



潜水作業の基礎知識



 國富株式会社

はじめに

本書では潜水作業をご発注頂くお客様に潜水作業の概要や、注意点、弊社の安全対策等の基礎知識をご紹介します。ご発注の際の参考にご利用頂ければ幸いです。

潜水方法の種類

潜水方法は、潜水する際の圧力の影響の相違、生命維持として必要な気体の供給方法や呼吸ガスの種類、装備品の相違、体内ガス分圧の相違などによって分類されます。

【潜水時の圧力の影響の相違による分類】

1. 環境圧潜水

一般的にダイビングと呼称される潜水方法（例えば、素潜りや、スクーバーダイビングなど）は、環境圧潜水に分類されます。

環境圧潜水とは、潜水により、水深の変化に応じて変化する環境圧力（潜水している対象の周囲にかかる圧力）を、直接身体に受けながら潜水する方法です。

2. 大気圧潜水

大気圧潜水とは、潜水中に身体にかかる周囲圧力を常に大気圧を維持しながら潜水する方法です。

代表的な大気圧潜水には、皆さん御存知の「潜水艦による潜水」が挙げられます。

海外の海底油田の施設建設などでは、WASPなどの個人用の大気圧潜水装置（鎧装式潜水装置）も活躍しています。

【呼吸ガスの相違による分類】

1. 空気潜水

圧縮した空気（高圧空気）を呼吸用ガスとして用いる潜水方法。国内で一般的に使用される潜水方法です。

2. 混合ガス潜水

人工的に製造した呼吸用ガスを用いて潜水



【自給気式の空気潜水】

する方法で、混合するガスの種類で大きく次に分類されます。

(1) ナイトロックス

空気より窒素分圧を低下させ酸素分圧を上昇させた混合ガスを用いる潜水法。

(2) ヘリオックス

窒素の身体的影響を避けるために窒素の代わりにヘリウムを用い、酸素と混合させた人工ガスを用いる潜水法。

(3) トライミックス

窒素、ヘリウム、酸素の混合ガスを用いて潜水する方法。

(4) 酸素減圧を用いた潜水

減圧のために高濃度の酸素または純酸素を用いる潜水。

※平成27年4月の高圧則改正に伴い、空気による潜水は40mまでに規制され、それ以深の潜水には混合ガス潜水を使用できるようになりました。

【呼吸用ガスの供給法の相違による分類】

1. 素潜り（閉息潜水，スキндаイビング）

呼吸ガスの供給無しで潜水する方法。

2. スノーケリング

水面下で潜水土が筒状の管等（スノーケル）の一端を咥え、反対の端を水面上に出して、大気から直接空気を給排気する潜水法。スノーケルが水没する水深より深く潜ることはできません。

3. 自給気式潜水

潜水土が装備している呼吸ガス供給源（例えば高圧空気の充填されたボンベ）から呼吸用のガスを潜水土に供給する潜水方法。

(1) 閉鎖呼吸回路方式

潜水土が呼吸ガスの供給源から吸気し、潜水土の呼吸で生じた排気ガスを外部に排出せず、排気ガスから二酸化炭素などを除去して酸素を加え、再度呼吸ガスとして再利用する潜水方法。

(2) 半閉鎖呼吸回路方式

閉鎖呼吸回路方式の潜水のうち、排気の一部を外部に放出する潜水方法。

(3) 開放呼吸回路方式

潜水土が呼吸ガスの供給源から吸気し、潜水土の呼吸で生じた排気ガスを外部に排出する潜水方法。

4. 送気式潜水

陸上や船上に設置した圧縮ガス製造装置または備蓄装置などの呼吸ガス供給源から、呼吸ガスを潜水土に供給し、排気を外部に排出する潜水法。装備機材によって次に分類されます。

(1) ヘルメット式潜水

鉄や銅、カーボン樹脂などの硬質材料を用いて成形された潜水用ヘルメットを潜水土がかぶり、当該ヘルメットに送気して呼吸しながら潜水する方法。

(2) マスク式潜水（フーカー潜水）

ヘルメットに代えて前面マスク等を装備した潜水方法。呼吸ガスは、レギュレーター（2ndステージ）を介して供給されます。

ヘルメット式より脱着が容易で、取扱が簡単です。自給気式潜水でも使用されます。



【ヘルメット式潜水】

【体内ガス分圧の相違による分類】

1. 非飽和潜水

一定の高圧環境において呼吸すると、不活性ガス（窒素など）が体内に吸収されます。

この時、不活性ガスの吸収の程度が、完全な飽和状態になるほど長時間潜水しない潜水方法を言います。

一般的なダイビングは、非飽和潜水です。

2. 飽和潜水

大水深における長時間の潜水活動をすることを目的とする潜水方法です。減圧装置内で、目的の水深に応じて、事前に体内に溶け込む不活性ガスを完全飽和状態にし、当該水深と等圧の環境を維持した状態で入水します。

潜水活動後、外圧と等圧の大気環境が維持された減圧装置内に戻って休息を取れば、休息後も連続した潜水活動を行うことができます。また、減圧装置内で減圧を行うことができるので、極めて安全な減圧が可能です。

この飽和潜水を行った場合、飽和状態以上に不活性ガスが体内に溶け込まないため、極めて長い時間の潜水活動が可能ですが、その反面、大気圧環境に戻る際には、極めて長時間の減圧を必要とします。

潜水作業の基礎知識

【潜降・浮上方法の相違による分類】

1. 一般的な潜降・浮上

潜水士が陸上や船上から、水中に入り、自己の浮力調整を行いながら目的の水深まで潜水する方法です。

2. ステージ潜水

潜水士を昇降用のステージなどに搭載し、潜降・浮上速度を機械的に制御しながら潜水する方法です。特に浮上速度を管理できるため、減圧症の罹患確率の低下が期待できます。

3. ベル潜水

底面が開放されたベル型の装置内に潜水士が入り、ベルを機械で昇降させることで潜降・浮上する潜水方法です。ベル内は、陸上では大気圧の空気で充満していますが、水深に応じて底面からの水圧によって体積が小さくなり、水圧と同じ圧力になります。

潜水士は気中で加圧・減圧されるため、潜降・浮上に伴う潜水士の負担が軽減されます。

ベル内に大気が確保される点から、古くは、潜水中の一時休息や、空気の補給に使用されました。

【当社の主たる潜水方法】

当社における潜水は、上記の分類で言えば、環境圧潜水であり、空気潜水が主です。ただし、40mを超える水深ではヘリオックスを使用します。また、非飽和の自給気式潜水（開放呼吸回路式）と送気式潜水（マスク式潜水）を多用しています。

潜水作業の危険性

潜水作業は、当たり前ですが、呼吸ができない高圧環境下である水中で活動することを意味しています。呼吸ガスの供給が断たれば当然に酸欠となって死に至りますし、高圧環境下で高圧空気を呼吸することによる身体への悪影響により様々な障害が発生します。

我々潜水士は、こうした様々なリスクをできるだけ回避し、安全に作業を完遂することが最も重要であることを認識し業務に臨んでいます。

潜水作業をご発注頂くお客様には、我々が直面しているリスクを正しく知って頂き、弊社の安全対策をご理解頂ければ幸いです。

【呼吸ガスの遮断・異常】

1. 時給式潜水

自給気式潜水（スクーバ）による潜水では、呼吸ガスはボンベの気蓄容量に制限されます。呼吸量は、一般的に気中における標準的な毎分呼吸量は、6から8ℓと言われていますが、運動時はその倍になることもあります。

気中で10ℓ毎分の呼吸量を想定すると、水深10mでは環境圧力が倍になりますので、毎分20ℓの呼吸量を想定しておかなければなりません。

空気容量10ℓの空気容器（ボンベ）に約20MPaの空気が満充填されている場合、ボンベの空気量は、 $10\ell \times 20\text{MPa} \times 10(1/\text{MPa}) = 2000\ell$ となり、水深10mでの標準的な呼吸における呼吸可能時間は、 $2000\ell \div 20\ell/\text{分} = 100\text{分}$ が上限値となります。

（弊社の安全対策）

自給気式での空気切れによる事故は、絶対に避けなければなりません。そこで、弊社は、浮上後に容器内残圧が3MPa以上残すことを義務化しています。従って、潜水作業は、5MPaを切った時点で浮上することとし、先の空気容量の例での計算式は、 $10\ell \times (20\text{MPa} - 5\text{MPa}) \times 10(1/\text{MPa}) = 1500\ell$ となります。この場合の最大潜水可能時間は、 $1500\ell \div 20\ell/\text{分} = 75\text{分}$ となります。

また、空気容器への空気・ナイトロックスガスの充填は、全て弊社事業所で有資格者（またはその指導の下に弊社従業員）が行っており、充填用のコンプレッサーは定期メンテナンスを行い安全な呼吸ガスの供給体制を維持しています。

そのほか、下記のような安全対策を実施しています。

- ① バディ潜水の徹底
- ② Jバルブの徹底使用（Kバルブの使用厳禁）
- ③ 残圧計の随時確認
- ④ 残圧ベルの使用

2. 送気式潜水

送気式潜水（ヘルメット、フーカーなど）による潜水では、呼吸ガスはコンプレッサーや気蓄器から送気されるため、コンプレッサーが送気を停止したり、気蓄器の座陰圧が無くなったりしない限り呼吸が可能であるという点から、潜水時間の制約が比較的少ない点がメリットになります。

とは言え、送気式潜水にも下記のような大きなリスクがあります。

- ① 送気停止（送気ホースの断裂、接続部の脱落、コンプレッサーの停止）
- ② 送気異常（コンプレッサーの排気ガスや周辺大気の有毒ガスの混入）

(弊社の安全対策)

これらのリスクを回避するため、次のような対策を実施しています。

- ① 送気停止対策
 - (ア) 送気員の配置
 - (イ) 送気調節用空気槽（予備空気槽）の設置
 - (ウ) 予備ポンベの携行
 - (エ) コンプレッサー、送気ホース、接続部、燃料等の作業前点検
 - (オ) 最大水深で毎分40ℓ以上の送気能力があるコンプレッサーの使用
 - (カ) 送気ホースは使用圧力の5倍以上のものを使用
 - (キ) 送気ホース接続部には3/8のホースジョイントを使用
 - (ク) 送気ホースの接続は確実にいき、接続部に直接負荷が掛らない様ロープ等で補強
- ② 送気異常対策
 - (ア) 送気員の配置
 - (イ) コンプレッサーの屋外設置（周辺に有毒ガスが無いこと）
 - (ウ) コンプレッサーと送気調節用空気槽の間に空気清浄装置を設置
 - (エ) 1人につき1台のコンプレッサー使用（複数分岐送気をしない）
 - (オ) 空気取入口の設置位置を排気口上1.5m以上の位置に設置
 - (カ) 空気取入ホースの耐熱処理
 - (キ) 送気切り替え装置付き有毒ガス検知装置の導入（一部）

【潜水環境に伴う傷病】

水中では、水深の環境圧に応じた高圧空気を呼吸することになります。水深10mでは、地上の約倍、2気圧の空気を呼吸することとなります。

高圧空気を呼吸することにより、様々な傷病が発症することがあります。代表的な傷病が「減圧症」です。潜水には、減圧症以外にも「窒素酔い」や「圧外傷」、「動脈ガス塞栓症」、「浸漬性肺水腫」など様々な傷病リスクが伴います。

☆減圧症

減圧症は、潜水中に高圧空気を呼吸することで体内の血液や組織に窒素等のガスが溶け込んだ後、浮上、特に急速に浮上した（環境圧が急激に低下した）際に、体内血液や組織に溶け込んだガスが過飽和となって気泡化（微小気泡を含む）し、血管や組織に障害をもたらす傷病です。

主な症状としては、発症部位における疼痛や神経症状、皮膚の紅斑・痒みなどで、重症の場合は死に至ることもあります。

潜水作業の基礎知識

（弊社の安全対策）

弊社では減圧症対策として様々な規定を定め、主に下記のような対策を実施しています。

- ① 浮上速度の厳守（10m/分以下）
- ② 安全な潜水計画の立案（想定水深より深い潜水を想定して計画）
- ③ 潜水時間の厳守（潜水時間短縮の励行）
- ④ 水深に応じて適切な呼吸ガスの選定
- ⑤ 酸素減圧の励行
- ⑥ 浮上後の5分間の酸素吸入の義務化

☆浸漬性肺水腫

水泳やダイビングなどの際に肺に体液がたまる病気で、呼吸困難を引き起こし、重篤の場合は意識を喪失し、酸欠によって死に至ることがあります。低体温症や高血圧などの影響が大きく、特に50歳以上で、心疾患や高血圧などの疾患がある人に起こりやすいとされています。

（弊社の主な安全対策）

- ① 55歳以上は潜水禁止
- ② 50歳以上で高血圧症（治療・服薬中）などの心疾患および糖尿病を発症している人は、専門の医師に潜水の可否について相談する。
- ③ 浮上後の5分間の酸素吸入の義務化
- ④ むくみ防止のための過度な水分摂取を避ける
- ⑤ 潜水前日の過度な飲酒を避ける
- ⑥ 締め付けの強すぎるスーツ着用を避ける

【作業環境による傷病】

潜水する作業環境による傷病リスクもあります。複雑な水中構造物内で作業をする場合に、装備品などが構造物に引っかかって拘束されてしまう危険性があり、また、大型船の船底などで水中ライトが電池切れを起こすと真っ暗闇となり方向感覚を失います。

（弊社の主な安全対策）

- ① 作業環境に適した装備の選定
- ② 自給気式潜水の場合はバディ潜水の徹底
- ③ 有線または無線の通話装置の携行
- ④ 小型ビデオカメラの携行（一部）

広範なネットワーク

当社は、東北から九州にかけて9営業所1出張所を展開し、60名を超える自社潜水士により、全国の港で作業を行える体制を確立しております。

國富株式会社

本 社	〒737-0821	広島県呉市三条2丁目4番12号
電 話	0823-32-7001	F A X. 0823-32-7002
メー ル	center@kunitomi-div.com	
W e b	http://www.kunitomi-div.com/	
仙 台 営 業 所	〒983-0013	宮城県仙台市宮城野区中野4丁目8番地の2
電 話	022-388-6977	F A X. 022-388-6978
メー ル	sendai@kunitomi-div.com	
市 川 営 業 所	〒272-0014	千葉県市川市田尻4丁目1番37号
電 話	047-378-0828	F A X. 047-378-0889
メー ル	ichikawa@kunitomi-div.com	
大 阪 営 業 所	〒550-0022	大阪府大阪市西区本田4丁目11番23号
電 話	06-6584-0611	F A X. 06-6584-0612
メー ル	osaka@kunitomi-div.com	
神 戸 営 業 所	〒650-0047	兵庫県神戸市中央区港島南町5丁目3番2号
電 話	078-306-3850	F A X. 078-303-7552
メー ル	kobe@kunitomi-div.com	
呉 営 業 所	〒737-0822	広島県呉市築地町6番1号
電 話	0823-21-5038	F A X. 0823-21-5039
メー ル	kure@kunitomi-div.com	
広 島 営 業 所	〒730-0837	広島県広島市中区江波沖町4番6号
電 話	082-293-4125	F A X. 082-293-4144
メー ル	hiroshima@kunitomi-div.com	
北九州営業所	〒801-0841	福岡県北九州市門司区西海岸2丁目4番24号
電 話	093-321-5432	F A X. 093-321-5433
メー ル	kitakyushu@kunitomi-div.com	
福 岡 営 業 所	〒813-0062	福岡県福岡市東区松島6丁目13番28号
電 話	092-621-3922	F A X. 092-621-3944
メー ル	fukuoka@kunitomi-div.com	
長 崎 営 業 所	〒852-8003	長崎県長崎市旭町2番10号
電 話	082-293-4125	F A X. 082-293-4144
メー ル	hiroshima@kunitomi-div.com	
上五島出張所	〒857-4411	長崎県南松浦郡新上五島町相河郷1052-15
電 話	0959-52-2684	F A X. 0959-52-4030
メー ル	kamigo@kunitomi-div.com	