

Ⅱ． 減圧症の発生頻度

・ Nakayama H. Shibayama M. Yamami N. Togawa S. Takahashi M. Mano Y.

Decompression sickness and recreational scuba divers, Emerg Med J. 20(4):332-4, 2003 Jul (7)

・ Harumi Nakayama, Masaharu Shibayama, Nobuo Yamam, Seiichiro Togawa, Yoshihiro Mano

Incidence of decompression sickness (DCS) in sports divers.

Program in the 17th Meeting of the United States-Japan Cooperative Program in Natural Resources (UJNR)

Panel on Diving Physiology, 2004.

Incidence of decompression sickness (DCS) in sports divers

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

1.目的

2004 年現在、日本のレジャーダイバー人口は 約 40 万人と予測されている。一時の爆発的ブームは落ち着いたものの C カード発行枚数は毎年 8 万件が更新され安定したダイバー人口が見込まれている。これらのダイバーの潜水活動により起こった潜水障害^{2,3)}について、1996 年以来、8 年間のアンケート調査を行ってきたので、その結果から最近の日本のレジャーダイビング状況について考察する。

2.調査場所及び方法

調査地は東日本のダイバーが潜水活動のために集中する、静岡県伊豆半島西海岸北端の大瀬崎とした。調査地で潜水を行っているダイバーを無作為に抽出し、対象とした。この中にはレクリエーションダイバー及びインストラクターダイバー並びにガイドダイバーが含まれている。但し、はじめてダイビングを行う者は除き、使用タンク本数の下限を 6 本とした。調査期間は、1996～2003 年の 8 年間に渡って実施した。

3.結果

調査人数は延べ 3,819 人（♂:♀ :=62:38）、平均年齢 31.4 ± 8.2 歳であった。減圧症発症件数は 82 件、罹患者 72 人で反復罹患者が見られた。減圧症罹患者率 1.89%で潜水 19,104 回に 1 回の割合での罹患率であった。年次推移では平均年齢の上昇、過去の経験潜水回数の増加、2003 年における減圧症発症率増加がみられた。

4.考察とまとめ

レジャーダイビングのブームからすでに 10 年以上が経過し、キャリアを積んだダイバーが増えているものと思われる。各ダイバーの安全に対する意識も深まり減圧障害を回避する対策を心得てきている。しかし、減圧障害の病態が認知されるにつれ、今まで見逃さ

れていたと思われる罹患に気づくようになり、減圧障害の発症率上昇につながっているようである。臨床で見られる減圧症症例を参考に、本調査で得られた結果について分析し報告する。

1. Objectives:

Recreational scuba diving has been introduced in Japan since 1980's. Though temporarily diving boom in Japan has already passed, diving activity is still popular in Japanese. Based on the numbers of certification cards issued in the past, the number of Japanese divers is assumed to be one million, including non active divers. And newly certification card are 80,000 per year including crossover licenses and step up licenses, suggesting that stable diving popularity in Japan¹⁾. Because of average diving experience of recreational Japanese divers are around five years, the number of Japanese recreational divers is estimated to 280,000 to 300,000, in 2004. In Japan, there have been very few investigations into the incidence of DCS among recreational divers. Most of those studies were based on the number of divers consulted by a physician in a hospital^{2,3)}.

The aim of this study is to clear the status of recreational scuba divers in Japan for promoting more safety recreational diving.

2. Methods

The subjects of this survey included diving instructors as well as recreational divers. Recreational divers were limited to divers in either of two categories: those possessing a C-card and those who had gone dived at least five times.

Data for this study were gathered prospectively from questionnaires. They had been completed through random interviews with divers. These divers were enjoying diving at the most famous diving spot in Japan, the Osezaki area on Izu peninsula. We have obtained informed consent from the divers.

The data presented were collected over a six-year period from June 1996 to October 2003. We have performed random interviews twice a year, every June and October. The total number of interviewing times was twelve during that period. Since our survey based on random interview, and the number of divers at survey area differed in every time, we therefore could not collect from the equal number of questionnaires every year.

Data collected included age, sex, years diving, total number of dives, dives per year, experienced maximum diving depth, and diving activity on day of survey.

We categorized the diseases associated with diving into nitrogen narcosis, barotraumas of ear, barotraumas of paranasal sinus and DCS. These are the most common diseases among recreational divers^{7,9)}. However there were some divers who often experienced these diseases, or experienced more than one disease at a same time, we inspected the numbers of divers experiencing at least one of any diving disease and calculated the rate of divers who contracted one of any diving disease.

Similarly, concerning DCS, some divers suffered from it repeatedly. Therefore we investigated the number of cases of DCS developed as well as the number of divers who have suffered from DCS.

To obtain the ratio of DCS occurrence among divers enjoyed at Osezaki, we performed the calculation as follows;

Table 1

**Diving activity and incidence of DCS among
divers at Osezaki (1996~2003)**

Number of divers	3,819
Average period of diving activity (year)	4.92
Average number of dives per year (times)	61.9
Average number of total dives (times)	410.2
DCS developed cases (cases)	82
Rate of DCS developed cases (DCS developed cases/Number of divers)	1.89 %
DCS occurrence among 3,819 divers (Number of divers*average number of total dives/DCS developed cases)	19,104

Table 2

**Average number(rate) and types of diseases associated
with diving at Osezaki (1996~2003, n= 3819)**

Number (rate %) of cases of	
Nitrogen narcosis (%)	442 (11.6)
Barotraumas of ear (%)	406 (10.6)
Barotraumas of paranasal sinus (%)	208 (5.6)
Decompression sickness (%)	72 (1.8)
Total (cases)	1128 (22.4)
Divers investigated	3819
Number of divers experiencing at least one of any diving disease	774
Divers experiencing at least one of any diving disease (%)	22.4
(Number of divers experiencing at least one of any diving disease/Divers investigated)	

***Diving diseases include nitrogen narcosis, barotraumas of ear,
barotraumas of paranasal sinus and decompression sickness**

(1) Counting the number of dives by adding up all the number of experienced dives among reliable responses from divers.

(2) Calculation of the ratio of one DCS occurrence in proportion to numbers of dives by dividing of the number of DCS developed cases from the number of experienced dives.

3. Results

Figure 1 shows the general picture of Japanese recreational divers. The total number of divers were 3,819 (♂:♀=62:38) and the average age of them were 31.4 ± 8.2 years old during the study period of eight years. Average period of their diving activity was 4.92 years and they dive approximately 62 times per year. The number of diving experiments for each diver was summed up to 410 times in total. Calculated DCS developed case was 82 including 10 plural suffered cases. The incidence of divers with DCS was 1.89%. It was equivalent that each diver faces to the risk for DCS suffering every 19,104 dive among 3819 divers.

Figure 2 summarized the diving associated problems among investigated subjects. The most frequent problems was nitrogen narcosis followed by barotraumas of ear. The number of divers experiencing at least one of any diving problems was 774 (22.4%).

Figure 3 shows the annual number of DCS cases among divers at Osezaki. From 1996 to 2003, the trend of the number of DCS cases looks mild decreasing, whereas the DCS occurrence rate tends to be slightly increasing, especially after 2000.

We have compared the proportion of each age group between all divers at Osezaki with DCS patients at Tokyo medical and dental university (TMDU). Figure 4 shows that the peak age group of DCS patients is from 30 to 39, whereas that of Osezaki divers is 20 to 29. When it comes to the proportion of older than 50years, it accounts 6% among DCS patients whereas that accounts 2.5% among Osezaki divers.

4. Discussion

This study shows that although individual divers are extremely unlikely to experience DCS, it is likely that one case may arise per week in centers such as Osezaki. The average maximum depth of diving was 37.4 ± 12.9 meters.

DCS is known to occur from the bubbling of supersaturated nitrogen in a body due to inadequate decompression^{3, 4)} and seems to be caused by imprudent diving actions. According to textbooks of commercial diving instruction organizations, recommended depth is shallower than 20 meters for beginner divers, and shallower than 30 meters for more trained recreational divers in Japan^{5, 6)}. On the other hand, the average maximum depth of diving was 37.4 ± 12.9 meters, a finding that suggests Japanese recreational divers tend to dive too deeply. Not only DCS, but nitrogen narcosis can be brought by such deeply diving. And we insist that diving depth must be more strictly controlled.

Usually, DCS symptoms are thought to develop within two hours after the diver surfaces^{2, 7)}. However, we reported that DCS might occur even more than two hours after surfacing, when divers are moving through high altitudes by car⁸⁻¹⁰⁾. Moving to a higher altitude shortly after diving can cause a development of DCS¹¹⁻¹⁴⁾. To return to Tokyo, Nagano or Yamanashi Prefecture, all those who dive on the west coast of Izu peninsula such as Osezaki, have to cross over highlands reaching 400 m above sea level. And we have also reported the fact that 76 ~ 92 % of divers who dove at Osezaki have to move to a high altitude after diving on way to home^{8, 9)}. This fact may strongly suggest a heightened

Annual number of DCS cases among divers at Osezaki.(1996~2003,n=3819)

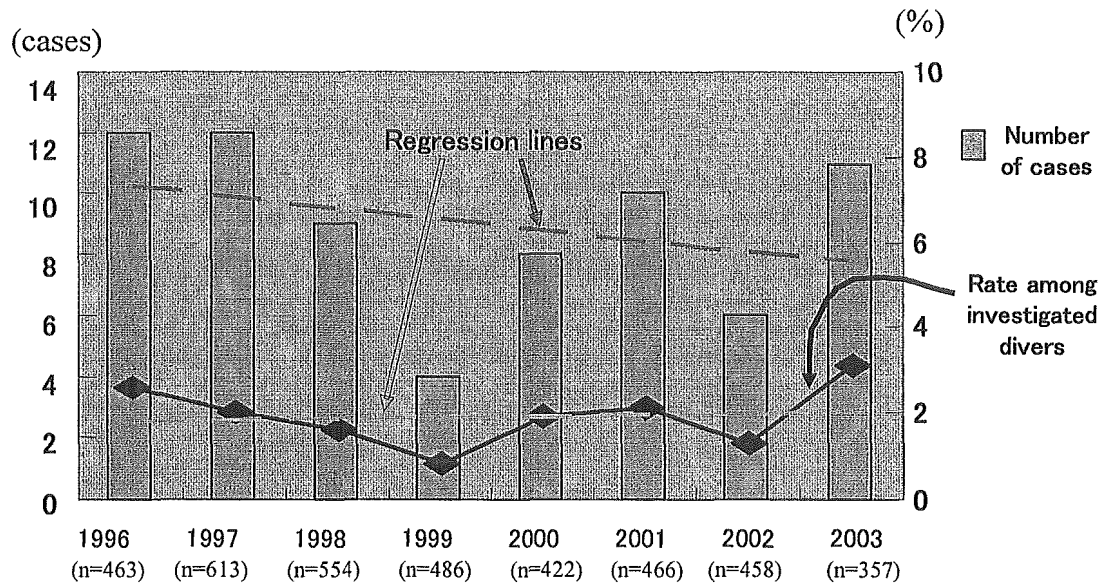


Fig 1

Comparison of proportion of age group between patients at Tokyo Medical and Dental University(TMDU) and divers at Osezaki

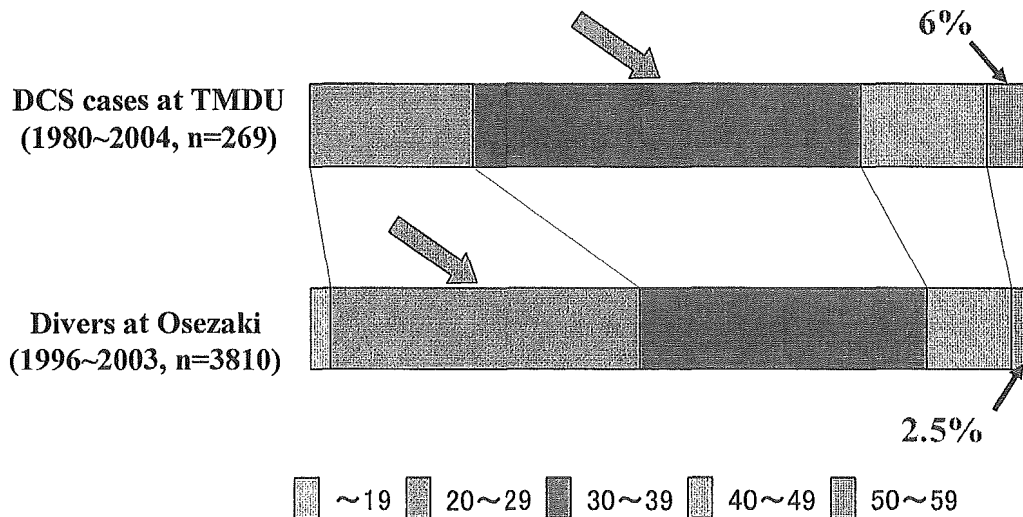


Fig 2

risk of DCS, even if more than two hours have passed after diving. According to a report of DAN Japan, (Divers Alert Network in Japan), which operates a hotline for recreational divers, showed that 25 % of divers suffered from DCS had moved to high altitudes, namely

more than 400 m above sea level, after diving¹⁹.

Based on our consideration of the relationship between the incidence of DCS and the number of dives, including cases caused by crossing through high altitudes, DCS occurred at a rate of once every 19,104 dives. Arness¹⁹ reported DCS developed once in 7,400 dives. On the other hand, DAN¹⁶ and Wilmshurst¹⁷ documented rates of DCS showed 1 / 10,000 and 1 / 20,000, respectively. These reports can agree with our findings. However, the aspects related DCS seem to be changed recently. The number of a so-called "Mild DCS" case, which shows just numbness or paresthesia, are increasing, and such cases push up the total number of DCS cases. The average incidence was about 10 per 10,000 dives and 1.3 per 100 divers from 2003 DAN report based on the data of 2001. These reports throw doubt on our data as well as safety diving activity. Facing that such aspect, we feel the need for another approach to investigate the diving injuries. Although we did not examine the influences of altitude to DCS in this questionnaire, the relationship between crossing through high altitudes and DCS should be more considered for estimation of occurrence of DCS incidences.

When we focused on divers age, peak age group among DCS patients at TMDU was higher than divers at Osezaki... In this context, we regard the divers at Osezaki represent the general picture of Japanese recreational divers and DCS patients at TMDU represent the characteristics of divers contracted with DCS. The proportion of the percentage of divers more than 50 years old among DCS patients was greater than the percentage of divers at Osezaki in same age group. In 2002, I investigated more than 850 DCS cases on Hawaii from 1983¹⁸, I also noticed that increasing of number of DCS cases among older than 40 years old. These finding suggest that aging is one of the risk factors for development of DCS.

To prevent the development of DCS, we propose to make use of inhaling oxygen positively after diving or to keep waiting some hours before crossing through high altitudes, otherwise, diving with nitrox (a mixed gas containing 30 ~ 40 % oxygen and the rest is nitrogen) can helpful for the issue if they use air dive regulation. However, it should be realized that the most important matter is consciousness of every diver for safety leisure diving.

Ear trouble was common among recreational divers, and our results shows about 10% of divers suffered from barotraumas of ear. Divers, especially for nobis divers need to learn adequate way to equalize pressure at middle ears. And we found that more than 20% of divers experienced plural diving troubles, suggesting that the situation is not easy among Japanese divers.

Finally, we would emphasize that the results of the present investigation may contribute valuable educational information for a safety guide against DCS and diving related problems for Japanese recreational diver

Conclusions: This investigation revealed that the status of recreational diving in Japan reaches almost full growth. Though the divers are getting conscious to safety diving, the

risk for DCS suffering is still not easy. And it is obvious that divers must be conscious for safety recreational diving & hazard of diving associated diseases.

References

- 1) Japan Recreational Diving industry Association. *Investigation research reports on the diving industry*. Tokyo. The Japan machinery Federation, 2001; 29 - 35.
- 2) Kawashima M, Noro S. Decompression sickness (in Japanese). *Saishinigaku* 1994; 49: 22 - 27.
- 3) Mano Y. The matter and points of DCS treatment at Tokyo Medical and Dental University. *Jpn J Hyperbar Med* 1988; 23: 185 - 192.
- 4) Mano Y. *Diving Medicine* (in Japanese). Tokyo. Asakurashoten, 1992; 193 - 236.
- 5) Komiya M, Shibayama M, Nakayama H, et al. Beginner divers' senses of safety -Their actual diving death-. *Jpn J Hyperbar Med* (in Japanese). 2002; 37: 75-79.
- 6) Drew Richardson. *PADI open water manual*. PADI Japan 1999; 186-207.
- 7) The Department of Labor, eds. *New Divers Text* (in Japanese). Tokyo. Central Association of Industrial Accident Prevention, 1996; 223 - 235.
- 8) Yamami. N, Shibayama M, Mano Y, et al. Peculiar diving activity on sport divers who live in Kanto-area; decompression sickness by movement to altitudes after diving (in Japanese). *J Jpn Society Clin Sports Med* 1999; 7: 68-75.
- 9) Shibayama M, Nakayama H, Mano Y, et al. Present state of the recreational divers -The analysis from the field study (in Japanese). *Jpn J Hyperbar Med* 1998; 33: 201 - 204.
- 10) Yamami N, Mano Y, Shibayama M, et al. Hyperbaric exposure after diving and decompression sickness on emergency calls of divers alert network in Japan. *Undersea and Hyperbaric Medicine* 1996; 23: 58.
- 11) Yamami. N, Shibayama M, Mano Y, et al. Decompression sickness of sport divers induced by flying after diving (in Japanese). *J Jpn Society Clin Sports Med* 2000; 8: 171 - 6.
- 12) Mano Y. The risk of altitudes and airplanes (in Japanese). *Jpn J Hyperbar Med* 1997; 29: 145 - 150.
- 13) Sheffield P.J. Flying after diving guidelines: a review. *Aviat.Space Environ Med*. 61:1130-1138. 1990
- 14) Van R.D. Flying after diving: a database. In: *Flying after diving*. Ed. P.J. Sheffield. Undersea and Hyperbaric medical Society, Bethesda. 179-222. 1989
- 15) Arness M.K. Scuba decompression illness and diving fatalities in an overseas military community. *Aviation Space Environmental Med* 1997; 68: 325 - 333.
- 16) Proceedings of Repetitive Diving Workshop. DAN 1992 Report on Diving Accidents and Fatalities. *Duke University Medical Center, American Academy of Underwater Sciences* 1991; March: 18 - 19.
- 17) Wilmshurst P. Analysis of decompression accidents in amateur divers. *Progress in*

Underwater Science 1990; 15: 31 - 37.

- 18) Harumi Nakayama, Richard W. Smerz. Descriptive epidemiological analysis of diving accidents in Hawaii from 1983 to 2001. *Hawaii Medical Journal Progress in Underwater Science* 2003; 62: 164 - 169.

Ⅲ. レジャーダイバーの減圧症発生を総合的に評価研究

・ 眞野喜洋：レジャーダイバーの減圧症発症率を考える
安全潜水を考える会研究集会発表集、7:3-15、2004.11.

レジャーダイバーの減圧症発症率を考える

1. はじめに

この会も今年で 7 回目を迎えました。「安全潜水を考える会」の目的は、安全潜水の普及であり、潜水事故を減らすことに努力することですが、なかなか事故は減らないようです。

DAN JAPAN(海上保安庁を含む)が収集している資料によると、本年('04)8 月までにレジャーダイビングにおける潜水事故に遭遇した方が 37 名、その内、死亡あるいは行方不明となった方が 11 名と報告されています。潜水事故は、レジャーダイビングの世界だけでなく、港湾土木などの職業潜水者でも本年は 3 名の方が潜水の業務中に亡くなり、年平均の 1 名位('03.は 2 名)の死亡から一向に減少しないのが実態です。

そこで、本日のテーマは減圧症の発症率を考えるということを中心に話を進めていきます。その前に、プロのダイバーの方々が、どのような安全管理をして潜水作業に臨んでいるかについて、説明し、参考にさせていただきます。その後、本教室の芝山と小宮らが 10 年間の大瀬の実態調査について、レジャーダイバーの減圧症の発症率は何パーセント位なのかという推計値で求めた研究結果をお話しします。

大瀬の調査結果は、大変評価されており、1 ヶ月前の'04.10 月に東京医科歯科大学で潜水の国際会議が開催され、その時も発表しましたが、インターナショナル DAN の幹事をしているピーター・ベネットという方が大変激賞してくれ、「DAN 組織の中でも、ここまで調査し、減圧症発症率の推計値は求めたものはない」と評価してくれました。同じような調査研究は、イギリスで発表されていますが、結果はほとんど同じ数値です。

日本におけるレジャーダイビングのダイバー人口、減圧症発症率、耳の障害の発症率、それ以外の潜水障害の発症率などの調査結果を紹介しながら進めていきます。

2. 潜水深度と潜水機器

図 1 は、潜水の深度によって使われる潜水機器が異なります。浅いところは、スクーバ(SCUBA)を使い、浅いところからある程度の水深ではフーカーと呼ばれるシステムやヘルメットのエアライン(送気式)マスクを使うダイビング方式があります。

少し深くなったり、潜水時間が長引く場合は、ベルダイビングと言われる方式を用い、ベル(水中エレベータ)に乗り、潜水地点まで移動して、潜水作業をする方式があります。

もっと深くなると、長時間作業が必要になり、飽和潜水システムと言う船上に DDC(居住用再圧室：ホスピタルロック)を設置し、そこで生活をしながら、潜水作業をするときに SDC(水中エレベータ)に乗り、目的水深まで潜降して作業、作業が終了したら再び SDC に乗って船上の再圧室(DDC)に戻り、主たる生活の場合は再圧室で行う方式をとります。開始から減圧終了までの期間は、最大で 28 日位です。

もっと深いところとか、汚染されたところの潜水では、R.O.V.が使われます。これはロボット(無人潜水艇です)。

もっと深くに潜水する場合には、海洋研究開発機構(旧 海洋科学技術センター、横須賀)のしんかい 2000 や 6500 のような潜水艇が使われます。

3. 職業ダイバー人口と使用器材

日本の職業ダイバー数を表 1 に示します。

港湾土木に関係しているダイバー数は、日本潜水協会(国土交通省の外郭団体)の調査で 5～6 千名ほど、水産関係は 2,500～3,000 名ほど、探査・調査・救難は 1,500～2,000 名ほど、漁業関係(海女など)は、素潜りで潜る人たちを含めると 3,000～4,000 名ほど、その他と、合計で約 2 万人弱の方がプロのダイバーとして存在しています。

使われている器材は、港湾土木関係はかつては、ヘルメット潜水器が

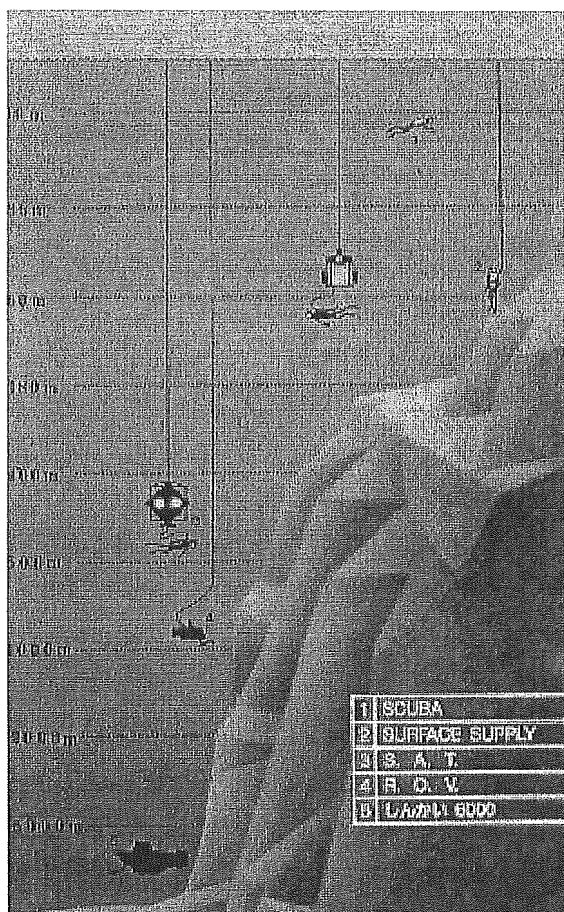


図1 潜水深度によって使われる機器

表1 職業ダイバー人口と所属会社数の推定

職種	会社数	ダイバー数
港湾土木	1,200	5,000～6,000
水産業	800	2,500～3,000
海中探査、調査、救難	200	1,500～2,000
海女(海人)	?	3,000～4,000
その他	?	2,000
計	2,200	14,000～19,000

表2 使用潜水器材の割合(%)

職種	SCUBA	フーカー(フルフェイスマスク)	ヘルメット
港湾土木	10	80	10
水産業	70	10	20
海中探査、調査、救難	90	10	0
沖合作業(油田、天然ガス)	5	95	0
その他	95	5	0

表3 職種別の作業水深の割合(%)

	～10m	～20m	～30m	～60m	～80 m	81m～
港湾土木	35	45	18	2	0	0
水産関係	20	30	30	15	4	1
海中探査、調査、救難	30	30	20	15	4	1
沖合作業(油田、天然ガス)	5			30	50	15
その他	50	25	20	4	1	

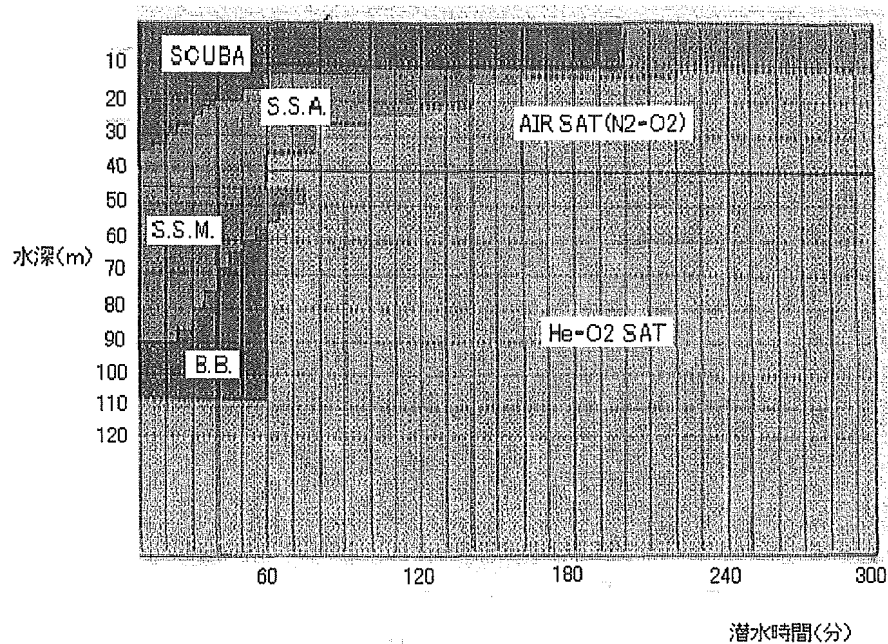


図2 潜水作業別ガイドライン(深度・時間制限)

注意事項：水中作業時間と深度より所要潜水整備を決定するガイドラインとすること

多数を占めていましたが、最近では 10%程度となり、80%はフルフェイスマスク(フーカー潜水器)を使い、残りの 10%はスクーバ潜水器を使っています。水産関係は、70%位がスクーバ潜水器を使っていますが、ウニ採りなどの場合は、ヘルメットを使うケースが 20%位残っています。探査作業は、ほとんどがスクーバです。油田や天然ガスの潜水作業では、

表4 スクーバ潜水(SCUBA)の注意事項と禁止事項

注意事項
1. 単独潜水にあたっては、ライフライン付有線電話装置を必ず使用し、通話を確保すること。
2. 無減圧潜水限度に近づく事を考慮にいれ、3 m に予備のポンペを用意しておくこと。
3. 可能な限り、オープンボトムベルまたは、ステージを用意し、潜水回収を迅速に行うこと。
4. スタンバイ潜水土を必ずつける事。
禁止事項
1. ライフライン及び有線通話をもちいぬ単独潜水については、これを禁止する。
2. 無減圧潜水時間以上(水中減圧をおこなう)のスキューバ潜水作業は、禁止する。

表5 サーフェイス・サブライズ・エアー(S.S.A.)の注意事項と禁止事項

注意事項
1. 全ての減圧を必要とする潜水作業をおこなう場合には、このモードの潜水設備を用意する。20m以深の潜水作業をおこなう場合には、再圧タンクを必ず用意する。
2. 再圧タンクは、潜水設備設置場所にてただちに使用できる状態にある事。
3. 水中での減圧を必要とする場合、または40m以深の潜水作業をおこなう場合には、オープンボトムベル、または潜水ステージを必ず用意する。
4. スタンバイ潜水土は必ず用意する。
禁止事項
1. 50m を超えるこのモードの潜水作業は、原則的に禁止する。
2. 寒冷地、重作業、潜水土の判断が要求される水中作業の場合で45mを超えるこのモードの潜水作業は、原則的に禁止する。

原則として、ダイビングベルを使い、フーカー潜水です。

職種の違いによる潜水深度は、港湾土木では平均 15m 位で、ほとんど 20m 以内です。水産関係は深く潜ることがあり、定置網が沖合 1.5 ～ 2km に設置されていると、水深 80m とか 100m に達することがあり、スクーバで潜水します。その結果、年間に 2 ～ 3 名ほどの重症減圧症が発症し、去年('03)も 1 名が亡くなりました。水中探査は、30m 位です。沖合作業の場合は、原則 30m より深い水深になります。

作業携帯の違いによりガイドラインを作成しています。それを図 2 に示します。安全管理のために、基準を作成しました。図 2 は、縦軸に水深、横軸に時間を取り、ブルー(SCUBA)で示している範囲がスクーバ潜水可能、それより深くなると、黄色(S.S.A.)の範囲がサーフェイス・サブライズ・エアー(フーカー潜水)での作業可能範囲とする。赤(S.S.M.)の範囲が、サーフェイス・サブライズ・ミックス(混合ガス潜水)でミックスガスを使う範囲で、ヘリウムを使ったヘリオックス(ヘリウム：酸素)やトライミックス(ヘリウム：酸素：窒素)の混合ガス潜水としています。この水深よりも深くなる場合には、もうサーフェイス・サブライズでは無理です。この場合はベルバンスダイビング(B.B.)とします。灰色(AIR SAT と He-O2 SAT)で囲った部分は、少なくとも 40m より浅い部分においては、エアサット(空気

表6 サーフェイス・サブライズ・ミックス(S.S.M.)の注意事項と禁止事項

注意事項
1. 減圧テーブルについては、あと5分の予備時間があるか、非常事態も考慮にいれこの範囲とする
2. 場所によっては50m以上のS.S.M.は禁止されている所もあるので事前に確認すること。
3. 潜水土の昇降手段として、オープンボトムベルか潜水ステージを必ず用意する。
4. スタンバイ潜水土を必ず用意する。
禁止事項
1. 90m以深のS.S.M.は禁止する。

の飽和潜水、あるいはナイトロックス：窒素と酸素の混合ガスの飽和潜水)であり、40mを越えた場合には、原則としてヘリウム酸素、トライミックス（ヘリウム、酸素、窒素）混合ガスを使った潜水となります。

この基準を作り、使用機器を選びダイビングを行うことにしています。

(1) スクーバ(SCUBA)潜水

スクーバを利用したときの注意点は、ライフライン(連絡網)の確保です。ダイバーと海面とを結ぶラインです。このラインは有線で通信が可能な形式のものです。過去の潜水事故の中でエアラインがあったために救助できた例があります。単独潜水で潜水しなければならぬ場合は、必ず通信装置を付け、無減圧潜水範囲内の潜水に止める。ところがレジャーダイバーはダイビングコンピュータで無減圧潜水のぎりぎりか、有減圧潜水をしています。コンピュータの指示を守れば大丈夫と考えているようですが、これは問題です。

スクーバ潜水では、浮上時に利用できるように水深 3m に予備タンクを用意し、空気切れに対してバックアップができるシステムが必要です。レジャーダイバーで潜水中に空気切れを起こし、仕方なく海面まで浮上してしまったなどの例があります。これは理由になりません。プロのダイバーの場合は、必ず無減圧潜水の限界値の 5 分を残し浮上します。例えば、無減圧時間が 45 分だとすると、40 分で浮上するように本人が判断するか、テンダーがダイバーに指示します。スクーバ潜水は、減圧を必要とする潜水をしてはいけないのです。

さらに、オープンボトムベルの準備です。オープンボトムベルとは、作業水深または、それよりも浅い水深のところにダイバーが乗れる台を船上から吊り下げ、ダイバーが自力で浮上できない場合のバックアップシステムのことです。このシステムに付け加えて、スタンバイダイバーを常駐させます。スタンバイダイバーが船上にいて、何かあった場合のバックアップ体制を整えておきます。レジャーダイバーの潜水では、このシステムは考えられていません。

レジャーダイバーが潜水事故で死亡するケースの 3 分の 1 は、経験タンク本数が 10 本以内です。水深は、5m 以内が約半分で、10m 以内が 3 分の 2 を占めています。つまり、講習中の事故が多いことになります。ところが、潜水指導団体側はそれに対する十分な配

表7 ベル・バンス・ダイビング(B.B.)の注意事項と禁止事項

注意事項
1. このモードの潜水作業をおこなう場合には、緊急時にはSATモードに切り替えられるよう、SAT用のガスを必ず用意しておくこと。
2. 非飽和潜水限度は、108 m とする。
3. S.S.Mの潜水整備も必ず現場に用意しておくこと。

表8 飽和潜水(SAT)の注意事項と禁止事項

注意事項
1. 1回のベルランは原則的に8時間以内とする(ただし、状況によっては12時間MAX)。
2. 減圧終了後6時間は、システムを即時に運転できる状態で維持し、減圧症発症時にすぐ再加圧できるようにしておく。
3. 潜水土1名についてのロックアウト作業時間は、4時間以内とする。
4. 飽和潜水土は、減圧終了後48時間は要観察時間とし、期間中の潜水作業及び他の現場への移動は、おこなってはならない。
禁止事項
1. 12時間を超えるベルラインは、おこなってはならない。
2. 28日間以上の飽和潜水(加圧、減圧を含め)は、おこなってはならない。
3. 飽和潜水作業終了後、潜水土は飽和潜水に要した日数と同日数の期間中は、飽和潜水をおこなってはならない。

慮がされていないようです。講習中の事故は管理体制に問題であり、絶対に避けるべきです。

私が管理している潜水会社では、ライフライン、通信システムを持ち、無減圧で潜水するとしています。この条件を満たせない場合は、スクーバの潜水ではなく、送気式(フーカーなど)潜水に切り替えることにしています(表4)。

(2) サーフェイス・サプライズ・エアー(S.S.A.)

深い潜水(水深 40 ～ 50m)、あるいは長時間(図 2)になると、サーフェイス・サプライズ・エアーを利用します。この場合は再圧タンクを用意します。

昨年('03.)、プロダイバーが減圧症で死亡しました。その時、再圧タンクは設置してありましたが、使える状態ではありませんでした。法律では、設置または利用できるように、と決められていますが、常に利用できる体制を整えるべきです。

水中での減圧を必要とする場合、または 40m 以深の潜水作業をおこなう場合には、オープンボトムベル、または潜水ステージを必ず用意する(表5)。

(3) サーフェイス・サプライ・ミックス(S.S.M.)

混合ガス潜水(S.S.M.)は、有減圧潜水を行う場合でも、5 分間の猶予を含める管理が必要です(表6)。

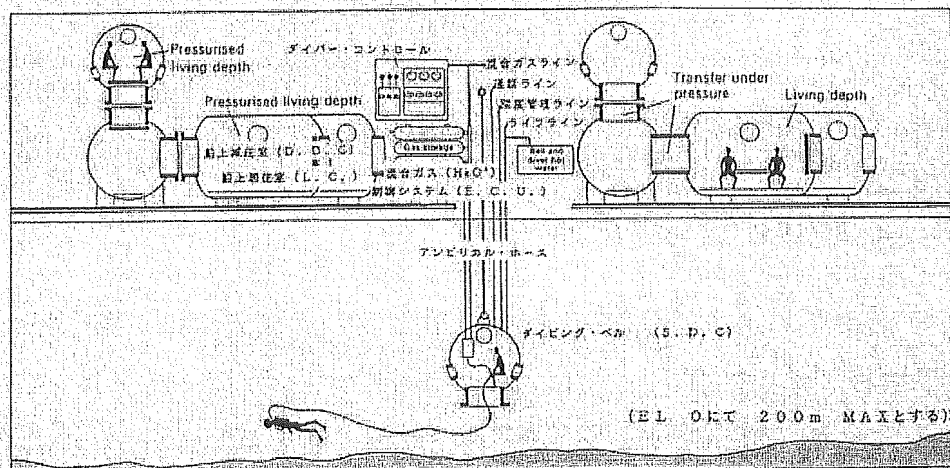


図3 飽和潜水システム

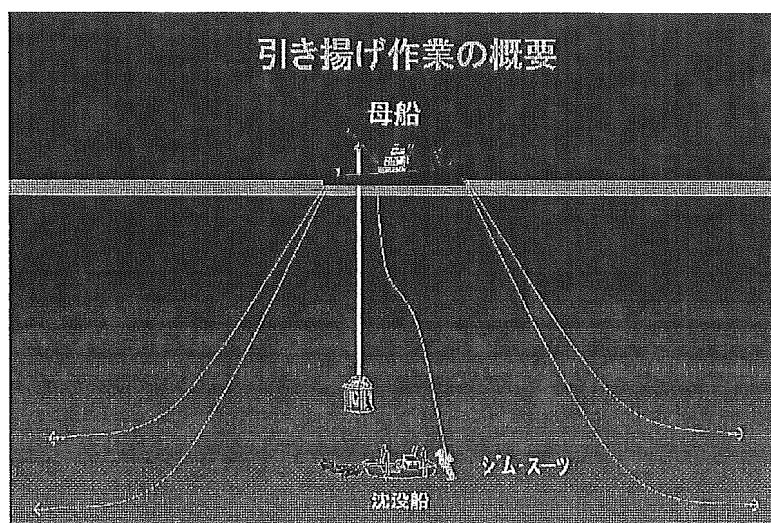


図4 飽和潜水を利用した引き上げ作業の概要

理由は、減圧表は絶対安全ではないからです。U.S.Navy の減圧表でも、日本の減圧表でも、100%安全な減圧表ではないからです。減圧表に準じた潜水をしても減圧症の発症率が 0.5%であると報告されています。年齢(加齢)、睡眠不足、二日酔い、疲労蓄積などの体調不良の時には、減圧症の発症率は高まります。減圧表だけでなく、ダイビングコンピュータに至っても同じです。99.5%は安全だと思いますが、体調不良な状態で潜水をすると、危険率 0.5%が、5%に高まると認識すべきです。

(4) ベルバンスダイビング(B.B.)

バウンスダイビングは、飽和潜水システムを利用した非飽和方式の潜水です。

船上の再圧タンクにダイバーが入室し、加圧されます。ベル(水中エレベータ)を再圧タンクにドッキングし、ベル内へダイバーが移動します。ベルに乗って目的の海中へ移動し、ベルから外に出て作業を行い、ベルに戻ります。ダイバーが乗ったベルを船に引き揚げ、再圧タンクにドッキングし、船の上で減圧管理をします。減圧は、酸素を併用します。

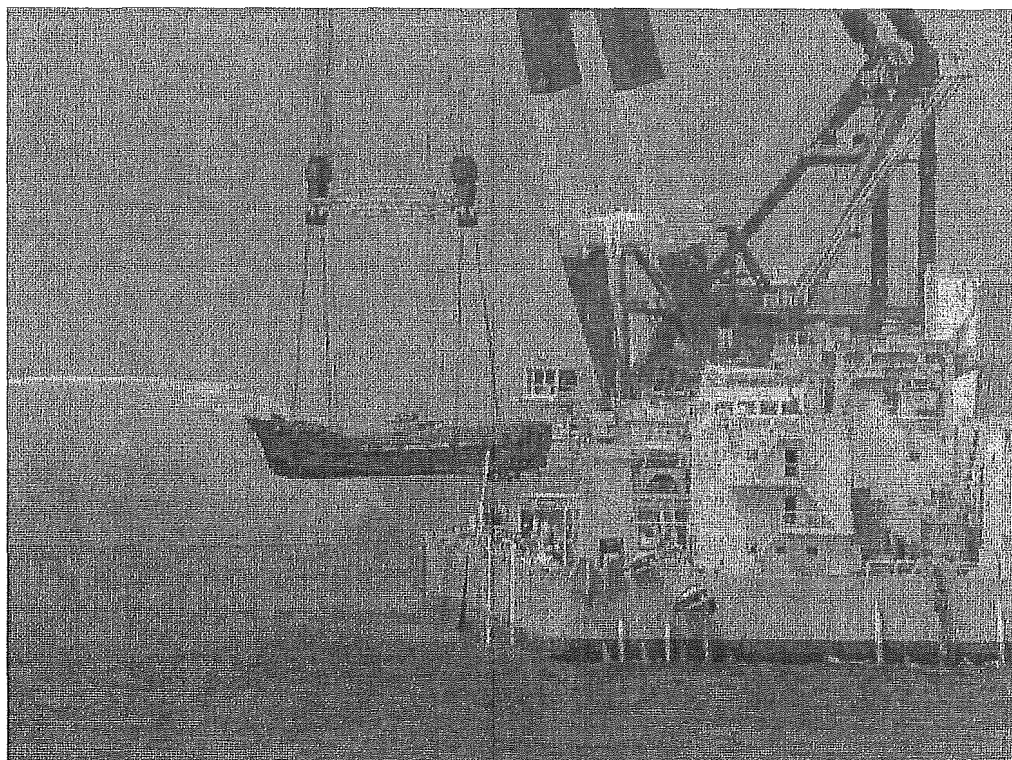


図5 引き上げられた不審船

表9 管理された offshore ダイバーの減圧症発症率 その 1

水深 (m)	ダイバー数	減圧症件数	発症率 (%)
0 ～ 20	9,115	1	0.011
20 ～ 30	6,529	4	0.061
30 ～ 45	6,368	7	0.110
45 以上	713	2	0.281
合計	22,725	14	0.062

ダイバーの安全管理を船上で行える利点があります(表 7)。

(5) 飽和潜水

長期間および深い潜水で飽和潜水システムを利用します。システムの概要を図 3 に示し、注意事項などは表 8 に示します。

レジャーダイバーの方は、本飽和潜水に関しては直接関係されないと思いますので内容は省略します。

表10 管理された offshore ダイバーの減圧症発症率 その 2

水深 (m)	ダイバー数	減圧症件数	発症率 (%)
30 ～ 45	534	0	0.000
45 ～ 60	972	0	0.000
60 ～ 70	716	2	0.279
70 ～ 80	499	0	0.000
80 ～ 90	5	0	0.000
合計	2,726	2	0.0731

表11 管理された offshore ダイバーの減圧症発症率 その 3

水深 (m)	SAT回数	ダイバー数	減圧症件数	発症率 (%)
30 ～ 60	30	79	0	0.000
60 ～ 80	46	221	1	0.452
80 ～ 100	8	19	1	5.263
100 以上	6	30	0	0.000
合計	90	349	2	0.573

4. 飽和潜水と不審船引き上げ

不審船の引き上げに飽和潜水システム(SAT)を利用しました(図 4)。4 回の飽和潜水を繰り返して、引き上げました。図 5 は、一般に公開されている写真です。

1 回の飽和潜水を 5 日程とし、9 月までに計 4 回の飽和潜水を行い、引き上げられました。本来このような作業は 1 回の飽和潜水で終わらすことが出来ましたが、台風シーズンだったため長引いてしまいました。

5. 作業潜水の減圧症発症率

空気潜水における減圧症の発症率は表 9 に示すとおり 0.062%です。アメリカ海軍(U.S.Navy)の報告では 0.045%と国際学会でサザーランドが発表しています。民間潜水会社の報告と差はありません。2 千回の潜水に 1 回の減圧症発症となり、管理さえしていれば安全と言えるでしょう。ただ、生活管理を含めた健康状態を考慮すると別問題となります。

表 9 で分かるように、水深が 30m 以深では減圧症発症のリスクは高くなると理解しなければなりません。

ベル・ダイビングによる水深 30 ～ 90m 作業では、0.07%の発症率でした(表 10)。

飽和潜水においても減圧症が 2 件発症しています。発症率は 0.5%となります(表 11)。

表12 大瀬崎における調査対象ダイバーの潜水経験ならびに減圧症発症率(1996～2003)

実ダイバー数(人)	3,819
経験年数(年)	4.92
平均潜水回数/年(本)	61.9
実潜水回数(本)	410.2
減圧症罹患数(人)	82
減圧症発症率(DCS 数/全ダイバー実数)	1.89 %
減圧症発症率(DCS 数/全潜水回数)	19,104

表13 大瀬崎における潜水傷害罹患率(1996～2003、n. 3,819)

潜水傷害の種類	件数(%)
窒素酔い(%)	442(11.6)
耳の圧傷害(%)	406(10.6)
副鼻腔の圧傷害(%)	208(5.6)
減圧症(%)	72(1.8)
総計	1,128(22.4)
調査対象ダイバー数	3,819
1 事例あたりの潜水回数	774
発症率	22.4

ダイビングコンピュータは絶対安全なものではないことは理解されていると思います。安全な方に近づけるために、安全な潜水時間をより確保するために、5 分間の余裕を設定することが必要です。

6. 日本のレジャーダイバーの動態

東京医科歯科大学で調べた研究を紹介します。

現在、活動しているレジャーダイバー数は約 30 万人と予測しています。

減圧症の発症率は、8 年間の大瀬調査研究で次の通り結論づけられています。

大瀬崎は、週末には 1000 人前後のダイバーが、わずか 2km 前後の海域に集まる、世界中どこを探しても存在しないスポットです。世界最大のダイビングスポットであると言えます。

調査は、教室員が週末に出向き、直接ダイバーにアンケートをお願いする聞き取り調査をしています。ダイバーをお願いする調査時間は 1 人当たり 5 ～ 10 分です。この調査を春と秋の年 2 回行い、計 16 回行ったことになります。その結果を統計的に処理したものが表 12 です。

DCS は、最近、DCI と言われています。DCS(decompression sickness)は、減圧症を意味していますが、10 年程前から DCI(decompression illness)を使っています。イルネス(illness)も

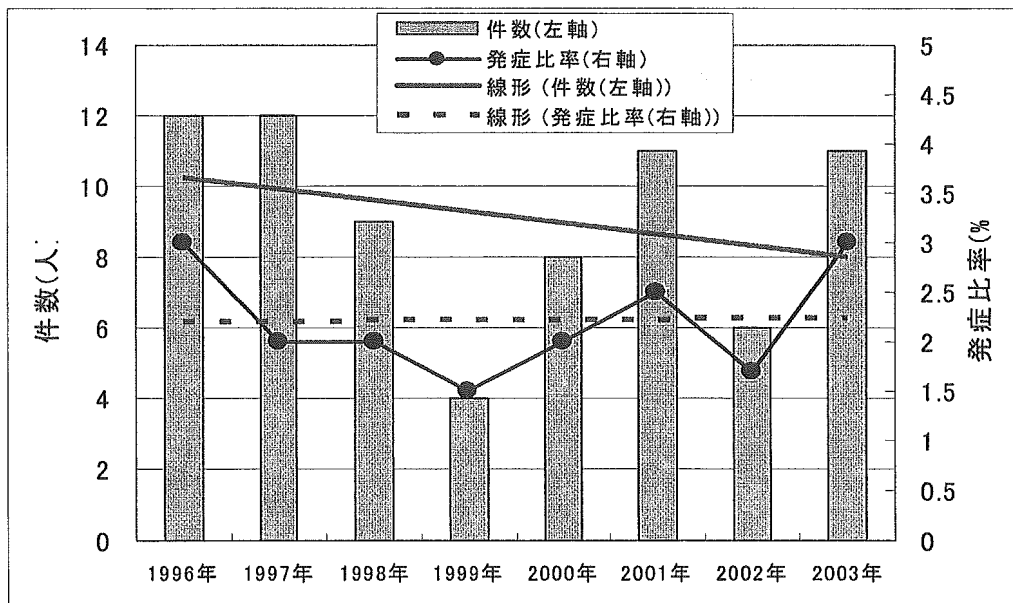


図6 大瀬崎ダイバーにおける DCS 発症事例の年次推移(1996~2003, n=3,819)

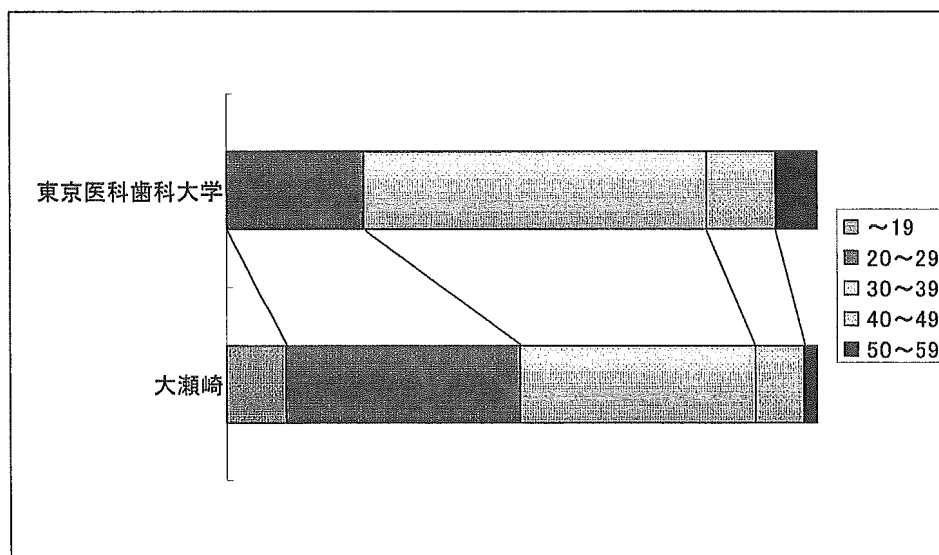


図7 東京医科歯科大学医学部附属病院の DCS 患者と大瀬崎における調査対象ダイバー間の年齢区分比較

シックネス(sickness)も同じではないかと思われそうですが、使い分けは、特にⅡ型の減圧症で、この症状は、いわゆる減圧症なのか、動脈ガス塞栓症(AGE、肺の破裂)なのか、診断が正確につかない時、DCI と言っています。ただ、DCI でも DCS でも、治療方法は同じ治療表 5 か、治療表 6 を使います。減圧症の場合は治療表 6 を使うケースが多いですが、治療方法は同じです。

減圧症の発症率は、調査人数に対する減圧症の経験者、または調査人数の総潜水回数に対する減圧症の経験者の比率の 2 つ通りの表し方があります。