

## ●原 著

## レジャーダイバーの減圧症罹患頻度について

中山晴美\* 芝山正治\*\* 小宮正久\*\*\* 内山めぐみ\*\*\*  
山見信夫\*\*\* 高橋正好\*\*\*\* 眞野喜洋\*\*\*

1996年及び97年にかけてレジャーダイバーを対象に高気圧障害の罹患頻度についてアンケート調査を行い、その中で減圧症について検討を行った。結果は調査人数が1,134人、合計タンク使用本数の平均が390本であった。減圧症罹患経験者は25人(2.2%)、そのうちプロフェッショナルダイバー(P.D.群)が13人、レクリエーションダイバー(R.D.群)が12人であり、プロフェッショナルダイバー(P.D.群)のうち3人は2回の減圧症罹患経験をもっていた。これら罹患者について減圧症の発症リスクを検討すると罹患率はP.D.群が8.97%、R.D.群が1.21%となった。また、発症件数をタンク本数に対して検討するとP.D.群とR.D.群はそれぞれ16,639本と13,846本に1回の割合で発症していたことが知られた。

キーワード：減圧症，高所移動，スクーバダイビング，レクリエーションダイバー，ナイトロックス潜水

#### Incidence of decompression sickness (DCS) in leisure divers

Harumi Nakayama\*, Masaharu Shibayama\*\*, Masahisa Komiya\*\*\*, Megumi Uchiyama\*\*\*, Nobuo Yamami\*\*\*, Masayoshi Takahashi\*\*\*\*, Yoshihiro Mano\*\*\*

\*Department of Anesthesiology, Ushiku Aiwa General Hospital

\*\*Komazawa Women's University

\*\*\*Department of Allied Health Sciences, Faculty of Medicine, Tokyo Medical & Dental University

\*\*\*\*Departments of Safety Engineering, National Institute for Resources and Environment

Actual hearing questionnaires on diving accidents had been carried to leisure divers in 1996 and 1997, and incidence of decompression sickness was especially investigated in detail. The number of subjects was 1,134 and 25 persons were suffered from DCS (2.2%), i.e.:13 of Professional

divers (P.D.) and 12 of recreation divers (R.D.). Three of P.D. had two times of DCS histories. The incidence of DCS in two groups of P.D. and R.D. was 8.97% and 1.21% in each. The mean number of used SCUBA tanks was 393 in both P.D. and R.D.. However, the ratio against DCS onsets was one time per 16,639 dives in P.D. and 13,846 dives in R.D. when the incidence was compared with dive times.

#### Keywords :

Decompression Sickness  
High Altitude Traveling  
Scuba Diving  
Recreation Divers  
Nitrox Diving

#### はじめに

日本のスポーツやレジャーダイビングの人気の定着に伴い、潜水指導団体が発行しているCカード(Certificated card:認定証)の発行枚数は確実に増え続け、1997年までの延べ枚数は81万枚と報告され、1998年には90万枚に近づいていると

\*牛久愛和総合病院麻酔科

\*\*駒沢女子大学

\*\*\*東京医科歯科大学医学部保健衛生学科

\*\*\*\*資源環境技術総合研究所安全工学部

表1 減圧症罹患患者数と割合

調査年度(年)	調査人数(人)	罹患患者数(人)	罹患率(%)
1991	134	5	3.7
1992	235	8	3.4
1996	498	12	2.4
1997	636	13	2.0
合計	1,503	38	2.5

\* 1991, 92年は参考資料。1996, 97年の平均罹患率は2.2%。

予測されるが、報告以外にCカードを持たないダイバーや海外で講習を受講しCカードを取得したダイバーを含めると、そのダイバーの延べ数は100万を超えられると思われる。

日本でのスクーバダイバーの分類は、スポーツやレジャーを目的とするダイバーをレクリエーションダイバー(以下、R.D.群)、インストラクターやガイドダイバーをプロフェッショナルダイバー(以下、P.D.群)と区分し、R.D.群とP.D.群を併せてレジャーダイバーと呼ばれている。

一方、レジャーダイバーの減圧症罹患患者数は確実に増加しており、東京医科歯科大学で取り扱われたレジャーダイバーの減圧症罹患患者数は1993年から1997年の5年間で53人を認め、漁業者や圧気作業員などを含めた総罹患患者数に占めるレジャーダイバーの発症割合は34%となっている<sup>2)</sup>。この原因及び実態を調べるために本稿は、世界的にみてもダイバーの集中率の高い西伊豆の大瀬崎でレジャーダイバーに対して聞き取り調査を実施し、高気圧障害(以下、潜水障害)の中でも特に減圧症の罹患に焦点を絞り、罹患数をタンク本数や年齢及び最大水深と比較するとともに、DAN Japan (Divers Alert Network: 潜水障害の緊急連絡網)の資料も含めて、減圧症予防のために検討を行ったので報告する。

## 対象と方法

1996年6月、10月及び97年6月、11月の週末を含む休日に、西伊豆の大瀬崎を訪れたダイバーを対象に潜水障害に関する項目について聞き取り調査を行った。但し、体験ダイビングやライセンス取得のために初めて潜水を行うビギナーダイバーは対

象から除外した。また、参考として1991年と92年に行われた実態調査資料及び1992年4月から1998年3月までのDAN Japan資料を引用した。

## 結 果

### 1. 調査人数及び減圧症罹患率の推移

調査人数は1991, 92, 96, 97年がそれぞれ134人, 235人, 498人, 636人であり、減圧症罹患既往ダイバー数はそれぞれ5人, 8人, 12人, 13人であったが、罹患率では、人数の増加に反してそれぞれ3.7%, 3.4%, 2.4%, 2.0%と減少傾向を示した(表1)。

### 2. 潜水実績と減圧症のリスク

1996年と97年の調査結果を表2にまとめた。表中の表現でタンクとあるが、これはスクーバで用いられるタンクを意味し、ボンベやシリンダーとも言われているが、ここではタンクと表現する。また、1本のタンクを使うことは、1回の潜水をしたと推定した。

表2の経験年数は、ダイビングを開始してからの経験年数であり、R.D.群が3.7年、P.D.群が9.2年であった。年間タンク本数は、調査時まで使用したスクーバタンクの1年間の本数(潜水回数)の平均であり、全体の平均は65本であった。延べタンク本数は、ダイビングを開始してからの延べ使用タンク総本数であり、全体の平均は390本であった。延べ減圧症罹患件数は、P.D.群の13人のうちに3人が2回の罹患経験があったため、それを含めた件数である。減圧症罹患患者数は25人であったが、延べ減圧症罹患件数は28件であった。減圧症罹患率は調査人数に対する減圧症罹患患者数の割合を表し、R.D.群が1.21%、P.D.群が8.97%とP.D.

表2 潜水実績と減圧症のリスク (1996年, 1997年調査)

項目	R.D.	P.D.	合計
人数	989	145	1134
経験年数(年)	3.7±3.8 (0.1~34)	9.2±5.3 (1.3~32)	4.7±4.6
年間タンク本数	42±45 (5~800)	222±142 (15~800)	65±88
延べタンク本数(本)	168±289 (5~3,000)	1,836±2,775 (73~29,400)	390±1,187
減圧症罹患患者数(人)	12	13	25
延べ減圧症罹患件数(件)	12	16	28
減圧症罹患率(%) <sup>1)</sup>	1.21	8.97*	2.2
減圧症罹患とタンク本数(本) <sup>2)</sup>	13,846	16,639	15,795

R.D.は、レクリエーションダイバー。P.D.は、プロフェッショナルダイバー（インストラクターまたはガイドダイバー）。

1) 減圧症罹患患者数/調査人数。2) 調査人数×(延べタンク本数/延べ減圧症罹患件数)。

\*は、×2値の5%有意水準 (R.D.とP.D.)。

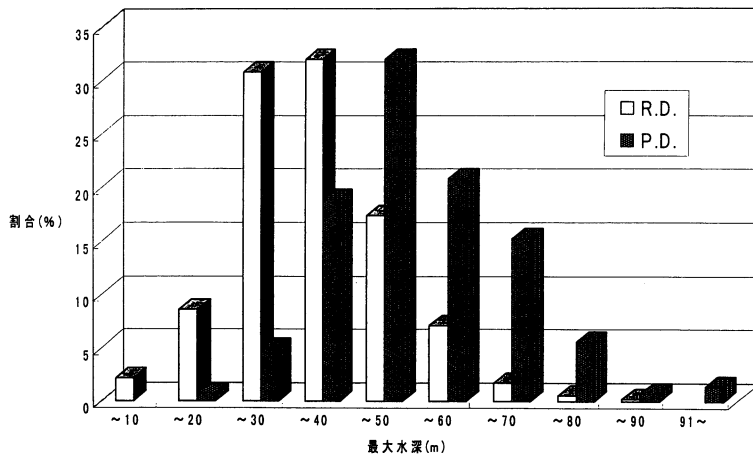


図1 レクリエーションダイバー (R.D.) とプロフェッショナルダイバー (P.D.) の最大水深の割合

群の罹患率が有意に高かった ( $p < 0.05$ )。減圧症罹患とタンク本数は、調査人数と延べタンク本数を乗じた延べ減圧症罹患件数の割合であり、1回の罹患に至るまでのタンク本数を表し、R.D. 群が

13,846本、P.D. 群が16,639本であった。

### 3. ダイバーの最大水深と減圧症罹患

図1は、各群の最大水深を比較した割合である。R.D. 群は21~40m、P.D. 群は41~50mにピーク

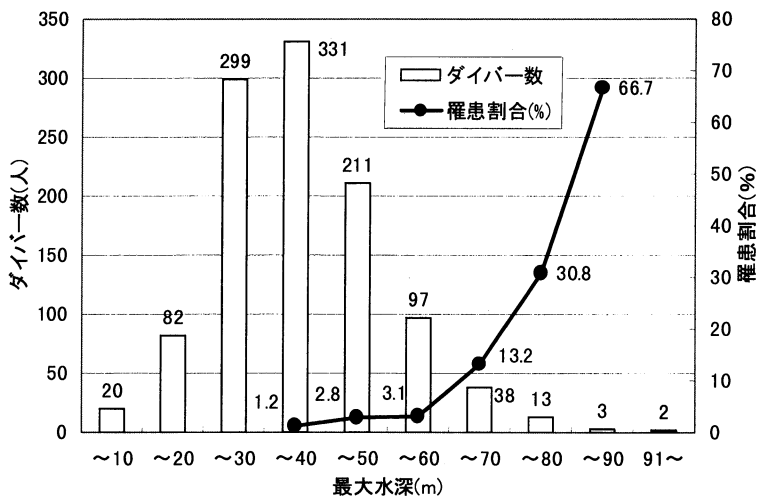


図2 最大水深と減圧症罹患割合

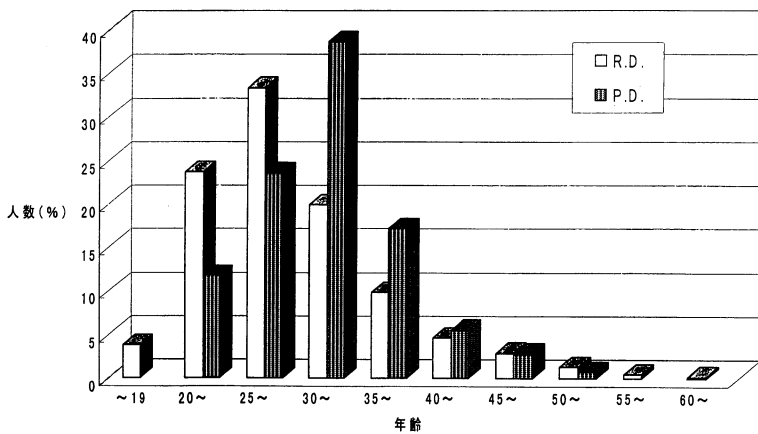


図3 レクリエーションダイバー (R.D.) とプロフェッショナルダイバー (P.D.) の年齢分布割合

があった。各群の平均は、R.D.群で35.4m (±SD12.4), P.D.群で52.3m (±14.7) の有意な差 (P<0.001) を認め、全体の最大水深の平均は36.2m (±13.7) であった。

図2は、ダイバーの最大水深と罹患率を示す。棒グラフは各最大水深に対するダイバーの人数、

折れ線グラフは各最大水深に対する減圧症罹患率である。減圧症罹患者の最大水深の経験は30mを超えてから認められ、60mを超えると急速に増加し、81m~90mまでの最大水深を経験したダイバーは3人であり、その中の2人が減圧症の罹患経験者であった。罹患者の最大水深と罹患率について

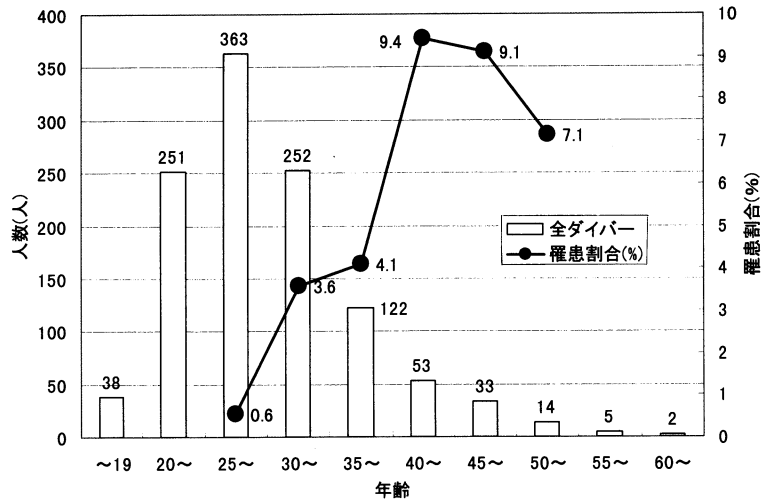


図4 年齢分布と減圧症罹患率

との相関には正の関係が認められた ( $r = 0.720$ )。

減圧症罹患率だけについて、最大水深の平均をみると、R.D. 群は58.9m(±17.9)、P.D. 群は59.0m (±14.7) で相違はなかった。

4. 年齢分布と減圧症罹患

図3は、R.D. 及びP.D. 各群の年齢分布を示す。年齢範囲は、R.D. 群が10~68歳、P.D. 群が20~52歳であった。平均年齢は、R.D. 群が29.0歳 (±7.5)、P.D. 群が31.6歳 (±6.1) であった。

減圧症罹患者の平均年齢は、R.D. 群が36.2 (±6.5) 歳、P.D. 群が37.4 (±7.2) 歳であった。

図4に両群の年齢分布と減圧症罹患率を示す。棒グラフは各年齢分布に対するダイバーの人数、折れ線グラフは各年齢分布に対する減圧症罹患率である。年齢が増すに従い罹患割合は高まり、40~44歳では9.4% (5/53人) の割合で減圧症の罹患経験を有していた。年齢と罹患率の相関には正の相関が認められた ( $r = 0.839$ )。

5. DAN Japan の資料

DAN Japan のホットラインを利用した6年間の総件数は、509件であり、その中で減圧症件数は、205件の53.8%を占め、その他の潜水障害は69件 (18.1%) であった (表3)。

表3 DAN ホットライン利用者の相談内容

相談内容	件数	%
減圧症	205	53.8
I型	77	37.5
II型	128	62.5
耳の障害	24	6.3
肺圧外傷	23	6.1
副鼻腔の障害	15	3.9
その他の高気圧障害	7	1.8
高気圧障害以外の疾患	107	28.1
計	381	100.0
その他	128	
合計	509	

(1992.4~1998.3)

考 察

日本におけるレジャーダイビングは、数年前よりその人気は定着してきたようである。

1997年までのCカード発行延べ枚数は81万枚と報告<sup>2)</sup>され、既に引退している者やクロスオーバ

一している者を除いても現在活動している実ダイバー数は30~50万人と予想される。レジャーダイビングの発展とダイバーの増加に伴い、潜水障害に対する指導教育・対策もより充実される傾向にある。

潜水障害の一つとして減圧症があるが、この疾患は潜水に伴う環境圧力の上昇により体内に窒素ガスが過剰に溶解し、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と考えられている<sup>3)-6)</sup>。

本調査研究の結果では、この数年間で減圧症罹患率の減少が認められる(表1)。しかし、1997年調査の2%の罹患率は仮に現在活動しているレジャーダイバー数を30万人と仮定すると、その推計学的罹患率実数の予測数は6,000人にも及び、決して望ましい状況とは言えない。本調査における減圧症罹患率の内訳は、P.D.群がR.D.群よりも約7.4倍の有意に高い割合を示していた(1.21 vs 8.97,  $p < 0.05$ , 表2)。またP.D.群の中で2回の罹患経験者は約23%(3/13人)であったが、この3人は治療を要しない軽度の減圧症であり、この程度の減圧症は特に問題としない意識傾向であった。

P.D.群の延べ平均タンク本数は1,836本、潜水経験年数の平均は約9.2年であった(表2)。9.2年で1,836本とは1年で約200本の潜水を行っていることになる。年間に約100日の潜水を行い、そのほとんどが1日に2本ずつ行う週末のダイビング指導と考えると、各週末に約4本の潜水を行っている計算になる。職業としてのP.D.群から見ると無理な潜水とは言い難いが、P.D.群の中には32年間で29,400本(1年で918本、毎週17.7本)の潜水経験を有するダイバーもみられ、かなり過酷な潜水頻度を有する者も含まれていた。

減圧症の発症リスクをタンク本数の関係で検討すると、タンク本数が15,795本に1回の割合で減圧症に罹患することが導かれた(表2)。Arness<sup>7)</sup>の報告では7,400ダイブ(タンク本数)に1回の減圧症発症を認めているが、DAN<sup>8)</sup>や Wilmshurst<sup>9)</sup>の調査報告では10,000~20,000本に1回の割合で減圧症に罹患しており、本調査と一致している。仮に週末に活動しているダイバーが約4,000人として、各ダイバーが週末の2日間にかけて4本の

ダイビングをすると、合計で16,000本の潜水が行われることになる。即ち、各週末毎に1件の割合で減圧症が発症している計算となる。実際にDAN Japanのホットライン利用者で減圧症の心配で連絡したダイバーは6年間で205件(表3)であり、これを1週間の割合で計算すると0.65件となる。つまり減圧症罹患ダイバーの2/3がDANへの連絡をしたとするならば、本調査の16,000本に1回の減圧症罹患数はほぼ一致する数値と思われる。

一方、減圧症に罹患したダイバーの最大水深の分布から検討すると、経験した最大水深の平均水深の分布は30m~40mに集中し、約36mであった(図2)。減圧症罹患患者だけの最大水深の平均値は58.9m(±15.9)であり、どちらも一般的にレジャーの上限とされる30mを大きく上回るとともに、非罹患率との有意な差( $p < 0.01$ )がみられた。罹患率も水深とともに指数関数的に上昇し、その間には正の相関が認められ( $r = 0.720$ )、深い潜水は発症の一因であることが明らかになった。

年齢分布と減圧症罹患率の関係では、全体の年齢分布は20~34歳に集中し(図4)、平均では29歳であった。しかし、減圧症罹患患者だけの平均年齢は37歳と8歳の差があり、40歳以上の年齢層での罹患率が高い傾向が認められた。年齢と罹患率とは高い正の相関が認められ( $r = 0.839$ )、年齢が増すほど減圧症の危険は高くなるようになった。このことは以前から指摘されており<sup>10)</sup>、本稿においても一致した結果となった。

レジャーダイバーに対する減圧症予防の教育は積極的に行われているが、さらに安全対策を推進するためには、問題となる発症リスクの要因を解決しなければならない<sup>11)-14)</sup>。その一つは、ダイブコンピュータに対する考え方である。ダイブコンピュータの指示を守っても減圧症への危険は存在する。安全なダイビングのための器材のはずが、ダイビングをより追求するあまりダイブコンピュータを過信したり、無視した潜水を行い、結果として減圧症のリスクを上げる可能性がある<sup>13)14)</sup>。また、本調査地の大瀬崎においては高所移動が問題となり<sup>15)16)</sup>、ダイバーの約70%が潜水後に高所移動を行うため<sup>17)18)</sup>、明らかに減圧症のリスクを上昇させる要因となっている。

これらの減圧症発症予防の対策としてナイトロ

ックス (Nitrox) の実用化が進められ、一部の地域では既に利用されている。減圧症を予防するための Nitrox の一つの試みとは、Nitrox を使用するが減圧表及びダイブコンピュータは空気潜水用として使うことである。Nitrox で用いられる窒素濃度は50~68%である。空気よりも窒素の割合が少ない分だけ、窒素の体内への溶解量が減少し減圧症に対する安全率が高まることになる。さらに近年日本でも、潜水事故時の緊急避難行為の一つとして酸素供給が行われ始めてきた。この酸素供給は、酸素の管理システムや取り扱い方法などが解決された後には有効な予防手段となろう。

以上の事実が示唆することは、レジャーとしてダイビングを楽しむ R.D. 群でさえ危険な潜水を行い、P.D. 群と同等以上のリスクを背負ってダイビングを行っているということである。本来の R.D. 群は、適切な指導者や安全マニュアルに準じた安全なダイビングを行うはずであり、減圧症のリスクは低くあるべきである。ところが、誤ったダイブコンピュータへの過信、潜水後の高所移動、体調を無視したダイビングなどが減圧症発症を促す因子となり、発症率が2%を示したり、40歳以上の発症率が高い傾向を示したものと思われる。こ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行うべきであろう。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、減圧症の発症の低下につなげることができれば本調査研究の目的が達成されると考えられる。

## ま と め

- 1) 1,134人の調査対象ダイバー中の減圧症罹患経験者は2.2% (25人) であった。罹患率はレクリエーションダイバーが1.21% (12/989人)、プロフェッショナルダイバーが8.97% (13,145人) であった。減圧症罹患に対するタンク使用本数との関係は、全体で15,795本に1回の罹患を認め、R.D. 群で13,846本、P.D. 群で16,639本に1回であった。減圧症罹患者は、1週間に1件の割合で発症していると推定された。
- 2) 多くのダイバーが安全水深の境界とされる30mを超えて潜水しており、深い潜水の危険性と安全水深以浅の潜水を再認識された。

- 3) 年齢と減圧症罹患率との間には強い正の相関が認められ、年齢が増すに従い減圧症へのリスクが高くなった。レクリエーションダイバーとプロフェッショナルダイバー間の年齢と減圧症のリスクには有意な差が認められなかった。

## 【参 考 文 献】

- 1) 海中開発技術協会：平成9年度ダイビング産業の実態に関する動向調査，東京，(社)海中開発技術協会，1998，p18-20
- 2) 眞野喜洋，芝山正治，山見信夫，中山晴美，杉山弘行，泉谷敏文，新井 学，五阿彌勝穂：減圧症発症の年次推移と職業別及び病型別分類，日高压医誌，投稿中
- 3) 眞野喜洋：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と問題点—，日高压医誌，23(4)：185-192，1988
- 4) 川島真人，野呂純敬：減圧症，最新医学，49(7)：22-27，1994
- 5) 眞野喜洋：潜水医学，東京，朝倉書店，1992，p193-236
- 6) 眞野喜洋：減圧症に対する高压酸素療法，整形・災害外科，23(2)：133-142，1980
- 7) Arness M. K.: Scuba decompression illness and diving fatalities in an overseas military community. Aviation, Space, and Environmental Medicine, 68(4) : 325-333, 1997
- 8) Proceedings of Repetitive Diving Workshop. DAN 1992 Report on Diving Accidents and Fatalities. Duke University Medical Center, American Academy of Underwater Sciences, March, 18-19, 1991
- 9) Wilmshurst P.: Analysis of decompression accidents in amateur divers. Progress in Underwater Science, 15; 31-37, 1990
- 10) 眞野喜洋：圧気作業下での潜函病とその対策，基礎工，1992，3：30-37
- 11) 梨本一郎，鈴木秋信，清水信夫，佐野弘幸，望月徹 (eds)：新潜水士テキスト，東京，中央労働災害防止協会，1996，p223-235
- 12) 杉山弘行，神山喜一：不活性ガスと急性減圧症，日高压医誌，30(3)：163-169，1995
- 13) 小此木國明：ダイブコンピュータ (Dive Computer) と安全管理について，潜水医学実験隊報告，10(2)：22-35，1993
- 14) 芝山正治：潜水で用いる自動減圧計によって発症した減圧症について，駒沢女子大学研究紀要，3：95-100，1996
- 15) Vann RD, Dovenbarger J, Bond J, Bond B, Rust J, Wachholz C, Moon RE, Camporesi EM, Bennet PB: Decompression sickness and diver-carried computers. European Undersea

- Biomedical Society Newsletter, No. 11.8-13. 1989
- 16) 眞野喜洋：高地や航空機での危険性, 日高圧医誌, 29(3) : 145-150, 1994
  - 17) Yamami. N, Mano Y, Sibayama M, Fujita H, Sera A. M, Kawashima M, Kitano M, Takahashi M, Nakayama H, Nakayama T : Hyperbaric exposure after diving and decompression sickness on emergency calls of divers alert network in Japan. Undersea and Hyperbaric Medicine, vol 23, 58, 1996
  - 18) 中山晴美, 芝山正治, 山見信夫, 内山めぐみ, 東美奈子, 高橋正好, 眞野喜洋：レクリエーションダイバーの高気圧障害に関する実態調査その5—減圧症と高所移動—, 日高圧医誌, 32(1) : 37, 1997