

【第43回学術総会シンポジウム2:ダイビングの安全基準】

「ダイビングの安全基準」はどうあるべきか

山見 信夫¹⁾ 山本 五十年²⁾ 井上 治³⁾ 西村 周⁴⁾
池田 知純⁵⁾ 鈴木 信哉⁶⁾ 外川 誠一郎¹⁾ 三保 仁⁷⁾
山崎 博臣⁸⁾ 芝山 正治⁹⁾ 小宮 正久¹⁾ 村田 清臣¹⁰⁾
慶松 亮二¹¹⁾ 田原 浩一¹¹⁾ 眞野 喜洋¹⁾

東京医科歯科大学大学院健康教育学分野・医学部附属病院高気圧治療部¹⁾
東海大学救命救急センター²⁾
琉球大学医学部附属病院高気圧治療部³⁾
潜水医学情報ネットワーク⁴⁾
東京慈恵会医科大学環境保健医学講座⁵⁾
防衛医科大学校防衛医学研究センター⁶⁾
三保耳鼻咽喉科⁷⁾
山崎内科医院⁸⁾
駒沢女子大学人文学部⁹⁾
静岡県ダイバーズ協議会¹⁰⁾
日本安全潜水教育協会¹¹⁾

「ダイビングの安全基準」項目には、医学、技術、教育、器材が関係する。項目は、発生する時期に分けて、ダイビング前、中、後に分類するとわかりやすい。ダイビング前:体調のセルフチェックや有症状者のダイビング可否、中高齢ダイバーの事故防止、ダイビング中:浮上速度・安全停止、パニック予防、事故対策、ダイビング後:航空機搭乗と高所移動、減圧症が疑われたときの対処などが挙げられる。

「ダイビングの安全基準」の目的と意義

ダイビングは、他のスポーツで類を見ないほど医学的研究に基づいたルールが定められている。たとえば浮上(減圧)速度、安全(減圧)停止の深度と時間、ダイビング後の航空機搭乗についてである。これまで国内の学術集会では、ダイビングのルールについてあまり検討されることがなかったが、海外ではワークショップで討論された内容をコミッティーレポートなどで発表し、それをダイビング指導団体が規準として採用することもある。

ダイバーは職業として潜水する潜水士とレジャーダイバーに分かれる。業務で潜水するダイバーは労働衛生法等で規制されているが、レジャーダイバーに対しては民間団体が独自に定める規準しかない。学会が提言する安全基準はレジャーダイバーを対象とするべき

であろう。

指導団体の定める安全規準は団体間で違いがみられる。たとえば浮上速度を10m/分以下と定めている団体¹⁾もあれば、18m/分を超えてはいけないとしている団体²⁾もある。ダイビング後の航空機搭乗についてローカルルールを設けている地域もある³⁾。ローカルルールに準じて減圧症になったダイバーも少なくない。減圧症患者に対して水中で酸素吸入をさせる民間療法も見受けられる。酸素投与も酸素減圧もわが国では違法にあたる。指導団体やインストラクターには独自性やカラーがあって然るべきだが、身体に関わる基本的な安全性について学会が提言する意義は大きい。

「ダイビングの安全基準」を作成する目的は、ダイビングの事故と障害を減らすことにある。「ダイビングの安全基準」という名称が適切なのか、「基準」ではなく

「指針」または「提言」がよいのかは今後検討される必要がある。他学会では、ガイドライン、指針、提言が作成されている。たとえば、循環器関係の指針では生活管理や運動許容条件⁴⁾が、事故や怪我の予防としてチャイルドシートの設置に関する提言⁵⁾などがある。ガイドラインは主に医師を対象に作成されるが、指針や提言は一般人に発せられるものもある。

第42回学術集会のワークショップ⁶⁾と第43回学術集会のシンポジウム⁷⁾で討論された内容を基に、今後、安全基準がまとめられる予定である。

「ダイビングの安全基準」の構成

安全基準の項目は、ダイビング前、中、後など、発生する時期に分けて整理すると理解しやすい。医学(身体、精神・心理)、技術、教育(指導方法)、器材(規格、性能)の分野が挙げられる。具体的には、ダイビング前:ダイビング前のセルフチェック、メディカルチェック、ダイビング可否のボーダーライン、中高齢ダイバーの事故防止、減圧障害のリスクファクター、ダイビング中:浮上速度と安全停止、ダイビングコンピュータの使い方・考え方、パニック予防、意識障害者の救助方法・酸素吸入、死亡事故対策、ダイビング後:航空機搭乗・高所移動、減圧症が疑われるダイバーの対処、緊急対応マニュアル、インシデント・アクシデント・レポートが挙げられる。

安全基準は研究に基づくエビデンスが核となり、ダイビング業界の現状も考慮して作成される必要がある。一般ダイバーが容易に理解できるものでなければ意味がない。

「ダイビングの安全基準」の概要

＜ダイビング前＞

ダイビング前のセルフチェック

潜水現場でよく問題になるのがダイビング直前の体調チェックである。ダイバーは、潜水前に器材のセーフティーチェックを行うが体調のチェックはほとんど行わない(死亡事故の30%以上は病気が原因であるにもかかわらず)。ダイビングを習うためにダイビングショップを訪れた参加者は、身体的な適否についてRSTCメディカルチェックでスクリーニングされる⁸⁾。しかし、

ダイビング当日の体調チェックについては、一部のショップや指導団体が自発的に作成した質問票が使われているに留まる。

競技会参加前の健康診査によって心血管系に起因する突然死を低下できたとする報告⁹⁾、国民体育大会の代表選手のうち検診を受けた者には大会中の突然死を認めていないという報告¹⁰⁾、トライアスロン・アクアスロン大会における参加当日のセルフチェックの意義¹¹⁾など、スポーツ直前診査の重要性を示す報告が増えている。ダイビングにおいて医師が臨床検査を行わないセルフチェックの効果は未知であるが事故予防の手段に成り得る可能性はある。表1はスポーツ大会で使用されている質問票¹²⁾をダイビング用に修正したものである。

ダイビング可否のボーダーライン

体調に変化があった場合、近日または同日次のダイビングを行うか迷う場合がある。たとえば、気管支喘息については、最近ピークフローメーターを使用した気道閉塞の自己チェックが、ダイビング可否基準のひとつの指標として提唱されている¹³⁾。また、ダイビングフィールドでもっとも質問の多い耳抜き不良時のダイビング可否については、エキジット後に耳閉塞感、外耳道からの出血、耳抜きをしたときに耳から空気が漏れる感じがするなどの症状があるときは次回のダイビングを中止する。陸上で耳の症状がなく耳抜きが問題なくできれば次回の潜水はトライしてもよいなどの報告

表1 ダイビング前のセルフチェック

1 発熱はないか	ない・ある
2 過労、疲れ、体のだるさはないか	ない・ある
3 昨夜の睡眠は十分か	ない・ある
4 食欲はあるか	ない・ある
5 前日の飲酒による体調不良はないか	ない・ある
6 下痢、脱水はないか	ない・ある
7 身体のどこかに痛みはないか	ない・ある
8 手足のしびれはないか	ない・ある
9 めまいはないか	ない・ある
10 耳、鼻、副鼻腔に閉塞感はないか	ない・ある
11 ダイビングをする意欲は十分あるか	ない・ある

- ・いずれかに○が付いた場合は注意が必要です。症状が続いたり悪化するときはダイビングを中止しましょう。
- ・上記にある症状が3日以上続いている方は医師の診察を受けることをお勧めします。

がある¹⁴⁾。

インストラクターなどのプロダイバーに対しては、水中の身体トラブルが引率するダイバーに影響するため身体適正基準が厳格に適用される。高気圧作業安全衛生規則には特殊健康診断および潜水禁止疾病が定められている(表2)。

中高齢ダイバーの事故防止

中高齢(40歳以上)のインストラクターや経験豊富なダイバーの事故が少なくない。中高齢者に死亡事故が多い2大原因は、体力が低下していること、疾病保有率が高いことである。たとえば、経験年数の長いダイバーが潮流に逆らって泳げずパニックを起こした例、基礎疾患に起因する発作(意識消失など)を起こした例などがある。加齢にともなって、肥満、高血圧、糖尿病、脂質代謝異常、動脈硬化、心疾患の保有率は高くなる。これらの疾患は、潜水死亡事故または障害のリスクファクターとして知られている。高齢になっても安全にダイビングを行うには日常の健康管理(ダイビングフィットネス)が重要である。インストラクターは、引率するダイバーに治療中の病気や使用している薬がないか聴取しておく必要がある。特に中高齢ダイバーにおいて重要である。

減圧障害(減圧症と動脈ガス塞栓)のリスクファクター

ダイビングコンピュータが示す深度・時間・浮上速度を守り3分間安全停止すれば減圧症は発症しないと思っているダイバーが少なくない。ダイビングの経験本数が10本未満で減圧障害に罹患するダイバーもいる。リスクファクターについては初期講習で教えておくべきである。減圧症に関わる要因(疑いの誘因も含む)を表3に示す。動脈ガス塞栓のリスクファクターには、ブラ

表2 就業禁止疾病の概略(第41条)

<ul style="list-style-type: none"> ・ 減圧症、減圧症後遺症 ・ 肺結核、急性上気道炎、じん肺、肺気腫 ・ 貧血、心臓弁膜症、冠状動脈疾患、高血圧 ・ 統合失調症、アルコール中毒、神経痛 ・ メニエル病、中耳炎、耳管狭窄症 ・ 関節炎、リウマチ ・ 気管支喘息、肥満、バセドー病 ・ その他
--

(自然気胸の既往)、慢性閉塞性肺疾患(気管支喘息など)、心臓の右左シャント(たとえば卵円孔開存があると、潜水後の静脈中気泡が卵円孔を通過して動脈に移行し塞栓を生じる可能性がある)などがある。

<ダイビング中>

浮上(減圧)速度と安全停止

浮上速度の規準は指導団体間で異なる。通常のレジャーダイビングであれば、浮上速度が18m/分より10m/分のほうが減圧症は発症しにくい。減圧中、水深3~5mで3分間安全停止することは常識になっているが、さらに長くすれば発症率が下がる可能性がある。潜水深度と潜水時間に応じた安全停止深度と時間を設定すること、減圧性気泡を減少させるディーブストップ(深い水深での安全停止)についても考慮されることが望ましい。

ダイビングコンピュータの使い方・考え方

ダイビングコンピュータの減圧停止指示がなければ減圧症は発症しないと思っているダイバーも少なくない。現状、流通しているコンピュータのほとんどは、身体状況や体質の差異とは無関係に数学的に割り出した無減圧潜水時間を示す。滞在可能な時間を確認しながら潜れる点ではコンピュータは有用であるが、潜る前に潜水計画を立てる際はダイブテーブルのほうが便利である。

コンピュータが減圧停止を指示しない限り1日何回潜

表3 減圧症のリスクファクター、誘因、予防、発症後の手当て

<p>基本リスク:潜水深度, 潜水時間, 浮上(減圧)速度, 安全(減圧)停止深度, 安全(減圧)停止時間, 水面休憩時間, 潜水回数, 潜水地の標高</p> <p>誘因:高齢者, 肥満, 怪我などの後遺症, 減圧症の既往, 潜水ブランク, 潜水前の飲酒, 脱水, 体調不良, 睡眠不足, 精神的ストレス, 月経前・月経中のピル服用, 冷水温, 冷え, 潜水前・中・後の激しい運動, 急浮上, 潜降・浮上の繰り返し, エアー供給不良, スキップ呼吸・ホールド呼吸, 潜水後の高所移動, 潜水後の航空機搭乗</p> <p>予防:メディカルチェック, ダイビングコンピュータの遵守, ダイブテーブルの遵守, ナイトロックスポンベの使用, 潜水前・潜水後の水分補給, 安全停止(シャローストップ, ディーブストップ)</p> <p>発症後の手当て:酸素吸入, 飲水</p>

ってもよいとする、いわゆる無制限ダイブは減圧症発症リスクを上げる。障害発生リスクの高い商業ベースのルールについては学会が提言するべきであろう。

現在、ほとんどのダイバーがダイブテーブルを使わずコンピュータで減圧管理している。ダイビングの初期講習にはダイブテーブルの講習カリキュラムはあるが、コンピュータ講習は含まれていない。ダイバーは、コンピュータの有用性だけでなく限界についても知らされるべきである。

パニック予防

水中パニックの発生には、性格、環境の適応力、運動能力などが関係する。表4に各年齢における心拍数、運動強度、自覚的強度との関係を示す。水中運動（レギュレーターを付けてフィンキックする場合は陸上の運動（自転車エルゴメーターなど）より自覚的強度が強い¹⁵⁾。水中の自覚的強度は、陸上運動の1.1～1.2倍に匹敵する。パニックを起こさないために、ダイビング中は「やや楽である」～「楽である」という状態で過ごすことが薦められる。ダイビング中の運動強度は、ダイバーの呼気（水中の泡）を観察することで、ある程度知ることができる。呼気の状態は運動負荷以外にダ

イバーの緊張も反映する。レギュレーターから泡が途切れなく出ているときは労作だけでなく不安で呼吸が早くなっていることもある。水中では心理的にも余裕のある状態であることが大切である。インストラクターは、引率するダイバーのパニックの前兆を見逃してはいけない。

意識障害者の救助方法、酸素吸入

意識障害者の救助方法については、各団体が開催する講習を受講して身に付けたい。

酸素投与については、我が国では法律で規制されており、使用にあたっては自らの意志によって自己責任の範疇で扱われなければいけない。DAN JAPANが開催している酸素供給コースなどを利用して障害発生時に備えたい。

水中から意識障害ダイバーを浮上させると肺気圧外傷を起すことがある。痙攣（全身性強直）していて気道確保できないときは発作が止まるまで浮上させないほうが安全と考える。

死亡事故対策

海上保安庁が取り扱った死亡事故を調べると、単

表4 各年齢における心拍数と運動強度、自覚的強度との関係（陸上運動の場合）

RPE 点数	強度の割合% VO ₂ max	自覚的 強度	1分間あたりの心拍数					体 感
			60歳代	50歳代	40歳代	30歳代	20歳代	
—19 —18	100	最高に きつい	155	165	175	185	190	からだ全体が苦しい
—17 —16	90	非常に きつい	145	155	165	170	175	無理、100%と差がないと感じる。 若干言葉がでる、息がつまる
—15 —14	80	きつい	135	145	150	160	165	続かない、やめたい、のどがかわく、 がんばるのみ
—13 —12	70	やや きつい	125	135	140	145	150	どこまで続くか不安、緊張、汗びっ しょり
—11 —10	60	やや 楽である	120	125	130	135	135	いつまでも続く、充実感、汗が出る
—9 —8	50	楽である	110	110	115	120	125	汗が出るかでないか、フォームが気 になる
—7 —6	40	非常に 楽である	100	100	105	110	110	楽しく気持ちがいものがもの足りない
—5 —4	30	最高に 楽である	90	90	90	90	90	動いたほうが楽、まるで物足りない
—3	20		80	80	75	75	75	

(図説・運動生理学入門 伊藤朗 医歯薬出版¹⁶⁾を一部改変)

独潜水またはバディとはぐれた状況で死亡に至った例が多い¹⁷⁾(表5)。逆にトラブルが起っていても、インストラクターやバディが近くにおいてサポートされた事例では救命されている。ダイビング指導団体マニュアルに記載されているバディシステムの記載はまちまちであるが、潜水中のバディ同士が離れてよい距離は、「バディがトラブル発生時に即座にフォローできる範囲」と認識しておくのが適切ではないだろうか。インストラクター引率中の事故も多い。インストラクターが引率するダイバー数が少ないほうがトラブル発生率は少ない。

<ダイビング後>

航空機搭乗・高所移動

ダイビング後、気圧の低い場所に移動すると減圧症の発症率が上がる。航空機は気密構造ではあるが、耐久年数を長くするために飛行中、機内は0.8気圧前後まで減圧される。航空機搭乗については、一般にダイビング後12時間または24時間(または48時間)空けるべきとしている¹⁸⁾。また、標高400m程度の高所移動については潜水終了時点でアメリカ海軍標準減圧表の反復グループがFより若ければ安全率は十分低くなるとする報告¹⁹⁾がある。ダイビング後、高所移動するまでに十分時間が取れないときは、潜水前に、ダイブテーブルを用いて残留窒素を少なくする潜水計画を立てるべきであろう。

減圧症が疑われるダイバーへの対応

減圧症の治療を遅らせる原因のひとつに、自己の経験を基にしたダイバーへの助言がある³⁾。ダイバーがインストラクターに減圧症らしき症状を告げても、これまで同じような潜り方をしてきて一度も発症していないという理由から「減圧症は考えられない」と言い切っ

表5 海上保安庁扱い死亡事故(1994-1999)

状 況	人 数	割合(%)
潜水の途中で1人になった	51	38.6
1人で潜水を開始した	41	31.1
レギュレーターから空気が来ない	21	15.9
流れ(潮流)	18	13.6
パニック	12	9.1
器材の不調	12	9.1

(症例によって重複あり)

しまい病院受診が遅れるケースが多い。減圧症の後遺症を残したため、インストラクターとの間でトラブルになった例も少なくない。

地域ごとに減圧症(疑)発生時の対処行動と問い合わせ先を明確にしておく必要がある。DANホットラインへの相談は減圧症については重症例に限られるべきである。膀胱直腸障害を随伴しない関節痛や軽い手足のしびれ感であれば直接高気圧酸素治療装置のある病院へ問い合わせることを薦める。DDNetドクターは減圧症や潜水医学に詳しい医師とは限らないので、医師の専門領域を考慮して受診する必要がある。

緊急対応マニュアル

緊急対応マニュアルを備えている地域もあるが多くは未整備である。地域ごとに、救助方法と潜水障害の対応を記したマニュアルが必要である。潜水障害者の応急処置の仕方、搬送方法、搬送経路、受診先、酸素吸入とAEDについてわかりやすく明記されている必要がある。現場の管理者はマニュアルを見なくても速やかに対応できる必要がある。

インシデント・アクシデント・レポート

医療施設では医療事故を予防する目的でインシデント・アクシデント・レポートが作成されている。潜水事故についてもダイバーがニアミスを共有できれば将来起こりえる同様の事故を予防できる可能性がある。訴訟中の事例公開は困難であるが、救助された事故者の了解が得られる場合もある。事故と救助の詳細な経過が公表される意義は大きい。

文 献

- 岡本文孝: スクーバダイビングの実技. SKIN & SCUBA DIVING MANUAL FOR BEGINNERS. 神奈川; 国際ダイビングスクール協会. 2007; pp92-98.
- Richardson D, Bachelor-Smith L, Kinsella J, et al.: ダイブ・テーブルの定義. In Richardson D, ed. OPEN WATER DIVER Manual (日本語版). 東京; PADIジャパン. 2008; pp239-240.
- 外川誠一郎, 山見信夫, 柳下和慶, 他: 東京医科歯科大学に集積する潜水に関する諸問題. 日本高気圧環境・潜水医学会雑誌 2008; 43: 203-206.

- 4) 武者春樹, 松田史郎: スポーツ内科 (2) 循環器疾患・呼吸器疾患. In: 日本体育協会指導者育成専門委員会スポーツドクター部会 中嶋寛之, 村山正博, 大島襄 (編). スポーツ医学研修ハンドブック (応用科目) 第1版. 東京; 文光堂. 2004; pp82-93.
- 5) 日本小児科学会こどもの生活環境改善委員会CPSワーキンググループ 衛藤隆, 高山ジョン一郎, 山中龍宏: 提言 車での安全な移動について—子どもの場合. 日本小児科学会雑誌 2008; 112: 1024-1036.
- 6) ワークショップ ダイビングの安全基準: 日本高気圧環境・潜水医学会雑誌 2007; 42: 203-206.
- 7) シンポジウム ダイビングの安全基準: 日本高気圧環境・潜水医学会雑誌 2008; 43: 127-129.
- 8) 眞野喜洋, 山見信夫: ダイバーのメディカルチェックリストについて. 日本高気圧環境医学会雑誌 2003; 38: 285-311.
- 9) Corrado D: Trends in sudden cardiovascular death in young competitive athletes after implementation of a preparticipation screening program. The Journal of the American Medical Association 2006; 296: 1593-1601.
- 10) 武者春樹: スポーツにおける突然死防止のためのスクリーニングの現状 毎日医学ジャーナル. 東京; 毎日新聞社, 2007; 3: 287.
- 11) 笠次良爾, 田中康仁, 梅垣裕, 他: トライアスロン・アクアスロン大会参加者における参加当日セルフチェックの意義. 日本臨床スポーツ医学会誌 2006; 14: 316-324.
- 12) スポーツ参加当日のセルフチェック10ポイント. 日本臨床スポーツ医学会誌 1999; 7: S127.
- 13) 三保仁: 耳・副鼻腔に関する潜水安全基準の提唱. 日本高気圧環境・潜水医学会雑誌 2008; 43: 67-70.
- 14) 山崎博臣: 自覚症状が乏しいがダイビングにあたり注意が必要な内科疾患. 日本高気圧環境・潜水医学会雑誌 2008; 43: 71-74.
- 15) Togawa S, Yamami N, Shibayama M, et al.: Evaluation of SCUBA diving work load. Japanese Journal of Physical Fitness and Sports Medicine 2006; 55: 341-346.
- 16) 伊藤朗: 図説・運動生理学入門 第1版. 東京; 医歯薬出版株式会社. 1991; pp128-132.
- 17) Yamami N, Mano Y, Shibayama M, Takahashi M, Hayano M: Diving Injuries and Fatalities. Japanese Journal of Orthopaedic Sports Medicine 2002; 21: 309-314.
- 18) Richardson D, Kinsella J, Shreeves K, et al: ダイビング後の飛行機搭乗. In: Richardson D, ed. The encyclopedia of recreational diving (日本語版). 東京; PADIジャパン, 2008; pp5-78.
- 19) 山見信夫, 眞野喜洋, 芝山正治, 他: 関東に在住するスポーツダイバーの特異的な潜水活動: 特に潜水後の高所移動による減圧症発症について. 日本臨床スポーツ医学会誌 1999; 7: 68-75.