KOSHA GUIDE

KOSHA GUIDE

KOSHA GUIDE

KOSHA GUIDE

KOSHA GUIDE 기술지원규정

잠수용 호흡기체의 질 및 분압에 관한 기술지원규정 E-G-13-2026

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
- 2018년 11월 산업보건일반분야 기준제정위원회 심의(제정)
- 2025년 11월 보건·위생분야 전문위원회 심의(개정)
- 2026년 1월 표준제정위원회 본위원회 심의(개정)

○ 관련규격 및 자료

- BS EN 12021:2014 Respiratory equipment - Compressed gases for breathing apparatus
- OSHA 29 CFR 1910 Subpart I Personal Protective Equipment 134(i)(1)
- 스쿠버용 압축 공기 기준(SPS-KCLG7009-5353)

○ 관련 법규·규칙·고시 등

- 산업안전보건기준에 관한 규칙 제3편 보건기준 제5장 이상기압에 의한 건강장해의 예방
- 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. 호흡기체의 질 ····· 2

4.1 압축공기의 질 ····· 2

4.2 산소 및 혼합기체의 질 ····· 3

4.3 측정 ····· 3

4.4 호흡기체의 질 관리 ····· 6

5. 호흡기체 분압 ····· 6

5.1 분압 계산 ····· 6

5.2 대기압 환산 농도 ····· 7

5.3 분압 관리 ····· 9

<부록 1> 호흡기체 점검표 ····· 10

<부록 2> 단위 환산 ····· 11

잠수용 호흡기체의 질 및 분압에 관한 기술지원규정

1. 목 적

이 규정은 산업안전보건기준에 관한 규칙(이하 “규칙”이라 한다) 제524조(기압조절실 공기의 부피와 환기 등)제2항, 제525조(공기청정장치), 제546조(고농도 산소의 사용 제한)에 따라 잠수용 호흡기체의 질 및 분압 관리 등에 관한 기술적 사항을 정함을 목적으로 한다.

2. 적용범위

(1) 이 규정은 잠수용 호흡기체의 질 및 분압 관리에 적용한다.

(2) 이 규정은 포화잠수의 호흡 기체 관리에 적용하지 아니한다.

3. 용어의 정의

(1) 이 규정에서 사용되는 용어의 정의는 다음과 같다.

(가) “포화잠수(saturation diving)”라 함은 잠수작업자의 인체 내 불활성기체의 분압이 환경압력과 같은 포화된 상태에 이르러 잠수시간이 증가하여도 감압시간은 증가하지 않고 일정한 잠수방법을 말한다.

(나) “감압(decompression)”이라 함은 고기압 환경에 노출된 근로자를 건강장해 없이 대기압 환경으로 안전하게 이동시키기 위한 여러 조치를 말한다.

(다) “절대압력(absolute pressure)”이라 함은 완전 진공상태에서 0인 압력으로 게이지로 측정한 압력과 대기압을 더한 압력을 말한다.

(라) “대기압 환산 농도(surface equivalent value, SEV)”라 함은 기체의 용량농도(%, ppm)에 환경압력(절대압력)을 곱한 값을 말한다.

(마) “호흡기체”라 함은 잠수작업자가 수중에서 호흡용으로 사용하는 공기, 나이트록스(nitrox), 헬리옥스(heliox) 등을 말한다.

(바) “나이트록스(nitrox)”라 함은 질소와 혼합된 산소의 농도가 공기 중 산소농도보다 높은 호흡용 기체를 말한다.

(사) “헬리옥스(heliox)”라 함은 헬륨과 산소를 혼합한 기체를 말한다.

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

4. 호흡기체의 질

4.1 압축공기의 질

(1) 압축공기의 질은 <표 1>과 같다.

<표 1> 압축공기의 질

	스쿠버용 주1)	공기호흡기용 주2)	해외 규격 주3)	OSHA 주5)
산 소	20~22%	20~22%	20~22%	19.5~23.5%
이산화탄소	1,000 ppm 이하	1,000 ppm 이하	500 ppm 이하	1,000 ppm 이하
일산화탄소	20 ppm 이하	10 ppm 이하	5 ppm 이하	10 ppm 이하
오일미스트	착색되지 않을 것	5 ㎎/㎥ 이하	0.5 ㎎/㎥ 이하	5 ㎎/㎥ 이하
냄 새	없을 것	없을 것	없을 것	없을 것
수 분	667.8 ppm 이하	25 ㎎/㎥ 이하	25 ㎎/㎥ 이하 주4)	-

주1) 스쿠버용 압축공기 기준(SPS-KCLG7009-5353)
주2) 공기호흡기의 형식승인 및 제품검사의 기술기준 제35조(공기질분석)
주3) BS EN 12021:2014 Respiratory equipment - Compressed gases for breathing apparatus
주4) 200 또는 300 bar로 충전하는 실린더 적용 기준, 그 외 용도일 때는 해당 규격 참조
주5) OSHA 29 CFR 1910.134(i)(1)

(2) 항목에 기준이 표시되지 않은 오일미스트, 수분 등은 공기호흡기용 기준 또는 해외 표준을 준용할 수 있다.

(3) 압축 공기 수분량은 <표 2>에 따른다. 다만, 해당 기준은 압축공기 저장 시 압력용기 부식 및 미생물 증식 방지를 위한 기준으로, 공기가 다소 건조하여 장시간 호흡 시 불편감을 느낄 수 있다.

<표 2> 압축공기 수분 허용기준 주1)

압력 (bar)	대기압 20℃일 때 최대 수분량(㎎/㎥)
5	290
10	160
15	110
20	80
25	65
30	55
40	50
40~200	50 이하
200 초과	35 이하

주1) BS EN 12021

4.2 산소 및 혼합기체의 질

압축공기가 아닌 호흡기체의 질은 <표 3>에 따른다.

<표 3> 잠수용 호흡기체의 질

	산소	나이트록스	헬리옥스
산소	99.5% 이상	(22 이상 ± 1.0)%	(10 이하 ± 0.25)% (10 초과~20 이하 ± 0.5)% (20 초과 ± 1.0)%
질소	-	산소를 제외한 나머지	-
헬륨	-	-	산소를 제외한 나머지
이산화탄소	5 ppm 이하	5 ppm 이하	5 ppm 이하
일산화탄소	1 ppm 이하	3 ppm 이하	0.2 ppm 이하
오일미스트	0.1 ㎎/㎥ 이하	0.1 ㎎/㎥ 이하	0.1 ㎎/㎥ 이하
수분	15 ㎎/㎥ 이하	15 ㎎/㎥ 이하	15 ㎎/㎥ 이하

4.3 측정

(1) 측정대상 기체는 <표 4>와 같다.

<표 4> 측정대상 기체와 용도

공기	혼합기체	산소
잠수작업자 호흡용 잠수작업자 비상용 기압조절실 가압용 공기호흡기용	잠수작업자 호흡용 잠수작업자 비상용	기압조절실 감압용 감압병 응급조치용

(2) 호흡기체의 질 측정은 잠수작업 현장으로 호흡기체 설비 등을 운송하기 전과 잠수장비를 현장에 설치한 후, 잠수작업을 시작하기 직전에 측정한다.

(3) 측정기기

(가) 센서를 이용한 디지털 측정기기와 유리관 내 화학물질의 반응을 이용한 검지관을 이용하여 기체를 측정할 수 있다.

① 센서를 이용한 측정기기의 예는 <그림 1>과 같다.

CO_2 & O_2분석기	헬륨(He) 분석기	실린더 산소 분석기	스쿠버 실린더 CO 분석기
			

<그림 1> 센서를 이용한 기체분석 장치

② 검지관을 이용한 기체분석 장치의 예는 <그림 2>와 같다.

고압 동시 측정기	저압 동시 측정기	검지관 펌프(피스톤)	검지관 펌프(벨로우즈)
			

<그림 2> 검지관을 이용하는 기체분석 장치

(4) 검지관을 이용한 동시 측정 방법

(가) 측정대상 기체와 적정한 측정 표준을 확인한다.

(나) 검지관의 측정범위, 적정유량, 측정시간, 측정 시 환경조건(온도, 습도)을 확인하여 측정 시행 여부를 결정한다. 고압실린더에 감압 장치(레귤레이터), 유량 조절기 등이 부착된 장치에 이산화탄소, 일산화탄소, 수분을 측정하는 3개의 검지관과 오일 임팩터를 측정용 어댑터에 연결하여 동시에 측정할 때는 측정기 전용 검지관을 사용한다.

(다) 검지관의 양 끝을 제거하고 측정용 어댑터에 연결한다. 연결할 때는 검지관의 화살표와 측정대상 기체의 유입 방향을 일치시킨다.

(라) 감압장치와 연결 어댑터를 연결한 후 연결부의 이상 유무를 점검한다.

(마) 고압실린더의 밸브를 열고 정해진 유량과 시간 동안 측정 대상 기체를 검지관에 흐르게 한다.

(바) 고압실린더의 밸브를 잠그고 검지관을 분리하여, 측정 결과를 <부록 1>에 기록한다.

(사) 오일미스트 측정을 위하여 오일 임팩터를 사용할 때 오일 임팩터에 표시된 점의 모양으로 <그림 3>의 기준값을 <부록 1>에 기록한다.

오일 임팩터	사용 후	판정기준
		1.0 ㎎/㎥ : 상단 기준값 0.5 ㎎/㎥ : 중단 기준값 0.1 ㎎/㎥ : 하단 기준값 0.05 ㎎/㎥ : 점 없음 * 각 단의 점이 커져 인접한 점과 연결된 때 그 기준 범위를 초과한 것으로 한다.

<그림 3> 오일 임팩터 판정기준

(5) 검지관과 수동 펌프를 이용한 측정 방법

(가) 측정대상 기체와 적정한 측정 표준을 확인한다.

(나) 측정 표준에 명시된 측정범위를 측정할 수 있는 검지관을 선정한다.

(다) 검지관의 측정범위, 측정 시 환경조건(온도, 습도)을 확인한다. 수동펌프와 검지관은 같은 제조사의 것을 사용하여 유량 및 노출시간 불일치에 따른 오류를 예방한다.

(라) 오염되지 않은 기체 포집 주머니를 준비하고, 압축공기 저장용기의 밸브를 열어 포집 주머니에 공기를 담은 후 공기가 누출되지 않게 밀봉한 후, 분석기를 준비한다.

(마) 검지관의 막힌 양 끝을 절개하고 검지관에 표시된 위치를 참고하여 펌프와 포집 주머니에 연결한다. 포집 주머니와 검지관을 연결할 때는 연결부에서 기체가 누출되지 않도록 한다.

(바) 검지관의 설명서에 따라 펌프를 작동하고 측정시간이 지난 즉시 검지관의 변색된 부분의 눈금을 읽어 <부록 1>에 기록한다.

4.4 호흡기체의 질 관리

(1) 공기압축기는 내연기관의 배기관이 있는 곳으로부터 가장 멀리 떨어진 곳에 위치시키고 공기압축기의 흡입구를 오염원이 없는 곳에 설치한다.

(2) 일산화탄소의 유입 시 이를 감지하여 잠수작업을 감독하는 자 등에게 알릴 수 있는 경보기를 사용하여야 한다.

(3) 공기압축기의 필터 교환 시기를 준수하여 교환하되, 다수의 내연기관을 사용하거나 기류가 정체될 위험이 있는 장소에서 작업 시에는 고압 실린더에 양질의 압축공기를 미리 저장하여 압축공기 오염에 대비한다.

(4) 잠수작업자에게 호흡기체를 공급하는 장치에 호흡기체의 질을 실시간으로 측정하는 측정기를 설치하여 호흡기체의 질을 관리하되, 불가할 경우 작업 전후 정기적 측정으로 이를 대체할 수 있다.

(5) 일산화탄소 오염 위험이 있을 때는 필터 중 일산화탄소를 제거하는 촉매제(hopcalite)가 포함된 필터의 사용을 고려해야 한다.

(6) 내연기관의 배기가스가 유입될 위험이 있는 장소에서 혼합기체를 제조하기 위한 공기압축기를 사용해서는 안 된다.

5. 호흡기체 분압

5.1 분압 계산

(1) 수중에서 기체 분압은 <식 1> 또는 <식 2>에 따라 구한다.

$$ppO_2\,bar = \frac{\text{수심}(m) + 10\,m}{10\,m/bar} \times \frac{O_2\%}{100\%} \quad \cdots\cdots <\text{식 1}>$$

$$ppO_2\,bar = \frac{\text{수심}(ft) + 33ft}{33ft/bar} \times \frac{O_2\%}{100\%} \quad \cdots\cdots <\text{식 2}>$$

(2) 잠수작업 관련 산소의 분압은 <표 5>와 같다.

<표 5> 산소의 허용 분압

분압(bar)	운영 조건	환경
3.0 이하	치료표6A 운영 중 치료가스[주1)] 사용 시	기압조절실
2.8 이하	치료표5, 치료표6 운영 시	기압조절실
2.2 이하	기압조절실을 이용한 감압 시 첫 주기	기압조절실
1.9 이하	잠수마스크, 잠수헬멧을 착용한 수중 산소 감압할 때	수중
1.6 이하	수중 활동량이 적은 작업 시	수중
1.4 이하	공기 잠수 작업 시	수중
1.3 이하	헬리옥스 잠수 작업 시	수중
0.5 이하	폐산소 중독이 우려되는 장시간 작업	기압조절실/수중
0.18 이상	저산소증 예방	기압조절실/수중

주1) 산소 비율이 50%인 나이트록스(공기잠수) 또는 헬리옥스(혼합기체잠수)

(3) 질소의 분압은 4.0 bar 또는 400 kPa을 초과하지 않는다. 질소가 79%인 압축공기의 수심별 질소분압은 <표 6>과 같다.

<표 6> 압축공기의 수심별 질소 분압

수심(m)	분압(bar)	수심(m)	분압(bar)
0	0.79	30	3.16
10	1.58	35	3.56
15	1.98	40	3.95
20	2.37	45	4.35
25	2.77	50	4.74

——— 질소 분압 4.0 bar 이하 수심

(4) 수심 40미터를 초과하면 질소 분압이 4.0 bar를 초과하여 질소마취 효과에 의한 사고 위험이 크므로 40미터를 초과하는 수심에서 공기잠수를 금지하거나, 호흡기체 중 불활성 기체를 헬륨으로 대체하는 등의 적절한 안전조치를 취해야 한다.

5.2 대기압 환산 농도

(1) 기체의 성분 중 농도가 낮아 측정단위가 ppm인 이산화탄소 및 일산화탄소에 대하여 대기압 환산농도(surface equivalent value, SEV)를 적용하고, 환산농도는 용량농도 단위(%, ppm) 뒤에 “(SEV)”를 표기하여 일반적인 용량농도와 구분한다.

(2) 수중에서 대기압 환산 농도는 <식 3> 또는 <식 4>에 따라 구한다.

$$\%, ppm(SEV) = \frac{수심(m) + 10\,m}{10\,m}\ bar \times 측정값(\%, ppm) \cdots\cdots <식\ 3>$$

$$\%, ppm(SEV) = \frac{수심(ft) + 33\,ft}{33\,ft}\ bar \times 측정값(\%, ppm) \cdots\cdots <식\ 4>$$

(3) 기압조절실내 이산화탄소 농도

(가) 기압조절실 내부의 이산화탄소의 분압은 0.005 ㎏/㎠ 이하여야 한다.

(나) 고용노동부 고시 「화학물질 및 물리적 인자의 노출기준」 [별표 1] 화학물질의 노출기준에서 이산화탄소 노출기준에 따르면, 시간가중평균노출기준(TWA)은 5,000 ppm이며, 단시간 노출기준(STEL)은 30,000 ppm이다.

산업안전보건기준에 관한 규칙 제524조(기압조절실 공기의 부피와 환기)

① 사업주는 기압조절실 내의 이산화탄소로 인한 건강장해를 방지하기 위하여 이산화탄소의 분압이 제곱센티미터당 0.005킬로그램을 초과하지 않도록 환기 등 그밖에 필요한 조치를 해야 한다.

고용노동부 고시 「화학물질 및 물리적 인자의 노출기준」[별표 1]

일련번호	유해물질 명칭		화학식	노출기준				비고 (CAS번호 등)
	국문표기	영문표기		TWA		STEL		
				ppm	㎎/㎥	ppm	㎎/㎥	
468	이산화탄소	Carbon dioxide	CO_2	5,000	-	30,000	-	[124-38-9]

(다) 수중환경 또는 고압환경에 노출된 잠수작업자의 환경을 대기압 환경하에 설치된 디지털 기체분석기로 이산화탄소를 측정할 때는 <식 5>, <식 6> 또는 <식 7>과 같이 압력을 보정한다.

$$0.005\ kg/cm^2 \geq \frac{수심(m) + 10\,m}{10\,m}\ kg/cm^2 \times \left[\frac{측정값(ppm)}{10^6\ ppm} 또는 \frac{측정값(\%)}{100\%}\right] \cdots\cdots <식\ 5>$$

$$5{,}000\,ppm(SEV) \geq \frac{수심(m) + 10\,m}{10\,m}\ kg/cm^2 \times 측정값(ppm) \cdots\cdots <식\ 6>$$

$$0.5\%(SEV) \geq \frac{수심(m) + 10\,m}{10\,m}\ kg/cm^2 \times 측정값(\%) \cdots\cdots <식\ 7>$$

(라) 기압조절실 운영 시 (다)와 같이 보정하면 수심별 이산화탄소 비율(%)은 <표 7>과 같다.

<표 7> 기압조절실 수심별 이산화탄소 허용(0.5%(SEV)) 농도

수심(피트)	165	60	50	40	30
CO_2 농도(%)	0.08% 이하 800 ppm 이하	0.18% 이하 1,800 ppm 이하	0.19% 이하 1,900 ppm 이하	0.23% 이하 2,300 ppm 이하	0.26% 이하 2,600 ppm 이하

5.3. 분압 관리

(1) 압축공기를 이용하여 잠수할 때는 이 규정의 공기질을 만족하는 경우 40미터를 초과하여 잠수하지 않는다.

(2) 40미터를 초과하여 잠수할 때는 질소분압을 4.0 bar 이하로 유지하기 위해 질소를 헬륨으로 대체하거나 헬륨을 혼합하여 질소 비율이 낮은 기체를 사용할 수 있다.

(3) 헬륨을 추가하지 않고 질소의 비율을 줄인 기체(나이트록스)를 사용할 때는 산소의 분압이 1.4 bar를 초과하지 않도록 수심을 제한한다.

<표 8> 나이트록스의 수심 제한의 예

	EAN[주1)]32(산소 32%)	EAN36(산소 36%)
산소분압 1.4 bar를 유지하기 위한 최대수심	33 m 이하	28 m 이하

주1) 나이트록스(Enriched Air Nitrox)의 약어

(4) 40미터를 초과하여 잠수할 때는 헬륨과 산소의 혼합기체인 헬리옥스를 사용하고 헬리옥스의 산소 분압을 1.30 bar 이하로 유지한다.

(5) 고압실린더에 저장된 헬리옥스의 산소비율은 일정하고, 수심이 깊어질수록 산소의 분압이 증가하므로 산소분압이 1.30 bar를 초과하거나 0.18 bar 미만이 되기 전에 하강 또는 상승을 멈추고, 산소분압 0.18~1.3 bar 범위 내의 호흡기체로 전환하여 하잠 또는 부상한다.

(6) 비상기체통에 저장된 헬리옥스는 잠수작업 수심에서 사용하는 헬리옥스를 충전한다. 다만, 작업할 수심에서 사용하는 산소의 비율이 16% 이하이었을 때에는 산소농도가 16±1% 범위 내의 헬리옥스를 충전한다.

<부록 1>

호흡기체 점검표

문서번호 : _____

I. 호흡기체의 종류

□압축공기, □고압산소, □나이트록스, □헬리옥스, □트라이믹스

II. 측정기기

모 델 명 : _____ 시 리 얼 : _____

검교정성적서번호 : _____ 유효기간 : _____ 년 _____ 월 _____ 일까지

III. 적용표준(또는 고시)

□ BS EN 12021:2014 Respiratory equipment - Compressed gases for breathing apparatus

□ OSHA 29 CFR 1910.134(i)(1) 또는 CGA Grade D breathing air quality

□ 공기호흡기의 형식승인 및 제품검사의 기술기준(소방청고시 제2017-1호) 제35조

□ 스쿠버용 압축 공기 기준(SPS-KCLG7009-5353)

□ 기타 _____

※ 기타를 선택한 경우 스쿠버용 압축 공기 기준의 질 이상이어야 한다.

IV. 측정 결과

기체성분	기준	주 공급원	예비 공급원	비상기체	고압산소
산소	%				
질소	%				
헬륨	%				
이산화탄소	ppm				
일산화탄소	ppm				
오일미스트	㎎/㎥				
수분	㎎/㎥				

적합여부 : □적합, □부적합

점검일 : _____ 년 _____ 월 _____ 일 점검자 : _____ (서명) _____

<부록 2> 단위 환산

1. 압력 단위의 변환은 <표 9>와 같다. 다만, 이 규정에서 1 atm ≒ 1 bar ≒ 1 ㎏/㎠ ≒ 14.7 psi로 한다.

<표 9> 압력 단위 변환

	대기압(atm)	bar	MPa	㎏/㎠	psi	mmHg
대기압(atm)	1	1.01325	0.101325	1.033227	14.696	760

2. 1에도 불구하고 바아(bar)를 psi로 환산할 때는 1 bar ≒ 14.5 psi로 한다.

$1\,atm = 1.013\,bar$이고, $1\,atm = 14.696\,psi$이므로

$1.013\,bar : 14.696\,psi = 1\,bar : x\,psi$

$1.013 \times x = 1 \times 14.696$

$x = \frac{14.696}{1.013}$

$x = 14.5074$

3. 1 m는 약 3.28084 ft이고 1 ft는 약 0.3048 m이다.

4. 수중 상대압력을 계산할 때는 <식 8> 또는 <식 9>에 따른다.

$$\text{수심별 게이지 압력}(barg) = \frac{\text{수심}(m)}{10\,m/bar} \quad \cdots\cdots <\text{식 } 8>$$

$$\text{수심별 게이지 압력}(psi) = \text{수심}(ft) \times 0.44533\,psi/ft \quad \cdots\cdots <\text{식 } 9>$$

5. 수중 절대압력을 계산할 때는 <식 10> 또는 <식 11>에 따른다.

$$\text{수심별 절대압력}(bara) = \frac{\text{수심}(m) + 10\,m}{10\,m/bar} \quad \cdots\cdots <\text{식 } 10>$$

$$\text{수심별 절대압력}(bara) = \frac{\text{수심}(ft) + 33\,ft}{33\,ft/bar} \quad \cdots\cdots <\text{식 } 11>$$

기술지원규정 개정 이력

□ 개정일 : 2026. 1. 30.

○ 개정자 : 국립창원대학교 산학협력단

○ 개정사유

- 호흡기체 오염으로 인한 재해사례 발생에 따른 대응방안 마련

○ 주요 개정내용

- 해외 공기질 기준 추가
- 산소, 이산화탄소, 일산화탄소 직독시 분석기 추가
- 일산화탄소 기준 초과 시 경보 장치 설치
- 상시 분석 의무 부가. 다만, 불가능할 경우 사용 전후 측정
- 기압조절실 이산화탄소 수심별 농도 제시

KOSHA GUIDE
기술지원규정

·규정번호 : E-G-13-2026
·심　　의 : 산업안전보건표준제정위원회
·공 표 일 : 2026. 1. 30.