

## Chapter 1 潜水業務

### 1. 潜水業務に伴う物理的影響

#### 【圧力】

##### ① 圧力とは・・・単位面積あたりの力

大気圧→空気の重さによる圧力。海面付近の大気圧→約 1.033 k g/cm<sup>2</sup>

水 圧→水の重さによる圧力。**水深 10mごとに約 1 k g ずつ増加**する

##### ②ゲージ圧力と絶対圧力

絶対圧力・・・大気圧と水圧を合計した圧力値

ゲージ圧・・・水圧のみの圧力値。つまり表示値は**絶対圧から大気圧を引いたもの**

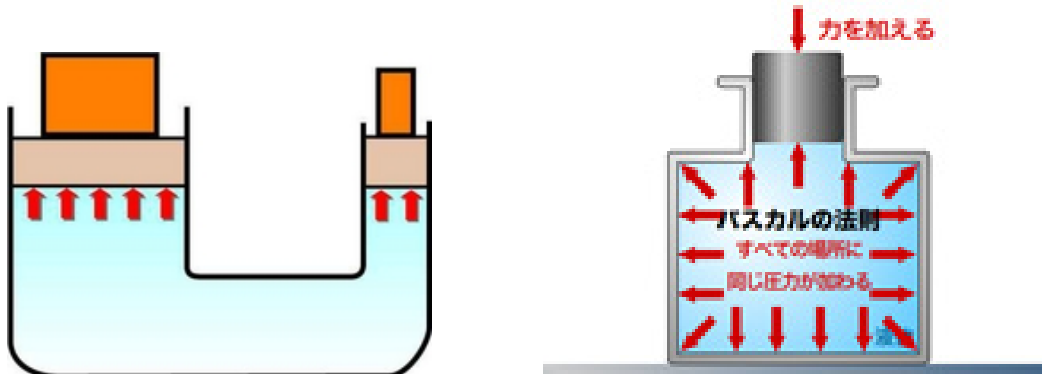
圧力などの計測機はすべて**ゲージ圧**が使用される

#### 【液体の物理的性質】

##### ①パスカルの法則

「液体に加えられた圧力は、すべての方向に等しく伝わり、流体内の任意の面に対し、常に垂直方向に作用する。」

潜水業務で水圧を感じない理由・・・増加した圧力が人体の体表面から内部に伝わり全身に新しい圧力の平衡が生ずるため



#### 【気体の物理的性質】

##### ①ボイルの法則

「圧力が高くなると、それに反比例して気体の体積は減少し、逆に圧力が低くなれば体積は増加する。」

##### ②シャルルの法則

「同一圧力に保った気体の体積は温度が上昇すると増加し、下降すると減少する。」

##### ③ダルトンの法則

「2種類以上のガスの分圧の和は、混合気体の全圧と等しくなる。」

#### ★要チェック★

- ・ 圧力高→体積減少 温度上昇→体積増加
- ・ ダルトンの法則→2気圧の気体と3気圧の気体を足すと5気圧になる

**Chapter 1 潜水業務**

**【気体の液体への溶解度】**

①ヘンリーの法則

「気体と液体が接しているとき、気体は飽和状態になるまで液体に溶け込むが、溶液中に溶け込むことができる気体の量は、温度が一定であれば、その気体の圧力に比例する。」

**【浮力】**

①アルキメデスの法則

「水中にある物体は、これと同体積の水の質量に等しい浮力を受ける。」

**【潜水に関係する気体】**

①空気

空気の成分・・・**酸素約 20%、窒素約 80%**（その他アルゴン・二酸化炭素等）

②気体の性質と特徴

気体	性質	主な特徴
酸素	生命維持に必要	酸素中毒→濃密な酸素によって引き起こされる
窒素	化学的に安定な不活性ガス	窒素酔い→高圧力下での麻酔作用
ヘリウム	極めて <b>軽い気体</b> 他の元素と全く <b>化合しない</b>	<b>熱伝導率が高い</b> ので潜水者の <b>体温を低下させる</b>
一酸化炭素	非常に有毒な気体	物質の不完全燃焼によって発生する
二酸化炭素	人体の代謝（呼吸）や物質の燃焼によって生ずる	2%以上の濃度になると中毒を引き起こす

**【水中での光と音と熱の性質】**

①水中での光の色

赤の吸収が大きく、**青の吸収が最も少なく**深いところまで光が届く

②水中でよく見える色

良く見える順で **蛍光性オレンジ>白>黄**

③水中でのものの見え方

物体が**実際より大きく (4/3 倍)、近く見える (3/4 倍)**

④水中での音の伝わる速さ

空気中の速さ (約 340m/s) の**約 4 倍 (1400m/s)** で長距離に伝わる

⑤両耳効果

右の耳と左の耳のわずかな距離による音の伝わる時間差で音の出てくる方向を判断できることを**両耳効果**という

水中では両耳効果が**減少**する→音源の探知が困難になる

⑥光の屈折

光は空気と水の境界で屈折する

⑦水の熱

水の熱伝導率は、空気の**約 26 倍**である

水の比熱は、空気より大きい

Chapter 1 潜水業務

2. 潜水及び潜水器の種類

【潜水の種類】

- ①硬式潜水・・・潜水作業艇など硬い殻に入って潜水作業を行う。人体に水圧はかからず、**大気圧下**で潜水作業を行う。
- ②軟式潜水・・・潜水者が**直接水圧を受ける**環境下で行う潜水。給気する方法や潜水器の種類によって分類されている。

<b>定量式</b>	送気式	<b>ヘルメット式</b>	ヘルメットと潜水服を使用
		<b>マスク式</b> （軽便）	ヘルメット型の簡易型
		<b>マスク式</b> （全面）	全面をマスクで覆う
<b>応需式</b> <b>（デマンド）</b>	自給気式 （スクーバ式）	<b>フーカー式</b>	面マスクで潜水する
		開放呼吸回路方式	排気をすべて海中に放出
		半閉鎖呼吸回路方式	排気の一部を循環させる
		閉鎖呼吸回路方式	排気をすべて循環させる

【潜水器の種類】

① 定量送気式潜水器（ヘルメット式、マスク式（軽便））

《ヘルメット》

・面ガラスと側面ガラスがあり、側面ガラスには破損を防ぐために金属製の格子がつけられている。

《排気弁》

本体右後部に設け、浮力調節のため潜水服の余分な空気や潜水者の呼気を排出。

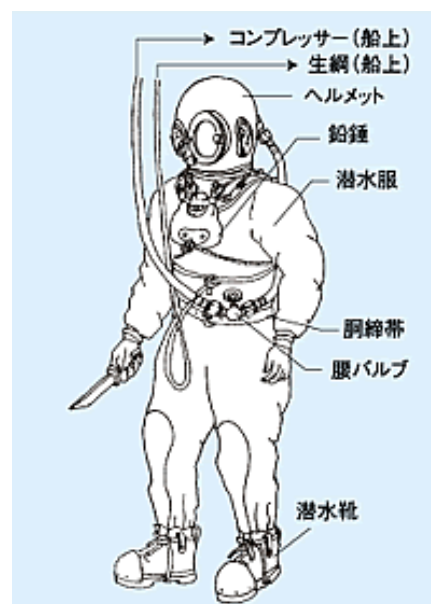
《ドレーンコック》

正面下部左に設ける。

**潜水者が唾等を外部に吐き出すために使用。**

★要チェック★

ドレーンコックは、ヘルメットから油分や水分を排出するものではない！！



《送気用配管・送気ホース》

- ・流量計からヘルメットの間ホースは**内径 12.7mm**
- ・強靱で柔軟なゴムホースを使用
- ・送気ホースは、ヘルメット頭部本体後方に取り付け口がある。
- ・取り付け口には、送気された**空気の逆流を防ぐ逆止弁**がある。

《シコロ》

ヘルメット本体にはめ込み式で連結する。ヘルメットをシコロのねじ部にヘルメットの平たん部が来るように重ね右まわりに 1/8 回転させることでねじがかみ合う。

## Chapter 1 潜水業務

### 《潜水服》

潜水者の体温保持と浮力調節のため内部に相当量の空気を貯めることができる。

### 《潜水靴》

作業中の体の安定と下半身のバランス確保のため重量のあるものを使用する。

1足 9.8 k g

### 《ウエイト》

浮力を抑え、安定を保つために使用する。1組 28 k g と 32 k g のものがある。

### 《ベルト》

潜水服内に溜まった**空気が下半身に行かないようにするため**に使用する。

- ・腰バルブ・・・送気された空気の量を調節できる。ベルトに固定し、潜水者自身が操作する。

### 《空気圧縮機（コンプレッサー）》

潜水者に送気する空気を圧縮するための機械。原動機で駆動する。

- ・冷却方式

**移動式→空冷式      固定式→水冷式**

- ・給気口（ストレーナー）  
機関室の外に設置
- ・その水深の圧力下で1分間に**約 60 L 以上**を送気



#### ★要チェック★

コンプレッサーの圧縮効率 ⇒ 圧力の上昇に伴い低下する

### 《空気槽》

- ・調節空気槽  
空気の流れを整え、**油分、水分**を分離
- ・予備空気槽  
予備空気槽内の圧力はその日の**最高深度における圧力の 1.5 倍以上**

#### ★要チェック★

- ・潜水者ごとに空気槽（調節・予備とも）が必要
- ・始業時にドレーン抜きを行い溜まった油分や水分を残留圧縮空気とともに排出する

### 《空気清浄機》

- ・圧縮空気の**臭気・水分・油分**を除去  
→ 一酸化炭素・二酸化炭素を取り除くものではない
- ・清浄材には、フェルトや活性炭が使用される

### 《流量計》

送気量を測定

## Chapter 1 潜水業務

### デマンド送気式潜水器（マスク式（全面）、フーカー式）

#### 《マスク》

- ・顔面全体を覆う全面マスクや大深度潜水や特殊な環境用としてハードハット型がある。（マスク式）
- ・視界を確保できる強化ガラス製で耳抜き用の鼻つまみのついた面マスクを使用する。（フーカー式）



#### 《潜水服》

- ・ドライスーツ  
スーツ内部に全く水が入らない構造で、ブーツと一体。下着などの上から着ることができ**保温性が高い**。内部に空気が入っているため、**スクイズ（締め付け障害）を起こしやすい**
- ・ウェットスーツ  
素肌に着用。水で満たされるためスクイズ（締め付け障害）を防止。



#### ★要チェック★

スクイズ：外部の圧力より、内部の圧力が低くなった場合に発生

#### 《潜水靴》

- ・専用のドライスーツでは潜水服にブーツが一体になっているため必要がない。
- ・推進力が必要な場合は足ひれ（フィン）を使用する。

#### 《ベルト、ウエイト》

- ・浮力調整し安定した体制を保つためベルトにウエイトを取り付ける。
- ・ベルトは緊急時にワンタッチで取り外し可能なものを選ぶ。

#### 《空気圧縮機（コンプレッサー）》

- ・水深の圧力下で**毎分 40L 以上**、送気圧は水深圧力に **0.7MPa** を加えた値以上で送気

#### ★要チェック★

圧力調整器を使用する場合、流量計ではなく送気圧力計が絶対必要  
定量送気式との違いに注意する！ ⇔ 毎分 60L

#### 《送気圧力計》

- ・空気槽に取り付け、所定以上の圧力で送気が行われていることを確認する。

#### 《送気ホース》

- ・マスク式の送気ホースの内径は **8mm**

#### 《緊急ボンベ》

- ・空気圧縮機の故障などの事態が発生しても呼吸を確保するためのもの。
- ・内部のガスの容量が十分なら船上に予備空気槽を設ける必要がない。

#### 《その他の器具》

- ・空気槽・空気清浄機についてはヘルメット式と同様。

## Chapter 1 潜水業務

### ② デマンド自給式潜水器（スクーバ式）

機動性に最もすぐれ簡易作業やレジャーに使用されている。自給気式の潜水器である。

#### 《ポンベ》

- ・ポンベ内の空気の圧力→**15~20MP a**
- ・終業時には内部に **0.5~1.0MP aの空気を残して保管**する
- ・**内容積 4~18Lのステール製又はアルミ製**のものがある
- ・バルブ

**開閉だけのKバルブ**と、空気残量が約 20%になったら**残り少ないことを知らせるため**、一旦空気を止める**リザーブバルブ（Jバルブ）**がある



#### ★要チェック★

**空気を止めるのは、ポンベに空気を確保するためではない！**

#### 《ハーネス》

ポンベを固定するためのベルト

#### 《残圧計》

- ・ポンベの空気残量を把握するためのもの。

#### 《高圧コンプレッサー》

- ・ポンベに圧縮空気を充填する設備。最高充填圧力は 20MP a がほとんど。

#### 《圧力調整器（レギュレーター）》

- ・高圧空気を 1MP a 前後に減圧するファーストステージと潜水深度に応じた圧まで減圧するセカンドステージから構成される。

- ・**1MP a 以上**の気体を充填したポンベからの給気を受けるときは、**2段以上の減圧方式**による圧力調整器を使用しなければならない



- ・**水中（水洗い中等）ではセカンドステージのパージボタンは絶対に押さない**

#### 《足ひれ（フィン）》

- ・フルフィットタイプ → **ブーツを履いたままはめ込む**
- ・オープンヒルタイプ → **爪先だけを差し込み踵をストラップで固定**

#### 《浮力補償具（BC）及び救命胴衣》

- ・インフレーター（給気や排気の実行を行う器具）の操作によって 10~20 k g の浮力を得るためのもの。
- ・BCがあれば**救命胴衣は不要**（なければ必ず着用）

#### 《その他の器具》

- ・面マスク、潜水服についてはデマンド送気式と同様。

**Chapter 1 潜水業務**

**⑤潜水者の携行品**

《送気式潜水》

潜水器・水中ナイフ（鋭利な刃物）・水中時計・水深計・信号索

（例外）潜水者が通話装置で通話できる場合は、信号索・水中時計・水深計は不要

《自給気式潜水》

潜水器・水中ナイフ（鋭利な刃物）・水中時計・水深計・救命胴衣又はBC

**★要チェック★**

- ・コンパス、浮上早見表、残圧計は不要
- ・水中ナイフは必ず必要

《潜降索》

潜水方式にかかわらず必要。水深を示す目印を **3m**ごとに付ける

**【呼吸用ガスによる潜水の分類】**

①空気潜水・・・いわゆる一般的な潜水

②酸素潜水

純酸素での潜水。酸素中毒を発生させるため潜水時には使用不可。

- ・酸素呼吸に切り替えると体内に溶解蓄積した窒素等の不活性ガスの排出が促進される

③窒素・酸素混合ガス潜水（ナイトロックス潜水）

通常の空気より酸素量を多くし窒素の量を減らしたガスで呼吸を行う潜水。

- ・窒素が少ない分、減圧時間が短縮される。

④ヘリウム・酸素混合ガス潜水（ヘリオックス潜水）

窒素酔いを避けるため、窒素の代わりにヘリウムを主体とした呼吸用ガス。

- ・麻酔性が少ない
- ・体内に溶け込む量が少なく、体内から排出される速度が速い
- 長時間潜水の場合は減圧時間が短くなる

**★要チェック★**

短時間の場合  
→減圧時間が長くなる。

⑤ヘリウム・酸素・窒素混合ガス潜水（トライミックス潜水）

窒素酔いにならない程度に窒素を押さえた3種類の混合ガス。

- ・3種のガスの長所を備えたガス。
- ・中深度潜水（50～90m）で短時間（1時間弱）の潜水に適している。

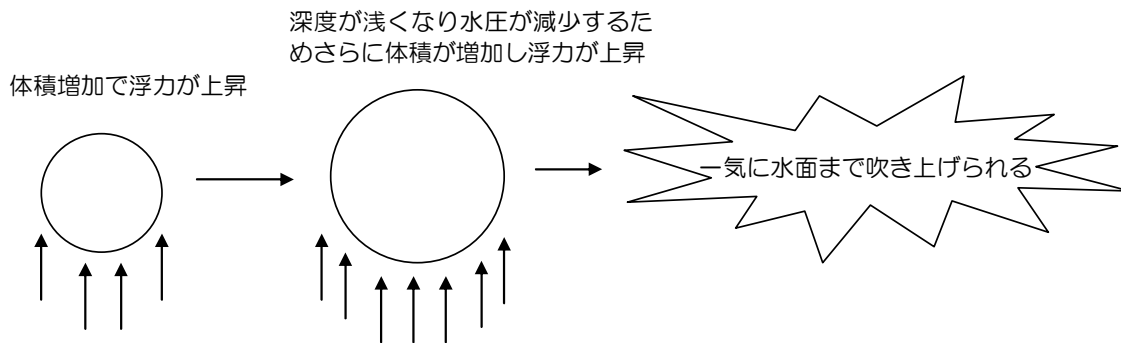
**Chapter 1 潜水業務**

**3. 潜水業務の危険性と事故発生時の処置**

**【浮力による事故】**

①吹き上げ

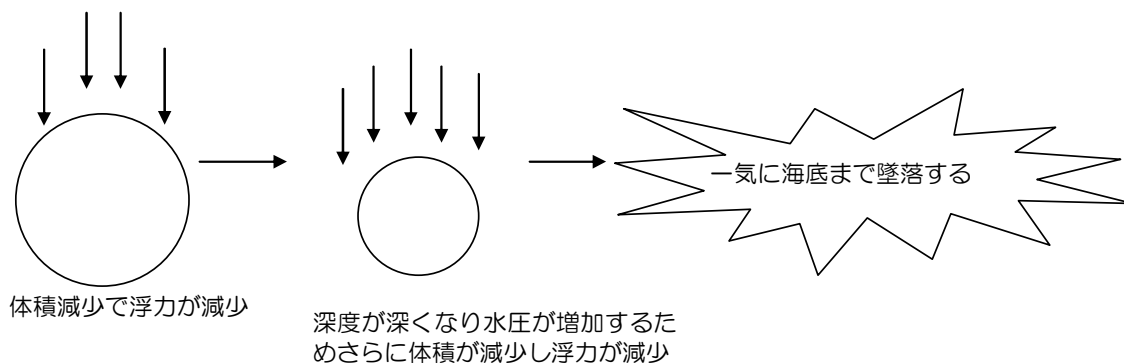
潜水服内圧力が潜水深度の圧力より高くなった場合に発生。減圧症や肺の破裂等を発生  
 ・吹き上げの要因・・・体積が増加して正の浮力が発生するため



吹き上げの要因	予防法
排気弁の誤った操作	排気弁の操作を完全に習得する 必ず潜降索を使用する
<b>逆立ち状態になった場合</b>	身体を横にするときは、必要以上に潜水服を膨らませない
過大な送気を行った場合	潜水深度を変えるときは必ず船上に連絡
潜水墜落時の対応の失敗	ウエイトは浮力の変化を考慮して選ぶ 腰バルブを使用する
身体の自由が損なわれた場合	水中ナイフを携行

②潜水墜落

潜水服内部の圧力が潜水深度の圧力より低くなった場合に発生。  
 スクイズ（締め付け障害）や減圧症を発生させる。  
 ・墜落の要因・・・体積が縮小して浮力が減少するため。



《墜落の原因》

- ②送気量の不足
- ②排気弁調節の失敗
- ③潜降索の不使用
- ④吹き上げ時の処理の失敗

**★要チェック★**  
 吹き上げ・墜落の対処法  
 操作が逆になるだけで対処はほぼ同じ

## Chapter 1 潜水業務

### 【水中拘束による事故】

長時間水中で身動きが取れなくなる状態を水中拘束という。そのため減圧症や、スクーバ式潜水ではボンベの空気切れによる窒息につながる。

#### 《原因》

- ・送気ホースがクレーン船のフックや、作業船のスクリューに絡まる。
- ・送気ホースなどが重量物の下敷きになる。

#### 《予防法》

- ・障害物を通過するときは**行きも帰りも同じ経路で通過**。
- ・障害物は周囲を回ったり下を潜ったりせず、なるべく**上を超える**。
- ・スクーバ式潜水では**潜水者2人1組**で行う。
- ・沈没船や洞窟などに入る場合は必ず**ガイドロープを使用**。

#### 《措置》

- ・水中拘束により水中にいた時間に対応する減圧時間を設ける。
- ・スクーバ式で装備を放棄して浮上する場合は**息を少しずつ吐きながら浮上**する。

### 【溺れによる事故】

溺れによる事故は、気道や肺に水が入って呼吸ができなくなる場合や、気道に水が入った時に反射的に呼吸が止まる場合がある。

### 【海中生物による事故】

#### ①海中生物による事故

海中生物（みずたこ、うつぼ、がながぜ、ごんずい等）によるかみ傷、切り傷、刺し傷

#### ②サメによる事故

##### 《予防法》

- ・海水が濁って視界が悪い時、夜間は潜水を中止する。
- ・河口・湾口・水深が**深い所**は大型のサメがいる可能性が高い。
- ・漁獲物を身体につけたまま作業しない。



### 【水中作業による事故】

#### ①ブロック・漁礁などの据え付け

##### 《予防法》

- ・移動作業時には不安定なものは**先に移動させておく**。

#### ②水中溶接、溶断作業

- ・**身体の一部に溶接棒などの先端と溶接する対象のものが同時に触れると、感電しショック症状を発生させる。**
- ・大型鋼材では作業時に**滞留したガスが爆発し鼓膜を損傷する**場合がある。



★要チェック★  
ガス爆発は、火傷はないが鼓膜を損傷

## Chapter 1 潜水業務

### 【潜水作業船による事故】

#### 《予防法》

- ・スクリュウ覆いや、クラッチ固定装置を使用する。

### 【特殊環境での潜水】

#### ①冷水

- ・体温低下により運動機能が低下し、**減圧症が発生しやすい**。

#### 《対処》

- ・ヘリウムを呼吸に使用する場合は加温装置を設ける。

#### ②高所（ダム、山岳部）

- ・気圧が低く、潜水深度との圧力差が大きくなり、**減圧症が発生しやすい**。

#### 《対処》

- ・潜水後、減圧時間は**長く**設ける。

#### ③淡水

- ・海水より密度が小さいため**浮力が小さい**（塩分を含む分、海水の方が密度は大きい）

#### 《対処》

- ・ウエイトは海水時より**軽く**する。

#### ④暗渠内

- ・頭上が閉鎖的で、直接浮上ができない。

#### 《対処》

- ・機動性の良いスクーバ式潜水を行う。
- ・非常用・緊急用の呼吸ガスの2重化。
- ・3人以上のチームで行う。
- ・**潜水案内ロープ（ガイドロープ）を使用する**。



#### ⑤無視界

- ・泥や砂、ヘドロでごく一部しか見ることができない。

#### 《対処》

- ・スクーバ式では**2人1組**で安全を確保して行う。
- ・フーカー式潜水では水中電話を使用し**1人で潜水**する方がよい。
- ・汚染の激しい場合は露出部の少ないヘルメット式がよい。

#### ⑥強潮流

##### 《潜水作業のできる潮流条件》

ヘルメット式・・・**0.5ノット以下**

フーカー式・・・**1.0ノット以下**

スクーバ式・・・**1.5ノット以下**

#### 《対処》

- ・送気ホースは**ゆるませて**おく。
- ・命綱（ライフライン）を使用したり、**潜降策にフックで接続**したりする。
- ・流速計などを用いて、潮流速度を計測する。

## 訂正とお詫び

本テキストP4において講師の言い間違いがございましたので、下記の通り訂正させていただきます。

### <訂正箇所>

テキスト：P4、映像：21分あたり

誤) 送気ホースの内径：12.3mm

↓

正) 送気ホースの内径：12.7mm  
13mm と出ても正解となります。

合格するまで面倒みます！事務局