(gas switching manifold)를 사용하여야 한다. 레저 잠수에서 활용하는 예비 호흡기(octopus)는 산업잠수에서 사용할 수 없다.

(5) 호흡보호구

(가) 호흡보호구는 용도와 사용목적에 맞아야 한다. 잠수기업의 정기점검시스템을 통해 점검이 완료된 것을 사용하여야 한다.

(나) 호흡보호구가 잠수헬멧일 때 생명줄을 연결하기 전 스쿠버용 1단계 레귤레이터가 설치된 비상기체통을 먼저 연결하고 비상기체밸브를 열어 역지변(check valve)에 공기가 새는지 확인한다.

(다) 호흡보호구에 생명줄을 연결하기 전에 잠수조정장치의 밸브를 열어 공기를 불어 낸 후 호흡보호구에 연결한다.

(라) CCTV 카메라, 수중 조명, 통신라인을 연결하고 호흡보호구에 부착 후 기능을 검사한다.

(마) 통화장치와 연결한 후 통화장치를 조작하는 자와 통화의 품질을 확인하여야 한다. 통화 당사자 간의 목소리가 크고 정확하게 들을 수 있어야 한다.

(바) 잠수헬멧을 호흡보호구로 사용할 때는 <그림 6>에서 보는 바와 같이 비상기체밸브, 환기 밸브, 퍼지 버튼, 요구형 조절기, 압력평형(균형)장치 순으로 점검한다.



<그림 6> 잠수 헬멧

(사) 잠수헬멧의 내피(headliner), 턱 받침용 쿠션(chin cushion)을 버튼에 끼워 장착하고 턱 끈의 모양과 기능이 정상인지 확인한다.

(아) 넥댐의 결함이 없는지 확인하고 넥댐의 오링에는 실리콘 그리스(다우코닝 111)을 소량 도포한다. 넥댐 착용 후 잠금 장치가 잠겨 있는지 확인한다.

(6) 통화장치

(가) 용도와 사용 목적에 적합하여야 하고, 잠수기업의 정기점검시스템을 통해 점검이 완료된 것을 사용하여야 한다.

(나) 전기가 공급되지 않을 경우를 대비하여 배터리가 있어야 한다.

(다) 양방향 통화가 가능해야 한다.

(라) 2인 이상이 잠수할 때는 잠수사끼리 통화할 수 있는 기능이 있어야 한다.

(마) 헬리옥스를 호흡기체로 사용할 때는 변성된 목소리를 보정할 수 있는 장치를 사용한다. 다만, 변성된 목소리로 의사소통이 가능할 때는 그렇지 아니한다.

(바) 통화장치의 외함은 접지하여야 하다. 다만, 인버터 등에 의해 잡음이 접지선을 통하여 유입될 때는 그렇지 아니하다.

(7) 잠수사 승강장치

(가) 용도와 사용 목적에 적합해야 하고, 잠수기업의 정기점검시스템을 통해 점검이 완료된 것을 사용하여야 한다.

(나) 안전보건규칙 제46조(승강설비의 설치)에 따라 건현의 높이가 2 m를 초과하는 장소에는 잠수사 승강장치를 사용하여야 한다. 2 m 이하인 때는 사다리를 출수 후 선박에 오르기 위해 사용할 수 있다. 사다리는 「잠수작업 보건관리에 관한 기술지원규정」을 참고한다.

(다) 와이어로프는 스스로 회전하지 않아야 하며, 안전계수는 안전보건규칙 제163조 제1항 제1호에 따라 10 이상이어야 한다.

(라) 와이어로프 윈치드럼의 양쪽 끝 가이드의 여분은 와이어로프를 다 감은 상태에서 와이어로프의 지름보다 2배 이상이어야 한다.

(마) 윈치 드럼(spool)은 기어가 중립상태일 때 움직이지 않아야 한다.

(바) 전원 또는 동력이 차단되었을 때 윈치 드럼은 움직이지 않아야 한다.

(사) 윈치 드럼의 중심과 도르래의 각도의 1/2이 1.5도를 초과하면 와이어로프 정렬을 위한 가이드를 설치하여야 한다.

(아) 탑승장치의 와이어로프를 거치하는 곳에는 안전하중(safe work load)를 표시하여야 한다.

(자) 와이어로프와 탑승장치를 연결하는 철물은 부식이 없어야 하고, 탑승장치와 연결철물을 연결하는 볼트에는 캐슬 너트(castle nut)와 핀을 체결하여야 한다.

(8) 온수 장치

(가) 온수 장치를 사용할 때는 양수 펌프를 수면에서 1미터 아래에 넣고 밧줄을 이용하여 호스에 하중이 작용하지 않도록 선박 또는 온수 장치의 프레임에 묶는다.

(나) 입수 전 온수 장치의 온도를 조절하여 잠수사에게 보내기 전 저장 중인 물의 온도는 약 38℃로 맞춘다.

(다) 온수는 입수 전 잠수사에게 공급하도록 한다.

(9) 기압조절실

(가) 용도와 사용 목적에 적합해야 하고, 잠수기업의 정기점검시스템을 통해 점검이 완료된 것을 사용하여야 한다.

(나) 기압조절실에 공기 및 산소 공급호스를 연결하고 호스 이탈 방지 장치를 설치하여야 한다.

(다) 기압조절실 안에 BIBS 마스크(기압조절실용 산소 마스크)를 2개 이상 설치하여야 하고, 마스크에 연결된 밸브를 열어 둔다.

(라) 기압조절실 과압방지를 위한 안전밸브, 압축공기 주입구의 밸브, 배기구의 밸브, 수심 게이지와 연결된 밸브, 공기질 분석기와 연결된 밸브를 연다.

(마) 주격실과 보조격실 사이에 압력평형 밸브가 있을 때, 압력평형 밸브를 모두 열어 두어야 한다.

(바) 기압조절실 내부에 설치된 배수 밸브를 닫는다.

(사) 전기로 동작하는 통화장치와 무전원 통화장치의 기능을 점검한다.

(아) 기압조절실 내부의 조명 기능을 확인한다.

(자) 기압조절실 외부의 산소 공급 밸브를 열어 산소가 공급되는지 확인한다. 공급부의 압력 게이지의 변화가 없을 때는 고압 산소를 저장한 압력용기의 밸브를 열어 산소 공급을 확인한다.

(차) 기압조절실 외부 주격실에 설치된 안전밸브에 연결된 볼밸브가 열린 상태인지 확인한다.

(카) 기압조절실 외부의 주격실과 보조격실에 설치된 공기 배출 밸브와 배수 밸브를 닫는다.

(타) 메디컬 락(또는 서비스 락)의 닫힘 상태를 확인한다.

(파) 기압조절실 외부에 설치된 수심 게이지와 공기질 분석기에 연결된 밸브를 연다.

(하) 주격실의 출입구를 닫고 100 ft(약 30.38 m)까지 가압한다. 이 때 보조격실은 열린 상태여야 한다.

(거) 공기질 분석기와 연결된 유량계는 공기질 분석기의 요구량과 일치하여야 한다. 현재 기압조절실에 사용하는 공기질 분석기에 필요한 유량은 1 L/m이다.

(너) 잠수사가 기압조절실 내로 진입할 때까지 대기하고 기압조절실내로 진입하면, 보조격실의 문을 닫고 주격실과 보조격실의 압력이 같도록 한다. 목표 수심에 도달했음에도 불구하고 주격실의 압력이 높을 때는 배기 밸브를 열어 주격실의 압력을 낮추어야 한다.

(더) 이후 「공기잠수 감압에 관한 지술기원규정」 또는 「잠수용 기압조절실을 이용한 치료표 운용에 관한 기술지원규정」을 참고하여 감압한다.

4.6.2 입수 전 점검

(1) 잠수작업자가가 장비를 착용한 후 보조사는 입수 전 잠수장비의 착용 상태를 점검하고 무선 통화 장치 또는 육성으로 점검결과를 잠수감독에게 하나씩 점검 후 보고하여야 한다. 착용 및 점검은 대기잠수자, 잠수작업자 순으로 한다.

(가) 생명줄이 안전대에 견고히 체결되었는지 확인한다.

(나) 수중 CCTV 카메라를 사용할 때는 카메라의 전원 인가를 요청하고 카메라의 초점 위치 확인을 잠수감독에게 요청한다.

(다) 유선 수중 조명을 사용할 때는 조명의 전원 인가를 요청하고 조명 장치의 꺼짐과 켜짐을 확인한다.

(라) 잠수헬멧을 착용한 때는 풀핀이 완전히 체결되었는지 확인하여야 한다.

(마) 비상기체통의 밸브를 완전히 개방한 후 1/4바퀴 뒤로 돌린다. 비상기체통에 연결된 압력 게이지로 비상기체통의 내압을 확인하여 잠수감독에게 알린다.

(바) 안전대의 착용 상태를 확인한다. 안전대는 상단 끈, 중단 끈, 다리 끈의 체결 상태를 확인한다. 중량벨트와 안전대가 분리형인 때는 중량벨트의 체결 상태를 확인하여 잠수감독에게 보고한다.

(사) 잠수용 칼의 휴대 여부를 확인하고 잠수사에게 위치를 알린다.

(아) 수심 계측용 호스는 안전대의 어깨끈과 잠수사 사이에 위치시킨다.

(자) 입수 전 온수 호스를 잠수복에 연결하되 온수가 잠수복 내로 유입되지 않도록 밸브의 방향을 전환하고 밸브의 위치를 잠수사에게 알린다.

(2) 잠수사의 어깨를 두드려 점검이 완료되었음을 알리고 입수 지점으로 잠수사를 안내한다.

(가) 승강장치를 사용하지 않는 잠수사가 입수하기 전 보조사는 수면 근처까지 생명줄을 내려 입수 시 잠수사의 하중으로 인하여 물에 빠지지 않도록 조치한다.

(나) 생명줄을 내린 후 잠수감독의 입수 지시가 있을 때 어깨를 두드려 입수 신호를 보낸다.

(다) 잠수사가 입수하면 생명줄을 당겨 수면 30 *cm* 아래에 위치하도록 한다.

(3) 대기 잠수사

(가) 대기잠수사는 안전대와 호흡보호구를 착용하고 보조사는 (1)의 (가)부터 (아)까지 점검을 받는다.

(나) 점검이 끝난 후 호흡보호구를 벗고 잠수사용 의자에 앉아 수중에서 작업하는 잠수사가 도움이 필요한 때를 대비한다.

(다) 필요 시 대기잠수사는 호흡보호구를 착용하여 입수하여 수중 장비점검 후 도움이 필요한 잠수사(이하 “요구조자”라 한다)의 생명줄을 따라 이동한다. 이 때 입수 전 장비 점검은 사전에 수행하였으므로 생략한다.

(라) 요구조자를 발견하면 잠수감독에게 알리고 의식과 호흡을 확인한다.

(마) 요구조자의 환기 밸브 또는 그에 준하는 장치를 조작하여 호흡기체의 공급여부를 확인한다. 호흡기체가 공급되지 않을 때는 요구조자의 비상기체밸브를 열어 호흡기체를 공급한다.

(바) 구조 과정 중 호흡기체 공급여부를 확인하고 비상기체만으로 호흡을 유지할 수 없으므로 대기잠수사의 수심 계측 호스를 이용하여 요구조자의 호흡을 보조한다.

(사) 요구조자 이동 준비가 끝나면, 잠수감독에게 알리고 잠수감독의 지시에 따라 이동한다.

(아) 요구조자를 탑승장치(잠수 바스켓 또는 습식 잠수종)으로 옮긴 후 탑승 장치 상부의 견인고리에 요구조자 안전대 상부를 연결하여 서 있는 자세를 유지시킨다.

(자) 수면에 도착한 후 「잠수작업 보건관리에 관한 기술지원규정」9.13 의식을 잃은 잠수사의 구조에 따른다.

4.6.3 잠수 중 조치

(1) 잠수사는 잠수감독의 지시에 따라 수중에서 호흡보호구의 기능을 검사하고 이상 유무를 알린다.

(2) 헬리옥스를 호흡기체로 사용하는 잠수작업 가운데 산소의 농도가 16% 미만일 때는 수심 6 m까지 공기로 호흡한 후 6 m 도착 후 공기를 헬리옥스로 바꾼다.

(3) 잠수사를 작업 수심으로 이동시킬 때는 23 m/min를 초과하지 않는다.

(4) 잠수사의 생명줄을 보조하는 자는 생명줄이 끼이지 않도록 하여야 한다.

(5) 생명줄을 보조하는 자는 잠수사가 작업수심에 도달한 후 생명줄을 팽팽하게 유지하고, 잠수사가 요청할 때 풀어주거나 당겨야 한다. 임의로 생명줄을 풀거나 당겨서는 안된다.

(6) 생명줄을 보조하는 자에게 생명줄 보조 외에 다른 업무를 지시하지 않아야 한다.

(7) 생명줄을 보조하는 자외의 보조사는 잠수 장비를 수시로 점검하여 잠수 중 장비가 정지하는 일이 없도록 하여야 한다.

4.6.4 잠수작업 종료 후 조치

(1) 잠수사를 상승시킬 때는 9 m/min 이하의 속도로 상승시킨다.

(2) 수중 또는 기압조절실을 이용하여 감압할 때는 「공기잠수 감압에 관한 지술기원규정」에 따른다.

(3) 정상적인 감압이 불가능한 상황이 발생한 때는 「공기잠수 감압에 관한 지술기원규정」의 6. 비상 감압 절차에 따른다.

(4) 잠수사가 감압병 증상 또는 감압병이 의심될 때는 「잠수용 기압조절실을 이용한 치료표 운용에 관한 기술지원규정」에 따른다.

(5) 1일 잠수작업 종료 후 보조사는 4.6.2 입수 전 점검에서 정한 바와 같이 모든 잠수장비를 점검하고 오작동, 고장 등의 장비는 교체하거나 수리하고 유지·보수내역을 기록한다.

(6) 1일 잠수작업을 종료한 때는 발전기를 제외한 기관으로 작동하는 모든 장비의 기관을 정지시킨다.

(7) 호흡보호구를 생명줄과 분리하고 생명줄의 공기 호스를 플러그로 막는다.

(8) 호흡보호구는 세척 후 건조대 또는 직사광선을 피하여 말린다.

(9) 기압조절실내 BIBS 마스크를 분리하여 세척하고 직사광선을 피하여 말린다.

(10) 산소 저장설비, 호흡기체 저장설비의 밸브를 잠그고 호스 또는 배관에 남아 있는 가스 압력을 제거하여야 한다.

(11) 수중에서 사용한 공구는 담수로 세척 후 적절한 방청조치를 하여야 한다.

(12) 잠수작업 관련 각종 기록을 저장·보관하여야 한다.

4.7 환경 관리

(1) 오탁 방지

(가) 준설(트렌칭을 포함한다.) 굴착 등 저질 교란으로 인하여 수생환경에 부정적인 영향을 일으키는 작업은 환경영향평가의 결과를 구현할 수 있도록 오탁방지막을 설치하여야 한다.

(나) 오탁 방지막의 막체(screen)는 교란된 저질의 오탁 확산을 방지할 수 있도록 충분히 길어야 한다.

(다) 오탁 방지막은 교란된 저질이 안정화된 후에 회수하여야 한다.

(2) 유류 방제

(가) 유류 유출의 발생 가능성이 높을 때는 방제선을 동원하고 오일펜스를 갖추어야 한다.

(나) 유류 유출 가능성이 낮은 작업 시 유압 장비의 손상 등에 대비하여 유화제를 보유하여야 한다.

4.8 연락망

안전보건 문제로 재해가 발생한 경우를 대비하여 관할 지방노동관서, 관할 해양경찰, 관할 119 구조대, 인근 고압산소치료시설 등의 연락처를 확보하여 연락체계를 구축하고 잠수작업을 관리하는 장소에 비치 또는 게시하여야 한다.

<부록 1> 위험성평가

위험성평가

직무	유해·위험요인		조치 전			조치사항	조치 후		
	효과	대상자	강도	빈도	수준		강도	빈도	수준

<부록 1> 위험성평가 서식(작성 예)

위험성평가

직무	유해·위험요인		조치 전			조치사항	조치 후		
	효과	대상자	강도	빈도	수준		강도	빈도	수준
개별업무로 세분하여 순서대로 기록	체크리스트, 관찰, 경험 등을 기반으로 식별한 유해위험요인을 기록한다. 다른 작업과 동시에 작업할 때 유해·위험요인이 추가로 발생할 수 있다.	유해·위험요인에 노출될 수 있는 사람. 직무과 무관하여도 노출될 수 있는 사람들을 포함한다.	유해위험요인 정의에 따른 강도	빈도 정의에 따른 빈도	위험성평가 매트릭스에 다른 위험수준	유해위험요인을 저감할 수 있는 조치 개인보호구가 조치일 때는 상세히 기록하고, 조치사항이 문서나 기록일 때 현장에서 확인이 가능해야 한다. 조치사항은 강도, 빈도 또는 강도와 빈도 모두 저감할 수 있어야 한다.	유해위험요인 정의에 따른 강도	빈도 정의에 따른 빈도	위험성평가 매트릭스에 다른 위험수준
산소-아크 절단법을 이용한 패트아이 절단	자외선에 의한 안구 손상	잠수사	약	최상	보통	No.8 이상 차광유리 사용	무시	최하	낮음
	전격, 감전	잠수사	강	중	보통	1. 접지를 인근에 설치 2. 작업자가 절단봉과 접지 사이에 위치하지 않도록 함 3. 전원인가 중 절단봉 교체 금지 4. 토치 미사용 시 전원 차단 5. 적절한 고무장갑 착용	무시	보통	낮음
	폭발	잠수사	강	중	보통	1. 가스 포켓 미생성 조치 2. 잠수헬멧 착용 3. 고개를 들어 가스 포켓 생성 여부 확인	무시	보통	낮음

<부록 1> 위험성평가 서식(작성 예)

위험성평가

직무	유해·위험요인		조치 전			조치사항	조치 후		
	효과	대상자	강도	빈도	수준		강도	빈도	수준
생명줄 보조 (tending)	끼임, 감김	잠수사	강	중	보통	1. 잠수사 1명당 텐더(김시인) 1명 배치 2. 텐더를 산업잠수교육을 이수한 자로 채용 3. 생명줄에 길이 표시 4. 양방향 통화장치 설치 5. 통화내용을 텐더가 들을 수 있도록 잠수통제실 외부에 스피커 설치	약	하	낮음
	생명줄 파열, 맞음.	잠수사, 텐더	강	중	보통	1. 수압시험 2. 호스이탈방지장치(whip check) 설치	무시	최하	낮음
잠수	익수	잠수사	강	중	보통	1. 호흡기체의 질 검사 2. 압축공기 공급압력: 호흡보호구 요구 압력 일치 3. 압축공기 토출량: 잠수작업자가 힘든 작업을 할 때 4. 잠수조정장치 사용 5. 비상기체 전환장치가 있는 잠수헬멧 사용 6. 비상기체 착용 7. 승강장치 예비용 호흡기체 장착 8. 잠수사 잠수 중 대기잠수사 선상 대기	약	보통	낮음

<부록 2>

잠수작업 작업허가서

<table>
<tr><td>허 가 번 호</td><td></td><td>허 가 일 자</td><td colspan="2">년 월 일</td></tr>
<tr><td>신 청 인</td><td colspan="4">소속: 잠수감독: 성명:</td></tr>
<tr><td>긴 급 연 락 처</td><td colspan="4">휴대전화: 무전기 채널:</td></tr>
<tr><td>작업허가기간</td><td colspan="4">년 월 일 시부터 시까지</td></tr>
<tr><td>작업장소/선박</td><td colspan="4"></td></tr>
<tr><td>작 업 개 요</td><td colspan="4"></td></tr>
<tr><td>사전안전조치</td><td colspan="4">☐ 호흡기체의 압력 및 용량이 충분함 ☐ 바다 상태 양호
☐ 기압조절실 사용 가능 ☐ 바다 날씨 양호
☐ 공기압축기 흡기구 위치 적정 ☐ 통화 체계 양호
☐ 공기압축기 토출량, 토출압 적정 ☐ 알파기 게양
☐ 잠수 전 점검 절차 수립 및 이행 ☐ 대기잠수사 운영
※ 작업별 사전 안전조치를 추가할 수 있음.</td></tr>
<tr><td>안 전 조 치 요 구 사 항</td><td colspan="4">☐ ICCP 전원 차단 ☐ 수문 폐쇄 ☐ 펌프 중지
☐ 프로펠러 중지 ☐ 조절수문 폐쇄 ☐ 유도벽 설치
☐ 스러스터 중지 ☐ 크레인 운전 정지 ☐ 시운전 정지
☐ 씨체스트 펌프 중지 ☐ 잠수 수역 접근 금지 ☐ 기타: _____
※ 작업별 안전조치 요구사항을 첨삭할 수 있음.</td></tr>
<tr><td rowspan="4">발 행 부 서</td><td>부서명</td><td>직급 / 성명</td><td>서명</td><td>연락처</td></tr>
<tr><td></td><td></td><td></td><td></td></tr>
<tr><td></td><td></td><td></td><td></td></tr>
<tr><td></td><td></td><td></td><td></td></tr>
<tr><td rowspan="6">관련부서협조</td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr>
<tr><td></td><td></td><td></td><td></td></tr>
<tr><td></td><td></td><td></td><td></td></tr>
<tr><td></td><td></td><td></td><td></td></tr>
<tr><td></td><td></td><td></td><td></td></tr>
<tr><td></td><td></td><td></td><td></td></tr>
</table>

<부록 3>

잠수작업 전 안전회의

날 짜	년 월 일	시 간	시 분
작 업 명			
작 업 위 치			
작 업 내 용			

유해·위험요인	대책	대책 실행
1	1	□ 예, □ 아니오
2	2	□ 예, □ 아니오
3	3	□ 예, □ 아니오
4	4	□ 예, □ 아니오
5	5	□ 예, □ 아니오

잠수장비 점검 상태	작업에 따라 내용을 변경할 수 있음
1 공기압축기의 흡입구는 배기가스가 유입되지 않는 곳에 설치하였다.	□ 예, □ 아니오
2 공기 또는 호흡기체의 질은 노출기준 이하이다.	□ 예, □ 아니오
3 호흡기체 산소의 분압은 호흡기체에 따라 적정 분압을 유지하고 있다.	□ 예, □ 아니오
4 비상기체통은 180 bar 이상이고, 작업 수심에서 호흡시간은 5분 이상이다.	□ 예, □ 아니오
5 잠수작업을 위한 점검을 완료하였으며, 점검결과는 정상범위 안이다.	□ 예, □ 아니오

개인보호장비 착용상태 점검(비잠수 작업원)		해당 되는 경우에만 □안에 ✓표시 합니다.
□ 안전모	□ 작업용 장갑	□ 기타 _____
□ 안전화	□ 용접 장갑	□ 기타 _____
□ 작업복	□ 보안경, 보안면	□ 기타 _____
□ 구명의/구명조끼	□ 용접면	□ 기타 _____

참석자 확인

이름	서명	이름	서명	이름	서명

<부록 4>

표면공급식 공기잠수 체크리스트

날짜: 년 월 일 점검자: (서명)

<table>
<tr><th>연번</th><th>점검 항목</th><th>점검</th><th>비해당</th></tr>
<tr><td>1</td><td>수중 시정(visibility)은 잠수할 수 있을만큼 충분하다. _____m</td><td></td><td></td></tr>
<tr><td>2</td><td>유속은 1.2 노트를 초과하지 않는다. _____노트(knot)</td><td></td><td></td></tr>
<tr><td>3</td><td>풍향과 풍속은 잠수작업에 적합하다.
□ 풍향: _____ □ 풍속: _____</td><td></td><td></td></tr>
<tr><td>4</td><td>해상상태를 파악할 수 있는 데이터를 확보하였다.
□ 파고: _____ □ 너울: _____</td><td></td><td></td></tr>
<tr><td>5</td><td>공기압축기의 토출압과 토출량은 아래의 기준을 만족한다.
□ 토출압: _____MPa bar
□ 토출량: _____L/m
토출량은 아래의 공식으로 구한 값 이상이어야 한다.
$40 \times (\text{수심}(m) \times 0.1 + 1) \times \text{잠수사}(\text{명})$
※ 주의: 잠수사의 수는 수중에서 잠수작업을 하는 사람의 수에 대기잠수사 1명을 더하여 구한다.
<table>
<tr><th rowspan="2">수심 (m)</th><th colspan="2">압력(bar)</th></tr>
<tr><th>Superflow 455</th><th>Superflow 350</th></tr>
<tr><td>0~18</td><td>7~10</td><td>10.3~15.5</td></tr>
<tr><td>18~30</td><td>8.6~10.3</td><td>13.8~17.2</td></tr>
<tr><td>30~40</td><td>12~15.5</td><td>17.2~18.9</td></tr>
<tr><td>40~50</td><td>14~17</td><td>17.2~19.6</td></tr>
<tr><td>50~58</td><td>15.5~19</td><td>20.6~22.4</td></tr>
</table></td><td></td><td></td></tr>
<tr><td>6</td><td>공기압축기는 정기점검을 실시하였다. 점검일: _____. _____.</td><td></td><td></td></tr>
<tr><td>7</td><td>공기압축의 회전부에는 방호장치가 견고하게 설치되어 있다.</td><td></td><td></td></tr>
<tr><td>8</td><td>공기압축기 벨트의 장력은 제조사의 권고사항과 일치한다.</td><td></td><td></td></tr>
<tr><td>9</td><td>오일의 양은 최저수준 이상, 최고수준 미만이다.</td><td></td><td></td></tr>
<tr><td>10</td><td>공기압축기 흡기구는 배기가스가 흡기되지 않는 곳에 설치하였다.</td><td></td><td></td></tr>
<tr><td>11</td><td>기관식 공기압축기에 연료를 충분히 주입하였다.</td><td></td><td></td></tr>
<tr><td>12</td><td>전기식 공기압축기를 결선 후 모터의 회전방향을 확인하였다.</td><td></td><td></td></tr>
<tr><td>13</td><td>압축공기질을 아래와 같다.
<table>
<tr><th>성분</th><th>기준치</th><th>측정치</th></tr>
<tr><td>산소</td><td>20~22%</td><td>%</td></tr>
<tr><td>이산화탄소</td><td>1,000 $ppm(mg/m^3)$ 이하</td><td>$ppm(mg/m^3)$</td></tr>
<tr><td>일산화탄소</td><td>20 $ppm(mg/m^3)$ 이하</td><td>$ppm(mg/m^3)$</td></tr>
<tr><td>수분</td><td>667.8 $ppm(mg/m^3)$ 이하</td><td>$ppm(mg/m^3)$</td></tr>
<tr><td>오일</td><td>착색이 인지되지 않을 것</td><td></td></tr>
<tr><td>냄새와 협잡물</td><td>냄새없고, 오물 금속 입자 등이 없음</td><td></td></tr>
</table></td><td></td><td></td></tr>
</table>

<부록 4>

표면공급식 잠수 체크리스트(계속)

날짜: 년 월 일 점검자: (서명)

연번	점검 항목	점검	비해당
14	표면공급식 잠수장비를 정기 점검하였고 기간은 유효하다. ☐ 잠수조정장치 ☐ 생명줄 ☐ 기압조절실 ☐ 잠수용 호흡보호구 ☐ 잠수사 승강장치 ☐ 공기압축기 ☐ 잠수 바스켓(스테이지) ☐ 공기조(저압용) ☐ 습식 잠수종 ☐ 고압 실린더(고압용) ☐ 잠수용 온수기 ☐ 비상기체통		
15	공기조의 볼밸브, 안전밸브, 배수밸브 등은 정상작동하였다.		
16	공기압축기와 공기조를 호스로 연결하고 호스 이탈 방지장치(whip check)를 설치하였다.		
17	고압 압축공기 저장용기를 보관하는 곳에는 낙하물에 의한 손상 및 재해가 발생하지 않도록 안전망 등의 조치를 하였다.		
18	호스 및 호스 연결부에는 공기가 새지 않는다.		
19	공기조와 예비공기조는 어느 하나가 손상되더라고 공기의 흐름이 방해받지 않도록 연결하였다.		
20	공기조와 잠수조정장치를 호스로 연결하고 호스 이탈 방지장치(whip check)를 설치하였다.		
21	잠수조정장치에 연결하는 주 공기공급원은 잠수사마다 별도로 연결되어야 하며, 보조 공기공급원은 분기하여 연결할 수 있다.		
22	공기압축기 고장, 공기조 손상에 대비하여 비상 시 사용할 수 있도록 호스를 이용하여 고압압축공기와 잠수조정장치를 연결하였다.		
23	비상기체통 검사기간은 유효하다. 유효기간 _____. ___. ___.		
24	비상기체통과 1단계 레귤레이터의 결합부는 공기누출이 없다.		
25	비상기체통 1단계 레귤레이터와 호흡보호구를 연결한 퀵 커넥터에 풀림을 방지하는 기능이 있으며 공기누출이 없다.		
26	가스 전환 매니폴드에는 호흡기체 역류를 방지하는 체크밸브가 있다.		
27	비상기체통의 압력은 180 *bar*이상이었다. _____*bar*		
28	가스 전환 매니폴드의 비상기체밸브를 열어 체크밸브로 입력 방향으로 공기가 새지 않았다.		
29	생명줄을 잠수용 호흡보호구에 연결하고 공기의 누출이 없는지 확인하였다.		

<부록 4>

표면공급식 잠수 체크리스트(계속)

날짜: 년 월 일 점검자: (서명)

<table>
<tr><th>연번</th><th>점검 항목</th><th>점검</th><th>비해당</th></tr>
<tr><td>30</td><td>잠수용 호흡보호구의 기능이 정상인지 확인하였다.</td><td></td><td></td></tr>
<tr><td>31</td><td>배터리가 있는 양방향 통화장치에 전원을 연결하고 잠수용 호흡보호구에 설치된 통화장치에 통화품질을 확인하였다.</td><td></td><td></td></tr>
<tr><td>32</td><td>기압조절실과 공기조를 호스로 연결하고 호스 이탈 방지 장치를 설치하였다.</td><td></td><td></td></tr>
<tr><td>33</td><td>고압산소 저장장치는 낙하물로부터 산소 저장용기 및 용기에 부착된 밸브와 배관을 보호할 수 있는 조치를 하였다.</td><td></td><td></td></tr>
<tr><td>34</td><td>기압조절실과 고압산소를 호스로 연결하고 호스 이탈 방지 장치를 설치하였다.</td><td></td><td></td></tr>
<tr><td>36</td><td>기압조절실내 BIBS 마스크를 설치하여 기능을 확인하고 내부 밸브의 개폐여부를 확인하였다.</td><td></td><td></td></tr>
<tr><td>37</td><td>기압조절실의 주격실을 100 fsw로 가압하고, 보조격실을 개방하였다.</td><td></td><td></td></tr>
<tr><td>39</td><td>주격실의 안전밸브와 연결된 볼밸브가 열려 있음을 확인하였다.</td><td></td><td></td></tr>
<tr><td>40</td><td>잠수용 온수기의 물 온도가 약 38℃임을 확인하였다.</td><td></td><td></td></tr>
<tr><td>41</td><td>건현의 높이를 확인하였다. _____ m</td><td></td><td></td></tr>
<tr><td>42</td><td>승강장치에 전원을 연결하고 윈치의 회전방향 및 유압 실린더가 움직이는지 확인하였다.</td><td></td><td></td></tr>
<tr><td>43</td><td>혼합기체(헬리옥스)의 질을 확인하였다.
<table>
<tr><th>성분</th><th>기준</th><th>측정치</th></tr>
<tr><td>산소
- 산소% ≤10%
- 10% <산소% ≤20%
- 20% <산소%</td><td>
- 표시값±0.25%
- 표시값±0.5%
- 표시값±1.0%</td><td>%</td></tr>
<tr><td>헬륨</td><td>나머지</td><td>%</td></tr>
<tr><td>수분</td><td>15 mg/m^3 이하</td><td>mg/m^3</td></tr>
<tr><td>이산화탄소</td><td>5 $ppm(mg/m^3)$ 이하</td><td>$ppm(mg/m^3)$</td></tr>
<tr><td>일산화탄소</td><td>0.2 $ppm(mg/m^3)$ 이하</td><td>$ppm(mg/m^3)$</td></tr>
<tr><td>오일</td><td>0.1 mg/m^3 이하</td><td>mg/m^3</td></tr>
<tr><td>총탄화수소</td><td>30 $ppm(mg/m^3)$ 이하</td><td>$ppm(mg/m^3)$</td></tr>
<tr><td>기타 독성 가스</td><td>1% 미만</td><td>%</td></tr>
</table></td><td></td><td></td></tr>
</table>

<부록 5>

표면공급식 잠수 입수 전 잠수사 착용장비 체크리스트

날짜: 년 월 일 확인자: (서명)

연번	점검 항목	점검	비해당
1	잠수사의 건식잠수복 지퍼를 완전히 잠궜다.		
2	생명줄을 안전대에 견고히 체결하였다.		
3	잠수작업자의 CCTV 카메라는 정상작동하며 카메라의 초점은 잠수사의 초점과 일치한다.		
4	잠수작업자의 수중조명장치는 정상작동하며 누설전류가 없다.		
5	잠수헬멧의 풀핀(넥댐을 고정하는 장치)이 완전히 체결되었다.		
6	비상기체통의 밸브를 완전히 개방한 후 1/4바퀴 다시 잠궜다.		
7	비상기체통의 압력은 _____bar 또는 MPa 이다.		
8	비상기체밸브는 정상 작동한다.		
9	환기밸브는 정상작동한다.		
10	퍼지버튼은 정상작동한다.		
11	요구형 조절기의 작동 상태가 원활하다.		
12	압력평형기의 조작하여 발살바(valsalva) 호흡법을 구사할 수 있다.		
13	안전대의 상단 끈을 견고히 체결하였다.		
14	안전대의 하단 끈을 견고히 체결하였다.		
15	안전대의 다리 끈을 견고히 체결하였다.		
16	수심계측호스를 잠수사의 가슴 높이에 위치시켰다.		

※ 이 부록의 점검사항은 보조사(감시인)가 장비를 착용한 잠수작업자에게 수행하며 한 항목의 점검이 끝날 때마다 육성 또는 양방향 무선 통화장치를 통하여 잠수 감독에게 알려야 한다. 이 부록의 기록은 보조사(감시인)의 점검 결과를 수신한 잠수감독이 한다.

<부록 5>

표면공급식 잠수 입수 전 잠수사 착용장비 체크리스트(계속)

날짜: 년 월 일 확인자: (서명)

연번	점검 항목	점검	비해당
17	잠수작업자가 칼을 소지하고 있다.		
18	잠수작업자가 적절한 공구를 휴대하였다.		
19	잠수작업자가 보호용 장갑을 착용하였다.		
20	온수시스템과 연결한 호스에서 따뜻한 물이 흐르고 있다.		
21	입수 준비를 완료하였다.		

※ 이 부록의 점검사항은 보조사(감시인)가 장비를 착용한 잠수작업자에게 수행하며 한 항목의 점검이 끝날 때마다 육성 또는 양방향 무선 통화장치를 통하여 잠수 감독에게 알려야 한다. 이 부록의 기록은 보조사(감시인)의 점검 결과를 수신한 잠수감독이 한다.

<부록 6>

산업 스쿠버 잠수 체크리스트

날짜: 년 월 일 점검자: (서명)

<table>
<tr><th>연번</th><th>점검 항목</th><th>점검</th><th>비해당</th></tr>
<tr><td>1</td><td>수중 시정(visibility)는 잠수할 수 있을만큼 충분하다. _____m</td><td></td><td></td></tr>
<tr><td>2</td><td>유속은 1노트를 초과하지 않는다.</td><td></td><td></td></tr>
<tr><td>3</td><td>스쿠버 실린더 검사연한은 유효하다. 유효기간 _____. ___. ___.</td><td></td><td></td></tr>
<tr><td>4</td><td>압축공기질을 아래와 같다.
<table>
<tr><th>성분</th><th>기준치</th><th>측정치</th></tr>
<tr><td>산소</td><td>20~22%</td><td>%</td></tr>
<tr><td>이산화탄소</td><td>1,000 $ppm(mg/m^3)$ 이하</td><td>$ppm(mg/m^3)$</td></tr>
<tr><td>일산화탄소</td><td>20 $ppm(mg/m^3)$ 이하</td><td>$ppm(mg/m^3)$</td></tr>
<tr><td>수분</td><td>667.8 $ppm(mg/m^3)$ 이하</td><td>$ppm(mg/m^3)$</td></tr>
<tr><td>오일</td><td>착색이 인지되지 않을 것</td><td></td></tr>
<tr><td>냄새와 협잡물</td><td>냄새없고, 오물 금속 입자 등이 없음</td><td></td></tr>
</table></td><td></td><td></td></tr>
<tr><td>5</td><td>스쿠버 실린더를 제외한 장비의 검사연한은 1년 이내이다.</td><td></td><td></td></tr>
<tr><td>6</td><td>스쿠버용 실린더와 밸브의 오링(O-ring)은 손상이나 변형이 없다.</td><td></td><td></td></tr>
<tr><td>7</td><td>비상기체통은 가장 깊은 작업 수심에서 5분 이상 호흡할 수 있다.</td><td></td><td></td></tr>
<tr><td>8</td><td>대기 잠수사는 잠수작업자가 구조요청을 하거나 이상 징후를 발견한 후 5분 이내에 잠수작업자에게 도달할 수 있어야 한다.</td><td></td><td></td></tr>
<tr><td>9</td><td>주 스쿠버 실린더는 잠수작업을 할 만큼 충분한 공기를 저장해야 한다.</td><td></td><td></td></tr>
<tr><td>10</td><td>부력조절기(buoyancy compensator, BC)의 끈(strap), 버클(buckle), 안전대 등은 손상, 마모, 부식 등이 없어야 하며, 착용자의 몸에 맞게 조절할 수 있어야 한다.</td><td></td><td></td></tr>
<tr><td>11</td><td>부력조절기의 공기주머니는 공기가 새지 않아야 한다.</td><td></td><td></td></tr>
<tr><td>12</td><td>부력조절기에 주 실린더와 비상기체통을 견고히 장착하였다.</td><td></td><td></td></tr>
<tr><td>13</td><td>부력조절기에 공기를 주입하는 장치(inflator)의 피팅과 호스는 손상, 마모, 결함 등이 없어야 한다.</td><td></td><td></td></tr>
<tr><td>14</td><td>부력조절기에 공기를 주입하는 장치의 기능은 정상이어야 한다.</td><td></td><td></td></tr>
<tr><td>15</td><td>부력조절기 공기주머니에 공기를 배출하는 밸브(dump valve)의 기능상 고장이 없어야 한다.</td><td></td><td></td></tr>
<tr><td>16</td><td>호스와 커넥터는 손상, 마모, 접힘, 부식 등의 결함이 없어야 한다.</td><td></td><td></td></tr>
<tr><td>17</td><td>스쿠버 실린더와 비상기체통에 체결하는 1단계 레귤레이터와 2단계 레귤레이터는 공기 누출이 없고 정상 작동하여야 한다.</td><td></td><td></td></tr>
<tr><td>18</td><td>보조 호흡기(octopus)는 손상이 없고 정상 작동하여야 한다.</td><td></td><td></td></tr>
<tr><td>19</td><td>기체 전환 장치(gas switching block)는 손상과 부식이 없고, 부력조절기의 안전대에 견고히 부착되어야 한다.</td><td></td><td></td></tr>
<tr><td>20</td><td>스쿠버 실린더와 비상기체통에 1단계 레귤레이터를 1개씩 부착하고 공기의 누출이 없어야 한다.</td><td></td><td></td></tr>
<tr><td>21</td><td>밸브는 공기의 누출이 없어야 한다.</td><td></td><td></td></tr>
</table>

<부록 6>

산업 스쿠버 잠수 체크리스트(계속)

날짜: 년 월 일 점검자: (서명)

연번	점검 항목	점검	비해당
22	공기주머니에 공기를 주입하기 위한 호스(inflator whip)는 부력조절기에 부착되어 있어야 한다.		
23	건식 잠수복(dry suit)를 사용할 때는 1단계 레귤레이터에 건식 잠수복 내부에 공기를 주입할 수 있는 호스(dry suit whip)를 체결해야 한다.		
24	호스의 연결부의 공기 누출 여부를 검사하여야 한다.		
25	스쿠버용 실린더와 비상기체통의 내압을 측정하는 고압용 압력 게이지를 설치하여야 한다.		
26	최대 수심을 표시기가 있는 게이지는 입수 전 수심을 “0”으로 조정하여야 한다.		
27	수면 위 양방향 통화장치의 전원을 연결하고 배터리의 충전 상태를 확인한다.		
28	양방향 통화장치의 발신기를 설치한다.		
29	잠수작업자용 마이크와 이어폰을 전면마스크에 설치한다.		
30	잠수작업자용 마이크와 이어폰용 배터리의 충전상태를 확인한다. 배터리를 완충하여야 한다.		
31	양방향 통화장치는 크고 선명하게 들린다. □ 유선 양방향 통신 □ 무선 양방향 통신		
32	무선 통신기 사용 시, 보조를 위하여 로프(life ine)를 사용하였다.		
33	잠수작업자는 수온에 적합한 잠수복을 착용하였다.		
34	전면 마스크의 끈(strap)과 부속물에 부식이 없고 물이 새지 않는다.		
35	핀과 부속물은 손상과 부식이 없고 끈을 체결하는 부속은 견고하다.		
36	날카롭고 예리한 칼을 휴대하고 있다.		
37	예비 호흡용 2단계 레귤레이터(octopus)를 부력조절기에 부착하였다.		
38	중량벨트의 납추는 충분한 수량이며, 벨트와 버클에 손상이 없다.		
39	다이브 컴퓨터 또는 잠수용 시계의 기능이 정상이며, 시간과 기능을 잠수작업에 맞게 조정하였다.		
40	출수를 위한 사다리는 물속으로 2미터 잠기게 설치하였다.		
41	잠수사는 작업에 적합한 장갑을 착용하였다.		
42	잠수작업에 적합한 감압표를 구비하였다.		
43	잠수사는 수중용 랜턴을 휴대하였다.		
44	잠수사는 머리 보호용 헬멧을 착용하였다.		
45	작업용 기계, 기구, 공구 등을 착용하였다.		

<부록 7>

선박 잠수작업 체크리스트

날짜: 년 월 일 점검자: (서명)

<table>
<tr><th>구분</th><th>점검 항목</th><th>점검</th><th>비해당</th></tr>
<tr><td>1</td><td>위험성평가(잠수작업 체크리스트 확인)를 하였다.</td><td></td><td></td></tr>
<tr><td>2</td><td>작업허가서를 받았다. 작업허가서 번호: _____</td><td></td><td></td></tr>
<tr><td>3</td><td>아래 장치를 끄고, 표지, 확인 절차를 수행하였다.
□ 외부전원식 방식장치(impressed current cathodic protecion, ICCP)
□ 추진기(propeller)
□ 스러스터(thruster)
□ 해수 흡수구(sea chest)</td><td></td><td></td></tr>
<tr><td>4</td><td>압축공기질은 아래와 같다.
<table>
<tr><th>성분</th><th>기준치</th><th>측정치</th></tr>
<tr><td>산소</td><td>20~22%</td><td>%</td></tr>
<tr><td>이산화탄소</td><td>1,000 $ppm(mg/m^3)$ 이하</td><td>$ppm(mg/m^3)$</td></tr>
<tr><td>일산화탄소</td><td>20 $ppm(mg/m^3)$ 이하</td><td>$ppm(mg/m^3)$</td></tr>
<tr><td>수분</td><td>667.8 $ppm(mg/m^3)$ 이하</td><td>$ppm(mg/m^3)$</td></tr>
<tr><td>오일</td><td>착색이 인지되지 않을 것</td><td></td></tr>
<tr><td>냄새와 협잡물</td><td>냄새없고, 오물 금속 입자 등이 없음</td><td></td></tr>
</table></td><td></td><td></td></tr>
<tr><td>5</td><td>공기압축기의 흡기구는 오염물질이 흡입되지 않는 위치에 설치하였다.</td><td></td><td></td></tr>
<tr><td>6</td><td>잠수감독과 잠수사간 양방향 통화수단을 마련하였다.</td><td></td><td></td></tr>
<tr><td>7</td><td>잠수사간 양방향 통화수단을 마련하였다.</td><td></td><td></td></tr>
<tr><td>8</td><td>생명줄을 관리할 수 있는 잠수보조사를 두었다.</td><td></td><td></td></tr>
<tr><td>9</td><td>생명줄의 길이는 잠수작업을 할 만큼 충분하다.</td><td></td><td></td></tr>
<tr><td>10</td><td>비상기체통의 호흡시간은 선저에서 수면으로 탈출할 수 있는 충분한 양의 공기를 저장하고 있다.</td><td></td><td></td></tr>
<tr><td>11</td><td>의식 잃은 잠수사를 구조할 수 있는 시스템을 갖추었다.</td><td></td><td></td></tr>
<tr><td>12</td><td>비상연락망을 갖추었다.</td><td></td><td></td></tr>
<tr><td></td><td></td><td></td><td></td></tr>
<tr><td></td><td></td><td></td><td></td></tr>
</table>

<부록 8>

차압 체크리스트

날짜: 년 월 일 점검자: (서명)

연번	점검 항목	점검	비해당
1	작업허가서를 받았다. 작업허가서 번호: _____		
2	설계도를 확인하여 차압 발생 위험 지역을 특정하였다.		
3	TBM 중 작업 내용 및 차압 발생 위험 지역의 수심, 위치, 대처방법을 알리고 숙지하게 하였다.		
4	차압의 위험도를 평가하였다. ☐ 흡인력(단면적(m^2)×수위차(m)×1,000 kg/m^3) _____ kg ☐ 유량(단면적(m^2)×[유속(m/s) 또는 $\sqrt{2\times9.8\times\text{수위차}}$]) _____ $m^3/$ ☐ 위험거리($C \cdot \sqrt{\text{유량}\div\pi}$) _____ m C = 1.0 : 개구부 주변에 바닥 또는 벽이 없을 때 C = 1.4 : 개구부가 바닥 또는 벽과 가까울 때 C = 2.0 : 개구부가 바닥과 벽에 맞닿은 곳과 가까울 때 C = 4.0 : 개구부가 깔대기 모양 안쪽에 있을 때		
5	차압 제거를 위한 조치를 하였다. ☐ 펌프 정지 ☐ 수문 닫기 ☐ 물막이(cofferdam) 설치 ☐ 조절 수문 닫기(취수탑) ☐ 쉬위 차이 제거		
6	차압 제거 조치 후 아래의 수단으로 차압 제거를 확인하였다. ☐ 줄에 단 중량 추 ☐ 수중 CCTV 카메라 ☐ 수중 드론/ROV ☐ ADCP ☐ 기타		
7	차압 제거 조치 후 조작 금지 표지(LOTO)를 부착하였다.		
8	차압 제거 불가 시 저감 수단을 마련하였다. ☐ 물의 흐름에 잠수사가 영향을 받지 않도록 유도벽 설치 ☐ 잠수사 - 보조사 간 생명줄 길이 제한 ① 수심 _____ m ② 입수지점 해저에서 개구부까지 거리 _____ m ③ 생명줄 최대 거리($\sqrt{①^2+②^2}$ − 위험거리) _____ m		
9	개구부가 갑자기 개방될 위험이 있는 곳에는 바 스크린(bar screen)을 제작하여 잠수사의 신체가 개구부를 밀봉하지 않도록 조치하였다.		
10	잠수작업을 수중 드론 또는 ROV로 대체하였다.		

<부록 9>

수중 용접·절단 체크리스트

날짜: 년 월 일 점검자: (서명)

연번	점검 항목	점검	비해당
1	작업허가서를 받았다. 작업허가서 번호: _____		
2	절단 용접 작업 구조물을 확인하여 수중 용접·절단 시 기포가 갇혀 폭발을 일으킬 수 있는 지점을 특정하였다.		
3	용접·절단에 사용하는 전류는 직류(DC)이다.		
4	홀더는 용접기 또는 직류 발전기의 음극(-)에 연결한다.		
5	케이블에 400 *A*(암페어) 이상의 전류에 견딜 수 있는 스위치를 설치한다.		
6	용접·절단에 사용하는 직류발전기와 스위치 사이에 긴급 전류 차단 스위치를 설치한다.		
7	잠수사를 개인 보호 장비를 지급하였다. □ 차광유리: No._____ □ 절연 내화 장갑 □ 기타: _____		
8	홀더와 그라운드는 반드시 수중용으로 제작된 것을 사용한다.		
9	수중 용접·절단 전 작업할 곳에 가스가 배출될 곳에 구멍을 뚫거나 관을 넣어 가스가 축적되지 않도록 배기 경로를 만든다.		
10	배기 경로가 불분명한 곳의 절단할 때는 기계 기구를 이용하여 자른다.		
11	용접·절단을 가장 높은 곳에서 낮은 곳으로 진행하도록 계획하였다.		
12	절단 전 절단된 부분이 떨어질 곳을 추정하여 낙하지점에 생명줄, 케이블, 기계 기구, 동료 잠수사가 없도록 미리 조치하였다.		
13	배관, 팽팽히 당겨진 케이블 절단 시 탄성에 의해 잠수사가 맞을 위험이 있는 곳에 체인, 밴드 등을 이용하여 고정하였다.		
14	용접 절단 시 뜨거운 철물이 떨어지는 곳에 생명줄이나 잠수 장비가 없도록 조치하였다.		
15	용접·절단을 하지 않을 때 잠수사는 전원 차단을 요청해야 하고 잠수팀은 전원을 차단하여야 한다.		
16	전원 인가 시 잠수사는 용접·절단 홀더와 그라운드 사이에 위치하지 않아야 한다.		
17	그라운드에 접촉하지 않아야 한다.		
18	절단부 주변에 유류와 오일을 미리 제거하였다.		
19	상부 절단은 하지 않는다. 불가피한 경우 절단 후 낙폭을 최소화할 수 있는 조치를 선행한다		

<부록 10>

감압병 예방 체크리스트

날짜: 년 월 일 점검자: (서명)

연번	점검 항목	점검	비해당
1	배치 전 건강진단을 수행하였다.		
2	감압병 증상, 보고, 응급조치에 대한 교육을 실시하였다.		
3	입수 전 잠수사의 건강상태를 확인한다.		
4	잠수수심과 시간에 따라 감압시간을 정한 감압표를 준비하여 잠수통제실에 비치하였다.(사용할 감압표에 ✓ 표시하시오) ※ 주의: 고기압 작업에 관한 기준 및 미해군 잠수매뉴얼 감압표 외의 표준 감압표를 사용할 때는 감압시간이 전술한 두 감압표의 감압시간 이상이어야 한다. ☐ 고기압 작업에 관한 기준 ☐ 미해군 잠수매뉴얼 감압표 ☐ DCIEM 감압표 ☐ MT 92 감압표 ☐ VPM		
5	수심별 해저체류시간(bottom time)을 감압표의 예외노출 시간보다 2단계 이전의 시간으로 제한하였다.		
6	수중 감압을 위한 산소 및 감압 장비를 설치하였다.		
7	산소와 기압조절실을 잠수작업 현장에 설치하였다.		
8	비상대응절차를 잠수통제실에 비치하였다.		
9	아래의 치료표 운영절차를 잠수통제실과 기압조절실에 비치하였다. ☐ 경증 감압병 증상 ☐ 중증 감압병 증상 ☐ 증상 재발		
10	아래의 치료표를 기압조절실에 부착하였다. ☐ 치료표 5 ☐ 치료표 6 ☐ 치료표 6A		
11	수중 작업자 체온유지를 위하여 잠수용 온수기를 운영한다.		
12	헬리옥스 온도 유지를 위한 설비를 마련하였다.		
13	감압 후 잠수사의 건강상태를 확인한다.		
14	감압병 응급조치 후 대상자를 병원으로 옮기기 위한 비상연락망을 구축하여 잠수통제실에 비치하였다.		
15	의식잃은 잠수사 구조를 위한 구조절차를 마련하였다.		
16	의식잃은 잠수사 구조를 위한 구조장비를 준비하였다.		
17	프로젝트 시작 전 구조훈련을 수행한다.		

<부록 11>

잠수감독/안전보건관리자 체크리스트

날짜: 년 월 일 점검자: (서명)

연번	점검 항목	점검	비해당
1	잠수작업팀원은 자격/교육훈련이수/경력이 있다.		
2	자격/교육훈련 이수증은 유효하다		
3	자격증은 잠수작업을 하기에 충분하다.		
4	잠수작업을 위한 배치 전 건강진단을 받았다.		
5	잠수팀원의 수는 안전하게 작업할 수 있을 만큼 충분하다.		
6	잠수작업을 위한 인허가를 받았다.		
7	잠수작업 유해·위험요인 분석을 하였다.		
8	잠수작업 위험성평가를 하였다.		
9	작업허가서를 받았다. 작업허가서 번호:		
10	작업허가서 사본을 작업현장에 게시하였다.		
11	잠수팀원들은 응급처치 교육을 이수하였다.		
12	잠수팀원들은 AED 사용방법을 숙지하였다.		
13	잠수작업의 모든 인원이 개인보호구(PPE)를 착용하였다.		
14	잠수작업에 특화된 개인보호구를 착용하였다.		
15	위험성평가에 포함되지 않은 위험요인이 있다. ☐ 고소작업 ☐ 밀폐공간 ☐ 화학물질 ☐ 오염지역 ☐ 취배수구 ☐ 방사선 오염 ☐ 석면 ☐ 기타		
16	인력부하작업(manual handling)이 있다		
17	작업 전 안전회의(TBM)을 이행하고 기록·보존하였다.		
18	작업계획서 및 절차서를 구비하였다.		
19	산업잠수용 잠수장비를 구비하였다.		
20	모든 장비의 기능은 정상작동하고 있다.		
21	잠수장비의 정비확인서(certificate)를 확인하였다. ☐ 공기압축기 ☐ 잠수조정반 ☐ 공기조/실린더 ☐ 잠수헬멧/마스크 ☐ 생명줄 ☐ 비상기체통 ☐ 기압조절실 ☐ 통화장치 ☐ 수중 CCTV ☐ 승강장치(LARS) ☐ 탑승설비(basket) ☐ 기타		
22	가장 최근에 해상기상정보를 구비하였다.		
23	잠수작업을 알리기 위한 기(alpha flag)를 게양하였다.		
24	잠수작업현장에 크레인 작업이 있다.		
25	잠수작업절차를 확인하여 현장에 비치하였다.		
26	감압표 및 기록지를 비치하였다.		

<부록 12>

장비 설치 체크리스트

날짜: 년 월 일 점검자: (서명)

구분	점검 항목	점검	비해당
1	잠수장비의 정비확인서(certificate)을 확인하였다.		
	☐ 전면마스크/잠수헬멧 최종점검일 : . . .		
	☐ 생명줄(Diver Umbilical) 최종점검일 : . . .		
	☐ 공기압축기 최종점검일 : . . .		
	☐ 공기조 최종점검일 : . . .		
	☐ 예비 공기조 최종점검일 : . . .		
	☐ 고압실린더 최종점검일 : . . .		
	☐ 비상기체통 최종점검일 : . . .		
	☐ 잠수조정반 최종점검일 : . . .		
	☐ 잠수사 승강장치 최종점검일 : . . .		
	☐ 잠수 바스켓 최종점검일 : . . .		
	☐ 습식 잠수종 최종점검일 : . . .		
	☐ 습식 잠수종 메인 생명줄 최종점검일 : . . .		
	☐ 기압조절실 최종점검일 : . . .		
	☐ 잠수사 보온 설비 최종점검일 : . . .		
	☐ 통화장치 최종점검일 : . . .		
	☐ 수중 CCTV 시스템 최종점검일 : . . .		
2	잠수 장비 및 작업용 설비 등은 용접 또는 적절한 삭구(rigging tool)를 이용하여 선박에 고정하였다.		
	☐ 잠수 운영실		
	☐ 기압조절실		
	☐ 예비 공기조를 포함한 공기조		
	☐ 고압실린더 또는 고압기체 저장장치		
	☐ 고압산소실린더 또는 액화산소 저장용기와 기화기		
	☐ 잠수사 승강장치		
	☐ 온수장치		
	☐ 장비·설비·자재 보관용 콘테이너		
	☐ 기타		
3	공기압축기는 접근하기 쉬운 곳에 설치하였다.		
4	기관식 공기압축기에 충분한 양의 연료를 주입하였다.		
5	전기식 공기압축기가 정방향으로 회전하도록 전원을 연결하였다.		
6	공기압축기의 윤활유의 양은 최소량 초과 최대량 미만이다.		

<부록 12>

장비설치 점검표(계속)

날짜: 년 월 일 점검자: (서명)

구분	점검 항목	점검	비해당
7	양방향 통화장치가 정상 작동하는지 확인하였다.		
8	통화저장장치가 정상작동하는지 확인하였다.		
9	전면마스크/잠수헬멧의 부가품이 모두 준비되었다. ☐ 헬멧 넥댐 ☐ 헬멧 내피 ☐ 헬멧 턱 쿠션 ☐ 스파이더		
10	비상기체를 연결 후 역지변(체크밸브)을 확인하였다.		
11	비상기체의 압력이 180 bar 이상이다.		
12	전면마스크/잠수헬멧에 압축공기가 공급되는지 확인하였다.		
13	전면마스크/잠수헬멧의 기능을 확인하였다. ☐ 환기 밸브 ☐ 퍼지 버튼 ☐ 요구형 조절 밸브		
14	중량벨트의 수량과 결함을 확인하였다. ☐ 중량 확인 ☐ 버클 부식 없음 ☐ 웨빙 손상 없음		
15	잠수용 칼을 구비하였다. ☐ 부식이 없다. ☐ 칼날 손상 없고 날카롭다.		
16	수중 CCTV 카메라가 정상작동한다.		
17	수중 CCTV 카메라와 잠수사의 초점이 일치한다.		
18	수중 조명은 ON/OFF 되고 잠수사의 초점과 빛의 방향이 일치한다.		
19	사용할 생명줄 연결 철물은 부식이 없고 손상되지 않았다. ☐ 스냅 샤클 ☐ 퀵 링크		
20	주 호흡기체의 압력을 확인하였다. bar, MPa		
21	예비 호흡기체의 압력을 확인하였다. bar, Mpa		
22	수중 작업용 기계 기구의 사용법을 교육하고 숙지하였다.		
23	잠수복에 손상이 없다.		
24	핀(fin)에 손상이 없다.		
25	안전대(harness)에 부식과 손상이 없었다.		
26	탑승장치(습식 잠수종, 잠수 바스켓)에 설치된 비상기체를 저장한 고압실린더의 압력은 15 MPa(150 bar) 이상이다.		
27	산소는 기압조절실을 이용한 표면감압을 하기에 충분하다.		
28	공기압축기의 윤활유는 최소눈금을 초과하고 최고눈금 미만이었다.		
29	호스 이탈 방지장치를 설치하였다.		
30	공기조의 수분을 제거하였다.		
31	온수 잠수기의 연료를 주입하고 온도를 섭씨 38도를 유지하였다.		

<부록 13>

구조 시 업무분장

작 업 명			
날 짜		발 주 처	
장 소		선 박 명	

직무	이름	서명
심폐소생술 수행		
수상 보조		
전화/통화		
기압조절실 운영		
기압조절실내 보조		
산소 호흡기		
들것 운반		
- 들것 앞, 왼쪽		
- 들것 앞, 오른쪽		
- 들것 뒤, 왼쪽		
- 들것 뒤, 오른쪽		

안전관리자 _____ 잠수 감독 _____

프로젝트 매니저 _____ 고객 현장대리인 _____

<부록 14>

잠수작업 중대재해로 본 유해·위험요인 체크리스트

연번	유해·위험요인	대처 방안	점검	비해당
1	미숙련	잠수작업자 및 보조사(감시인) 산업잠수에 적합한 자격인지 확인하였다.		
2	호흡기체 오염	잠수작업 전 호흡기체의 산소, 일산화탄소, 이산화탄소, 탄화수소 등의 농도를 측정하였다.		
		압축공기의 일산화탄소 농도는 20 ppm 이하이다.		
		공기압축기의 흡기구와 기관(engine)의 거리는 충분히 이격되어 있다.		
		공기압축기의 흡입구 주변의 기류가 정체되어 있지 않아야 한다.		
		예비용 호흡기체를 고압 압력용기에 저장하여 압축기 주변 대기 오염 시 잠수작업자에게 오염되지 않은 공기를 공급할 수 있다.		
		혼합기체의 일산화탄소 농도는 5 ppm 이하이다.		
		공기조정장치(dive control)에서 잠수사에게 공급하는 호흡기체 중 산소 및 일산화탄소의 농도를 상시 모니터링 할 수 있다.		
3	호흡기체 공급중단	잠수 수심과 작업의 강도에 적합한 비상기체통을 지급하고 착용케 하였다.		
		비상기체의 사용시간은 작업시간에서 힘든 작업기준(분당 40리터 사용) 최소 5분 이상이다.		
		비상기체통의 충전압력은 180 bar 이상이다.		
		잠수사가 착용한 호흡보호구와 비상기체통은 역지변(check valve)이 있는 기체 전환 장치(gas switching block)에 연결되어 있다.		
		승강장치를 사용하는 경우 잠수작업자가 작업하는 곳에서부터 4분 거리에 예비용 호흡기체를 저장한 실린더가 습식잠수종에 설치되어 있다.		
		생명줄이 끼일 수 있는 곳을 확인하고 텐더(감시인)을 배치하여 생명줄을 관리하도록 하였다.		
		수중에서 잠수작업이 진행 중인 동안 생명줄을 담당하는 텐더(감시인)에게 다른 직무를 부여해서는 안된다.		
		공기를 공급하는 호스를 연결한 피팅은 부식이 없어야 하며, 호스를 체결하는 철물은 견고히 체결하여야 한다.		
4	익수·익사	호흡기가 구강에서 이탈하지 않도록 전면 마스크 또는 잠수헬멧을 호흡보호구로 지급한다.		
		잠수감독과 잠수사가 통화하여 위험상황을 알리고, 호흡 패턴을 항시 감시할 수 있도록 양방향 통화장치를 설치하여 운용한다.		

<부록 14>

잠수작업 중대재해로 본 유해·위험요인 체크리스트(계속)

구분	유해·위험요인	대처 방안	점검	비해당
	익수·익사	생명줄 절단 시 수압에 의해 공기가 압착되지 않도록 역지변(check valve)가 달린 기체 전환장치를 설치하였다.		
		배치전 건강진단을 실시하여 난원공 개존증, 심근비후 등의 심장 질환을 갖은 자는 잠수작업 업무에 배치하지 않았다.		
5	감압병	압축공기, 나이트록스 잠수 시 미해군 공기감압표 또는 「고기압 작업에 관한 기준」의 아래의 표를 모두 구비하였다. □ [별표 4] 공기 잠수작업의 기준 □ [별표 6] 잠수작업 수심 및 시간 산정방법 □ [별표 7] 기압조절실 감압속도 □ [별표 8] 고농도 산소의 사용량		
		「고기압 작업에 관한 기준」[별표 4] 공기 잠수작업의 기준에서 반복그룹기호가 없는 잠수 시 반복잠수를 하지 않는다.		
		반복 잠수 시 사업주와 잠수감독은 「고기압 작업에 관한 기준」[별표 6]에 따른 잠수작업 수심 및 시간 산정방법을 이해하고 있다.		
		혼합기체 잠수 시 미해군 혼합기체감압표 또는 「고기압 작업에 관한 기준」[별표 5] 혼합기체 잠수작업의 기준을 구비하였다.		
		혼합기체 잠수 시 반복잠수를 하지 않는다.		
		치료표를 위한 응급조치를 위하여 기압조절실을 설치하고 운영자를 지정하였다.		
		기압조절실 운영자는 기압조절실 운영을 위한 산업잠수교육을 이수하였거나 동등한 직무능력을 보유하였다.		
		치료표 5, 치료표 6, 치료표 6A를 구비하고 비상감압 상황 또는 감압병 증상 발현 시 응급조치 절차를 갖추었다.		
		감압병 발병 시 해양경찰, 119 구조대, 고압산소치료시설을 갖춘 의료기관의 연락망을 갖추었다.		
6	공기색전증	잠수작업자의 빠른 속도로 상승하여 폐손상이 발생하지 않도록 아래의 조치를 취하여야 한다. □ 비상기체통을 제공하고 착용하도록 한다. □ 양방향 통화장치를 구축하여 잠수작업자가 처한 상황을 즉시 인지할 수 있도록 하였다. □ 5분 이내에 구조할 수 있도록 대기잠수사를 준비시켰다		

<부록 14>

잠수작업 중대재해로 본 유해·위험요인 체크리스트(계속)

구분	유해·위험요인	대처 방안	점검	비해당
		공기색전증 응급조치가 가능하도록 기압조절실과 산소(약 100%)를 구비하였다.		
		고압산소치료시설로 이송하기 위해 해양경찰, 119 구조대의 연락망을 갖추었다.		
7	잠수기 어업 공기압축기 클러치 풀림	비상기체통을 제공하여 잠수작업자가 착용하게 하였다.		
		공기호스를 역지변(check valve)가 달린 기체 전환장치에 연결하였다.		
		기체 전환장치에 비상기체통을 호스로 연결하였다.		
		클러치가 우연한 사건으로 해제될 때 공기를 자동으로 공급할 수 있는 장치를 갖추었다.		
8	맞음	동시 작업 중 낙하물이 발생할 위험이 있는 작업은 잠수작업과 동시에 작업해서는 안된다.		
9	감김, 흡착	작업 전 동시 작업이 진행되지 않도록 작업허가(permit to work, PTW)를 발급받는다.		
		선박 하부의 청소, 검사 등을 하는 때는 작업 전 잠금, 표지, 확인(LOTOTO) 조치를 시행한다.		
		LOTOTO 조치에 익숙하지 소형 선박 등에서 작업할 때는 기관을 조작하는 곳에 감시인을 배치한다.		
10	천공기에 감김	표면공급식 잠수작업자와 보조자(감시인) 사이에 천공기를 위치해서는 안된다.		
		보조자(감시인)은 생명줄에 길이를 줄여 여분의 생명줄이 회전하는 천공기에 감기지 않도록 한다.		
		양방향 통화장치를 설치하여 잠수작업자의 신호에 따라 천공기를 가동하도록 하여야 한다.		
		천공 위치로 천공기 유도후 잠수사는 생명줄이 공급된 방향으로 천공기 작업 반경에서 물러난 후 천공을 시작하도록 잠수감독과 통화한다.		
		천공기를 옮기기 위해 천공기에 접근할 때는 천공기가 완전히 정지한 후 접근한다.		
		천공기 운전자가 잠수감독이 아닐 때 천공기의 운전과 정지 신호를 알 수 있도록 유선 또는 무선 통화장치를 잠수감독과 천공기 운전자 사이에 설치하여야 한다.		
		선상에 잠수작업자가 오를 때까지 텐더(감시인)은 타 직무에 종사하지 않고 생명줄을 회수하고, 잠수감독은 이를 관리감독한다.		

<부록 15>

잠수작업 중대재해로 본 유해·위험요인 체크리스트(계속)

구분	유해·위험요인	대처 방안	점검	비해당
11	취수탑 흡착	작업 전 작업허가를 요청하여 수령한다.		
		수위차가 발생할 수 있는 아래의 밸브에 잠금, 표지, 확인(LOTOTO) 조치를 시행한다.		
		□ 조절수문을 닫는다. □ 취수문을 모두 개방하여 취수탑 내·외의 수위를 같게 한다.		
		수중카메라, 밧줄에 매단 중량추, 유속계 또는 청각을 동원하여 물의 흐름이 있는지 확인한다.		
12	방수로 흡착	반구형의 바 스크린(bar screen)을 제작하여 장해물 제거 시 흡착되지 않도록 하여야 한다.		
13	공압공구 파괴	잠수작업용 기계·기구는 용도에 맞아야 한다.		
		기계·기구의 설계압력은 최고사용압력의 1.5배 여야 한다.		
14	질식	잠수작업에 임할 때는 수중용으로 제작된 호흡보호구를 착용하여야 한다.		
15	수중 폭발	수중에서 수평면을 용단할 때는 전기분해된 수소가스가 배출될 수 있도록 충분히 넓은 지름의 구멍을 뚫어야 한다.		

기술지원규정 개정 이력

□ 개정일 : 2026. 1. 30.

○ 개정자 : 국립창원대학교 산학협력단

○ 개정사유

- 잠수작업 사고사망을 예방하기 위한 유해·위험요인 분석
- 잠수작업 위험성평가 방법론 제시

○ 주요 개정내용

- 잠수작업 주요 유해·위험요인
- 위험성평가 방법(빈도·강도에 따른 3단계법, 체크리스트에 의한 평가)
- 잠수 장비 설치 및 점검에 관한 사항

KOSHA GUIDE
기술지원규정

·규정번호 : E-G-16-2026
·심　　의 : 산업안전보건표준제정위원회
·공 표 일 : 2026. 1. 30.