

【第41回学術総会シンポジウム2：職業潜水とレジャーダイビングにおける安全域と問題点】

職業潜水に於る減圧障害の実態

池田知純¹⁾²⁾，望月徹¹⁾³⁾

埼玉医科大学衛生学教室¹⁾
(社)日本潜水協会²⁾
(株)潜水技術センター³⁾

1971年から2004年の間に報告された職業潜水における減圧障害事例38例を分析し以下の見解を得た。報告数は実数より遙かに少ないと思われ、その背景に看過し得ない事情が窺える。減圧症と空気塞栓症の差違が十分に理解されているとは言い難い。減圧表そのものに起因する事例は認められなかったが、規定よりも短い減圧時間で浮上するなど、安全意識が充分ではない傾向が窺われた。医学的に必ずしも適切とは言えない水中再圧や空気を用いた再圧が今なお多くで実施され、中にはそれに基づく死亡例も見られた。状況の改善には法規面も含めた根本的な見直しが必要である。

キーワード 減圧症，空気塞栓症，減圧表，動脈ガス塞栓症，労働衛生

【Symposium】

Decompression illness of commercial divers in Japan

Tomosumi Ikeda¹⁾²⁾, Toru Mochizuki¹⁾³⁾

1) Department of Health & Preventive Medicine, Saitama Medical School

2) Japan Dive Association

3) Diving Technology Center

keywords decompression sickness, air embolism, decompression table, arterial gas embolism, industrial health and safety

【緒言】

いわゆる職業潜水（本稿では、主として港湾潜水を指すこととする）の実態は極めて把握しにくく、そこに於る減圧障害（減圧症及び空気塞栓症：以下塞栓症）についても同様である¹⁾²⁾。減圧障害の発症を記録している大手潜水会社もあるが³⁾，例外的と言ってもよい。そこで、職業潜水界全般において発生した減圧障害の実態を幾何かでも探るべく、極めて限定された内容ではあるが、潜水作業に関与している社団法人A及びBが収集した内部資料を基に、表題について推測し、問題点を抽出してみる。

【事例の収集と分析】

昭和46（1971）年～63（1988）年の期間はAの、平成元（1989）年～16（2004）年に関してはBのそれぞれ事故事例報告から、減圧症，塞栓症あるいは潜水病として記載された例を抽出し，分析を加えた。また，潜水業界をとりまく状況の一端を如実に示すと思われる2004年に発生した1死亡例を事例として示す。

なお，潜水工事に於て発生した減圧障害事例は労働災害として労働基準監督署に届け出るよう労働安全衛生規則第96及び97条によって定められているが，国発注の工事においては発注者たる国土交通省に対し

Table 1 減圧障害の報告事例記事(欄外の+は死亡例を示す。滞底時間の欄は記載が少なかったため設けていない)

事例	発生年月	発生場所	年齢(才)	深度(m)	潜水法	記載診断	推定診断	記事
1	71.05	因島港	34	24	ヘルメット	減圧症	減圧症	深度24m20分の潜水を10数回し、減圧時間を守らなかった。
2	71.07	大船渡港	37	18	ヘルメット	減圧症	減圧症	工程のため減圧時間不遵守。
3	71.11	門司港	37	12	ヘルメット	吹き上げ・減圧症	空気塞栓症	潮流が速く、11mからタコのように吹き上げられる。
4	72.08	福岡県	28	15	ヘルメット	減圧症	減圧症	規定速度より早く浮上?
5	72.09	宮古港	25	52	ヘルメット	減圧症	減圧症	腰バルブの故障のため緊急浮上・修理後再潜水準備中に発症。
6	72.11	呉港	47	19	ヘルメット	減圧症	減圧症	浮上時間を守らず発症。
7	73.05	秋田港	39	15	ヘルメット	減圧症	減圧症	累計6時間潜水して帰宅後発症。
8	73.09	四日市港	30	21	ヘルメット	減圧症	減圧症	浮上時の減圧時間を省略。
9	73.10	青森県	30	16	ヘルメット	減圧症	減圧症	減圧時間の不足。
10	74.04	松山港	29	12	ヘルメット	吹き上げ・減圧症	空気塞栓症	コンプレッサー不調のため予備タンクの空気を一度に送気したところ、調節不能となり吹き上げられる。
11	74.05	小名浜港	45	25	ヘルメット	減圧症	慢性病変	25mに10日間潜り、3年後に腰痛・減圧症と診断。
12	74.06	鏡子港外	59	28	ヘルメット	減圧症	減圧症	28mからの引揚げ潜水で、潜降浮上を繰り返して発症。
13	74.09	門司港	29	13	ヘルメット	吹き上げ・減圧症	空気塞栓症	ヘドロの中で潜水士同士が衝突、驚いて吹き上げられる。
14	74.11	青森港	19	12	ヘルメット	減圧症	空気塞栓症	墜落、ついで吹き上げられ急浮上。
15	74.11	宮古港	50	52	ヘルメット	減圧症	減圧症	減圧時間の規定を守らず浮上、再潜水の直前に発症。
16	74.11	四日市港	38	13	ヘルメット	減圧症	空気塞栓症	排気弁故障により急速浮上。
17	74.11	小倉港	34	16	ヘルメット	減圧症	空気塞栓症	面ガラス破損のため急浮上。
18	75.01	小名浜港	23	25	ヘルメット	減圧症	減圧症	減圧時間不足。
19	75.02	小名浜港	31	25	ヘルメット	減圧症	減圧症	減圧時間不足。
20	75.07	八戸港	45	15	ヘルメット	減圧症	慢性病変	長期間従事後、変形性?症出現(?部判読不可)。
21	75.07	秋田港	39	15	ヘルメット	減圧症	減圧症	1日6時間潜水、減圧時間を充分にとらなかった。
22	75.08	大川港	38	16	ヘルメット	減圧症	空気塞栓症	墜落後急浮上。
23	76.05	垂水漁港	42	10	ヘルメット	肺破裂	空気塞栓症	肺破裂により死亡と診断。結核に罹患していた。
24	79.04	北海道	30代	20	不明	潜水病	減圧症	20m90分の潜水後に意識不明。
25	80.09	静岡県	30	19	ヘルメット	減圧症	減圧症	肩に異常を感じ、1時間後水中で再浮上実施。
26	82.08	平良港	37	18	フーカ	減圧症	減圧症	18m180分の潜水後に減圧中、波で動揺したため、と記載。
27	84.04	片泊港	33	14	フーカ	減圧症	空気塞栓症	スクューにホースが巻き込まれて送気停止し、緊急浮上。
28	84.05	宍形港	40	10	ヘルメット	減圧症	空気塞栓症	墜落後、吹き上げられる。
29	85.12	具志頭村	33	30	スクーバ	空気塞栓症	空気塞栓症	30mから急浮上後、口からアワを出す。
30	88.08	塩津漁港	55	47	スクーバ	減圧症	減圧症	47mへ3回潜り、ガス圧減少時間を充分にとらなかった。3回目終了後倒れる。
31	88.11	静岡県	?	45	不明	減圧症	減圧症	減圧中漏気のため一旦浮上して補修の後再潜水したが、2日後死亡。
32	90.08	酒田港	56	-	不明	減圧症	減圧症	帰宅後身体の異常を呈す。
33	90.09	仙台港	59	-	不明	減圧症	減圧症	帰宅後左肩の痛みを訴え、減圧症と診断。
34	92.10	仙台港	44	14	不明	減圧症	減圧症	3回目の潜水後、左肩腕の痛みを訴え、水中再圧しようとしたが、意識が朦朧として倒れる。
35	94.07	金沢港	29	-	不明	空気塞栓症	空気塞栓症	13mから潜水器を外した状態で急速浮上。
36	95.06	横浜港	24	-	フーカ	減圧症	不明	エアが少ないと連絡あり、緊急浮上させた。
37	96.01	宮古港	52	11	ヘルメット	減圧症	不明	浮上後吐き気めまいとともに両手が冷たい、と訴える。
38	99.06	久慈港	48	20	ヘルメット	潜水病	減圧症	浮上後体調が優れず、水中再圧を実施。回復しないために翌日病院受診。
39	99.07	秋田港	57	17	ヘルメット	潜水病	減圧症	帰宅後めまいを感じて翌日受診し、潜水病と診断される。
40	0.08	直江津港	37	23	フーカ	減圧症候群	減圧症	作業終了後右膝の痛みを訴え、翌日病院を受診し診断。
41	0.09	苦小牧港	36	-	不明	減圧症	減圧症	浮上後耳鳴りが出現し、受診。
42	4.09	小名浜港	46	23	フーカ	減圧症	減圧症	減圧所要37分のところ27分で浮上、チャンバーに収容して大病院に移送。

でも報告することが求められている。ここで使用した資料は社団法人A及びBがその報告事例をまとめたものである。国以外にも地方自治体あるいは民間が港湾工事の発注母体となる場合もあるが、圧倒的多数は国直轄の事業である。したがってここに用いた資料は港湾工事等の職業潜水をほぼカバーしたものと見なし、差し支えない。

【結果】

期間内に報告された減圧障害は、報告書に記載してあるとおり(以下、記載診断)に見ると、減圧症ないし潜水病(含減圧症候群)が36例、吹き上げによる減圧症が3例、空気塞栓症(含肺破裂)が3例の総計42例であったが(Table 1)、当方の推定診断では、減圧症26例、塞栓症ないし塞栓症が強く疑われるものは12例、非特異的な慢性的な訴えが2例、不詳が2例となった(Fig. 1)。そのうち死亡は5例(減圧症3例、塞栓症

2例)であった。記載診断から推定診断への変更内訳をみると、減圧症から空気塞栓症(強く疑われる例も含む)へ変更されたものは36例中12例、吹き上げによる減圧症3例はすべて空気塞栓症であった。当初から空気塞栓症とされたもの3例はすべてそのままであった。また、非特異的な慢性病変2例及び詳細不明のもの2例も記載診断ではすべて減圧症とされていた。滞底時間もしくは滞底時間とおぼしき時間が記載されているものは4例であった。

【事例】

死亡者は46才、男。26年にわたる潜水歴を有し、防波堤工事一次下請け企業の主任技術者・安全衛生責任者である。

作業内容は防波堤港外側の潜水深度23mにおける基礎石荒均し作業で、当該作業に使用した10トンの潜水士船には本人と送気員及び連絡員が乗船しており、

本人が作業を指揮していた。潜水開始から死亡にいたる時系列は以下のようにになっている。

0750：第1回潜水開始

0840：浮上開始

0855：水面着

0950：第2回潜水開始

1040：浮上開始

1106：水面着。自力ではしごを登る。ヘルメットを脱がせて貰ったときに、「左肩がくわれた」と発言。その後、左肩・背中・右肩が痛み出し、めまい・頭痛・首の痛みを訴えた。

1115：自力にて潜水服を脱げないため、脱がせて貰う。

1120：ふらつきながらブリッジに行き、酸素呼吸を行う。

1150：岸壁に到着。歩行不能のため、シートにくるまれて陸上の再圧タンクに収容。空気再圧治療を開始。

1215：症状が回復せず現地で治療不能になったために、専門医に連絡。東京医科歯科大学病院に搬送を試みる。

1620：搬送用のトラックを確保。

1726：出発

1850：意識有り。

1940：呼吸が"荒い"。

2045：病院到着

2110：再圧治療タンク入室も意識なく、2145死亡確認。

なお、この例に於ける所要減圧時間は37分であったのに対し、実際の減圧時間は26分であった由である(その根拠は不明)。

【考察】

最初に報告数についてみると、34年間に42例、減圧障害に限って言えば38例というのはいかにも少ない。筆者らが現在実施中の職業潜水士に対する潜水アンケート調査によると、減圧症に罹患した既往のある者はアンケート回答者253名のおよそ30%強にも昇っているので、平成9年(1997年)の調査時期における職業潜水士の数が5000名前後であることを考慮すれば⁴⁾、近年公共工事の縮減により潜水工事量も減少傾向にあり、

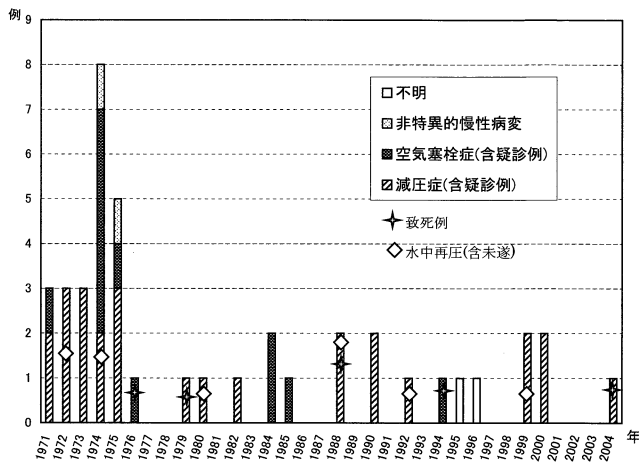


Fig.1 減圧障害報告事例(1971~2004)

そのために職業潜水士の数や潜水作業機会も減少していると思われるものの、報告された例は実数に比較して著しく少ないものとみなしてよからう。したがって報告されていない多くの減圧症例がどのように対処されているのか、気になるところである。

ここで興味深いのは、圧気潜函工事においても、減圧症に罹患した者の実数と報告数が乖離していることである。ある未公表の記録によれば、延べ2256名の入函者中92名に減圧症を疑わせる事例が生じているのに対し、公に報告された減圧症例は2名にとどまっている。これは、90名は工事現場に設置された再圧タンクを用いた再圧処置にて症状が消失したため、病院で再圧治療を受けた2名のみが労働災害として報告されたことによるものである。

もちろん、潜水に於ても潜函工事と同じようなことが起きているという確証はどこにもないが、現場の再圧タンクを用いた再圧処置によって症状が軽快していった例も少なからずあるのではないだろうか。

その他に、減圧症の発症を公表しないいわゆる「労災隠し」がなされている可能性も無しとはしないだろう。というのは、労働災害案件が報告された場合に、その企業が入札で指名される可能性が低くなることから、企業としては減圧症に罹患したことを公表したがりないからである。現に前記アンケート調査でも、労災保険を適用せずに治療を受けた、という回答が少なくない。

それらの背景には、減圧表を遵守しておれば100%減圧症に罹患することはない、減圧症に罹患するのは管理が悪いからだ、という誤った認識がある。実は、このように思っているのは企業やダイバーだけではなく、厚生労働省監修による「高気圧作業安全衛生の手引(以下手引)」⁵⁾にも同様の趣旨の記述がなされている。したがって、減圧症が発生するという事はあってはならないことであり、そこから必然的に秘匿される減圧症も出現してくるわけだ。

本来のあるべき姿は、減圧症は減圧表を遵守して浮上してもある確率で発生するものであり、ましてや減圧障害の一つである空気塞栓症はおよそ減圧症に罹患し得ない浅深度の潜水でも発症し得ることを認識して、今後の潜水作業の安全に資すべく、減圧障害案件が確実に報告される態勢である。苟くもその本質を無視して、報告される労働災害案件数の減少のみを目的とするようなことがあってはならない。

ところで、このように減圧症として報告された例は極めて限定されたものであるが、その中からも以下に示すような傾向が見て取れる。

その一つは減圧症と空気塞栓症を区別する意識が希薄なことである。いわゆる吹き上げ(ブローアップ)として知られる制御不能な急速浮上の場合に最初に考えるべきは空気塞栓症であるのに対し、減圧症として対処しているのが3例認められるのなどはその典型例である。また、減圧症であるか否かを判断するのに深度と並んで重要な因子が滞底時間であるが、それを記載している例が殆ど認められないのもその一つの現れであろう。

もっとも、空気塞栓症そのものは減少傾向にあり、特にブローアップの症例は殆ど認められなくなっている。しかし、これは潜水技術の向上というよりも、浮力制御を失いやすいいわゆる古典的なヘルメット潜水が減少していることの反映に過ぎないのかもしれない。

我が国の減圧表の不備については広く認識されるようになってきているが^{1)2)6)~10)}、減圧表そのものによる減圧症の例は認められない。しかし、これは以前にも指摘したように²⁾、職業潜水の潜水深度が浅いために

問題が顕在化していないに過ぎない可能性がある。発症要因としては、むしろ規定の減圧時間を遵守しなかったために減圧症に罹患したものが大多数を占めており、斯界における安全意識の乏しさを露呈している。また、事例に示したごとく、減圧スケジュールを管理するのが現に潜っている潜水士であるという欧米の潜水先進国とはかなり異なった状況も、減圧時間が規定通りに守られていない背景にあるのかもしれない。

特記すべきものとして、水中再圧を試みたものが3例(うち1名が死亡)、水中再圧未遂のものが3例あり、いまなお「ふかし」が行われている実態が浮かび上がってきた(最新例は平成11年)。また、それに類するものとして、正規の再圧治療表に拠らない空気での救急再圧も行われており、平成16(2004)年には事例に記したように、現場で救急再圧を試み不調のため専門施設まで搬送したが死亡した例がある。この例は、空気再圧で状態が回復せず、専門病院への搬送を試みるも出発までに5時間を要しており、結局死亡したものであるが、通常再圧治療をしていれば、死亡には至らなかったものと思われ、職業潜水を取り巻く状況の惨状を呈したものである。

このような劣悪な状況を論じる上で避けて通れないのが再圧室の問題である。すなわち、高気圧作業安全衛生規則(以下高圧則)第42条において、水深10m以上の潜水を行う場合には救急処置を行うために再圧室を設置すること(再圧室を利用できるような処置を講じることを含む)を義務づけているが、その位置づけが必ずしも明瞭ではない。再圧室を設置する本来の趣旨は、高圧則第32条にあるようにやむを得ず急浮上した際に再加圧するための、医療とは一線を画した救急的な方策であったのかもしれないが、再圧室が治療ととられても仕方のない使われ方をしていることも否定できない。

具体的には、高圧則の第11条に於て、特別の教育として「再圧室を操作する業務」を規定しており、教育すべき事項として「救急再圧法に関する事」、「救急そ生法に関する事」などが示されている。特別教育を指導するものには何らの資格要件も必要ではなく、事業

者が適当と認めたものに行わせることができるため、潜水医学の専門知識に基づいた教育が行われている可能性は極めて疑わしい。にも拘わらず、前記手引⁵⁾では、特別教育を受けた者を救急再圧員として認定し、空気を用いた再圧処置を実施するように指導している。このようなことが、空気再圧あるいは水中再圧がいまなお実施されていることと関連している可能性がある。

もっとも、再圧室の問題は再圧室自体の問題と言うよりも、その背景にもっと大きな法律上の問題が存在することを指摘しておきたい。というのは、再圧処置が医療行為と見なされる可能性が多分にあることから、医療行為を医師等に限定している医師法等とのからみで、再圧室の取り扱いが微妙になっているのが実状であるからだ。具体的には、治療目的で酸素を用いることが医師以外には出来ないことから、空気を用いた再圧治療表1 Aや2 Aが公的に推奨されるという世にも稀な対応指針になっているわけだ。したがって再圧室については法律面も含めてさらに詳密な検討が必要であり、機会があれば稿をあらためてより深く論じてみたい⁷⁾。

なお、高圧則及び手引には先にも一部述べたように、医学的にみて妥当ではない記述が少なからず認められることにも触れておこう。例えば、高圧則32条では、減圧時間が少なかった場合は再圧室にそのダイバーを収容し、その時の最大潜水深度まで再加圧をしなければならない、としているが、そのようなことは却って危険でありすべきではない。また、手引では前述のように0.49MPaまで加圧する米海軍再圧治療表1 Aないし2 Aを多くの場合で使用するように指導しているが、これらの治療表は治療成績が悪く、欧米では実質上廃止されたも同然の代物である。また、治療表3及び4も要すれば躊躇せず実施するように記しているが、これらの治療表を用いた場合の長時間に及ぶ治療の困難さ等を本当に理解した上でこう述べているのであろうか。さらに繰り返しになるが、手引には医学上の慎重さと正確さからは程遠い断定的な記述が随所にみられることも指摘しておきたい。

最後に、我が国には潜水を巡る諸問題に広汎かつ専門的に取り組む組織ないし機構が存在しないことを

記しておく。潜水は生理学、工学、教育学、海洋気象学等多くの分野が関わる主として海洋に於ける経済活動であることから、様々な意見を集約することがその健全な発展に必要な不可欠である。したがって、それらの意見を有効に汲み取る組織がないことが、我が国の潜水業界の安全水準あるいは技術そのものが欧米に比べて著しく見劣りしている要因の一つであると見なしても間違いではなかろう。もちろん、現在の財政状況の中で新たな組織を作ることが極めて困難なことは容易に想像できるが、それならばそれで、専門知識を有する各分野の人々の知識経験を取り入れてディスカッションを深め、有効な方策を提言するソフトウェアとしての場をより積極的に作っていくべきであろう。

【結語】

限られた情報に基づくものであるが、職業潜水に於る減圧障害の認識はいまだに不十分であり、またその予防あるいは発症時の対応についても多くの問題点が存在することが示唆された。状況の改善には、法規面も含めた根本的な見直しが必須である。

【謝辞】

貴重な資料のご提供をいただいた関係の諸氏に篤くお礼申し上げます。東京医科歯科大学眞野喜洋教授からは事例に関わる情報をいただきました。記して感謝いたします。

引用文献

- 1) 池田知純, 望月徹: 労働衛生から見た職業潜水の問題点: 致死例に焦点を当てて. 日本高気圧環境・潜水医学会雑誌. 2006;41:19-23.
- 2) 池田知純: 本邦の職業潜水用減圧表に関するアンケート調査. 日本高気圧環境・潜水医学会雑誌. 2006;41:237-248.
- 3) 眞野喜洋, 山見信夫, 芝山正治: 高気圧作業に伴う標準減圧表の安全性評価のための疫学的調査に関する研究. 公募課題番号 H16-労働-9. 平成16~18年度厚生労働科学研究費補助金 労働安全

衛生総合研究事業 平成17年度総括・分担研究報告書. 眞野喜洋. 2006;pp.1-215.

- 4) 平成9年度港湾潜水土実数調査報告書. 東京; (社)日本潜水協会. 1998.
- 5) 厚生労働省労働基準局安全衛生部労働衛生課監修: 高気圧作業安全衛生の手引-作業主任者講習テキスト-第2改訂新版, 東京; 建設業労働災害防止協会. 2004.
- 6) 池田知純: 減圧をめぐる諸問題. 防衛医科大学校雑誌. 1998;23:149-162.
- 7) 池田知純: 潜水の世界-人はどこまで潜れるか. 東京; 大修館書店. 2002.
- 8) 池田知純: 減圧表の制定. 日本高気圧環境医学会雑誌. 2004;39:1-6.
- 9) 池田知純: 減圧表のあり方. 日本高気圧環境医学会雑誌. 2005;40:13-19.
- 10) 眞野喜洋, 山見信夫, 外川誠一郎, 他: 形成気泡数からみた我が国の標準減圧表評価. 日本高気圧環境医学会雑誌. 2005;40:21-24.