

# 海女、潜水士の研究

## 水産のための潜水士試験対策のまとめ

3/19/2023

放送大学教授（生物学）

屋号：KENJI SHIMIZU OFFICE

清水健次

# 圧力と浮力

- ▶ 1気圧 = 1atm=1bar=0.1MPa=1kg/cm<sup>2</sup>
- ▶ 絶対圧力
  - ▶ 絶対圧力 = 大気圧 + 水圧
  - ▶ ゲージ圧 = 水圧のみ = 絶対圧力 - 大気圧
- ▶ 浮力
  - ▶ アルキメデスの原理
    - ▶ 物体の液体に沈めた時、その物体は押しのけた液体の重さと等しい浮力を持つ。

# 気体に関する法則

- ▶ ボイルの法則
  - ▶ 温度が一定の時、気体の体積は圧力に反比例する。
  - ▶  $p \times v = \text{一定}$
- ▶ シャルルの法則
  - ▶ 気体の圧力が一定にしたとき、体積と絶対温度は比例する。
  - ▶  $\text{一定} = \frac{v}{T}$
- ▶ ボイル・シャルルの法則
  - ▶ 一定量の気体の体積は気体の圧力に反比例し、絶対温度に比例する。
  - ▶  $\text{一定} = \frac{v}{T}$
- ▶ ダントンの法則
  - ▶ 2種類以上の気体により構成される混合気体の全圧はそれぞれの気体の分圧の和に等しい。
  - ▶  $P = Pa + Pb$
- ▶ ヘンリーの法則
  - ▶ 温度が一定の時、一定量の液体に溶解する気体の質量はその気体の圧力に比例する。
  - ▶ 温度が一定の時、一定量の液体に溶解する気体の体積は、その気体の圧力にかかわらず一定である。

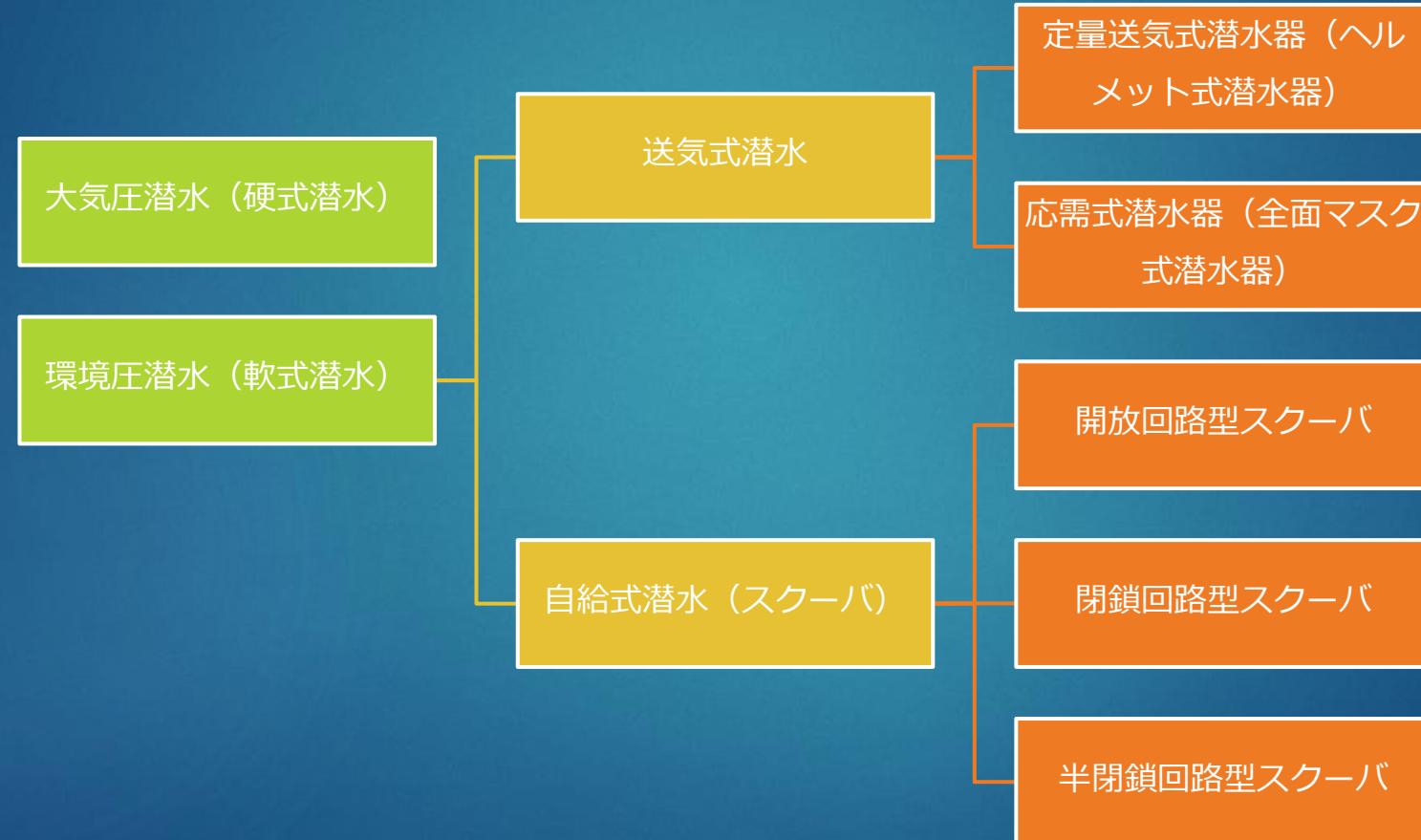
# 気体の特性 と性質

- ▶ 空気
  - ▶ 氮素 78%
  - ▶ 酸素 21%
  - ▶ アルゴン、二酸化炭素 1%
- ▶ 酸素
  - ▶ 無色無臭、生命維持に不可欠。濃度が高いほど酸素中毒。
- ▶ 氮素
  - ▶ 無色無臭、常温常圧では化学的に安定した不活性気体。高圧下では麻酔作用あり。
- ▶ ヘリウム
  - ▶ 無色無臭、燃焼や爆発の危険ない。極めて軽い気体。化学的に安定、化合しにくく、不活性気体。窒素に比べて呼吸抵抗が少ない。熱伝導率大きく、気体密度が小さい。ドナルドダックボイス。
- ▶ 二酸化炭素
  - ▶ 人体の代謝作用や物質燃焼により产生。空気中に0.03 – 0.04%、無色無臭。人の呼吸の維持に血液中に微量含まれることが必要。
- ▶ 一酸化炭素
  - ▶ 無色無臭の有害気体。不完全燃焼により発生。赤血球のヘモグロビンと結合し、酸素の運搬を阻害。

# 水中における光や音

- ▶ 光
  - ▶ 面マスクを通して見る場合、物体の距離は近く、  
3/4の距離で、大きく見える。4/3倍
- ▶ 色
  - ▶ 赤色は吸収されやすい。
  - ▶ 青色は吸収されにくい。
  - ▶ オレンジ色や黄色などの蛍光性のものは視認しやすい。
- ▶ 音
  - ▶ 1400 – 1500m 音の伝播 空気中の約4倍。
  - ▶ 伝播距離が長いので、両耳効果が減少して音源の方向探知が困難。

# 潜水の種類及び方式



# 潜水業務の 危険性

- ▶ 潮流によるもの
- ▶ 送気によるもの
- ▶ 浮力によるもの (潜水墜落、吹き上げ)
- ▶ 海中生物によるもの
- ▶ その他
- ▶ 国際信号書A旗

# 海中生物の危険性

- ▶ かみ傷
  - ▶ サメ、シャチ、カマス、タコ、ウミヘビ、ウツボ
- ▶ 切り傷
  - ▶ サンゴ類ウツボ類
- ▶ 刺し傷
  - ▶ 魚：オニオコゼ、ミノカサゴ、ハオコゼ、アカエイ、ゴンズイ、ギンザメなど
  - ▶ 棘皮動物：ガンガゼ、オニオコゼ
  - ▶ 腔腸動物：アカクラゲ、カツオノエボシなどのクラゲ、イソギンチャク、サンゴ、イノガイ類

# 潜水事故

潜水墜落：潜水服内部の圧力と水圧の均衡が崩れ内部の圧力が水圧より低くなった時に起こる。

吹き上げ：潜水内部の圧力と水圧の均衡が崩れ、内部の圧力が水圧より高くなつた時に起こる。

潜水服のベルトの締め付けが不足して、下半身の浮力が増加したとき。

潜水作業者が頭部を胴体より下にする姿勢を取り、逆立ちの状態になってしまったとき。

排気弁の操作を誤ったとき。

潜水作業者への過剰な送気をしたとき。

水中拘束：

溺れ：

スクーバ式では救命胴衣またはBCを必ず着用。

送気式潜水では潜水作業船にクラッチ固定装置やスクリュー覆いを取り付ける。

## 特殊な環境 下での潜水

- ▶ 海洋での潜水
  - ▶ 淡水より海水のほうが浮力がわずかに大きい
- ▶ 河川での潜水
  - ▶ 命綱、ウエイトを使用。降雨後は潜水に適していない。
- ▶ 暗渠内での潜水
- ▶ 汚染水域での潜水
  - ▶ フーカー式、スクーバ式は行わず、ヘルメット式か全面マスク潜水器を使用する。
- ▶ 冷水域での潜水
  - ▶ ウエットスーツより、コールドスーツを着用必須。
- ▶ 高所での潜水
  - ▶ 通常より長い減圧浮上時間が必要になる。

# 送気式潜水に使用する設備又は器具

## コンプレッサー

- 圧縮効率は圧力の上昇に伴い低下する

## 空気槽

- 最高潜水深度の圧力の1.5倍

## 空気清浄装置

## 送気ホース

## 流量計

# 送気式潜水 の潜降

- ▶ 潜水はしご
- ▶ さがり綱（潜降索）

# スクーバ式 潜水の潜降

- ▶ 水面から1ー1.5mであれば、片手でマスクを押さえて足を先にして水中に飛び込んでよい。
- ▶ ドライスーツ着用時は余分な空気を抜く。
- ▶ レギュレーターのマウスピースに空気を吹き込み、セカンドステージの低圧室とマウスピース内の水を押し出して呼吸を開始する。
- ▶ 浮力調整具を装着している場合インフレーターの方より上に上げて排気ボタンを押して潜降を始める。
- ▶ 耳に圧迫感がある場合は耳抜きをする。耳栓は使用しない。
- ▶ 潜水中はできるだけ一定のリズムで呼吸する。
- ▶ 視界がきかない時は腕を前方に伸ばして障害物の有無を確認しながら行う。
- ▶ マスクの中に水が入ってきた時は深く息を吸い込んでマスクの上端を顔につけ、鼻から強く息を吹き出してマスクを下端から水を排出する。

# スクーバ式 潜水の浮上

- ▶ 浮上開始予定時間、残量計が警戒領域に達したら浮上開始。
- ▶ 浮上するときは気泡を追い越さない程度の速度にする。
- ▶ 無停止減圧の範囲内の潜水の場合でも水深3m前後で5分程度、安全のために停止を行う。
- ▶ 障害物を避けるため、上を見ながら両手を頭の上に伸ばし浮上する。
- ▶ BC装着したスクーバ式潜水で浮上する場合、インフレーターを右手で偏り上に上げて、排気ボタンが押せる状態で顔を上に向け、腕を頭より上に上げ、360度穩やかに回転しながら浮上する。
- ▶ リザーブバルブ付きボンベ使用時にいったん空気が止まつた時はリザーブバルブを引いて給気を再開して浮上を開始する。
- ▶ 浮上速度の調整に救命胴衣は使用できない。

# スクーバ式潜水に称する道具

ボンベ

- 4-18L、19.6Mpa

圧力調整器

面マスク

潜水服

- ウエットスーツ
- ドライスーツ
- 給気弁
- 排気弁

足ひれ

- オープンヒルタイプ
- フルフィットタイプ

水中時計

水深計

残圧計

- 34Mpa

BC (浮力調整具)

- パワーインフレーター機能
- オーラルインフレーター機能

救命胴衣

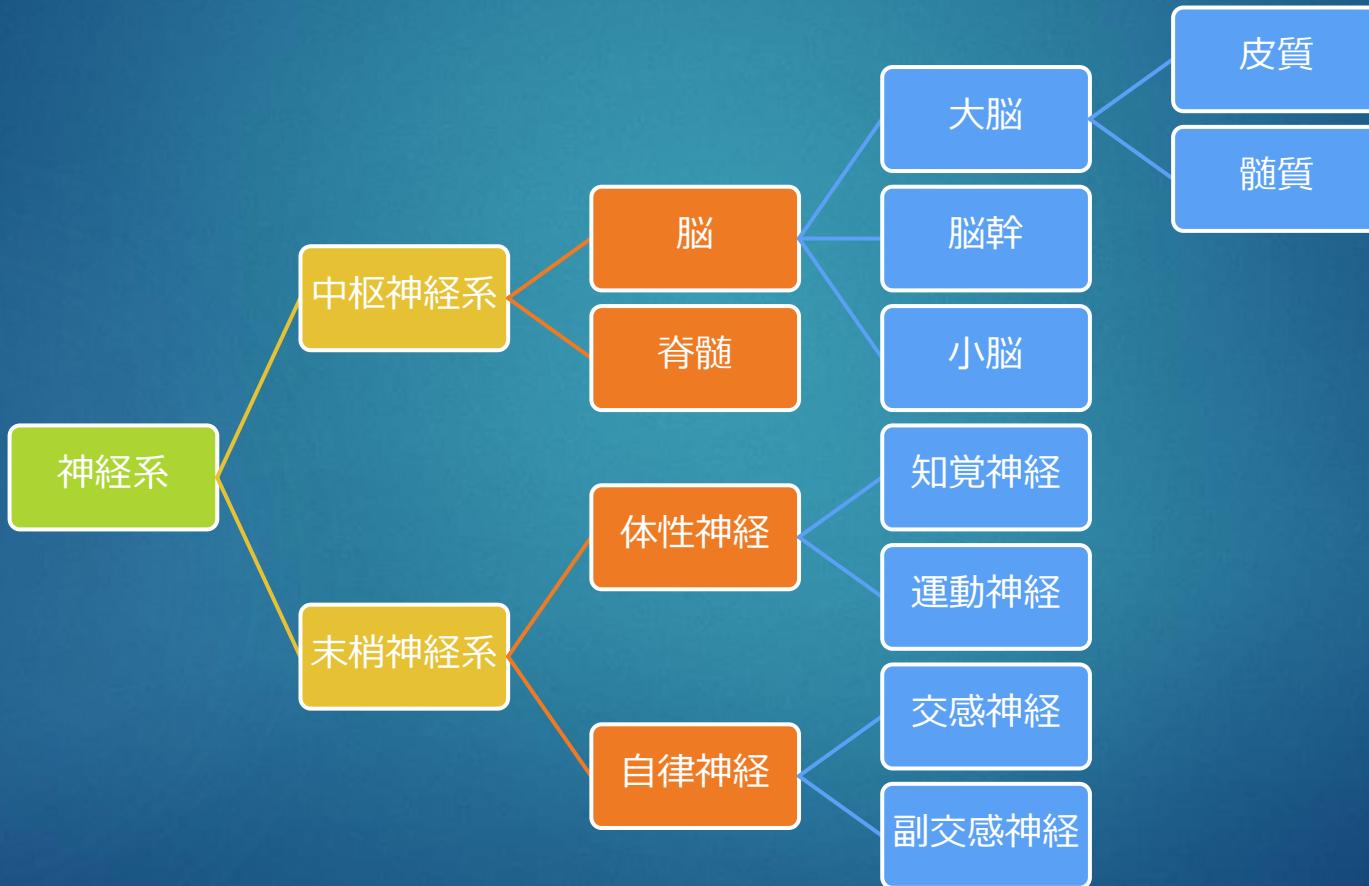
さがり綱

水中ナイフ

# ヘルメット式潜水に使用する器具

- ▶ 側面窓
- ▶ 送気ホース取付部
- ▶ 排気弁
- ▶ ドレーンコック
- ▶ シコロ（兜台）
- ▶ 流量計バルブ
- ▶ 腰部
- ▶ 潜水靴

# 人体の神経系



# 人体に及ぼす水温の作用及び体温

体温	症状
35°C	意識消失、筋肉の硬直
34°C	記憶障害、会話困難、知覚及び運動能力の大きな障害
33°C	幻覚、意識剥奪、生存率50%
32°C	心臓の不整、運動能力の崩壊
31°C	親しい人の認知障害
30°C	痛みに対する反応消失

# 気圧変化による健康障害

- ▶ 圧外傷
  - ▶ スクイーズ（潜降）
  - ▶ ブロック（浮上）
- ▶ 副鼻腔
- ▶ 空気塞栓症
- ▶ 酸素中毒
  - ▶ 脳酸素中毒 140-160kPa 短時間呼吸したとき。
  - ▶ 肺酸素中毒 50kPa 長時間呼吸したとき。
- ▶ 一酸化炭素中毒
- ▶ 二酸化炭素中毒
- ▶ 窒素酔い
- ▶ 減圧症
  - ▶ ベンズ（筋肉関節型減圧症）
  - ▶ チョークス（重篤な肺減圧症）

# 潜水作業者 の健康管理

## 健康診断

四肢の運動機能検査、鼓膜、聴力の検査、肺活量の測定

作業条件調査、心電図調査

エックス線検査。（骨壊死、股関節、肩関節、腿間接）

## 再圧治療

## アルコール

UPTD（肺酸素毒性量単位）

一日 600UPTD

1週間 2500UPTD

# 潜水業務への就業が禁止されている疾病

- ▶ 減圧症その他高気圧による障害またはその後遺症
- ▶ 肺結核その他の呼吸器の結核または急性上気道感染、じん肺、肺気腫その他呼吸器の疾病
- ▶ 貧血症、心臓弁膜症、冠状動脈硬化症、高血圧症、他の血液、循環器の疾病
- ▶ 精神神経症、アルコール中毒、神経痛、他の精神神経系の疾病
- ▶ メニール病または中耳炎その他の耳管狭窄を伴う耳の疾病
- ▶ 関節炎、リウマチその他の運動性の疾病
- ▶ ぜんそく、肥満症、バセドー病、他のアレルギー性、内分泌系、物質代謝または栄養の疾病

# 禁止されて いない疾患

- ▶ 色覚異常
- ▶ 白内障
- ▶ 胃炎、胃下垂

# 1次救命処置



# 潜水業務の 設備

- ▶ 潜水作業者に圧力調整器を使用させる場合（全面マスクなど）

$$\textcolor{yellow}{\triangleright} \quad v = \frac{40(0.03D+0.4)}{P}$$

- ▶ ヘルメット式潜水の場合

$$\textcolor{yellow}{\triangleright} \quad v = \frac{60(0.03D+0.4)}{P}$$

- ▶ V:予備空気槽の内容積（単位L）
- ▶ D:最高潜水深度（単位m）
- ▶ P:予備空気槽内の空気の圧力（単位Mpa）

# 特別の教育

- ▶ 安全衛生教育
  - ▶ 雇い入れ
  - ▶ 変更
  - ▶ 危険または優雅な業務につかせる時
- ▶ 特別の教育
- ▶ 特別教育科目の省略
- ▶ 特別教育の記録の保存（3年間）

# 潜水作業業務の 管理

- ▶ 潜水業務を行う都度、記録した書類及び該当潜水作業者の氏名及び減圧の日時を記載した書類を作成し、これらを5年間保存しなければならない。

## 作業計画

潜水作業者に送気し、又はボンベに充填する気体の成分組成

潜降を開始させる時から浮上を開始させるまでの時間

当該潜水業務における最高水深圧力

潜降及び浮上の速度

浮上を停止させる水深の圧力及び当該圧力下において浮上を停止させる時間

# 潜水作業業務の管理（2）

ガス分圧の制限	
酸素	18kPa以上160kPa以下 ただし、溺れないよう浮上する 場合は18kPa以上220kPa以下と する。、
窒素	400kPa以下
炭素	0.5kPa以下

# 潜水業務に 係る潜降、 浮上等

- ▶ 浮上の速度
  - ▶ 浮上の速度は毎分10m以下とすること。
  - ▶ 浮上後、14時間は激務に就いてはならない。
- ▶ 送気量と送気圧
  - ▶ 每分40L以上の送気ができる空気圧縮機を使用し、かつ水深の圧力に0.7Mpaを加えた値以上としなければならない。
- ▶ ボンベからの給気を受けて行う潜水業務
  - ▶ 潜降直前に潜水作業者に対して、ボンベの給気能力を知らせること。
  - ▶ 潜水作業者に異常がないか監視するための者を置くこと。
- ▶ 圧力調整器
  - ▶ 1Mpa以上の気体を充填したボンベから給気。
- ▶ 浮上の特例
  - ▶ 気こう室において高圧室内作業者に加圧を行うときは毎分0.08Mpa以下の速度で行うこと。
- ▶ さがり綱
  - ▶ 3mごとの水深を表す札や布が必要。

# 設備の点検 及び修理

- ▶ 潜水前に点検を要するもの
  - ▶ ヘルメット式潜水、全面マスク潜水
    - ▶ 潜水器、送気管、信号索、さがり綱、圧力調整器
  - ▶ スクーバ式潜水
    - ▶ 潜水器、圧力調整器

# 点検期間

空気圧縮器	1週
空気清浄機	1か月
水深計	1か月
水中時計	3か月
流量計	6か月
水深計	1か月
水中時計	3か月
ボンベ	6か月

# 連絡員

- ▶ 潜水作業者と連絡して、その者の潜降及び浮上を適正に行わせること
- ▶ 潜水作業者への送気の調整を行ううたためのバルブまたはコックを操作する業務に従事する者と連絡して、潜水作業者に必要な量の空気を送気させること。
- ▶ 送気設備の故障その他の事故により、潜水作業者に危険または健康障害が生ずるおそれがあるときは速やかに潜水作業者に連絡すること。
- ▶ ヘルメット式潜水器を用いて行う潜水業務にあつては、潜降直前に当該潜水作業者のヘルメットがかぶと台に結合されているか確認すること。

# 潜水者業者 の携行物

- ▶ 送気式潜水での携行物
  - ▶ 信号索
  - ▶ 水中時計
  - ▶ 水深計
  - ▶ 銳利な刃物
- ▶ スクーバ式での携行物
  - ▶ 信号索
  - ▶ 水中時計
  - ▶ 水深計
  - ▶ 銳利な刃物
  - ▶ 救命胴衣
  - ▶ 浮力調整具

# 健康診断

- ▶ 常時従事する労働者に対し、6か月ごとに1回定期的に健康診断する。
  - ▶ 既往歴及び高気圧業務歴調査
  - ▶ 四肢の運動機能の検査
  - ▶ 鼓膜及び聴力の調査
  - ▶ 血圧の測定及び尿中の糖度及び蛋白の有無の検査
  - ▶ 肺活量の検査
- ▶ 尿酸値、視力測定は義務付けられていない。
- ▶ 高気圧業務健康診断
- ▶ 5年間保存する。
- ▶ 健康診断結果に基づく医師からの意見聴取
  - ▶ 3か月以内
- ▶ 健康診断の結果通知
- ▶ 健康診断結果報告
  - ▶ 遅滞なく、労働基準監督署長に提出。

# 再圧室

- ▶ 設置
  - ▶ 水深10m以上の場合。
- ▶ 立入禁止
- ▶ 再圧室の利用
  - ▶ 主室と副室との間の扉を閉じ、かつそれぞれの内部の圧力を等しく保つ。
  - ▶ 再圧室の操作を行う者に加圧及び減圧の状態その他の異常の有無について常時監視させる。
- ▶ 点検
  - ▶ 1か月を超えない期間ごとに。
- ▶ 危険物等の持ち込み禁止

# 免許証

- ▶ 潜水士
  - ▶ 事業者は潜水士免許を受けた者でなければ、潜水業務に就かせてはならない。
- ▶ 免許を受けることのできる者
  - ▶ 潜水士試験に合格した者
  - ▶ その他厚生労働大臣が定める者
- ▶ 免許の欠格事由
  - ▶ 満18歳に満たない者。
  - ▶ 免許の種類に応じて、厚生労働省令で定める者。
- ▶ 免許の取消し等
  - ▶ 6ヶ月を超えない範囲で停止にできる。
  - ▶ 故意または重大な過失により重大な事故が発生したとき。
  - ▶ 免許の種類に応じて厚生労働省令で定めるとき。
  - ▶ 免許証を他人に譲渡し、又は貸し与えたとき。
- ▶ 免許証の再交付又は書替え
  - ▶ 減失し、破損した場合、氏名の変更の場合は、交付を受けた都道府県労働局長又は住所を管轄する都道府県労働局長に提出。
  - ▶ 取消処分の場合は遅滞なく都道府県労働局長に免許を返還。

# 譲渡との制限

- ▶ 再圧室
- ▶ 潜水器

# 清水健次 Kenji Shimizu

- ▶ 【屋号】  
Kenji Shimizu Office
- ▶ 【学歴】  
放送大学教養学部卒。慶應義塾大学法学部法律学科で単位取得。放送大学大学院で法律学、国際関係論の単位取得LL.M.。ネバダ大学大学院MBA（会計学）。
- ▶ 【著作とWebのキーワード】  
「水圏生命科学」、「淡水魚類学概論」、「基礎航海技術論」、「英文会計学」、「英文簿記論」、「監査論」、「管理会計論」、「英米契約法」、「情報処理とICT」、「教育とICT」、「ネットワークの基礎」、「精神医学」などを自身のwebに掲載。
- ▶ 【職歴】  
屋根屋（営業）、ローソン（店員）、トリムライン（営業）、Costco（料理係）、成田空港（航空管制官）、東芝（技術）、リクルート（翻訳）、illumina（経営とIT）等に勤務経験を持つ異色のキャリア。数学とITの教育経験があります。
- ▶ 【資格】  
学生時代に、生物学と英語学の国立大学終身教授資格が与えられました。山梨大学教授（英語学）、放送大学教授（生物学）。裁判官。
  - ▶ プール育ちで、海、川でのダイビングは初心者ですが、潜水士試験に合格できました。以前は1500メートル/1時間を週3日泳ぐのが日課でした。今はお休みしています。まだ海で器具付けて泳いだことないです。水産や土木の楽しいダイビングを楽しんでみたいです。