

スクーバダイビングの安全対策に関する潜水障害の発生頻度及び予防に関する調査研究 - 18年間の調査結果から -

芝山 正治*

The scientific research on generation frequency and prevention of the diving injury on safety countermeasure of Scuba diving
- From the survey result for 18 years -

Masaharu SHIBAYAMA*

要約

18年間にわたりレクリエーションダイバーに対して、潜水障害の発生頻度などの項目について聞き取り調査を西伊豆半島の大瀬崎で行い、5,212名のダイバーの情報を収集した結果、50歳以上のシニアダイバー割合は男性で2.3%から32.4%に上昇、経験年数が3倍、タンク使用本数が2.5倍に上昇した。潜水後の高所移動の知識は低下（33%から60%）し、教育の必要性が認められる。

減圧症罹患率は緩やかに上昇している（2%から4%）。この理由は高齢化が進んでいること、及び潜水後の高所移動が要因になっている。潜水後の高所移動の危険性の教育が必要である。

Abstract

A recreational diver was investigated for 18 years (5,212 people). 50-year-old or more senior diver rose from 2.3% to 32.4% by the man. Years of experience rose to three times and the tank use number rose to 2.5 times. The knowledge of the movement after it dives in the height decreases, and the educational need is admitted. The decompression syndrome morbidity rate rises gradually. In this reason, the movement aging advancement, and after it dives in the height is a factor. It is necessary to educate move in the height after it dives dangerous.

1. 背景

我々の調査（2007年）ではレクリエーションダイバー人口が約40万人と推計¹⁾されている。しかし、その後の調査で減少傾向が見受けられる。その背景として日本人口の超高齢社会がある。今日の高齢者割合は25.1%となり²⁾、団塊世代が65歳に達し、人口の1/4が高齢者とある。

ダイビングにおいても高齢化が進み、ダイバーの平均年齢が15年間で5歳上昇し、シニアダイバーの割合では2%から17%に上昇したとされる³⁾。ダイビングは様々な事故や障害と遭遇する可能性があり、その中でも潜水障害の罹患も無視できない。この潜水障害^{4,5)}は、治療を要しない窒素酔いから重篤な場合は死亡に至る減

*人間健康学部 健康栄養学科

圧症や動脈性ガス塞栓症（AGE、圧外傷）まで様々である。この減圧症発生率は加齢とともに上昇し、重症度が増加し、治療効果が軽減されるという報告⁶⁾もあり、ダイバーの高齢化に伴う潜水障害の予防対策が必要不可欠な状態となっている^{7,8)}。

2. 目的

本研究は潜水地に出向き直接ダイバーに対して聞き取り調査を行い、潜水障害発生頻度を年次推移により評価し、ダイバーの潜水障害予防意識を把握し、予防方法の提言をするものである。

3. 調査場所及び方法

調査は、静岡県伊豆半島西海岸北端に位置する大瀬崎で実施した。調査対象者はダイビングを行っているダイバーを無作為に抽出し、アンケート用紙を渡し質問に答えてもらう聞き取り方法とした。

また、東京医科歯科大学に減圧症(ADE含む)治療で受診した患者さんのカルテから件数と年齢を調査した。

4. 結果

(1) 期間及び聞き取り調査件数

期間は1996年から2013年の18年間である。1996年から2005年の10年間は年に2回（5月と10月）の調査を行い、以後は秋（10月）の年1回である。

18年間の延べ調査人数は6,164人である。そのうち今までに経験したスクーバタンク本数が6本以上のダイバーを有効回答者とした。その理由は6本未満のダイバーは、講習会に参加中か、体験程度のダイバーであり、ダイビングの知識や経験が浅く、質問に対して正しい回答が得られないと判断したためである。また年度（2005年以前の春、秋）の同一人は無効とした。結果として有効回答数が5,524人（89.6%）であった。年度別の有効調査件数の平均は306.9±181.9（83～613人）であった（表1）。

(2) 年齢構成・男女比

平均年齢は、2008年まで実年齢を調査していたが、以後個人情報の関係で年代別に調査された。2008年までの平均年齢の推移を表1に示す。1996年の平均年齢は30歳であったが、2008年には37.5歳となっている。

表1 レジャーダイバーの潜水実績年次推移（1996～'13.調査、n,5,524）

調査項目	1996	'97	'98	'99	2000	'01	'02	'03	'04	'05	'06	'07	'08	'09	'10	'11	'12	'13
調査人数	463	613	553	486	422	466	453	357	378	341	199	199	83	101	98	103	108	101
年齢	30.0	31.3	30.5	32.0	31.5	32.2	33.7	32.3	34.7	32.6	36.2	35.1	37.5	*	*	*	*	*
男性（歳）	31.1	31.3	31.9	33.3	32.6	33.7	34.0	34.2	36.4	33.8	37.2	35.7	38.8	*	*	*	*	*
女性（歳）	27.8	31.4	27.9	29.9	29.6	29.8	28.5	29.8	31.2	30.6	33.8	33.9	34.3	*	*	*	*	*
50歳以上の割合（%）	1.5	2.9	1.8	3.8	2.6	5.2	4.0	5.6	10.3	7.3	13.8	10.1	12.5	17.8	14.3	14.6	20.4	25.7
男女比（女%）	34.8	36.2	35.8	37.0	38.9	38.2	37.7	43.1	32.8	36.4	31.2	36.2	30.0	20.3	39.8	31.1	38.0	32.7
潜水歴																		
経験年数	4.5	5.5	4.8	4.7	4.2	5.3	5.8	5.7	6.2	6.1	7.9	7.8	9.6	9.9	9.9	8.1	10.3	13.3
合計タンク使用本数（本）	408.6	354.4	420.0	385.6	311.5	341.3	505.1	605.0	454.3	643.7	640.0	586.3	944.6	923.8	1054.0	632.1	893.6	919.6
年間のタンク使用本数（本）	70.9	57.7	61.9	55.8	60.7	49.4	60.8	67.8	57.9	67.8	59.5	64.8	83.0	73.8	100.3	80.5	85.4	86.5
最高潜水深度（m）	39.9	37.2	38.4	37.6	36.9	38.7	37.5	36.0	37.3	35.9	38.4	35.9	39.5	41.0	40.7	39.3	40.6	43.7
調査日																		
タンク使用本数（本）	2.2	2.0	1.9	2.1	2.0	2.0	2.2	2.1	2.2	2.2	2.2	2.1	2.0	2.3	2.2	2.3	2.2	2.2
ダイブコンピューターの利用率（%）	70.8	66.6	77.4	72.8	78.2	78.3	76.4	78.7	79.4	76.8	80.8	80.0	83.5	87.9	88.8	80.6	81.0	96.0

*印の平均年齢は、年代で調査を行ったため実年齢を調査できなかった。

50歳以上のシニアダイバーが占める割合は、1996年で1.5%（男性2.3%、女性0%）であったが、2013年には25.7%（男性32.4%、女性12.1%）に上昇した（表1、図1）。

男女別の比率では、女性の割合が30%代で推移している（表1）。

(3) 東京医科歯科大学に減圧症治療で受診した件数

2002年～2013年に3,044件（年間129～340件）受診し、近年では年間220件前後で推移している。平均年齢は2002年に35歳であったが、2013年では39歳と4歳上昇した（図2）。

(4) 潜水経験年数・タンク使用本数

経験年数は、1996年の4.5年から2013年には

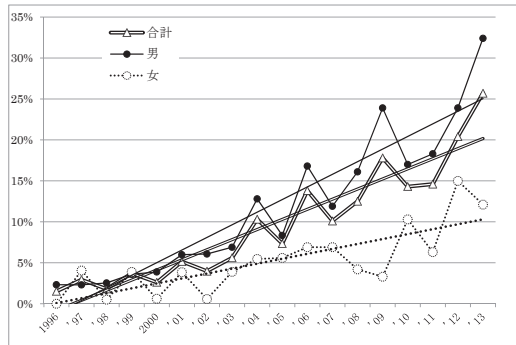


図1 50歳以上の割合（1996～'13.調査、n.5,524）

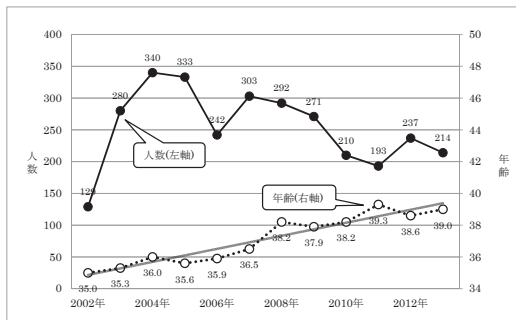


図2 レクリエーショナルダイバーの潜水障害受診人数及び平均年齢の年次推移

（東京医科歯科大学2002～2013年、n.3,044）

13.3年と上昇している（表1、図3）。

タンク本数は、400本前後で推移していたが、2008年以後は900本を超え、2010年には1,000本を超えたが、2013年では920本となっている（表1、図3）。

(5) ダイビングコンピューターの携行率

ダイビングコンピューターの携行率は、1996年に70%であったが、徐々に上昇して、2010年には90%に近づき、2013年には96%に達している（表1、図4）。アドバンスレベル（下から2階級上の2スターダイバー）以上のダイバーはほぼ100%の携行率であった。

(6) 潜水障害の発生頻度の推移

① 窒素酔い、耳の障害、副鼻腔の障害の罹患経験者割合

図5は潜水障害の窒素酔い、耳の障害、副鼻腔の障害に罹患したことがあるダイバーの割合

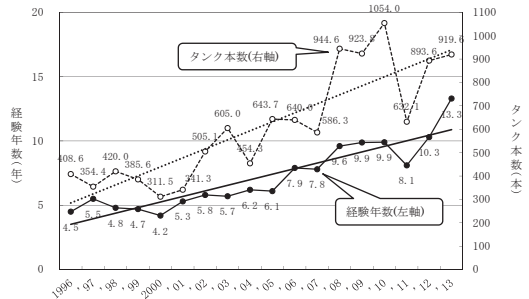


図3 経験年数及び合計タンク使用本数の推移（n.5,524）

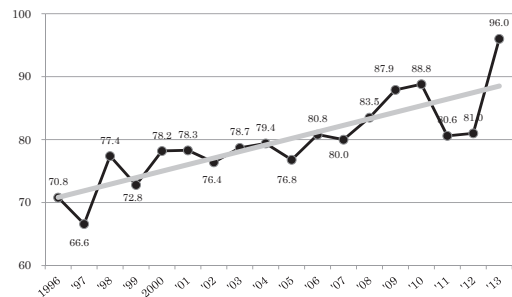


図4 ダイビングコンピューターの携行率（n.5,524）

である。窒素酔いは7～18%の範囲内で推移している。耳の障害は中耳炎か、外耳炎か、鼓膜穿孔などの症状は確認されていないが7～14%の範囲内で推移している。副鼻腔の障害は前頭洞か、上顎洞などの部位は確認されていないが2～9%の範囲内で推移している。

②減圧症の罹患経験者割合

図6に減圧症罹患を経験したダイバーの割合を示す。0.8～5.0%と幅があるが、増加傾向にある。減圧症発症時に病院で診察を受け、高気圧酸素治療を受けた割合は63%であり、残りは自己診断で減圧症と判断し、病院への受診はしていなく、その後、自然治癒している。

(7) ダイビング後の高所移動

西伊豆半島の大瀬崎でダイビングをして、東京圏に帰宅すると必ず標高400m以上の山岳地

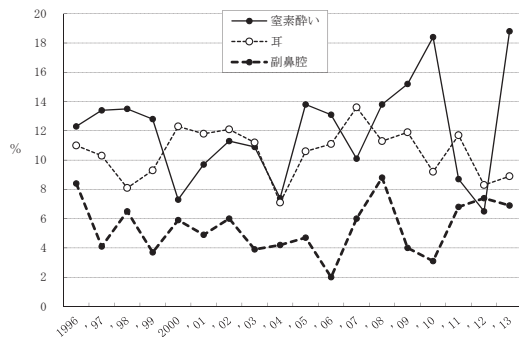


図5 潜水障害の窒素酔い、耳の障害、副鼻腔の障害に罹患した経験者を有するダイバーの年次推移 (%) (n.5,524)

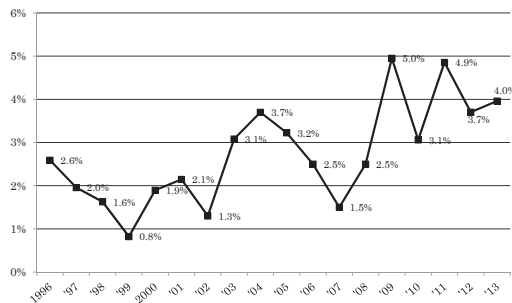


図6 減圧症の罹患経験者割合 (n.5,524)

域を通過しなければならない⁹⁾。主な通過箇所は伊豆半島で10カ所、箱根より北側で4カ所ある。アンケートでは表2に示す6カ所について回答を得た。最も多いルートは、東名高速道路の御殿場IC経由(標高454m)であり、1996年から比較すると利用率は上昇している。次に多く利用するのが国道1号線で箱根峠(標高846m)を経由するルートで、1996年には22%の利用であったが、以後は減少して2010年には2.9%であったが、2013年では7.6%(5/66件)である。尚、近畿・関西方面に帰宅する場合は、高所移動はしないとされている。

(8) 高所移動の意識調査

ダイビングにおける高所の定義は、標高300m(1,000ft)以上とされている。調査地(大瀬)でダイビングをした当日に東京圏に帰宅すると必ず高所移動となる。この条件で「高所移動はしない」と答えた者の割合は2002年に33.2%であったが、近年では60%を超えている

表2 潜水後に経由する高所移動箇所

経由経路	海拔(m)	人数	割合(%)
東名高速で御殿場を経由	454	2,204	66.8%
国道1号線で箱根を経由	900	475	14.4%
熱海道路で熱海方面	430	297	9.0%
伊豆半島を経由して東海岸方面	500~350	96	2.9%
西富士道路を経由して山梨方面	900	78	2.4%
東名高速の御殿場及び山中湖を経由	1,000	41	1.2%
その他の高所経由		108	3.3%
計		3,299	100.0%

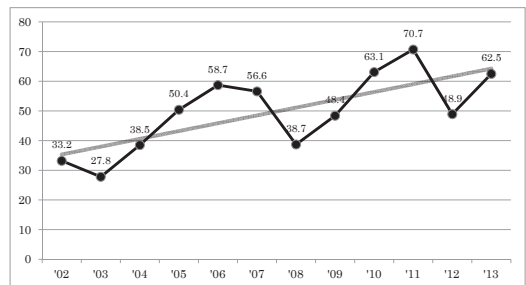


図7 高所移動であるが「高所移動しない」と答えた割合の年次推移 (n.5,524)

(図7)。尚、潜水当日に宿泊して翌日帰宅する場合は、高所移動とはならない。

5. 考察

近年の超高齢社会と日本人人口の減少²⁾、2008年のリーマンショック、2011年の東日本大震災などの影響でレクリエーショナルダイバー人口数は2007年報告の40万人よりも減少している¹⁾。本調査地点の大瀬崎ダイビングポイントにおいても1990年代には年間10万人のダイバーが訪れていたが¹⁰⁾、その後は減少を続けている。

超高齢社会²⁾とダイバー人口減少に伴い、ダイバーの平均年齢が徐々に上昇して、男女とも18年前と比較して6歳以上高まり、結果として50歳以上のシニアダイバー^{11,12)}の割合も高まり、男性で特に変動幅が高く2.3%から14倍の32.4%と3人に1人が50歳以上のダイバーとなっている(表1、図1)。東京医科歯科大学に減圧症治療で受診した患者さんの平均年齢は2002年で35歳であったが、2013年で39歳にまで上昇し(図2)、加齢現象は大瀬調査と一致している。平均年齢の上昇は、潜水経験年数に反映し、1996年に4.5年であったものが2013年には3倍の13.3年となっている。これらは、新しいダイバーの参加が減少していることが、平均年齢の上昇及び経験年数の上昇に繋がっている。

潜水障害の窒素酔いや耳の障害及び副鼻腔の障害の罹患率は変化がない(図5)。減圧症の罹患率は上昇し、2倍の4~5%に達し(図6)、ダイバーの加齢現象が影響していると考えられる。

減圧症は、潜水などの環境圧力の上昇(潜水)により体内に窒素ガス(不活性ガス)が過大に溶解し、その溶解したガスが減圧(浮上)によって過飽和となり気泡形成するという物理的な変化を生じるために発症する^{4,7,8)}。その原因は、深い潜水や1日の潜水回数(タンク本数)の多

さが原因とされ、無謀な潜水が要因とされているが、ダイビングコンピューターによる無減圧潜水ぎりぎりの潜水や潜水後の高所移動^{9,13,14)}及び航空機搭乗¹⁵⁾によっても減圧症が発症し、一概に無謀な潜水だけと位置づけられないケースがある。

減圧症の発症は、潜水後8時間以内に83%が発症するといわれている¹⁶⁾。しかし、我々の調査では、潜水後の高所移動(車で山岳地域を通過)によっても発症し、伊豆半島の西海岸で潜水した後に、箱根峠や東名高速道路の御殿場IC付近の高所を通過したときに発症を認める事例がある^{9,17)}。伊豆半島の西海岸でダイビングを行い、その後に東京方面(東京圏)や長野または山梨方面(北方面)に帰る者は、高所を移動しなければならない。高所地点に行くまでに潜水後2時間以上であっても減圧症への危険は存在する。ダイバーのための電話相談機関であるDAN Japan(Divers Alert Network:潜水障害の緊急連絡網)ホットラインの資料^{18,19)}によると、潜水後に高所移動を行ったことにより、減圧症に罹患した事例が35件報告¹⁹⁾されており、決して無視できない課題である。また、潜水後に航空機に搭乗することも減圧症のリスクが高まる。Freiberger JJら²⁰⁾はダイビング後の航空機搭乗までの時間と減圧症発症の関係は、24~28時間は1.02倍、20~24時間は1.84倍、20時間以内は8.5倍であり、複数回のダイビングでは18時間以上でなければ航空機搭乗は好ましくないと報告している。我々²¹⁾はパラオでダイビングをしたダイバーが航空機で帰国する時間と減圧症との関係を調べた結果、85人中48人(56%)が20時間未満で航空機に搭乗して、その後減圧症を発症している。潜水後の航空機搭乗は少なくとも20時間以上の経過後にすべきである。

減圧症発症予防の手段として使われるダイビ

ングコンピューター^{22,23)}の携行率は、年々高まり、現在では、アドバンスダイバー以上の技術レベルで、ほぼ100%となっている。このことは、従来の減圧症予防のための減圧表使用から、マルチレベルダイビングが可能となり、減圧表使用よりも潜水時間が延長されることにより減圧症の発症率が高まる結果となる。また、潜水後の高所移動による減圧症発症の危険認識が低下している。潜水と高所移動の知識がないダイバーが2002年調査では30%前後であったが、2013年では2倍の60%前後に達している。2002年から2004年に高所移動の危険性について教育講演^{9,12,15,21,23)}を受けたダイバーが去り、その後の新規ダイバーへの教育が広がっていないことが大きな要因と考えられる。積極的な教育が必要である。

減圧症の発症率をより低くするため、及び潜水後の高所移動の危険性を低く抑えるためには、今までと違った予防対策や安全教育が必要である。その一つに潜水指導団体が行う安全教育がある。ダイバーの60%以上を占めているPADIは、減圧症を含めた潜水障害の予防対策を、講習を受けるダイバーのみならず講習生を指導するインストラクターに対してもきめ細かな指導が必要である。二つ目は、ナイトロックス(Nitrox、酸素30～40%、残り窒素)の利用である^{24,25,26)}。その方法は、Nitrox用の減圧表(ダイビングコンピューター含む)を使わず、空気減圧表を用い、減圧症の原因である窒素ガスの溶解量を可能な限り減らし、発症を抑える方法である²⁷⁾。例えば帰宅する日の2本目からの潜水でNitroxを用いることは減圧症発症の予防対策に大きく貢献する。しかし、日本においては、Nitroxガスの製造所の規制及び充填方法並びに価格が高いなどの理由で、一部のダイバーの利用に止まっている。米国などではすでに積極的な使用がなされ、レクリエーショナル

ダイバーが実際に使用している。日本においては特にシニアダイバーの積極的な利用が必要であろう。

これらの実態についてダイビング指導者はもちろん、各ダイバーも自覚し、厳しい自己管理を行いながらダイビングを楽しむべきであろう。我々は、これらの事実をダイバー達に提示し、教育及び認識の普及に努め、潜水障害の発症の低下につなげることにより本調査研究の目的が達成されると考えている。

6. まとめ

18年間にわたりレクリエーショナルダイバーに対して聞き取り調査を行った結果を次にまとめる。

1. シニアダイバーの割合は男性で2.3%から32.4%に上昇し、ダイバーも高齢化が進んでいる。
2. ダイビングコンピューターの携行率はアドバンスダイバー以上ではほぼ100%であった。
3. 経験年数は3倍、タンク使用本数は2.5倍に上昇した。
4. 潜水後の高所移動の知識は低下し、教育の必要性が認められる。
5. 減圧症罹患率は上昇している。この理由は高齢化が進んでいること、及び潜水後の高所移動が要因になっている。潜水後の高所移動の危険性の教育が必要である。
6. 減圧症の予防対策として呼吸ガスを空気ではなくNitroxガスをを用い、空気潜水としてダイビングコンピューターを利用することによって減圧症の発症リスクを低く抑えることが可能である。

参考文献

- 1) 芝山正治、小宮正久、山見信夫、外川誠一郎、柳下和慶、中山晴美、岡崎史紘、眞野喜洋 (2007) レジャーダイバー調査 (10年間) からみたダイバー人口動態の推測、日本高気圧環境・潜水医学会誌、42 (1) :17-21
- 2) 厚生労働統計協会 (2014) 国民衛生の動向 2014/2015、衛生の主要指標、人口静態、pp49-51、厚生労働統計協会
- 3) 芝山正治 (2011) スクーバダイビングの安全対策に関する潜水障害の発生頻度及び予防に関する調査研究、駒沢女子大学「研究紀要」、18:269-277
- 4) 池田知純 (1995) 潜水医学入門、p52-133、大修館書店、東京
- 5) 芝山正治 (2004) スクーバダイビングの安全対策に関する潜水障害の発生頻度および予防に関する調査研究 - 8年間の調査結果から -、駒沢女子大学研究紀要、11:91-97
- 6) Smarz RW (2006) Age associated risk of recreational scuba diving, Hawaii, Hawaii Med J., 65 (5) :140-141, 153
- 7) 川島真人、野呂純敬 (1994) 減圧症、最新医学、49 (7) :22-27
- 8) 眞野喜洋 (1988) 減圧症治療の現状と問題点 - 東京医科歯科大学における減圧症治療の現状 -、日本高気圧環境医学会誌、23 (4) :185-192
- 9) 芝山正治 (2003) スクーバダイビングの安全対策に関する潜水障害の発生頻度および予防に関する調査研究 - 潜水後の高所移動の危険性 -、駒沢女子大学「研究紀要」、10:209-216
- 10) 赤堀智樹 (1999) 大瀬崎のダイビングシステムについて、第1回安全潜水を考える会、1 :16-21
- 11) 吉村成子、恩田昌彦、森山雄吉、松田範子、徳永昭、松倉則夫 (1999) シニアダイバーのダイビングスタイルと健康管理、関東地区高気圧環境医学懇話会誌、2 (1) :52-54
- 12) 芝山正治 (2000) 中高年ダイバーのダイビングに対する意識と潜水障害の発生頻度に関する研究、駒沢女子大学「研究紀要」、7:75-86
- 13) 芝山正治 (2007) レジャーダイバーの減圧障害 (DCI) 発症件数を推測、駒沢女子大学研究紀要、14、103-109
- 14) 小宮正久、芝山正治、山見信夫、柳下和慶、外川誠一郎、岡崎史紘、眞野喜洋 (2009) レクリエーションダイバーの減圧症発症と窒素ガス溶解量との関係、日本高気圧環境・潜水医学会誌、44 (2) :77-81
- 15) 芝山正治 (2010) ダイビング後の航空機搭乗と減圧症 - パラオダイビングの場合 -、17:367-374
- 16) 中央労働災害防止協会編者 (2009) 潜水士テキスト、減圧症、p236-244、中央労働災害防止協会、東京
- 17) 中山晴美、芝山正治、山見信夫、外川誠一郎、川島真人、眞野喜洋 (2004) スポーツダイバーの減圧症 (潜水障害) の発生頻度について、日本高気圧環境医学会誌、39 (3) :164
- 18) Proceedings of Repetitive Diving Workshop (1991) DAN 1992 Report on Diving Accidents and Fatalities. Duke University Medical Center, American Academy of Underwater Sciences, March, 18-19
- 19) 小宮正久、芝山正治、柳下和慶、外川誠一郎、小島泰史、加藤剛、結城新、岡崎史紘、日高秀希、眞野喜洋 (2010) DAN JAPAN の緊急ホットライン利用状況の推移、日本高気圧環境・潜水医学会誌、第45回日本高

- 気圧環境・潜水医学会学術総会プロシーディング、45 (4) :218
- 20) Freiburger J J et al (2002) The relative risk of Decompression sickness during and after air travel following diving. Duke University, Aviat Space Environ Med 73:980-984
- 21) 芝山正治、柳下和慶、外川誠一郎、小島泰史、加藤剛、結城新、岡崎史紘、小宮正久、眞野喜洋 (2010) ダイビング後の航空機搭乗と減圧症—パラオダイビングの場合—、日本高気圧環境・潜水医学会誌、第45回日本高気圧環境・潜水医学会学術総会プロシーディング、45 (4) :214
- 22) 芝山正治 (2011) ダイビングコンピューターと減圧症、日本高気圧環境・潜水医学会関東地方会誌、11 (1) :54-57
- 23) 今村昭彦 (2011) ダイブコンピューターが示す無減圧潜水時間の危険性、日本高気圧環境・潜水医学会関東地方会誌、11 (1) :42-49
- 24) 古矢晴彦 (2000) ナイトロックス、エンリッチドエアの供給業者から見た現状、安全潜水を考える会「研究集会」、2:46-49
- 25) 小宮正久 (2000) 日本におけるナイトロックスの現状、安全潜水を考える会「研究集会」、2:37-41
- 26) 久保彰良 (2000) 指導団体からみたナイトロックスの利用、安全潜水を考える会「研究集会」、2:42-45
- 27) 山見信夫、山本五十年、井上治、西村周、池田知純、鈴木信、外川誠一郎、三保仁、山崎博、芝山正治、小宮正久、村田清臣、慶松亮二、田原浩一、眞野喜洋 (2009) 「ダイビングの安全基準」はどうあるべきか、44 (2) :61-66