

労災疾病臨床研究事業費補助金

高気圧作業に伴う船上(水上) 減圧等に係る調査研究  
(170602-1)

平成29年度～令和元年度 総合研究報告書

令和2年3月

研究代表者

東京慈恵会医科大学環境保健医学講座

池田 知純

## 目 次

### 総合研究報告書 高気圧作業に伴う船上(水上) 減圧等に係る調査研究

	項
研究要旨	1
A. 研究目的	2
B. 研究方法	2
C. 研究成果	
I 船上減圧法に関連する法令規則並びに 運用基準等の調査	4
II 船上減圧法の運用実績と規則・基準の 背景	24
III 船上減圧法の設備に関する基準	40
IV 潜水事業者に対する調査	52
D. 考察	55
E. 参考文献	60
添付資料1 米国の船上減圧表	64
添付資料2 カナダの船上減圧表	87
添付資料3 英国の船上減圧表	100
添付資料4 ドイツの船上減圧表	103
添付資料5 フランスの船上減圧表	109
添付資料6 ノルウェーの船上減圧表	115
添付資料7 民間の船上減圧表	123
F. 研究発表	133
G. 研究成果の刊行に関する一覧表	135

労災疾病臨床研究事業費補助金（総合）研究報告書  
高気圧作業に伴う船上(水上)減圧等に係る調査研究（170602-1）

研究代表者 池田知純 東京慈恵会医科大学環境保健医学講座 客員准教授

#### 研究要旨

本研究は、船上減圧法に係わる諸外国における規制の状況及び安全に実施するための技術的要件について文献等の調査を実施し、高気圧作業安全衛生規則（高圧則）への適用を検討するために必要な知見を得ることを目的とする。

船上減圧法は、潜水者が浮上する際に減圧を省略して浮上し、船上減圧室で減圧を再開するというものである。これは、減圧のために潜水者を長時間水中に拘束する必要がなく、潜水設備の運用効率も向上するという利点を有するが、減圧を中断して浮上することから、減圧症の発症リスクが懸念される。我が国では緊急の場合を除き、船上減圧法の使用は禁じられている。しかしながら、近年、沖合防波堤築造や水力ダム保守作業等で長時間の減圧を必要とする大深度潜水作業が増加傾向にあり、その安全衛生対策として船上減圧法の導入が求められている。また、多発する自然災害に備え、緊急浮上方法としての活用も期待されている。船上減圧法の導入に際しては、安全に運用するための基準が必要となるが、我が国には十分な知見がない。そこで、船上減圧法の運用基準に関する知見を得るため、海底資源開発で大深度潜水作業を多く実施している欧米6カ国（米国、カナダ、英国、ドイツ、フランス、ノルウェー）の潜水関連規則について調査を実施した。調査の結果、船上減圧法の使用を禁じている国はなかったが、2ヶ国ではその使用を緊急浮上時に限っており、また2カ国が使用に一定の制限を設けていた。船上減圧法の要となる水面インターバルや水面浮上深度、減圧室での再加圧深度等の運用管理基準についても各国で差異が認められた。

これらの背景を知るために船上減圧法の運用実績や減圧表制定の経緯を調査した。船上減圧法による減圧症発症率は、一般的な空気潜水法と比較してほぼ同等であったが、減圧症に占める重篤なⅡ型の割合は船上減圧法で高かった。また、船上減圧法の減圧表作成に適した減圧理論はなく、その作成は運用経験や実績によるところが大きかった。これらの点は、我が国へ船上減圧法を導入する際に検討対象となる。必要な設備機材に関しても調査を行った。特に船上減圧法の必要不可欠な設備である減圧室は、各国とも救急再圧設備と同等の高い基準が求められていた。

今回の調査研究により、船上減圧法の運用基準とそれに係る多くの知見を収集することができた。また、我が国の潜水業者との面談調査から実際の導入に際して必要となる要件等についても情報を得た。これらを取りまとめた報告書は、船上減圧法を安全に実施するための基準を検討する際に必要な基礎的資料として活用できる。

研究分担者

○望月 徹: 東京慈恵会医科大学環境  
保健医学講座 非常勤講師

## A. 研究目的

本研究の目的は、船上減圧法に関する諸外国での規制の状況及び安全に実施するための技術的要件について文献等の調査を実施し、高気圧作業安全衛生規則（高圧則）への適用を検討するために必要な知見を得ることにある。

潜水による高気圧環境曝露から安全に水面（大気圧）へ復帰するためには、段階的に浮上するいわゆる「減圧」が必要となる。特に、潜水深度が深く、作業が長時間に及ぶ場合には、浮上の際に非常に長時間の減圧を余儀なくされることから、その一部を水上で行う船上（水上）減圧法が、欧米諸国を中心に用いられている。これは、浮上の際に必要な減圧の一部を船上に設けた減圧室（減圧チャンバー）内で実施するものである。減圧は減圧室内で再開されるものの、必要な水中での減圧をいったん中断して浮上することから、減圧症リスクが懸念される。一方水中での減圧時間は大幅に短縮されることから、寒冷環境下でのダイバーの体熱損失とそれに伴う疲労を軽減することができる。また、波浪等の海象条件の悪化や、万一の場合の緊急浮上（脱出）法としても有用である。さらに減圧室を利用することから減圧に係る一連の操作を船上支援員が行うため、ダイバーの労力削減と確実な減圧管理を実現することが可能となる。こ

れらのことから、水上減圧法は長時間の減圧を要する比較的深い潜水作業で用いられている。

従来我が国で行われてきた潜水業務は、比較的水深が浅く、減圧時間も相応に短いものが主であった。しかしながら、近年沖合海域での大型防波堤構築や水力発電ダム那点整備など大深度での潜水作業に対する要求が高まってきている。さらに地震や津波のような突発的な自然災害に備えて、潜水作業時の緊急避難方法の確立が急務となっている。このようなことから、大深度潜水作業に対する安全衛生対策の有効な手段として、また潜水作業時の緊急避難方法として、船上減圧法の利用を希望する声が高まってきている。

船上減圧法を我が国に導入する際には、運用や管理を安全に行うための基準を策定することが必要であるが、国内にはその知見や実績がほとんどない。そこで、船上減圧法に多くの実績を有する欧米諸国を対象として当該減圧法に関する規則や基準等の調査を行い、潜水深度と潜水時間の限度、浮上方法や減圧室内での加圧・減圧方法などの管理基準、船上減圧室やその他の設備機器に関する運用基準等を明らかにする。また、収集した各種情報を整理分析し、我が国の潜水業務への船上減圧法導入を検討する際に有用となる事項について取りまとめを行うこととした。

## B. 研究方法

船上減圧法は、ダイバーが潜水作業を

終えて浮上する際、水中での減圧を省略して浮上し、水面到着後すみやかに船上減圧室へ入り、再び加圧した後、既定のスケジュールに従って段階的に大気圧まで減圧するものである。これにより水中における長時間の減圧を避けることができるため、ダイバーの快適性が向上する。また、潜水器材の占有時間が短縮できるため作業効率の向上が図れるというメリットがある。一方、水中での必要な減圧を中断して浮上することから、減圧症罹患リスクの増大、特にⅡ型とよばれる重症減圧症の発症が懸念される。

そこで、船上減圧法を安全に運用するために必要な要件について以下の点につき調査を実施した。①船上減圧法に多くの実績を有する欧米諸国を対象として当該減圧法に関する規則や基準等について調査を行い、潜水深度と潜水時間の限度、浮上方法や減圧室内での加圧・減圧方法等の船上減圧法の運用基準に関する情報を収集する、②欧米諸国における船上減圧法の運用実績を調査するとともに、規則や基準の背景となる学術文献等を調査する、③船上減圧法の実施に必要な減圧室、酸素呼吸装置その他設備機器等の運用基準等を調査する。以下に具体的な研究方法を記す。

## 1. 調査対象

船上減圧法は、1930年代に米海軍によって開発されて以降、海軍におけるサルベージ作業や海底ガス油田開発に伴う商業潜水に利用されている。そこで、海底油

田開発が進められている地域を調査対象とした。具体的には、北海油田開発に携わる企業を多く有する英国、フランス、ドイツおよびノルウェー、メキシコ湾での海底油田開発に関わっている米国、ニューファンドランドで油田開発を進めているカナダの6か国を対象とした。

船上減圧法は空気潜水や混合ガス潜水に利用されている。我が国で行われている潜水のほとんどは空気を用いた潜水であることから、今回は空気潜水における船上減圧法を調査対象とした。船上減圧法は、緊急浮上方法としても利用可能であることから、空気潜水を対象とすることで、より多くの場面で活用されることが期待できる。

## 2. 調査方法

船上減圧法の運用に関する規則、基準等に関しては、調査対象とした各国の労働省等関係省庁のwebサイトから必要な情報を収集した。また各国の政府刊行物販売所から、潜水業務に関連する規則類やガイドライン等の書籍を入手した。これに加えて、関連する業界団体(ADCI、IMCA)や公的機関(U.S.Navy, Royal Navy, NOAA, DCIEM, NORSOK)等が公表している情報をインターネットによる文献検索や書籍から入手し、船上減圧法の運用基準等を収集した。船上減圧法や潜水安全管理の現状を知るために、国内における労働衛生関連学会や国内外の潜水関連学会並びに国際会議に参加し、研究者や潜水業界関係者から直接情報を収集した。

## C. 研究成果

### I 船上減圧法に関連する法令規則並びに運用基準等の調査

調査対象とした各国の労働安全衛生法並びに潜水業務関連規則等から船上減圧法の運用基準について調査を実施した。調査結果を報告する前に、まず船上減圧法運用の概要について示す。潜水中、ダイバーの体内には呼吸に伴って不活性ガスが溶解蓄積する。この不活性ガス蓄積量は、減圧症の発症に強く影響することから、水面復帰の際には、蓄積した不活性ガスを排出するために浮上を一旦停止し、所定の時間その深度に留まる（減圧停止）ことを繰り返しながら浮上することが必要となる。減圧停止深度・時間を決定する際に目安として用いられるものが許容最大不活性ガス分圧（maximum value of absolute inert gas pressure）であり、M値として知られている。すなわち、減圧浮上時には、体内の不活性ガス分圧がこのM値を超過することのないように停止深度並びに時間を設定しなければならない。

これらのような通常の減圧方法とは異なり、船上減圧法では、水中での減圧停止を省略するため短時間ではあるもののM値を超過して浮上を行い、水上に設置された減圧室内で必要な減圧を実施するという潜水形態をとる（図-1）。これは、水中で省略した減圧を水上の減圧室内で再開するという単純なものではない。短時間ではあるがM値を超過したことによる

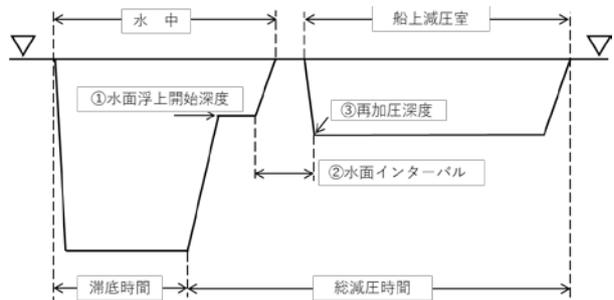


図-1. 船上減圧法の概要

ペナルティーを何らかの形で補償しなければならない。船上減圧法が通常の水中減圧法と異なる点としては以下のことがあげられる。①減圧停止を省略する水深（水面浮上開始深度）、②減圧室内へ移動するまでの時間（水面インターバル）、③減圧室での再加圧する際の圧力（再加圧深度）。我が国への船上減圧法導入の検討に際しては、これらの点について諸外国の基準を参考にすることは有用であることから、運用基準の調査においてもこの点に注目した。なお潜水においては、水深を示す単位であるm（メートル）やfeet（フィート）が圧力単位として用いられることが多く、注意が必要である。本項においても、圧力単位にmおよびfeetを用いている。なお  $1 \text{ 気圧} \doteq 100\text{kPa} \doteq 10\text{m} \doteq 33\text{feet}$  となる。

#### 1. 船上減圧法に関連する法令規則並びに運用基準

##### 1-1. 米国の潜水規則

##### 1-1-1 米国における潜水規則の概要

米国の労働安全衛生の中心となるのは、1970年に制定された労働安全衛生法（Occupational Safety and Health Act of

1970) と、それに伴い設置された労働安全衛生庁、OSHA (Occupational Safety and Health Administration) である。OSHA では労働安全衛生法に基づき労働安全衛生規則 (Occupational Safety and Health Standards) を規定しており、潜水業務に関しては 29 CFR PART 1910, Subpart T-Commercial Diving Operations (2006 年改正) にその詳細を定めている<sup>1)</sup>。

当該規則は米合衆国内及び合衆国法規が及ぶ全ての地域に適用される (1910.401(a)(1))。また、本規則は、一般産業、運搬、船舶修理、造船、船舶解体、および沿岸作業を含むすべての潜水業務に適用されるが、(i) スクーバ潜水で行われる教育指導のための潜水、(ii) 政府機関の管理の下で行われる捜索、救難、公安活動のための潜水、(iii) 連邦機関の承認を得た研究開発のために潜水、は適用を除外されている (1910.401(a)(2))。

潜水業務における潜水浮上方法並びに減圧表については、米海軍潜水マニュアルに記載の方法に準ずることとされている (1910.422(d))。本規則により許容最大潜水深度は、スクーバ潜水: 130fsw (39m)、送気式空気潜水: 190fsw (57m)、混合ガス潜水: 制限なし、となっている。減圧室については、潜水深度が 100fsw を超える場合、減圧潜水を行う場合に潜水現場への設置が義務付けられている (1910.425(b)(2))。

#### 1-1-2. 米国の規則における船上減圧

米国では潜水業務における潜水浮上方法

法は米海軍潜水マニュアルに示された手順に準じて行うことが規定されている。米海軍潜水マニュアル (改定第 7 版)<sup>2)</sup> では、送気式空気潜水並びに送気式ヘリウム酸素混合ガス潜水に応じた減圧表が例示されている。一方スクーバによる潜水業務は原則無減圧潜水の範囲内でのみ使用が許されている。空気潜水用の減圧表には、水中空気減圧表、水中酸素減圧表、船上酸素減圧表が、またヘリウム酸素混合ガス潜水用減圧表は、水中酸素減圧表、船上酸素減圧表が規定されている。このうち空気潜水用船上酸素減圧表の一例を表 1 に示す。水中減圧法は潜水業務の効率を低下させ、潜水者の快適性を損ない、リスクを拡大する恐れがあることから、米海軍では船上酸素減圧法の使用を推奨している。

当該船上酸素減圧法の特長は以下の通りとなっている。

#### 【米海軍船上酸素減圧法の特長】

- ① 水面浮上開始深度: 40feet (12m)
- ② 水面インターバル: 5 分以内
- ③ 再加圧深度: 50feet (15m)  
→ 40feet (12m)

以下に、米海軍潜水マニュアルによる船上酸素減圧方法について示す。当該減圧表については添付資料 1 を参照のこと。

#### [船上酸素減圧手順]

- 1) 潜水者は、水深 40feet (12m) までの水中減圧を完了する
- 2) 水深 40feet から 40feet/分の速度で水面まで浮上する

- 3) 浮上後直ちに減圧室に入り、酸素を呼吸しながら100feet/分で水深50feet(15m)まで加圧する
- 4) 水深40feet 浮上開始から減圧室50feet 加圧完了までの時間は5分を超えてはならない
- 5) 減圧室深度50feet で15分間の酸素呼吸を行う
- 6) その後酸素を呼吸しながら30feet/分の速度で40feet まで減圧する
- 7) 減圧室深度40feet で所定の時間、酸素呼吸を行う
- 8) 所定の酸素減圧時間を終了した後、減圧室内の空気を呼吸しながら30feet/分で水面まで減圧する

り30分間として、その必要回数が見されている。酸素呼吸回数が2回以上必要な場合には、高酸素分圧暴露による急性酸素中毒を防止する観点から、酸素呼吸期間終了後に5分間の空気呼吸(エアブレイク)を行い、次の酸素呼吸期間を開始することとしている。表1では、この回数を時間に置き換え、実際に必要となる酸素呼吸時間及び空気呼吸時間の合計を示している。また、表中の総減圧時間は、浮上を開始してから減圧を完了するまでの時間を示す。米海軍では1日に複数回の船上減圧潜水の実施を許容しており、その際に必要な残留窒素量を表す反復(繰り返し)潜水記号が見されている。

減圧表には、酸素呼吸期間を1回あた

表-1. 米国における船上酸素減圧表の例[潜水深度120feet(36m)のとき]

滞底時間(分)	停止点までの時間(分:秒)	減圧停止時間(分)						総減圧時間(分:秒)	反復潜水記号
		水中(空気)			水面インターバル	船上減圧室(酸素)			
		60feet	50feet	40feet		50feet	40feet		
15	4:00	-	-	-	-	-	-	4:00	F
20	4:00	-	-	-	5(分)	15	-	25:20	H
25	4:00				5	15	-	25:20	J
30	4:00	-	-	-	5	15	-	25:20	L
35	4:00	-	-	-	5	15	15	40:20	M
40	4:00	-	-	-	5	15	15	40:20	O
45	4:00	-	-	-	5	15	30+(5)	60:20	Z
50	4:00	-	-	-	5	15	30+(5)	60:20	Z
55	4:00	-	-	-	5	15	45+(5)	75:20	Z
60	4:00	-	-	-	5	15	45+(5)	75:20	Z
70	2:40	-	-	13	5	15	60+(10)	108:00	-
80	2:40	-	-	24	5	15	75+(10)	134:00	-
90	2:20	-	7	26	5	15	90+(15)	163:00	-
100	2:20	-	15	25	5	15	105+(15)	185:00	-
110	2:20	-	21	25	5	15	135+(20)	226:00	-
120	2:00	3	23	25	5	15	150+(25)	251:00	-

\*太線以降は例外的な潜水に限る

\*減圧室(酸素)に示す時間のうち( )はエアブレイクによる空気呼吸時間合計

## 1-2. カナダの潜水規則

### 1-2-1. カナダにおける潜水規則の概要

カナダは13の州及び準州からなる連邦制のため、労働安全衛生法の管轄権は、カナダ議会と州及び準州がそれぞれ有している。国全体に関する法案は連邦政府により定められており、州を超えて行われる事業やビジネスなどについては連邦政府による法が適用される。具体的には、交通インフラ整備や電力関係等の公共事業があり、港湾や河川、ダム等で行われる潜水業務の多くは、連邦法の適用を受けることになる。

カナダ労働安全衛生規則（Canada Occupational Health and Safety Regulations; SOR/86-304, 2017年改正）<sup>3)</sup>では、その第18章で潜水業務（Diving Operations）について規定している。当該規則では、潜水を2種類に区別している（18.1条）。すなわち科学調査や犯罪捜査のために行われ、水中工事作業を行わず、水深40m以内で行われる無減圧潜水を『タイプ1潜水（Type 1 dives）』、それ以外のものを『タイプ2潜水（Type 2 dives）』としている。なお沖合海域で行われる海底石油ガス関連の潜水業務は別規則の適用をうけるため、当該規則からは除外されている（18.2条）。

規則では、潜水業務に用いる浮上方法や減圧表について特に規定がなく、一般に有効と認められているものを使用することとしている（18.17条）。また、減圧室については、(a)減圧潜水を行う場合、及び(b)潜水深度が40mを超える場合に

は、副室付きの減圧室を潜水現場に設けることを事業者に義務付けている。

### 3-2-2. カナダの規則における船上減圧

カナダの労働安全衛生法では潜水業務に使用する減圧表を特に規定しておらず、「一般に有効と認められているもの」を使用することとしている。カナダ DCIEM（Defence and Civil Institute of Environmental Medicine）による減圧表は世界的に評価が高く、DCIEM潜水マニュアル<sup>4)</sup>として一般に公表されている。当該潜水マニュアルには、空気潜水用減圧表ならびにヘリウム酸素混合ガス用減圧表が示されており、空気潜水用としては、水中空気減圧表、水中酸素減圧表、船上酸素減圧表が規定されている。船上酸素減圧法は、有人潜水試験によりその安全性を確認しており、水中減圧が長時間に及ぶ場合には、船上酸素減圧法の使用を推奨している。

DCIEM潜水マニュアルによる船上酸素減圧方法を以下に示す。船上酸素減圧法には、空気潜水用とヘリウム混合ガス潜水用が示されているが、本項では空気潜水用船上酸素減圧法について記す。

DCIEMにおける船上酸素減圧法の特長は以下の通りである。なお当該減圧表については添付資料2を参照のこと。

#### 【DCIEM 船上酸素減圧法の特長】

- ①水面浮上開始深度：9m
- ②水面インターバル：7分以内
- ③再加圧深度：12m

[船上減圧手順]

- 1) 水深 9m までの水中減圧を完了する
- 2) 18m/分の浮上速度で水面まで浮上する
- 3) 浮上後直ちに減圧室に入り、酸素を呼吸しながら 12m まで加圧する
- 4) 水深 9m 浮上開始から減圧室 12m 加圧完了までの時間は 7 分を超えてはなら

ない

- 5) 減圧室深度 12m で既定の時間、酸素呼吸（とエアブレイク）を行う  
酸素呼吸サイクルは、酸素：30 分間＋空気：5 分間（エアブレイク）とする
- 6) 既定の時間が終了したら 12m/分で水面圧力まで減圧する

表-2. カナダにおける船上酸素減圧表の例[潜水深度 36m のとき]

滞底時間(分)	減圧停止時間(分)						水面インターバル(分)	減圧室(酸素) 12m	総減圧時間(分)	反復潜水記号
	水中(空気)									
	21m	18m	15m	12m	9m					
10	-	-	-	-	-	-	-	2	C	
20	-	-	-	-	-	7	7	15	F	
25	-	-	-	-	2	7	13	23	G	
30	-	-	-	-	4	7	21	33	G	
35	-	-	-	-	6	7	27	41	H	
40	-	-	-	-	8	7	30+(5)	51	I	
45	-	-	-	3	6	7	36+(5)	58	J	
50	-	-	-	4	7	7	42+(5)	66	K	
55	-	-	-	5	7	7	48+(5)	73	-	
60	-	-	-	6	7	7	53+(5)	79	-	
65	-	-	-	6	8	7	58+(5)	85	-	
70	-	-	-	7	8	7	60+(10)	93	-	
75	-	-	-	8	8	7	70+(10)	104	-	
80	-	-	2	6	9	7	76+(10)	111	-	
85	-	-	3	6	10	7	82+(10)	119	-	
90	-	-	3	7	13	7	87+(10)	128	-	
95	-	-	4	6	16	7	90+(10)	134	-	
100	-	-	4	7	19	7	100+(15)	153	-	

\* 太線以降は例外的な潜水に限る

\* 減圧室での減圧停止時間に示す ( ) はエアブレイクによる空気呼吸時間合計

1-3. 英国の規則

1-3-1. 英国における潜水規則の概要

英国の労働安全衛生法は基本的なことだけが定められており、具体的事項は、規則：Regulations と公認実施準則：Approved Codes of Practice: ACOP によって規定されている。潜水業務におけるこ

れらは以下の通りである。

規則：The Diving at Work Regulations 1997 (1998 年改正)<sup>5)</sup>

公認実施準則：L-103 Commercial diving projects offshore<sup>6)</sup>、L-104 Commercial diving projects inland/inshore<sup>7)</sup>、L-105 Recreational diving projects<sup>8)</sup>、L-106 Media diving projects<sup>9)</sup>、

L-107 Scientific and archaeological diving projects<sup>10)</sup>

これらのうち、L-104 は(a)英国領内沿岸部、(b)港、河川、湖沼等内陸部水域、(c)タンクまたはプールで行われる建築土木、海洋開発並びに水産養殖関係の潜水作業に適用される(法2条)。当該実施準則では、適用範囲内で行われる潜水業務は、可能な限り圧縮空気または窒素酸素混合ガスによる送気式潜水で行うこととしており、潜水深度は最大50mまでに制限している(則45条)。浮上時間等減圧に関する規定はないが、事業者にはリスクアセスメントを行い、減圧症予防対策を含め十分な管理を行うよう求めている(則33,37条)。

#### 1-3-2. 英国の規則における船上減圧

英国の規則には業務に使用する特定の減圧表は規定されていない。その代わりとして、潜水作業を実施する事業者には、作業に係るリスクアセスメントの実施とその結果に基づいた作業計画の立案を義務付けており、その際には潜水作業界の基準に準拠することを認めている(則37条)。そのため、潜水企業が独自に開発したもののほか、英海軍や米海軍、カナダDCIEMなどの減圧表が利用されている。これらのうち、英海軍潜水マニュアル<sup>11)</sup>(BR2806、

1972年)による船上減圧方法を以下に示す。なお当該マニュアルでは、船上減圧法は、水中で必要な減圧停止を行うことが望ましくないか、もしくは実行不可能であるときに使用することとしている。

なお当該船上酸素減圧法の特長は以下の通りである。当該減圧表については添付資料3を参照のこと。

#### 【英国海軍船上酸素減圧法の特長】

- ①水面浮上開始深度：潜水深度
- ②水面インターバル：5分以内
- ③再加圧深度：(空気呼吸)最大33m  
(酸素呼吸)最大18m

#### 〔船上減圧手順〕

- 1) 水中停止を行うことなく20m/分の浮上速度で水面まで浮上する
- 2) 水面到着後直ちに減圧室に入り所定の圧力まで加圧する
- 3) 浮上開始から再圧完までのインターバルは5分を超えてはならない
- 4) 『チャンバー・ボトム(chamber bottom)』に5分間留まる
- 5) その後、船上減圧表に従って水面気圧まで減圧する
- 6) 潜水深度が36mを超える場合には、船上酸素減圧法を用いる

なお英海軍船上酸素減圧表では、酸素呼吸中のエアブレイクを指示していない。

表-3. 英国海軍における船上減圧表の例[潜水深度 36mのとき]

滞底時間(分)	水面インターバル(分)	減圧停止時間(分)									酸素時間(分)	総減圧時間(分)
		空気(chamber bottom)			酸素							
		27m	24m	21m	18m	15m	12m	9m	6m	3m		
14	5	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
20	5	-	-	5	-	-	1	4	5	6	16	21
25	5	-	-	5	-	-	2	4	6	7	19	24
30	5	-	-	5	-	-	3	5	7	9	24	29
35	5	-	-	5	-	-	4	6	10	11	31	36
40	5	-	-	5	-	-	5	7	10	13	35	40
45	5	-	-	5	-	-	5	7	12	15	39	44
50	5	-	-	5	-	-	5	9	13	16	43	48
70	5	-	-	5	-	-	8	10	17	20	55	60
90	5	-	-	5	-	-	10	13	20	27	70	75
110	5	-	-	5	-	-	11	19	23	31	84	89

\* 太線以降は例外的な潜水に限る

\* 酸素減圧中は酸素呼吸を継続し、エアブレイクは行わない

#### 1-4. ドイツの潜水規則

##### 1-4-1. ドイツにおける潜水規則の概要

ドイツの労働安全衛生管理体制は、公的機関による二元管理を特徴とする。すなわち、ドイツ社会法典第7編(Sozialgesetzbuch VII)ならびに労働者保護法(ArbSchG)により、産業別の同業者で構成される労災保険組合に法的権限を与え、職場における安全衛生の管理監督を行っている。港湾建設や水中構造物の構築ならびにそれらの保守点検等、水中土木建設工事に係る潜水作業は、建設業労災保険組合(Berufsgenossenschaft der Bauwirtschaft: BG-BAU)によるBGV(職業組合規則)C23<sup>12)</sup>(2012年改正)が適用される。当該規則では、潜水作業は空気潜水が原則であり、最大深度は50mまでとされている。この深度を超える場合や混合ガスを用いる際には所属する職業

組合による許可が必要となる(第22条1項)。また、当該規則では浮上時の減圧表(附表1)が示されており、潜水業務はこれに従って行うよう規定されている(第22条3、4項)。

##### 1-4-2. ドイツの規則における船上減圧法

BVG C23では、緊急時の非常用減圧法として船上減圧法を位置付けている(第26条 非常減圧)。したがって、潜水作業者に危険が差し迫った状況で、それを避けるためにどうしても必要な場合に限り、船上減圧法の使用が認められている。

当該規則には、船上減圧法の手順並びに減圧表(附表4)が示されており、船上減圧実施時にはこれらに従うよう求めている。BVG C23による船上減圧法の手順並びに減圧表の例を以下に示す。

なお当該船上酸素減圧法の特長は以下の

通りとなっている。減圧表については添付資料4を参照のこと。

【ドイツ船上酸素減圧法の特長】

- ① 水面浮上開始深度：9m
- ② 水面インターバル：4分以内
- ③ 再加圧深度：12m

[船上減圧手順]

- 1) 12m/分以下の浮上速度で浮上を開始する
- 2) 水深9mまでの水中減圧を完了する
- 3) 水面まで1分以内に浮上する。減圧室内で12mまで再加圧する

- 4) 減圧室内に移動し、12mまで再加圧する
  - 5) 浮上から再加圧完了までのインターバルは3分以下とする
  - 6) 減圧室内では所定の時間酸素呼吸を行う
  - 7) 減圧室内での所定の時間を終了したら2m/分の浮上速度で水面気圧まで浮上する
- なお減圧室での酸素呼吸は酸素25分呼吸毎に5分間の空気呼吸(エアブレイク)を行うこととする。

表-4. ドイツにおける船上減圧表の例[潜水深度36mのとき]

滞底時間 (分)	第1停止点 までの時間 (分:秒)	減圧停止時間						総減圧時間 (分:秒)
		水中(空気)			水面インター バル(分)	減圧室(酸素)		
		15m	12m	9m		12m	12-0m	
15	3:00	-	-	-	4	10	6	22:00
20	3:00	-	-	-	4	10	6	22:00
25	3:00	-	-	-	4	15	6	27:00
30	3:00	-	-	-	4	20	6	32:00
35	2:15	-	-	3	4	25	6	39:15
40	2:15	-	-	3	4	30+(5)	6	49:15
45	2:10	-	-	5	4	35+(5)	6	56:15
50	2:00	-	3	7	4	40+(5)	6	66:15

\*減圧室での減圧停止時間に示す( )はエアブレイクによる空気呼吸時間合計

1-5. フランスの潜水規則

1-5-1. フランスにおける潜水規則の概要

フランスにおける労働安全衛生管理体制は、労働法(Code du travail)と社会保障法(Code de la sécurité sociale)に重要な規定がおかれている。労働安全衛生に関わる政府機関の役割や、事業者の権利義務、あるいは労働安全衛生を確保するための基本原則等は前者によって規定され

ている。これらによる法律事項の詳細は、政令によって示されており、政令は首相令(Decret : D)とその下位規則となる行政府による省令(Arrete : A)から構成されている。潜水業務に関してはNOR(法令文書番号): TEFT9003290-D(首相令1990年改正)とNOR: TEFT9103100-A(省令1991年改正)が適用される<sup>13)</sup>。

これらの規則では、圧縮空気による潜

水は最大 6 bar（水深 60m）までとしており、それを超える潜水では呼吸ガスに混合ガスを使用することを義務付けている（首相令 5 条）。なお混合ガス潜水等の場合の酸素分圧は、水中では 1.6 bar、減圧室内等の気中環境では 2.2 bar を超えないこととしている（首相令 8 条）。

潜水方式についても深度による規制が設けられており、スクーバ潜水並びに送気式潜水は水深 60m まで、60m を超え 90 m までは加圧型ベル潜水、90m を超える潜水では飽和潜水システムを用いるよう規定している（省令 5, 6, 7, 8 条）。

浮上方法に関しては、空気潜水（深度：12-60m）、ヘリウム酸素混合ガス（深度：30-120m）それぞれについて減圧表が示されており、これらに従って潜水を行うよう義務付けている（省令 10 条）。

#### 1-5-2. フランスの規則における船上酸素減圧法

省令 TEFT9103100-A では、水上酸素

減圧方法は、水中減圧が潜水者にとって特に危険な場合に限りその使用を認めている（省令附則 7）。すなわち、

- ・気象海象条件の悪化等により、水深 3 m での減圧停止が困難になった場合（第 3 条）

- ・水中での減圧が潜水士にとって特に危険（流出オイル等による汚染、潮流、不発弾等）であると認められた場合

これらの条件に遭遇した際には、船上酸素減圧法に使用が認められており、その手順並びに減圧表の例を以下に示す。

なお当該船上酸素減圧法の特長は以下の通りとなっている。減圧表については添付資料 5 を参照のこと。

#### 【フランス船上酸素減圧法の特長】

- ① 水面浮上開始深度：9m
- ② 水面インターバル：4 分以内
- ③ 再加圧深度：12m

#### [船上減圧手順]

- 1) 12m/分以下の浮上速度で浮上を開始する
  - 2) 水深 9m までの水中減圧を完了する
  - 3) 水面まで 1 分以内に浮上する
  - 4) 減圧室内に移動し、12m まで再加圧する
  - 5) 浮上から再加圧完了までのインターバルは 3 分以下とする
  - 6) 減圧室内では所定の時間連続して酸素呼吸を行う
  - 7) 減圧室内での所定の時間を終了したら 2m/分の浮上速度で水面気圧まで浮上する
  - 8) 次回潜水までの待機時間は 12 時間以上とする
- なお減圧室での酸素呼吸は酸素 25 分呼吸毎に 5 分間の空気呼吸(エアブレイク)を行うこととする。

表-5. フランスにおける船上減圧表の例[潜水深度 36mのとき]

滞底時間 (分)	第1停止点 までの時間 (分:秒)	減圧停止時間						総減圧時間 (分: 秒)	次回潜水 までの待機時間
		水中(空気)			水面インター バル(分)	減圧室(酸素)			
		15m	12m	9m		12m	12-0m		
15	3:00	-	-	-	4	10	6	22:00	12h00
20	3:00	-	-	-	4	10	6	22:00	12h00
25	3:00	-	-	-	4	15	6	27:00	12h00
30	3:00	-	-	-	4	20	6	32:00	12h00
35	2:15	-	-	3	4	25	6	39:15	12h00
40	2:15	-	-	3	4	30+(5)	6	49:15	12h00
45	2:10	-	-	5	4	35+(5)	6	56:15	12h00
50	2:00	-	3	7	4	40+(5)	6	66:15	12h00

\*減圧室での減圧停止時間に示す( )はエアブレイクによる空気呼吸時間合計

## 1-6. ノルウェーの規則

### 1-6-1. ノルウェーにおける潜水規則の概要

ノルウェーでは労働監督局(Direktoratet for Arbeidstilsynet)によって安全衛生規則が定められており、潜水業務に関しては、労働監督局規則 No. 511

「Forskrift om Dykking (Regulations of Diving)」<sup>14)</sup>(2007年改正)が適用される。

当該規則では、潜水業務は5種類に区分されている(第9条)。それらは概ね次のように特徴づけられている。すなわち、クラスI:水深50mまでの潜水作業に従事するもの、クラスII:ベル潜水や飽和潜水作業に従事するもの、クラスIII:50mまでの潜水業務に関する基礎教育を受けたもの、クラスR:水深30mまでの潜水調査や救難業務に従事するもの、クラスS:水深30mまでのスクーバ潜水をおこなうもの、となっている。これらクラスごとに潜水者の資格要件や必要な教育訓練が異なる。

規則では、通常の潜水業務は水深50mまでとし、それを超える場合には潜水ベルの使用を義務付けている(第110条)。また、潜水深度が30mを超える場合や減圧が必要となる潜水を行う場合には、事業者が潜水現場への減圧室設置を求めている(第109条)。

潜水業務時の浮上方法や減圧手順に関してはWestern Norway University of Applied Sciencesによるノルウェー潜水及び治療表(Norwegian Diving and Treatment Tables)<sup>15)</sup>に拠るよう規定している(第108条)。

### 1-6-2. ノルウェーの規則における船上減圧法

ノルウェーの潜水業務安全衛生規則(Forskrift om Dykking)では、船上減圧法の運用に関しては以下のような制限を設けている。

#### 第32条 船上減圧潜水

船上減圧法を用いて潜水業務を行う

場合、事業者は週 3 日以上連続して潜水業務を行わせてはならない。潜水を再開する際には、ダイバーを 24 時間以上水上に滞在させた後でなければならない。

また、潜水業務における浮上方法はノルウェー潜水及び治療表 (Norwegian Diving and Treatment Tables; NDTT) に従って行うことが規定されている。NDTT (第 4 版、2017 年 1 月) では、空気潜水は 50m までとし、それを超える場合はヘリウム混合ガスの使用を求めている。また、酸素分圧に関しては最大 1.5bar を推奨している。

NDTT による船上減圧法を以下に示す。なお当該減圧表では船上減圧法による繰り返し潜水を認めていない。

なお当該船上酸素減圧法の特長は以下の通りとなっている。減圧表に関しては添付資料 6 を参照のこと。

【NDTT 船上酸素減圧法の特長】

- ①水面浮上開始深度：40feet (12m)
- ②水面インターバル：5 分以内

- ③再加圧深度：50feet (15m)  
→40feet (12m)

[船上減圧手順]

- 1) 水深 12m までの水中減圧を完了する
- 2) 水深 12m から 1 分間で水面まで浮上する
- 3) 浮上後直ちに減圧室に入り、酸素を呼吸しながら 15m まで 30 秒で加圧する
- 4) 水深 12m 浮上開始から減圧室 15m 加圧完了までの時間は 5 分を超えてはならない
- 5) 減圧室深度 15m で 15 分間の酸素呼吸を行う
- 6) その後酸素を呼吸しながら 10m/分の速度で 12m まで減圧する (約 20 秒)
- 7) 減圧室深度 12m で所定の時間、酸素減圧 (とエアブレイク) を行う
- 8) 酸素減圧終了後、減圧室内の空気を呼吸しながら 10m/分で水面まで減圧する

表-6. ノルウェーにおける船上減圧表の例[潜水深度 36mのとき]

滞底時間(分)	減圧停止時間(分)						総減圧時間(分)
	水中(空気)			水面インターバル	減圧室(酸素)		
	18m	15m	12m		15m	12m	
30	-	-	-	5	15		25
35	-	-	-	5	15	15	40
40	-	-	-	5	15	15	40
50	-	-	-	5	15	30+(5)	60
60	-	-	-	5	15	45+(5)	75
70	-	-	13	5	15	60+(10)	108
80	-	-	24	5	15	75+(10)	134
90	-	7	26	5	15	90+(15)	163

\*太線以降は例外的な潜水に限る

\*減圧室での減圧停止時間に示す ( ) はエアブレイクによる空気呼吸時間合計

## 2. 船上減圧法の法令規則・運用基準の比較

今回調査を行った 6 ヶ国（米国、カナダ、英国、ドイツ、フランス、ノルウェー）のいずれにおいても、潜水業務関連規則で船上減圧法を禁止しているものはなかった。しかしながら、船上減圧法の位置付けやその運用方法等には差異が認められた。それらの差異に関する比較検討を行った。

### 2-1. 船上減圧法の位置付け

今回調査を行った 6 ヶ国のうち、船上減圧法の使用を禁じている国はなかったが、その位置付けには差異が認められた。すなわち、ドイツ、フランス、英国においては、船上減圧法は緊急避難処置として位置付けられており、海象条件や海棲生物との遭遇等により水中減圧を安全に行うことが出来ないか、もしくは危険が大きいと判断された場合に限り、その使用が認められている。一方、米国及びカナダでの位置付けは、通常選択される減圧方法の一つであり、長時間の水中減圧を要

する潜水では船上減圧法の利用を推奨している。その理由として、潜水者が比較的短時間で水面まで浮上するため潜水器や潜水支援員が不要となり、それらが次の潜水チームに移行できることから潜水業務の効率が向上することに加えて、潜水者が寒冷水中に留まることによる不快感を軽減できるという点をあげている。なお各国ともに船上減圧法の利用は原則送気式潜水に限っており、スクーバ潜水への使用は認めていない。

### 2-2. 船上減圧法の運用方法

船上減圧法の運用方法には差異が認められた。それらを比較するために、船上減圧法の減圧表の特長として、①水面浮上開始深度、②水面インターバル、③再加圧深度を比較した。その結果を表 7 に示す。なお英国の船上減圧表（英海軍減圧表）では、空気減圧表と酸素減圧表の 2 種類が提示されているが、潜水深度が 36m を超える深い潜水では酸素減圧表の利用が推奨されているため、船上酸素減圧表を対象としている。

表-7. 各国減圧表の特長の比較

減圧表	①水面浮上開始深度	②水面インターバル	③再加圧深度
米国	12m (40feet)	5 分	15m/12m (酸素)
カナダ	9m	7 分	12m (酸素)
英国	潜水深度	5 分	21~33m (空気)
ドイツ	9m	4 分	12m (酸素)
フランス	9m	4 分	12m (酸素)
ノルウェー	12m	5 分	15m/12m (酸素)

上記のうち、英国の減圧表は他に比べ非常に特殊であり、水中での減圧停止を必要としていない。また、減圧室での再加圧も、最初期は空気で再加圧した後に減圧を開始し、所定の深度に達してから酸素減圧に切り替えるとされている。これは緊急浮上用減圧表としての利用を主として作成されたものであり、常用の減圧浮上方法として利用することには違和感がある。英国以外の減圧表において、水面浮上開始深度は米国とノルウェーは 12m、カナダ、ドイツおよびフランスは 9mであった。水面インターバルは米国およびノルウェーが 5 分、カナダは 7 分、ドイツおよびフランスは 4 分を上限としている。なおドイツとフランスの減圧表では、水面浮上開始深度から水面までを 1 分以内、水面到着から再加圧深度到達までを 3 分以内と規定している。当該減圧表ではこの 3 分を水面インターバルとして表記されているが、本項では他との比較を容易にするため、水面浮上開始から再加圧深度到達までの合計時間（4 分間）を用いている。

船上減圧室で行われる減圧はすべて酸素減圧が用いられており、その再加圧深度は、米国とノルウェーは 15m、カナダ、ドイツおよびフランスは 12mであった。米国およびノルウェーは 15mまで再加圧して 15 分間保持した後、12mまで減圧し、以降は所定の時間減圧する方法が取られている。一方カナダ、ドイツ、フランスは一定深度（12m）で所定の時間減圧を行う

とされている。

これらの差異が実際の減圧浮上にどのような影響を及ぼすかを知るために、水深 36m（120feet）で滞底時間 50 分の空気潜水を行った場合の潜水プロフィールを比較することとする。図 2 から 7 にそれぞれの加減圧プロフィールを示す。

すべての減圧表が減圧時には酸素を用いているが、英国では潜水深度が 36m を超えた場合の船上減圧では酸素を使用している。また、上図からも明らかのように、ドイツの船上減圧法はフランスの減圧表を、またノルウェーのそれは米国のものを採用しており、繰り返し潜水や滞底時間の制限などの運用上の制限を除けば、事実上同一の船上減圧法である。

減圧に要する時間（総減圧時間）は、英国が 54 分と最も短く、米国とノルウェーが 60 分、フランスとドイツが 66 分、カナダが 67 分であった。この総減圧時間には水面インターバルが含まれるが、それらは、フランスとドイツが 4 分以内としているのに対し、米国とノルウェー、英国では 5 分以内であり、カナダでは最大 7 分を許容している。水面浮上開始深度は米国とノルウェーでは水深 12m、フランスとドイツ、並びにカナダは水深 9m となっている。この際の浮上速度は、英国では 20m/分、カナダ 18m/分、米国とノルウェー及びフランスとドイツは 12m/分であり、通常の水中減圧時の浮上速度（約 10m/分）よりも速いものであった。これは水面インターバルを短縮するための措置と考え

られる。浮上後船上減圧室内で行われる減圧は、英国ではまず21mまで再加圧し、そこに5分間滞在した後酸素吸入を開始し12→9→6→3mと酸素により減圧する。フランスとドイツ、並びにカナダでは深度12mまで再加圧し、その深度で所定の時間酸素呼吸を行う。米国とノルウェーでは、酸素呼吸を行いながら15mまで再加圧し、そこに15分間滞在した後12mに減圧し、残りの減圧時間を完了する。高分

圧酸素は不活性ガスの排出を促進することから、減圧時間の短縮が可能となるが、同時に急性酸素中毒のリスクも高くなることから注意が必要となる。高分圧酸素呼吸に対しては酸素呼吸を中断し、短時間空気を呼吸することで急性酸素中毒の発症を遅らせることができる。これはエアブレイクとして知られており、英国を除くすべての減圧表で採用されている。

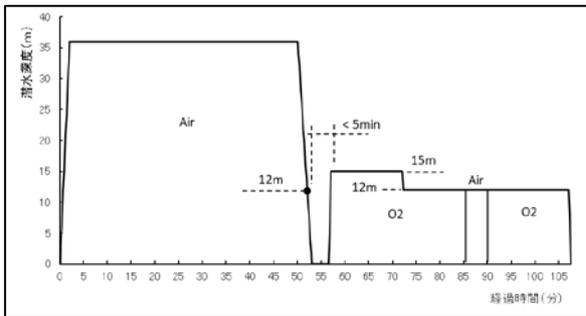


図-2. 米国の船上減圧法

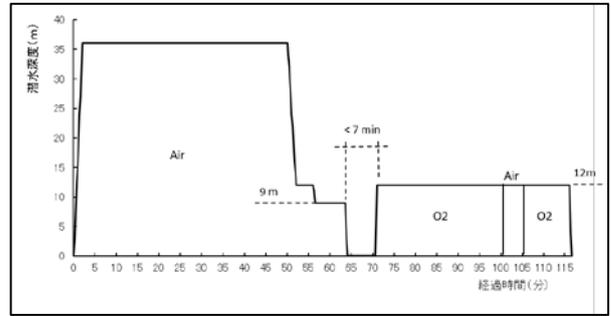


図-3. カナダの船上減圧法

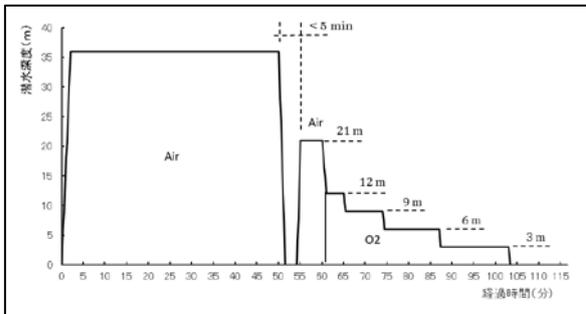


図-4. 英国の船上減圧法

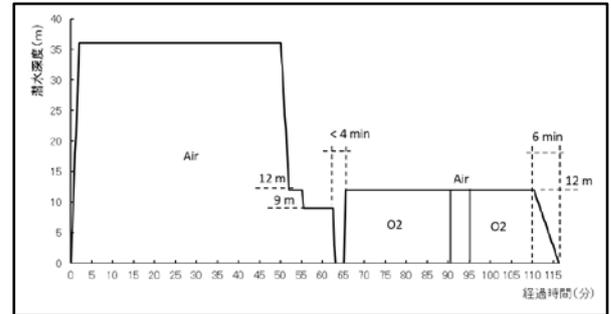


図-5. ドイツの船上減圧法

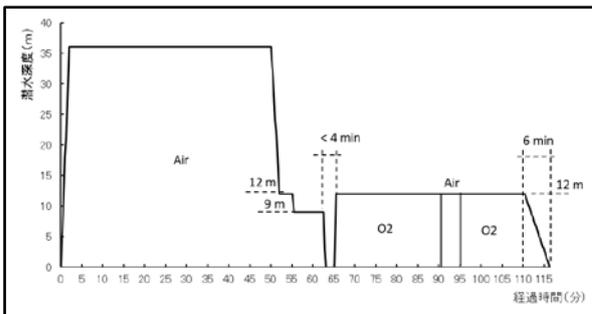


図-6. フランスの船上減圧法

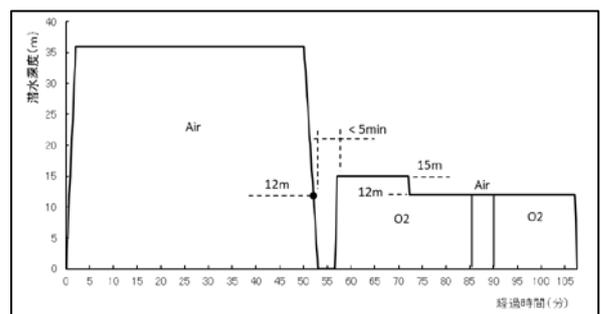


図-7. ノルウェーの船上減圧法

減圧表は使用実績や事故事例数などの経験によってその機能や安全性、利便性が高められていく部分が非常に大きい。そのため、一般的には減圧表の作成年度が新しいほど性能が高いと考えられる。調査対象とした6ヶ国の減圧表のうち英国のものが最も古く(1972年)、フランスの減圧表は1990年に制定されたものである。ドイツの規則は2012年に最終改定が行われたものであるが、船上減圧法にはフランスのものが採用されている。カナダのそれは1992年制定であり、米国の減圧表として利用されている米国海軍減圧表は2016年に改定されたもの(第7版)である。ノルウェーの減圧表NDTTはこの米国海軍減圧表を基にしているが、一部に独自の使用方法が加えられており、その制定は2017年と最も新しかった。

### 2-3. 空気減圧法と船上酸素減圧法の比較

船上減圧法は、必要な水中での減圧停止を省略して浮上することから、それによる減圧症の発症が懸念される。したがって、浮上時の減圧症リスクに対して何らかの補償を行うことが必要となる。今回調査した船上減圧法のいずれにおいても、酸素減圧法が用いられるのはこの理由によるものである。減圧時の酸素の利用は、不活性ガスの排出促進を目的としたものであり、通常は空気による減圧に比べ大幅に減圧時間を短縮することができる。そこで、これらの状況を知るために、潜水深度36m(120feet)、滞底時間50分の潜水を対象として各国の船上酸素減圧

法と(水中)空気減圧法における減圧時間の比較を行った。その結果、船上酸素減圧法による総減圧時間は、水中減圧法とほぼ同等から約70%程度であったものの、同様に減圧に酸素を用いる水中酸素減圧法との比較では、減圧に有利なより高い酸素分圧を用いながらも30~40%ほど長かった。

減圧表における減圧時間は、通常体内に蓄積した不活性ガス分圧に基づいて決定される。不活性ガスの排出動態はその分圧較差によることから、浅い深度への移動で圧力較差を作り出すことで不活性ガスの排出が図られる。船上減圧法では、水中での減圧を中断して浮上することから、大きな圧力較差が生じることになり、不活性ガス量は大幅に低下することになる。したがって、通常の減圧計算では、減圧時間は短縮する傾向となる。しかしながら、実際に用いられる減圧表の比較では、同様に減圧に酸素を用いた水中酸素減圧法に比べ、船上酸素減圧法では長い減圧時間が必要であった。このことは、船上酸素減圧法に用いる減圧表は、従来の減圧理論による計算の結果ではなく、経験に基づいたものであることがわかる。実際に、ドイツやノルウェーでは、長い実績を有するフランスや米国の減圧表を採用していることも、それを裏付けている。

各国減圧表における船上酸素減圧法と水中減圧法による減圧時間の比較を以下に示す。なお比較に際しては、潜水深度36m(120feet)、滞底時間50分の潜水を対象とした。

2-3-1. 米国の船上減圧法と水中減圧法

米国の規則では米海軍潜水マニュアルに記載された減圧表を基準としている。それによれば、空気潜水に対する減圧方法として船上酸素減圧法の他に水中空気減圧法と水中酸素減圧法が示されている。これらと船上減圧法の比較を表 8 並びに図 8 に示す。

表並びに図からも明らかのように、船上酸素減圧法では水中の減圧停止は必要ない。また、浮上減圧に要する時間（総減圧時間）は、水中空気減圧法のそれよりも約 38 分短縮（67%）できるが、水中酸素

減圧法との比較では約 14 分長い(130%)ものとなっている。酸素減圧では、呼吸する酸素分圧が高いほど、すなわち深い深度で酸素呼吸を行うほど減圧時間短縮に効果的である。船上酸素減圧での深度は 50feet (15m) と 40feet (12m) であるのに対し、水中酸素減圧では 30feet (9m) と 20feet (6m) となっている。これらのことから、当該減圧表では船上減圧法における水面インターバルが減圧症リスクに及ぼす影響はかなり大きいとしていることがうかがえる。

表-8. 米海軍減圧表における船上減圧法と水中減圧法の比較（水深 120feet）

①船上酸素減圧

滞底時間 (分)	停止点までの時間 (分:秒)	減圧停止時間(分)						総減圧時間 (分:秒)
		水中(空気)			水面インターバル	船上減圧室(酸素)		
		60feet	50feet	40feet		50feet	40feet	
50	4:00	-	-	-	5	15	30+(5)	60:20

②水中空気減圧

滞底時間 (分)	停止点までの時間 (分:秒)	減圧停止時間(分)					総減圧時間 (分:秒)
		水中(空気)					
		60feet	50feet	40feet	30feet	20feet	
50	3:00	-	-	-	10	85	98:40

③水中酸素減圧

滞底時間 (分)	停止点までの時間 (分:秒)	減圧停止時間(分)					総減圧時間 (分:秒)
		水中(空気)			水中(酸素)		
		60feet	50feet	40feet	30feet	20feet	
50	3:00	-	-	-	5	33+(5)	46:40

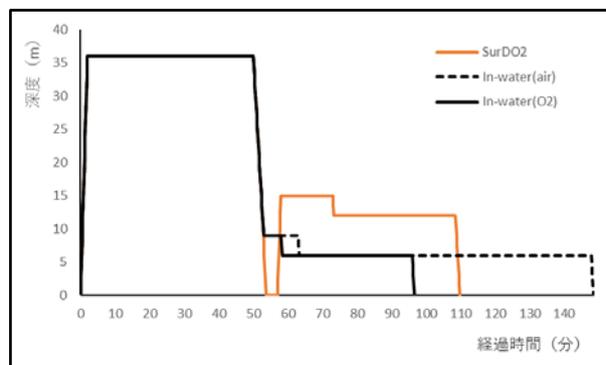


図-8. 船上減圧法と水中減圧法(米海軍)

2-3-2. カナダの船上減圧法と水中減圧法

カナダ DCIEM 減圧表には、空気潜水に対する減圧方法として船上酸素減圧法の他に水中空気減圧法と水中酸素減圧法が示されている。これらと船上減圧法の比較を表9並びに図9に示す。

図並びに表からも明らかのように、船上酸素減圧表では水中 12m と 9m で減圧

停止が必要となる。総減圧時間の比較では、船上酸素減圧法では水中空気減圧法とほぼ同じであり、水中酸素減圧法との比較では 19 分 (140%) と大幅に延長されている。酸素減圧深度は水中酸素減圧法の 9m に対し船上酸素減圧法では 12m とより高い酸素分圧が用いられている。

表-9. DCIEM 減圧表における船上減圧法と水中減圧法の比較(水深 36m)

①船上酸素減圧

滞底時間 (分)	停止点までの時間 (分:秒)	減圧停止時間(分)					総減圧時間 (分:秒)
		水中(空気)			水面イン ターバル	船上減圧室(酸素)	
		15m	12m	9m		12m	
50	1:20	-	4	7	7	42+(5)	67:20

②水中空気減圧

滞底時間 (分)	停止点までの時間 (分:秒)	減圧停止時間(分)					総減圧時間 (分:秒)
		水中(空気)					
		15m	12m	9m	6m	3m	
50	1:20	-	4	7	10	46	68:20

③水中酸素減圧

滞底時間 (分)	停止点までの時間 (分:秒)	減圧停止時間(分)				総減圧時間 (分:秒)
		水中(空気)			水中(酸素)	
		18m	15m	12m	9m	
50	1:20	-	-	4	37+(5)	48:20

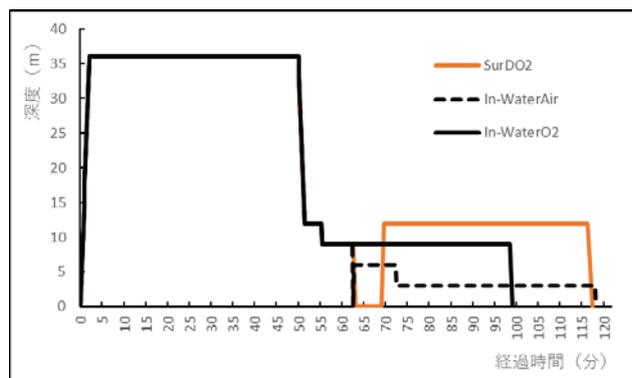


図-9. 船上減圧法と水中減圧法(カナダ)

2-3-3. 英国の船上減圧法と水中減圧法

英海軍減圧表には、空気潜水に対する減圧方法として船上減圧法の他に水中空気減圧法と水中酸素減圧法が示されている。ただし水中酸素減圧法は深度 54m 以上の大深度潜水用であり、非常に特殊なものであることから、今回は対象としない。

英海軍減圧表における船上酸素減圧法と水中空気減圧法との比較を表 10 並びに図 10 に示す。図並びに表からも明らかなように、当該船上減圧表では水中での減圧停止を必要とせず、そのまま浮上し、船上

減圧チャンバー内で 21m まで再加圧された後、所定の水深から酸素減圧が行われる。総減圧時間の比較では、船上酸素減圧法では約 55 分を要し、水中空気減圧法の約 51 分に比べ僅かに長くなっている。当該減圧表は 1972 年に公表されたもので、その後特に改定は行われていない。当該減圧表による潜水での減圧症発症率などの実績は明らかになっていない。空気による深い深度への再圧は、気泡消失に対する効果が限定的であり、却って不活性ガスの取り込みが懸念されることから、現在ではあまり用いられなくなっている。

表-10. 英国海軍減圧表における船上減圧法と水中減圧法の比較(水深 120feet)

①船上酸素減圧

滞底時間(分)	浮上時間(分:秒)	水面インターバル(分)	減圧停止時間(分)									総減圧時間(分:秒)
			空気(chamber bottom)			酸素						
			27m	24m	21m	18m	15m	12m	9m	6m	3m	
50	1:48	5	-	-	5	-	-	5	9	13	16	54:48

②水中空気減圧

滞底時間(分)	停止点までの時間(分:秒)	減圧停止時間(分)					総減圧時間(分:秒)
		水中(空気)					
		15m	12m	9m	6m	3m	
50	1:21	-	-	5	15	30	51:21

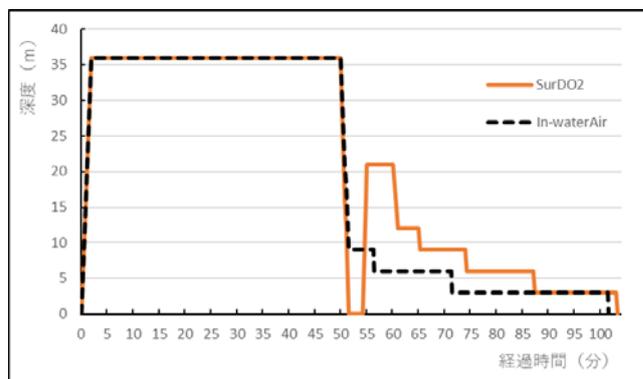


図-10. 船上減圧法と水中減圧法(英国)

2-3-4. ドイツ・フランスの船上減圧法と水中減圧法

ドイツでは、対象とする減圧方法にはフランスのそれが用いている。フランスの減圧表には、空気潜水に対する減圧方法として船上減圧法の他に水中空気減圧法と水中酸素減圧法が示されている。フランスにおける船上減圧法と水中減圧法の比較を表 11 並びに図 11 に示す。比較を容易にするために、潜水深度 36m、滞

底時間 50 分の潜水を対象とした。

フランスの船上酸素減圧法では、水中 12m と 9m で減圧停止が必要である。総減圧時間の比較では、船上酸素減圧法では水中空気減圧法とほぼ同じであり、水中酸素減圧法との比較では船上酸素減圧法で 16 分長く、総減圧時間は 132% となっている。酸素減圧深度は船上酸素減圧法の 12m に対し水中酸素減圧法では 6m と大幅に異なる深度が採用されている。

表-11. フランス減圧表における船上減圧法と水中減圧法の比較

①船上酸素減圧

滞底時間 (分)	停止点までの時間 (分:秒)	減圧停止時間(分)						総減圧時間 (分:秒)
		水中(空気)			水面イン ターバル	船上減圧室(酸素)		
		15m	12m	9m		12m	12-0m	
50	2:00	-	3	7	4	40+(5)	6	66:15

②水中空気減圧

滞底時間 (分)	停止点までの時間 (分:秒)	減圧停止時間(分)					総減圧時間 (分:秒)
		水中(空気)					
		15m	12m	9m	6m	3m	
50	2:00	-	3	7	20	35	67:00

③水中酸素減圧

滞底時間 (分)	停止点までの時間 (分:秒)	減圧停止時間(分)					総減圧時間 (分:秒)
		水中(空気)				水中(酸素)	
		18m	15m	12m	9m		
50	2:15	-	-	3	5	35+(5)	50:15

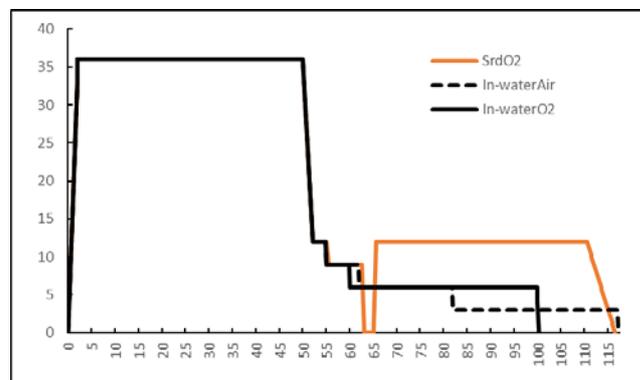


図-11. 船上減圧法と水中減圧法(フランス)

2-3-5. ノルウェーの船上減圧法と水中減圧法

ノルウェーの減圧表には、空気潜水に対する減圧方法として船上減圧法の他に水中空気減圧法が示されている。なおノルウェーでは、船上減圧法には米海軍によるものを用いているが、水中減圧法は自国のものが採用されている。ノルウェーにおける船上減圧法と水中減圧法の比較を表 12 並びに図 12 に示す。なお比較は、潜水深度 36m、滞底時間 50 分の潜水を対象としたものである。

水中空気減圧法との比較では、船上酸素減圧法では水中の減圧停止は不要であり、総減圧時間も 70%程度に短縮することができる。ノルウェーでは、船上酸素減圧法に関する自国の知見が十分でないことから、長年の経験を有するは米国海軍によるものを採用している。しかしながら、当該船上減圧表に関してノルウェー側で評価ができていないこと、確率モデルを用いた減圧症リスク予測が 5～6%であったことから、その使用に際しては、繰り返し潜水の禁止並びに滞底時間の制限を課している。

表-12. ノルウェー減圧表における船上減圧法と水中減圧法の比較

①船上酸素減圧

滞底時間 (分)	停止点までの時間 (分:秒)	減圧停止時間(分)						総減圧時間 (分:秒)
		水中(空気)			水面イン ターバル	船上減圧室(酸素)		
		15m	12m	9m		15m	12m	
50	4:00	-	-	-	5	15	30+(5)	60:20

②水中空気減圧

滞底時間 (分)	停止点までの時間 (分:秒)	減圧停止時間(分)					総減圧時間 (分:秒)
		水中(空気)					
		15m	12m	9m	6m	3m	
50	2:20	-	5	10	25	40	82:20

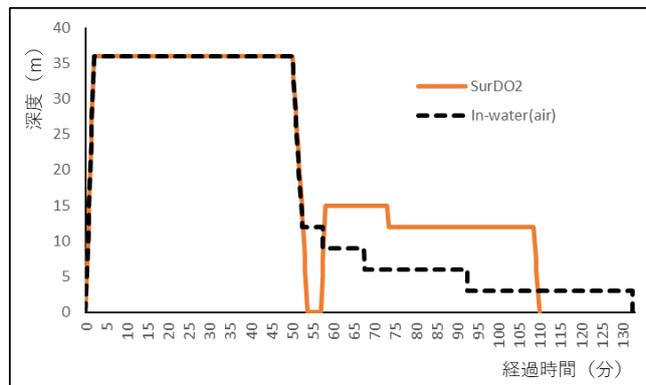


図-12. 船上減圧法と水中減圧法(ノルウェー)

## II 船上減圧法の運用実績と規則・基準の背景

### 1. 船上減圧法の運用実績

船上減圧法の導入に際して、その運用基準を定めるためには、船上減圧法のリスクや適用範囲等に関する知見を蓄積しておくことが必要である。船上減圧法の運用基準となる減圧表は各国でそれぞれ定められているが、その減圧症発症リスクについては科学的な報告はほとんどない。そこで、船上減圧法の運用実績について調査を行った。

商業潜水作業に関する大規模な疫学調査は1980年代に多く行われた。1960年初頭から北海の海底油田開発が本格化し、それに伴って様々な潜水作業が行われるようになった。作業は年々大深度化していき、潜水方式も様々なものが用いられるようになったところ、1970年代後半から減圧症例が多く報告されるようになった。これに対し、当時主な潜水方式の一つであった船上減圧法が、「潜水効率を上げるために潜水士の安全を犠牲にした潜水方式」であるとして新聞（The Sunday Times, 1985）等で報道され、社会問題となったことから、その検証のために疫学調査が実施されることとなった。それらの結果から、水上減圧法の位置付けや運用限界等が定められ、現在に至っている。

#### 1-1. 英国における運用実績

商業潜水作業に関する疫学調査は、その監督官庁であった英国エネルギー庁（現通商産業省）によって、北海の英国セクタで実施された。調査は1982年から

1988年の7年間に実施された空気潜水全般を対象としたものである<sup>16,17,18)</sup>。これらは特に英国企業に限ったものではなく、他国のものも含まれるが、潜水作業には原則英国規則が適応される。調査期間中に130,000回以上の空気潜水業務が行われ、潜水業務報告書からその詳細を確認することができた126,980回の空気潜水について調査が行われた。

#### 1-1-1. 潜水方式の状況

期間中潜水作業に用いられた潜水方式を表13並びに図13に示す。潜水方式には船上酸素減圧法(SurD02)の他に、水中空気減圧法(In-Water)、ベル・バウンス(Bell-TUP)並びに無減圧潜水(No-Stop)が用いられた。表並びに図からも明らかのように、潜水方式には船上酸素減圧が最も多く利用されており、概ね全体の半数で船上酸素減圧法が用いられていた。なお1982-84年にはベル・バウンス法の利用がないが、これは調査への報告がなかったためであり、利用が皆無であったことを示すものではない。

#### 1-1-2. 減圧症の発症状況

対象とした潜水の333例で減圧症が認められた。それらは症状によってI型とII型に分類されたが、特に神経症状が認められたものはII型とされた。ただし、これらの症状に関する医学的な情報は限られたものであったことに注意する必要がある。調査年ごとの減圧症発生状況を表14に、また潜水深度と滞底時間による減圧症発症の状況を図15に示す。

表-13. 潜水作業に用いられた潜水方式とその回数

year	SurDO2	In-Water	Bell-TUP	No-Stop	Number of Dives
1982	6,996	470	—	3,382	10,848
1983	7,963	1,652	—	5,387	15,002
1984	12,146	2,224	—	8,663	23,033
1985	11,880	3,616	164	6,686	22,346
1986	10,757	2,553	1,188	5,764	20,262
1987	8,010	3,440	1,116	5,853	18,419
1988	7,213	1,758	1,465	6,608	17,044
TOTAL	64,965	15,713	3,933	42,343	126,954

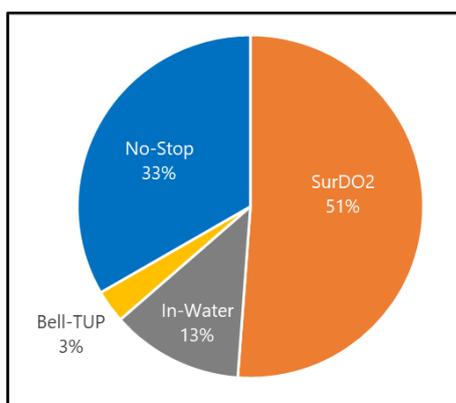


図-13. 潜水方式の比率

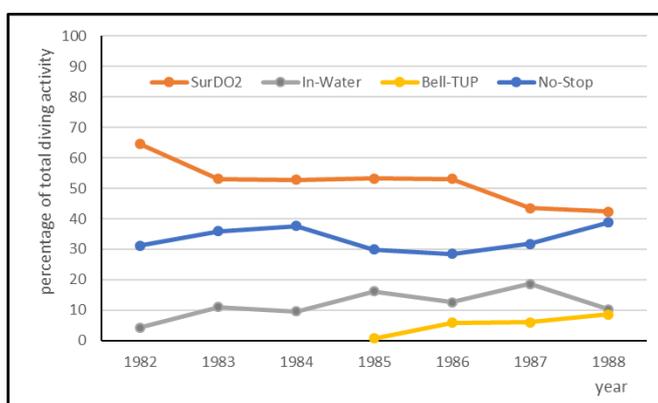


図-14. 使用した潜水方式の比率の推移

表-14. 減圧症の発生状況

year	Number of dives	Type 1 DCS	Type 2 DCS	Total	Incidence (%)
1982	10,848	19	22	41	0.38
1983	15,002	29	18	47	0.31
1984	23,033	47	23	70	0.30
1985	22,346	43	19	62	0.28
1986	20,262	42	18	60	0.30
1987	18,419	23	13	36	0.20
1988	17,044	6	11	17	0.10

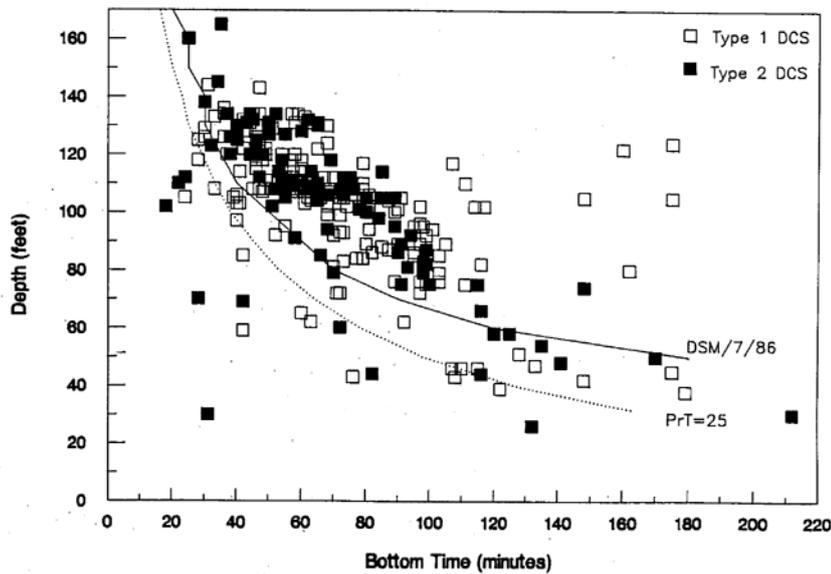


図-15. 潜水深度/滞底時間における減圧症発症の分布

### 1-1-3. 船上減圧法による減圧症発生状況

船上減圧法による減圧症の発生状況を表 15 並びに図 16 に示す。比較のため、水中空気減圧法による減圧症発生状況を併せて示す。

表からも明らかなように、船上減圧法では酸素減圧を用いているが、水中空気減圧法より減圧症発症率が高い値となっている。潜水深度/時間による潜水曝露の厳しさは、船上減圧法で高いものとなっている。厳しい潜水曝露は長時間の減圧を要するため、そのような潜水の多く

が船上減圧法で行われた。減圧症発症率の差はこれらが原因と考えられる。なおこの発症率の差には統計的な有意差は認められなかった。

船上減圧法と水中空気減圧法では、減圧症発症数におけるⅠ型とⅡ型の割合にも違いが認められた(図 1 参照)。図からも明らかなように、水中空気減圧法に比べ、船上減圧法ではⅡ型の割合が高かったが、その差には統計的な有意差は認められなかった。

表-15. 北海の英国セクタにおける船上減圧法運用実績(1982-1988年)

減圧方法	潜水回数	減圧症発症数			発症率
		Ⅰ型	Ⅱ型	合計	
水上酸素減圧	64,965	171	103	274	0.42%
水中空気減圧	15,713	20	8	28	0.18%

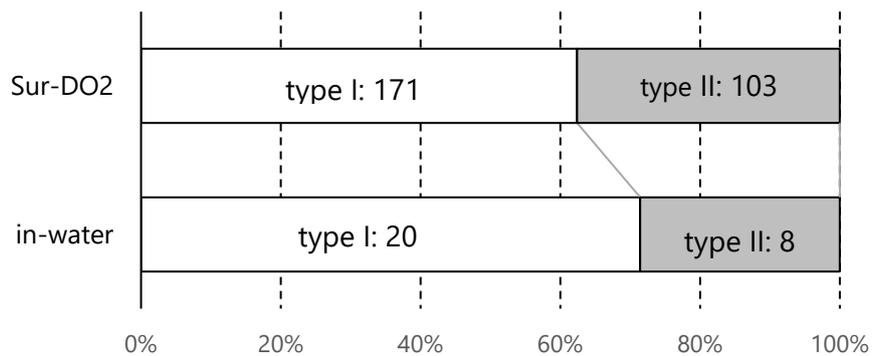


図-16. 英国セクタでの運用実績における I 型及び II 型減圧症の割合

#### 1-1-4. 調査結果の評価

図 15 から明らかなように、減圧症の発症と潜水深度／滞底時間には関連が認められた。潜水による高気圧曝露の程度は潜水深度と滞底時間によるが、これを定量的に示す指標としては、曝露指標 (exposure index) が用いられている<sup>19,20)</sup>。これらは、PrT 値として数値化することができ、次式によって求められる。

$$\text{PrT} = \text{Pressure(ATA)} \times \sqrt{\text{exposure time(min)}}$$

前述の北海英国セクタにおける船上酸素減圧法運用実績に関する英国エネルギー庁の調査結果を曝露インデックスの PrT 値を用いて分析した結果を表 16 に、水中空気減圧法のそれを表 17 に示す。表から

も明らかなように、いずれの潜水方式においても PrT 値が 35 を超えるような潜水曝露では、減圧症発症率が急増している。そのため、船上酸素減圧法並びに水中空気減圧法を用いた潜水では、PrT 値が 30 未満となるように潜水深度／時間に制限が設けられた (表 18)。これらは、滞底時間制限の指針「DSM 7/86」(DSM : Diving Safety Memorandum) として 1986 年に公表された。この規制では船上減圧法だけが対象とされた。業界団体からは厳しすぎるとして、規則緩和の要望が多数挙げられたが、1988 年までの継続調査の結果、その有効性が認められたことから水上減圧法の加え水中減圧法を対象を含めた形で DSM5/88 として正式に公布され、現在に至っている。

表-16. 北海英国セクタにおける船上酸素減圧法運用実績の分析(1982-1988 年)

PrT	潜水回数	減圧症発症数			発症率(%)
		I 型	II 型	合計	
PrT≤25	9,491	3	1	4	0.04
25<PrT≤35	49,222	110	71	181	0.37
35<PrT	6,252	58	31	89	1.42

表-17. 北海英国セクタにおける水中減圧法運用実績の分析(1982-1988年)

PrT	潜水回数	減圧症発症数			発症率(%)
		I型	II型	合計	
PrT≤25	12,739	11	4	15	0.12
25<PrT≤35	4,669	11	1	12	0.26
35<PrT	2,744	11	9	20	0.73

表-18. 滞底時間の制限<sup>7)</sup>

Depth (m)	Bottom time limits (minutes)	Depth (m)	Bottom time limits (minutes)
0-12	240	33	40
15	180	36	35
18	120	39	30
21	90	42	30
24	70	45	25
27	60	48	25
30	50	51	20

## 1-2. フランスにおける運用実績

フランスの Comex 社 (Compagnie Maritime d'Expertises) は 1960 年代から飽和潜水をはじめとする各種の大深度潜水技術を利用して潜水作業界を牽引してきた企業である。同社はフランスの商業潜水を代表する企業であり、同社による報告やデータは、フランス労働省による減圧表の基礎となっていることから、本項では Comex 社のデータに基づくこととする。船上減圧法等の運用実績に関しては、英国北海セクタで行われた調査とほぼ同時期に同様の調査が行われている。

### 1-2-1. フランスにおける空気潜水の運用実績と減圧症発生状況

フランスの Comex 社による 1976 年から 1981 年までの 6 年間における船上酸素減圧法による運用実績を表 19 に示す。また、比較のため水中空気減圧法における運用実績 (1976-1983 年) を表 20 に示す<sup>21)</sup>。英国での調査結果と同様に、船上減圧法は水中減圧法に比べ潜水曝露の厳しい状況で用いられることが多かった。これらの調査の結果は Comex 社の満足するところではなかった。特に船上減圧法では図 17 に示すように、II 型減圧症の割合が水中減圧法に比べ高い点が懸念された。

表-19. Comex 社における船上酸素減圧法の運用実績(1976-1981年)

PrT	潜水回数	減圧症発症数			発症率(%)
		I型	II型	合計	
PrT<=25	591	0	0	0	0.00
25<PrT<=35	3,470	7	3	10	0.29
35<PrT	3,071	29	4	33	1.08
Total	7,132	36	7	43	0.60

\*減圧表:Comex air SDO tables

表-20. Comex 社における水中空気減圧法の運用実績(1976-1983年)

PrT	潜水回数	減圧症発症数			発症率(%)
		I型	II型	合計	
PrT<=25	17,683	18	1	19	0.11
25<PrT<=35	9,590	55	1	56	0.58
35<PrT	2,426	49	1	50	2.06
Total	29,699	122	3	125	0.42

\*減圧表:French 1974 air tables

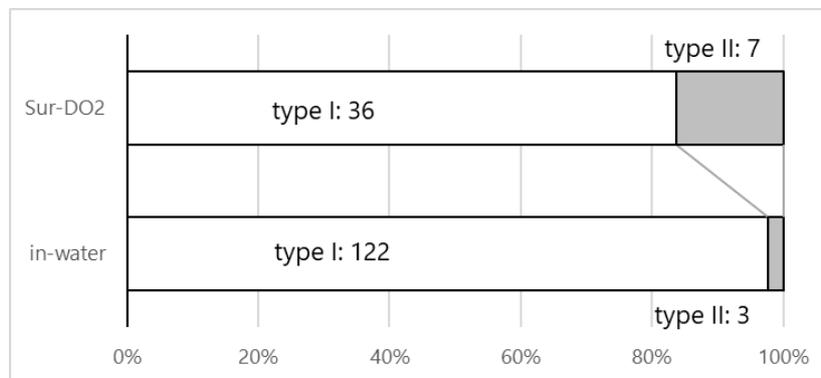


図-17. Comex 社運用実績における I 型及び II 型減圧症の割合

### 1-2-2. 調査結果の評価

調査の結果から、減圧表の見直しが行われ、また DSM 7/86 による勧告も取り入れられることとなった。見直し後の結果を表 21 および 22 に示す。なお表に示す調査期間は 1986-87 年及び 1989-90 年の 4 年間である<sup>22)</sup>。

表に示すように、見直しによって減圧

症の発生は大きく改善された。これらはフランス労働省が定める減圧表の基礎となった。また、DSM 7/86 の利用によって船上減圧法の運用範囲が制限されたため、その利用は大きく減少することとなった。特に PrT が 35 を超えるような厳しい潜水への利用は行われなくなった。水上減圧法の主な目的は、厳しい潜水曝露による

長時間の水中停止時間を防ぐことにあるため、その利用価値は減ることとなった。以後はその代わりにベル・バウンス潜水法が用いられることになった。

Imbert らは、頻繁に潜降・浮上を繰り返しておこなう所謂ヨーヨー潜水 (yoyo

diving) と船上減圧法による減圧症の発症には類似性があることを指摘している。そのため、減圧管理によって減圧症の発症を防ぐことは難しく、運用を制限することが必要であると報告している<sup>22)</sup>。

表-21. Comex 社における船上酸素減圧法の運用実績 (1986-1990 年)

PrT	潜水回数	減圧症発症数			発症率(%)
		I 型	II 型	合計	
PrT ≤ 25	592	1	0	1	0.00
25 < PrT ≤ 35	1,538	1	0	1	0.29
35 < PrT	0	0	0	0	0
Total	2,130	2	0	2	0.09
*減圧表: Cx86 air SDO tables					

表-22. Comex 社における水中空気減圧法の運用実績 (1986-1990 年)

PrT	潜水回数	減圧症発症数			発症率(%)
		I 型	II 型	合計	
PrT ≤ 25	7,129	1	0	1	0.01
25 < PrT ≤ 35	8,384	12	1	13	0.16
35 < PrT	2,055	17	2	19	0.92
Total	17,568	30	3	33	0.19
*減圧表: Cx86 air in-water tables					

### 1-3. 米国における運用実績

米国では、メキシコ湾での海底油田開発の進展に伴い、1980 年代より大深度潜水に愛する要求が高まったことから、船上減圧法が用いられることとなった。当初は米海軍潜水マニュアル (1978 年版) による水上減圧法が用いられたが、減圧症が多数認められたことから、米海軍によるものをベースにさまざまな修正が加えられた。これらの修正は、Oceaneering

International (OI) 社や Subsea International (SSI) 社等が中心となり、ペンシルバニア大学メディカルセンターの Gernhardt や Lambertsen の協力を得て行われた。商業潜水では、潜水作業によっては移動により作業水深が変動することが多く (マルチレベル潜水)、また 1 日に 2 回程度の潜水 (繰り返し潜水) を行うことが一般的であるため、減圧表の検討に際しては、これらの点が考慮された。

減圧表は1985年に完成して公表された後、実証実験を行い、安全性の検証が行われた。実作業には、1986年ころから使用されるようになった<sup>23)</sup>。これらの減圧表は主にメキシコ湾での作業に利用されたことから GOM (Guif Of Mexico) テーブル

とも呼ばれている<sup>24)</sup>。船上減圧における GOM テーブルの一例を表 23 に、またその基礎となった米海軍船上減圧表<sup>25)</sup>との比較を図 18 に示す。なお GOM テーブルについては添付資料 7 を参照のこと。

表-23. メキシコ湾テーブル(GOM テーブル)の一例

Bottom time (min)	time to first stop (ms)	Water stops (min)/Air			Surface interval	Chamber stops (min)/O2		5 min Air breaks	Ascent to surface	Decomp time (ms)	Rept group
		15	12	9		15	12				
18	3:36			3	-	-	-	-	-	7:36	H
30	3:36			3	5	10	9	1	10	46:36	J
40	3:36			3	5	10	16	1	10	53:36	L
50	3:36			3	5	10	24	2	10	66:36	N
60	3:12		2	3	5	10	32	2	10	77:12	O
70	3:12		2	4	5	10	39	2	10	85:12	O
Standard Operational Depth/Time Limit											
80	3:12		2	5	5	10	46	3	10	98:12	Z
90	3:12		4	8	5	10	51	5	10	108:12	Z

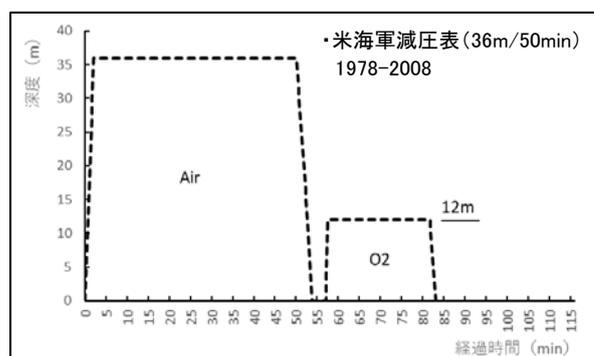
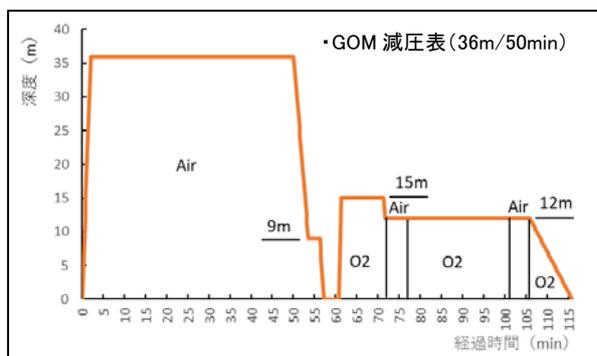


図-18. GOM 減圧表と米海軍減圧表の比較(潜水深度 36m、滞底時間 50 分)

### 1-3-1. 潜水方式の状況

1986年から1990年にOI社が米国で実施した空気潜水作業での潜水方式を表 24 及び図 19 に示す<sup>26)</sup>。図からも明らかなように無減圧潜水 (No-Stop) が最も多く用いられている。これはOI社に限ったもの

ではなく、SSI社でも水中減圧を伴う潜水を極力避けるようにしている。減圧が必要な場合には水上減圧法が用いられるが、混合ガスによるベル・バウンス潜水もしくは飽和潜水で行われることが一般的である。

表-24. OI 社が用いた潜水方式とその回数

year	SurDO2	In-Water	No-Stop	Number of Dives
1986	1,556	364	3,099	5,019
1987	1,536	716	2,808	5,060
1988	1,057	1,545	2,957	5,559
1989	1,307	1,034	3,166	5,507
1990	1,198	889	3,064	5,151
TOTAL	6,654	4,548	15,094	26,296

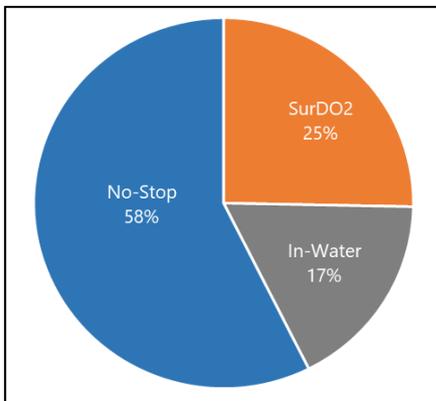


図-19. OI 社での潜水方式の比率

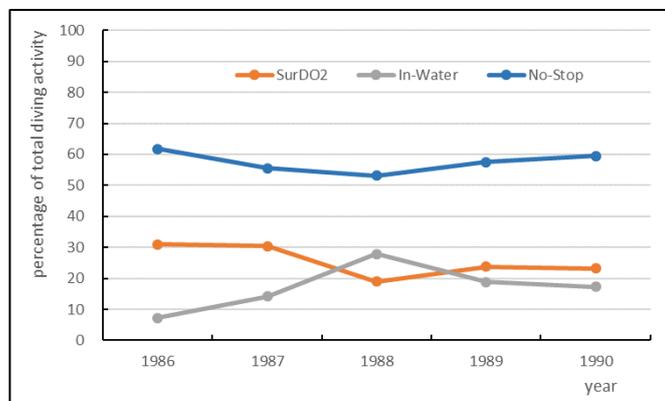


図-20. 使用した潜水方式の比率の推移(OI 社)

### 1-3-2. 減圧症の発生状況

対象とした潜水において 31 例の減圧症が認められた。それらは症状によって I 型と II 型に分類された。ただし、これらの減圧症の症状等に関する詳細な報告はなかった。また、繰り返し潜水との関係も明らかではない。

調査年ごとの減圧症発生状況を表 25 に、また潜水深度と滞底時間による減圧症発症の状況を図 21 に示す。OI 社では減圧症発症率の目標値を 0.1% としており、新たに作成された減圧表 (GOM 減圧表) は概ね目標に近い成績を示している。

### 1-3-3. 水上減圧法による減圧症発生状況

水上減圧法による減圧症の発生状況を表 26 並びに図 22 に示す。比較のため、水中空気減圧法による減圧症発生状況を併せて示す。

表からも明らかのように、いずれも OI 社が目安とする発症率 0.1% に達していなかった。このことから、水中での減圧停止を必要とする空気潜水方法については、注意が必要であるとされた。水上酸素減圧法に関しては、この期間に占める当該潜水法の割合が 25% 程度であるにもかかわらず、減圧症発症数全体の 65% (20/31 例) を占めており、そのほとんどが水上酸素減圧法の制限内で行われた潜水によるものであることから (図 21 参照)、リ

スクが大きいとされた。

水上酸素減圧法と水中空気減圧法での減圧症発症数におけるⅠ型とⅡ型の割合を図22に示す。図からも明らかなように、水中空気減圧法に比べ、水上減圧法ではⅡ型の割合が高かったが、その差には統計的有意差は認められなかった。

#### 1-3-4. OI社による調査結果の評価

調査の結果、GOM 空気減圧表は概ね良好であるとしたが、水上減圧表については、安全性を更に高めるために、運用時に以

下の点を考慮することとされた。

- ・ 実際の潜水深度/滞底時間に対し、2feet/2分を加えて減圧スケジュールを決定すること
- ・ 浮上時には水中40feetからは、50%酸素+50%窒素の窒素酸素混合ガスを呼吸ガスに用いること

また、英国エネルギー庁による滞底時間制限の指針(Diving Safety Memorandum : DSM 5/88)の採用も検討するとされた。

表-25. 減圧症の発生状況(OI社)

year	Number of dives	Type 1 DCS	Type 2 DCS	Total	Incidence (%)
1986	5,019	4	1	5	0.09
1987	5,060	10	5	15	0.30
1988	5,559	5	1	6	0.11
1989	5,507	3	1	4	0.07
1990	5,151	1	0	1	0.02
Total	26,296	23	8	31	0.12

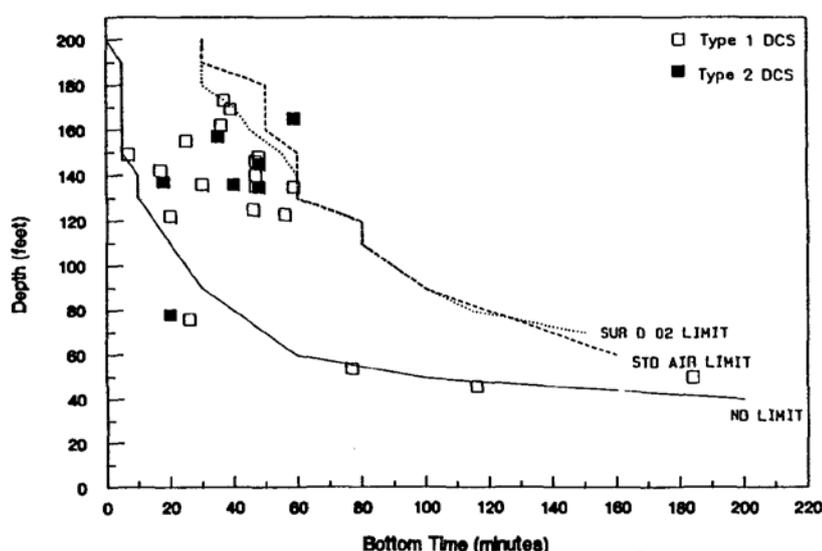


図-21. 潜水深度/滞底時間における減圧症発症の分布(OI社)

表-26. OI 社による米国での船上減圧法運用実績(1986-1990 年)

減圧方法	潜水回数	減圧症発症数			発症率
		I 型	II 型	合計	
水上酸素減圧	6,654	15	5	20	0.30%
水中空気減圧	4,548	8	2	10	0.22%

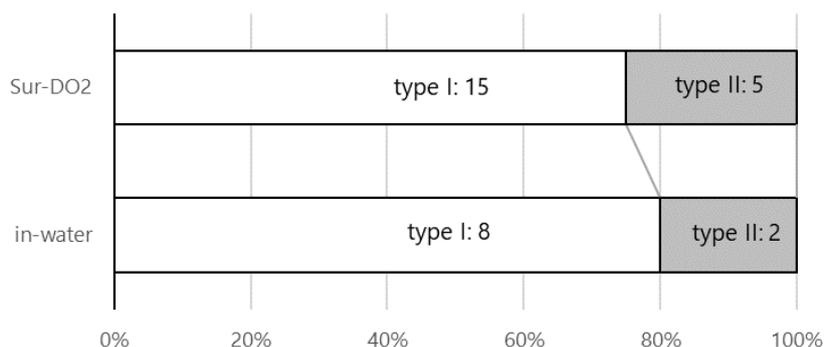


図-22. OI 社運用実績における I 型及び II 型減圧症の割合

#### 1-4. 近年の船上減圧法の状況

前項までに示したように水上減圧法の運用実績に関する調査は主に 1980 年代に行われた。これらの調査から得られた知見は、その後の運用方法にフィードバックされている。英国では表 18 に示したような滞底時間の規制 (DSM 5/88) が設けられ、フランス COMEX 社や米国 OI 社では水上減圧法に用いる減圧表の見直しが行われた。英国 HSE (Health and Safety Executive: 英国安全衛生庁) では、滞底時間の規制による効果を確認するために、1982-1988 年に英国エネルギー庁が実施した調査と同様に北海の英国セクタにおいて運用実績の調査を実施している。調査は 1995-1996 年の 2 年間で行われた<sup>27)</sup>。この間に実施された水上酸素減圧法による潜水作業は 911 回で、このうち減圧症は 2 例が報告されている。減圧症の発症

率は 0.22% (2/911) であり、規制前調査時 (1982-1988 年) の発症率 0.42% (274/64,965) と比較してほぼ半減していることから、実施された滞底時間の規制は有効であったことが確認された。

一方運用状況には大きな変化が生じた。1982-1988 年に水上酸素減圧法が用いられた潜水業務は 8 年間で 64,965 回であり年平均では 8,121 回であったが、1995-1996 年の 2 年間では 911 回、年平均 456 回と激減している (図 23)。空気潜水による潜水業務自体も、1982-1988 年の 126,954 回年平均 15,869 回から、1995-1996 年には 3,080 回年平均 1,540 回と約 1/10 にまで減少している。この理由として、HSE の報告書では、滞底時間の規制により、特に潜水深度が 40m を超える大深度潜水を中心に飽和潜水法への移行が大きく図られた結果であるとしている。こ

のことは、運用実態からも明らかである。すなわち、運用実績に占める水上酸素減圧法の割合は1982-1988年には51%であったが(図13)、1995-1996年には37%にまで減じている(図24)。一方で、飽和潜

水装置を用いた閉式ベル潜水(Bell-TUP)は、3%から20%へ大きく増加している。このことは、飽和潜水技術が潜水作業現場に浸透してきている証左でもある。

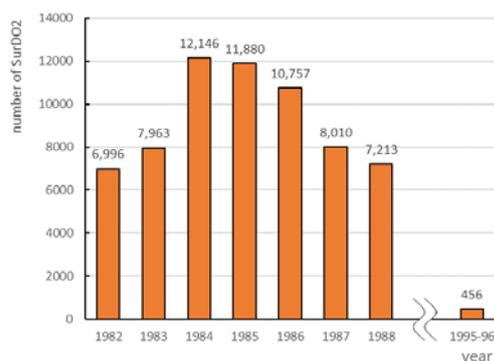


図-23. 英国セクタでの水上減圧法運用数

このような現状を実際に確認するために、我々は欧米で開催された海洋開発関連の国際会議およびその併設展示会に参加し、出展していた潜水工事会社や水中作業関連会社の担当者から直接情報の収集を試みた。なお参加した国際会議・展示会等は、Underwater Intervention (UI) 2018 (米国)、Offshore Technology Conference (OTC) 2018 (米国)、SUBSEA EXPO 2019 (英国)であった。UIは水中作業技術関連を中心とした国際コンベンションで、2018年の併設展示会には水中作業関連の設備機材メーカーなど約80社が出展しており、潜水工事会社も3社の参加があった。OTCは海洋資源開発関連では世界最大級のコンベンションであり、2018年の併設展示会には44ヶ国から2,300以上の企業出展があり、来場者数も6,100人を超える非常に大規模なものであった。SUBSEAは北海での海洋資源開発

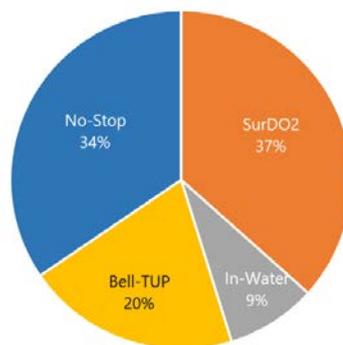


図-24. 潜水に占める水上減圧法の割合 (1995-1996年)

を対象としたものであり、2019年の併設展示会には約150の企業や団体の出展があった。海底油田に関するものが多かったが、潜水工事会社が2社参加していた。

これの展示会に出展していた関係者に直接聞き取りを行ったところ、近年水上減圧法を含め水中での減圧を必要とする潜水法は、以前に比べ使用頻度が減少しているとのことであった。その理由として、滞底時間の制限により十分な作業時間を確保することが困難であること、水上減圧法は飽和潜水法に比べ減圧症リスクが高いこと、があげられた。潜水作業自体が大きく減少しているわけではないので、水上減圧法等の減少は、飽和潜水法による作業範囲の拡大とROV (Remotely Operated Vehicle) の活用によって補完されている。飽和潜水は従来、水深100m超の大深度潜水に用いられてきたが、現在では50~60m程度の水深でも利用され

ている。また、ROV が幅広い分野で活用されていることも大きな要因となっている。実際、今回参加したいずれの展示会においても、多数の ROV が展示されており、大きなものから小型の ROV まで様々なタイプが出展されていた。展示担当者からの説明によれば、現在 ROV による水中作業は多岐にわたっており、概ね以下の通りとなっている。

- ・水中における各種搭載機器による探索、調査、観測、監視

- ・水中における生物や岩石等のサンプルの採取

- ・水中への装置、機器の設置

- ・水中に設置された装置、機器の操作、保守

- ・水中に設置された装置、機器の回収等

これらは水中作業のほとんどを網羅するものとなっている。特に定期的に行われる定型作業については専用の ROV やツール類が開発されており、多くの現場で活用されている。

このような現状から、欧米における水中作業は、比較的浅い水深で、短時間で終了する業務はダイバーによる潜水作業、中等度から大深度までの定型的な作業は ROV、長時間に及ぶ大規模な作業や複雑な作業は飽和潜水ダイバーによって行われる形が一般的となっている。欧米では、有人潜水作業は今後ますます飽和潜水法に移行していくと思われた。

#### 1-5. 船上減圧法の運用実績に関する考察

船上減圧法の運用に関して調査を行った 6 カ国（米国、カナダ、英国、ドイツ、ノルウェー、フランス）のうち、その利用

を禁じている国はなかったものの、3 カ国（英国、ドイツ、フランス）では、潜水作業を行う海域の海象が不安定もしくは海水温が極度に寒冷であるといった、通常の水圧減圧では潜水者に高い負荷が課せられることが予想される場合に限って船上減圧法の利用が認められていた。この理由を知るために、船上減圧法における減圧症発症率を指標として、その運用実績について調査を行った。調査の結果、いずれにおいても船上減圧症における減圧症発症率は通常の水圧減圧よりも高かったことが分かった。しかしながら、その値は 0.30~0.48% であり、潜水作業で許容範囲と考えられている 0.5~1.0% を下回るものであった。船上減圧法は、長時間の減圧を必要とする比較的厳しい潜水曝露条件で用いられることが多いことから、この程度の発症率をもって、その利用を常用外とするのは厳しすぎるのではないかと思われた。船上減圧法を常用外とする国は、北海での作業を前提としており、より温暖で安定した海象条件のメキシコ湾での作業を前提とした米国では、常用が認められている。我が国周辺海域は比較的温暖であり、北海のような厳しい海象条件を有する場所は限られることから、船上減圧法の位置付けを検討する際にはその点を考慮する必要がある。また、我が国における潜水作業状況や支援体制、医療機関等との連携状況などを検討し、許容可能な減圧症リスクについても検討する必要がある。

減圧症に関する調査では、重篤な II 型減圧症の割合が船上減圧法で高かった。軽症の場合とは異なり、重篤な減圧症に

対する処置を潜水現場だけで行うことは困難であり、医療機関での迅速な治療がなければ、症状の増悪や残余のリスクが高いものとなる。したがって、有効なⅡ型減圧症予防対策を講じることができなければ、船上減圧法を安易に用いてはならないとする評価は理解できる。

船上減圧法でⅡ型減圧症の割合が高い理由について明確に示したものはないが、Imbert らは、船上減圧法では不活性ガス気泡の動脈への侵入を招きやすいことが原因であるとしている<sup>28)</sup>。すなわち、水面に浮上してから船上減圧室で再加圧が完了するまでの間、ダイバーの体内は不活性ガス過飽和の状態となるため容易に気泡が形成されることとなる。いったん形成された気泡は再加圧深度では完全には消失に至らず、加圧によって縮小した気泡の一部が肺胞を通り抜けて動脈側に侵入するため、脳や中枢神経系に障害を及ぼすⅡ型減圧症を生じる原因となる。米海軍では、2006年のDiving Manual改訂<sup>29)</sup>において、船上減圧室における再加圧深度をそれまでの40ft(12m)から50ft(15m)に変更しているが、これも気泡消失を目的としたものであると考えられる。

動脈側への不活性ガス侵入による重篤な減圧症の発症は、卵円孔開存(PFO)によるものが知られており、船上減圧法でも同様に事が生じている可能性がある。また、短時間の間に浮上潜降を繰り返して行う所謂ヨーヨー潜水(yo-yo diving)は重篤な減圧症の発症リスクが高いことが知られている。その機序としては、浮上時に生じた不活性ガス気泡が再潜降時の加圧によって縮小して動脈側に侵入し、再

浮上時の減圧によって気泡が拡大することにより脳や中枢神経系に塞栓を来たすと考えられている。Imbert らは、船上減圧法においても同様のことが生じていると示唆している。船上減圧法における減圧症リスクとその要因については、さらに調査が必要である。

## 2. 船上減圧法における運用規則・基準の背景

今回調査を実施した6ヶ国では、船上減圧法の運用基準に差異が認められた。減圧表作成に用いられた理論や考え方が同じではないため、ある程度差異が生じることは避けられないが、船上減圧法の要となる水面インターバルや水面浮上深度、再加圧深度などの違いに関しては、今後運用基準を検討するためにも、その背景を知っておくことが必要である。

### 2-1. 水面インターバルの調査

水面まで浮上を開始し、船上減圧室内で再加圧を終了するまでの時間である水面インターバルは船上減圧法の特徴であるが、水中からのダイバーの移動と以降の再加圧までの間のインターバルは、広範囲にガス塞栓を形成する可能性があることから、大きなリスク要因ともなっている。そのため、調査対象とした6カ国すべての規則において、水面インターバルは、可能な限り短時間に完了することを定めている。一方具体的な数値で示される許容最大インターバルは各国で異なり、その範囲は4分から7分と大きな差がある。水面インターバルは短時間であることが望ましいものの、あまりに短時

間では実用上問題がある。そこで、どの程度の水面インターバルが必要であるのか、その理由を知るために水面インターバル設定の背景について調査を行った。

船上減圧法は、沈没した潜水艦のサルベージ作業のため、1920年代に米海軍によって開発された<sup>30)</sup>。当初は緊急浮上用として意図されたが、寒冷水域での潜水方法に適していたことから実用化が図られた。当初の水面インターバルは現在とは異なり、水面に到着してから船上再圧室に入るまでの「大気圧下の時間」を表すものであった。当所水面インターバルに対する基準は特に定められていなかった。1944年に米海軍の Gauze<sup>31)</sup>は、潜水深度66-108ft、潜水時間26-166分で行われた130回に及ぶ船上減圧潜水を調査し、その結果から許容可能な大気圧下の時間は最大14分であるとした。その後、潜水範囲の拡大を図ったところ、減圧症の発症が多数認められたことから5.5分に短縮され、一定の成果を得たが<sup>32)</sup>、さらに長時間の潜水に対応するために、3.5分とすることがVanDerAueによって決定された<sup>33)</sup>。

現在各国で用いられている水面インターバルは、これら米海軍による研究成果をベースにしたものと考えられる。米国等で用いられている「5分」の水面インターバルは、大気圧下の時間3.5分に水面までの浮上時間1分と船上再圧室で所定の再加圧深度に達するまでの時間0.5分を合わせたものである。フランス等における「4分」の水面インターバルは、VanDerAueによる3.5分をベースとしてさらに安全サイドに進めたものであると

考えられる。一方カナダにおける「7分」は、大気圧下の時間に水面浮上時間と船上再圧室での加圧時間を含めたものである。この「7分」の水面インターバルは、運用上の利便性を確保したうえで、船上減圧法の利用促進を図ることを目的としており、広範囲の試験潜水によってその安全性を確認したことが報告されている<sup>34)</sup>。

## 2-2. 運用管理基準の調査

通常の水中減圧では、浮上停止深度/時間等の基準は、ある一定の減圧理論もしくは減圧モデルに基づいて決定されている。例えば、カナダでは基準の設定はKidd-Stubbsモデルが用いられており、米海軍では長年Workmanによる減圧モデルが利用されてきた。船上減圧法では、水中減圧法と運用方法が大きく異なるものの、船上減圧法専用の減圧モデルを用いた例は無く、そのような減圧モデルもなかった。船上減圧法における運用基準設定の際には、通常の水中減圧モデルを利用して基準を作成し、模擬潜水や運用試験の結果から修正を行う方法が取られていた。その際の修正は、理論に基づいたものではなく専ら経験によるものであった。そのため、最終的な形に至るまでには数多くの潜水試験を行うことが必要であった。カナダのKidd-Stubbsモデルは保守的な減圧モデルと評価されているが、船上減圧法への利用には限界があり、表27に示すように試行錯誤が重ねられることとなった。

表-27. カナダ DCIEM における船上減圧法開発経緯

実施年	試験潜水回数	減圧症数	発症率(%)	報告書
1984	36	1	2.78	84-R-19 <sup>35)</sup>
1984	76	3	3.95	84-R-72 <sup>36)</sup>
1984	93	4	4.30	84-R-73 <sup>37)</sup>
1985	126	1	0.79	85-R-18 <sup>38)</sup>

英国やノルウェーでは、減圧時間や再加圧深度等の調整だけでは有効な減圧症発症率低下を得ることができないため、運用実績から潜水曝露量を制限する方法を用い、成果を上げている。潜水深度/時間からなる潜水曝露量の評価には曝露指標(exposure index)として PrT 値とが用いられている(1-1-4 項参照)。PrT 値が 35 を超えるような潜水曝露では、減圧症

発症率が急増している。そのため、船上減圧法を用いた潜水では、PrT 値が 35 以下もしくは 30 以下となるように潜水深度/時間に制限が設けられた。これらは、滞底時間制限の指針(Diving Safety Memorandum: DSM 7/86<sup>39)</sup>)として公表され、船上減圧法を用いる多くの潜水作業に利用されている。

### 2-3. 船上減圧法の運用基準に関する考察

船上減圧法は、潜水後の浮上に必要な水中停止が全部または一部を省略し、船上に設けられた再圧室内で必要な減圧を完了する方法である。この方法の最大の利点は、再圧室内という暖かく安静な条件下で、また、十分な観察下で、体組織からの不活性ガス除去に必要な時間を過ごせることにある。このことは、寒冷や強潮流、並びに実海域での潜水作業船の動揺によって生じる水中停止深度変動の危険性を回避する。さらに、水中減圧では不可欠であった送気員や船上支援員による管理時間、並びに各種潜水用機材の占有時間の減少が可能となることから、潜水作業の効率化、生産性向上を図ることが期待できる。一方、船上減圧法では、減圧停止を行うことなく水面に浮上し、その後

船上再圧室の再加圧が完了するまでの時間(水面インターバル)に、ダイバーの体内に広範囲な不活性ガス塞栓を形成するリスクがある。これは、減圧症発症を招くことになるため、水面インターバルや浮上開始深度、再加圧深度/時間等の運用基準の設定に際しては、十分な検討が必要である。

これら諸基準を設定する際に必要な条件等について調査を行ったが、船上減圧法のために専用に用いられる減圧理論や減圧モデルは認められなかった。多くの場合で、従来の中減圧法の決定に用いられる減圧理論を用いて船上減圧法の運用基準を設定し、それを試験潜水や実際の運用結果をもとに修正していくといった方法が用いられていた。実際英国等では、理論的な運用基準の設定が困難なことから、運用実績に基づき、曝露指標(PrT

値)による管理を導入している。我が国に船上減圧法を採用する場合にも、当初設定した運用基準が適切であるかどうかを評価するため、追跡調査を行うことが必要である。

船上減圧法への減圧理論適用に関し、Lambertsenらは従来のM値(許容過飽和量)を基準とした方法には問題があることを示唆している<sup>40)</sup>。Workmanらによって提唱されたM値は、当初「気泡を生じない限界」の過飽和値であるとされた。しかしながら、超音波ドップラー気泡検知法を用いた減圧後の体内気泡形成状況の調査により、M値以下の不活性ガス分圧の場合でもダイバーの体内に気泡が生じていることが明らかとなった。これらの気泡は減圧症発症に至らないため、無症候性気泡(silent bubble)と呼ばれている。

船上減圧法では、M値を超えた状態で水面に浮上することから、体内での気泡形成を避けることはできない。一旦形成された気泡は、短時間であっても水面インターバルの間に成長するため、減圧時間の延長や再加圧深度の変更によっても容易に除去することができず、減圧症の発症リスクを高める要因となる。したがって、船上減圧法の運用基準を検討する際には、注目すべきは気泡の成長であり、M値に依存した減圧管理では十分な安全を確保できない可能性がある。M値に代えて、気泡の存在を前提に各組織区画における理論的な気泡サイズの変化比を示す気泡成長指標(bubble growth index)による減圧管理<sup>41,42)</sup>が近年提唱されており、我が国の船上減圧法運用基準を検討する際にも、これらの考えを検討する必要がある。



図-25. 船上減圧室の一例(Bay-Tech Industries 社カタログより)

### III. 船上減圧法の設備に関する基準

船上減圧法では、ダイバーは水中での減圧を省略して浮上し、船上等に設けられた減圧室内で必要な減圧を完了する潜水方式である。そのため、通常行われる水

中減圧法とは異なる設備機材が必要となる。ダイバー自身が装備する潜水器材には、一般的な送気式潜水に用いられるものとはほぼ同等のものが使用可能である。ただし、水面インターバルを確実に実施

するために、着脱性に優れた器材が望まれる。一方減圧室は必須の設備となる(図25)。減圧室には、定められた水面インターバルで定められた時間内(概ね30秒間)に加圧が完了するよう相応な能力を有するコンプレッサーや貯気タンクなどの付帯設備が含まれる。

船上減圧法では、浮上開始から減圧室内での加圧完了までの時間である水面インターバルが定められており、その厳守が求められる。そのためには、迅速にダイ

バーを揚収することが必要であるが、急ぐあまり過度に急速な浮上を行うと、肺過膨張による動脈ガス塞栓症を来す恐れがある。ダイバーの揚収を安全かつ確実に行うためには、船上支援員の介入が必要であり、そのためには潜水バスケットや潜水ステージなどのダイバー収容装置(図26)やそれらを引き上げるための揚収装置(図27)等が必要となる。以下に、これら設備器材に関する規則基準等の調査結果を示す。



図-26. 潜水バスケット  
(TECNOSUB 社カタログより)



図-27. ダイバー揚収装置(LARS)  
(Submarine Manufacturing & Products Limited 社カタログより)

## 1. 米国の基準

### 1-1. 船上減圧チャンバー

米国の潜水作業関連の労働安全衛生規則 (OSHA 29 CFR Part 1910, Subpart T - Commercial Diving Operations) では、水上減圧法に用いる減圧チャンバーには、作業現場に設置する再圧処置用チャンバーと同等の性能が求められている [29 CFR 1910.423(c)]。米国では潜水深度が100feet (30m) を超えるすべての空気潜水

及び300feet (90m) を超える混合ガス潜水を行う際には、潜水現場から5分以内にアクセスすることができる場所に、165feet (6ATA) まで加圧することができる再圧チャンバーの設置を義務付けている [29 CFR 1910.423 (c) (1) 及び(3)]。規則によって求められる減圧チャンバーに必要な性能は以下の通り [29 CFR 1910.430(f) Decompression chambers]。  
・チャンバー内の雰囲気中の酸素濃度を

25%未満に維持する方法を備えること

ー適切な換気装置もしくは送排気ダンプ式内蔵型呼吸装置 (BIBS) 設置

・吸気および排気口に騒音防止マフラーを設けること

・排気ライン開口部に吸引ガードを設けること

・消火設備を設置すること

ーチャンバー内への可燃性材料の使用は必要最小限とする

上記に加え、規則ではガイドラインとして Association of Diving Contractors International (ADCI : 潜水請負者協会) による Consensus Standards<sup>43)</sup> (コンセンサス基準) を参照することを求めている。当該コンセンサス基準ではより詳細な要求事項が定められている。主なものを以下に示す。

[ADCI Consensus Standard による基準 (抜粋)]

1) 二重ロック機構と主室、副室を有する二室以上の区画を有すること。

2) 収容されたダイバーが横になることができ、サポートのための要員が入り内部支援活動ができる十分な内部寸法を持っていること。

3) 加圧状態を維持したまま、人員や器材の搬出入が可能なこと。

4) すべての操作を確実に行うことができ、目視観察を可能にするのに十分な内部照明があること。

5) 外部から観察することができる観察窓を装備していること。

6) 6ATA (165fsw) までの加圧が可能なこと。

7) 少なくとも毎分 1 ATA 以上の加圧速

度が可能なこと。

8) 2ATA (33fsw) まで毎分 0.9atm (30fsw) の速度で減圧が可能なこと。

9) チャンバー内雰囲気中の酸素濃度を 25%以下に維持できる手段を備えていること

10) チャンバー内雰囲気中の炭酸ガス濃度を 1%以下に維持できる手段を備えていること。

11) 排気口にマフラー又は消音機を備えていること。

12) 安全弁は毎年定期的に検査し、その結果を記録しておくこと。

13) 区画あたりの収容可能人数分の酸素呼吸マスク (built-in breathing system :BIBS) に加え予備 1 台を備えていること。

14) 激しい作業をした場合と同等の呼吸ガス供給能力を有していること。

15) BIBS はチャンバー外排気式のものとし、接続部には逆止弁を設けていること。

16) 内部の人員と外部の操作者との通話のために 2 系統の通話装置を備えていること。

17) 直ちに利用可能な消火設備を備えていること。

18) チャンバー並びに BIBS からの排気が密閉空間に滞留しないようにすること。

19) 夜間でも確実に操作できるため、チャンバー操作盤とその周囲には十分な照明装置を配置すること。

20) チャンバー内のすべての区画には、酸素に加え BIBS に直ちに供給することができる緊急用呼吸ガスを準備しておくこと。

## 1-2. 潜水バスケット／ステージ

米国の規則では、水中での減圧時間が120分以上となる場合には、潜水ベルや潜水バスケット／ステージの使用を義務付けているが [29 CFR 1910.425(b)(3)]、船上減圧法には関する記載は特に見られない。なお、ADCI Consensus Standard では、潜水バスケット／ステージ等に関しては以下のような基準を定めている。

[ADCI Consensus Standard による基準 (抜粋)]

- 1) 潜水機材を装備した2人のダイバーの重量に対応できること。
- 2) 腐食対策が施されていること。
- 3) 使用時にダイバーが落下することのないように安全チェーンや安全扉、ダイバー用グリップを備えていること。

## 1-3. ダイバー揚収装置 (Launch And Recovery System:LARS)

潜水バスケット／ステージには、水中で横転することがなく、迅速かつ円滑に潜降できるように重錘 (ガイドアンカー) と共に用いられることが一般的である。これらを含めた総重量は相当なものとなるため、人力等による操作は不可能であり、機械的な動力によるダイバー揚収システムが (LARS) が不可欠となる。ADCI Consensus Standard では、LARS に関しては以下のような基準を定めている

[ADCI Consensus Standard による基準 (抜粋)]

- 1) 通常動作時には、ブレーキではなく駆動装置で動作の制御が可能なこと。
- 2) 使用するウインチの許容負荷の1.25倍を保持できる2つの独立したブレー

キ・システムを有すること。

- 3) 電源装置の故障や電力の遮断、または駆動制御装置の故障など万一の事態が生じた場合には、所定の位置に停止し、それを保持できるような機構を設けること。
- 4) 潜水バスケット等の上げ下げ操作の状態を操作者並びに支援員に表示する装置の設置、もしくは、シグナルマンを配置すること。
- 5) 新たに設置した場合、または修理や改造を行った場合には、十分な検査を実施し、装置の使用最大負荷の1.25倍の負荷テストを行うこと
- 6) 使用するワイヤーロープや吊具等は以下の基準を満たしていること：

- ・設計基準に合致し、製造元に勧告に従って維持整備されていること。

- ・6ヵ月毎以内に目視にて損傷、劣化または変形の無いことを詳細に確認すること。

- ・定期的に検査と試験を行い、適切な基準／規格に準拠していることを確認すること。

- ・定格荷重の8倍の強度を持つワイヤーロープと吊具を用いること。

## 2. カナダの基準

### 2-1. 船上減圧チャンバー

カナダ労働安全衛生規則 (Canada Occupational Health and Safety Regulations; SOR/86-304) は 「18.50 Hyperbaric Chambers」において、潜水業務に使用する高気圧チャンバーは CSA Standard CAN/CSA Z275.1-93 「Hyperbaric Facilities」のクラス A (ダブルロック

式) 高気圧チャンバーの要件を満たすものであることを定めている。すなわち、クラス A 高気圧チャンバーでは、少なくとも2つの相互接続された圧力区画を備え、そのうちの1つには出入り口の機能を備えていること。また、主となる圧力区画は、横臥者と付添人を収容するのに十分なスペースを有していることが求められる。さらに当該労働安全衛生規則では、(a) 減圧潜水を行うとき、(b) 潜水深度が40mを超えるとき、には作業現場に高気圧チャンバーを設置し、正常に稼働する状態を維持すること、並びにその操作は有資格者に限ることを事業者が義務付けている。

カナダでは、海洋石油／天然ガス関連の作業で特に大深度潜水の頻度が高いことから、通常の労働安全衛生規則に加え「カナダ石油及びガス潜水規則[Canada Oil and Gas Diving Regulations SOR/88-600]」<sup>44)</sup>が規定されている。当該規則では、水上減圧チャンバーに関してさらに詳細な基準が定められている。

[カナダ石油及びガス潜水規則 SOR/88-600 による基準] (一部抜粋)

Surface Compression Chambers

第16項 潜水作業を行う潜水事業者は、以下の要件が満たされていない水上減圧チャンバーを使用してはならない。

- 1) 少なくとも2つの圧力区画を有すること。
- 2) 少なくとも1つの区画には、収容者が快適に横になることができる十分なスペースを有すること。
- 3) 減圧チャンバー内に滞在する時間が8時間以内の場合には、内部の高さが

1.5m以上であること。また8時間以上の場合には2m以上であること。

- 4) 圧力区画の収容者用の内蔵型呼吸装置(BIBS)を備えていること
- 5) BIBSは呼気をチャンバー外部に廃棄することができる機能を備えていること
- 6) 圧力区画内の酸素濃度、二酸化炭素濃度、温度、湿度を安全なレベルに維持するための手段を備えていること
- 7) 圧力シールとして機能し、内／外両方から開くことができるドアを装備していること
- 8) 火災のリスクを最小化する措置を講じること。
  - ・不燃性もしくは耐火性の材料を用いること
  - ・適切な消火装置を備えていること
- 9) 外側から各圧力区画内の圧力を確認し、制御するために必要なゲージ並びにバルブ等の器具を備えていること
- 10) メディカル・ロックを備えていること。
- 11) 減圧チャンバーが連続12時間以上使用される場合には、適切な衛生設備を設けること。
- 12) チャンバーへのガスの流入出が事前に設定し制限を超えた場合に、自動的に遮断する緊急遮断バルブが装備されていること

## 2-2. 潜水バスケット／ステージ

潜水バスケット／ステージに関しては、カナダ労働安全衛生規則18.28において、以下のように規定している。

- (1) 事業者は、水面から2m以上の高さ

に位置する潜水作業場から潜水業務を実施する場合には、ケージ、バスケット、プラットフォームなどでダイバーを搬送しなければならない。

(2) 事業者は、水中の作業場所からのダイバーの昇降浮上に使用されるケージ、バスケット、プラットフォームが、下記の要件を満足していること確認しなければならない：

(a) 設計意図に則して使用されていること。

(b) それ自体が危険を生じさせないこと。

(3) (2) でいうところのケージ、バスケット、プラットフォーム、及びそれに付随する機材は、所定の潜水作業が完了するまで、その業務に専有的に使用されること。

カナダ石油及びガス潜水規則では、以下の要件が求められている。

[カナダ石油及びガス潜水規則 SOR/88-600 による基準] (一部抜粋)

潜水作業で使用するケージ、バスケット、ステージ等は以下の機能を有していること。

1) 少なくとも2人のダイバーが潜水器材を装備した状態で滞在できる十分な大きさを有すること

2) バスケット／ステージ等自体が転倒や回転しないよう措置されていること

3) 搭乗したダイバーの足場または手に干渉するものがないこと

4) 搭乗したダイバーが姿勢を保持できるグリップを装備していること

5) 搭乗したダイバーが落下することの内容な安全装置が装備されていること

2-3. ダイバー昇降装置 (Launch And Recovery System : LARS)

潜水バスケット／ステージ等の昇降に用いられるダイバー揚収装置に関しては、カナダ石油及びガス潜水規則において以下のような基準が定められている。

[カナダ石油及びガス潜水規則 SOR/88-600 による基準] (一部抜粋)

潜水作業で使用するウインチや昇降装置は、以下のような機能を有すること

1) 操作レバー、ハンドル、またはスイッチが運転位置にないときに作動するブレーキまたは機械式ロック装置が装備されていること

2) 装置のブレーキは、計画される最大作業負荷で停止および保持する機能を有していること。

3) 停電時等には自動的にブレーキが作動すること

4) 降下及び上昇は、ブレーキ機構とは独立したパワードライブによって制御されること

5) 潜水作業中には、昇降装置を他の用途に使用しないこと。

6) 最大作業負荷を引き上げることのできる予備の動力装置を用意していること

### 3. 英国の基準

潜水に関する英国の労働安全衛生法 [The Diving at Work Regulations 1997] では、潜水業務に係る設備器材に関し、潜水事業者の責務を以下のように規定している。

[The Diving at Work Regulations 1997]  
第6条 潜水事業者の責務 (Duties of

diving contractor)

(3) 潜水事業者は以下のことを実施しなければならない；

(b) 安全かつ健康へのリスクなしに、潜水業務とそれに関連する合理的に予見可能な緊急事態が発生した場合に必要となる可能性のある緊急処置の両方を実行するために必要なときはいつでも、潜水業務に係る適切で十分な設備が利用可能であることを確認しておかなければならない；

上記規則に基づいて、潜水業務に使用する設備器材に関する基準は、潜水目的別に規定された各実施準則 (Approved Codes of Practice: ACOP) に記されている。

### 3-1. 船上減圧チャンバー

実施準則 L-104 Commercial diving projects inland/inshore では、船上減圧チャンバーについて以下のように規定している。なお当該規則では、減圧障害の治療の他、水上減圧法など減圧チャンバーの利用が必要な場合も対象としている。

第 114 条 潜水事業者者は、緊急時にダイバーを再圧できるような施設を提供しなければならない。減圧 (再圧) チャンバーによる減圧障害の治療は、可能な限り早く開始しなければならない (医師の指示による)。減圧チャンバーの供給は、潜水業務計画の一部として選択される減圧方法に従わなければならない。

第 115 条 減圧チャンバーは少なくとも以下の性能を有していなければならない：

(c) 20 分以上の水中減圧停止が計画

された潜水では、潜水事業者は、適切で利用可能な 2 人用で 2 つの圧力区画を有するチャンバーを潜水現場に用意しなければならない。また、ダイバーは、素早くかつ容易に水から離れることができ、チャンバー内で、使用される減圧スケジュールに規定された適切な再圧を行われなければならない。チャンバーの管理は、十分な資格と能力を有する人員だけが担当することができる。そのような人員には適切な訓練と経験が求められる。操作を監督する人員を指名する際には、十分な経験を有する者でなければならない。

第 119 条 2 人用、2 圧力区画の減圧チャンバーは、意図された目的に適したもので、に適切な規格に準拠したものでなければならない。

第 120 条 酸素は、減圧チャンバーを含む当該実施準則の対象となるすべての場所で、必要な時に直ちに利用できなければならない。

### 3-2. 潜水バスケット／ステージ

潜水バスケット／ステージ等に関して、実施準則 L-104 Commercial diving projects inland/inshore では、以下のように規定している。

第 112 条 送気式潜水に用いられる潜水バスケットまたはウェットベルは、クランプされていない状態で少なくとも 2 人のダイバーの昇降が可能でなければならない。またこれらは、ダイバーの落下を防ぎ、バスケット等自体が回転や転倒すること

の無いように措置しなければならない。バスケット等には、ダイバーの頭部を保護するための措置とダイバー用グリップを備えていなければならない。

第 113 条 万が一に備え、ダイバーを回収するための二次的な手段を用意しておかなければならない。

### 3-3. ダイバー昇降装置 (Launch And Recovery System:LARS)

ダイバー昇降装置に関して、実施準則 L-104 Commercial diving projects inland/inshore では、以下のように規定している。

第 108 条 ダイバー昇降装置は、他の関連規則並びに適切な国内基準、ヨーロッパ、または国際基準に適合したものでなければならない。

第 109 条 ダイバーの昇降に用いられるリフトワイヤーは、予備ワイヤーまたはバック装置に関しても、特定の基準に合致したものを使用しなければならない。これらのワイヤーは、国内、ヨーロッパ、または国際基準に準拠した有効な安全係数を備えたものでなければならない。

第 110 条 ダイバー昇降装置に用いるウインチは、独立した一次および二次のブレーキ・システムを備えていなければならない。油圧ウインチでは、操作レバーがニュートラルに戻ったとき、または停電時にはセカンダリシステムが自動的に作動することが推奨される。一

次及び二次のブレーキ・システムは、有資格者によってそれぞれテストされなければならない。

### 4. ドイツの基準

潜水業務に関するドイツの規則 (BVG C23) では、水上減圧法は緊急時の非常用減圧法として位置付けられている (第 26 条 非常減圧)。常用とはされていないことから、水上減圧法に係る機材設備に関し特に規定はない。潜水作業現場に再圧治療用のチャンバー (潜水作業員圧力室) が備えられている場合に限り、緊急時にはそれを用いて水上減圧法を行うことが認められている。

#### 4-1. 船上減圧チャンバー

BVG C23 では、潜水作業現場で使用することができる減圧チャンバー (潜水作業員圧力室: Taucher-Druckkammern) について以下のように規定している。

##### 第 5 条 潜水作業員圧力室

潜水作業員圧力室は

1. 少なくとも 5 バール (bar) の加圧が可能で、
2. この 5 バールの加圧に 6 分以内に達することができ、
3. 室内にいる人員を目視で確認でき、人員と会話ができ、
4. 酸素呼吸が可能であり、
5. 支援員が自由に入ることができ、病気になった潜水作業員の治療がその室内でできるものでなければならない。

なお潜水作業現場への減圧チャンバーの設置が義務付けられる条件は以下のよう

に規定されている。

#### 第 14 条 装備の準備

(8) 企業は次の場合は潜水場に潜水作業員圧力室を用意しなければならない。

1. 潜水行程が 35 分を超える浮上時間を伴う場合。

2. 潜水深度が 10m を超え、最寄りの潜水作業員圧力室に 3 時間以内に搬送することができない場合。

減圧チャンバーの技術的な基準に関しては、ガイドラインが別途定められている (BGR 235 Taucherdruckkammern [潜水作業員圧力室])<sup>45)</sup>。その主なものを以下に示す。

[BGR 235 Taucherdruckkammern による基準] (一部抜粋)

##### 4.2.1 一般的事項

4.2.1.1 潜水作業員圧力室は、少なくとも主室と副室から構成されていなければならない。

4.2.1.2 潜水作業員圧力室は、5 bar の最大圧力に 6 分以内で到達し、安全に圧力を維持できなければならない。また、0.4~0.2 bar の圧力からの大気圧までの圧力解放は、1 分間で行う能力を有していなければならない。

4.2.1.6 潜水作業員圧力室の内径は、1.48m 以上でなければならない。

4.2.1.7 潜水作業員圧力室内に設置される座席は、1 人あたり 0.5m 以上の座席幅と 0.4m 以上の座席奥行きが必要であり、冷たい圧力室内面壁との接触による体の冷却が回避される措置を講じなければならない

い。

4.2.1.9 潜水作業員圧力室のドアロックは、均圧後いずれの室からも操作できなければならない。

4.2.1.11 潜水作業員圧力室には、室内のすべての場所が容易に観察できるような観察窓を装備しなければならない。また観察窓はアクリルガラス製でなければならない。

4.2.1.18 潜水作業員圧力室には、適切な防火対策を講じなければならない。

- ・室内の装備におけるプラスチックの使用は最小限としなければならない。
- ・電気機器は、火災の危険がないように固定しなければならない。

##### 4.2.2 主室

4.2.2.1 潜水作業員圧力室の主室には、少なくとも 1 人用のベッドと、2 人が着席できる座席を設けること。

4.2.2.2 主室入口には最大収容人数を示す標識を掲示すること。

4.2.2.3 最大収容人数に応じた座席を設けること

4.2.2.4 主室には、収容者 1 人当たり毎分 30 l 以上の空気をページするための装置が設けられていること。ページ空気量は各圧力レベルで調整可能なこと。

4.2.2.5 主室には大気圧下で毎分 75 l 以上の酸素を供給することのできる酸素呼吸ポイントを最大収容者数に応じて設けること。これらのポイントには酸素呼吸器が接続可能であり、呼気が主室内に留まら

ないようにすること。

- 4.2.2.8 主室にはメディカルロック（供給用ロック）を装備すること。このロックは、直径 200 mm 以上、長さ 300 mm 以上であること。ロック扉は、圧力が均一化されたときにのみ開くことができるようにすること。ロック内の圧力を示す圧力計を設置すること。

## 5. フランスの基準

フランスの潜水業務に関する労働安全衛生規則では、常用としての水上減圧法は認められていないことから、当該減圧法に係る器材設備に関する基準も特に示されていない。

### 5-1. 船上減圧チャンバー

潜水業務に係る設備機材に関する基準は、「高気圧環境下で作業する作業員の保護に関する政令第 90-277 号：TEFT9003290D」に示されており、その第 13 条（共用装備品）で、対象を以下のように定めている。

第 13 条：共用装備品には、工事に要する高気圧状況に適合した特殊工具一式のほか、以下に示す各手段が含まれる。

- a) 高気圧状況へのアクセス、滞在および退出手段。
- b) 高気圧状況に置かれている作業員の監視手段。
- c) 呼吸用ガスの生成、送気、貯蔵、供給および検査手段。
- d) 救助手段（蘇生、火災、再加圧）。救助手段としての再加圧を行う

ためには、高気圧チャンバーが必要であり、それに関する基準を以下に示す。

第 17 条：副室を有さない 1 人用高圧室を使用してはならない。

第 18 条：居住可能高圧室、とりわけ再圧室、飽和室、高気圧酸素治療室、水中エレベーター、トンネル掘削作業員用気閘室および圧縮空気中での作業用水中潜函などに適用される使用規定については、その用途または目的に応じて、労働担当大臣、農業担当大臣および海洋担当大臣の省令に定めることができる。

第 20 条：呼吸装置または高圧室への供給に関するあらゆる不具合に対処するため、緊急用ガス供給源またはバッファタンク付圧縮機を直ちに使用できるよう整えておくこと。

第 23 条：現地で使用可能な応急処置手段（少なくとも酸素吸入器と救急箱を含む）を十分な数備えておかなければならない。さらに事業者は、加圧下で同時に作業する人数に対応可能な再圧室が事故発生時に使用可能な状態になっていること、またその使用資格を有する人員が配置されていることを確認しなければならない。再圧室に到着するまでに要する時間は、いかなる場合にも 2 時間を超えてはならない。

第 24 条：高圧室内および室外には、あらゆる防火措置を講じなければならない。高圧室内の消火手段は、加

圧環境において有効なものでなければならない。高压室外の消火手段は、圧力下に置かれた作業員の特殊な状況、圧縮ガスの存在および(場合により)酸素の存在を考慮したものでなければならない。居住可能室を運転する作業員のために、煙が充満した環境における救命手段を使用できるよう整えておく必要がある。

## 6. ノルウェーの基準

ノルウェーでは、条件付きながら水上減圧法の使用は認められており、使用する機材についても基準が示されている。

### 6-1. 船上減圧チャンバー

船上減圧チャンバーに関しては、潜水業務安全衛生規則では以下のような基準を示している。

[潜水業務安全衛生規則 (Forskrift om Dykking) による基準]

#### 第 X 章 加圧室 (減圧チャンバー) とダイビングベル

##### 第 98 条 加圧室

加圧室、加圧室操作パネルおよび配管は、作業者を完全に保護できるように設計および構築させなければならない。加圧室は、ダイバーや他の労働者に人間工学に基づいた良好な大きさでなければならない。加圧室は、少なくとも副室と主室からなり、酸素濃度系を備えていなければならない。加圧室には、収容可能な人数だけでなく、予備の呼吸システムが装備されていなければならない。加

圧室とその配管類は 5 年ごとに耐圧試験を行い、10 年ごとに油圧試験を行わなければならない。

#### 第 109 条 加圧室の使用要件

次の場合には、潜水作業場に加圧室を設置しなければならない。

(a) 水深 30m を超える潜水を行うとき

(b) 減圧潜水が計画されているとき  
上記以外であっても、潜水作業期間や作業の厳しさなどを考慮して、加圧室の設置を検討すること。

減圧時間が短かったり、無減圧潜水の場合には、加圧室の必要性が軽視されることがあるが、実施する潜水作業のリスクは慎重に検討しなければならない。なお自給気式潜水器 (SCUBA) を用いる潜水は無減圧潜水の範囲内で行わなければならない。水中減圧は認められていない。水上減圧潜水を行う場合には、使用する減圧表に示された時間 (水面インターバル) 内に潜水者が加圧室に到達できるように配慮しなければならない。

ノルウェーでは北海における海底石油並びに天然ガス資源の開発が鋭意行われており、大深度潜水も頻繁に行われている。これらの開発に係る作業では、国による安全衛生規則に加えて関連産業団体による安全基準が規定され、NORSOK Standards としてまとめられている。NORSOK Standards は材料に関するものから、大型の海洋構造物に関する基準まで多岐に及ぶが、潜水作業に関するものは「U-100 Manned underwater operations

(有人潜水作業)」<sup>46)</sup>に記されている。U-100 では減圧チャンバーについて以下の基準を定めている

[U-100 有人潜水作業]による基準(一部抜粋)

#### 7.2.1 減圧チャンバー

チャンバーコンプレックスの大きさ、構造、照明、レイアウトは、チャンバー内で行われるすべての活動をサポートし、最適化すること。チャンバーコンプレックスは、人員、設備、備品を出し入れが可能なこと。有人潜水作業で使用されるチャンバーコンプレックスの各区画は、正確で均一な環境を維持する一次および二次環境制御システムを備えているか、それに接続されていなければならない。潜水者が滞在する各圧力区画には、収容者数に加え1台の予備のBIBSを備えていること。BIBSからの排気はチャンバー外部に排出すること。

#### 7.2.2 飽和潜水用チャンバー

(略)

#### 7.2.3 送気式潜水用チャンバー

送気式潜水作業の間、潜水作業現場には副室付きダブルロック減圧チャンバーを用意しなければならない。収容者が横になることができるよう、主室の大きさは内径1.8m×長さ2.0m以上であること。万一の場合、医療従事者がチャンバー内で効率的に応急処置を実施することができるように設計されること。

### 6-2. 潜水バスケット／ステージ

NORSOK Standardsの「U-100 有人潜水作業」では潜水バスケット／ステージ等についても基準を定めている。以下にそれらについて記す。

[U-100 有人潜水作業]による基準(一部抜粋)

#### 7.2.6 湿式ベルと潜水バスケット

湿式のベルと潜水バスケットは、十分な大きさを持ち、意識不明や怪我をした潜水者の搬送に利用できるものでなければならない。湿式ベルと潜水バスケットは、潜水者の落下を防止し、それ自身が回転や転倒することのないように措置しなければならない。潜水バスケットは、潜水者の頭部を保護する機能と姿勢を保持するためのグリップを備えていなければならない。湿式ベルと潜水バスケットには、緊急事態のための非常用呼吸ガス供給機能を備えていなければならない。

### 6-3. ダイバー昇降装置 (Launch And Recovery System : LARS)

NORSOK Standardsの「U-100 有人潜水作業」ではダイバー昇降装置についても以下のような基準を定めている。

[U-100 有人潜水作業]による基準(一部抜粋)

#### 7.3 ハンドリングシステム (潜水ベル、湿式ベル及び潜水バスケット)

##### 7.3.1 一般事項

潜水ベル等のハンドリングシステムは、水面を安全に案内する手段が含ま

れていなければならない。装置の設計負荷は、計画された運用上の最大負荷を基に算出すること。設計負荷は、最大静荷重の2倍以上とすること。

主な吊り上げ用ワイヤーの安全な作業負荷は、最大設計荷重に関連する最小安全係数4.0を用いて計算すること。静的および動的な負荷を十分に考慮すること。

ハンドリング装置には、ベル/湿式ベル/潜水バスケットが設定された制限を超えた操作を規制するリミットスイッチを装備すること。ハンドリング装置操作ステーションからウインチドラムを直接目視することが難しい場合には、ビデオ監視装置を設置すること。電源またはウインチモーターが停止している場合でも、主な装置類は操作可能でなければならない。

ハンドリング装置の主要な部分が故障した場合に備え、代替の装置を準備しておかなければならない。代替え装置は、メインのハンドリング装置と同等の荷重強度をもつものでなければならない。

#### IV. 潜水事業者に対する調査

船上減圧法の導入に際して、実際に当該潜水技術を使用する可能性のある潜水事業者と面談し、意見を聴取した。船上減圧法は、水中での減圧時間を短縮できることが最大の特長であり、大深度潜水のほか寒冷や波浪などの環境条件が厳しい潜水作業に有効と考えられている。そこで、沖合海域でサルベージ作業等の大深度潜水を行っている事業者（A社）、発電

所関係の作業を多く手掛けている事業者（B社）、並びに以前から国内外で大深度潜水を行っている事業者（C社）を調査対象とした。

##### 1. 調査の概要

調査は2019年12月から2020年1月に実施した。2-3月にも面談調査を計画していたが、COVID-19感染拡大に伴う予防の観点から中止とした。面談時間は概ね2時間程度とし、当該調査研究に関する過年度の調査報告書を資料として、以下の点について意見を聴取した。

- ① 船上減圧法の国内導入に対する考え。
  - ② 使用する潜水作業の種類や内容。
  - ③ 規則としての運用基準の望ましい形。
  - ④ 船上減圧法導入に際して必要な事項。
- これらの点を中心に、率直な意見を求めた。議事内容は調査対象者の了承を得てICレコーダーに記録した。後日、議事録作成時に生じた疑問点や不明点を担当者に電話及びメールにて確認を行った。

##### 2. 結果

今回調査した3社はいずれも水上減圧法の導入には賛成であったが、導入の際の規制のありかたについては意見が異なっていた。なお船上減圧法の使用経験は様々であり、A社はかなり以前（約30年前）に使用した経験を有するが、それ以降の実績は有していない。B社は使用実績が全くない。C社は主に海外を中心に豊富な使用実績を有しており、設備器材関係もほぼ充足している。

A社は、現行の高気圧作業安全衛生規則に準ずる形で、運用基準は使用者の自由

度が高い状態であることが望ましいとした。B社は、船上減圧法に関する経験がなく、必要な知識も不足しているため、導入に際しては十分な安全基準やガイドラインの提示が必要であるとした。C社は、船上減圧法には特有のリスクがあり、通常の送気式潜水法とは異なることから、安全に配慮したガイドラインを設定することに加え、教育訓練方法や資格制度なども検討するべきであるとした。以下に聞き取り調査の内容を示す。

#### 2-1. A社の聞き取り調査内容

- 1) 調査日：2019年12月
- 2) 調査場所：A社会議室
- 3) 回答者：担当役員、サルベージ部長  
他計3名
- 4) 調査内容：

##### ①水上減圧法の国内導入に対する考え

当社は長年サルベージ作業を中心に潜水作業を行っている。大深度潜水は1980～90年代に携わった本四架橋関連が最後で、最近には行っていないが、船上減圧法の導入には賛成であり、早期の導入を希望する。

##### ②使用する潜水作業の種類や内容

サルベージ作業では、海象条件の悪い中での作業を強いられるため、浮上時の減圧深度を確実に維持することができず、減圧所のリスクが懸念される。船上減圧法が利用可能となれば、これが解消できる。また、船上減圧法では、潜水者を船上の装置に収容した後、脱着した潜水装備を用いて、次の潜水者が直ちに作業を開始することができるため、作業効率の向上が期待できる。

##### ③規則としての運用基準の望ましい形

運用上の規則やガイドラインはあまり厳しくしてしまうと、各社の技術開発が停滞してしまうので、最低限なものが望ましい。高圧則第32条（浮上の特例等）を一部改正し、現在の「事故のために潜水作業者を浮上させるときには」という条件を「海象条件の悪化等、水中での減圧が困難な場合には」という形にすればよいと考える。

##### ④水上減圧法の導入に際して必要な事項

船上減圧法の実施に際しては、本四架橋工事の際に船上減圧法を経験した社員が在籍しているので、それらから技術指導を受ける形で体制や教育訓練を整えていく予定。

#### 2-2. B社の聞き取り調査内容

- 1) 調査日：2020年1月
- 2) 調査場所：B社会議室
- 3) 回答者：工務部長、公務係長、潜水士他計8名
- 4) 調査内容：

##### ①水上減圧法の国内導入に対する考え

当社は発電所関係の保守点検作業における水中作業を主としているが、寒冷地での潜水作業が多いため、その対策として船上減圧法の早期の導入を希望している。

##### ②使用する潜水作業の種類や内容

当社では、水深が40mを超える大深度潜水作業も多く、またダムなど高所での潜水も少なくない。寒冷環境下の水域での作業を求められるため、ダイバーの防寒対策として温水潜水服等を

利用しているが、それにも限界がある。寒冷によるダイバーのリスクを低減する抜本的な対策として船上減圧法の利用を検討している。

#### ③規則としての運用基準の望ましい形

今までに船上減圧法を実施した経験はなく、知識も十分ではないため、導入に際しては、専門の教育訓練が必要と考えている。ただし、そのような訓練機関は国内には存在しないため、ガイドラインや規則等に従って実施することになる。したがって、ガイドラインや規則等には安全を十分に考慮したものが必要がある。滞底時間の制限は作業効率に支障をきたす可能性があるため、船上減圧法の減圧症リスク対策は、減圧時間の延長で対処したい。減圧室内であれば通常の水圧に要するよりも大幅な延長になっても構わない。設備器材等についても同様にガイドラインが必要である。また、併せて教育訓練についても検討が必要と考える。

#### ④水上減圧法の導入に際して必要な事項

船上減圧では、浮上から減圧室での再加圧～減圧までの流れが特に重要となる。そのための人材として、現在の「救急再圧員」の業務を拡充し、スパーバイザーとしてその任に当たせれば良いと考える。

### 2-3. C社の聞き取り調査内容

- 1) 調査日：2020年1月
- 2) 調査場所：C社会議室
- 3) 回答者：担当役員、担当課長計2名
- 4) 調査内容：

#### ①水上減圧法の国内導入に対する考え

当社は海外での海洋開発作業に従事しており、現在は国内の作業も行っている。船上減圧法は海外での作業を中心に、以前より使用しており、ノウハウも蓄積できている。国内で船上減圧法の使用が可能となれば、今までの経験を活かし適宜利用していきたい。

#### ②使用する潜水作業の種類や内容

現在当社における船上減圧法は、飽和潜水システムを利用したベル・バウンス方式がほとんどである。海外では、滞底時間の制限など、船上減圧法の利用には一定の規制が設けられているので、それに準じている。以前は、我が国では規則により水中での酸素使用が禁じられていたため、酸素減圧が必要な場合には船上減圧法を用いていたが、規則改正後はそれが可能となったため、船上減圧法の利用は減っている。

#### ③規則としての運用基準の望ましい形

船上減圧法は減圧症リスクが高いため、安易に利用すべきではなく、相応の設備と訓練が必要である。特に水面インターバルの厳守は重要であるが、これを規定された僅か数分間以内に実施するのは容易ではない。また、設備に関しても昇降用の潜水ステージや専用の昇降装置は必須であり、スクーバでの利用も禁じた方がよい。

#### ④水上減圧法の導入に際して必要な事項

船上減圧法の導入に際しては、一定の基準やガイドラインは必要であり、ある程度実績が蓄積されるまでは、当局が事前に作業計画を審査して、実施

の可否を判断することが望ましい。

#### D. 考 察

船上減圧法には様々な利点がある反面、リスクも潜在していることが今回の調査によって明らかとなった。また、その基準や規制に関しても国によって異なる実態が知られた。これらのことから、我が国への船上減圧法の導入に際しては、今後様々な観点から検討する必要がある。以下に検討が必要と思われる事項について示す。

##### 1. 船上減圧法の位置付け

今回の調査で水中減圧法の位置付けが各国で異なることが分かった。特にフランスとドイツでは緊急用の減圧法と位置付けており、常用を禁じている。英国とノルウェーでは常用自体は禁じていないものの、その運用には規制を設けている。一方米国とカナダでは通常の減圧法のひとつに位置づけており、特に減圧が長時間に及ぶような場合にはその使用を推奨している。

常用を禁じている理由は、船上減圧法には潜在的なリスクがあるという点である。運用実績からもその一端がうかがえる。同じ暴露条件の水中空気潜水との比較した場合、船上減圧法では酸素減圧を用い、さらに減圧時間が20～30%長いにもかかわらず減圧症発生率に差が認められなかった。これは、従来からの水中減圧法に比べ船上減圧法で減圧ストレスが高いことを示唆している。また、減圧症に占めるⅡ型減圧症の割合が高いこともリス

クの高さを示すものといえる。

しかしながら、適切な船上減圧法を用いれば、減圧症発症率は0.5%以下であり、これは水中空気減圧とほぼ変わらない。潜水業務において減圧症発症率の許容範囲は0.5～1.0%以下と考えられており、この点からは常用の減圧方法として使用可能と判断することができる。

これらの点をどのように捉えるかは検討が必要である。船上減圧法を非常用として採用することには異論を俟たない。我が国では、近年自然災害が多く発生しており、万一潜水業務中にそのような事態に陥った場合には、緊急に水中から退避する必要がある。その場合、減圧症などのリスクを避け、安全に避難する手段として船上減圧法は有用である。現在我が国の潜水業務規則である高気圧作業安全衛生規則では、その第32条（浮上の特例等）で緊急浮上方法について規定しているが、当該規則による方法は旧態依然としたものであり、リスクが大きいとの指摘がなされている。船上減圧法は緊急時の浮上方法としてのいわば世界標準であり、我が国においても採用を検討すべきである。

常用の減圧法として考える場合には、減圧症リスクと船上減圧法のメリットを検討する必要がある。波浪や潮流などの海象条件が厳しい海域やダム湖など寒冷域での潜水では、船上減圧法は大きなメリットが得られる可能性が高い。これらを鑑みれば、一概に非常用に限る理由はない。万一減圧症が認められた場合には、

船上減圧室がそのまま救急再圧施設として利用できるのも、対策の立案は可能である。ただし、我が国には船上減圧法に関する知見や経験は乏しいため、常用を考える際には運用方法に加え潜水士や支援員の教育訓練等に関しても一定のガイドラインを示すことが必要である。

## 2. 船上減圧法の運用基準

船上減圧法を導入する際には、運用基準について検討する必要がある。船上減圧法は、専ら潜水業務に用いられており、企業ノウハウが内包されていることから、その詳細を入手することは容易ではない。また、我が国には実績や経験の蓄積が乏しく、それらを利用することも困難である。我が国では1960-70年代に有明海や播磨灘での漁業潜水に船上減圧法が広く利用された時期があった。このときの船上減圧法は、一人用の船上減圧室(ワンマンチャンバー)を用い、漁業者が自身の知識と経験に基づいて独自の減圧法を用いていた。その結果、重大な事故が頻発し、骨壊死などの後遺症を訴えるものも多かったことから衰退した歴史がある<sup>47)</sup>。このようなことを繰り返さないためにも、運用基準の検討は十分に行わなければならない。

### 2-1. 船上減圧法の減圧表

運用基準の要となるものは減圧表である。これに関しては、フランスとドイツは安全衛生規則に減圧表を記載している。米国及びノルウェーでは減圧表自体の記載はないが、国内の公的機関(例えば米国では米海軍)の減圧表に準拠するよう求めている。英国とカナダでは、特に減圧表

の指定はなく「一般に有効性が認められている」減圧表を用いることとしているが、カナダでは国の機関であるDCIEM(現DRDC Toronto)の減圧表を使用することとする州規則が多い。また、英国では滞底時間に制限を設け、それを運用基準としている。

運用基準を検討する際には、これら実績のある減圧表を基準として検討することが合理的である。このとき、減圧表を作成した研究機関の実績のみならず、実際に運用した実績や減圧表開発の背景等についても考慮する必要がある。例えば米海軍による減圧表は2016年に発表されたものであり、先に示した減圧表のうちでは最も新しいものである。一般的に減圧表は新しいものほど安全性が高いとされており、このためノルウェーにおいても米海軍のものが採用されている。しかしながら、実際に導入に際して行われた検討の結果、民間使用では減圧症のリスクが懸念されることから、繰り返し潜水の禁止や滞底時間の制限が設けられることとなった。船上減圧法は米海軍によって初めて実用化された技術であり、研究期間も長く、知見も豊富であるが、そのまま民間に利用した場合には問題を生じる場合がある。メキシコ湾海洋開発では、米海軍船上減圧法が利用されているが、当初は減圧症発症が多数認められた。そのため、現在ではリスク低減を目的として、実施経験に基づく修正が加えられている。

### 2-2. 船上減圧法の減圧理論

2015年に改正された現行高気圧作業安全衛生規則では、潜水業務の運用基準として減圧表ではなく、減圧理論による基

準が示されている。これは Buhlmann の Zh-L16 モデルを基礎としており、溶存ガスモデル (dissolved-gas model) もしくは neo-Haldane モデルと呼ばれる減圧モデルの一つである。減圧症は、潜水中に体内に溶解蓄積した不活性ガスが浮上に伴う減圧によって過飽和状態となり、気泡を形成することが要因と考えられている。溶存ガスモデルでは、不活性ガス過飽和状態が過度にならなければ気泡形成に至らないとし、その閾値となる不活性ガス分圧を M 値 (M-value) として定めている。減圧浮上を考える際には、体内の不活性ガス分圧がこの M 値を超えることのないように浮上深度/時間を決定する。船上減圧法では、この M 値を逸脱して浮上することから、溶存ガスモデルを用いて減圧浮上を行うことはできない。そのため、溶存ガスモデルを利用した船上減圧法用の減圧表はほとんどなく、溶存ガスモデルを基に減圧表を作成した場合には、M 値逸脱後の減圧について、ダイバーによる潜水試験や運用結果を用いて評価調整を行わなければならない。実際、現在用いられている船上減圧用減圧表の多くは、このようなアプローチで作成されている。

船上減圧法の減圧表作成には、二相モデル (dual-phase model) が利用できる可能性がある。Brubakk ら<sup>48)</sup>は、二相モデルによって船上減圧用の減圧表を作成し、動物実験を用いて米海軍船上減圧表と比較したところ、減圧完了後の気泡が有意に減少したことを報告している。溶存ガスモデルが不活性ガスの気泡化は過飽和状態の程度によるとするのに対し、二相モデルでは、程度に関係なく過飽和状態

によって気泡が形成されるとしている。すなわち、体内には予め気泡核が存在しているため、過飽和によって気泡が形成されることは不可避であり、形成された気泡を速やかに縮小消失させるためには気泡の気相と周囲の液相間 (気-液相の二相間) のガス動態を考慮する必要がある、これを用いて減圧浮上方法を決定するというものである。これらは気泡モデル (bubble model) とも呼ばれている。二相モデルは 1966 年に Hills によって提唱された減圧に伴う不活性ガス動態の熱力学的アプローチ (thermodynamic approach) を原型としている<sup>49)</sup>。二相モデルは溶存ガスモデルに比べ、非常に複雑であることからあまり活用されることがなかったが、高性能なコンピューターの普及がすすみ、過飽和流体での気泡の核形成に関する物理モデルが開発されたことから、利用が進められている。現在では、Varying permeability model (VPM) や Reduced gradient bubble model (RGBM) など二相モデルから発展した減圧モデルがダイビングコンピューターなどに搭載され、実用化されている<sup>50)</sup>。現行規則における水中減圧用の基準と同様に、船上減圧法の運用基準策定に、合理的な評価が必要な場合には、二相モデルの利用が必要と考える。

### 2-3. 船上減圧法運用基準の評価

船上減圧法は、通常 of 空気減圧法に比べ利用範囲が限定されていることから、使用実績や評価報告などがあまり多くない。また、近年 ROV (Remotely operated vehicle) や飽和潜水技術の普及により、海外ではその利用範囲はさらに限定され

たものとなる可能性がある。したがって、我が国で船上減圧法の運用基準を定める際には、その運用結果を十分に把握し、基準の適正について評価調整を行っていくことが必要である。このとき、減圧症発症数を評価の基準として用いることは倫理的に問題がある。そこで、超音波ドップラー法による検知気泡等級を評価に基準とすることが適切と考える。超音波ドップラー法による評価は世界各国でも行われており、同様の方法を用いることで、これらとの比較が可能となるため、より効率的で正確な評価が可能となる。

### 3. 設備器材に関する基準

欧米各国の潜水設備器材に関する規則のうち、船上減圧法に特別に限られたものはなかったが、船上減圧法に使用しては、いくつかの基準が定められていた。

#### 3-1. ダイバーの潜水装備機材

ダイバーが装備する潜水機材について、船上減圧法の際に特に必要となるものはないが、今回の調査対象国では、スクーバによる潜水作業は禁じられており、潜水方式としては必然的に送気式潜水に限られることとなった。なお、水中での調査や検査、撮影などの業務ではスクーバの利用が認められている。送気式潜水はスクーバとは異なり、長時間の水中作業が可能であり、通信装置を備えていることから船上との情報交換も常時可能である。船上減圧法は減圧に時間を要する厳しい潜水で用いられることが多いことから、必然的に送気式潜水がその対象となる。我が国においては、潜水作業にスクーバを用いることが認められており、当然厳

しい条件下での潜水が実施される場合もある。そのような条件下では、吸気能力や船上からの支援の有無など、送気式潜水に比べリスクが高くなることが予想される。したがって、我が国に船上減圧法を導入する際には、対象とする潜水方式についても検討する必要がある。

#### 3-2. 船上減圧室

船上減圧法では、減圧用の高気圧チャンバーが不可欠である。船上減圧法における再加圧深度は9～15mであり、減圧室には最低限この加圧能力が求められる。また酸素減圧に対応できなければならない。これらの条件を満たせば、船上減圧室として利用は可能である。しかしながら、今回調査を行った欧米諸国では、船上減圧法の減圧室には救急再圧室もしくは同等の能力を有する高気圧チャンバーの使用が義務付けられている。すなわち、主・副室をもつ二室構造の減圧室で、BIBS マスクによる酸素呼吸が可能であり、最大6ATAまで加圧することができ、さらに二名以上の人員が収容できる能力を有する高気圧チャンバーが必要となる。欧米諸国では潜水作業現場への救急再圧チャンバーの設置を強く求めており、それを利用することが合理的であること。また、船上減圧後に減圧障害が認められた場合に直ちに再圧処置の実施が可能であること、水面インターバルの超過や水中減圧の逸脱などの場合には、救急再圧と同様な処置が必要となることなどが理由としてあげられる。

我が国では、救急再圧チャンバーに関する規則は、潜水作業現場に設置するか、もしくは利用できる措置を講じること、

とされている（高気圧作業安全衛生規則第 42 条）。現状では、実際に再圧チャンバーが潜水作業現場に設置されることは少なく、設置された場合でも「ワンマンチャンバー」と呼ばれる一人用の小型再圧チャンバーが利用されることが多く、欧米諸国のような二室構造の再圧チャンバーが用いられることは稀である。

船上減圧法に用いる減圧チャンバーの基準を考える際には、これらの点を考慮する必要がある。現行の高気圧作業安全衛生規則における「再圧室構造規格」では、可搬型としてワンマンチャンバーの利用を認めている。減圧チャンバーは船上減圧の中心を成す設備であり、安全性を損なう恐れのある要因があってはならない。二室構造の再圧チャンバー以外の利用を認める場合には、その運用基準について慎重に検討する必要がある。

### 3-3. その他の設備等について

欧米諸国では船上減圧法を用いる際に、ダイバー揚収装置 (LARS) や潜水バスケット／ステージなどが用いられている。船上減圧法は管理潜水法ともいうことができる。通常の潜水では、減圧停止深度や停止時間の管理はダイバーに委ねられており、船上はその支援を行うにとどまっている。一方船上減圧法では、減圧の大部分を水上の減圧チャンバー内で行うことから、減圧管理は支援員（チャンバーオペレーター）が担当することになる。これによりダイバーの負担軽減を図ることができるとともに、より正確な減圧浮上が可能となる。LARS や潜水バスケットの利用はこれを水中での減圧にまで拡大するもので、安全性に寄与する。船上減圧法の要の

ひとつである水面インターバルは、水面への浮上開始から、減圧チャンバー内での所定圧力加圧までの時間を示し、5 分程度の時間が設定されている。その内訳は、水面までの浮上に 1 分、水面到着後チャンバーへの収容までに 3 分 30 秒、所定圧までの加圧に 30 秒とされている。ダイバーが水面までの浮上を急ぎすぎると、空気塞栓症を生じるリスクが高まることから、水上支援員による浮上時間の管理は有用である。また、潜水場所から水面までの高低差が大きい場合、ダイバーが潜水ハシゴを使って短時間で潜水場所まで戻ることには大きな労力を要するうえ、時間が超過するリスクも大きくなる。このようなことから、ダイバーの揚収方法については何らかの基準やガイドラインの検討が必要である。

### 4. その他の検討事項

船上減圧法は従来我が国で行われてきた多くの潜水とは本質的な部分で異なる潜水方法である。従来の潜水は、潜水士（ダイバー）を中心として、それを補助する送気員、連絡員等の支援員からなるチームで行われている。ダイバーには潜水士国家資格の取得が求められているが、送気員には特別教育が課されるのみであり、連絡員はその教育さえ必要とされていない。これは、潜水に特有の疾病である減圧症の予防のための減圧浮上管理をダイバー自らが行うためのものであり、資格取得の際には、減圧浮上方法や減圧症に関する知識の取得が必要となる。支援員には同様の知識取得が義務付けられていないため、現状は浮上方法をはじめ潜

水業務に関わるすべてはダイバー主導で行われている。

船上減圧法では、ダイバーの減圧管理を支援員が担当することになるため、その役割は従来に比べ非常に大きいものとなる。特に船上減圧室の操作を担当するのは、ダイバーの安全に直接関与することになるので、操作以外にも船上減圧法について熟知している必要があり、また減圧症の知識を有していることも求められる。ダイバーの安全確保の観点から減圧室操作担当者に必要な資格要件等について検討が必要である。また、他の支援員についても、その役割や必要な人員配置等に関して検討が必要である。

#### E. 参考文献

- 1) OSHA, 29 CFR part 1910 – Occupational safety and health standards, U.S. Department of Labor, 2011, ISBN 978-1512332971
- 2) U.S. Department of Navy. U.S. NAVY Diving Manual revision 7, NAVSEA 0910-LP-115-1921. Washington, DC: NAVAL SEA SYSTEMS COMMAND, 2016
- 3) Minister of Justice, Canada Occupational Health and Safety Regulations SOR/86-304, 2018, <https://laws-lois.justice.gc.ca/>
- 4) DCIEM, DCIEM Diving Manual, Universal Dive Techtronics, Inc. British Columbia, CANADA, 1992
- 5) HSE, Diving at Work Regulations 1997, London, TSO, 1998, ISBN 978-0110651705
- 6) HSE, L-103 Commercial diving projects offshore, 2nd ed., London, TSO, 2014, ISBN 978-0717665921
- 7) HSE, L-104 Commercial diving projects inland/inshore, 2nd ed., London, TSO, 2014, ISBN 978-0717665938
- 8) HSE, L-105 Recreational diving projects, 2nd ed., London, TSO, 2014, ISBN 978-0717665945
- 9) HSE, L-106 Media diving projects, 2nd ed., London, TSO, 2014, ISBN 978-0717665952
- 10) HSE, L-107 Scientific and archaeological diving projects, 2nd ed., London, TSO, 2014, ISBN 978-0717665969
- 11) Ministry of Defence, BR 2806 Diving Manual, London, HMSO Press, 1972, SBN 117713457
- 12) BG-BAU, Berufsgenossenschaft der Bauwirtschaft BVG C23 Taucherarbeiten Berufsgenossenschaftliche Vorschrift für Sicherheit und Gesundheit bei der Arbeit, BG-Vorschrift, 2012, <https://www.bgbau.de/fileadmin/Medien-Objekte/Medien/DGUV-Vorschriften/>
- 13) Journal Officiel de la Republique Francaise, TRAVAUX EN MILIEU HYPERBARE, Paris, 1992, ISBN 211-0733225
- 14) Arbeidstilsynet Forskrift, best.nr. 511 Forskrift om Dykking, Oslo, Arbeidstilsynet, 2007, <http://radem.no/dok/publikasjoner/>
- 15) Western Norway University of Applied Sciences, Norwegian Diving and

- Treatment Tables, 4th ed., Bergen, Molvik Gafisk AS, 2017, ISBN 978-8269069938
- 16) Shields TG, Lee WB. The incidence of decompression sickness arising from commercial offshore air diving operations in the UK sector of the North Sea during 1982/83, Offshore Technology Report OTO 97812, Health and Safety Executive, London, 1997
  - 17) Shields TG, Duff PM, Wilcock SE. Decompression sickness from commercial offshore air-diving operations on the UK continental shelf 1987, Offshore Technology Report OTO 89029, Health and Safety Executive, London, 1989
  - 18) Shields TG, Duff PM, Wilcock SE, Giles R. Decompression sickness from commercial offshore air-diving operations on the UK continental shelf during 1982 to 1987. Society for Underwater Technology, 1990:23:259-277
  - 19) Hempleman HV: History of decompression procedures. In: Bennett PB, Elliott DH, eds. Physiology and Medicine of Diving, 4th ed. London; W.B. Saunders; 1993, pp361-375.
  - 20) 池田知純, 芦田廣: 単一組織拡散モデルによる減圧理論の展開. 日本高気圧環境医学会雑誌 2000:35:131-146.
  - 21) Imbert JP. Decompression tables versus decompression procedures: an analysis of decompression sickness using diving databases. Proceedings of the 17th annual meeting of Diving and Hyperbaric Medicine, Greece, 1991: pp223-231
  - 22) Imbert JP, Bontoux M. Safety analysis of French 1974 air decompression tables. In: Nashimoto I, Lanphier EH, eds. Proceedings of the 36th Undersea Medical Society Workshop on Decompression in Surface-based Diving. Tokyo, 1986: 90-100
  - 23) Beyerstein GL. Subsea International. Proceedings of the American Academy of Underwater Sciences, Repetitive Diving Workshop, Costa Mesa, CA: 1991: pp75-79
  - 24) Lomax H: The commercial diver's handbook. North Palm Beach FL: Best Publishing Company. 2013; pp.50-88.
  - 25) U.S. Department of Navy. U.S. NAVY Diving Manual revision 4, NAVSEA 0994-LP-100-3199. Washington, DC: NAVAL SEA SYSTEMS COMMAND, 1999
  - 26) Overland T. Oceaneering International. Proceedings of the American Academy of Underwater Sciences, Repetitive Diving Workshop, Costa Mesa, CA, 1991: pp89-101
  - 27) Health and Safety Executive. Offshore Technology Report OTO 1999-007. Oxfordshire, UK: MaTSU. 1999
  - 28) Imbert JP, Paris D, Hugon J. The arterial bubble model for decompression tables calculation. In: Grandjean B, Meliet J, eds. Proceedings of the 30th EUBS Meeting, Corsica, France, 2004:pp31-48
  - 29) U.S. Department of Navy. U.S. NAVY Diving Manual revision 6, NAVSEA 0910-LP-106-0957. Washington, DC: NAVAL SEA SYSTEMS COMMAND, 2008
  - 30) Linaweaver, Jr PG. Surface

- decompression technology: Background and current concepts. In: Nashimoto I, Lanphier EH, eds. Proceedings of the 36th Undersea Medical Society Workshop on Decompression in Surface-based Diving. Tokyo, 1986: 20-24
- 31) Gouze FJ, A method and study of surface decompression as a routine procedure. U.S. Naval Medical Bulletin, Washington, 1944, 42:578-580
- 32) Van de Aue OE, Brinton ES, Nellar RJ. Surface decompression, derivation and testing of decompression tables with safety limits for certain depth and exposures. NAVY Experimental Diving Unit report no.5-45, 1945
- 33) Workman RD, Duffner GJ, desGranges M. Surface decompression from air dives. NAVY Experimental Diving Unit report no.10-57, 1957
- 34) Nishi RY, Lanckner GR. Development of the DCIEM 1983 decompression model for compressed air diving, DCIEM no.84-R-44, 1984
- 35) Nishi RY, Lauckner GR, Eatock BC, Hewitt JT. Oxygen decompression techniques for compressed air diving using the XDC-2 decompression computer programmed with the Kidd-Stubbs 1971 model, DCIEM no.84-R-19, 1984
- 36) Nishi RY, Lauckner GR, Eatock BC. Evaluation of the DCIEM 1983 decompression model for compressed air diving (series A-F), DCIEM no.84-R-72, 1984
- 37) Nishi RY, Lauckner GR, Eatock BC. Evaluation of the DCIEM 1983 decompression model for compressed air diving (series G-K), DCIEM no.84-R-73, 1984
- 38) Nishi RY, Lauckner GR, Eatock BC. Evaluation of the DCIEM 1983 decompression model for compressed air diving (series L-Q), DCIEM no.85-R-18, 1985
- 39) Exposure limits for offshore air diving. UK Department of energy Diving Safety Memorandum 7/1986, 1986
- 40) Lambertsen CJ, Gernhardt ML, Miller RG, Hopkin E. Development of decompression procedures: Air diving with surface decompression using oxygen. Based upon integrated analytic model of tissue gas bubble dynamics and oxygen tolerance. University of Pennsylvania Medical Center, 1992
- 41) Geruhardt ML. Development and Evaluation of Decompression Stress Index Based on Tissue Bubble Dynamics. PhD Thesis, University of Pennsylvania Medical Center, 1991
- 42) Lambertsen CJ, Nishi RY, Hopkin EJ. Relationships of doppler venous gas embolism to decompression sickness. Offshore Technology Report OTO 1999-019, Health and Safety Executive, London, 1999
- 43) ADCI, Consensus Standards for Commercial Diving and Underwater Operations rev. 6.2, Huston, ADCI, 2016, ISBN 978-0941332454
- 44) Minister of Justice. Canada Oil and Gas

- Diving Regulations SOR/88-600, 2018,  
<http://laws-lois.justice.gc.ca>
- 45) Deutsche Gesetzliche Unfallversicherung.  
BGR 235 Taucherdruckkammern, Carl  
Heymanns Verlag, 2005,  
[https://publikationen.dguv.de/regelwerk  
/dguv-regeln/993/taucherdruckkammern](https://publikationen.dguv.de/regelwerk/dguv-regeln/993/taucherdruckkammern)
- 46) Norwegian Oil and Gas Association,  
NORSOK standard U-100 Manned  
underwater operations, ed. 4, Lysaker,  
Standards Norway, 2014
- 47) 望月 徹: 圧気及び潜水作業における  
減圧障害の現状. 日本高気圧環境・潜水  
医学会雑誌 2017;52:129-132.
- 48) Brubakk AO, Arntzen AJ, Wienke BR,  
Koteng S. Decompression profile and  
bubble formation after dives with surface  
decompression: Experimental support for a  
dual phase model of decompression.  
Undersea Hyperb Med. 2003; 30: 181-193.
- 49) Hills BA. A fundamental approach to the  
prevention of decompression sickness.  
SPUMS Journal, 1978:20-47
- 50) Salma A: DEEP INTO DECO The diver's  
decompression textbook 2nd ed. North  
Palm Beach FL: Best Publishing Company.  
2018; pp.46-60.

添付資料 1. 米国の水上減圧表（米海軍水上減圧表）

U. S. Navy Diving manual rev.7, 2016

Chapter 9, Air Decompression

9-8.3.1 水上酸素減圧法の手順

1. 水深 40fsw までの所定の水中空気減圧を完了する。
2. 水深 40fsw での停止終了後、浮上速度 40fsw/分で水面までダイバーを浮上させる。  
40fsw での水中停止が必要ない場合には、滞在深度から水深 40fsw までは 30fsw/分、水深 40fsw から水面までは 40fsw/分の速度でダイバーを浮上させる。  
ダイバーが水面に到着したら、テンダーは潜水器と潜水服を脱がせ、約 3 分半以内にダイバーが水上減圧室に入ることができるよう支援する。
3. 水上減圧室にダイバーとテンダーを収容する。この時、テンダーは、以降の再圧の間、ダイバーに減圧症や CNS 酸素中毒の徴候が認められないか慎重に観察する。  
2 人のダイバーが同時に水上減圧法を行う場合には、ダイバー同士がお互いを観察することでテンダーの役割を補うことができる。この場合、テンダーが水上減圧室に入る必要はないが、減圧室操作員や支援員は、観察窓からダイバーの状況を常に確認しなければならない。
4. 最大 100fsw/分の加圧速度で、水深 50fsw までダイバーを空気で加圧する。  
水面インターバルは、ダイバーが水深 40fsw の水中停止を終えて浮上を開始してから、水上減圧室で水深 50fsw までの再加圧が完了するまでの時間をいう。この水面インターバルは 5 分を超えてはならない。
5. 水深 50fsw に到達したならば、ダイバーは BIBS マスクを介して 100%酸素を呼吸する。このとき、監督者はダイバーが酸素マスクを確実に装着していることを確認するために、マスクバンドをきつく締めるように指示する。
6. 水上減圧室内で、1 期間を 30 分（0.5 期間は 15 分）とし、空気減圧表の最後から 2 番目の列に示されている期間、ダイバーに酸素を呼吸させる。最初の酸素期間は水深 50fsw での 15 分間であり、残りの 15 分間は水深 40fsw で行う。2-4 回目までの期間は水深 40fsw で行い、4 回目以降の期間が必要な場合は水深 30fsw で行うこととする。この間、水深 50fsw から 40fsw、40fsw から 30fsw への浮上速度は 30fsw/分とする。なお水深 50fsw から 40fsw の浮上時間は酸素期間に含むものとする。
7. 酸素期間中は 30 分ごとに 5 分間のエアブレイクを行う。エアブレイクの時間は減圧時間に含めない。ダイバーが水深 50fsw で酸素呼吸を開始したことを確認した後に、酸素期間の時間計測を開始する。
8. 最後の酸素期間が終了したら、ダイバーは BIBS マスクを外し、減圧室内の空気を呼吸する。
9. 30fsw/分の速度で水面（大気圧）まで浮上（減圧）する。

Table 9-9. Air Decompression Table (1)

(DESCENT RATE 75 FPM—ASCENT RATE 30 FPM)

Bottom Time (min)	Time to First Stop (M:S)	Gas Mix	DECOMPRESSION STOPS (FSW) Stop times (min) include travel time, except first air and first O <sub>2</sub> stop									Total Ascent Time (M:S)	Chamber O <sub>2</sub> Periods	Repet Group	
			100	90	80	70	60	50	40	30	20				
<b>30 FSW</b>															
371	1:00	AIR										0	1:00	0	Z
		AIR/O <sub>2</sub>										0	1:00		
380	0:20	AIR										5	6:00	0.5	Z
		AIR/O <sub>2</sub>										1	2:00		
In-Water Air/O <sub>2</sub> Decompression or SurDO <sub>2</sub> Recommended -----															
420	0:20	AIR										22	23:00	0.5	Z
		AIR/O <sub>2</sub>										5	6:00		
480	0:20	AIR										42	43:00	0.5	
		AIR/O <sub>2</sub>										9	10:00		
540	0:20	AIR										71	72:00	1	
		AIR/O <sub>2</sub>										14	15:00		
Exceptional Exposure: In-Water Air Decompression ----- In-Water Air/O <sub>2</sub> Decompression or SurDO <sub>2</sub> Required -----															
600	0:20	AIR										92	93:00	1	
		AIR/O <sub>2</sub>										19	20:00		
660	0:20	AIR										120	121:00	1	
		AIR/O <sub>2</sub>										22	23:00		
720	0:20	AIR										158	159:00	1	
		AIR/O <sub>2</sub>										27	28:00		
<b>35 FSW</b>															
232	1:10	AIR										0	1:10	0	Z
		AIR/O <sub>2</sub>										0	1:10		
240	0:30	AIR										4	5:10	0.5	Z
		AIR/O <sub>2</sub>										2	3:10		
In-Water Air/O <sub>2</sub> Decompression or SurDO <sub>2</sub> Recommended -----															
270	0:30	AIR										28	29:10	0.5	Z
		AIR/O <sub>2</sub>										7	8:10		
300	0:30	AIR										53	54:10	0.5	Z
		AIR/O <sub>2</sub>										13	14:10		
330	0:30	AIR										71	72:10	1	Z
		AIR/O <sub>2</sub>										18	19:10		
360	0:30	AIR										88	89:10	1	
		AIR/O <sub>2</sub>										22	23:10		
Exceptional Exposure: In-Water Air Decompression ----- In-Water Air/O <sub>2</sub> Decompression or SurDO <sub>2</sub> Required -----															
420	0:30	AIR										134	135:10	1.5	
		AIR/O <sub>2</sub>										29	30:10		
480	0:30	AIR										173	174:10	1.5	
		AIR/O <sub>2</sub>										38	44:10		
540	0:30	AIR										228	229:10	2	
		AIR/O <sub>2</sub>										45	51:10		
600	0:30	AIR										277	278:10	2	
		AIR/O <sub>2</sub>										53	59:10		
660	0:30	AIR										314	315:10	2.5	
		AIR/O <sub>2</sub>										63	69:10		
720	0:30	AIR										342	343:10	3	
		AIR/O <sub>2</sub>										71	82:10		

Table 9-9. Air Decompression Table (2)

(DESCENT RATE 75 FPM—ASCENT RATE 30 FPM)

Bottom Time (min)	Time to First Stop (M:S)	Gas Mix	DECOMPRESSION STOPS (FSW) Stop times (min) include travel time, except first air and first O <sub>2</sub> stop								Total Ascent Time (M:S)	Chamber O <sub>2</sub> Periods	Repet Group	
			100	90	80	70	60	50	40	30				20
<b>40 FSW</b>														
163	1:20	AIR									0	1:20	0	O
		AIR/O <sub>2</sub>									0	1:20		
170	0:40	AIR									6	7:20	0.5	O
		AIR/O <sub>2</sub>									2	3:20		
180	0:40	AIR									14	15:20	0.5	Z
		AIR/O <sub>2</sub>									5	6:20		
In-Water Air/O <sub>2</sub> Decompression or SurDO <sub>2</sub> Recommended -----														
190	0:40	AIR									21	22:20	0.5	Z
		AIR/O <sub>2</sub>									7	8:20		
200	0:40	AIR									27	28:20	0.5	Z
		AIR/O <sub>2</sub>									9	10:20		
210	0:40	AIR									39	40:20	0.5	Z
		AIR/O <sub>2</sub>									11	12:20		
220	0:40	AIR									52	53:20	0.5	Z
		AIR/O <sub>2</sub>									12	13:20		
230	0:40	AIR									64	65:20	1	Z
		AIR/O <sub>2</sub>									16	17:20		
240	0:40	AIR									75	76:20	1	Z
		AIR/O <sub>2</sub>									19	20:20		
Exceptional Exposure: In-Water Air Decompression ----- In-Water Air/O <sub>2</sub> Decompression or SurDO <sub>2</sub> Required -----														
270	0:40	AIR									101	102:20	1	Z
		AIR/O <sub>2</sub>									26	27:20		
300	0:40	AIR									128	129:20	1.5	
		AIR/O <sub>2</sub>									33	34:20		
330	0:40	AIR									160	161:20	1.5	
		AIR/O <sub>2</sub>									38	44:20		
360	0:40	AIR									184	185:20	2	
		AIR/O <sub>2</sub>									44	50:20		
420	0:40	AIR									248	249:20	2.5	
		AIR/O <sub>2</sub>									56	62:20		
480	0:40	AIR									321	322:20	2.5	
		AIR/O <sub>2</sub>									68	79:20		
Exceptional Exposure: In-Water Air/O <sub>2</sub> Decompression ----- SurDO <sub>2</sub> Required-----														
540	0:40	AIR									372	373:20	3	
		AIR/O <sub>2</sub>									80	91:20		
600	0:40	AIR									410	411:20	3.5	
		AIR/O <sub>2</sub>									93	104:20		
660	0:40	AIR									439	440:20	4	
		AIR/O <sub>2</sub>									103	119:20		
Exceptional Exposure: SurDO <sub>2</sub> -----														
720	0:40	AIR									461	462:20	4.5	
		AIR/O <sub>2</sub>									112	128:20		

Table 9-9. Air Decompression Table (3)

(DESCENT RATE 75 FPM—ASCENT RATE 30 FPM)

Bottom Time (min)	Time to First Stop (M:S)	Gas Mix	DECOMPRESSION STOPS (FSW) Stop times (min) include travel time, except first air and first O <sub>2</sub> stop								Total Ascent Time (M:S)	Chamber O <sub>2</sub> Periods	Repet Group	
			100	90	80	70	60	50	40	30				20
<b>45 FSW</b>														
125	1:30	AIR									0	1:30	0	N
		AIR/O <sub>2</sub>									0	1:30		
130	0:50	AIR									2	3:30	0.5	O
		AIR/O <sub>2</sub>									1	2:30		
140	0:50	AIR									14	15:30	0.5	O
		AIR/O <sub>2</sub>									5	6:30		
In-Water Air/O <sub>2</sub> Decompression or SurDO <sub>2</sub> Recommended -----														
150	0:50	AIR									25	26:30	0.5	Z
		AIR/O <sub>2</sub>									8	9:30		
160	0:50	AIR									34	35:30	0.5	Z
		AIR/O <sub>2</sub>									11	12:30		
170	0:50	AIR									41	42:30	1	Z
		AIR/O <sub>2</sub>									14	15:30		
180	0:50	AIR									59	60:30	1	Z
		AIR/O <sub>2</sub>									17	18:30		
190	0:50	AIR									75	76:30	1	Z
		AIR/O <sub>2</sub>									19	20:30		
Exceptional Exposure: In-Water Air Decompression ----- In-Water Air/O <sub>2</sub> Decompression or SurDO <sub>2</sub> Required -----														
200	0:50	AIR									89	90:30	1	Z
		AIR/O <sub>2</sub>									23	24:30		
210	0:50	AIR									101	102:30	1	Z
		AIR/O <sub>2</sub>									27	28:30		
220	0:50	AIR									112	113:30	1.5	Z
		AIR/O <sub>2</sub>									30	31:30		
230	0:50	AIR									121	122:30	1.5	Z
		AIR/O <sub>2</sub>									33	34:30		
240	0:50	AIR									130	131:30	1.5	Z
		AIR/O <sub>2</sub>									37	43:30		
270	0:50	AIR									173	174:30	2	
		AIR/O <sub>2</sub>									45	51:30		
300	0:50	AIR									206	207:30	2	
		AIR/O <sub>2</sub>									51	57:30		
330	0:50	AIR									243	244:30	2.5	
		AIR/O <sub>2</sub>									61	67:30		
360	0:50	AIR									288	289:30	3	
		AIR/O <sub>2</sub>									69	80:30		
Exceptional Exposure: In-Water Air/O <sub>2</sub> Decompression ----- SurDO <sub>2</sub> Required-----														
420	0:50	AIR									373	374:30	3.5	
		AIR/O <sub>2</sub>									84	95:30		
480	0:50	AIR									431	432:30	4	
		AIR/O <sub>2</sub>									101	117:30		
Exceptional Exposure: SurDO <sub>2</sub> -----														
540	0:50	AIR									473	474:30	4.5	
		AIR/O <sub>2</sub>									117	133:30		

Table 9-9. Air Decompression Table (4)

(DESCENT RATE 75 FPM—ASCENT RATE 30 FPM)

Bottom Time (min)	Time to First Stop (M:S)	Gas Mix	DECOMPRESSION STOPS (FSW)								Total Ascent Time (M:S)	Chamber O <sub>2</sub> Periods	Repet Group	
			100	90	80	70	60	50	40	30				20
<b>50 FSW</b>														
92	1:40	AIR									0	1:40	0	M
		AIR/O <sub>2</sub>									0	1:40		
95	1:00	AIR									2	3:40	0.5	M
		AIR/O <sub>2</sub>									1	2:40		
100	1:00	AIR									4	5:40	0.5	N
		AIR/O <sub>2</sub>									2	3:40		
110	1:00	AIR									8	9:40	0.5	O
		AIR/O <sub>2</sub>									4	5:40		
<b>In-Water Air/O<sub>2</sub> Decompression or SurDO<sub>2</sub> Recommended</b>														
120	1:00	AIR									21	22:40	0.5	O
		AIR/O <sub>2</sub>									7	8:40		
130	1:00	AIR									34	35:40	0.5	Z
		AIR/O <sub>2</sub>									12	13:40		
140	1:00	AIR									45	46:40	1	Z
		AIR/O <sub>2</sub>									16	17:40		
150	1:00	AIR									56	57:40	1	Z
		AIR/O <sub>2</sub>									19	20:40		
160	1:00	AIR									78	79:40	1	Z
		AIR/O <sub>2</sub>									23	24:40		
<b>Exceptional Exposure: In-Water Air Decompression</b> ----- <b>In-Water Air/O<sub>2</sub> Decompression or SurDO<sub>2</sub> Required</b> -----														
170	1:00	AIR									96	97:40	1	Z
		AIR/O <sub>2</sub>									26	27:40		
180	1:00	AIR									111	112:40	1.5	Z
		AIR/O <sub>2</sub>									30	31:40		
190	1:00	AIR									125	126:40	1.5	Z
		AIR/O <sub>2</sub>									35	36:40		
200	1:00	AIR									136	137:40	1.5	Z
		AIR/O <sub>2</sub>									39	45:40		
210	1:00	AIR									147	148:40	2	
		AIR/O <sub>2</sub>									43	49:40		
220	1:00	AIR									166	167:40	2	
		AIR/O <sub>2</sub>									47	53:40		
230	1:00	AIR									183	184:40	2	
		AIR/O <sub>2</sub>									50	56:40		
240	1:00	AIR									198	199:40	2	
		AIR/O <sub>2</sub>									53	59:40		
270	1:00	AIR									236	237:40	2.5	
		AIR/O <sub>2</sub>									62	68:40		
300	1:00	AIR									285	286:40	3	
		AIR/O <sub>2</sub>									74	85:40		
<b>Exceptional Exposure: In-Water Air/O<sub>2</sub> Decompression</b> ----- <b>SurDO<sub>2</sub> Required</b> -----														
330	1:00	AIR									345	346:40	3.5	
		AIR/O <sub>2</sub>									83	94:40		
360	1:00	AIR									393	394:40	3.5	
		AIR/O <sub>2</sub>									92	103:40		
<b>Exceptional Exposure: SurDO<sub>2</sub></b> -----														
420	1:00	AIR									464	465:40	4.5	
		AIR/O <sub>2</sub>									113	129:40		

Table 9-9. Air Decompression Table (5)

(DESCENT RATE 75 FPM—ASCENT RATE 30 FPM)

Bottom Time (min)	Time to First Stop (M:S)	Gas Mix	DECOMPRESSION STOPS (FSW)								Total Ascent Time (M:S)	Chamber O <sub>2</sub> Periods	Repet Group	
			100	90	80	70	60	50	40	30				20
<b>55 FSW</b>														
74	1:50	AIR									0	1:50	0	L
		AIR/O <sub>2</sub>									0	1:50		
75	1:10	AIR									1	2:50	0.5	L
		AIR/O <sub>2</sub>									1	2:50		
80	1:10	AIR									4	5:50	0.5	M
		AIR/O <sub>2</sub>									2	3:50		
90	1:10	AIR									10	11:50	0.5	N
		AIR/O <sub>2</sub>									5	6:50		
In-Water Air/O <sub>2</sub> Decompression or SurDO <sub>2</sub> Recommended -----														
100	1:10	AIR									17	18:50	0.5	O
		AIR/O <sub>2</sub>									8	9:50		
110	1:10	AIR									34	35:50	0.5	O
		AIR/O <sub>2</sub>									12	13:50		
120	1:10	AIR									48	49:50	1	Z
		AIR/O <sub>2</sub>									17	18:50		
130	1:10	AIR									59	60:50	1	Z
		AIR/O <sub>2</sub>									22	23:50		
140	1:10	AIR									84	85:50	1	Z
		AIR/O <sub>2</sub>									26	27:50		
Exceptional Exposure: In-Water Air Decompression ----- In-Water Air/O <sub>2</sub> Decompression or SurDO <sub>2</sub> Required -----														
150	1:10	AIR									105	106:50	1.5	Z
		AIR/O <sub>2</sub>									30	31:50		
160	1:10	AIR									123	124:50	1.5	Z
		AIR/O <sub>2</sub>									34	35:50		
170	1:10	AIR									138	139:50	1.5	Z
		AIR/O <sub>2</sub>									40	46:50		
180	1:10	AIR									151	152:50	2	Z
		AIR/O <sub>2</sub>									45	51:50		
190	1:10	AIR									169	170:50	2	
		AIR/O <sub>2</sub>									50	56:50		
200	1:10	AIR									190	191:50	2	
		AIR/O <sub>2</sub>									54	60:50		
210	1:10	AIR									208	209:50	2.5	
		AIR/O <sub>2</sub>									58	64:50		
220	1:10	AIR									224	225:50	2.5	
		AIR/O <sub>2</sub>									62	68:50		
230	1:10	AIR									239	240:50	2.5	
		AIR/O <sub>2</sub>									66	77:50		
240	1:10	AIR									254	255:50	3	
		AIR/O <sub>2</sub>									69	80:50		
Exceptional Exposure: In-Water Air/O <sub>2</sub> Decompression ----- SurDO <sub>2</sub> Required -----														
270	1:10	AIR									313	314:50	3.5	
		AIR/O <sub>2</sub>									83	94:50		
300	1:10	AIR									380	381:50	3.5	
		AIR/O <sub>2</sub>									94	105:50		
330	1:10	AIR									432	433:50	4	
		AIR/O <sub>2</sub>									106	122:50		
Exceptional Exposure: SurDO <sub>2</sub> -----														
360	1:10	AIR									474	475:50	4.5	
		AIR/O <sub>2</sub>									118	134:50		

Table 9-9. Air Decompression Table (6)

(DESCENT RATE 75 FPM—ASCENT RATE 30 FPM)

Bottom Time (min)	Time to First Stop (M:S)	Gas Mix	DECOMPRESSION STOPS (FSW) Stop times (min) include travel time, except first air and first O <sub>2</sub> stop							Total Ascent Time (M:S)	Chamber O <sub>2</sub> Periods	Repet Group	
			100	90	80	70	60	50	40				30
<b>60 FSW</b>													
63	2:00	AIR								0	2:00	0	K
		AIR/O <sub>2</sub>								0	2:00		
65	1:20	AIR								2	4:00	0.5	L
		AIR/O <sub>2</sub>								1	3:00		
70	1:20	AIR								7	9:00	0.5	L
		AIR/O <sub>2</sub>								4	6:00		
80	1:20	AIR								14	16:00	0.5	N
		AIR/O <sub>2</sub>								7	9:00		
In-Water Air/O <sub>2</sub> Decompression or SurDO <sub>2</sub> Recommended -----													
90	1:20	AIR								23	25:00	0.5	O
		AIR/O <sub>2</sub>								10	12:00		
100	1:20	AIR								42	44:00	1	Z
		AIR/O <sub>2</sub>								15	17:00		
110	1:20	AIR								57	59:00	1	Z
		AIR/O <sub>2</sub>								21	23:00		
120	1:20	AIR								75	77:00	1	Z
		AIR/O <sub>2</sub>								26	28:00		
Exceptional Exposure: In-Water Air Decompression ----- In-Water Air/O <sub>2</sub> Decompression or SurDO <sub>2</sub> Required -----													
130	1:20	AIR								102	104:00	1.5	Z
		AIR/O <sub>2</sub>								31	33:00		
140	1:20	AIR								124	126:00	1.5	Z
		AIR/O <sub>2</sub>								35	37:00		
150	1:20	AIR								143	145:00	2	Z
		AIR/O <sub>2</sub>								41	48:00		
160	1:20	AIR								158	160:00	2	Z
		AIR/O <sub>2</sub>								48	55:00		
170	1:20	AIR								178	180:00	2	
		AIR/O <sub>2</sub>								53	60:00		
180	1:20	AIR								201	203:00	2.5	
		AIR/O <sub>2</sub>								59	66:00		
190	1:20	AIR								222	224:00	2.5	
		AIR/O <sub>2</sub>								64	71:00		
200	1:20	AIR								240	242:00	2.5	
		AIR/O <sub>2</sub>								68	80:00		
210	1:20	AIR								256	258:00	3	
		AIR/O <sub>2</sub>								73	85:00		
220	1:20	AIR								278	280:00	3	
		AIR/O <sub>2</sub>								77	89:00		
Exceptional Exposure: In-Water Air/O <sub>2</sub> Decompression ----- SurDO <sub>2</sub> Required-----													
230	1:20	AIR								300	302:00	3.5	
		AIR/O <sub>2</sub>								82	94:00		
240	1:20	AIR								321	323:00	3.5	
		AIR/O <sub>2</sub>								88	100:00		
270	1:20	AIR								398	400:00	4	
		AIR/O <sub>2</sub>								102	119:00		
Exceptional Exposure: SurDO <sub>2</sub> -----													
300	1:20	AIR								456	458:00	4.5	
		AIR/O <sub>2</sub>								115	132:00		

Table 9-9. Air Decompression Table (7)

(DESCENT RATE 75 FPM—ASCENT RATE 30 FPM)

Bottom Time (min)	Time to First Stop (M:S)	Gas Mix	DECOMPRESSION STOPS (FSW)								Total Ascent Time (M:S)	Chamber O <sub>2</sub> Periods	Repet Group		
			100	90	80	70	60	50	40	30				20	
<b>70 FSW</b>															
48	2:20	AIR									0	2:20	0	K	
		AIR/O <sub>2</sub>									0	2:20			
50	1:40	AIR									2	4:20	0.5	K	
		AIR/O <sub>2</sub>									1	3:20			
55	1:40	AIR									9	11:20	0.5	L	
		AIR/O <sub>2</sub>									5	7:20			
60	1:40	AIR									14	16:20	0.5	M	
		AIR/O <sub>2</sub>									8	10:20			
In-Water Air/O <sub>2</sub> Decompression or SurDO <sub>2</sub> Recommended -----															
70	1:40	AIR									24	26:20	0.5	N	
		AIR/O <sub>2</sub>									13	15:20			
80	1:40	AIR									44	46:20	1	O	
		AIR/O <sub>2</sub>									17	19:20			
90	1:40	AIR									64	66:20	1	Z	
		AIR/O <sub>2</sub>									24	26:20			
Exceptional Exposure: In-Water Air Decompression ----- In-Water Air/O <sub>2</sub> Decompression or SurDO <sub>2</sub> Required -----															
100	1:40	AIR									88	90:20	1.5	Z	
		AIR/O <sub>2</sub>									31	33:20			
110	1:40	AIR									120	122:20	1.5	Z	
		AIR/O <sub>2</sub>									38	45:20			
120	1:40	AIR									145	147:20	2	Z	
		AIR/O <sub>2</sub>									44	51:20			
130	1:40	AIR									167	169:20	2	Z	
		AIR/O <sub>2</sub>									51	58:20			
140	1:40	AIR									189	191:20	2.5		
		AIR/O <sub>2</sub>									59	66:20			
150	1:40	AIR									219	221:20	2.5		
		AIR/O <sub>2</sub>									66	78:20			
160	1:20	AIR									1	244	247:00	3	
		AIR/O <sub>2</sub>									1	72	85:00		
Exceptional Exposure: In-Water Air/O <sub>2</sub> Decompression ----- SurDO <sub>2</sub> Required-----															
170	1:20	AIR									2	265	269:00	3	
		AIR/O <sub>2</sub>									1	78	91:00		
180	1:20	AIR									4	289	295:00	3.5	
		AIR/O <sub>2</sub>									2	83	97:00		
190	1:20	AIR									5	316	323:00	3.5	
		AIR/O <sub>2</sub>									3	88	103:00		
200	1:20	AIR									9	345	356:00	4	
		AIR/O <sub>2</sub>									5	93	115:00		
210	1:20	AIR									13	378	393:00	4	
		AIR/O <sub>2</sub>									7	98	122:00		
Exceptional Exposure: SurDO <sub>2</sub> -----															
240	1:20	AIR									25	454	481:00	5	
		AIR/O <sub>2</sub>									13	110	140:00		

Table 9-9. Air Decompression Table (8)

(DESCENT RATE 75 FPM—ASCENT RATE 30 FPM)

Bottom Time (min)	Time to First Stop (M:S)	Gas Mix	DECOMPRESSION STOPS (FSW)								Total Ascent Time (M:S)	Chamber O <sub>2</sub> Periods	Repet Group		
			100	90	80	70	60	50	40	30				20	
<b>80 FSW</b>															
39	2:40	AIR									0	2:40	0	J	
		AIR/O <sub>2</sub>									0	2:40			
40	2:00	AIR									1	3:40	0.5	J	
		AIR/O <sub>2</sub>									1	3:40			
45	2:00	AIR									10	12:40	0.5	K	
		AIR/O <sub>2</sub>									5	7:40			
In-Water Air/O <sub>2</sub> Decompression or SurDO <sub>2</sub> Recommended -----															
50	2:00	AIR									17	19:40	0.5	M	
		AIR/O <sub>2</sub>									9	11:40			
55	2:00	AIR									24	26:40	0.5	M	
		AIR/O <sub>2</sub>									13	15:40			
60	2:00	AIR									30	32:40	1	N	
		AIR/O <sub>2</sub>									16	18:40			
70	2:00	AIR									54	56:40	1	O	
		AIR/O <sub>2</sub>									22	24:40			
80	2:00	AIR									77	79:40	1.5	Z	
		AIR/O <sub>2</sub>									30	32:40			
Exceptional Exposure: In-Water Air/O <sub>2</sub> Decompression ----- In-Water Air/O <sub>2</sub> Decompression or SurDO <sub>2</sub> Required -----															
90	2:00	AIR									114	116:40	1.5	Z	
		AIR/O <sub>2</sub>									39	46:40			
100	1:40	AIR									1	147	150:20	2	Z
		AIR/O <sub>2</sub>									1	46	54:20		
110	1:40	AIR									6	171	179:20	2	Z
		AIR/O <sub>2</sub>									3	51	61:20		
120	1:40	AIR									10	200	212:20	2.5	
		AIR/O <sub>2</sub>									5	59	71:20		
130	1:40	AIR									14	232	248:20	3	
		AIR/O <sub>2</sub>									7	67	86:20		
Exceptional Exposure: In-Water Air/O <sub>2</sub> Decompression ----- SurDO <sub>2</sub> Required-----															
140	1:40	AIR									17	258	277:20	3.5	
		AIR/O <sub>2</sub>									9	73	94:20		
150	1:40	AIR									19	285	306:20	3.5	
		AIR/O <sub>2</sub>									10	80	102:20		
160	1:40	AIR									21	318	341:20	4	
		AIR/O <sub>2</sub>									11	86	114:20		
170	1:40	AIR									27	354	383:20	4	
		AIR/O <sub>2</sub>									14	90	121:20		
Exceptional Exposure: SurDO <sub>2</sub> -----															
180	1:40	AIR									33	391	426:20	4.5	
		AIR/O <sub>2</sub>									17	96	130:20		
210	1:40	AIR									51	473	526:20	5	
		AIR/O <sub>2</sub>									26	110	158:20		

Table 9-9. Air Decompression Table (9)

(DESCENT RATE 75 FPM—ASCENT RATE 30 FPM)

Bottom Time (min)	Time to First Stop (M:S)	Gas Mix	DECOMPRESSION STOPS (FSW) Stop times (min) include travel time, except first air and first O <sub>2</sub> stop								Total Ascent Time (M:S)	Chamber O <sub>2</sub> Periods	Repet Group		
			100	90	80	70	60	50	40	30				20	
<b>90 FSW</b>															
33	3:00	AIR									0	3:00	0	J	
		AIR/O <sub>2</sub>									0	3:00			
35	2:20	AIR									4	7:00	0.5	J	
		AIR/O <sub>2</sub>									2	5:00			
40	2:20	AIR									14	17:00	0.5	L	
		AIR/O <sub>2</sub>									7	10:00			
In-Water Air/O <sub>2</sub> Decompression or SurDO <sub>2</sub> Recommended -----															
45	2:20	AIR									23	26:00	0.5	M	
		AIR/O <sub>2</sub>									12	15:00			
50	2:20	AIR									31	34:00	1	N	
		AIR/O <sub>2</sub>									17	20:00			
55	2:20	AIR									39	42:00	1	O	
		AIR/O <sub>2</sub>									21	24:00			
60	2:20	AIR									56	59:00	1	O	
		AIR/O <sub>2</sub>									24	27:00			
70	2:20	AIR									83	86:00	1.5	Z	
		AIR/O <sub>2</sub>									32	35:00			
Exceptional Exposure: In-Water Air Decompression ----- In-Water Air/O <sub>2</sub> Decompression or SurDO <sub>2</sub> Required -----															
80	2:00	AIR									5	125	132:40	2	Z
		AIR/O <sub>2</sub>									3	40	50:40		
90	2:00	AIR									13	158	173:40	2	Z
		AIR/O <sub>2</sub>									7	46	60:40		
100	2:00	AIR									19	185	206:40	2.5	
		AIR/O <sub>2</sub>									10	53	70:40		
110	2:00	AIR									25	224	251:40	3	
		AIR/O <sub>2</sub>									13	61	86:40		
Exceptional Exposure: In-Water Air/O <sub>2</sub> Decompression ----- SurDO <sub>2</sub> Required-----															
120	1:40	AIR									2	28	256	288:20	3.5
		AIR/O <sub>2</sub>									2	14	70	98:40	
130	1:40	AIR									5	28	291	326:20	3.5
		AIR/O <sub>2</sub>									5	14	79	110:40	
140	1:40	AIR									8	28	330	368:20	4
		AIR/O <sub>2</sub>									8	14	87	126:40	
Exceptional Exposure: SurDO <sub>2</sub> -----															
150	1:40	AIR									11	34	378	425:20	4.5
		AIR/O <sub>2</sub>									11	17	94	139:40	
160	1:40	AIR									13	40	418	473:20	4.5
		AIR/O <sub>2</sub>									13	20	101	151:40	
170	1:40	AIR									15	45	451	513:20	5
		AIR/O <sub>2</sub>									15	23	106	166:40	
180	1:40	AIR									16	51	479	548:20	5.5
		AIR/O <sub>2</sub>									16	26	112	176:40	
240	1:40	AIR									42	68	592	704:20	7.5
		AIR/O <sub>2</sub>									42	34	159	267:40	

Table 9-9. Air Decompression Table (10)

(DESCENT RATE 75 FPM—ASCENT RATE 30 FPM)

Bottom Time (min)	Time to First Stop (M:S)	Gas Mix	DECOMPRESSION STOPS (FSW) Stop times (min) include travel time, except first air and first O <sub>2</sub> stop								Total Ascent Time (M:S)	Chamber O <sub>2</sub> Periods	Repet Group			
			100	90	80	70	60	50	40	30				20		
<b>100 FSW</b>																
25	3:20	AIR									0	3:20	0	H		
		AIR/O <sub>2</sub>									0	3:20				
30	2:40	AIR									3	6:20	0.5	J		
		AIR/O <sub>2</sub>									2	5:20				
35	2:40	AIR									15	18:20	0.5	L		
		AIR/O <sub>2</sub>									8	11:20				
In-Water Air/O <sub>2</sub> Decompression or SurDO <sub>2</sub> Recommended -----																
40	2:40	AIR									26	29:20	1	M		
		AIR/O <sub>2</sub>									14	17:20				
45	2:40	AIR									36	39:20	1	N		
		AIR/O <sub>2</sub>									19	22:20				
50	2:40	AIR									47	50:20	1	O		
		AIR/O <sub>2</sub>									24	27:20				
55	2:40	AIR									65	68:20	1.5	Z		
		AIR/O <sub>2</sub>									28	31:20				
60	2:40	AIR									81	84:20	1.5	Z		
		AIR/O <sub>2</sub>									33	36:20				
Exceptional Exposure: In-Water Air/O <sub>2</sub> Decompression ----- In-Water Air/O <sub>2</sub> Decompression or SurDO <sub>2</sub> Required -----																
70	2:20	AIR									11	124	138:00	2	Z	
		AIR/O <sub>2</sub>									6	39	53:00			
80	2:20	AIR									21	160	184:00	2.5	Z	
		AIR/O <sub>2</sub>									11	45	64:00			
90	2:00	AIR									2	28	196	228:40	2.5	
		AIR/O <sub>2</sub>									2	14	53	82:00		
Exceptional Exposure: In-Water Air/O <sub>2</sub> Decompression ----- SurDO <sub>2</sub> Required-----																
100	2:00	AIR									9	28	241	280:40	3	
		AIR/O <sub>2</sub>									9	14	66	102:00		
110	2:00	AIR									14	28	278	322:40	3.5	
		AIR/O <sub>2</sub>									14	14	76	117:00		
120	2:00	AIR									19	28	324	373:40	4	
		AIR/O <sub>2</sub>									19	14	85	136:00		
Exceptional Exposure: SurDO <sub>2</sub> -----																
150	1:40	AIR									3	26	46	461	538:20	5
		AIR/O <sub>2</sub>									3	26	23	109	183:40	

Table 9-9. Air Decompression Table (11)

(DESCENT RATE 75 FPM—ASCENT RATE 30 FPM)

Bottom Time (min)	Time to First Stop (M:S)	Gas Mix	DECOMPRESSION STOPS (FSW) Stop times (min) include travel time, except first air and first O <sub>2</sub> stop								Total Ascent Time (M:S)	Chamber O <sub>2</sub> Periods	Repet Group				
			100	90	80	70	60	50	40	30				20			
<b>110 FSW</b>																	
20	3:40	AIR									0	3:40	0	H			
		AIR/O <sub>2</sub>									0	3:40					
25	3:00	AIR									5	8:40	0.5	I			
		AIR/O <sub>2</sub>									3	6:40					
30	3:00	AIR									14	17:40	0.5	K			
		AIR/O <sub>2</sub>									7	10:40					
In-Water Air/O <sub>2</sub> Decompression or SurDO <sub>2</sub> Recommended -----																	
35	3:00	AIR									27	30:40	1	M			
		AIR/O <sub>2</sub>									14	17:40					
40	3:00	AIR									39	42:40	1	N			
		AIR/O <sub>2</sub>									20	23:40					
45	3:00	AIR									50	53:40	1	O			
		AIR/O <sub>2</sub>									26	29:40					
50	3:00	AIR									71	74:40	1.5	Z			
		AIR/O <sub>2</sub>									32	35:40					
Exceptional Exposure: In-Water Air Decompression ----- In-Water Air/O <sub>2</sub> Decompression or SurDO <sub>2</sub> Required -----																	
55	2:40	AIR									5	85	93:20	1.5	Z		
		AIR/O <sub>2</sub>									3	33	44:20				
60	2:40	AIR									13	111	127:20	2	Z		
		AIR/O <sub>2</sub>									7	36	51:20				
70	2:40	AIR									26	155	184:20	2.5	Z		
		AIR/O <sub>2</sub>									14	42	64:20				
Exceptional Exposure: In-Water Air/O <sub>2</sub> Decompression ----- SurDO <sub>2</sub> Required-----																	
80	2:20	AIR									9	28	200	240:00	2.5		
		AIR/O <sub>2</sub>									9	14	54	90:20			
90	2:20	AIR									18	28	249	298:00	3.5		
		AIR/O <sub>2</sub>									18	14	68	113:20			
100	2:20	AIR									25	28	295	351:00	3.5		
		AIR/O <sub>2</sub>									25	14	79	131:20			
110	2:00	AIR									5	26	28	353	414:40	4	
		AIR/O <sub>2</sub>									5	26	14	91	154:00		
Exceptional Exposure: SurDO <sub>2</sub> -----																	
120	2:00	AIR									10	26	35	413	486:40	4.5	
		AIR/O <sub>2</sub>									10	26	18	101	173:00		
180	1:40	AIR									3	23	47	68	593	736:20	7.5
		AIR/O <sub>2</sub>									3	23	47	34	159	298:40	

Table 9-9. Air Decompression Table (12)

(DESCENT RATE 75 FPM—ASCENT RATE 30 FPM)

Bottom Time (min)	Time to First Stop (M:S)	Gas Mix	DECOMPRESSION STOPS (FSW) Stop times (min) include travel time, except first air and first O <sub>2</sub> stop								Total Ascent Time (M:S)	Chamber O <sub>2</sub> Periods	Repet Group	
			100	90	80	70	60	50	40	30				20
<b>120 FSW</b>														
15	4:00	AIR									0	4:00	0	F
		AIR/O <sub>2</sub>									0	4:00		
20	3:20	AIR									4	8:00	0.5	H
		AIR/O <sub>2</sub>									2	6:00		
25	3:20	AIR									9	13:00	0.5	J
		AIR/O <sub>2</sub>									5	9:00		
In-Water Air/O <sub>2</sub> Decompression or SurDO <sub>2</sub> Recommended -----														
30	3:20	AIR									24	28:00	0.5	L
		AIR/O <sub>2</sub>									13	17:00		
35	3:20	AIR									38	42:00	1	N
		AIR/O <sub>2</sub>									20	24:00		
40	3:00	AIR								2	49	54:40	1	O
		AIR/O <sub>2</sub>								1	26	30:40		
45	3:00	AIR								3	71	77:40	1.5	Z
		AIR/O <sub>2</sub>								2	31	36:40		
Exceptional Exposure: In-Water Air/O <sub>2</sub> Decompression ----- In-Water Air/O <sub>2</sub> Decompression or SurDO <sub>2</sub> Required -----														
50	3:00	AIR								10	85	98:40	1.5	Z
		AIR/O <sub>2</sub>								5	33	46:40		
55	3:00	AIR								19	116	138:40	2	Z
		AIR/O <sub>2</sub>								10	35	53:40		
60	3:00	AIR								27	142	172:40	2	Z
		AIR/O <sub>2</sub>								14	39	61:40		
70	2:40	AIR								13	28	190	234:20	2.5
		AIR/O <sub>2</sub>								13	14	51	86:40	
Exceptional Exposure: In-Water Air/O <sub>2</sub> Decompression ----- SurDO <sub>2</sub> Required-----														
80	2:40	AIR								24	28	246	301:20	3
		AIR/O <sub>2</sub>								24	14	67	118:40	
90	2:20	AIR							7	26	28	303	367:00	3.5
		AIR/O <sub>2</sub>							7	26	14	80	140:20	
100	2:20	AIR							15	25	28	372	443:00	4
		AIR/O <sub>2</sub>							15	25	14	95	167:20	
Exceptional Exposure: SurDO <sub>2</sub> -----														
110	2:20	AIR							21	25	38	433	520:00	5
		AIR/O <sub>2</sub>							21	25	19	105	188:20	
120	2:00	AIR						3	23	25	47	480	580:40	5.5
		AIR/O <sub>2</sub>						3	23	25	24	113	211:00	

Table 9-9. Air Decompression Table (13)

(DESCENT RATE 75 FPM—ASCENT RATE 30 FPM)

Bottom Time (min)	Time to First Stop (M:S)	Gas Mix	DECOMPRESSION STOPS (FSW) Stop times (min) include travel time, except first air and first O <sub>2</sub> stop								Total Ascent Time (M:S)	Chamber O <sub>2</sub> Periods	Repet Group				
			100	90	80	70	60	50	40	30				20			
<b>130 FSW</b>																	
12	4:20	AIR									0	4:20	0	F			
		AIR/O <sub>2</sub>									0	4:20					
15	3:40	AIR									3	7:20	0.5	G			
		AIR/O <sub>2</sub>									2	6:20					
20	3:40	AIR									8	12:20	0.5	I			
		AIR/O <sub>2</sub>									5	9:20					
In-Water Air/O <sub>2</sub> Decompression or SurDO <sub>2</sub> Recommended -----																	
25	3:40	AIR									17	21:20	0.5	K			
		AIR/O <sub>2</sub>									9	13:20					
30	3:20	AIR								2	32	38:00	1	M			
		AIR/O <sub>2</sub>								1	17	22:00					
35	3:20	AIR								5	44	53:00	1	O			
		AIR/O <sub>2</sub>								3	23	30:00					
40	3:20	AIR								6	66	76:00	1.5	Z			
		AIR/O <sub>2</sub>								3	30	37:00					
Exceptional Exposure: In-Water Air/O <sub>2</sub> Decompression ----- In-Water Air/O <sub>2</sub> Decompression or SurDO <sub>2</sub> Required -----																	
45	3:00	AIR								1	11	84	99:40	1.5	Z		
		AIR/O <sub>2</sub>								1	6	33	49:00				
50	3:00	AIR								2	20	118	143:40	2	Z		
		AIR/O <sub>2</sub>								2	10	36	57:00				
55	3:00	AIR								4	28	146	181:40	2	Z		
		AIR/O <sub>2</sub>								4	14	40	67:00				
60	3:00	AIR								12	28	170	213:40	2.5	Z		
		AIR/O <sub>2</sub>								12	14	46	81:00				
Exceptional Exposure: In-Water Air/O <sub>2</sub> Decompression ----- SurDO <sub>2</sub> Required -----																	
70	2:40	AIR								1	26	28	235	293:20	3		
		AIR/O <sub>2</sub>								1	26	14	63	117:40			
80	2:40	AIR								12	26	28	297	366:20	3.5		
		AIR/O <sub>2</sub>								12	26	14	79	144:40			
90	2:40	AIR								22	25	28	375	453:20	4		
		AIR/O <sub>2</sub>								22	25	14	95	174:40			
Exceptional Exposure: SurDO <sub>2</sub> -----																	
100	2:20	AIR								6	23	26	38	444	540:00	5	
		AIR/O <sub>2</sub>								6	23	26	20	106	204:20		
120	2:20	AIR								17	24	27	57	534	662:00	6	
		AIR/O <sub>2</sub>								17	24	27	29	130	255:20		
180	2:00	AIR								13	21	45	57	94	658	890:40	9
		AIR/O <sub>2</sub>								13	21	45	57	46	198	418:00	

Table 9-9. Air Decompression Table (14)

(DESCENT RATE 75 FPM—ASCENT RATE 30 FPM)

Bottom Time (min)	Time to First Stop (M:S)	Gas Mix	DECOMPRESSION STOPS (FSW) Stop times (min) include travel time, except first air and first O <sub>2</sub> stop								Total Ascent Time (M:S)	Chamber O <sub>2</sub> Periods	Repet Group					
			100	90	80	70	60	50	40	30				20				
<b>140 FSW</b>																		
10	4:40	AIR									0	4:40	0	E				
		AIR/O <sub>2</sub>									0	4:40						
15	4:00	AIR									5	9:40	0.5	H				
		AIR/O <sub>2</sub>									3	7:40						
20	4:00	AIR									13	17:40	0.5	J				
		AIR/O <sub>2</sub>									7	11:40						
In-Water Air/O <sub>2</sub> Decompression or SurDO <sub>2</sub> Recommended -----																		
25	3:40	AIR									3	24	31:20	1	L			
		AIR/O <sub>2</sub>									2	12	18:20					
30	3:40	AIR									7	37	48:20	1	N			
		AIR/O <sub>2</sub>									4	19	27:20					
35	3:20	AIR									2	7	58	71:00	1.5	O		
		AIR/O <sub>2</sub>									2	4	26	36:20				
Exceptional Exposure: In-Water Air Decompression ----- In-Water Air/O <sub>2</sub> Decompression or SurDO <sub>2</sub> Required -----																		
40	3:20	AIR									4	7	82	97:00	1.5	Z		
		AIR/O <sub>2</sub>									4	4	33	50:20				
45	3:20	AIR									5	18	114	141:00	2	Z		
		AIR/O <sub>2</sub>									5	9	36	59:20				
50	3:20	AIR									8	27	145	184:00	2	Z		
		AIR/O <sub>2</sub>									8	14	39	70:20				
55	3:00	AIR									1	15	29	171	219:40	2.5	Z	
		AIR/O <sub>2</sub>									1	15	15	45	85:00			
Exceptional Exposure: In-Water Air/O <sub>2</sub> Decompression ----- SurDO <sub>2</sub> Required -----																		
60	3:00	AIR									2	23	28	209	265:40	3		
		AIR/O <sub>2</sub>									2	23	14	56	109:00			
70	3:00	AIR									14	25	29	276	347:40	3.5		
		AIR/O <sub>2</sub>									14	25	15	74	142:00			
80	2:40	AIR									2	24	25	29	362	445:20	4	
		AIR/O <sub>2</sub>									2	24	25	15	91	175:40		
Exceptional Exposure: SurDO <sub>2</sub> -----																		
90	2:40	AIR									12	23	26	38	443	545:20	5	
		AIR/O <sub>2</sub>									12	23	26	19	107	210:40		

Table 9-9. Air Decompression Table (15)

(DESCENT RATE 75 FPM—ASCENT RATE 30 FPM)

Bottom Time (min)	Time to First Stop (M:S)	Gas Mix	DECOMPRESSION STOPS (FSW)								Total Ascent Time (M:S)	Chamber O <sub>2</sub> Periods	Repet Group					
			100	90	80	70	60	50	40	30				20				
<b>150 FSW</b>																		
8	5:00	AIR									0	5:00	0	E				
		AIR/O <sub>2</sub>									0	5:00						
10	4:20	AIR									2	7:00	0.5	F				
		AIR/O <sub>2</sub>									1	6:00						
15	4:20	AIR									8	13:00	0.5	H				
		AIR/O <sub>2</sub>									5	10:00						
In-Water Air/O <sub>2</sub> Decompression or SurDO <sub>2</sub> Recommended -----																		
20	4:00	AIR									2	15	21:40	0.5	K			
		AIR/O <sub>2</sub>									1	8	13:40					
25	4:00	AIR									7	29	40:40	1	M			
		AIR/O <sub>2</sub>									4	14	22:40					
30	3:40	AIR									4	7	45	60:20	1.5	O		
		AIR/O <sub>2</sub>									4	4	22	34:40				
Exceptional Exposure: In-Water Air Decompression ----- In-Water Air/O <sub>2</sub> Decompression or SurDO <sub>2</sub> Required -----																		
35	3:40	AIR									6	7	74	91:20	1.5	Z		
		AIR/O <sub>2</sub>									6	4	30	44:40				
40	3:20	AIR							2	6	14	106	132:00	2	Z			
		AIR/O <sub>2</sub>							2	6	7	35	59:20					
45	3:20	AIR							3	8	24	142	181:00	2	Z			
		AIR/O <sub>2</sub>							3	8	12	40	72:20					
50	3:20	AIR							4	14	28	170	220:00	2.5	Z			
		AIR/O <sub>2</sub>							4	14	14	46	87:20					
Exceptional Exposure: In-Water Air/O <sub>2</sub> Decompression ----- SurDO <sub>2</sub> Required-----																		
55	3:20	AIR							7	21	28	212	272:00	3				
		AIR/O <sub>2</sub>							7	21	14	57	113:20					
60	3:20	AIR							11	26	28	248	317:00	3				
		AIR/O <sub>2</sub>							11	26	14	67	132:20					
70	3:00	AIR						3	24	25	28	330	413:40	4				
		AIR/O <sub>2</sub>						3	24	25	14	85	170:00					
Exceptional Exposure: SurDO <sub>2</sub> -----																		
80	3:00	AIR							15	23	26	35	430	532:40	4.5			
		AIR/O <sub>2</sub>							15	23	26	18	104	205:00				
90	2:40	AIR						3	22	23	26	47	496	620:20	5.5			
		AIR/O <sub>2</sub>						3	22	23	26	24	118	239:40				
120	2:20	AIR						3	20	22	23	50	75	608	804:00	8		
		AIR/O <sub>2</sub>						3	20	22	23	50	37	168	356:20			
180	2:00	AIR						2	19	20	42	48	79	121	694	1027:40	10.5	
		AIR/O <sub>2</sub>						2	19	20	42	48	79	58	222	538:00		

Table 9-9. Air Decompression Table (16)

(DESCENT RATE 75 FPM—ASCENT RATE 30 FPM)

Bottom Time (min)	Time to First Stop (M:S)	Gas Mix	DECOMPRESSION STOPS (FSW) Stop times (min) include travel time, except first air and first O <sub>2</sub> stop								Total Ascent Time (M:S)	Chamber O <sub>2</sub> Periods	Repet Group					
			100	90	80	70	60	50	40	30				20				
<b>160 FSW</b>																		
7	5:20	AIR									0	5:20	0	E				
		AIR/O <sub>2</sub>									0	5:20						
10	4:40	AIR									4	9:20	0.5	F				
		AIR/O <sub>2</sub>									2	7:20						
15	4:20	AIR									2	10	17:00	0.5	I			
		AIR/O <sub>2</sub>									1	6	12:00					
In-Water Air/O <sub>2</sub> Decompression or SurDO <sub>2</sub> Recommended -----																		
20	4:00	AIR									1	4	19	28:40	0.5	L		
		AIR/O <sub>2</sub>									1	2	10	18:00				
25	4:00	AIR									4	7	35	50:40	1	N		
		AIR/O <sub>2</sub>									4	4	17	30:00				
30	3:40	AIR									2	6	7	62	81:20	1.5	Z	
		AIR/O <sub>2</sub>									2	6	4	26	42:40			
Exceptional Exposure: In-Water Air Decompression ----- In-Water Air/O <sub>2</sub> Decompression or SurDO <sub>2</sub> Required -----																		
35	3:40	AIR									4	6	8	89	111:20	1.5	Z	
		AIR/O <sub>2</sub>									4	6	4	34	57:40			
40	3:40	AIR									6	6	21	134	171:20	2	Z	
		AIR/O <sub>2</sub>									6	6	11	38	70:40			
45	3:20	AIR									2	5	11	28	166	216:00	2.5	Z
		AIR/O <sub>2</sub>									2	5	11	14	45	86:20		
Exceptional Exposure: In-Water Air/O <sub>2</sub> Decompression ----- SurDO <sub>2</sub> Required -----																		
50	3:20	AIR									2	8	19	28	207	268:00	3	
		AIR/O <sub>2</sub>									2	8	19	15	55	113:20		
55	3:20	AIR									3	11	26	28	248	320:00	3	
		AIR/O <sub>2</sub>									3	11	26	14	67	135:20		
60	3:20	AIR									6	17	25	29	291	372:00	3.5	
		AIR/O <sub>2</sub>									6	17	25	15	77	154:20		
Exceptional Exposure: SurDO <sub>2</sub> -----																		
70	3:20	AIR									15	23	26	29	399	496:00	4.5	
		AIR/O <sub>2</sub>									15	23	26	15	99	197:20		
80	3:00	AIR									6	21	24	25	44	482	605:40	5.5
		AIR/O <sub>2</sub>									6	21	24	25	23	114	237:00	

Table 9-9. Air Decompression Table (17)

(DESCENT RATE 75 FPM—ASCENT RATE 30 FPM)

Bottom Time (min)	Time to First Stop (M:S)	Gas Mix	DECOMPRESSION STOPS (FSW) Stop times (min) include travel time, except first air and first O <sub>2</sub> stop							Total Ascent Time (M:S)	Chamber O <sub>2</sub> Periods	Repet Group								
			100	90	80	70	60	50	40				30	20						
<b>170 FSW</b>																				
6	5:40	AIR								0	5:40	0	D							
		AIR/O <sub>2</sub>								0	5:40									
10	5:00	AIR								6	11:40	0.5	G							
		AIR/O <sub>2</sub>								3	8:40									
In-Water Air/O <sub>2</sub> Decompression or SurDO <sub>2</sub> Recommended -----																				
15	4:40	AIR								3	13	21:20	0.5	J						
		AIR/O <sub>2</sub>								2	6	13:20								
20	4:20	AIR								3	6	24	38:00	1	M					
		AIR/O <sub>2</sub>								3	3	12	23:20							
25	4:00	AIR								1	7	7	41	60:40	1	O				
		AIR/O <sub>2</sub>								1	7	4	20	37:00						
Exceptional Exposure: In-Water Air Decompression ----- In-Water Air/O <sub>2</sub> Decompression or SurDO <sub>2</sub> Required -----																				
30	4:00	AIR								5	7	7	77	100:40	1.5	Z				
		AIR/O <sub>2</sub>								5	7	3	30	50:00						
35	3:40	AIR								2	6	6	15	120	153:20	2	Z			
		AIR/O <sub>2</sub>								2	6	6	8	37	68:40					
40	3:40	AIR								4	6	9	25	158	206:20	2.5	Z			
		AIR/O <sub>2</sub>								4	6	9	12	44	84:40					
Exceptional Exposure: In-Water Air/O <sub>2</sub> Decompression ----- SurDO <sub>2</sub> Required-----																				
45	3:40	AIR								5	7	16	28	197	257:20	2.5	Z			
		AIR/O <sub>2</sub>								5	7	16	14	53	109:40					
50	3:20	AIR								1	5	11	23	28	244	316:00	3			
		AIR/O <sub>2</sub>								1	5	11	23	14	66	134:20				
55	3:20	AIR								2	7	16	26	28	289	372:00	3.5			
		AIR/O <sub>2</sub>								2	7	16	26	14	77	156:20				
60	3:20	AIR								2	11	21	26	28	344	436:00	4			
		AIR/O <sub>2</sub>								2	11	21	26	14	88	181:20				
Exceptional Exposure: SurDO <sub>2</sub> -----																				
70	3:20	AIR								7	19	24	25	39	454	572:00	5			
		AIR/O <sub>2</sub>								7	19	24	25	20	109	228:20				
80	3:20	AIR								17	22	23	26	53	525	670:00	6			
		AIR/O <sub>2</sub>								17	22	23	26	27	128	267:20				
90	3:00	AIR								8	19	22	23	37	66	574	752:40	7		
		AIR/O <sub>2</sub>								8	19	22	23	37	33	148	319:00			
120	2:40	AIR								9	19	20	22	42	60	94	659	928:20	9	
		AIR/O <sub>2</sub>								9	19	20	22	42	60	46	198	454:40		
180	2:20	AIR	10	18	19	40	43	70	97	156	703	1159:00	11.5							
		AIR/O <sub>2</sub>	10	18	19	40	43	70	97	74	229	648:00								

Table 9-9. Air Decompression Table (18)

(DESCENT RATE 75 FPM—ASCENT RATE 30 FPM)

Bottom Time (min)	Time to First Stop (M:S)	Gas Mix	DECOMPRESSION STOPS (FSW) Stop times (min) include travel time, except first air and first O <sub>2</sub> stop								Total Ascent Time (M:S)	Chamber O <sub>2</sub> Periods	Repet Group			
			100	90	80	70	60	50	40	30				20		
<b>180 FSW</b>																
6	6:00	AIR									0	6:00	0	E		
		AIR/O <sub>2</sub>									0	6:00				
10	5:20	AIR									8	14:00	0.5	G		
		AIR/O <sub>2</sub>									4	10:00				
In-Water Air/O <sub>2</sub> Decompression or SurDO <sub>2</sub> Recommended -----																
15	4:40	AIR							2	3	14	24:20	0.5	K		
		AIR/O <sub>2</sub>							2	2	7	16:40				
20	4:20	AIR							1	5	7	29	47:00	1	M	
		AIR/O <sub>2</sub>							1	5	3	15	29:20			
25	4:20	AIR							5	6	7	57	80:00	1.5	O	
		AIR/O <sub>2</sub>							5	6	4	24	44:20			
Exceptional Exposure: In-Water Air Decompression ----- In-Water Air/O <sub>2</sub> Decompression or SurDO <sub>2</sub> Required -----																
30	4:00	AIR							3	6	6	7	95	121:40	1.5	Z
		AIR/O <sub>2</sub>							3	6	6	4	34	63:00		
35	3:40	AIR				1	5	6	6	6	22	144	188:20	2	Z	
		AIR/O <sub>2</sub>				1	5	6	6	11	41	41	79:40			
Exceptional Exposure: In-Water Air/O <sub>2</sub> Decompression ----- SurDO <sub>2</sub> Required-----																
40	3:40	AIR				2	6	5	13	28	178	236:20	2.5			
		AIR/O <sub>2</sub>				2	6	5	13	14	48	97:40				
45	3:40	AIR				4	5	10	20	28	235	306:20	3			
		AIR/O <sub>2</sub>				4	5	10	20	14	63	130:40				
50	3:40	AIR				4	8	13	25	29	277	360:20	3.5			
		AIR/O <sub>2</sub>				4	8	13	25	15	75	154:40				
55	3:40	AIR				5	11	19	26	28	336	429:20	4			
		AIR/O <sub>2</sub>				5	11	19	26	14	87	181:40				
Exceptional Exposure: SurDO <sub>2</sub> -----																
60	3:20	AIR				1	8	13	23	25	31	406	511:00	4.5		
		AIR/O <sub>2</sub>				1	8	13	23	25	16	100	205:20			
70	3:20	AIR				4	12	21	24	25	48	499	637:00	5.5		
		AIR/O <sub>2</sub>				4	12	21	24	25	24	119	253:20			

Table 9-9. Air Decompression Table (19)

(DESCENT RATE 75 FPM—ASCENT RATE 30 FPM)

Bottom Time (min)	Time to First Stop (M:S)	Gas Mix	DECOMPRESSION STOPS (FSW) Stop times (min) include travel time, except first air and first O <sub>2</sub> stop								Total Ascent Time (M:S)	Chamber O <sub>2</sub> Periods	Repet Group						
			100	90	80	70	60	50	40	30				20					
<b>190 FSW</b>																			
5	6:20	AIR									0	6:20	0	D					
		AIR/O <sub>2</sub>									0	6:20							
10	5:20	AIR									2	8	16:00	0.5	H				
		AIR/O <sub>2</sub>									1	4	11:00						
In-Water Air/O <sub>2</sub> Decompression or SurDO <sub>2</sub> Recommended -----																			
15	4:40	AIR							1	3	3	16	28:20	0.5	K				
		AIR/O <sub>2</sub>							1	3	2	8	19:40						
20	4:20	AIR							1	2	6	7	34	55:00	1	N			
		AIR/O <sub>2</sub>							1	2	6	4	17	35:20					
Exceptional Exposure: In-Water Air Decompression ----- In-Water Air/O <sub>2</sub> Decompression or SurDO <sub>2</sub> Required -----																			
25	4:20	AIR							2	6	7	7	72	99:00	1.5	Z			
		AIR/O <sub>2</sub>							2	6	7	3	28	51:20					
30	4:00	AIR							1	6	5	7	13	122	158:40	2	Z		
		AIR/O <sub>2</sub>							1	6	5	7	7	38	74:00				
Exceptional Exposure: In-Water Air/O <sub>2</sub> Decompression ----- SurDO <sub>2</sub> Required-----																			
35	4:00	AIR							4	5	6	8	26	165	218:40	2.5	Z		
		AIR/O <sub>2</sub>							4	5	6	8	13	45	91:00				
40	3:40	AIR							1	5	5	8	17	28	217	285:20	3		
		AIR/O <sub>2</sub>							1	5	5	8	17	15	58	123:40			
45	3:40	AIR							2	5	6	12	24	29	264	346:20	3.5		
		AIR/O <sub>2</sub>							2	5	6	12	24	15	71	149:40			
50	3:40	AIR							3	5	10	17	26	28	324	417:20	4		
		AIR/O <sub>2</sub>							3	5	10	17	26	14	85	179:40			
Exceptional Exposure: SurDO <sub>2</sub> -----																			
55	3:40	AIR							4	8	10	24	25	30	397	502:20	4.5		
		AIR/O <sub>2</sub>							4	8	10	24	25	15	99	204:40			
60	3:40	AIR							5	10	16	24	25	40	454	578:20	5		
		AIR/O <sub>2</sub>							5	10	16	24	25	20	109	233:40			
90	3:20	AIR							11	19	20	21	28	51	83	626	863:00	8.5	
		AIR/O <sub>2</sub>							11	19	20	21	28	51	41	178	408:20		
120	3:00	AIR	15	17	19	20	37	46	79	113	691	1040:40	10.5						
		AIR/O <sub>2</sub>	15	17	19	20	37	46	79	55	219	551:00							

Table 9-9. Air Decompression Table (20)

(DESCENT RATE 75 FPM—ASCENT RATE 30 FPM)

Bottom Time (min)	Time to First Stop (M:S)	Gas Mix	DECOMPRESSION STOPS (FSW)								Total Ascent Time (M:S)	Chamber O <sub>2</sub> Periods	Repet Group			
			100	90	80	70	60	50	40	30				20		
<b>200 FSW</b>																
Exceptional Exposure -----																
5	6:40	AIR									0	6:40	0	E		
		AIR/O <sub>2</sub>									0	6:40				
10	5:40	AIR								3	8	17:20	0.5	H		
		AIR/O <sub>2</sub>								2	4	12:20				
15	5:00	AIR							2	3	5	19	34:40	0.5	L	
		AIR/O <sub>2</sub>							2	3	3	9	23:00			
20	4:40	AIR							2	4	6	7	43	67:20	1	O
		AIR/O <sub>2</sub>							2	4	6	4	20	41:40		
25	4:20	AIR				1	5	6	6	7	85	115:00	1.5	Z		
		AIR/O <sub>2</sub>				1	5	6	6	4	32	64:20				
30	4:20	AIR				4	6	5	7	19	145	191:00	2	Z		
		AIR/O <sub>2</sub>				4	6	5	7	10	42	84:20				
35	4:00	AIR			2	5	5	6	13	28	188	251:40	2.5			
		AIR/O <sub>2</sub>			2	5	5	6	13	14	51	106:00				
40	4:00	AIR			4	5	5	11	21	28	249	327:40	3.5			
		AIR/O <sub>2</sub>			4	5	5	11	21	14	68	143:00				
45	3:40	AIR		1	4	5	10	14	25	28	306	397:20	3.5			
		AIR/O <sub>2</sub>		1	4	5	10	14	25	14	81	168:40				
50	3:40	AIR		2	4	8	10	21	26	28	382	485:20	4.5			
		AIR/O <sub>2</sub>		2	4	8	10	21	26	14	97	201:40				
<b>210 FSW</b>																
Exceptional Exposure -----																
4	7:00	AIR									0	7:00	0	D		
		AIR/O <sub>2</sub>									0	7:00				
5	6:20	AIR									2	9:00	0.5	E		
		AIR/O <sub>2</sub>									1	8:00				
10	5:40	AIR								2	3	9	20:20	0.5	I	
		AIR/O <sub>2</sub>								2	2	4	14:40			
15	5:00	AIR					1	3	3	6	24	42:40	1	M		
		AIR/O <sub>2</sub>					1	3	3	3	12	28:00				
20	4:40	AIR				1	3	5	6	7	57	84:20	1	O		
		AIR/O <sub>2</sub>				1	3	5	6	4	23	47:40				
25	4:40	AIR				3	6	5	7	8	110	144:20	2	Z		
		AIR/O <sub>2</sub>				3	6	5	7	4	38	73:40				
30	4:20	AIR			2	5	6	6	6	26	163	219:00	2.5	Z		
		AIR/O <sub>2</sub>			2	5	6	6	6	13	45	93:20				
35	4:00	AIR		1	4	5	6	7	18	28	223	296:40	3			
		AIR/O <sub>2</sub>		1	4	5	6	7	18	14	60	130:00				
40	4:00	AIR		2	5	5	7	11	26	28	278	366:40	3.5			
		AIR/O <sub>2</sub>		2	5	5	7	11	26	14	76	161:00				
45	4:00	AIR		4	4	6	11	18	26	28	355	456:40	4			
		AIR/O <sub>2</sub>		4	4	6	11	18	26	14	91	194:00				
50	3:40	AIR		1	4	5	10	12	23	26	36	432	553:20	5		
		AIR/O <sub>2</sub>		1	4	5	10	12	23	26	18	105	223:40			

Table 9-9. Air Decompression Table (21)

(DESCENT RATE 75 FPM—ASCENT RATE 30 FPM)

Bottom Time (min)	Time to First Stop (M:S)	Gas Mix	DECOMPRESSION STOPS (FSW) Stop times (min) include travel time, except first air and first O <sub>2</sub> stop											Total Ascent Time (M:S)	Chamber O <sub>2</sub> Periods	Repet Group		
			130	120	110	100	90	80	70	60	50	40	30				20	
<b>220 FSW</b>																		
Exceptional Exposure -----																		
4	7:20	AIR													0	7:20	0	E
		AIR/O <sub>2</sub>													0	7:20		
5	6:40	AIR													3	10:20	0.5	E
		AIR/O <sub>2</sub>													2	9:20		
10	6:00	AIR											3	4	10	23:40	0.5	J
		AIR/O <sub>2</sub>											3	2	5	17:00		
15	5:20	AIR								3	2	4	7	28	50:00	1	N	
		AIR/O <sub>2</sub>								3	2	4	4	14	33:20			
20	5:00	AIR							2	4	6	6	7	70	100:40	1.5	Z	
		AIR/O <sub>2</sub>							2	4	6	6	4	26	54:00			
25	4:40	AIR						1	5	6	6	6	14	133	176:20	2	Z	
		AIR/O <sub>2</sub>						1	5	6	6	6	7	41	82:40			
30	4:20	AIR					1	4	5	6	6	10	28	183	248:00	2.5		
		AIR/O <sub>2</sub>					1	4	5	6	6	10	14	50	106:20			
35	4:20	AIR					3	5	5	5	10	22	28	251	334:00	3.5		
		AIR/O <sub>2</sub>					3	5	5	5	10	22	14	68	147:20			
40	4:00	AIR				1	4	5	5	9	15	26	28	319	416:40	4		
		AIR/O <sub>2</sub>				1	4	5	5	9	15	26	14	84	183:00			
<b>250 FSW</b>																		
Exceptional Exposure -----																		
4	7:40	AIR													4	12:20	0.5	F
		AIR/O <sub>2</sub>													2	10:20		
5	7:40	AIR													7	15:20	0.5	G
		AIR/O <sub>2</sub>													4	12:20		
10	6:20	AIR								2	2	4	3	15	33:00	0.5	L	
		AIR/O <sub>2</sub>								2	2	4	2	7	24:20			
15	5:40	AIR						2	2	3	4	6	7	53	83:20	1	O	
		AIR/O <sub>2</sub>						2	2	3	4	6	4	22	49:40			
20	5:20	AIR					2	2	4	6	6	6	11	125	168:00	2	Z	
		AIR/O <sub>2</sub>					2	2	4	6	6	6	6	39	82:20			
25	5:00	AIR				1	4	4	5	6	6	10	28	189	258:40	2.5		
		AIR/O <sub>2</sub>				1	4	4	5	6	6	10	14	51	112:00			
30	4:40	AIR				1	4	4	4	5	6	9	25	28	267	358:20	3.5	
		AIR/O <sub>2</sub>				1	4	4	4	5	6	9	25	15	72	160:40		
35	4:40	AIR				3	4	4	5	5	10	19	26	28	363	472:20	4	
		AIR/O <sub>2</sub>				3	4	4	5	5	10	19	26	14	93	203:40		

Table 9-9. Air Decompression Table (22)

Bottom Time (min)	Time to First Stop (M:S)	Gas Mix	DECOMPRESSION STOPS (FSW) Stop times (min) include travel time, except first air and first O <sub>2</sub> stop											Total Ascent Time (M:S)	Chamber O <sub>2</sub> Periods	Repet Group			
			130	120	110	100	90	80	70	60	50	40	30				20		
<b>300 FSW</b>																			
Exceptional Exposure -----																			
4	9:00	AIR												3	7	19:40	0.5	G	
		AIR/O <sub>2</sub>												2	4	15:40			
5	8:40	AIR												3	3	8	23:20	0.5	I
		AIR/O <sub>2</sub>												3	2	4	18:40		
10	7:20	AIR					2	3	2	3	4	7	35	64:00	1	N			
		AIR/O <sub>2</sub>					2	3	2	3	4	4	18	44:20					
15	6:20	AIR			1	2	2	3	3	5	6	7	11	125	172:00	2	Z		
		AIR/O <sub>2</sub>			1	2	2	3	3	5	6	7	6	39	86:20				
20	6:00	AIR		2	2	2	4	5	5	5	6	16	28	219	300:40	3			
		AIR/O <sub>2</sub>		2	2	2	4	5	5	5	6	16	14	59	137:00				
25	5:40	AIR	1	3	4	4	4	5	5	5	18	26	28	324	433:20	4			
		AIR/O <sub>2</sub>	1	3	4	4	4	5	5	5	18	26	14	85	195:40				

## 添付資料 2. カナダの水上減圧表 (DCIEM 水上減圧表)

DCIEM Diving Manual, DCIEM No. 86-R-35, 1992

### 5. SURFACE DECOMPRESSION WITH OXYGEN (TABLE 3)

水上減圧法では、減圧の大部分が水上の減圧室 (RCC) で行われるため、水中での曝露時間を大幅に短縮することができる。水深 30 fsw (9 msw) の停止が終了するまで、標準空気の場合と同様な減圧を行う。したがって、水深 30 fsw (9 msw) までの減圧停止は、標準空気減圧表と同じである。水深 30fsw (9msw) での減圧停止が完了したら、ダイバーは直接水面まで浮上し、その後 RCC で水深 40fsw (12msw) まで再加圧され、O<sub>2</sub> による減圧要件を完了させる。O<sub>2</sub> を 30 分間使用するたびに、5 分間のエアブレイクを行う。

表 3 に、酸素による水面減圧法 (SurD O<sub>2</sub>) の減圧表を示す。SurD O<sub>2</sub> 減圧表は、図 1 に示す例外的な曝露範囲の限界まで有人実験で検証されている。SurD O<sub>2</sub> は、長時間の減圧を必要とするすべての空気潜水で推奨される方法であり、例外的な曝露潜水の際に推奨される唯一の方法である。

SurD O<sub>2</sub> の運用手順は以下の通り。

- a. 停止時間には、水深 30 fsw (9 msw) 停止点までの浮上時間が含まれ、浮上速度は  $60 \pm 10$  fsw / min ( $18 \pm 3$ msw / min) とする。
- b.  $60 \pm 10$  fsw /分 ( $18 \pm 3$ msw /分) で水面まで浮上し、RCC で O<sub>2</sub> を呼吸しながら 40 fsw (12 msw) にまで再圧する。水面インターバルは、水深 30 fsw (9 msw) の水中停止 (または水中停止が必要ない場合は海底) を離れてから水深 40 fsw (12 msw) の RCC での停止点に達するまでの時間である。この時間は 7 分を超えてはならない。
- c. O<sub>2</sub> で 30 分ごとに 5 分間のエアブレイクを行いながら減圧表に示された停止時間の間、40 fsw (12 msw) に留まる (表の O<sub>2</sub> 停止時間に続く「\*」はエアブレイクの回数を示す)。
- d. 減圧終了時の呼吸ガス (酸素または空気) を使用したまま水面 (大気圧) まで浮上 (減圧) する (減圧時間欄には 1 分が目安として含まれている)。

Table 3. Surface Decompression with Oxygen (1)

Depth (msw)	Bottom Time (min)	Stop Times (min) at Different Depths (msw)						Surface Interval	RCC O <sub>2</sub>	Decom. Time (min)	Repet. Group
		In-Water Stops									
		Air									
		24	21	18	15	12	9				
<b>18</b>	50	-	-	-	-	-	-	Time from leaving the 9 msw stop (or the bottom, if no in-water stop is required) to reaching the 12 msw Chamber stop must not exceed 7 minutes.	-	1	F
	70	-	-	-	-	-	-		10	18	H
	80	-	-	-	-	-	-		16	24	H
	90	-	-	-	-	-	-		20	28	I
	100	-	-	-	-	-	-		24	32	J
	110	-	-	-	-	-	-		28	36	K
	120	-	-	-	-	-	-		30	38	K
	130	-	-	-	-	-	-		32*	45	
	140	-	-	-	-	-	-		38*	51	
	150	-	-	-	-	-	-		42*	55	
	160	-	-	-	-	-	-		46*	59	
	170	-	-	-	-	-	-		50*	65	
	180	-	-	-	-	-	-		54*	68	
	190	-	-	-	-	-	-		57*	70	
	200	-	-	-	-	-	-		60*	73	
	210	-	-	-	-	-	-		63**	81	
220	-	-	-	-	-	-	69**	87			
230	-	-	-	-	-	-	73**	92			
240	-	-	-	-	-	-	77**	95			

Note: asterisk (\*) indicates number of 5 minute air breaks required.

Table 3. Surface Decompression with Oxygen (2)

Depth (msw)	Bottom Time (min)	Stop Times (min) at Different Depths (msw)						Surface Interval	RCC O <sub>2</sub> 12	Decom. Time (min)	Repet. Group
		In-Water Stops									
		Air									
		24	21	18	15	12	9				
21	35	-	-	-	-	-	-	-	-	1	E
	50	-	-	-	-	-	-	-	6	14	H
	60	-	-	-	-	-	-	-	15	23	H
	70	-	-	-	-	-	-	-	21	29	I
	80	-	-	-	-	-	-	-	26	34	J
	90	-	-	-	-	-	-	-	30	38	K
	100	-	-	-	-	-	-	-	34*	47	K
	110	-	-	-	-	-	-	-	40*	53	
	120	-	-	-	-	-	-	-	45*	58	
	130	-	-	-	-	-	-	-	50*	63	
	140	-	-	-	-	-	-	-	55*	68	
	150	-	-	-	-	-	-	-	59*	72	
	160	-	-	-	-	-	-	-	63**	81	
	170	-	-	-	-	-	-	-	71**	89	
	180	-	-	-	-	-	-	-	76**	94	
190	-	-	-	-	-	-	-	81**	99		
200	-	-	-	-	-	-	1	85**	104		

Time from leaving the 9 msw stop (or the bottom, if no in-water stop is required) to reaching the 12 msw Chamber stop must not exceed 7 minutes.

Note: asterisk (\*) indicates number of 5 minute air breaks required.

Table 3. Surface Decompression with Oxygen (3)

Depth (msw)	Bottom Time (min)	Stop Times (min) at Different Depths (msw)						Surface Interval	RCC O <sub>2</sub>	Decom. Time (min)	Repet. Group
		In-Water Stops									
		Air									
		24	21	18	15	12	9				
<b>24</b>	25	-	-	-	-	-	-		-	2	E
	45	-	-	-	-	-	-		12	20	H
	50	-	-	-	-	-	-		17	25	H
	55	-	-	-	-	-	-		21	29	H
	60	-	-	-	-	-	-		24	32	I
	70	-	-	-	-	-	-		30	38	J
	80	-	-	-	-	-	-		35*	48	K
	90	-	-	-	-	-	-		42*	55	
	100	-	-	-	-	-	2		47*	62	
	110	-	-	-	-	-	2		53*	68	
	120	-	-	-	-	-	3		58*	74	
	130	-	-	-	-	-	4		62**	84	
	140	-	-	-	-	-	4		72**	94	
150	-	-	-	-	-	5		78**	101		
160	-	-	-	-	-	5		84**	107		

Time from leaving the 9 msw stop (or the bottom, if no in-water stop is required) to reaching the 12 msw Chamber stop must not exceed 7 minutes.

Note: asterisk (\*) indicates number of 5 minute air breaks required.

Table 3. Surface Decompression with Oxygen (4)

Depth (msw)	Bottom Time (min)	Stop Times (min) at Different Depths (msw)						Surface Interval	RCC O <sub>2</sub>	Decom. Time (min)	Repet. Group
		In-Water Stops									
		Air									
		24	21	18	15	12	9				
<b>27</b>	20	-	-	-	-	-	-	-	2	D	
	35	-	-	-	-	-	-	8	16	G	
	40	-	-	-	-	-	-	16	24	G	
	45	-	-	-	-	-	-	21	29	H	
	50	-	-	-	-	-	-	25	33	H	
	55	-	-	-	-	-	1	28	37	I	
	60	-	-	-	-	-	2	30*	45	J	
	70	-	-	-	-	-	3	37*	53		
	80	-	-	-	-	-	4	45*	62		
	90	-	-	-	-	-	5	52*	70		
	100	-	-	-	-	-	6	58*	77		
	110	-	-	-	-	-	7	65**	90		
120	-	-	-	-	-	8	74**	100			
<b>30</b>	15	-	-	-	-	-	-	-	2	D	
	30	-	-	-	-	-	-	8	16	G	
	35	-	-	-	-	-	-	17	25	G	
	40	-	-	-	-	-	2	22	32	H	
	45	-	-	-	-	-	3	27	38	I	
	50	-	-	-	-	-	4	30	42	I	
	55	-	-	-	-	-	5	31*	49	J	
	60	-	-	-	-	-	6	37*	56		
	70	-	-	-	-	-	7	46*	66		
	80	-	-	-	-	-	8	54*	75		
	90	-	-	-	-	2	8	60*	83		
	100	-	-	-	-	3	8	72**	101		
110	-	-	-	-	4	8	81**	111			

Time from leaving the 9 msw stop (or the bottom, if no in-water stop is required) to reaching the 12 msw Chamber stop must not exceed 7 minutes.

Note: asterisk (\*) indicates number of 5 minute air breaks required.

Table 3. Surface Decompression with Oxygen (5)

Depth (msw)	Bottom Time (min)	Stop Times (min) at Different Depths (msw)						Surface Interval	RCC O <sub>2</sub>	Decom. Time (min)	Repet. Group
		In-Water Stops									
		Air									
		24	21	18	15	12	9				
<b>33</b>	12	-	-	-	-	-	-		-	2	C
	25	-	-	-	-	-	-		7	15	G
	30	-	-	-	-	-	2		16	28	G
	35	-	-	-	-	-	3		22	33	H
	40	-	-	-	-	-	5		27	40	I
	45	-	-	-	-	-	6		30*	49	J
	50	-	-	-	-	-	7		35*	55	K
	55	-	-	-	-	-	8		40*	61	K
	60	-	-	-	-	2	7		45*	67	
	65	-	-	-	-	3	7		50*	73	
	70	-	-	-	-	4	7		54*	78	
	75	-	-	-	-	4	8		59*	84	
	80	-	-	-	-	5	8		60**	91	
	85	-	-	-	-	5	9		69**	101	
	90	-	-	-	-	6	9		75**	108	
95	-	-	-	-	6	9		80**	113		
100	-	-	-	-	7	9		85**	119		
105	-	-	-	-	7	12		89**	126		
110	-	-	-	-	8	15		93***	139		

Time from leaving the 9 msw stop (or the bottom, if no in-water stop is required) to reaching the 12 msw Chamber stop must not exceed 7 minutes.

Note: asterisk (\*) indicates number of 5 minute air breaks required.

Table 3. Surface Decompression with Oxygen (6)

Depth (msw)	Bottom Time (min)	Stop Times (min) at Different Depths (msw)						Surface Interval	RCC O <sub>2</sub> 12	Decom. Time (min)	Repet. Group
		In-Water Stops									
		Air									
		24	21	18	15	12	9				
<b>36</b>	10	-	-	-	-	-	-	-	-	2	C
	20	-	-	-	-	-	-	-	7	15	F
	25	-	-	-	-	-	-	2	13	23	G
	30	-	-	-	-	-	-	4	21	33	G
	35	-	-	-	-	-	-	6	27	41	H
	40	-	-	-	-	-	-	8	30*	51	I
	45	-	-	-	-	-	3	6	36*	58	J
	50	-	-	-	-	-	4	7	42*	66	K
	55	-	-	-	-	-	5	7	48*	73	
	60	-	-	-	-	-	6	7	53*	79	
	65	-	-	-	-	-	6	8	58*	85	
	70	-	-	-	-	-	7	8	60**	93	
	75	-	-	-	-	-	8	8	70**	104	
	80	-	-	-	-	2	6	9	76**	111	
	85	-	-	-	-	3	6	10	82**	119	
	90	-	-	-	-	3	7	13	87**	128	
95	-	-	-	-	4	6	16	90**	134		
100	-	-	-	-	4	7	19	100***	153		

Time from leaving the 9 msw stop (or the bottom, if no in-water stop is required) to reaching the 12 msw Chamber stop must not exceed 7 minutes.

Note: asterisk (\*) indicates number of 5 minute air breaks required.

Table 3. Surface Decompression with Oxygen (7)

Depth (msw)	Bottom Time (min)	Stop Times (min) at Different Depths (msw)						Surface Interval	RCC O <sub>2</sub> 12	Decom. Time (min)	Repet. Group
		In-Water Stops									
		Air									
		24	21	18	15	12	9				
<b>39</b>	8	-	-	-	-	-	-	Time from leaving the 9 msw stop (or the bottom, if no in-water stop is required) to reaching the 12 msw Chamber stop must not exceed 7 minutes.	-	2	B
	20	-	-	-	-	-	-		8	16	G
	25	-	-	-	-	-	5		18	31	G
	30	-	-	-	-	-	7		26	41	H
	35	-	-	-	-	3	6		30*	52	I
	40	-	-	-	-	4	7		36*	60	J
	45	-	-	-	-	6	7		43*	69	K
	50	-	-	-	-	7	7		49*	76	
	55	-	-	-	2	6	8		54*	83	
	60	-	-	-	3	6	8		60*	90	
	65	-	-	-	4	6	8		67**	103	
	70	-	-	-	4	7	9		75**	113	
	75	-	-	-	5	6	11		81**	121	
	80	-	-	-	5	7	14		87**	131	
85	-	-	-	6	7	17	90***	143			
90	-	-	-	6	8	20	101***	158			

Note: asterisk (\*) indicates number of 5 minute air breaks required.

Table 3. Surface Decompression with Oxygen (8)

Depth (msw)	Bottom Time (min)	Stop Times (min) at Different Depths (msw)						Surface Interval	RCC O <sub>2</sub>	Decom. Time (min)	Repet. Group
		In-Water Stops									
		Air									
		24	21	18	15	12	9				
42	7	-	-	-	-	-	-	-	3	B	
	15	-	-	-	-	-	-	7	15	F	
	20	-	-	-	-	-	4	12	24	G	
	25	-	-	-	-	-	7	23	38	H	
	30	-	-	-	-	4	6	30	48	I	
	35	-	-	-	-	5	7	34*	59	J	
	40	-	-	-	-	7	7	42*	69	K	
	45	-	-	-	3	5	8	49*	78	M	
	50	-	-	-	4	6	8	55*	86		
	55	-	-	-	5	6	8	60**	97		
	60	-	-	-	6	6	9	70**	109		
	65	-	-	-	6	7	10	78**	119		
	70	-	-	-	7	7	14	84**	130		
	75	-	-	3	5	7	18	90**	141		
80	-	-	3	6	7	21	100***	160			
85	-	-	4	5	8	25	107***	172			
90	-	-	4	6	8	28	113***	182			

Time from leaving the 9 msw stop (or the bottom, if no in-water stop is required) to reaching the 12 msw Chamber stop must not exceed 7 minutes.

Note: asterisk (\*) indicates number of 5 minute air breaks required.

Table 3. Surface Decompression with Oxygen (9)

Depth (msw)	Bottom Time (min)	Stop Times (min) at Different Depths (msw)						Surface Interval	RCC O <sub>2</sub>	Decom. Time (min)	Repet. Group
		In-Water Stops									
		Air									
		24	21	18	15	12	9				
45	7	-	-	-	-	-	-	-	3	B	
	15	-	-	-	-	-	-	8	16	G	
	20	-	-	-	-	-	6	17	31	G	
	25	-	-	-	-	4	5	27	44	H	
	30	-	-	-	-	6	6	30*	55	I	
	35	-	-	-	3	5	7	40*	68	K	
	40	-	-	-	4	6	7	48*	78	M	
	45	-	-	-	5	6	8	55*	87		
	50	-	-	-	6	7	8	60**	99		
	55	-	-	3	5	6	9	72**	113		
	60	-	-	3	5	7	12	80**	125		
	65	-	-	4	5	8	16	87**	138		
	70	-	-	5	5	8	20	95***	156		
	75	-	-	5	6	8	24	105***	171		
80	-	-	6	6	8	28	111***	182			
48	6	-	-	-	-	-	-	-	3	B	
	15	-	-	-	-	-	4	7	19	G	
	20	-	-	-	-	-	8	21	37	G	
	25	-	-	-	-	6	6	30	50	I	
	30	-	-	-	3	5	7	37*	65	J	
	35	-	-	-	5	5	8	46*	77	L	
	40	-	-	-	6	6	8	54*	87		
	45	-	-	3	5	6	9	60*	96		
	50	-	-	4	5	7	9	72**	115		
	55	-	-	5	5	7	13	81**	129		
	60	-	-	6	5	8	17	88**	142		
	65	-	-	7	5	8	22	99***	164		
	70	-	3	4	6	8	26	108***	178		

Time from leaving the 9 msw stop (or the bottom, if no in-water stop is required) to reaching the 12 msw Chamber stop must not exceed 7 minutes.

Note: asterisk (\*) indicates number of 5 minute air breaks required.

Table 3. Surface Decompression with Oxygen (10)

Depth (msw)	Bottom Time (min)	Stop Times (min) at Different Depths (msw)						Surface Interval	RCC O <sub>2</sub>	Decom. Time (min)	Repet. Group
		In-Water Stops									
		Air									
		24	21	18	15	12	9				
<b>51</b>	6	-	-	-	-	-	-	-	3	B	
	10	-	-	-	-	-	-	6	14	D	
	15	-	-	-	-	-	5	11	24	G	
	20	-	-	-	-	5	5	25	43	H	
	25	-	-	-	3	5	6	30*	57	J	
	30	-	-	-	5	5	7	42*	72	K	
	35	-	-	3	4	6	8	51*	85	M	
	40	-	-	4	5	6	8	60*	96		
	45	-	-	5	5	7	9	70**	114		
	50	-	-	6	6	7	13	80**	130		
	55	-	3	4	6	7	18	89**	145		
	60	-	4	4	6	8	23	101***	169		
65	-	5	4	6	9	27	110***	184			
70	-	5	5	6	12	30	117***	198			
<b>54</b>	5	-	-	-	-	-	-	-	3	B	
	10	-	-	-	-	-	-	7	15	E	
	15	-	-	-	-	-	7	15	30	G	
	20	-	-	-	-	6	6	28	48	H	
	25	-	-	-	5	5	7	36*	66	J	
	30	-	-	3	4	6	7	47*	80	M	
	35	-	-	5	4	6	8	56*	92		
	40	-	-	6	5	7	9	66**	111		
	45	-	4	4	5	7	13	78**	129		
	50	-	4	5	5	8	18	88**	146		
	55	-	5	5	6	8	23	101***	171		
	60	-	6	5	6	9	28	110***	187		

Time from leaving the 9 msw stop (or the bottom, if no in-water stop is required) to reaching the 12 msw Chamber stop must not exceed 7 minutes.

Note: asterisk (\*) indicates number of 5 minute air breaks required.

Table 3. Surface Decompression with Oxygen (11)

Depth (msw)	Bottom Time (min)	Stop Times (min) at Different Depths (msw)								Surface Interval	RCC O <sub>2</sub> 12	Decom. Time (min)
		In-Water Stops										
		Air										
		30	27	24	21	18	15	12	9			
57	5	-	-	-	-	-	-	-	-	Time from leaving the 9 msw stop (or the bottom, if no in-water stop is required) to reaching the 12 msw Chamber stop must not exceed 7 minutes.	-	3
	10	-	-	-	-	-	-	-	-		8	16
	15	-	-	-	-	-	-	4	5		19	36
	20	-	-	-	-	-	4	4	6		30	54
	25	-	-	-	-	-	7	5	7		41*	73
	30	-	-	-	-	5	4	6	8		52*	88
	35	-	-	-	3	4	5	6	9		60*	100
	40	-	-	-	4	4	5	7	11		75**	124
	45	-	-	-	5	5	5	8	17		85**	143
	50	-	-	3	3	5	6	8	22		99***	169
55	-	-	4	3	5	7	9	27	110***	188		
60	5	-	-	-	-	-	-	-	-	-	4	
	10	-	-	-	-	-	-	-	-	9	17	
	15	-	-	-	-	-	-	5	6	22	41	
	20	-	-	-	-	-	5	5	6	31*	60	
	25	-	-	-	-	5	4	5	7	45*	79	
	30	-	-	-	3	4	4	6	9	56*	95	
	35	-	-	-	5	4	5	6	10	69**	117	
	40	-	-	-	6	4	6	7	15	82**	138	
	45	-	-	4	3	5	6	8	21	92***	162	
50	-	-	5	4	4	7	9	27	108***	187		
63	10	-	-	-	-	-	-	-	5	7	20	
	15	-	-	-	-	-	-	7	6	25	46	
	20	-	-	-	-	-	7	5	7	36*	68	
	25	-	-	-	-	6	4	6	8	49*	86	
	30	-	-	-	5	4	4	7	8	60*	101	
	35	-	-	3	3	4	6	7	12	76**	129	
	40	-	-	4	4	4	6	8	19	88**	151	
	45	-	-	5	4	5	6	9	25	105***	182	
50	-	3	3	4	6	6	13	29	116***	203		

Note: asterisk (\*) indicates number of 5 minute air breaks required.

Table 3. Surface Decompression with Oxygen (12)

Depth (msw)	Bottom Time (min)	Stop Times (min) at Different Depths (msw)									Surface Interval	RCC O <sub>2</sub>	Decom. Time (min)	
		In-Water Stops								12				
		Air												
		30	27	24	21	18	15	12	9					
66	10	-	-	-	-	-	-	-	7	Time from leaving the 9 msw stop to reaching the 12 msw Chamber stop must not exceed 7 minutes.	7	22		
	15	-	-	-	-	-	4	5	5		28	50		
	20	-	-	-	-	5	4	5	7		40*	74		
	25	-	-	-	4	4	4	6	8		54*	93		
	30	-	-	3	3	4	5	7	9		68**	117		
	35	-	-	5	3	4	6	7	16		83**	142		
	40	-	3	3	4	4	7	8	23		99***	174		
	45	-	4	3	4	5	7	11	28		112***	197		
69	10	-	-	-	-	-	-	-	8	11	27			
	15	-	-	-	-	-	6	4	6	30	54			
	20	-	-	-	-	6	4	6	7	44*	80			
	25	-	-	-	6	3	5	6	9	58*	100			
	30	-	-	5	3	4	5	7	12	75**	129			
	35	-	3	3	4	4	6	8	19	89**	154			
	40	-	5	3	4	5	6	9	27	107***	189			
72	10	-	-	-	-	-	-	4	5	14	31			
	15	-	-	-	-	-	7	5	6	30*	61			
	20	-	-	-	4	4	4	5	8	48*	86			
	25	-	-	4	3	4	5	6	9	60**	109			
	30	-	-	6	3	5	5	8	15	80**	140			
	35	-	5	3	4	4	6	9	23	98***	175			
	40	3	3	3	4	6	6	13	28	114***	203			

Note: asterisk (\*) indicates number of 5 minute air breaks required.

添付資料 3. 英国の水上減圧表（英海軍水上減圧表）

MINISTRY OF DEFENCE (NAVY) B.R. 2806 Diving Manual 1972

Section 4: Surface Decompression（水上減圧法）

#### 5401. 導入

1. 水上減圧は、ダイバーが水中減圧停止を行う必要があるものの、水中で行うことが望ましくないか実施不可能である場合に用いられる。
2. 水上減圧法はスピードが不可欠であり、「実戦」を試みる前に徹底的な訓練が必要である。
3. 水上減圧法の実施に必要な条件は、第 2373 条に示されている。

#### 5402. ダイバーの浮上と収容

1. オペレーションの進行は以下の通り。

浮上

- a. ダイバーは以下の指示を受ける：

『浮上せよ、水面減圧、最初の停止は加圧チャンバー』。または、電話が使用できない場合、ベルを 4 回引いた後、さらに 2 回引いて合図する。

- b. ダイバーは、1mあたり 3 秒の速度で水面まで浮上する。

収容

2. 監督者 1 名とチャンバーオペレータ 1 名の最小チームとして規定されているが（第 2373 条）、必要な機器を取り外し、ダイバーが安全に見合った最短時間でチャンバーに入ることができるようにするためには、十分な人員が必要であり、通常はより多くの人員が必要となる。
3. 余裕がある場合は、1 人の係員がチャンバーに入ってダイバーを支援し、減圧中もダイバーとともに留まらなければならない。
4. ダイバーができるだけ急速に再圧されることが、最も重要である。ダイバーが海底を離れ、BR2806 に示すチャンバーで必要な圧力まで加圧されるまでの時間は、5 分を超えてはならない。

#### 5411. 水上減圧方法

1. チャンバーはダイバーが中に入ると同時に閉じられ、『チャンバー深度』まで加圧される。ここで、表 14 及び 15 の第 1 停止によって示されるように、ダイバーは 5 分間そこに留まる。
2. これらの 2 つの表は表 11 と 13 のバージョンであり、チャンバー深度（最初の予想される停止を超える深度 9m で）で 5 分間留まった後、10 分間追加した時間での停止に従って減圧することが必要であることに注意する。
3. 36m 以深の潜水では、表 15 に示した停止を用いて、酸素の使用が好ましい。



Table 15. Surface Decompression – Air-Oxygen Stops (2)

(1) DEPTH NOT EXCEEDING (metres)	(2) DURATION TIME LEAVING SURFACE TO BEGINNING OF ASCENT NOT EXCEEDING (min.)	STOPPAGES AT DIFFERENT DEPTHS (min.)										(5) TOTAL DURATION OF PERIOD OF OXYGEN BREATHING (min.)	(6) TOTAL TIME FOR CHAMBER DECOMPRESSION (min.)	
		(3) BREATHING AIR					(4) BREATHING OXYGEN							
		33 m	30 m	27 m	24 m	21 m	18 m	15 m	12 m	9 m	6 m			3 m
51	10	—	—	5	—	—	1	2	2	3	6	7	21	26
	15	—	—	5	—	—	1	3	3	4	7	8	26	31
	20	—	—	5	—	—	2	4	4	6	8	10	34	39
	25	—	—	5	—	—	3	5	6	7	10	13	44	49
	Limiting Line													
	30	—	5	—	—	1	4	5	6	9	11	14	49	55
	35	—	5	—	—	1	4	6	7	10	13	15	54	60
	40	—	5	—	—	1	4	6	7	10	15	17	59	65
	45	—	5	—	—	1	5	7	7	11	16	20	66	72
	50	—	5	—	—	2	6	7	9	12	18	22	74	81
57	—	5	—	—	3	7	9	11	17	24	30	98	106	
54	10	—	—	5	—	—	2	2	2	3	6	7	22	27
	15	—	5	—	—	1	2	2	3	4	7	10	28	34
	20	—	5	—	—	1	3	3	4	6	9	12	38	44
	Limiting Line													
	25	—	5	—	—	1	5	5	6	8	11	13	48	54
	30	—	5	—	—	2	5	6	6	9	12	14	51	58
	35	—	5	—	—	2	5	6	7	10	14	16	58	65
	40	—	5	—	—	2	6	7	7	11	16	17	64	71
	45	5	—	—	1	2	6	8	9	12	17	21	73	81
	50	5	—	—	2	2	7	7	9	14	18	25	80	89
57	10	—	5	—	—	1	2	2	2	3	7	7	23	29
	15	—	5	—	—	1	2	3	3	4	7	11	30	36
	20	—	5	—	—	2	3	4	4	6	9	15	41	48
	Limiting Line													
	25	—	5	—	—	2	5	5	6	8	12	15	51	58
	30	—	5	—	—	3	5	5	7	9	14	16	56	64
	35	—	5	—	—	3	6	6	7	10	16	18	63	71
	40	—	5	—	—	4	6	8	7	11	18	19	69	78
	45	5	—	—	—	4	6	8	8	14	18	24	78	87
	50	5	—	—	2	3	7	8	9	16	19	28	88	98
60	10	—	5	—	—	1	2	2	3	3	7	8	25	31
	Limiting Line													
	15	—	5	—	—	2	2	3	4	5	8	10	32	39
	20	5	—	—	—	2	4	4	6	7	11	12	44	52
	25	5	—	—	1	3	5	6	7	8	14	15	55	64
	30	5	—	—	—	3	5	6	8	9	15	17	60	70
	35	5	—	—	—	2	3	6	7	9	11	16	69	79
	40	5	—	—	—	2	4	7	8	9	13	17	76	87
	45	5	—	—	—	2	5	7	8	10	15	20	86	98
	50	5	—	—	—	2	5	7	8	11	16	24	95	107

#### 添付資料 4. ドイツの水上減圧表

##### Barufsgenossenschaft der Bauwirtschaft BVG C23 Taucherarbeiten 2012

##### § 26. Arbeiten mit besonderen Erschwernissen (非常減圧)

- (1) 附則 1 の浮上表の待機時間規定からの逸脱は、潜水作業員にさしせまった危険を避けるためにどうしても必要な場合にのみ許される。こういうケースではたとえまだ減圧による病状が現れていなくてもその潜水作業員を常圧で酸素吸入させて即座に最寄りの治療施設に搬送しなければならない。
- (2) 潜水場に潜水事故の際の応急手当を習得した人員が待機しており、すでに稼働準備ができた潜水作業員圧力室がある場合、第 1 項の 2 からは逸脱して・まだ減圧による病状が現れていない限り・以下の場合、第 3 項による非常減圧が許される。
  - その潜水行程のための浮上の総時間が 35 分を超えず、
  - 浮上速度が 10 m/分を超えておらず、そして
  - 9 m (を含む) までの待機段階における待機時間が守られていた。
- (3) 潜水作業現場指揮者は非常減圧を行なう際に次の要求が守られるよう配慮しなければならない：
  1. 復圧は 1.2 バール超圧= 12 m WS (水柱メートル) でなければならない。
  2. 浮上開始から潜水作業員圧力室において潜水作業員を復元圧力まで復圧するまでの時間は、附則 1 の第 4 表に挙げる以上の時間をかけてはならない。
  3. 潜水作業員は酸素を吸入して附則 1 の第 4 表に従って減圧力に留めおかなければならない。そして
  4. それに続く減圧は附則 1 の第 4 表に従って浮上速度 2 m/分で行なわなければならない。
- (4) 企業は非常減圧の後、潜水作業員に次回の潜水行程の前に医師による検査を受けさせ、所定の潜水休暇が守られるよう配慮しなければならない。

#### 7 非常減圧表

非常減圧には健康上のリスクが伴うので、非常の場合にのみにしか許可されない。この事故予防規定の § 26 の規定を参照のこと。

**Tabelle 4:** Not-Dekompression (1)

Tauchzeit (min)	Aufstieg bis zur ersten Austauschstufe (min:sec)	Haltezeiten während des Austauschans auf den Austauschstufen (min)						Gesamtzeit der Dekompression (min:sec)
		Druck im Wasser			Druck an der Oberfläche	Druck in der Kammer		
		Luft 15 m	Luft 12 m	Luft 9 m		Zeitraum < als (min)	Sauerstoff 12 m	

**Tauchtiefe 12 m**

180	1:00	-	-	-	3	10	6	20:00
210	1:00	-	-	-	3	10	6	20:00
240	1:00	-	-	-	3	10	6	20:00
270	1:00	-	-	-	3	20	6	30:00
300	1:00	-	-	-	3	25	6	35:00
330	1:00	-	-	-	3	25	6	35:00
360	1:00	-	-	-	3	30	6	40:00

**Tauchtiefe 15 m**

90	1:15	-	-	-	3	10	6	20:15
100	1:15	-	-	-	3	10	6	20:15
110	1:15	-	-	-	3	10	6	20:15
120	1:15	-	-	-	3	10	6	20:15
130	1:15	-	-	-	3	10	6	20:15
140	1:15	-	-	-	3	15	6	25:15
150	1:15	-	-	-	3	20	6	30:15
180	1:15	-	-	-	3	25	6	35:15

**Tauchtiefe 18 m**

60	1:30	-	-	-	3	10	6	20:30
70	1:30	-	-	-	3	10	6	20:30
80	1:30	-	-	-	3	10	6	20:30
90	1:30	-	-	-	3	15	6	25:30
100	1:30	-	-	-	3	20	6	30:30
110	1:30	-	-	-	3	25	6	35:30
120	1:30	-	-	-	3	25	6	35:30
130	1:30	-	-	-	3	30	6	40:30
140	1:30	-	-	-	3	40	6	50:30
150	1:30	-	-	-	3	40	6	50:30

**Tabelle 4:** Not-Dekompression (2)

Tauchzeit (min)	Aufstieg bis zur ersten Austauchstufe (min:sec)	Haltezeiten während des Austauschans auf den Austauchstufen (min)						Gesamtzeit der Dekompression (min:sec)
		Druck im Wasser			Druck an der Ober- fläche	Druck in der Kammer		
		Luft 15 m	Luft 12 m	Luft 9 m		Zeitraum als (min)	Sauerstoff 12 m	

**Tauchtiefe 21 m**

40	1:45	-	-	-	3	10	6	20:45
45	1:45	-	-	-	3	10	6	20:45
50	1:45	-	-	-	3	10	6	20:45
60	1:45	-	-	-	3	10	6	20:45
70	1:45	-	-	-	3	15	6	25:45
80	1:45	-	-	-	3	20	6	30:45
90	1:45	-	-	-	3	25	6	35:45
100	1:45	-	-	-	3	35	6	45:45
110	1:45	-	-	-	3	40	6	50:45
120	1:45	-	-	-	3	45	6	55:45

**Tauchtiefe 24 m**

30	2:00	-	-	-	3	10	6	21:00
35	2:00	-	-	-	3	10	6	21:00
40	2:00	-	-	-	3	10	6	21:00
45	2:00	-	-	-	3	10	6	21:00
50	2:00	-	-	-	3	10	6	21:00
60	2:00	-	-	-	3	15	6	26:00
70	2:00	-	-	-	3	25	6	36:00
80	2:00	-	-	-	3	35	6	46:00
90	2:00	-	-	-	3	40	6	51:00

**Tauchtiefe 27 m**

25	2:15	-	-	-	3	10	6	21:15
30	2:15	-	-	-	3	10	6	21:15
35	2:15	-	-	-	3	10	6	21:15
40	2:15	-	-	-	3	10	6	21:15
45	2:15	-	-	-	3	15	6	26:15
50	2:15	-	-	-	3	20	6	31:15
60	2:15	-	-	-	3	30	6	41:15
70	1:30	-	-	3	3	40	6	53:30

**Tabelle 4:** Not-Dekompression (3)

Tauchzeit (min)	Aufstieg bis zur ersten Austauschstufe (min:sec)	Haltezeiten während des Austauschans auf den Austauschstufen (min)						Gesamtzeit der Dekompression (min:sec)
		Druck im Wasser			Druck an der Oberfläche	Druck in der Kammer		
		Luft 15 m	Luft 12 m	Luft 9 m	Zeitraum < als (min)	Sauerstoff 12 m	Sauerstoff 12-0 m	

**Tauchtiefe 30 m**

20	2:30	-	-	-	3	10	6	21:30
25	2:30	-	-	-	3	10	6	21:30
30	2:30	-	-	-	3	10	6	21:30
35	2:30	-	-	-	3	15	6	26:30
40	2:30	-	-	-	3	20	6	31:30
45	2:30	-	-	-	3	20	6	31:30
50	2:30	-	-	-	3	25	6	36:30
60	1:45	-	-	3	3	40	6	53:45

**Tauchtiefe 33 m**

15	2:45	-	-	-	3	10	6	21:45
20	2:45	-	-	-	3	10	6	21:45
25	2:45	-	-	-	3	10	6	21:45
30	2:45	-	-	-	3	15	6	26:45
35	2:45	-	-	-	3	20	6	31:45
40	2:45	-	-	-	3	25	6	36:45
45	2:00	-	-	3	3	30	6	44:45
50	2:00	-	-	5	3	35	6	51:00
60	2:00	-	-	10	3	45	6	66:00

**Tauchtiefe 36 m**

15	3:00	-	-	-	3	10	6	22:00
20	3:00	-	-	-	3	10	6	22:00
25	3:00	-	-	-	3	15	6	27:00
30	3:00	-	-	-	3	20	6	32:00
35	2:15	-	-	3	3	25	6	39:15
40	2:15	-	-	3	3	30	6	44:15
45	2:10	-	-	5	3	35	6	51:15
50	2:00	-	3	7	3	40	6	61:15

**Tabelle 4:** Not-Dekompression (4)

Tauchzeit (min)	Aufstieg bis zur ersten Austauschstufe (min:sec)	Haltezeiten während des Austauschans auf den Austauschstufen (min)						Gesamtzeit der Dekompression (min:sec)
		Druck im Wasser			Druck an der Oberfläche	Druck in der Kammer		
		Luft 15 m	Luft 12 m	Luft 9 m	Zeitraum < als (min)	Sauerstoff 12 m	Sauerstoff 12-0 m	

**Tauchtiefe 39 m**

10	3:15	-	-	-	3	10	6	22:15
15	3:15	-	-	-	3	10	6	22:15
20	3:15	-	-	-	3	10	6	22:15
25	3:15	-	-	-	3	15	6	27:15
30	2:30	-	-	3	3	25	6	39:30
35	2:30	-	-	5	3	30	6	46:30
40	2:15	-	3	7	3	35	6	56:15

**Tauchtiefe 42 m**

10	3:30	-	-	-	3	10	6	22:30
15	3:30	-	-	-	3	10	6	22:30
20	3:30	-	-	-	3	15	6	27:30
25	2:45	-	-	3	3	25	6	39:45
30	2:45	-	-	5	3	30	6	46:45
35	2:30	-	3	7	3	35	6	56:30
40	2:30	-	3	10	3	40	6	64:30

**Tauchtiefe 45 m**

10	3:45	-	-	-	3	10	6	22:45
15	3:45	-	-	-	3	10	6	22:45
20	3:00	-	-	3	3	15	6	30:00
25	3:00	-	-	3	3	25	6	40:00
30	3:15	-	3	5	3	30	6	50:15

**Tauchtiefe 48 m**

10	4:00	-	-	-	3	10	6	23:00
15	4:00	-	-	-	3	10	6	23:00
20	3:15	-	-	3	3	20	6	35:15
25	3:15	-	-	5	3	25	6	42:15
30	3:00	-	3	7	3	35	6	57:00

**Tabelle 4:** Not-Dekompression (5)

Tauchzeit (min)	Aufstieg bis zur ersten Austauchstufe (min:sec)	Haltezeiten während des Austauschans auf den Austauchstufen (min)						Gesamtzeit der Dekompression (min:sec)
		Druck im Wasser			Druck an der Ober- fläche	Druck in der Kammer		
		Luft 15 m	Luft 12 m	Luft 9 m		Zeitraum < als (min)	Sauerstoff 12 m	

**Tauchtiefe 51 m**

10	4:15	-	-	-	3	10	6	23:15
15	3:30	-	-	3	3	15	6	30:30
20	3:30	-	-	5	3	25	6	42:30
25	3:15	-	3	5	3	30	6	50:15
30	3:15	-	5	7	3	40	6	64:15

## 添付資料 5. フランスの水上減圧表

### TRAVAUX EN MILIEU HYPERBARE 1992

#### 7 TABLES DE DECOMPRESSION DE SURFACE (水上減圧表)

##### 7.1 - 減圧方法

水上減圧方法は、水中減圧方法が潜水士にとって特に危険な場合に限り使用可能である（オイル、潮流、温度、軍用火薬の存在など）。

この手順では、潜水士が水中から出ると同時に再圧手段を使用できるようにしておくことが求められる（水上でのインターバルは可能な限り短くすべきであり、例えば水深 9mでの減圧停止の終了からドライ状態における 1,200hPa（1.2bar）での再圧までに要するインターバルが 4 分を上回ってはならない）。この時間中には大きな身体的負荷がかからないようにする必要がある。再圧室に入ると同時に、潜水士は炭酸を含まない水を十分な量飲まなければならない。

再圧は純酸素吸入下で行うものとし、酸素の使用に際しての注意事項を漏れなく考慮しなければならない。

##### 7.2 - ボトムガス

空気またはナイトロックス。

##### 7.3 - 潜水方法

- スキューバダイビング
- 送気式潜水
- ベル潜水

##### 7.4 - 水上減圧表

深度 12～51 メートルの初回短時間潜水のための減圧表一式。繰り返し潜水を禁ずる。また水上減圧を伴う潜水後のインターバルは、12 時間以上とする。海拔 300 メートルを超える場所での水上減圧法の使用を禁ずる。

##### 7.5 - 特殊手順

- ・ 予定された滞底時間の超過
  - 以下の表に示す時間、もしくは特殊手順実施のためにキープしておいた減圧表上の残り時間を使用する。
  - または標準空気減圧表を使用する（水中減圧）。
  - または「空気／酸素／6 m」減圧表を使用する（水中減圧）。
  - または「空気／酸素／12 m」減圧表を使用する（ドライタイプのベル潜水のみ）。
- ・ 潜水条件が悪い場合
  - 一段階上回る滞底時間を選択する。
- ・ 水面インターバルを超過した場合：

- 水面インターバルが 4～5 分の場合、表上で一段階上回る滞底時間を使用する。
- 水面インターバルが 5 分を超えた場合には減圧時間が省略されたものとみなし、I 型減圧症に対処するため所定の緊急再圧を実施する（付属資料 VI）。
- ・再圧室における酸素供給の中断  
標準空気減圧表を用いて、同じ潜水深度での空気減圧を継続する。この深度に対し利用可能な表の最長時間を選択する。

TABLEAU No 6  
TABLES AIR/DECOMPRESSION DE SURFACE

Profondeur 12 metres

Temps au fond min	Remontée au palier min:sec	Dans l'eau			Inter Surf inf. à	En caisson		Total décomp. min:sec	Intervalle après plongée
		Air 15m	Air 12m	Air 9m		Oxy 12m	Oxy 12-0		
180	1:00	-	-	-	3	10	6	20:00	12h00
210	1:00	-	-	-	3	10	6	20:00	12h00
240	1:00	-	-	-	3	10	6	20:00	12h00
270	1:00	-	-	-	3	20	6	30:00	12h00
300	1:00	-	-	-	3	25	6	35:00	12h00
330	1:00	-	-	-	3	25	6	35:00	12h00
360	1:00	-	-	-	3	30	6	40:00	12h00

Profondeur 12 metres

Temps au fond min	Remontée au palier min:sec	Dans l'eau			Inter Surf inf. à	En caisson		Total décomp. min:sec	Intervalle après plongée
		Air 15m	Air 12m	Air 9m		Oxy 12m	Oxy 12-0		
90	1:15	-	-	-	3	10	6	20:15	12h00
100	1:15	-	-	-	3	10	6	20:15	12h00
110	1:15	-	-	-	3	10	6	20:15	12h00
120	1:15	-	-	-	3	10	6	20:15	12h00
130	1:15	-	-	-	3	10	6	20:15	12h00
140	1:15	-	-	-	3	15	6	25:15	12h00
150	1:15	-	-	-	3	20	6	30:15	12h00
180	1:15	-	-	-	3	25	6	35:15	12h00

## TABLES AIR/DECOMPRESSION DE SURFACE

Profondeur 18 metres

Temps au fond min	Remontée au palier min:sec	Dans l'eau			Inter Surf inf. à	En caisson		Total décomp. min:sec	Intervalle après plongée
		Air 15m	Air 12m	Air 9m		Oxy 12m	Oxy 12-0		
60	1:30	-	-	-	3	10	6	20:30	12h00
70	1:30	-	-	-	3	10	6	20:30	12h00
80	1:30	-	-	-	3	10	6	20:30	12h00
90	1:30	-	-	-	3	15	6	25:30	12h00
100	1:30	-	-	-	3	20	6	30:30	12h00
110	1:30	-	-	-	3	25	6	35:30	12h00
120	1:30	-	-	-	3	25	6	35:30	12h00
130	1:30	-	-	-	3	30	6	40:30	12h00
140	1:30	-	-	-	3	40	6	50:30	12h00
150	1:30	-	-	-	3	40	6	50:30	12h00

Profondeur 21 metres

Temps au fond min	Remontée au palier min:sec	Dans l'eau			Inter Surf inf. à	En caisson		Total décomp. min:sec	Intervalle après plongée
		Air 15m	Air 12m	Air 9m		Oxy 12m	Oxy 12-0		
40	1:45	-	-	-	3	10	6	20:45	12h00
45	1:45	-	-	-	3	10	6	20:45	12h00
50	1:45	-	-	-	3	10	6	20:45	12h00
60	1:45	-	-	-	3	10	6	20:45	12h00
70	1:45	-	-	-	3	15	6	25:45	12h00
80	1:45	-	-	-	3	20	6	30:45	12h00
90	1:45	-	-	-	3	25	6	35:45	12h00
100	1:45	-	-	-	3	35	6	45:45	12h00
110	1:45	-	-	-	3	40	6	50:45	12h00
120	1:45	-	-	-	3	45	6	55:45	12h00

Profondeur 24 metres

Temps au fond min	Remontée au palier min:sec	Dans l'eau			Inter Surf inf. à	En caisson		Total décomp. min:sec	Intervalle après plongée
		Air 15m	Air 12m	Air 9m		Oxy 12m	Oxy 12-0		
30	2:00	-	-	-	3	10	6	21:00	12h00
35	2:00	-	-	-	3	10	6	21:00	12h00
40	2:00	-	-	-	3	10	6	21:00	12h00
45	2:00	-	-	-	3	10	6	21:00	12h00
50	2:00	-	-	-	3	10	6	21:00	12h00
60	2:00	-	-	-	3	15	6	26:00	12h00
70	2:00	-	-	-	3	25	6	36:00	12h00
80	2:00	-	-	-	3	35	6	46:00	12h00
90	2:00	-	-	-	3	40	6	51:00	12h00

## TABLES AIR/DECOMPRESSION DE SURFACE

Profondeur 27 metres

Temps au fond min	Remontée au palier min:sec	Dans l'eau			Inter Surf inf. à	En caisson		Total décomp. min:sec	Intervalle après plongée
		Air 15m	Air 12m	Air 9m		Oxy 12m	Oxy 12-0		
25	2:15	-	-	-	3	10	6	21:15	12h00
30	2:15	-	-	-	3	10	6	21:15	12h00
35	2:15	-	-	-	3	10	6	21:15	12h00
40	2:15	-	-	-	3	10	6	21:15	12h00
45	2:15	-	-	-	3	15	6	26:15	12h00
50	2:15	-	-	-	3	20	6	31:15	12h00
60	2:15	-	-	-	3	30	6	41:15	12h00
70	1:30	-	-	3	3	40	6	53:30	12h00

Profondeur 30 metres

Temps au fond min	Remontée au palier min:sec	Dans l'eau			Inter Surf inf. à	En caisson		Total décomp. min:sec	Intervalle après plongée
		Air 15m	Air 12m	Air 9m		Oxy 12m	Oxy 12-0		
20	2:30	-	-	-	3	10	6	21:30	12h00
25	2:30	-	-	-	3	10	6	21:30	12h00
30	2:30	-	-	-	3	10	6	21:30	12h00
35	2:30	-	-	-	3	15	6	26:30	12h00
40	2:30	-	-	-	3	20	6	31:30	12h00
45	2:30	-	-	-	3	20	6	31:30	12h00
50	2:30	-	-	-	3	25	6	36:30	12h00
60	1:45	-	-	3	3	40	6	53:45	12h00

Profondeur 33 metres

Temps au fond min	Remontée au palier min:sec	Dans l'eau			Inter Surf inf. à	En caisson		Total décomp. min:sec	Intervalle après plongée
		Air 15m	Air 12m	Air 9m		Oxy 12m	Oxy 12-0		
15	2:45	-	-	-	3	10	6	21:45	12h00
20	2:45	-	-	-	3	10	6	21:45	12h00
25	2:45	-	-	-	3	10	6	21:45	12h00
30	2:45	-	-	-	3	15	6	26:45	12h00
35	2:45	-	-	-	3	20	6	31:45	12h00
40	2:45	-	-	-	3	25	6	36:45	12h00
45	2:00	-	-	3	3	30	6	44:45	12h00
50	2:00	-	-	5	3	35	6	51:00	12h00
60	2:00	-	-	10	3	45	6	66:00	12h00

TABLES AIR/DECOMPRESSION DE SURFACE

Profondeur 36 metres

Temps au fond min	Remontée au palier min:sec	Dans l'eau			Inter Surf inf. à	En caisson		Total décomp. min:sec	Intervalle après plongée
		Air 15m	Air 12m	Air 9m		Oxy 12m	Oxy 12-0		
15	3:00	-	-	-	3	10	6	22:00	12h00
20	3:00	-	-	-	3	10	6	22:00	12h00
25	3:00	-	-	-	3	15	6	27:00	12h00
30	3:00	-	-	-	3	20	6	32:00	12h00
35	2:15	-	-	3	3	25	6	39:15	12h00
40	2:15	-	-	3	3	30	6	44:15	12h00
45	2:15	-	-	5	3	35	6	51:15	12h00
50	2:00	-	3	7	3	40	6	61:15	12h00

Profondeur 39 metres

Temps au fond min	Remontée au palier min:sec	Dans l'eau			Inter Surf inf. à	En caisson		Total décomp. min:sec	Intervalle après plongée
		Air 15m	Air 12m	Air 9m		Oxy 12m	Oxy 12-0		
10	3:15	-	-	-	3	10	6	22:15	12h00
15	3:15	-	-	-	3	10	6	22:15	12h00
20	3:15	-	-	-	3	10	6	22:15	12h00
25	3:15	-	-	-	3	15	6	27:15	12h00
30	2:30	-	-	3	3	25	6	39:30	12h00
35	2:30	-	-	5	3	30	6	46:30	12h00
40	2:15	-	3	7	3	35	6	56:15	12h00

Profondeur 42 metres

Temps au fond min	Remontée au palier min:sec	Dans l'eau			Inter Surf inf. à	En caisson		Total décomp. min:sec	Intervalle après plongée
		Air 15m	Air 12m	Air 9m		Oxy 12m	Oxy 12-0		
10	3:30	-	-	-	3	10	6	22:30	12h00
15	3:30	-	-	-	3	10	6	22:30	12h00
20	3:30	-	-	-	3	15	6	27:30	12h00
25	2:45	-	-	3	3	25	6	39:45	12h00
30	2:45	-	-	5	3	30	6	46:45	12h00
35	2:30	-	3	7	3	35	6	56:30	12h00
40	2:30	-	3	10	3	40	6	64:30	12h00

TABLES AIR/DECOMPRESSION DE SURFACE

Profondeur 45 metres

Temps au fond min	Remontée au palier min:sec	Dans l'eau			Inter Surf inf. à	En caisson		Total décomp. min:sec	Intervalle après plongée
		Air 15m	Air 12m	Air 9m		Oxy 12m	Oxy 12-0		
10	3:45	-	-	-	3	10	6	22:45	12h00
15	3:45	-	-	-	3	10	6	22:45	12h00
20	3:00	-	-	3	3	15	6	30:00	12h00
25	3:00	-	-	3	3	25	6	40:00	12h00
30	3:15	-	3	5	3	30	6	50:15	12h00

Profondeur 48 metres

Temps au fond min	Remontée au palier min:sec	Dans l'eau			Inter Surf inf. à	En caisson		Total décomp. min:sec	Intervalle après plongée
		Air 15m	Air 12m	Air 9m		Oxy 12m	Oxy 12-0		
10	4:00	-	-	-	3	10	6	23:00	12h00
15	4:00	-	-	-	3	10	6	23:00	12h00
20	3:15	-	-	3	3	20	6	35:15	12h00
25	3:15	-	-	5	3	25	6	42:15	12h00
30	3:00	-	3	7	3	35	6	57:00	12h00

Profondeur 51 metres

Temps au fond min	Remontée au palier min:sec	Dans l'eau			Inter Surf inf. à	En caisson		Total décomp. min:sec	Intervalle après plongée
		Air 15m	Air 12m	Air 9m		Oxy 12m	Oxy 12-0		
10	4:15	-	-	-	3	10	6	23:15	12h00
15	3:30	-	-	3	3	15	6	30:30	12h00
20	3:30	-	-	5	3	25	6	42:30	12h00
25	3:15	-	3	5	3	30	6	50:15	12h00
30	3:15	-	5	7	3	40	6	64:15	12h00

・ Surface Decompression Using Oxygen

1. 高気圧チャンバー内で酸素を呼吸する水上減圧法 (SurDO2) は、深度 12m までの水中停止を用いる減圧技術である。その後、ダイバーは水面まで浮上して、高気圧チャンバー内でマスクを介して酸素呼吸を行いながら、深度 15m まで速やかに再加圧される。この方法は、酸素呼吸に対する準備と同様に、主室と副室を備えた高気圧チャンバーを必要とする。

2. 火災の危険性：

ダイバーの呼吸ガスは、高気圧チャンバー外へガスを排気する排気ラインを備えた呼吸マスク (BIBS) を介して供給されなければならない。さらに、高気圧チャンバーは連続的に酸素を監視するためのセンサーを備えていなければならない。高気圧チャンバー室の酸素濃度の僅かな増加でさえ、火災事故のリスクを相当に押し上げる。

高気圧チャンバー内での火災は、破局的なイベントである。ダンプシステムは、ほとんどの酸素を排気するため、チャンバー内雰囲気中の酸素濃度を増加させることはないが、呼吸マスク周囲の僅かな漏気はチャンバー内の酸素濃度を高める場合がある。酸素濃度が、23%を超えてはならない。酸素濃度が上昇した場合には、チャンバー内を空気で換気し、酸素濃度を低下させなければならない。酸素の漏気が疑われる場合には、漏気箇所を突き止め、直ちに修理を行わなければならない。

3. 深い水中減圧：

水上減圧における最終の水中停止深度は 12m であるので、ダイバーは 3m の停止点にいる場合よりも、うねりや高波の影響を受けにくい。更に、水中の総減圧時間が少ないため、な運用上の大きな利点となる。ダイバーは寒冷水中での減圧時間を回避できるので、ダイバーにとって有益となる。

4. Nitrox (ナイトロックス)：

Nitrox は、SurDO2 潜水の水中呼吸ガスとして良い選択である。特に EAN 32 (酸素 32%) の使用を推奨する。これは、減圧義務を制限することと高 PO2 への過度の曝露を回避することの最適なバランスを可能とする。Nitrox 潜水における酸素曝露限度は、順守しなければならない。

5. 減圧表の使用：

減圧表の使用方法は、通常の潜水と同様である。すなわち、実際の深度 (nitrox では EAD) または次のより深い深度に合致する表を選択する。滞底時間は、ダイバーが水面を離れたときから最終的な浮上のために海底を離れるときまでの時間である。

6. 浮上速度：

第 1 減圧停止までの浮上速度と減圧停止の間の浮上速度は、10m/分でなければならない。軽度の逸脱は受け入れられるが、速いよりも、遅い方が望ましい。最も深い減圧停止

点での時間は、ダイバーがこの深度にとどまらなければならない時間である。それ以降の減圧停止時間には、次の停止点までの浮上時間が含まれる。

#### 7. 水面インターバル：

水面インターバルは、可能な限り短時間でなければならない。12m の水中停止を離れてからダイバーがチャンバー内で 15m に再加圧されるまでの時間は 5 分以内である。水中での減圧停止を必要としない潜水では、水面インターバルは、ダイバーが 12m を通過した時間から計時する。12m から水面までの浮上時間は約 1 分でなければならない、そして、チャンバー内で 15m までの再加圧に要する時間は通常約 30 秒である。したがって、ダイバーが水から出て、器材を取り外し、チャンバー室に入るまでの時間は 3 分 30 秒となる。通常、これは十分以上な時間である。しかしながら、ダイバーの負担と労作を最小とするために、潜水装備の取り外しは援助を必要とする。そのための要員として 2 人が配置されなければならない。

いかなる事情があろうとも 12m 停止からの浮上速度を速めてはならない。万一水面インターバルが 5 分を超えた場合には、治療表 5 で再圧処置を実施する（これは、治療として扱わない。）

#### 8. チャンバー減圧：

酸素呼吸は、ダイバーがチャンバーに入ると同時に始めなければならない、水上減圧の間続けなければならない。ダイバーが酸素マスクをつけたかどうかにかかわらず、ハッチが閉じられて、それを確認できたなら直ちに加圧を開始しなければならない。チャンバーは、15m まで急速（約 30 秒間）に加圧する。酸素呼吸時間の最初の 15 分は、15m で行われる。その後、酸素呼吸を行いながら、12m まで約 10m/分で減圧する（約 20 秒間）。大気圧までの減圧速度は 10m/分とする。ダイバーは、大気圧までの減圧の間のチャンバー内空気（圧縮空気）を呼吸する。たとえ 12m から大気圧までの減圧時間が遅延した場合でも、ダイバーはチャンバー内の空気を呼吸する。

#### 9. エアーブレイク：

酸素呼吸 30 分後毎に、ダイバーはマスクを取り外して、5 分間チャンバー内空気を呼吸する。これらのエアーブレイクは酸素減圧時間に含めてはならない。

#### 10. 総減圧時間：

表の最後の列に記された総減圧時間は、ダイバーが海底を離れてから、チャンバー減圧後大気圧に戻るまでの時間である。これは、酸素呼吸 30 分毎後の 5 分のエアーブレイクを含む。表記された時間は、秒単位を切り上げているため、実際のものとは異なる場合がある。

#### 11. 酸素中毒：

チャンバー内で 15m または 12m での酸素呼吸時に酸素中毒が発症することはほとんどない。しかしながら、万一酸素中毒の症状が認められた場合には、直ちに酸素マスクを取り外されなければならない、そして、発作が鎮静するとすぐに、0.3 m/分の速度で 3m

減圧しなければならない。潜水専門医の指示で、酸素呼吸は、9m（または 12m）で再開される可能性がある。潜水専門医が 15 分以内に到着することができない場合、酸素呼吸を再開してはならない。

12. 酸素供給の中断：

装置の故障等により酸素供給が中断した場合には、ダイバーはチャンバー内の空気を呼吸する。酸素供給が 15 分以内に再開されるならば、酸素呼吸を再開する。この場合、酸素呼吸期間は、中断時間を補うために延長されなければならない。酸素供給が 15 分以内に再開できない場合は、12m から空気再圧治療表 1 を用いて減圧を行う。

13. 繰り返し潜水：

SurDO2 潜水は繰り返し潜水を行ってはならない。また、SurDO2 潜水後に他の潜水を計画してはならない。次の潜水までに 18 時間以上が経過した場合には、繰り返し潜水とはならない。

14. 連日の潜水：

連日の潜水実施は、DCI のリスクを増す。これは特に大深度 SurDO2 潜水や激しい潜水、または、滞底時間が表の限界に近かった潜水が対象となる。このような場合には、ダイバーは、3 日間潜水を続けた後、潜水を 1 日休まなければならない。

15. 滞底時間限界と「例外的潜水」：

チャンバー内での酸素呼吸総時間が 90 分を超える場合、もしくは減圧症リスクが 5% を超えるリスクがある潜水には、「\*」印が記されている。潜水を計画する際に、これらの例外的な滞底時間を使用してはならない。また、石油関連の潜水では、英国 HSE の滞底時間の規則に従わなければならない。この規則を上回る滞底時間については、表中に横太線で示される。

### Surface Decompression Table Using Oxygen (1)

Depth not deeper than	Max. bottom time (min.)	Time at stop depth (min.)			O <sub>2</sub> at 15 and 12m in chamber (min)	Total decomp. time (min.)	Repetitive group
		18	15	12			
<b>15</b> metres	130	–	–	–	15	22	Z
	170	–	–	–	30	37	Z
	180	–	–	–	45	57	Z
	200	–	–	–	45	57	Z
	240	–	–	–	60	72	
	270*	–	–	–	75	92	
<b>18</b> metres	90	–	–	–	15	22	O
	120	–	–	–	30	37	Z
	140	–	–	–	45	57	Z
	170	–	–	–	60	72	
	200	–	–	–	75	92	
	220	–	–	–	90	107	
	240*	–	–	–	105	127	
<b>21</b> metres	70	–	–	–	15	22	N
	90	–	–	–	30	37	Z
	110	–	–	–	45	57	Z
	130	–	–	–	60	72	Z
	150	–	–	–	75	92	
	170	–	–	–	90	107	
	190*	–	–	–	105	127	

## Surface Decompression Table Using Oxygen (2)

Depth not deeper than	Max. bottom time (min.)	Time at stop depth (min.)			O <sub>2</sub> at 15 and 12m in chamber (min)	Total decomp. time (min.)	Repetitive group
		18	15	12			
<b>24</b> metres	55	–	–	–	15	23	M
	70	–	–	–	30	37	O
	90	–	–	–	45	57	Z
	110	–	–	–	60	72	Z
	120	–	–	–	75	92	
	130	–	–	–	90	107	
	150*	–	–	–	105	127	

<b>27</b> metres	45	–	–	–	15	24	M
	60	–	–	–	30	38	O
	70	–	–	–	45	58	Z
	90	–	–	–	60	73	Z
	100	–	–	–	75	93	
	110	–	–	–	90	108	
	130*	–	–	5	105	133	

### Surface Decompression Table Using Oxygen (3)

Depth not deeper than	Max. bottom time (min.)	Time at stop depth (min.)			O <sub>2</sub> at 15 and 12m in chamber (min)	Total decomp. time (min.)	Repetitive group
		18	15	12			
<b>30</b> metres	35	–	–	–	15	23	L
	50	–	–	–	30	38	O
	60	–	–	–	45	58	Z
	70	–	–	–	60	73	Z
	90	–	–	2	75	95	
	100	–	–	9	90	117	
	110*	–	–	14	105	142	

<b>33</b> metres	30	–	–	–	15	24	K
	40	–	–	–	30	38	N
	45	–	–	–	30	38	O
	55	–	–	–	45	58	Z
	60	–	–	–	60	73	Z
	80	–	–	9	75	102	
	100*	–	–	25	105	153	

<b>36</b> metres	30	–	–	–	15	24	L
	35	–	–	–	30	39	N
	40	–	–	–	30	39	O
	50	–	–	–	45	59	Z
	60	–	–	–	60	74	Z
	70	–	–	13	75	133	
	80	–	–	24	90	137	
	90*	–	7	26	105	161	

### Surface Decompression Table Using Oxygen (4)

Depth not deeper than	Max. bottom time (min.)	Time at stop depth (min.)			O <sub>2</sub> at 15 and 12m in chamber (min)	Total decomp. time (min.)	Repetitive group
		18	15	12			
<b>39</b> metres	25	–	–	–	15	24	K
	30	–	–	–	30	39	M
	35	–	–	–	30	39	O
	45	–	–	1	45	60	Z
	55	–	–	4	60	78	Z
	60	–	–	12	75	106	Z
	70	–	1	26	90	136	
	80*	–	12	26	105	167	

<b>42</b> metres	20	–	–	–	15	25	J
	30	–	–	–	30	39	N
	40	–	–	4	45	63	Z
	50	–	–	8	60	82	Z
	55	–	1	15	75	110	Z
	60	–	2	23	90	134	
	70*	–	14	25	105	168	

<b>45</b> metres	20	–	–	–	15	25	K
	25	–	–	4	30	44	M
	35	–	–	6	45	66	Z
	45	–	3	8	60	85	Z
	50	–	4	14	75	112	Z
	60*	–	11	26	90	146	

### Surface Decompression Table Using Oxygen (5)

Depth not deeper than	Max. bottom time (min.)	Time at stop depth (min.)			O <sub>2</sub> at 15 and 12m in chamber (min)	Total decomp. time (min.)	Repetitive group
		18	15	12			
<b>48</b> metres	20	–	–	1	15	26	L
	25	–	–	4	30	44	N
	35	–	4	6	45	70	Z
	40	–	6	6	60	87	Z
	45	2	5	11	75	112	Z
	55*	3	11	26	90	149	
	60*	6	17	25	105	177	

<b>51</b> metres	15	–	–	–	–	15	25	J
	20	–	–	–	3	30	43	M
	25	–	–	1	7	30	48	O
	30	–	–	5	7	45	72	Z
	35	–	2	6	6	60	89	Z
	45	–	5	7	16	75	123	Z
	50*	1	5	11	23	90	149	
	55*	2	7	16	26	105	180	

添付資料 7. 民間の水上減圧表 (米海軍修正水上減圧表)

#### USING THE USN MODIFIED (GOM) TABLES

メキシコ湾の沖合潜水作業で最も使用されている減圧表は、修正米海軍減圧表 (メキシコ湾減圧表) である。当該減圧表は、すべての主要な請負業者が使用しており、マストヘッドにその企業名が付け加えられているため、長年にわたりいくつかの他の名前でも知られている。

「Modified USN」という名前が示すように、これらのテーブルは、米国海軍潜水マニュアル改訂第 3 版にある空気減圧テーブルに基づいており、「実施修正」によってこれらの減圧表をより安全に使用できるように変更している。

#### USING THE STANDARD AIR TABLE

米海軍標準空気減圧表は、以下のように変更されている：

例外的な曝露潜水は、米海軍潜水マニュアル改訂第 3 版に記載されているものよりも大幅に短い滞底時間から始まる。水中減圧は空気またはオプションの 50/50 N2O2 で行われ、減圧停止時間は大幅に長くなっている。ほとんどの潜水事業は独自の深度/時間加算ルールを持っており、2 フィート/2 分から 5 フィート/5 分まで様々で、従業員はそれに応じて深さや底の時間を調整する必要がある。これらは、水上減圧表にも適用される。

浮上速度：標準空気減圧表の浮上速度は、減圧を必要としない場合は水面まで、または最初の減圧停止位置まで、各水中停止位置間は毎分 60 フィートである。

停止時間：標準空気減圧表の停止時間は、ダイバーが停止深度に到着した時点から始まり、次の停止地点への移動を開始した時点で終了する。

減圧用呼吸ガス：減圧用呼吸ガスには空気を使用してもよいが、50/50 の N2O2 が望ましい。ダイバーが 60fsw 以深にいる場合は、浮上時に 60fsw に達した時点で 50/50 に切り替え、水中停止時から水面まで 50/50 の呼吸を続ける。減圧時間は、N2O2 が呼吸ガスであっても変更はない。

#### USING THE SURFACE DECOMPRESSION USING OXYGEN TABLE

Sur-D-O2 表 (水上酸素減圧表) は以下のように修正されている：

水中停止は、空気または 50/50 の N2O2 で行ってもよい；酸素での指定された 40fsw 停止の前に、10 分間の 50fsw チャンバー停止 (酸素で) を追加した；40fsw 停止から浮上までの上昇 (チャンバー内) を 1:20 から 10:00 に変更した。

・浮上速度：酸素を使用した水上減圧表における浮上速度は、底部から最初の水中停止まで 25fsw/分、水中停止点間 1 分、30fsw から水面まで 1 分とする。

・減圧停止 (水中)。水中減圧停止時間は、ダイバーが停止深度に到達した時点で開始し、離脱した時点で終了とする。最終的な水中停止深度は、30fsw である。

・水面インターバル：水面インターバルは、ダイバーが 30fsw の水中停止を離れた時点から開始し、チャンバー内で 50fsw に達したところで終了する。ダイバーは、チャンバー内

の 50fsw ですぐに酸素を使用する必要があるが、その時間は最大 3 分以内である。水面インターバルの合計時間は 5 分である。水面インターバルが 5 分を超過した場合には、必要な減圧を省略し手浮上したとして処置を行う。

・減圧停止（チャンバー）：最初のチャンバー停止深度は 50fsw である。50fsw までの加圧時間は 30 秒とする。ダイバーは 50fsw で 10 分間酸素を呼吸し、その後 1 分間で 40fsw まで浮上する。40fsw に到着すると、ダイバーは最初のエアブレイクを行い、その後 40fsw の停止で酸素呼吸を行う。40fsw から水面までの浮上時間は 10 分間であり、その間酸素を呼吸する。最大酸素呼吸時間は 20 分間で、その後 5 分間のエアブレイクを行う。

・減圧用呼吸ガス：水中減圧では呼吸ガスに空気を使用するが、水中停止深度が 60 フィート以下では、50/50N2O2 も使用することができる。チャンバー内での減圧用呼吸ガスは酸素であり、酸素呼吸 20 分ごとにエアブレイクを挿入する。

## EMERGENCY PROCEDURES FOR DECOMPRESSION USING OXYGEN

### 安全対策

ダイバーが 50fsw までの加圧状態が安定できない場合は、以下の処置を行う：

- ・チャンバーの深度が 20fsw 以上まで安定して加圧可能な場合は、20fsw で停止する。
- ・チャンバーの深度が 20fsw まで安定しない場合は、20fsw になるまで徐々に加圧する。
- ・ダイバーは、50fsw と 40fsw の 2 倍の時間、20fsw で酸素を呼吸します。
- ・10fsw まで浮上する。ダイバーは 50fsw と 40fsw の 2 倍の時間、10fsw で酸素呼吸を行う。

### Oxygen System Failure

酸素供給システムが故障した場合は、チャンバー深度を維持し、空気呼吸を開始する。

- ・15 分以内に酸素供給が再開できる場合は、空気中の時間をデッドタイムとしてカウントし、中断した時点から減圧を再開する。
- ・15 分以内に酸素供給を再開できない場合は、空気です定の時間を終了した後、20fsw まで浮上する。
- ・50 及び 40fsw での停止時間を空気で繰り返す。
- ・10fsw まで浮上する。
- ・40fsw の停止時間の 2 倍の時間、20fsw で呼吸空気を行う。

### CNS Oxygen Toxicity at 50 fsw Chamber Stop

50fsw チャンバー停止時に中枢神経系酸素中毒が発生し、初発症状に痙攣が含まれていない場合は、以下の処置を行う：

- ・ダイバーから BIBS を外し、チャンバー内の空気を呼吸させる。
- ・すべての症状がおさまるのを待ち、さらに 15 分ほど待ってから、40fsw まで浮上する。
- ・40fsw で減圧を再開する。 空気呼吸時間は「デッドタイム」とみなす。50fsw での残り

の時間を 40fsw での停止時間に追加する。

#### CNS Oxygen Toxicity at 40 fsw Chamber Stop

40fsw チャンバー停止時に中枢神経系酸素中毒が発生し、初発症状に痙攣が含まれていない場合には、以下の処置を行う。

- ・ダイバーから BIBS を外し、チャンバー内の空気を呼吸させる。
- ・すべての症状がおさまるのを待ち、さらに 15 分ほど待ってから、酸素呼吸を再開する。
- ・中断した時点から減圧を再開する。空気呼吸時間は「デッドタイム」とみなす。

#### Oxygen Convulsion at 50 fsw or 40 fsw Chamber Stop

50fsw 及び 40fsw のいずれかのチャンバー停止時に中枢神経系酸素中毒が発生し、初発症状が痙攣である場合、酸素呼吸を再開してはならない。この場合、次の処置を実施する。

- ・ダイバーから BIBS を外し、チャンバー内の空気を呼吸させる。
- ・チャンバーの深度を維持する。痙攣が止まるのを待ち、ダイバーが気道を確保して呼吸していることを確認する。ダイバーの意識が完全に戻り、すべての症状が治まるまで待機する。
- ・チャンバー深度が 50fsw の場合は、40fsw まで浮上する。50fsw と 40fsw での停止時間を合算し、空気呼吸でのその停止時間を終了する。
- ・チャンバー深度が 40fsw の場合は、40fsw でのすべての時間を停止時間としてカウントし、空気呼吸で必要な停止時間を完了する。
- ・20fsw まで浮上し、空気呼吸で 50fsw と 40fsw の停止時間を合算した時間を完了する。
- ・10fsw まで浮上し、50fsw と 40fsw の停止時間を合算した 2 倍の時間、10fsw で空気呼吸を行う。

#### Omitted Decompression or Exceeded Surface Interval

ダイバーが水中での減圧を省略したり、水面インターバルが 5 分を超過したときは、ダイバーが無症状の場合は、チャンバー内を 60fsw まで加圧し、再圧治療表 5 を開始する。ダイバーが徴候や症状を呈している場合は、チャンバー内を 60fsw まで加圧し、再圧治療表 6 を開始する。

## USN Modified (Gulf of Mexico) Tables

### Surface Decompression Air tables (1)

70 FSW		Surface Decompression Using Oxygen												
Air or 50/50 as breathing medium on in-water decompression stops														
Bottom Time (min)	Time to first stop (min/sec)	Water Stops (in feet and min.)						Surface Interval	Chamber Stops (breathing O <sub>2</sub> )		5 min Air Breaks	Ascent to surf 10 min slow bleed on oxygen	Decomp Time (min/sec)	Rept Group Letter
		80	70	60	50	40	30		50	40				
52	1:36						3	Not exceed 5 min	-	-		10 min slow bleed on oxygen	5:36	K
90	1:36						3		10	15	1		50:36	N
120	1:36						3		10	23	2		63:36	O
<b>Standard Operational Depth/Time Limit</b>														
150	1:36						3		10	31	2		71:36	Z
180	1:36						3		10	39	2		79:36	Z

IN WATER PHASE: Ascent rate is 25 fpm, time between water stops, and from 30 ft stop to surface in 1 minute, 50/50 may be used instead of air at 60 and shallower, the 50/50 is not to be routed through panel until diver is at 60 fsw, umbilical to be flushed with air after each dive if using 50/50.

CHAMBER PHASE: Diver is pressed from surface to 50 in chamber in 30 sec, SI ends when diver is at 50 in chamber, diver has 3 min to begin O<sub>2</sub>, after 50 ft stop, slide to 40 in 1 min (on O<sub>2</sub>), first air break as soon as diver arrives at 40, maximum O<sub>2</sub> time is 20 min without 5 min air break, time on stop dose not include air breaks.

80 FSW		Surface Decompression Using Oxygen												
Air or 50/50 as breathing medium on in-water decompression stops														
Bottom Time (min)	Time to first stop (min/sec)	Water Stops (in feet and min.)						Surface Interval	Chamber Stops (breathing O <sub>2</sub> )		5 min Air Breaks	Ascent to surf 10 min slow bleed on oxygen	Decomp Time (min/sec)	Rept Group Letter
		80	70	60	50	40	30		50	40				
40	2:00						3	Not exceed 5 min	-	-		10 min slow bleed on oxygen	6:00	
70	2:00						3		10	14	1		50:00	M
85	2:00						3		10	20	2		61:00	N
100	2:00						3		10	26	2		67:00	O
<b>Standard Operational Depth/Time Limit</b>														
115	2:00						3		10	31	2		72:00	Z
130	2:00						3		10	37	2		78:00	Z
150	2:00						3		10	44	3		90:00	Z

IN WATER PHASE: Ascent rate is 25 fpm, time between water stops, and from 30 ft stop to surface in 1 minute, 50/50 may be used instead of air at 60 and shallower, the 50/50 is not to be routed through panel until diver is at 60 fsw, umbilical to be flushed with air after each dive if using 50/50.

CHAMBER PHASE: Diver is pressed from surface to 50 in chamber in 30 sec, SI ends when diver is at 50 in chamber, diver has 3 min to begin O<sub>2</sub>, after 50 ft stop, slide to 40 in 1 min (on O<sub>2</sub>), first air break as soon as diver arrives at 40, maximum O<sub>2</sub> time is 20 min without 5 min air break, time on stop dose not include air breaks.

## USN Modified (Gulf of Mexico) Tables Surface Decompression Air tables (2)

90 FSW		Surface Decompression Using Oxygen Air or 50/50 as breathing medium on in-water decompression stops												
Bottom Time (min)	Time to first stop (min/sec)	Water Stops (in feet and min.)						Surface Interval	Chamber Stops (breathing O2)		5 min Air Breaks	Ascent to surf	Decomp Time (min/sec)	Rept Group Letter
		80	70	60	50	40	30		50	40				
32	2:24						3	Not exceed 5 min	-	-		10 min slow bleed on oxygen	6:24	J
60	2:24						3		10	14	1		50:24	M
70	2:24						3		10	20	2		61:00	N
80	2:24						3		10	25	2		66:00	N
90	2:24						3		10	30	2		71:00	O
<b>Standard Operational Depth/Time Limit</b>														
100	2:24						3		10	34	2		75:00	Z
110	2:24						3		10	39	2		80:00	Z
120	2:24						3		10	43	3		89:00	Z
130	2:24						3		10	48	3		94:00	Z

IN WATER PHASE: Ascent rate is 25 fpm, time between water stops, and from 30 ft stop to surface in 1 minute, 50/50 may be used instead of air at 60 and shallower, the 50/50 is not to be routed through panel until diver is at 60 fsw, umbilical to be flushed with air after each dive if using 50/50.

CHAMBER PHASE: Diver is pressed from surface to 50 in chamber in 30 sec, SI ends when diver is at 50 in chamber, diver has 3 min to begin O2, after 50 ft stop, slide to 40 in 1 min (on O2), first air break as soon as diver arrives at 40, maximum O2 time is 20 min without 5 min air break, time on stop dose not include air breaks.

100 FSW		Surface Decompression Using Oxygen Air or 50/50 as breathing medium on in-water decompression stops												
Bottom Time (min)	Time to first stop (min/sec)	Water Stops (in feet and min.)						Surface Interval	Chamber Stops (breathing O2)		5 min Air Breaks	Ascent to surf	Decomp Time (min/sec)	Rept Group Letter
		80	70	60	50	40	30		50	40				
26	2:48						3	Not exceed 5 min	-	-		10 min slow bleed on oxygen	6:48	I
50	2:48						3		10	14	1		50:48	L
60	2:48						3		10	20	2		61:48	N
70	2:48						3		10	26	2		67:48	O
80	2:48						3		10	32	2		73:48	O
<b>Standard Operational Depth/Time Limit</b>														
90	2:48						3		10	38	2		79:48	Z
100	2:48						3		10	44	3		90:48	Z
110	2:48						3		10	49	3		95:48	Z
120	2:48					2	4		10	53	3		103:24	Z

IN WATER PHASE: Ascent rate is 25 fpm, time between water stops, and from 30 ft stop to surface in 1 minute, 50/50 may be used instead of air at 60 and shallower, the 50/50 is not to be routed through panel until diver is at 60 fsw, umbilical to be flushed with air after each dive if using 50/50.

CHAMBER PHASE: Diver is pressed from surface to 50 in chamber in 30 sec, SI ends when diver is at 50 in chamber, diver has 3 min to begin O2, after 50 ft stop, slide to 40 in 1 min (on O2), first air break as soon as diver arrives at 40, maximum O2 time is 20 min without 5 min air break, time on stop dose not include air breaks.

## USN Modified (Gulf of Mexico) Tables Surface Decompression Air tables (3)

110 FSW		Surface Decompression Using Oxygen Air or 50/50 as breathing medium on in-water decompression stops												
Bottom Time (min)	Time to first stop (min/sec)	Water Stops (in feet and min.)						Surface Interval	Chamber Stops (breathing O2)		5 min Air Breaks	Ascent to surf	Decomp Time (min/sec)	Rept Group Letter
		80	70	60	50	40	30		50	40				
22	3:12						3	Not exceed 5 min	-	-		10 min slow bleed on oxygen	7:12	H
40	3:12						3		10	12	1		49:12	L
50	3:12						3		10	19	1		56:12	M
60	3:12						3		10	26	2		69:12	N
70	3:12						3		10	33	2		75:12	O
Standard Operational Depth/Time Limit														
80	2:48						2	3	10	40	2		89:48	Z
90	2:48						2	3	10	46	3		96:48	Z
100	2:48						2	3	10	51	3		102:48	Z
110	2:48						2	4	10	54	3		112:48	Z

IN WATER PHASE: Ascent rate is 25 fpm, time between water stops, and from 30 ft stop to surface in 1 minute, 50/50 may be used instead of air at 60 and shallower, the 50/50 is not to be routed through panel until diver is at 60 fsw, umbilical to be flushed with air after each dive if using 50/50.

CHAMBER PHASE: Diver is pressed from surface to 50 in chamber in 30 sec, SI ends when diver is at 50 in chamber, diver has 3 min to begin O2, after 50 ft stop, slide to 40 in 1 min (on O2), first air break as soon as diver arrives at 40, maximum O2 time is 20 min without 5 min air break, time on stop dose not include air breaks.

120 FSW		Surface Decompression Using Oxygen Air or 50/50 as breathing medium on in-water decompression stops													
Bottom Time (min)	Time to first stop (min/sec)	Water Stops (in feet and min.)						Surface Interval	Chamber Stops (breathing O2)		5 min Air Breaks	Ascent to surf	Decomp Time (min/sec)	Rept Group Letter	
		80	70	60	50	40	30		50	40					
18	3:36						3	Not exceed 5 min	-	-		10 min slow bleed on oxygen	7:36	H	
30	3:36						3		10	9	1		46:36	J	
40	3:36						3		10	16	1		53:36	L	
50	3:36						3		10	24	2		66:36	N	
60	3:12						2		3	10	32		2	77:12	O
70	3:12						2		4	10	39		2	85:12	O
Standard Operational Depth/Time Limit															
80	3:12						2	5	10	46	3		98:12	Z	
90	3:12						4	8	10	51	3		108:12	Z	

IN WATER PHASE: Ascent rate is 25 fpm, time between water stops, and from 30 ft stop to surface in 1 minute, 50/50 may be used instead of air at 60 and shallower, the 50/50 is not to be routed through panel until diver is at 60 fsw, umbilical to be flushed with air after each dive if using 50/50.

CHAMBER PHASE: Diver is pressed from surface to 50 in chamber in 30 sec, SI ends when diver is at 50 in chamber, diver has 3 min to begin O2, after 50 ft stop, slide to 40 in 1 min (on O2), first air break as soon as diver arrives at 40, maximum O2 time is 20 min without 5 min air break, time on stop dose not include air breaks.

## USN Modified (Gulf of Mexico) Tables

### Surface Decompression Air tables (4)

130 FSW		Surface Decompression Using Oxygen												
		Air or 50/50 as breathing medium on in-water decompression stops												
Bottom Time (min)	Time to first stop (min/sec)	Water Stops (in feet and min.)						Surface Interval	Chamber Stops (breathing O <sub>2</sub> )		5 min Air Breaks	Ascent to surf	Decomp Time (min/sec)	Rept Group Letter
		80	70	60	50	40	30		50	40				
15	4:00						3	Not exceed 5 min	-	-		10 min slow bleed on oxygen	8:00	F
30	4:00						3		10	12	1		50:00	M
40	4:00						3		10	21	2		64:00	N
50	3:36					2	3		10	29	2		74:36	O
Standard Operational Depth/Time Limit														
60	3:36					2	5		10	37	2		84:36	Z
70	3:36					2	7		10	45	3		99:36	Z
80	3:36					6	10		10	51	3		112:36	Z
90	3:36					10	14		10	56	3		125:36	Z

IN WATER PHASE: Ascent rate is 25 fpm, time between water stops, and from 30 ft stop to surface in 1 minute, 50/50 may be used instead of air at 60 and shallower, the 50/50 is not to be routed through panel until diver is at 60 fsw, umbilical to be flushed with air after each dive if using 50/50.

CHAMBER PHASE: Diver is pressed from surface to 50 in chamber in 30 sec, SI ends when diver is at 50 in chamber, diver has 3 min to begin O<sub>2</sub>, after 50 ft stop, slide to 40 in 1 min (on O<sub>2</sub>), first air break as soon as diver arrives at 40, maximum O<sub>2</sub> time is 20 min without 5 min air break, time on stop dose not include air breaks.

140 FSW		Surface Decompression Using Oxygen												
		Air or 50/50 as breathing medium on in-water decompression stops												
Bottom Time (min)	Time to first stop (min/sec)	Water Stops (in feet and min.)						Surface Interval	Chamber Stops (breathing O <sub>2</sub> )		5 min Air Breaks	Ascent to surf	Decomp Time (min/sec)	Rept Group Letter
		80	70	60	50	40	30		50	40				
13	4:24						3	Not exceed 5 min	-	-		10 min slow bleed on oxygen	8:24	G
25	4:24						3		10	11	1		49:24	J
30	4:24						3		10	15	1		53:24	K
35	4:24						3		10	20	2		63:24	N
40	4:00					2	3		10	24	2		70:00	N
45	4:00					2	4		10	29	2		76:00	O
50	4:00					2	6		10	33	2		82:00	O
Standard Operational Depth/Time Limit														
60	4:00					2	7		10	38	2		88:00	Z
70	4:00					2	9		10	43	3		100:00	Z
80	4:00					4	11		10	48	3		109:00	Z
90	3:36					2	7	13	10	51	3		119:36	Z

IN WATER PHASE: Ascent rate is 25 fpm, time between water stops, and from 30 ft stop to surface in 1 minute, 50/50 may be used instead of air at 60 and shallower, the 50/50 is not to be routed through panel until diver is at 60 fsw, umbilical to be flushed with air after each dive if using 50/50.

CHAMBER PHASE: Diver is pressed from surface to 50 in chamber in 30 sec, SI ends when diver is at 50 in chamber, diver has 3 min to begin O<sub>2</sub>, after 50 ft stop, slide to 40 in 1 min (on O<sub>2</sub>), first air break as soon as diver arrives at 40, maximum O<sub>2</sub> time is 20 min without 5 min air break, time on stop dose not include air breaks.

## USN Modified (Gulf of Mexico) Tables

### Surface Decompression Air tables (5)

150 FSW		Surface Decompression Using Oxygen												
		Air or 50/50 as breathing medium on in-water decompression stops												
Bottom Time (min)	Time to first stop (min/sec)	Water Stops (in feet and min.)						Surface Interval	Chamber Stops (breathing O <sub>2</sub> )		5 min Air Breaks	Ascent to surf	Decomp Time (min/sec)	Rept Group Letter
		80	70	60	50	40	30		50	40				
11	4:48						3	Not exceed 5 min	-	-		10 min slow bleed on oxygen	8:48	G
25	4:48						3		10	13	1		51:48	K
30	4:48						3		10	18	1		56:48	L
35	4:24					2	4		10	23	2		70:24	N
40	4:24					5	7		10	27	2		80:24	N
45	4:24					6	9		10	33	2		89:24	O
50	4:00				2	7	11		10	38	2		100:00	O
Standard Operational Depth/Time Limit														
55	3:36			2	5	9	14		10	44	3		121:36	Z

IN WATER PHASE: Ascent rate is 25 fpm, time between water stops, and from 30 ft stop to surface in 1 minute, 50/50 may be used instead of air at 60 and shallower, the 50/50 is not to be routed through panel until diver is at 60 fsw, umbilical to be flushed with air after each dive if using 50/50.

CHAMBER PHASE: Diver is pressed from surface to 50 in chamber in 30 sec, SI ends when diver is at 50 in chamber, diver has 3 min to begin O<sub>2</sub>, after 50 ft stop, slide to 40 in 1 min (on O<sub>2</sub>), first air break as soon as diver arrives at 40, maximum O<sub>2</sub> time is 20 min without 5 min air break, time on stop dose not include air breaks.

160 FSW		Surface Decompression Using Oxygen												
		Air or 50/50 as breathing medium on in-water decompression stops												
Bottom Time (min)	Time to first stop (min/sec)	Water Stops (in feet and min.)						Surface Interval	Chamber Stops (breathing O <sub>2</sub> )		5 min Air Breaks	Ascent to surf	Decomp Time (min/sec)	Rept Group Letter
		80	70	60	50	40	30		50	40				
9	5:12						3	Not exceed 5 min	-	-		10 min slow bleed on oxygen	9:12	F
20	5:12						3		10	11	1		50:12	J
25	5:12						3		10	16	1		55:12	K
30	4:48					2	4		10	21	2		68:48	M
35	4:48					4	7		10	26	2		78:48	N
40	4:24				3	6	9		10	32	2		92:24	N
Standard Operational Depth/Time Limit														
45	4:00			3	4	8	12		10	38	2		108:00	Z

IN WATER PHASE: Ascent rate is 25 fpm, time between water stops, and from 30 ft stop to surface in 1 minute, 50/50 may be used instead of air at 60 and shallower, the 50/50 is not to be routed through panel until diver is at 60 fsw, umbilical to be flushed with air after each dive if using 50/50.

CHAMBER PHASE: Diver is pressed from surface to 50 in chamber in 30 sec, SI ends when diver is at 50 in chamber, diver has 3 min to begin O<sub>2</sub>, after 50 ft stop, slide to 40 in 1 min (on O<sub>2</sub>), first air break as soon as diver arrives at 40, maximum O<sub>2</sub> time is 20 min without 5 min air break, time on stop dose not include air breaks.

## USN Modified (Gulf of Mexico) Tables Surface Decompression Air tables (6)

170 FSW		Surface Decompression Using Oxygen Air or 50/50 as breathing medium on in-water decompression stops												
Bottom Time (min)	Time to first stop (min/sec)	Water Stops (in feet and min.)						Surface Interval	Chamber Stops (breathing O2)		5 min Air Breaks	Ascent to surf	Decomp Time (min/sec)	Rept Group Letter
		80	70	60	50	40	30		50	40				
7	5:36						3	Not exceed 5 min	-	-		10 min slow bleed on oxygen	9:36	F
20	5:36						3		10	13	1		53:36	J
25	5:36						3		10	19	1		58:36	L
30	5:12					5	7		10	23	2		77:12	M
35	4:48				4	6	9		10	29	2		90:48	O
<b>Standard Operational Depth/Time Limit</b>														
40	4:24			4	4	8	13		10	36	2		108:24	O

IN WATER PHASE: Ascent rate is 25 fpm, time between water stops, and from 30 ft stop to surface in 1 minute, 50/50 may be used instead of air at 60 and shallower, the 50/50 is not to be routed through panel until diver is at 60 fsw, umbilical to be flushed with air after each dive if using 50/50.

CHAMBER PHASE: Diver is pressed from surface to 50 in chamber in 30 sec, SI ends when diver is at 50 in chamber, diver has 3 min to begin O2, after 50 ft stop, slide to 40 in 1 min (on O2), first air break as soon as diver arrives at 40, maximum O2 time is 20 min without 5 min air break, time on stop dose not include air breaks.

180 FSW		Surface Decompression Using Oxygen Air or 50/50 as breathing medium on in-water decompression stops												
Bottom Time (min)	Time to first stop (min/sec)	Water Stops (in feet and min.)						Surface Interval	Chamber Stops (breathing O2)		5 min Air Breaks	Ascent to surf	Decomp Time (min/sec)	Rept Group Letter
		80	70	60	50	40	30		50	40				
15	5:36					4	6	Not exceed 5 min	10	20	2	10 min slow bleed on oxygen	72:36	
30	4:48			2	3	5	16		10	40	3		108:48	
<b>Standard Operational Depth/Time Limit</b>														
45	4:00	2		4	6	12	18		10	50	3		142:00	

IN WATER PHASE: Ascent rate is 25 fpm, time between water stops, and from 30 ft stop to surface in 1 minute, 50/50 may be used instead of air at 60 and shallower, the 50/50 is not to be routed through panel until diver is at 60 fsw, umbilical to be flushed with air after each dive if using 50/50.

CHAMBER PHASE: Diver is pressed from surface to 50 in chamber in 30 sec, SI ends when diver is at 50 in chamber, diver has 3 min to begin O2, after 50 ft stop, slide to 40 in 1 min (on O2), first air break as soon as diver arrives at 40, maximum O2 time is 20 min without 5 min air break, time on stop dose not include air breaks.

## USN Modified (Gulf of Mexico) Tables

### Surface Decompression Air tables (7)

190 FSW		Surface Decompression Using Oxygen												
Air or 50/50 as breathing medium on in-water decompression stops														
Bottom Time (min)	Time to first stop (min/sec)	Water Stops (in feet and min.)						Surface Interval	Chamber Stops (breathing O2)		5 min Air Breaks	Ascent to surf	Decomp Time (min/sec)	Rept Group Letter
		80	70	60	50	40	30		50	40				
15	5:36				2	4	6	Not exceed 5 min	10	20	2	10 min slow bleed on oxygen	75:36	
30	5:12			3	5	8	12		10	50	3		127:12	
<b>Standard Operational Depth/Time Limit</b>														
45	4:24	2		5	10	18	26		10	69	4		176:24	

IN WATER PHASE: Ascent rate is 25 fpm, time between water stops, and from 30 ft stop to surface in 1 minute, 50/50 may be used instead of air at 60 and shallower, the 50/50 is not to be routed through panel until diver is at 60 fsw, umbilical to be flushed with air after each dive if using 50/50.

CHAMBER PHASE: Diver is pressed from surface to 50 in chamber in 30 sec, SI ends when diver is at 50 in chamber, diver has 3 min to begin O2, after 50 ft stop, slide to 40 in 1 min (on O2), first air break as soon as diver arrives at 40, maximum O2 time is 20 min without 5 min air break, time on stop dose not include air breaks.

200 FSW		Surface Decompression Using Oxygen												
Air or 50/50 as breathing medium on in-water decompression stops														
Bottom Time (min)	Time to first stop (min/sec)	Water Stops (in feet and min.)						Surface Interval	Chamber Stops (breathing O2)		5 min Air Breaks	Ascent to surf	Decomp Time (min/sec)	Rept Group Letter
		80	70	60	50	40	30		50	40				
15	6:00				2	6	7	Not exceed 5 min	10	20	2	10 min slow bleed on oxygen	78:00	
30	4:48	2		4	6	10	16		10	50	3		138:48	
<b>Standard Operational Depth/Time Limit</b>														
45	4:48	2		5	12	20	30		10	70	4		194:48	

IN WATER PHASE: Ascent rate is 25 fpm, time between water stops, and from 30 ft stop to surface in 1 minute, 50/50 may be used instead of air at 60 and shallower, the 50/50 is not to be routed through panel until diver is at 60 fsw, umbilical to be flushed with air after each dive if using 50/50.

CHAMBER PHASE: Diver is pressed from surface to 50 in chamber in 30 sec, SI ends when diver is at 50 in chamber, diver has 3 min to begin O2, after 50 ft stop, slide to 40 in 1 min (on O2), first air break as soon as diver arrives at 40, maximum O2 time is 20 min without 5 min air break, time on stop dose not include air breaks.

## F. 研究発表

第 53 回 日本高気圧環境・潜水医学会学術総会：旭川，2018

### 水上減圧法の運用管理

望月 徹、池田知純、柳澤裕之  
東京慈恵会医科大学環境保健医学講座

【目的】水上減圧法は職業潜水における潜水方法の一つで、潜水者は、水中減圧を中断して浮上し、船上減圧室で減圧を完了するというものである(図1)。当該潜水法は、減圧のために潜水者を長時間水中に拘束する必要がなく、潜水設備器材の運用効率も向上するという利点を有するが、減圧を中断して浮上することから、減圧症リスクが懸念される。このため、我が国では規則でその使用が禁じられている。しかしながら、近年、長時間の減圧を必要とする大深度潜水作業が求められており、潜水者の負担軽減のために、その導入が望まれている。また、多発する自然災害に備え、緊急浮上方法としても期待されている。そこで、水上減圧法を導入する際に必要となる運用管理基準について調査検討を行った。

【方法】国内には、水上減圧法に関する十分な知見が無いため、諸外国の安全衛生規則等から情報を得ることとした。水上減圧法は比較的深い潜水で用いられていることから、海底油田開発など大深度潜水作業を伴う産業を有する国を調査対象とした。

【結果】調査は、米国<sup>1)</sup>、カナダ<sup>2)</sup>、英国<sup>3)</sup>、フランス<sup>4)</sup>、ドイツ<sup>5)</sup>、ノルウエー<sup>6)</sup>の6ヶ国を対象とした。水上減圧法を禁じている国はなかったが、英国、フランス、ドイツではその使用を緊急浮上時のみに限っていた。減圧方法に関しては、いずれも酸素減圧法が用いられていたが、使用される減圧表には大きな差異が認められた。水面インターバルは、フランス、ドイツが3分以内、米国とノルウエー、英国が5分以内であった

が、カナダでは最大7分を許容していた。また、再加圧深度は、英国が21m(空気)、米国とノルウエーは15m、カナダ、フランス及びドイツは12mであった。

【考察】水上減圧法に関する規則を比較したところ、その安全性に直接影響を及ぼす水面インターバルや再加圧深度等に差異が認められた。各国の減圧方法における減圧症発症率は報告されていないが、北海での潜水作業を対象としたデータ(1982-1988年)によれば、水上減圧法における減圧症発症率は0.42%であり、同時期の水中減圧法の0.23%に比べ高かった。また、減圧症のうち重篤なⅡ型減圧症の割合は38%と水中減圧法(30%)より高い傾向にあった<sup>7)</sup>。これらのことから、我が国への水上減圧法導入の際に必要な運管理基準を設定のためには、減圧症に対するリスク評価を含め更なる調査と検討が必要である。

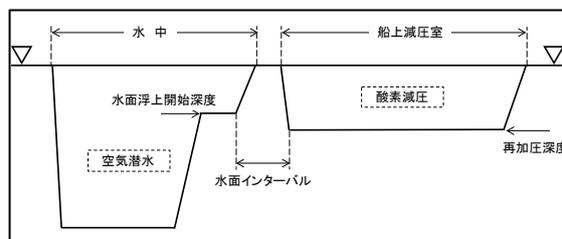


図-1. 水上減圧法の概要

### 参考文献：

- 1) 29 CFR Part 1910 Subpart T - Commercial Diving Operations, OSHA, 2011
- 2) SOR/86-304 18.1 Part 18 Diving Operations, Minister of Justice, 2018
- 3) L-104 Commercial diving projects inland/ in-shore, HSE, 2014
- 4) Travaux en Milieu Hyperbare, Journal Officiel de la Republique Francaise, 1992
- 5) BVG C23, BG-Vorschrift, 2012

- 6) Forskrift, best.nr. 511, Arbeidstilsynet, 2007  
7) Imbert JP: Decompression tables versus

decompression procedures. In: EUBS 1991 Proceedings; pp.223-231

第 92 回 日本産業衛生学会：名古屋，2019

我が国の潜水作業への水上減圧法の導入について

望月 徹、池田知純、柳澤裕之

東京慈恵会医科大学環境保健医学講座

【目的】水上減圧法は職業潜水における潜水方法の一つで、潜水者は、浮上の際に水中での減圧を中断して浮上し、船上の減圧室で減圧を完了するというものである。当該潜水法は、減圧のために潜水者を長時間水中に拘束する必要がなく、潜水設備の運用効率も向上するという利点を有するが、減圧を中断して浮上することから、減圧症のリスクが懸念される。このため、我が国では規則でその使用が禁じられている。しかしながら、近年、長時間の減圧を必要とする大深度潜水作業が求められてきており、潜水者の負担軽減を目的として、その導入が望まれている。また、多発する自然災害に備え、緊急浮上方法としても期待されている。そこで、我が国への水上減圧法導入に際し、必要となる運用基準等について調査検討を行った。

【方法】国内には、水上減圧法に関する十分な知見が無いため、諸外国の安全衛生規則等から情報を得ることとした。水上減圧法は比較的深い潜水で用いられていることから、海底油田開発など大深度潜水作業を伴う産業を有する国を調査対象とした。

【結果】調査は、米国、カナダ、英国、フランス、ドイツ、ノルウェーの 6 ヶ国を

対象とした。水上減圧法を禁じている国はなかったが、英国、フランス、ドイツではその使用を緊急浮上時のみに限っていた。減圧方法に関しては、いずれも酸素減圧法が用いられていたが、使用される減圧表には大きな差異が認められた。水上減圧法の特徴である水面インターバルは、フランス、ドイツが 4 分以内、米国とノルウェー、英国が 5 分以内であったが、カナダでは最大 7 分を許容していた。また、船上減圧室での再加圧深度は、英国が 21m (空気)、米国とノルウェーは 15m、カナダ、フランス及びドイツは 12m であった。

【考察】水上減圧法に関する規則を比較したところ、その安全性に直接影響を及ぼす因子である水面インターバルや再加圧深度等に差異が認められた。各国の減圧法における減圧症発症率は詳細には報告されていないが、北海での潜水作業を対象とした調査データ (1982-1988 年) によれば、水上減圧法における減圧症発症率は 0.42% (274/64,965) であり、同時期の水中減圧法の 0.23% (47/20,152) に比べ高かった。また、減圧症のうち重篤な II 型減圧症の割合は 38% (103/274) と水中減圧法 (30%) より高い傾向にあった。これらのことから、我が国への水上減圧法の導入に際しては、安全な運用基準の設定のために更なる調査と検討が必要である。

G. 研究成果の刊行に関する一覧表

書籍

著者氏名	論文タイトル名	書籍全体の	書 籍 名	出版社名	出版地	出版年	ページ
	該当なし						

雑誌

発表者氏名	論文タイトル名	発表誌名	巻号	ページ	出版年
望月 徹	水上減圧法の運用管理	日本高気圧環境 潜水医学会雑誌	53巻4号	275	2018