

水中生理学 そのIII

他谷 康

Underwater Physiology (Part—III)

Yasushi TAYA

*Undersea Science and Technology Department, Japan Marine Science and Technology Center,
Natsushima-cho, Yokosuka-shi, 237 Japan*

3.6 圧力に関連する障害 —潜降—

身体組織は非常に大きな圧力に耐える事ができる。事実、ヒトは実海域で水深1,000 f.s.w (350 m) の水中作業を実施しており、1981年のデューク大学における模擬実験で、2,250 f.s.w (686 m) 相当深度での圧力環境で作業できる事が証明された。また、マウス、ヤギ、サル等の小動物では5,577 f.s.w (1,700 m) 相当深度までの曝露実験が行なわれている。

身体の大部分は実際、非圧縮性の液体で構成されており、外圧はすべての組織に均等にかかることになる。また、身体の中の気腔（空気の入った空間）部、つまり肺、中耳、副鼻腔なども、身体組織とともに周囲の環境圧と均圧できるようになっている。

ダイバーが水中下へ潜降する時に、圧力によって引き起こされる障害は、この均圧が上手になされるかどうかということによって決まる。この圧力に関連する問題は、単に身体の気腔部だけでなく、ダイバーが使用する潜水機器と身体が接する空間にも生じる。例えば、マスクと顔面にできた空間や、潜水服と皮膚の間の空間なども潜降する過程で障害を生じる。しかし、私達の身体にある気腔部は生体内外の圧力差をなくす為の空気口をもっている。例えば、肺は呼吸によって肺内のガス交換がおこなわれ、中耳や副鼻腔においても喉や鼻の気道とつながり外界と交流している。したがって、潜降時に生じる障害は、これらの気道がふさがれる状態で（風邪をひいた場合など）、気腔が均圧されない時に生じる。この様な状態では痛みを感じ、圧力の不均衡がさらに大きくなると出血したり、他の組織に損傷

を与えることになる。一般にこの種の障害を“スキイズ (squeeze)”と呼んでいる。

スキイズは硬い壁でおおわれた空間でのみ生じる。従って、腸管や消化管のような中腔をもった柔軟性のある組織ではそこに作られたガスポケットも容易に圧縮されることから、潜降中もさほど問題にならない。

3.6.1 耳と副鼻腔のスキイズ

中耳は、外耳道と鼓膜を境にして別けられており、通常空気で満された腔所を持ち、耳管 (eustachian tube) によって咽頭に通じている。しかし、外圧の圧力変化が急に生じると、中耳内の圧力均衡はその変化に即座に対応できず、少し遅れて対応する。例えば、エレベーターの速度が速い場合、ヒトによっては中耳内を均圧するために、耳の中で“ボン”といった軽い音を感じることもある。この時、耳管がふさがれていれば、エレベーターの様な比較的小さな圧力変化においても不快感を覚えることになる。潜水の場合には、圧力変化が非常に大きいため、耳管の閉塞は激しい痛みや重い耳の障害を招くことになる。

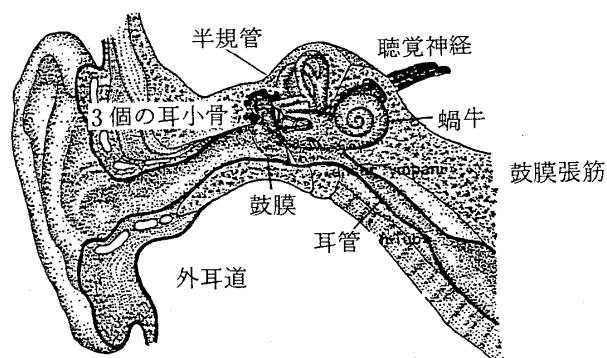


図3-16 内耳の断面図

中耳において圧力不均衡が生じると、次の2つの方法で感じることになる。

1. 外耳からの圧力は、鼓膜を内側に押しつけ、非常に激しい痛みとなる。この時、この外部からの圧力増加に対して内耳を均圧にしなければ（潜降を中止する）、鼓膜が破れる結果となる。
2. 中耳の内側の粘膜組織が中耳腔内に膨らんでくる。この状態においても均圧できない場合には、血液又は組織液がこの中耳腔内に浸出し満たされる。この状態は、特に差圧が鼓膜を破る程大きくない場合に生じる。

破れた鼓膜や中耳の組織が損傷しているダイバーは、中耳炎や内耳炎などにかかりやすくなり、これらの障害が治るまで潜水はさけるべきである。また中耳に冷たい水が急に入った場合には、短時間ではあるが激しい目まいが起こることがある。時には完全に平衡感覚が損なわれ、吐き気や嘔吐することもある。しかしこれらの症状は、中耳に入った水が体温で温められることにより速やかに回復する。副鼻腔は、前頭洞 (sinus frontalis)、上顎洞 (sinus maxillaris)、蝶形骨洞 (sinus sphenoidalis) 及び篩骨洞 (sinus ethmoidales) に区別され、内面は粘膜で被われている。副鼻腔のスクイズは、これらの腔所が潜降に伴って均圧されない場合に生じ強い痛みや出血が起こる。

耳や副鼻腔におけるスキズの影響は、潜降を一時

停止し、海面へ数フィート戻れば抑えることができる。これは圧力差を少なくすることによって均圧がし易くなるからである。しかし、つばを飲んだり、鼻をつまみ息を吸き込むことによっても耳管を開く(均圧する)ことができれば潜水を中止すべきである。

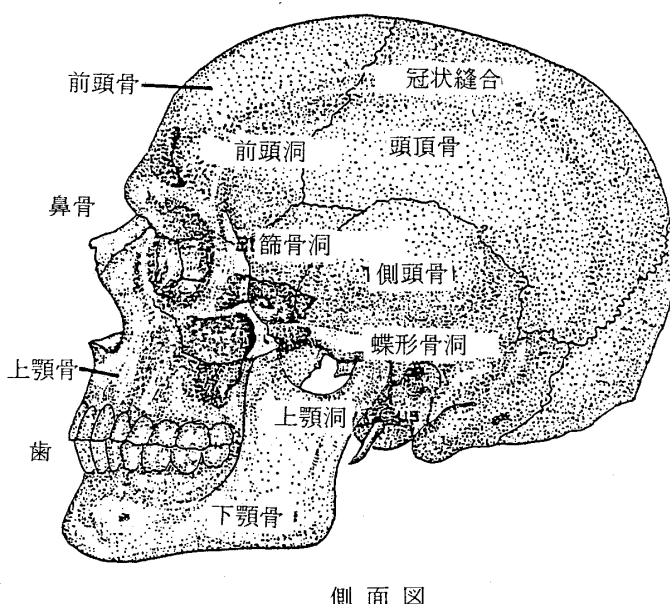
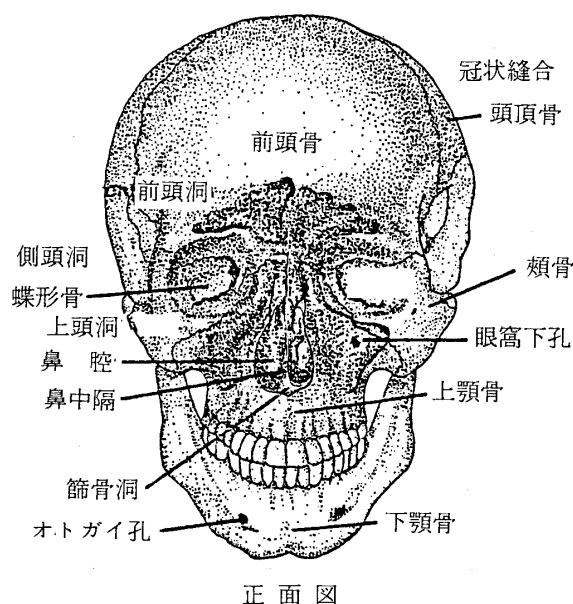
3.6.2 歯のスクィズ

これは歯と歯ぐきの間に小さなガスポケットが食物の腐敗によって生じた場合や、歯の詰め方が不十分であったり、割れ目にガスが溜って生じるものである。もしこのガスポケットが完全に独立していれば、歯髄あるいは歯ぐきの組織がこのガスポケットに押し込められスキズとなる。

3.6.3 胸郭（肺）のスクィズ

息こらえ潜水では、肺内の空気が、通常の肺の残気量より少ない容積に圧縮されるまで潜降は可態である。しかし、さらに深く潜降した場合は、血液や組織液が空所に押し込められ、結果的に胸郭スキズを起こす。この胸郭スキズが生じるときの肺の容積が残気量よりも少ない理由としては、腹腔内と胸郭内との差圧により血液が肺の血管系に移行し、圧力の不均衡を緩和するものと考えられている。

理論的には、肺の全容積が6ℓの平均的なヒトでは、30 m (4 ata)までしか息こらえ潜水はできない。その理由は、この深度で残気量(1.5ℓ、平均値)まで圧縮さ



図一17 ヒトの頭蓋骨と副鼻腔

れることになるからである。しかし次の様な例外もある。海軍下士官のロバート・クロフトは、9ℓ以上の肺容積を持ち、1968年に240 f.s.w (73 m) まで息こらえ潜水によって潜水した。これは、彼の残気量から計算された潜水深度の限界値より約39 f.s.w (12 m) も深い深度であるが、胸郭スキズの症状は何もなかったと報告されている。また今日の息こらえ潜水の世界記録保持者であるフランス人のジャック・マイヨールは、1981年に潜水深度101mを記録している。しかし彼の肺活量は、1982年の計測において3.92ℓと通常人とほぼ同じであった事は驚きであり、筆者の脳裏に焼きついている。

3.6.4 顔面または身体スキズ

海面からの圧縮空気による他給気潜水において、面マスクまたはヘルメット内の空気圧力が海水中の圧力より急に低くなった場合（潜降速度が速すぎる時、あるいは空気供給系の故障時）、顔または身体組織にスキズが生じる。これは特に、硬いヘルメットや胸当て板で保護された深海用の潜水服で潜水しているときに危険である。通常、ヘルメット潜水では送気ガスをヘルメット及び潜水服に入れ、環境圧と均圧にして使用する。しかし、送気ガスの圧力が低下すると、潜水服やヘルメット内のガスは送気ホース内に押し戻されることになり、その差圧が大きければ致命傷となる。この様な状態を防ぐ為には、全ての他給気式潜水器具に安全な逆止弁を取り付けることが必要である。この逆止弁は、送気に支障があっても、潜水服やヘルメットに圧力を維持できるからである。またダイバーが急に深海に落下した場合や、供給される圧縮空気の圧力と環境圧がうまく遂行しない場合にも同様なスキズが生じる。

スクーバ（自給気潜水器）潜水で用いる面マスクやゴーグル、またある種の潜水服においてもスキズを生ずることがある。面マスクの内圧は、通常は鼻からの排気によって均圧される。しかし、均圧することのできないゴーグルの場合には、海面を泳ぐ時以外に使用してはならない。面マスクやゴーグルのスキズにおいて最も激しい影響を受ける組織は目と眼窩である。潜水服を使用する場合には、空気が潜水服の折り重なった部分に溜り、皮膚がこの空気層の部分に吸い込まれた状態になることがある。また皮下出血を起こ

すこともあるので、潜水服を着る時にはシワを十分に伸ばして着ることが必要である。

3.6.5 窒素麻酔

圧縮空気を使用して潜水を行なうと、ほとんどのダイバーはある深度に達すると窒素麻酔（nitrogen narcosis）を経験する。一般的には水深約99 f.s.w (30 m)で起こり、この深度を越すと急激に症状が激しくなる。しかし、この感受性には個人差が大きく、圧縮空気を使用して水深198 f.s.w (60 m) まで潜水し、作業するダイバーもいる。

この窒素麻酔は全く特異的なものであり、全てのヒトが罹るとは限らない。窒素はアルコールの場合と同様な麻酔作用がある。窒素麻酔の特徴は除々に精神活動が鈍り、考えがまとまらなくなり、対応が遅れて陶酔感を持つようになることである。この窒素の麻酔作用によって起こる最大の危険は、ダイバー自身が仕事に無頓着となり、自分の安全を考えなくなることである。

圧力下で窒素が麻酔作用を起こす機序は明らかではないが、窒素やその他の不活性ガスの麻酔作用は、脂肪に比較的溶け込み易いという性質に関連性があるようである（Meyer-Overton の理論）。すなわち、脂肪に溶け込み易いガスほど、分圧が一定であっても麻酔効果は大きいということである。したがってヘリウムは比較的脂肪に溶け込みにくいという理由から、深海潜水において不活性ガスとして使用されている。

3.6.6 酸素中毒

酸素分圧が大気圧空気環境下での分圧より高くなると、生体に対して中毒作用を起こすことが知られている。この酸素中毒（oxygen poisoning）の発症は酸素分圧と曝露時間に関係しており、酸素分圧が0.2～0.6 ata の低い範囲内では曝露時間の長短に関係なく酸素中毒は起こらないといわれています。しかし、酸素分圧が0.6～1.6ata の範囲内では、数時間から数日の曝露で先ず肺に炎症症状が現われ、更にこの状態で曝露が継続すると肺組織に障害が生じる。酸素分圧が1.6 ata 以上になると、肺に障害を受ける前に中枢神経系に影響を与え、数分または数時間で痙攣を引き起こす。この高濃度の酸素は、上述した呼吸器系や中枢神経系への著しい影響があるだけでなく、他の組織及び細胞

に対しても中毒作用を及ぼす。

中枢神経系の酸素中毒に対する感受性はヒトによって多少異なる。潜水訓練を受ける者に“酸素耐性検査 (oxygen tolerance test)”を行なうことは、酸素に対する感受性が異常に高いヒトを見い出す為であり、またヘリウム・酸素による深深度潜水後の純酸素を用いる減圧法が実施し得るかどうかの判定資料となる。

(注：酸素耐性検査は通常 $PO_2=2.8\text{ata}$ ：30分曝露で行なう)

しかしながら、空気を呼吸ガスとする潜水では、酸素中毒に罹ることはほとんどないと言える。その理由は、酸素分圧が1.6 ata 以上になるのは水深70 m からであり、また炭酸ガスの貯留や窒素麻酔の問題から、おのずと空気潜水に限界があるからである。酸素中毒に対して最も注意を払わなければならないのは、酸素による再圧治療や水上減圧 (3.8.1参照) の時である。この場合、ダイバーはチェンバー (再圧タンクまたは高圧タンク) 内で酸素中毒に関連する諸症状に対してテnderおよびタンク操作員から監視される必要がある。

酸素中毒の初期症状 (前兆) は、痙攣が引き起こされる前に数秒ないし数十秒現れることがある。もしその様な前兆が認められれば、酸素吸入をやめて酸素分圧を下げ、症状の改善に努めなければならない。酸素中毒の前兆として次の症状が認められる。

- 筋肉の痙攣 (muscular twitching)

唇や顔面に軽度の痙攣が現われ、他の筋肉にも影響する。

- 悪心 (nausea)

周期的に吐き気が生じる

- めまい (dizziness)

- 視聴覚の障害

トンネル視 (tunnel vision：横にある物を見る能力の低下) が最も視覚障害として多く見られる。

- 呼吸困難

理由もなく呼吸抵抗の増加を感じる。または大きく吸気することができなくなり、ダイバーは息苦しさをを感じる。

- 不安及び混乱

- 異常な疲労感を覚える

- 不調和 (不器用になる)

このような症状は必ずしも全て現われることはなく、酸素中毒の最も明瞭な警告となる痙攣の発現も遅れてみられる。しかし上述した症状が1つでも認められたら、注意しなければならないことは言うまでもない。

痙攣は酸素中毒のうちで最も重要な症状であり、その処置として次の方法がある。

- 1) 酸素呼吸用マスクを取り外す
- 2) 歯の間に柔らかい物を差し込み、舌を噛まないようにする
- 3) 痙攣は数分間でほとんど治まるので、それまで待つ
- 4) 負傷しないように注意する以外は、チェンバーに拘束しない方が良い

3.7 飽和

通常、ヒトの身体は大気圧環境下において約1ℓの窒素が溶解している。これは生体組織が肺胞内の窒素分圧と同じ分圧である事を意味し飽和 (saturation) しているといい、その分圧は約570mm Hg (0.75 ata) である。この値は、潜水深度や呼吸混合ガスの組織が変化することによって変化し、生体への溶在窒素量も分圧に従って平衡状態 (飽和) に近づくことになる。このことはヘンリーの法則 (Henry's Law) によって説明される。もし1ℓの窒素が1気圧で飽和されれば、2ℓの窒素は2気圧 (水深10 m) で飽和されることになる。飽和の過程は、潜降するにつれて増加する窒素ガスが、先ず急速に血液中に溶け込む。この血液は生体各組織に流れ、窒素分圧の低い組織に拡散する。そして、窒素分圧の低下した血液は再び肺で窒素ガスを吸収し、窒素分圧の低い組織へ運ぶことになる。この飽和の過程は、身体全ての組織と血液中の窒素ガス分圧が平衡状態になるまで続けられる。

身体が窒素ガスによって飽和される時間は、生体内の各組織及び組成によって異なる。例えば、血流量の少ない組織は多い組織と比較して飽和状態に達する時間は遅い。また脂肪組織は水分質の組織に比べて約5倍の窒素を吸収することができ、血流量の少ない脂肪組織は飽和時間も長くなる。

身体全ての組織が窒素ガスで飽和状態となるには、その圧力環境下で約24時間曝露される必要がある。この時間は、窒素ガスの吸収量には無関係のようであり、水深20 m (3 ata) での窒素ガス飽和量 (3ℓ) と

40 m (5 ata)での窒素ガス飽和量(5ℓ)も、飽和時間は24時間とされている。しかし、身体に溶解する速度は、分圧包配の高い初期は速く、肺と生体組織の分圧差が徐々に少なくなるに従って遅くなる。この事は、ヘリウムを不活性ガスとしたヘリウム・酸素混合ガスの場合も同じである。しかし、その飽和時間は使用する不活性ガスによって異なる。

3.8 脱飽和

脱飽和(desaturation)の過程は、飽和の過程と逆の形で行なわれる。例えば、浮上時における環境圧力の低下や呼吸ガス組成の変化は、生体に新たな圧力包配を作り出す。その結果、生体内に溶存していた窒素は、組織から血液を介して肺へと拡散し、呼気ガスとして体外へ放出される。また、この脱飽和時間は飽和の過程と同様、身体各部の組織及び組成によって異なっている。しかし、飽和と脱飽和の過程では次に述べる大きな相違がある。それは、潜降時における大きな分圧包配に対して生体はある程度許容することができるが、浮上時においては、大きな分圧包配が深刻な問題となることである。例えば、空気を呼吸ガスとして水深30 mで作業を行なう場合、呼気ガス中の窒素分圧は約3.2 ataとなる。従って生体組織も潜水時間とともに徐々にこの分圧と平衡状態に近づくことになり、最終的には3.2 ataで飽和状態となる。

しかし、このダイバーが急に水面へ浮上すれば、この窒素の分圧包配が大きくなり、生体内に溶存する窒素は過飽和(supersaturation)状態となる。この場合、この余分な窒素が呼気ガスとして体外に排出される前に、生体内の組織や血管内で気泡を形成することになる。この気泡は、神経を圧迫しデリケートな組織に損傷を与え、生命維持に対して重要な器官への血流を阻害する。この事は、減圧症(decompression sickness)として知られており、その症状は皮膚の発疹から、関節や筋肉の不快感、痛み、麻痺、しびれ、難聴、めまい、意識喪失等や、最悪の場合は死という範囲で現われる。

3.8.1 減 圧

身体の血液や組織は、過飽和状態のガスのある範囲内まで気泡を形成することなく維持できる。この事は、ダイバーが数フィート浮上しても減圧症に罹らないことから説明できる。したがって、徐々に浮上し、ある

深度で一定時間停留し、再び浮上することを繰返せば、減圧症に罹らずに水面に到達することができる。

実際のスクーバ潜水では、ダイバーが窒素で完全に飽和されるまで長時間水中に入っていることはほとんどない。しかし、短時間潜水においても、組織によっては非常に大量のガスを吸収するが、このような組織は脱飽和も容易に行なわれる。今日、広く用いられている標準減圧表(standard decompression tables)は、ホールデン(Haldane)や米海軍での実験研究から開発発表されたものであり、幅広い潜水の状況に応じた減圧方法の指針として作られている。この中には、潜水深度や滞底時間の要素が織り込まれており、ダイバーが12時間以内に1回以上潜水するかどうかについても、体内に溶存している窒素ガス量の影響から検討されている。従って減圧表を正しく使用し、また遵守する事が安全な潜水を行なう上で重要となる。

減圧は、全て階段方式で行なわなくてもよい。例えば、潜水深度が33 f.s.w (10 m)以内であれば、浮上中に減圧停留をする必要はない。また、水中の状態が危険な場合や、海上支援を速やかに移動しなければならない場合には、ある深度からダイバーを水面に引き上げ、チェンバーで再圧した後、所定の手順で減圧を行なうこともある(水上減圧)。

減圧中に純酸素を呼吸すると、通常の減圧時間より短縮することができる。この事は、純酸素が肺胞内の窒素分圧を有意に低下させ、その圧力包配を高くする為である。

米海軍の減圧方法は、実験室や潜水現場で数多くの試験を行ない、思考錯誤を繰返して今日に至っている。しかし、この方法を遵守し、また標準減圧表を正しく使用したとしても、減圧症に罹らないという保証はない。減圧症に関わる要因は数多く存在し、環境要因だけでなく、年齢、肥満の度合、過度の疲労、睡眠不足、節度のない飲酒、また一般的に言う体調が悪い場合や循環器系の機能低下等が関与していると言われている。従って、同一人が同じ潜水、同じ減圧を行なったとしても、日によっては減圧症に罹ることになり、またバディ(buddy)が減圧症に罹ることもあり得る事を予め知っておく必要がある。

3.9 その他の減圧障害

減圧障害は、生体あるいは、潜水器内に取り残されたガスがボイルの法則 (Boyle's Law) に従って膨張することに起因しており、次の障害が生じる。

- ガス塞栓症 (gas embolism)
- 気腫 (emphysema)
- 気胸 (pneumothorax)
- 腸や胃の痙攣 (intestinal or stomach cramps)

ガス塞栓症は、不的確な急速浮上や吹き上げ (blow-up) あるいは浮上中に息を止めたまま上昇する場合などに生ずる。これは、肺内のガス圧が急激に増加し、肺泡毛細血管が破裂し、気泡が直接血流中に押し込まれることに起因している。従って、この気泡が循環系を介して生体各部に運ばれ、浮上の間に膨張し続け、次第に気泡が大きくなって血管を通らなくなると、その部位で血流を阻害し塞まらせてしまうことになる。外傷性のガス塞栓症は、浮上中に正常な呼吸を続けることによって防ぐことができる。また、浮上中に呼吸ガスがなくなった場合にも息を止めず、連続的に肺内のガスを呼出しながら浮上することによってこの障害を防ぐことができる。

間質性気腫 (interstitial emphysema) は、肺の間質組織の中に取込まれたガスによって生じ、ガス塞栓症と同様、もしダイバーが浮上中に適正な排気ができなければ、肺組織に裂傷が生じる。この状態は、ガス塞栓症を伴うこともあり、別々に起こる場合もある。皮下気腫 (subcutaneous emphysema) は、裂傷した組織から皮下組織へ漏れたガスの膨張によって起こる。縦隔気腫 (mediastinal emphysema) は、ガスが裂傷した肺組織を通して胸部中央の心臓や気管及び主要血管を取りまいている縦隔組織の中に押込まれた状態である (高齢者や過度の喫煙者に見られる気腫とは異なる)。

気胸は、肺と胸腔内の内膜との間にガスが入った時に生じ、ダイバーが浮上するとこのガスが膨張し肺に損傷を与える。また心臓を圧迫することによって血液循環を阻害する。

通常の消化過程において、腸内にガスが形成されたり、呼吸ガスが胃内に入ることは一般的である。この状態で浮上すると、腸や胃に痛みを伴う痙攣がおこることがある。しかし、この膨張するガスはほとんどの場合、肛門や食道を通じて自然に体外へ出る。

3.10 爆発物による生理学的危険

ダイバーはよく爆発物を用いて水中作業を行なう。ここで問題となるのは、爆発によって生じる衝撃波である。衝撃波は、水溜りの中に石を投げた時に起こる小さな波の広がりと同じ現象である。衝撃波はその周りの物質 (空気又は水) を介して広がり、爆発力に応じてその広がりも大きくなり、移動速度も速くなる。またこの速さは空気中よりも水中の方がはるかに速い。これは液体の方が圧縮性が少ないからである。

ダイバーが水中で受ける生体への影響は、爆発の大きさ、その現場からの距離ならびに爆薬の種類 (膨張の非常に早いものや、ゆっくり膨張するもの) 等によって異なる。一般的には、薬量が多く、爆心から近く、ゆっくり膨張する爆薬ほど危険となる。この場合、衝撃波を反射し、増幅させるような水深や海底の地形がこの危害の大きさに影響を与える。通常、300 psi またはそれ以上の衝撃波は肺や腸に損傷を与える。これは、1 ポンド (0.454 kg) の爆薬で、爆心から48フィート (15 m) のところにいるダイバーに与える衝撃波と同じである。爆薬が600ポンド (272 kg) になると、48フィートの位置で2,180 psi (6,390 kg/cm²) の衝撃波を受けることになる。

水中爆発が予想される場合、できるだけ水から身体を出すようにすべきである。反対に空中爆発の場合には、深く潜水しているほど安全である。もし、水中爆発が実施される場合にも、水中に留まる必要がある場合は、水面に浮くことが最も安全な方法となる。この時は、顔を上にし、最も厚い組織である背中を下にした状態で浮くようにする。

ダイバーが許容できる最大衝撃圧力は50 psi (約3.4 kg/cm²) である。水中爆発が計画され、あるいは予想される時は、ダイバーを水中から引き上げることが最も安全であり、かつ推奨すべき方法である。

おわりに

U.S.Navy Diving Manual には、「第1章 潜水の歴史」、「第2章 水中物理学」、「第3章 水中生理学」、「第4章 潜水計画」、「第5章 空気潜水の実験」、「第6章 他給気潜水」、「第7章 自給気潜水における減圧方法」、「第8章 潜水時の緊急処置」が第1巻として納められている。私達が潜水を行なう場合、本誌で紹介した水中生理学だけでなく、水中物理学や使用す

る潜水器機の取扱い、また安全な潜水計画が立案できる知識が必要である。更に重要なことは、潜水時の事故の多くが、ダイバーの水中でのパニックに起因している事である。潜水を行なう場合には、上述した生理及び物理学的な知識だけでなく心理的要因についても潜水技術として学ぶ必要がある。しかしながら、この心理的要因については、潜水に係る技術及び知識の蓄積だけでなく、経験的要素が大きな割合を占めて居るのが現状である。

水中でヒトが何の制約を受ける事もなく呼吸でき、また減圧に時間を費やす事のない、安全で効率的な潜水の技術開発は、ソフト・ハード両面にわたって今後も続けられると思われる。これは、人類発祥から続いてきた海の幸を求める願望が私達の心に生き続けているからである。

謝辞 本誌への掲載にあたり、多大のご助言を載いた、本誌編集委員長 関 邦博博士に対し深く感謝いたします。

水中生理に関する参考図書

- 1) 潜水医学入門 (1971)
町田喜久雄 訳, 東京大学出版会
- 2) 人と潜水 —水環境への適応— (1975)
小林 庄一 著, 共立出版(株)
- 3) 潜水学 (1982)
関 邦博 訳, (株)マリン企画
- 4) The Underwater Handbook (1976)
Shilling, C. W., Werts, M. F. and Schandelmeier, N. R. (ed.)
Plenum Press, New York
- 5) Diving and Subaquatic Medicine (1981)
Edmonds, C., Lowry, C. and Pennefather, J. (ed.)
Diving Medical Center, Australia
- 6) The Physiology and Medicine of Diving (1982)
Bennett, P. B. and Elliott, D. H. (ed.)
Baillière Tindall, London

(1985年6月10日受付)