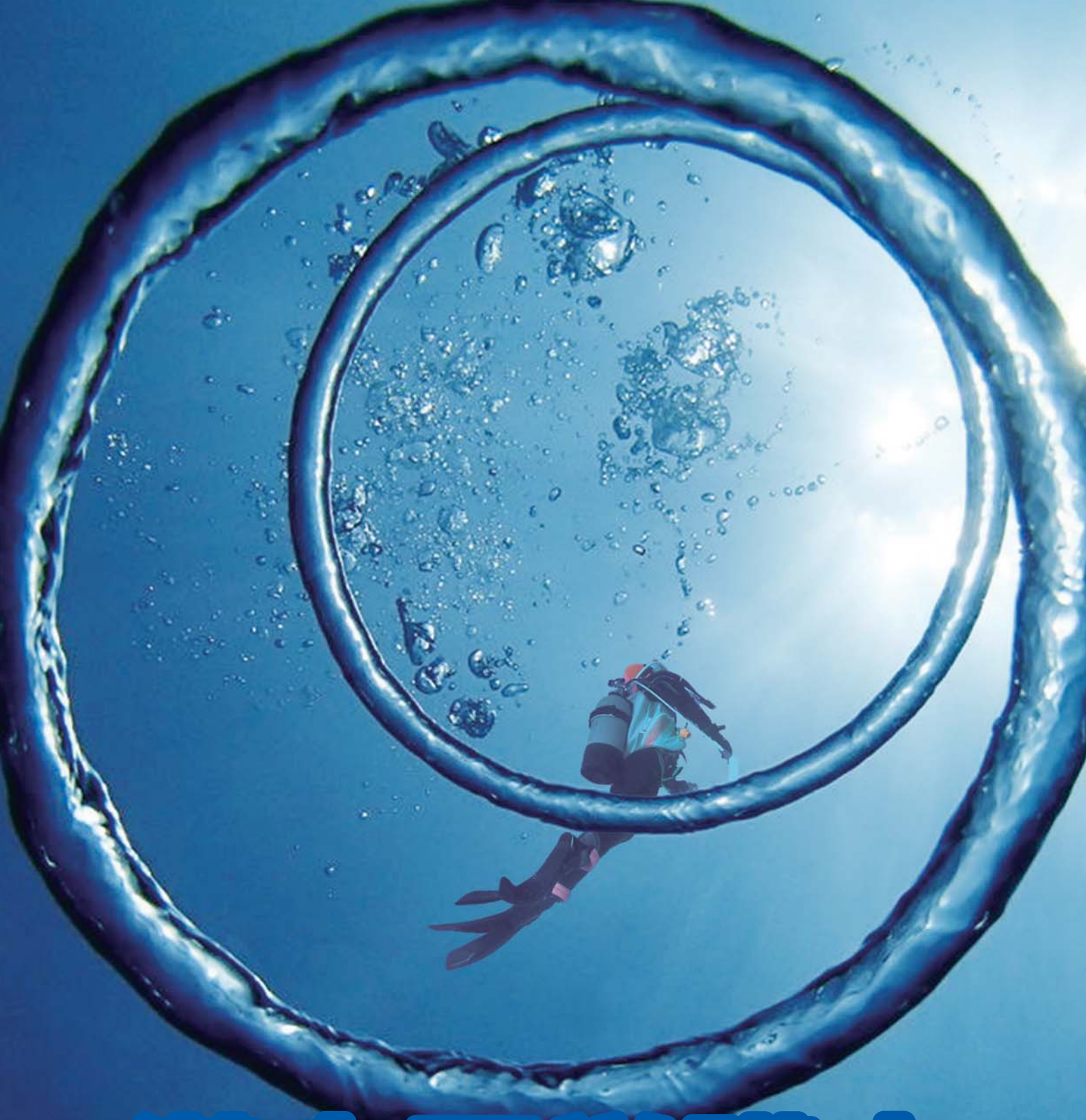




潜水医学講座

潜水事故を防ぐには？

付録 潜水ガイドのための溺水への対応
(ヨーロッパ蘇生協議会ガイドライン2015の概略)

第7回

日本高気圧環境・潜水医学会 中国四国地方会

市民公開講座

演 者

錦織 秀治 有限会社 中国ダイビング

村田 幸雄 国際潜水教育科学研究所(琉球大学医学部)

野澤 徹 DAN JAPAN(水中科学研究所)

合志 清隆 琉球大学病院 高気圧治療部

司会・進行

玉木 英樹 玉木病院

平成28年3月12日
山口県萩市 萩本陣

ご挨拶

萩市で開催の「第7回日本高気圧環境・潜水医学会 中国四国地方会」の市民公開講座の1つとして「潜水医学講座～潜水事故を防ぐには？」と題する講座を準備させていただきました。

萩市近郊では、多くのアマさん方が素潜り業で生活を営まれ、又、美しいダイビングスポットを目指し遠方より多くのダイバーが訪れて潜水を楽しめます。さらに、ここには皆が愛する海水浴場「菊ヶ浜」もあります。

全国的にも、潜水はレジャーダイビングとして広く普及している一方で、国土は海に囲まれていますので、潜水による湾岸作業は日常的に行われ、さらに特殊工法の潜函(ケーソン)作業も各地で進められています。

潜水に関わる人々の最大の関心事は今回の主題の「事故防止」と思われます。今回の市民公開講座は「潜水」をテーマにしたものですが、実際には「異常気圧環境におけるレジャーないしは特殊作業」と捉えることもできます。その一例として、潜水ないし潜函作業での労働災害の発生は多くはありませんが、発生した際の重症度が高いことが知られています。

特に潜水では事故が死亡に直結することも多々ありますので、その意味でも必要な知識を備えて事故防止に対処することが最も重要と考えられます。

琉球大学病院 高気圧治療部部長の合志清隆先生を中心とした演者の皆様にご協力を頂き、市民公開講座で紹介する一部のスライドに簡単な説明を加え、よりよく理解していただきますよう今回この冊子を作成いたしました。

紹介している潜水医学の記載内容は、現在の科学的根拠に基づいたもので、さらに医療現場で実践されている専門的な診療内容も紹介しておりますので、海水浴、レジャーダイビング、潜水・潜函作業における事故防止の知識としてご活用いただければ幸いです。

第7回 日本高気圧環境・潜水医学会
中国四国地方会 会長
玉木病院 院長
玉木英樹

目 次

潜水事故を防ぐには？

I 潜水事故の実態	1
II 減圧障害	4
III 潜水技術の進歩	11
IV 溺水の初期対応	17
V 減圧障害の初期対応	18
VI 潜水での酸素の重要性	21
VII 酸素の利用法	23
VIII 安全な潜水と潜函作業	25
IX おわりに	26
文献	27

付録 潜水ガイドのための溺水への対応

I はじめに	28
II 溺水の病態	29
III 溺水者の救助と救命	30
参考資料	37
溺水の救命の連鎖	38
溺水のアルゴリズム	39

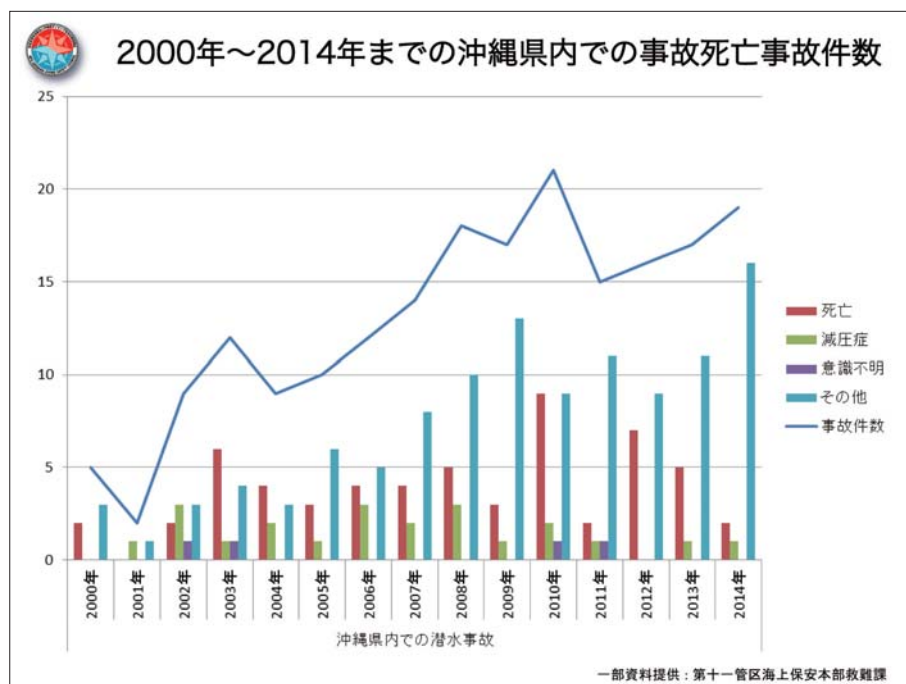
潜水事故を防ぐには？

I 潜水事故の実態

レジャーダイビングの目的で沖縄に訪れる観光客は年間50万人ほどで、年々この数は増加傾向にあり、最近では国外からダイビングの体験希望者が増加している。

第十一管区海上保安本部救難課の報告によれば、2000年頃の沖縄県内で発生した海難事故は2～3件であったものが、10年後には20件前後度と約10倍に増加しており、死亡や減圧障害の発生には大きな変化はないとされている(図-1)。

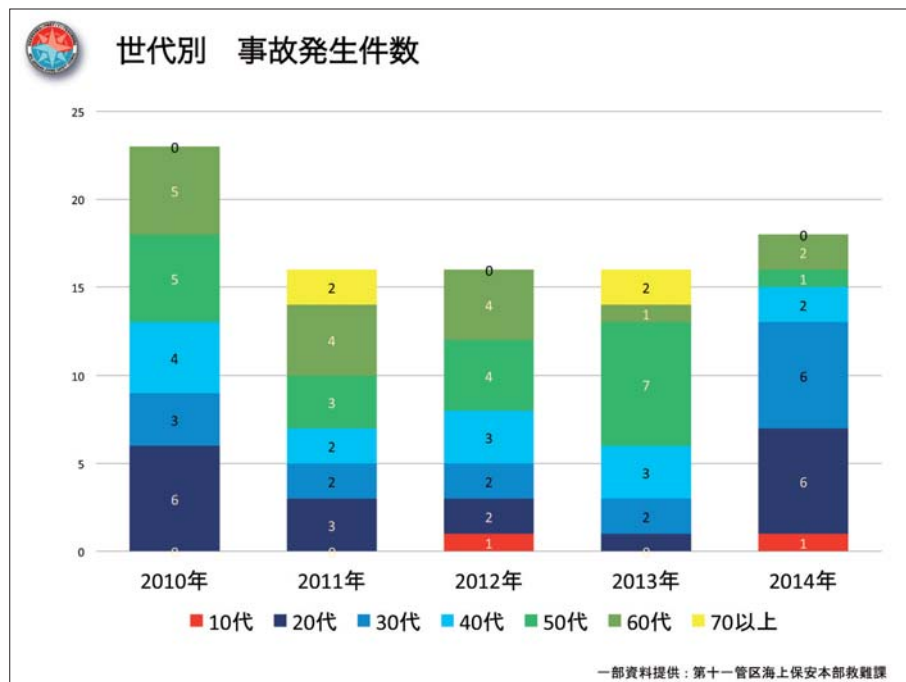
しかし一方で、この統計には事故ないし減圧障害として届けられていない事案が多いことも沖縄の地方紙で報じられている(八重山毎日新聞 2013年9月18日)。



(図-1) 沖縄県内での事故件数

さらに近年の海難事故の特徴は、
40才以上の中高年の事故者が多くなっていることである(図-2)。

これは年齢とともに心臓、呼吸器あるいは脳などに
持病を有する比率が高まるからであり、
最近では潜水ガイドにレジャーダイバーの減圧障害のリスクに加えて
健康状態への注意喚起が要求されるようになっている。



(図-2) 世代別の事故件数

沖縄県下での海難事故の実態が明らかになるなかで、
減圧障害を対象とした潜水救急ネットワークがつくられ、
その防止での啓蒙活動が潜水の専門家と医療者の間で行われている。

しかし近年、この領域で新たな課題も生じており、
外国人観光客の増加に伴うルール作りと対策が求められることである。

さらに、国内外からの観光客の増加に潜水ガイド数が不足した状況になっている。
これは必然的にガイド業務が過重な労働になりやすく、
引いては潜水事故を引き起こす原因とも推測される。

また、この過重な労働環境は、観光産業の比重が大きな沖縄県においては、
潜水ガイドの育成を遅らせる一因と考えられる。

II 減圧障害

不適切な減圧による障害は潜水病ないし潜函病とも呼ばれていたが、近年では国際的にも減圧障害(decompression illness)の名称に統一されている。

これには

減圧後に生じた気泡による障害の(1)減圧症(decompression sickness)と、肺の気圧外傷が原因の(2)動脈ガス塞栓症(arterial gas embolism)が含まれる(図-3)。

減圧障害 DCI (decompression illness)

不適切な減圧による障害

(1) 減圧症 DCS (decompression sickness)

組織や血管内での、気泡発生による障害

- 1型：軽症（四肢関節疼痛、皮膚症状など）
- 2型：重症（中枢神経障害、呼吸循環障害など）

(2) 動脈ガス塞栓症 AGE (arterial gas embolism)

肺の気圧外傷に伴う 肺内ガスによる動脈塞栓症

- 胸の症状（肺胞破裂による胸痛、血痰、呼吸困難など）
- 脳の症状（意識障害、片麻痺、感覚障害、けいれん、視野障害）

三木病院

(図-3) 分類

この減圧障害の診断は、減圧後にみられる特徴的な症状と経過(図-4、5)と、さらに行われた潜水の状況を知ることが重要になる。

多様な病状が経時的に変化することに加えて画像診断の有益性が低いことから、時には減圧障害の診断が困難なものになっている(1)。



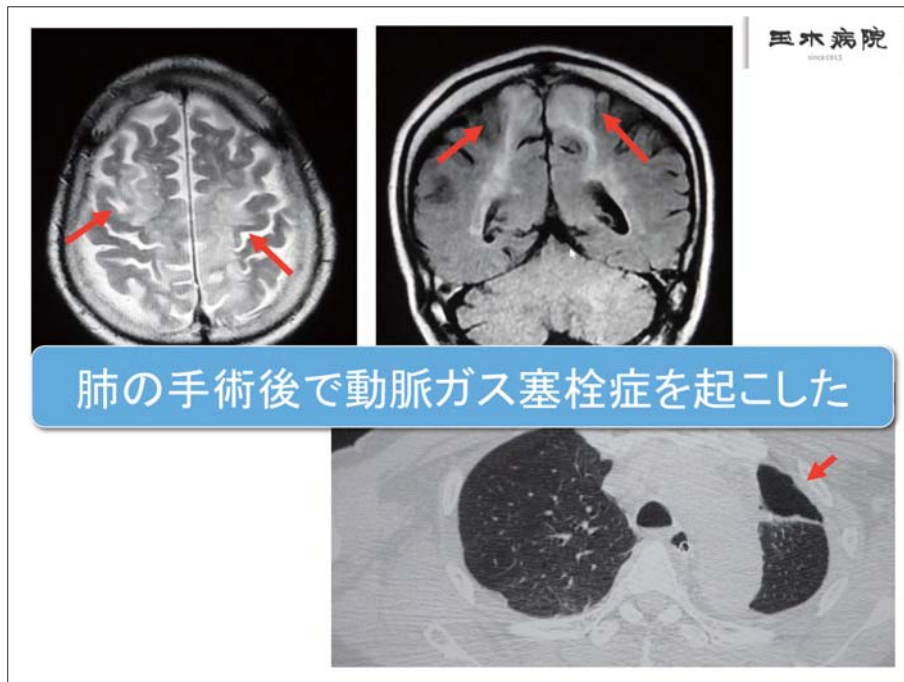
(図-4) 症状

減圧障害の症状の頻度 (DAN)			
三木病院			
神経系	40.4%	皮膚	3.5%
感覚	23.0%		
運動	8.1%		
失調	2.3%		
意識	1.9%		
視覚	1.6%		
疼痛	22.2%	呼吸・循環系	2.0%
体調不良 (頭痛、疲労感・・・)	14.7%	リンパ系	0.3%
前庭系 (めまい、吐気、嘔吐)	12.6%	その他	4.3%

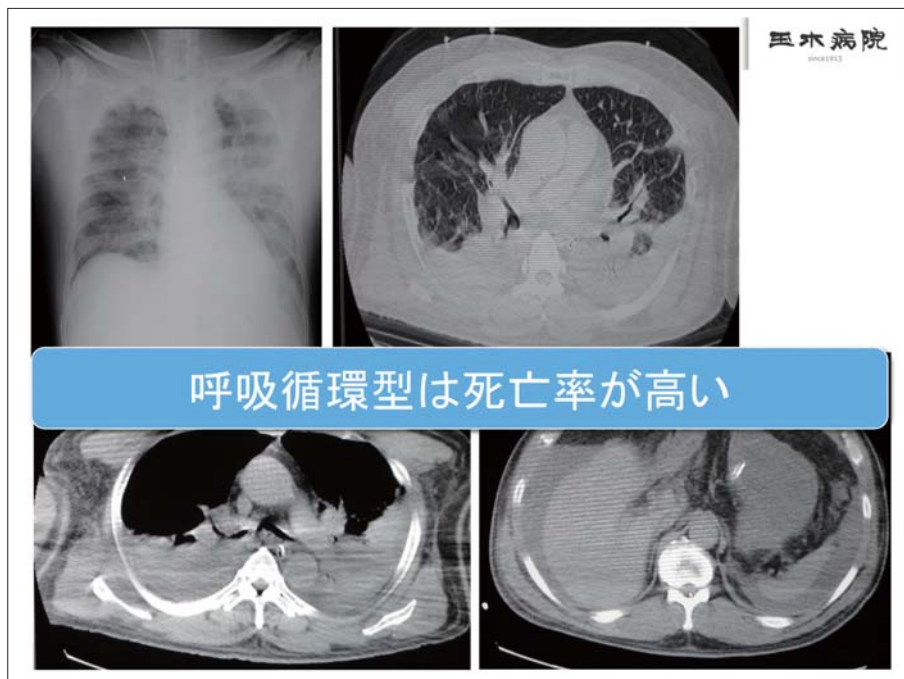
(図-5) 症状の頻度

この誤診は1970年代の米国の専門施設でも問題視されていたが(2)、
減圧障害の多発地帯である沖縄の救急施設でも同様であり、
わが国の救急医学において潜水医学が特殊領域との認識があるものと思われる。

しかし、重症の減圧障害では脳や呼吸・循環器系障害などと
全身状態の把握が最初に必要なことはいうまでもない(図-6、7)。



(図-6) 重症の減圧障害



(図-7) 重症の減圧障害

減圧障害の多くの事例では高気圧酸素治療が必要になり、
この治療装置には一人用(第1種)と多人数用(第2種)装置がある。

わが国では一人用での治療は困難との認識が一般化している印象があり、
すなわち、多人数用装置による早急な酸素再圧治療(特殊な高気圧酸素治療)が
国際標準との認識である(図-8、9)。

しかし、最近の欧州からの複数の報告によれば、
1ヶ月後の治療結果が酸素再圧治療と通常の高気圧酸素治療とで差がないだけでなく、
治療開始時間にも統計的に差がなかったとされている(3、4)。

また、米国の専門施設も減圧障害には
通常の高気圧酸素治療が行われていると連絡を受けている(5)。

従来から脳の減圧障害には酸素再圧治療ではなく、
通常の高気圧酸素治療を行ってきたが(6)、
琉球大学病院では全ての減圧障害に酸素再圧治療は行ってはいない。

病状と障害臓器に合わせて治療法を選択しており、
通常の高気圧酸素治療を行うか、
軽症の事例には酸素吸入だけのこともあり、
さらに高気圧酸素治療が危険として実施しないこともある。

このような状況のなかで、
最近では酸素加圧方式の一人用を減圧障害の治療に積極的に用いている。

高気圧酸素治療装置 第1種装置（一人用）



SECHRIST
INDUSTRIES, INC.

（図－8）第1種装置

高気圧酸素治療装置 第2種装置（多人数用）



KAWASAKI
ENGINEERING CO., LTD.

（図－9）第2種装置

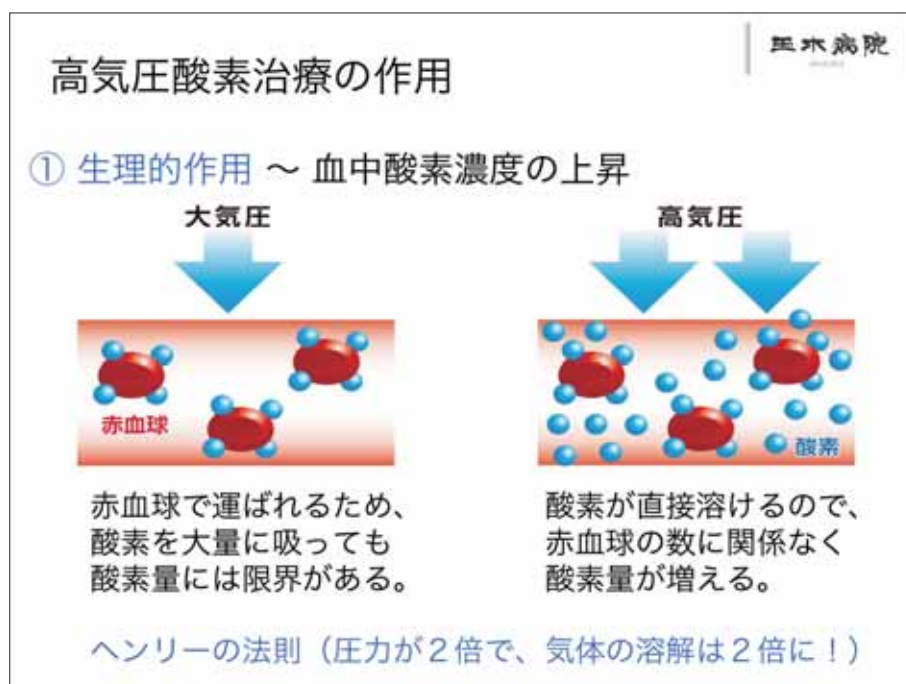
減圧障害の治療は初期の病状把握が重要であり、
その後に大量の酸素吸入を行いながら
静脈輸液を積極的に実施することが多い。

潜水の利尿効果によって
脱水あるいは血液濃縮が生じているからであり、
酸素吸入と補液で病状が改善することは病初期にみられやすい。

さらに高気圧酸素治療は緊急で行うことを避けて、
全身状態と症状の安定化ないし改善を待って実施している。

症状が改善した後に高気圧酸素治療を行なう意味は
減圧障害の再燃を防ぐことである。

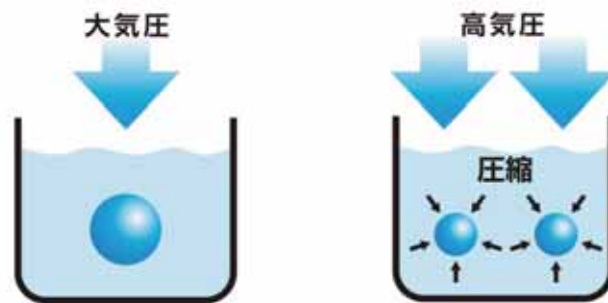
この高気圧酸素治療には
単なる酸素化の促進や気泡ないしガスを圧縮する物理的作用だけではなく、
減圧障害での血管あるいは血小板の異常を正常化する生化学的作用もある(図-10~12)。



(図-10) ① 生理的作用

高気圧酸素治療の作用

② 物理的作用 ～ 血中のガス消失



ボイルの法則（圧力が2倍で、気体の体積は1/2に！）

（図-11）② 物理的作用

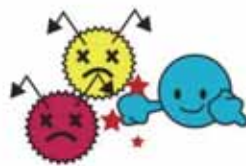
高気圧酸素治療の作用

③ 化学的作用 ～ 殺菌作用など

酸素の直接的な殺菌効果 ～ 活性酸素種による

好中球の貪食能の改善 ～ NADPH oxidaseの活性化

抗菌剤の作用の改善 ～ aminoglycoside系
sulfonamide系
fluoroquinolone系…

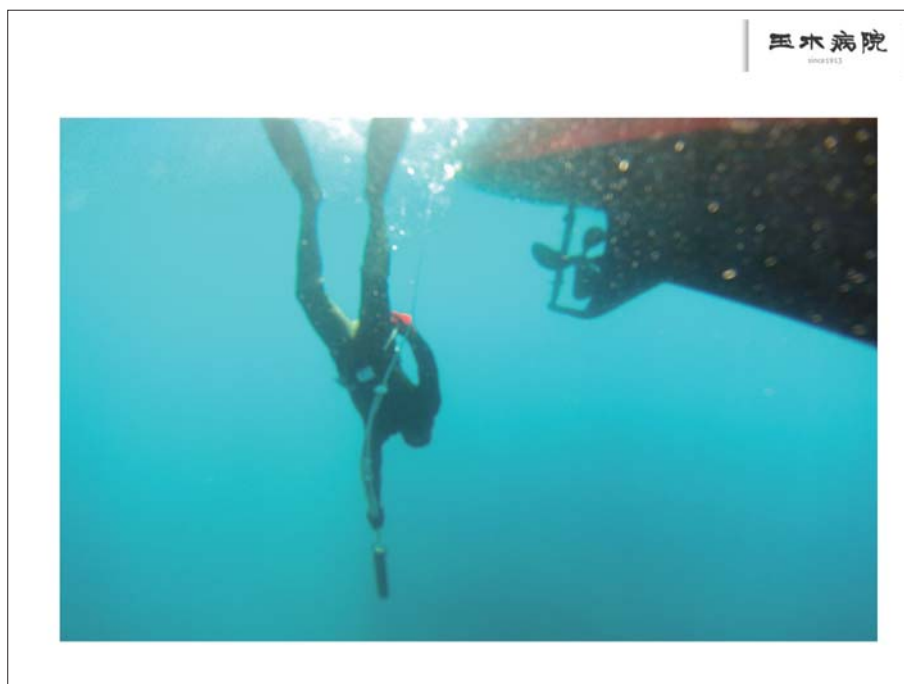


（図-12）③ 化学的作用

Ⅲ 潜水技術の進歩

潜水の原始的な方法は紀元前から行われている「素潜り」であり、南太平洋でスポンジや真珠の採取が行われていた。

わが国や朝鮮半島では「アマ」として国際的にも知られているが、さらに近年では山口県萩市を中心とした臨床研究、疫学調査と予防活動が国内外で注目を集めている(図-13)(7、8)。



(図-13) アマ(山口県 萩市)

また、素潜りはレジャーとしても行われており、フリーダイビング競技も開催されている。

2014年12月にバハマにてフリーダイビング国際大会Vertical Blueが開催された。フィンを付け自身の泳力で垂直潜降、浮上するコンスタントウェイトウィズフィンにおいて、水深91m(日本・アジア記録)の記録を出して、優勝した日本人選手も現れるようになっている。

レジャーや作業潜水では呼気ガスを吐き出すオープンサーキットがほとんどであり、そのなかでもスクーバ潜水やフーカー潜水が代表的なものである(図-14、15)。

オープンサーキット

スクーバ潜水（自給気式）



提供：（有）中国ダイビング



(図-14) スクーバ潜水

オープンサーキット

フーカー潜水（送気式）

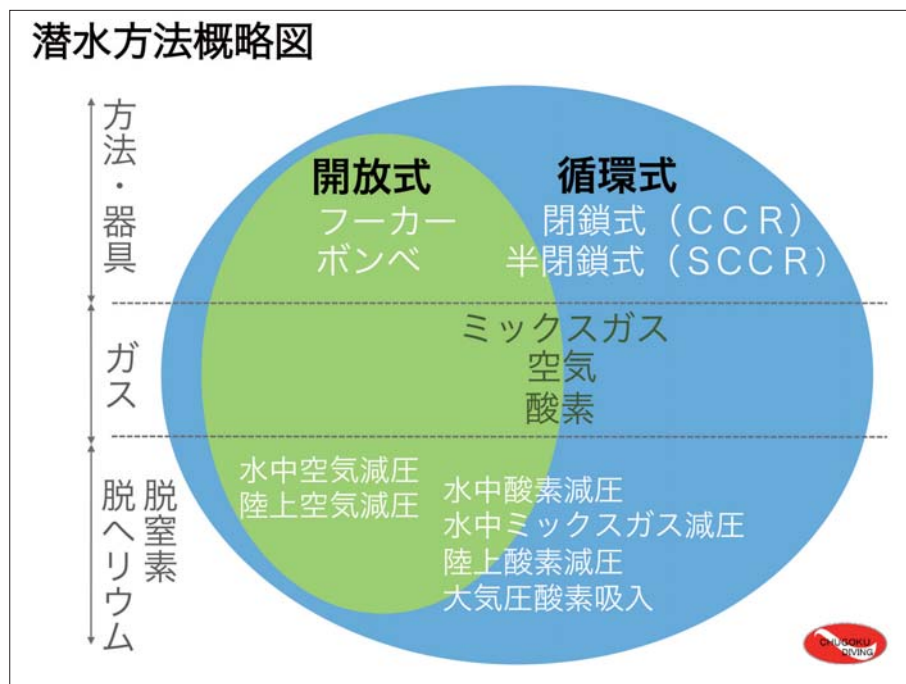


提供：（有）中国ダイビング



(図-15) フーカー潜水 ※写真は緊急ボンベ携行

わが国のスクーバ潜水では現在も圧縮空気が用いられることが多いが、近年では酸素と窒素ないしヘリウムなどを混ぜたミックスガス(混合ガス)による潜水がテクニカルダイビングを通して普及しつつある(図-16、17)。



(図-16) 潜水方法概略図

ミックスガス潜水の分類

器具・方法	供給方法	呼吸ガス
開放式 OS オープン サーキット	バックマウント	空気, NITROX (32,36)
	送気式	空気
	システム送気	NITOROX, HERIOX, TRIMIX, OXYGEN
	サイドマウント	空気, NITOROX, HERIOX, TRIMIX, OXYGEN
循環式 SCCR セミクロズド サーキット	オンボード	OXYGEN, NITOROX, TRIMIX
	オフボード	空気, NITOROX, HERIOX, TRIMIX, OXYGEN
	サイドマウント	OXYGEN, NITOROX
循環式 CCR クロズド サーキット	オンボード	OXYGEN + 空気
		OXYGEN + TRIMIX
		OXYGEN + HERIOX
	オフボード	空気, NITOROX, HERIOX, TRIMIX, OXYGEN
	サイドマウント	空気, NITOROX, HERIOX, TRIMIX, OXYGEN

SCUBA DIVING

(図-17) ミックスガス潜水の分類

特に酸素濃度を高めて窒素の蓄積を抑制して、その排出を加速させる
ミックスガス潜水(ナイトロックス/エンリッチド・エア・ナイトロックス)が
海外のリゾートを中心として徐々に標準化されてきている(図-18)。

ミックスガス潜水（自給気式）

ナイトロックス



提供：(有) 中国ダイビング

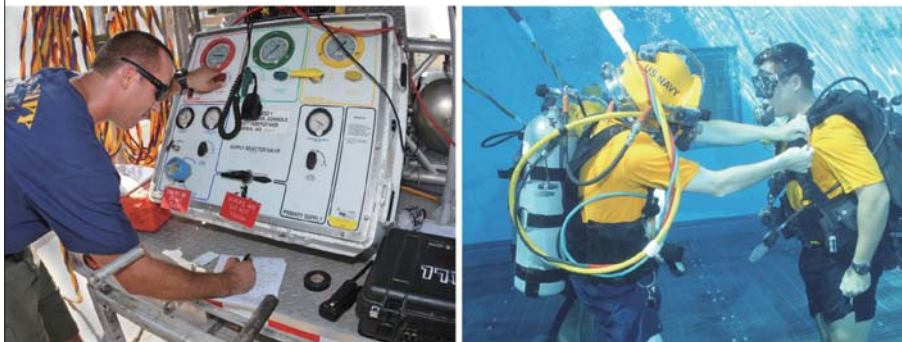


(図-18) ミックスガス潜水

また海外や、日本でも特別な場合はガスをコントロールし、
船上やプラットフォームから供給する送気式もあり、
軍事、インフラ整備、資源開発等も行われている(図-19)。

ミックスガス潜水（送気式）

浸水深度、時間により適したミックスガスをホースより供給
通信やバックアップシステムを装備



提供：U.S.Navy home page



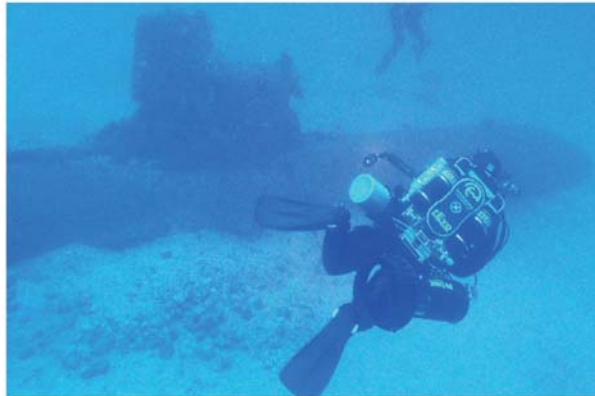
(図-19) ミックスガス潜水

ミックスガス潜水の中でも呼気ガスを排出する潜水法に対し、
呼気ガス中の炭酸ガスを吸着させて、
消費された酸素を補いながら循環させ再呼吸を行う
リブリーザーダイビングと呼ばれる潜水法がある(図-20、21)。

この潜水法は酸素分圧のコントロールにより
40mから100m程度までの深い潜水に適したものとされている。

ミックスガス潜水 (クローズドサーキット CCR)

電氣的に酸素分圧を一定にコントロール
酸素センサーと制御コンピュータによりミックスガス管理
浮上時はループ内の膨張ガスを水中に排出



提供：(有) 中国ダイビング



(図-20) ミックスガス潜水

ミックスガス潜水 (セミクローズドサーキット SCCR)

酸素や高濃度ナイトロックスを一定量供給
酸素分圧の関係により潜水深度は比較的浅くなる
定期的に一定量の余剰ガスを排出



提供：沖縄潜水科学技術研究所



(図-21) ミックスガス潜水

しかし、酸素濃度が高まることは酸素毒性を助長することにもなり、さらに長時間ないし複数回の潜水によって減圧障害のリスクも高まることにも注意が必要である。

このように潜水の方法の変化と技術が進歩しているなかで、1つの重要な課題が体内に蓄積される不活性ガス、なかでも窒素を除去する「脱窒素」の方法である。

欧米では脱窒素のために水中で酸素ポンペに切り替えることも行われているが、わが国での普及は下記の法律上からも一般化しておらず、この検討が必要な時期にきている。

一方で、脱窒素の目的で比較的に行うことが可能な方法は減圧後、すなわち潜水終了後に酸素吸入を行なうものである。

しかし、わが国では人に使用する酸素は医療用酸素として医薬品の1つとされており、その使用にあたっては薬機法(旧:薬事法)で規制を受けている(図-22)。



(図-22) 医療用酸素

IV 溺水の初期対応

溺水はスクーバダイビングに限らず
シュノーケリングあるいはプールなど水辺事故で生ずるが、
その初期対応は救命処置になる。

しかし、救助者自身の安全性が確保されたうえで救助を行うことが1つの要点である。

溺水の救命処置は、近年推奨されている心肺蘇生とは異なり、
気道確保から開始して人工呼吸、その後に胸骨圧迫の順で行う。

この際に口腔内に吐いた物があれば、指か布で除去する必要がある。

さらに状況によっては頸髄損傷を起こしている可能性があり、
その際には頭頸部と体幹とを固定する必要がある(9)。(巻末付録参照)

溺水の救命対処後で、咳き込んでいるだけの場合には酸素吸入は必要とされないが、
肺に何らかの異常が考えられると低酸素血症を起こしてくる。

したがって、呼吸状態や呼吸音に何らかの異常があれば酸素吸入が必要になる。

しかし、何れにしても溺水で救命処置がなされた後は、
早急な救急医療機関への搬送が必要である。



提供：萩市消防本部

V 減圧障害の初期対応

肺嚢胞性疾患や肺疾患の術後では、大量の肺内ガスが一気に肺静脈内に入ることがあり、意識障害やけいれん発作などを示す動脈ガス塞栓症を起こす(図-6)。

これはスクーバ潜水を行った後の素潜りで舟のアンカー引き上げ作業でも同様に危険があり、重症の減圧障害の発生は以前から知られている(図-23、24)(10)。

その病態として肺に溜まった気泡が素潜りによって肺を通過して動脈化することで生じると考えられている(7)。



アンカー作業（素潜り）



提供: マリンパレット

(図-23) 素潜りでのアンカー作業



アンカー作業（スクーバ潜水）



提供: マリンパレット

(図-24) スクーバ潜水でのアンカー作業

動脈ガス塞栓症では、
水中ないし浮上直後に症状がみられ心肺停止を起こすことがあり、
水中での対処を要することもある(図-25)。



(図-25) 水中での救命救急

しかし、それ以外の減圧障害では
初期対処で要点があり、これは早期の酸素吸入と水分補給になる。

減圧症の病初期の症状は、浮上から
1時間以内で42%に、
3時間以内が60%に、
8時間以内が83%にみられたとする報告は参考になる(1)。

さらに重症化が予測される事例では、
比較的短時間のうちに新たな症状がみられると同時に症状が進行する。

減圧障害の症状が見られると早急に専門施設への搬送が推奨されているが、
搬送時の高所移動あるいは航空機の使用では症状が悪化して重症化する可能性がある。
わずかな気圧低下でも気泡の増大に加えて産生を助長するからである。

さらに、推奨されるドクターヘリでの300m以下での低空飛行は、
波立つほどの風では運行自体が難しいことが指摘されている。

したがって、浮上後に減圧障害の何らかの症状があれば、その進行防止もかねて酸素吸入を積極的に行い、病状の安定化を図った方がよい(図-26)。

米国DANからの報告では、1,045例の減圧障害の患者に浮上から平均4時間で酸素吸入を行った結果、症状の完全回復は14%であり、不完全回復が51%にみられており、両方で65%に症状が改善している(11)。



積極的な酸素吸入



提供: 国際潜水教育科学研究所

(図-26) 酸素吸入

VI 潜水での酸素の重要性

潜水ないし潜函(ケーソン)作業などの高気圧環境に曝露することは、生体で代謝されない不活性ガス(窒素ないしヘリウムなど)が蓄積することになる。

この蓄積は高気圧環境への曝露の程度、すなわち気圧と時間に影響され、減圧後には血管内ないし組織内で不活性ガスの気泡が生ずる。

例えば、スクーバ潜水後には血管内に大量の気泡が確認されるが、全てに減圧症の症状を示すものではなく、多くの場合が無症状(サイレント)である。

末梢静脈で形成された気泡は大静脈から右房へ集まり、右室から肺動脈へ運ばれ、肺の最小動脈に留まることになり、その気泡としての不活性ガスは圧格差により肺胞内に移行し呼気から排出される。

吸気中の酸素分圧が高いと、肺胞と肺毛細血管の間での不活性ガスと酸素とのガス交換が高まり、不活性ガスの排出が促進されるが、これが圧縮空気の際の「脱窒素」にあたる。

さらに、動脈血の酸素分圧の高まりは、組織の酸素化を促すだけでなく、不活性ガスの気泡の縮小と静脈還流障害の改善から、組織浮腫が改善されることになる(図-27)。

DAN JAPANの酸素供給方

- ・ダイビング事故には直ちに高濃度酸素を！

不活性ガスの排出促進

虚血部位への酸素供給

気泡の縮小

浮腫の縮小

呼吸を楽に

再圧治療の結果改善

- ・ダイビングボートにも酸素を！



(図-27) 酸素供給法

必要とされる吸入酸素の流量は、
成人の1分間の換気量は約6リットルであることから、それ以上の酸素吸入が望まれる。
例えば、潜水後では毎分10リットル以上の酸素吸入が推奨されている(図-28、29)。

しかし、少ない量の酸素吸入でも吸気中の酸素分圧は2～3倍に高まることから、
潜水後には酸素吸入が極めて重要であることが理解される。

DAN JAPANの酸素供給量

- 人間の換気量が **6ℓ /分**であることを考えると、
最低 **6ℓ /分**の酸素流量が必要！
- しかし、流した酸素をすべて吸えないので、
最低 **10ℓ /分**の酸素流量が必要！
- DANの酸素供給法では、最低 **15ℓ /分**の流量とし、
25ℓ /分まで流せる酸素レギュレータが必須！



(図-28) 酸素供給量

DAN JAPANの酸素器材

- **デマンドバルブ**
レギュレーターと類似（ほぼ100%の酸素）
- **ノンリブリーザーマスク**
フリーフローで供給（ほぼ70~80%の酸素）
- **ポケットマスクで補助酸**
人工呼吸の補助（ほぼ50%の酸素）



(図-29) 酸素機材

VII 酸素の利用法

潜水や潜函作業などの高気圧環境に曝露した後では酸素吸入が極めて重要であるが、人に吸入させる酸素は薬機法(旧:薬事法)により医療用酸素として医薬品の1つとしての扱いを受けている。

さらに、酸素使用においての指針が厚生労働省から示されており、人命救護の際に限定されている(12)。

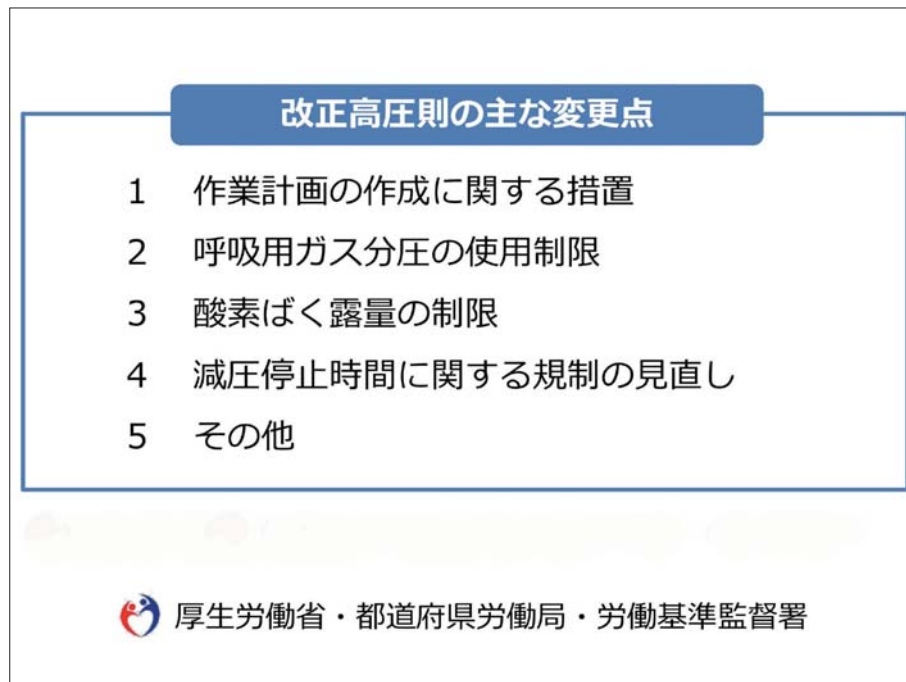
しかし、その使用にあたっては酸素の支燃性から取り扱いに習熟しておくことが必要であり、さらに酸素の有効性だけではなく生体への副作用を理解しておく必要がある。

酸素の使用における現実的で具体的な指針の作成が急がれているなかで、潜水や潜函作業などの高気圧環境下の業務を規定している「高気圧作業安全衛生規則」(高圧則)に問題が多いことが指摘されていたが(13)、40数年ぶりに改正され同規則の改正施行令が2015年4月1日に出された(図-30)(14)。

高気圧作業安全衛生規則の対象者 				
高圧に暴露される方	労働の有無	対象の別	詳細	作業環境
潜函作業員	労働者	○	高圧下において作業を行い労働としての報酬が発生する方	高圧室内作業
潜水漁業者	労働者	○		水中作業
港湾土木潜水土	労働者	○		
海上保安庁潜水土	労働者	○		
消防隊潜水土	労働者	○		
インストラクター	労働者	○		
ダイビングガイド	労働者	○		
自衛隊潜水員	労働者	×	別法、自衛隊法により規定	
レジャーダイバー	対象外	×	報酬が発生しない	作業しない

(図-30) 高気圧作業安全衛生規則の対象者

改正された高圧則の1つの特徴は、
規定されていた減圧表の廃止と酸素減圧の容認である(図-31)。



(図-31) 改正高圧則の主な変更点

しかし、使用される酸素も医療用酸素であり
薬機法での使用規制を受けることに変わりはなく、
高圧則で酸素減圧を推奨しながらも酸素の使用に障壁があることが
新たな問題となっている。

そのような状況のなかで、高気圧作業での酸素使用を、
より現実合うような検討も関係者間で進められている。

その検討内容で重要なものは、
いかにして酸素の取り扱いと人体への作用を現場で理解してもらうかであろう。

VIII 安全な潜水と潜函作業

潜水や潜函作業といった高気圧環境への曝露に使用される機材の利便性や進歩だけではなく、その危険性ないし問題点を十分理解することが安全性を高める第一歩である。

さらに、減圧障害を経験からだけではなく、その医学的な知識も理解したうえで、発症に際しては最良の対処法を現場で選択し、冷静に実施することが重要であろう。

近年では、レジャーダイバーの高齢化が目立ち、潜水事故のリスクを持った中高年のダイバーが多くなっており、これから潜水ガイドがダイビング前の健康状態のチェックを行うことが迫られてきている。

また一方で、従来は減圧障害の何らかの症状がみられれば専門施設への緊急搬送が優先されたが、浮上ないし減圧から早期の酸素吸入による病状改善率が高いことが明らかに示されていることから(11)、初期の酸素吸入による病状を安定化させることが重要である。

潜水事故の現場で酸素吸入が重要であるにもかかわらず、酸素使用では法的な制約があることも事実であり、その問題を明らかにすることで現実的に実施可能なものにする必要がある。

IX おわりに

素潜りに代表される潜水の歴史は紀元前に遡るが、
今日まで潜水法の改良が続けられ深く長時間の潜水が可能となっている。

混合ガス潜水、リブリーザーや酸素減圧などの潜水技術、
さらに酸素減圧が標準化された圧気土木作業においても、
技術の進歩は今後ますます進められると思われる。

しかし一方で、潜水ないし圧気土木作業などの高気圧環境へヒトが曝露することから、
気圧変化による人体への影響は避けることはできない。

減圧障害の予防活動は山口県北部地域の素潜り漁業者で実践されてきたが(8)、
この予防医学の重要性は一般の潜水あるいは他の高気圧作業でも同様である。

潜水で議論されることの多い減圧障害が広く認識されるようになった契機は、
米国セントルイスのミシシッピー川で1868年に開始された圧気土木作業になるが、
今回の日本高気圧環境・潜水医学会 中国四国地方会と同時に開催される公開講座が、
潜水事故防止の一助となることが望まれる。

ゲートウェイアーチ(米国セントルイス)



2014 Undersea and Hyperbaric Medical Society
(UHMS)にて

文 献

1. Vann RD,Butler FK,Mitchell SJ,Moon RE:Decompression illness.Lancet 2011;377:153-164.
2. Arness MK:Scuba decompression illness and diving fatalities in an overseas military community.Aviat Space Environ Med 1997;68:325-333.
3. Blatteau JE,Gempp E,Constantin P,Louge P:Risk factors and clinical outcome in military divers with neurological decompression sickness:influence of time to recompression. Diving Hyperb Med 2011;41:129-134.
4. Blatteau JE,Gempp E,Simon O,et al:Prognostic factors of spinal cord decompression sickness in recreational diving:retrospective and multicentric analysis of 279 cases.Neurocrit Care 2011;15:120-127.
5. 鈴木一雄:私信、2014
6. 合志清隆、玉木英樹:その他の神経疾患 減圧障害. 日本臨床 別冊神経症候群V,2014,pp829-832.
7. Tamaki H,Kohshi K,Ishitake T,Wong RM:A survey of neurological decompression illness in commercial breath-hold divers(Ama)of Japan. Undersea Hyperb Med 2010;37:209-217.
8. 玉木英樹、原田昌範、合志清隆:息こらえ漁業ダイバーにおける減圧障害の予防活動. 日本高気圧環境・潜水医学会雑誌 2008;43:207-210.
9. 中川儀英:海での溺水事故. 救急医学 2013;37:792-795.
10. Paulev P:Decompression sickness following repeated breath-hold dives.J Appl Physiol 1965;20:1028-1031.
11. Longphre JM,Denoble PJ,Moon RE,Vann RD,Freiberger JJ:First aid normobaric oxygen for the treatment of recreational diving injuries. Undersea Hyperb Med 2007;34:43-49.
12. <http://www.mhlw.go.jp/bunya/iyakuhin/ippanyou/pdf/jimurenraku110331.pdf>
13. 合志清隆、玉木英樹、石竹達也、山見信夫、眞野喜洋:高気圧作業安全衛生規則と労働災害. 産衛誌 2008;50:A31-A33.
14. <http://www.mhlw.go.jp/stf/seisakunitsuite/bunya/0000071152.html>

付 録

潜水ガイドのための溺水への対応

(ヨーロッパ蘇生協議会ガイドライン 2015 の概略)



I はじめに

溺水による死亡は偶発的な水難事故で頻繁に経験され、その死亡者をWHO(世界保健機構)は年間37万人以上と推計しているが、途上国での実数は明らかではない。

溺死者は子供に多いことが特徴であり、さらに高齢者や飲酒者にも多い。

溺水は海難事故でよく知られているが、それ以外も湖畔や河川でもみられ夏場に多くなる。

潜水ガイドは海難事故、なかでも溺水には日常的に遭遇する可能性があり、その際に「最初の救助者」にならざるをえない。

溺水の生命予後は「最初の救助者」に最も影響されるが、このことから潜水ガイドは適正な知識と日頃の訓練が重要である。

溺水の救急対応のガイドラインは国内外で示されているが、ヨーロッパ蘇生協議会(ERC)から2015年に詳細な最新版が出されており、その概要について主に潜水ガイドを対象に紹介する。



提供：国際潜水教育科学研究所

II 溺水の病態

溺水は身体が水に溺れて救出中に生命の徴候がみられるもので、それがなければ溺死とされる。

従来、淡水と海水での溺水の病態は異なるとされていたが、この差は近年さほど問題にされず、低酸素状態の程度と持続時間が生命の予後を大きく左右する。

水に溺れると口腔内の水を吐き出したり飲み込んだりする。これで呼吸ができない状態になると、水を吸い込んで誤嚥して、咳とともに大量の水が気道内へ流入する。

これによって呼吸困難が続くと、低酸素血症と高炭酸ガス血症になり、咽頭の反射も消失して呼吸の停止、さらに脳の低酸素状態から死亡する。

溺れている時間は救助率に大きく影響し、10分以内であれば良好な結果が得られやすいが、それが25分になれば極端に低くなる。

この救助率は個体側や周囲環境にあまり影響されない。しかし、低体温になる環境では、溺れている時間が長くても救助率は高くなる。



提供：国際潜水教育科学研究所

Ⅲ 溺水者の救助と救命

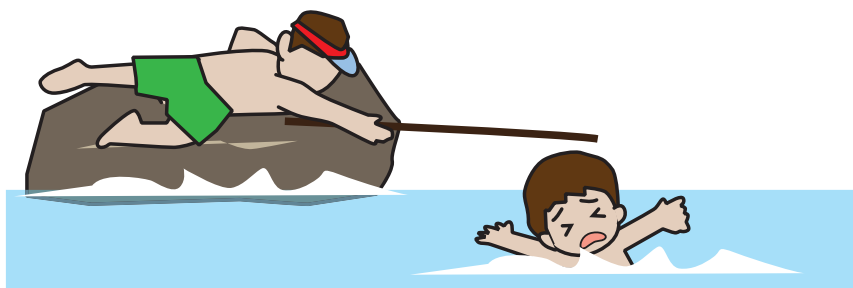
1. 救助者の安全性の確保

溺水者の救助さらに蘇生では、最初に対応する救助者が最も重要である。
緊急ではパニックに陥るので、何らかの事故を常に想定しておく、
このような救助方法を理解、把握しておくことが重要である。

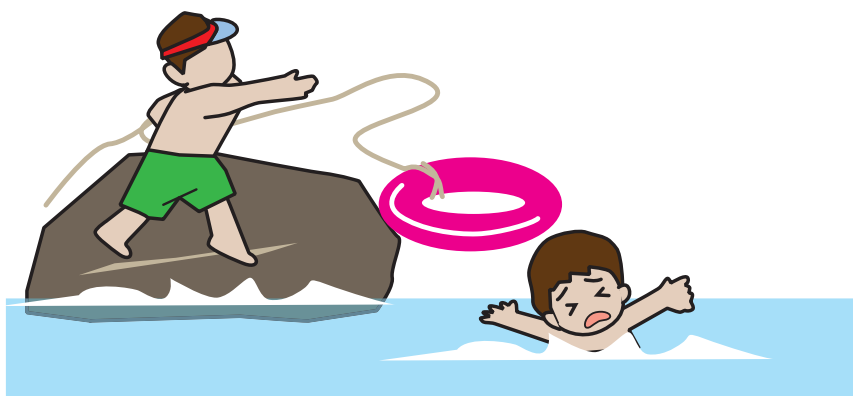
その際に救助者が溺れないように、可能ならば水に入らないようにする。



救助用の補助具(棒や衣服など)を伸ばす。



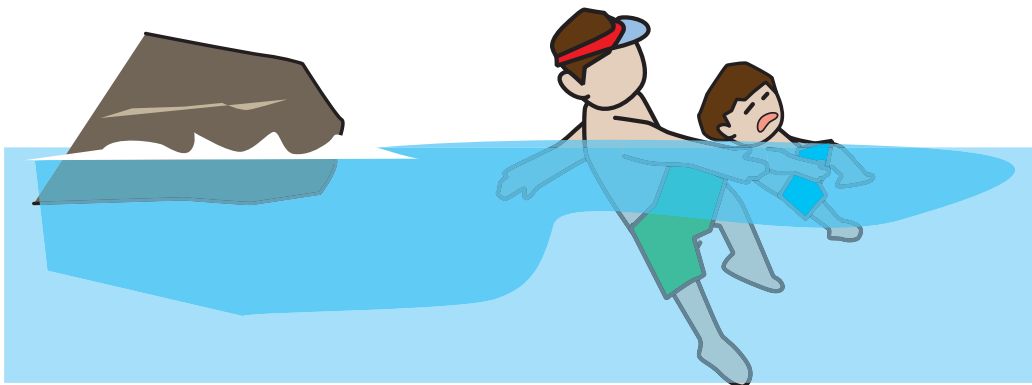
あるいはロープや浮力のある救助用品を投げるなどで、対処できることがある。



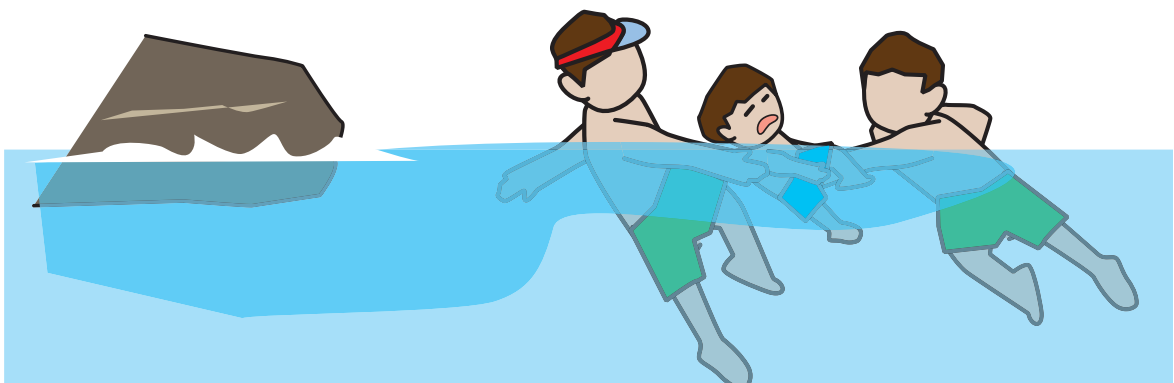
救助者が水に入らなければ救助ができない場合には、
浮力のある救助用品、何らかの浮く物、ボートなどを使った方がよい。



救助者が頭から飛び込むと危険なことがあり、
必ず溺水者を目で確認しながら対処する必要がある。



さらに、救助者は1人より2人の方がより安全である。



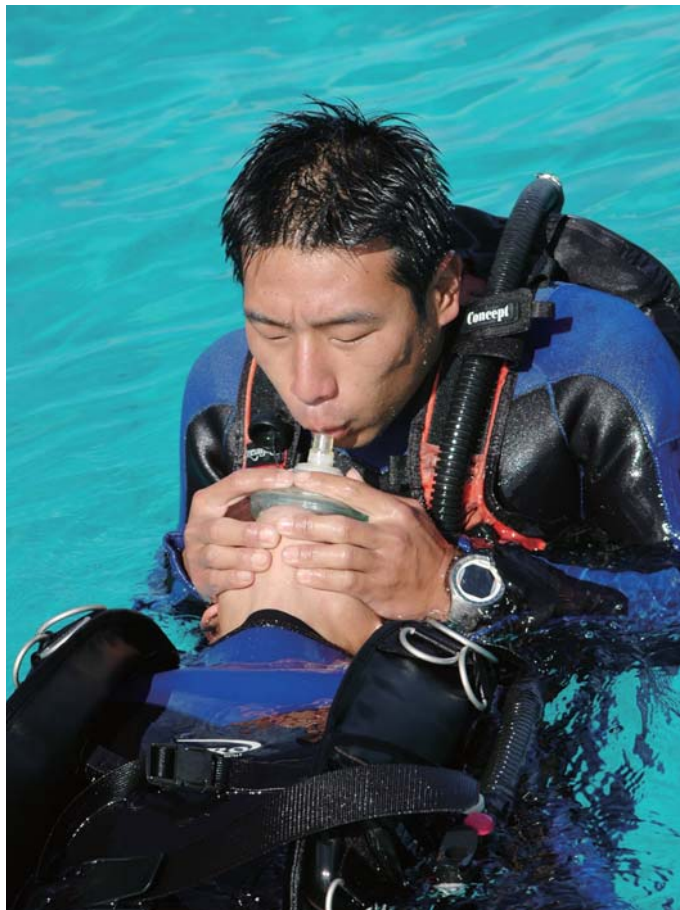
2. 救助者の感染対策

全ての救助と救命で基本となることは、
救助者の安全性の確保が最優先される必要があることであるが、
さらに救命処置での救助者の感染予防が重要である。

この対処には手袋と
一方弁付きポケットマスク、または一方弁付きビニールシールドシート、
さらにゴーグルの着用を行った方がよい。

特に潜水ガイドは溺水者に「最初の救助者」として対処する必要があり、
以上の感染防護用具を事前に備えておくことが重要である。

この感染対策は突発的な海難事故で忘れがちになるが、
潜水ガイドは常に意識しておく必要がある。



提供：国際潜水教育科学研究所

3. 一次救命処置

溺水者が水中で心肺停止状態にあり、
熟練した救助者であれば
水面上での人工呼吸を開始することがある。

しかし、多くの場合に
溺水者を素早く水から陸上ないし船上に上げ、
救助者が安全で安定した体勢で一次救命処置(BLS)を行う。

溺水のBLSでは
気道確保にて、
低酸素症を素早く改善することが最も重要である。



提供：国際潜水教育科学研究所

すなわち、人工呼吸は、気道確保後に換気を行うことであるが、息の吹き込みは約1秒かけて胸が膨らむ程度に行う。

しかし、溺水では通常とは異なり吹き込みに抵抗があり、これは肺のコンプライアンスの低下から気道抵抗が高まっているからである。

最初の人工呼吸で溺水者に反応がなければ、表面が硬い場所に移して胸骨圧迫を開始する。

胸骨圧迫と人工呼吸を
30:2の割合で心肺蘇生(CPR)を行う。

あるいは、近くに自動体外式除細動器(AED)があれば、2回の人工呼吸を行って無反応の場合にはAEDを取り付ける。



提供：国際潜水教育科学研究所

4. 溺水者の嘔吐

溺水者の蘇生中に嘔吐がみられ、
さらに空気が混ざってできる泡が口から出てくることがある。
この泡は大量に出てくるので、取り除くことに注意を払う必要はない。

さらに、飲み込んだ水と胃の食物が吐き出されることが多く、
この時には溺水者の口を横に向け吐物を取り除く必要があり、
体全体を横に向けることもある。



提供：国際潜水教育科学研究所

5. 蘇生の中止

溺水者に蘇生を継続するか中止をする判断は困難であるが、明らかに蘇生に意味がないと判断されない限り、あるいは医療施設にうまく搬送できない場合でも同様に蘇生を続ける。

特に低体温の場合は

溺水から25分の経過でも回復することがある。

しかし、この場合も30分以上が経過していれば結果は非常に悪いとされている。

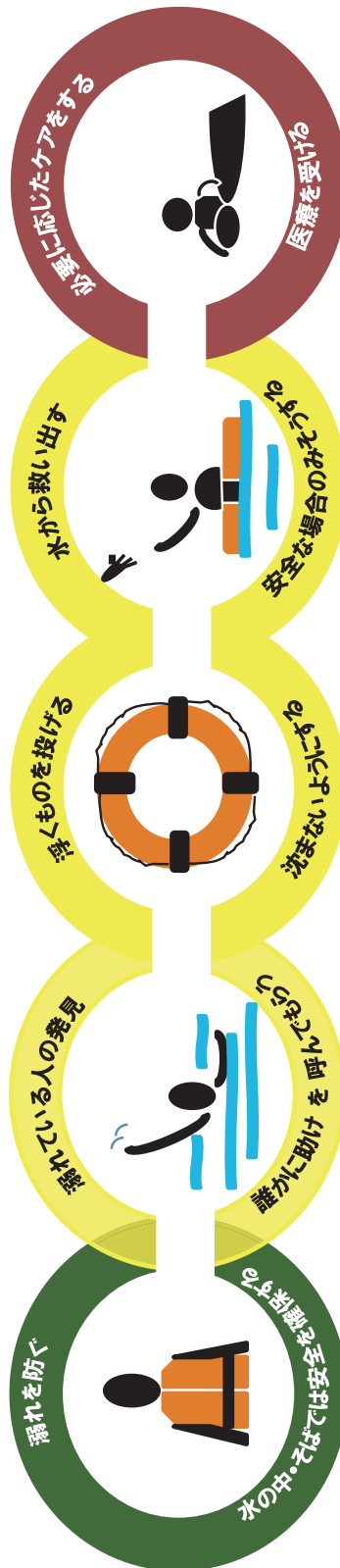


提供：国際潜水教育科学研究所

参考資料

1. ヨーロッパ蘇生協議会
<https://www.erc.edu/index.php/events/en/10/2015/3/eid=111/>
2. 日本蘇生協議会
<http://jrc.umin.ac.jp/>
3. 佐多竹良：溺水の治療指針. 岡元和文（編）救急・集中治療ガイドライン
最新ガイドライン2016-17. 総合医学社 東京 2016,pp203-204.

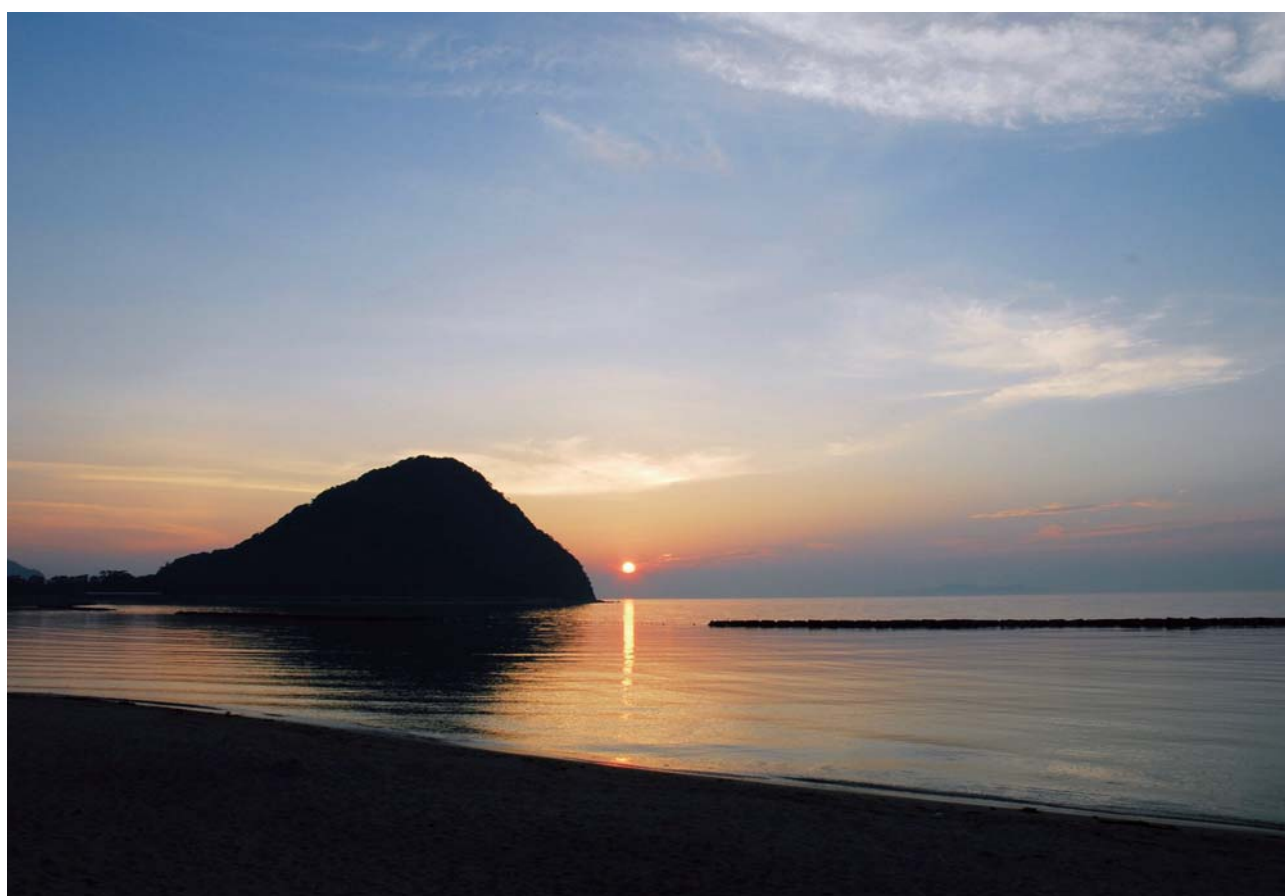
溺水の救命の連鎖



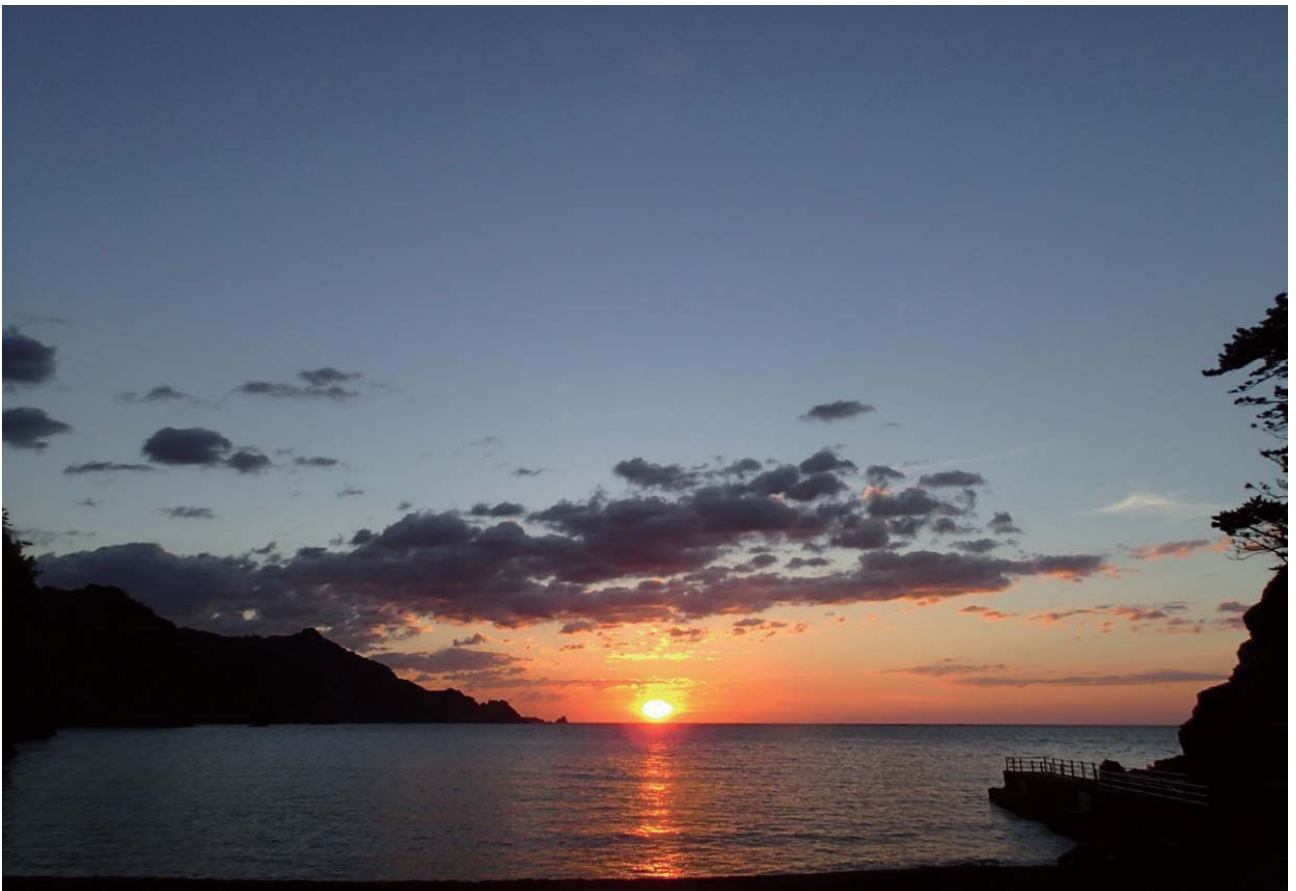
ヨーロッパ蘇生協議会の「ガイドライン2015」から邦文化して転載
Copyright© 2015 European Resuscitation Council;All rights reserved.

溺水のアルゴリズム

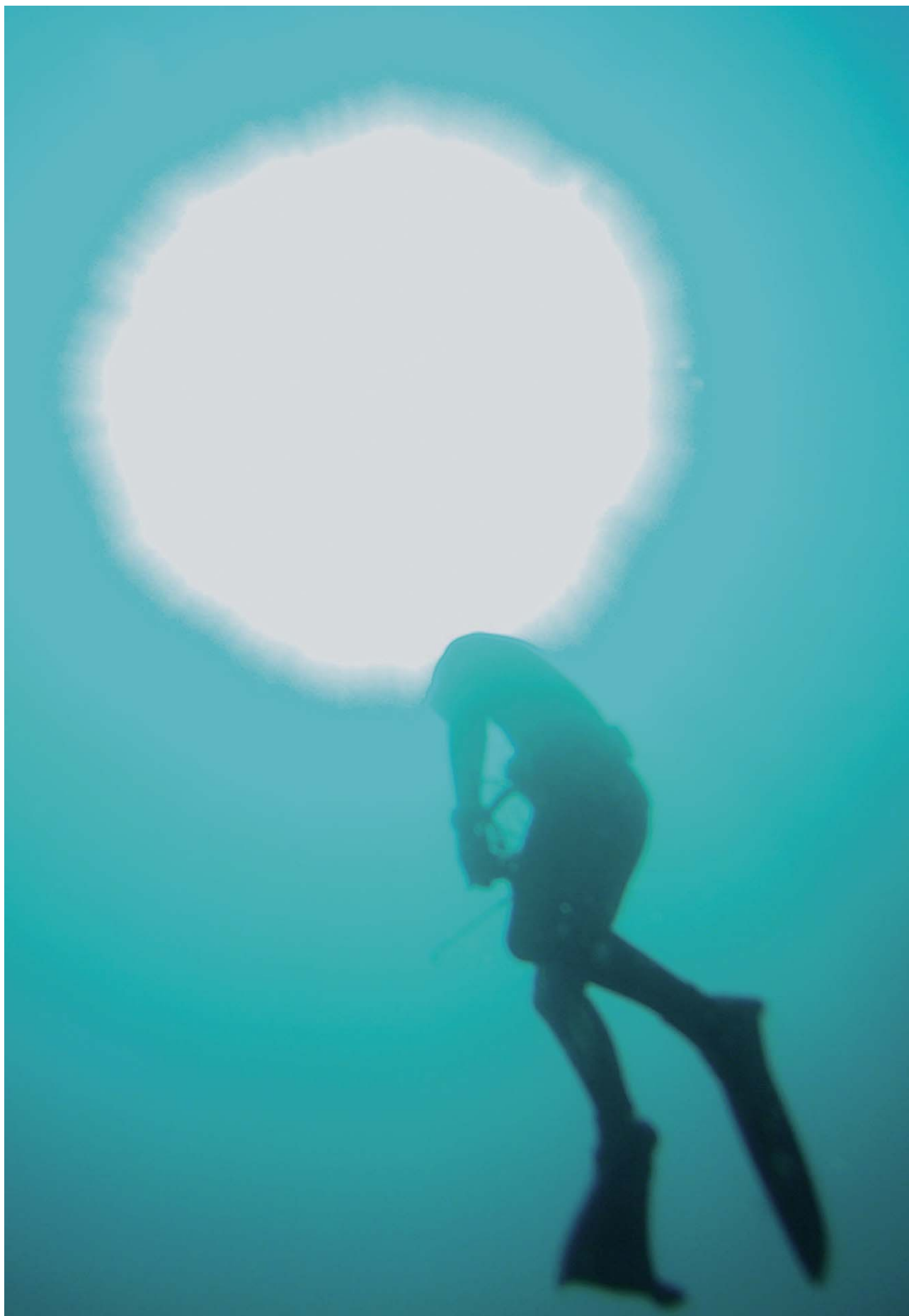




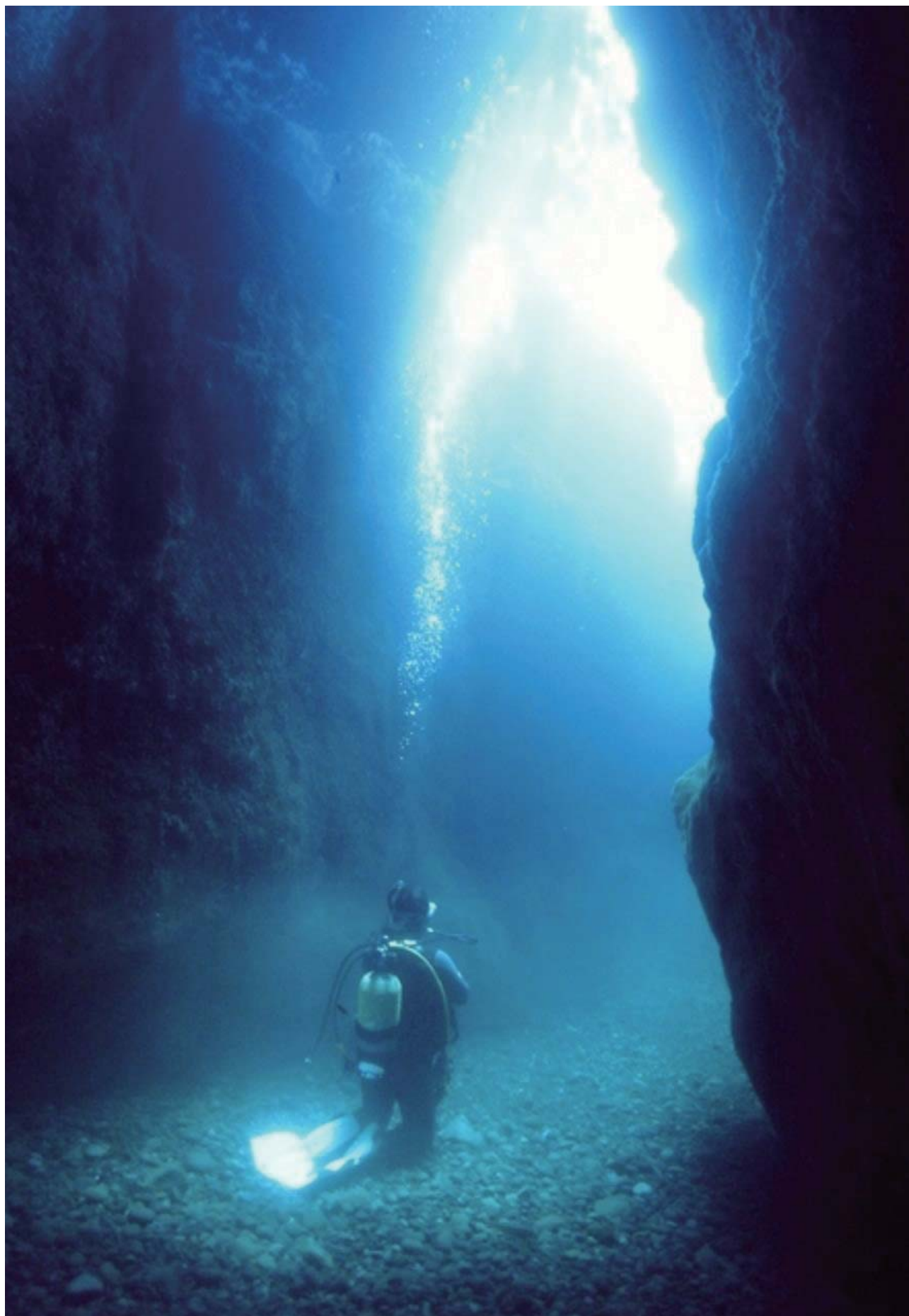
提供：萩市観光課(萩市 菊ヶ浜)



提供：青海島スキューバダイビング安全対策協議会(長門市 青海島)



提供：玉木病院(萩市 大島)



提供：青海島スキューバダイビング安全対策協議会(長門市 青海島)



玉木病院 高気圧酸素治療部