

労災疾病臨床研究事業費補助金研究報告書
(160302)

**高気圧作業に伴う船上(水上)減圧における減圧症発症状況等
人体影響に係る調査研究**

平成 28 年度～29 年度 総合研究報告書

主任研究者 柳下 和慶

(東京医科歯科大学・医学部附属病院高気圧治療部・准教授・部長)

平成 30 年 3 月

2年間の補助研究事業が終わって

本調査研究は平成28年4月に開始され2年間の枠内で検討されてきた。この間、関係する潜水企業各位が一致して全面的に協力して下され、所期の予定されていた調査内容に関し、ほぼフル回答を得られたことに感謝致します。その結果、調査目的はほぼ達成でき、資料収拾も満足できる内容となった。

この調査は、平成27年4月の高圧則の改訂に伴い、混合ガス・酸素の潜水への適用が条件を満たす範囲で認められ、日本国内の潜水方法の選択肢が広がったが、水中での急性酸素中毒の対策や長時間の水中減圧に伴う潜水者の心身的負荷の軽減など新たな課題と事故防止のリスクが発生してきた。

このリスクに対して、船上減圧は、水中での酸素中毒を回避する方法であり、水中における急性酸素中毒罹患だけではなく水中減圧の負荷軽減に起因する様々なリスクを回避できる手段であること、特殊な減圧方法であるため適切な基準の下での運用が求められるが、技術はすでに確立（アメリカ海軍潜水マニュアルやカナダDCIEM潜水マニュアルなど）されているため実潜水作業の準備は整っている。

本研究で国内外の船上減圧作業記録などを収拾して詳細に分析したところ、減圧症の発症率は空気呼吸潜水による作業では発症率は高い結果を認めたが、混合ガス（Helioxなど）を用いることで発症率は抑えられていることが確認できた。ただ、今回の調査結果は船上減圧システムが構築された環境下での結果であり、安全な船上減圧の実施にはシステムの構築が基盤に必要と考えられる。

平成30年(2018)3月

東京医科歯科大学・医学部附属病院高気圧治療部

准教授 部長

主任研究者 柳下和慶

目 次

総合研究報告

高気圧作業に伴う船上（水上）減圧における減圧症発症状況等

人体影響に係る調査研究

研究代表者氏名・分担研究者

----- 1

研究要旨

----- 2

I. 研究目的 ----- 3

II. 船上減圧システム ----- 4

2-1 必要な設備・備品 ----- 4

2-1 潜水方法および減圧プロフィール ----- 4

III. 船上減圧の減圧表（作業深度と時間）と減圧プロフィール ----- 7

3-1 U.S. Navy(米国海軍)空気潜水・船上減圧表 ----- 7

3-2 U.S. Navy の空気潜水・船上減圧プロフィール ----- 10

3-2-1 21.5m・90 分作業のプロフィール ----- 10

3-2-2 36.8m・90 分作業のプロフィール ----- 11

3-3 U.S. Navy 混合ガス潜水・船上減圧表 ----- 12

3-4 U.S. Navy 混合ガス潜水・船上減圧(46.0m・30分)作業のプロフィール ----- 21

3-4-1 46.0m・30 分作業のプロフィール ----- 21

3-4-2 61.3m・30 分作業のプロフィール ----- 22

3-5 DCIEM 空気潜水・船上減圧表 ----- 23

高所潜水による深度修正表 ----- 35

3-5 DCIEM 空気減圧表のプロフィール ----- 36

3-5-1 21.5m・90 分の作業プロフィール ----- 36

3-5-2 36.8m・90 分の作業プロフィール ----- 37

3-6 DCIEM 混合ガス潜水・船上減圧表 ----- 38

ヘリウム酸素潜水減圧表 ----- 38

3-6-1 46.0m・30 分の作業プロフィール ----- 45

3-6-2 61.3m・30 分の作業プロフィール ----- 46

3-7 A 社の混合ガス潜水・船上減圧表 ----- 47

3-7-1 46.0m・30 分(酸素濃度 20%)の作業プロフィール ----- 51

3-7-2 46.0m・30 分(酸素濃度 10%)の作業プロフィール ----- 52

3-7-3 61.3m・30 分(酸素濃度 20%)の作業プロフィール ----- 53

3-7-4 61.3m・30 分(酸素濃度 10%)の作業プロフィール ----- 54

表 3-1. 船上減圧の比較 ----- 55

IV. 調査対象および方法	-----	56
V. 調査結果	-----	57
5-1. 対象調査期間と作業件数	-----	57
5-2. 減圧症発症率	-----	57
5-3. Heliox 潜水の船上減圧による潜水深度と作業時間との関係	-----	58
5-4. 空気潜水の船上減圧による潜水深度と作業時間との関係	-----	59
5-5. 減圧症発症誘因についての統計学的検討	-----	60
VI. 考察	-----	65
VII. 結論	-----	67
VIII. 研究発表	-----	68
IX. 知的所有権の取得状況	-----	69
参考文献	-----	70

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）減圧における減圧症発症状況等

人体影響に係る調査研究

代表研究者 柳下 和慶（東京医科歯科大学 医学部附属病院高気圧治療部

准教授、部長）

分担研究者 横本 光裕（同大学医学部附属病院高気圧治療部 講師）

小島 泰史（同大学医学部附属病院高気圧治療部 非常勤講師）

芝山 正治（同大学大学院整形外科学 非常勤講師）

小柳津 卓哉（同大学医学部附属病院高気圧治療部 医員）

新関 祐美（同大学医学部附属病院高気圧治療部 非常勤講師）

山本 尚輝（同大学医学部附属病院高気圧治療部 医員）

研究要旨

船上減圧は水中減圧に起因する様々なリスク、例えば急激な天候の変化による水中減圧の中止、長時間水中に滞在することによる体温低下などのリスクを最小限に抑制することができる。さらには特に水中での酸素減圧や、酸素が含まれる混合ガス潜水では、船上減圧により水中での急性酸素中毒の発症リスクを低減することができる船上減圧であるが、平成27年4月1日に改正・施行された高気圧作業安全衛生規則では船上減圧法は制限され実施ができない。そこで船上減圧の利点や問題点を調べるため、改正前に実施された船上減圧の記録や、減圧症発症などについて調査・分析し、減圧症の発症率や他の障害、疾患の発症率などの人体への影響を調べ、安全な船上減圧方法の実施の有無を検討した。

【方法】 潜水作業会社2社（A社、B社）の1994～2015年3月までに実施された船上減圧の記録を収集した。

【結果】 作業回数と減圧症発症数は延べ5,739件（内訳はHeliox潜水3,554件、空気潜水2,185件）、減圧症発症件数はHeliox潜水5件（0.141%）、空気潜水35件（1.602%）であった。

【考察】 Heliox潜水での減圧症発症率は許容範囲内であるが、空気においては40mを超える潜水では発症率が高い。船上減圧の特徴である急減圧から再圧室に入り、再加圧するまでの一連の行動を確実なものにすればHeliox潜水においての船上減圧システムはダイバーにとって身体負荷を軽減させられる安全な潜水方法であると考える。

I. 研究目的

船上減圧とは、所定の水中減圧停止時間をとらせることなく急速減圧し、その後直ちに船上の再圧室でダイバーのある深度レベルまで再加圧した後、改めて減圧する方法である。

船上減圧では減圧途中の最終段階で急激に減圧して大気圧に曝露するため、通常の水中減圧に比べて減圧症^{1,2)}リスクが高まると考えられる。そのため水中減圧深度を離脱してから一旦大気圧に曝露し、再圧室に入って所定深度まで再加圧を完了するまでの時間を5~7分ほどに制限されている報告がある(U.S.Navy Diving Manual Rev.6³⁾, DCIEM Diving Manual : Defence and Civil Institute of Environmental Medicine⁴⁾)。

船上減圧における人体への影響、特に減圧症発生状況の調査のためには、船上減圧の実情などを把握し、減圧症などの発症について比較検討を要する。諸外国での船上減圧については、公的機関（U.S.NavyやDCIEMなど）以外でのデータを収集・把握するのは非常に困難である^{5,6,7)}。国内では、公的機関での船上減圧の実績は少ない。一方、1970年代、当時の海洋科学技術センター（JAMSTEC：現国立研究開発法人 海洋開発研究機構）において実施されたシートピア計画で混合ガス潜水の技術が導入されたが、その際の技術を基盤として深海潜水を実施している民間企業が、最も船上減圧の実績を有している。

以上の背景より、今回の研究目的は、主に十分に実績を有した民間企業での船上減圧（混合ガス・空気潜水）の方法・実績を調査し、船上減圧による減圧症の発症状況などの人体への影響に係る情報を収集することである。さらに、安全に船上減圧を行う場合に配慮すべき事項の検討に資する知見を得ることを目的とする。

II. 船上減圧システム

2-1. 必要な設備・備品

船上（台船）に再圧室（DDC）、ダイバー潜降・浮上用のケージクレーン・混合ガスなどのガスシリンダー・ダイバーとの交信などの管理を行う管制室などを設置する（図 3-1）。

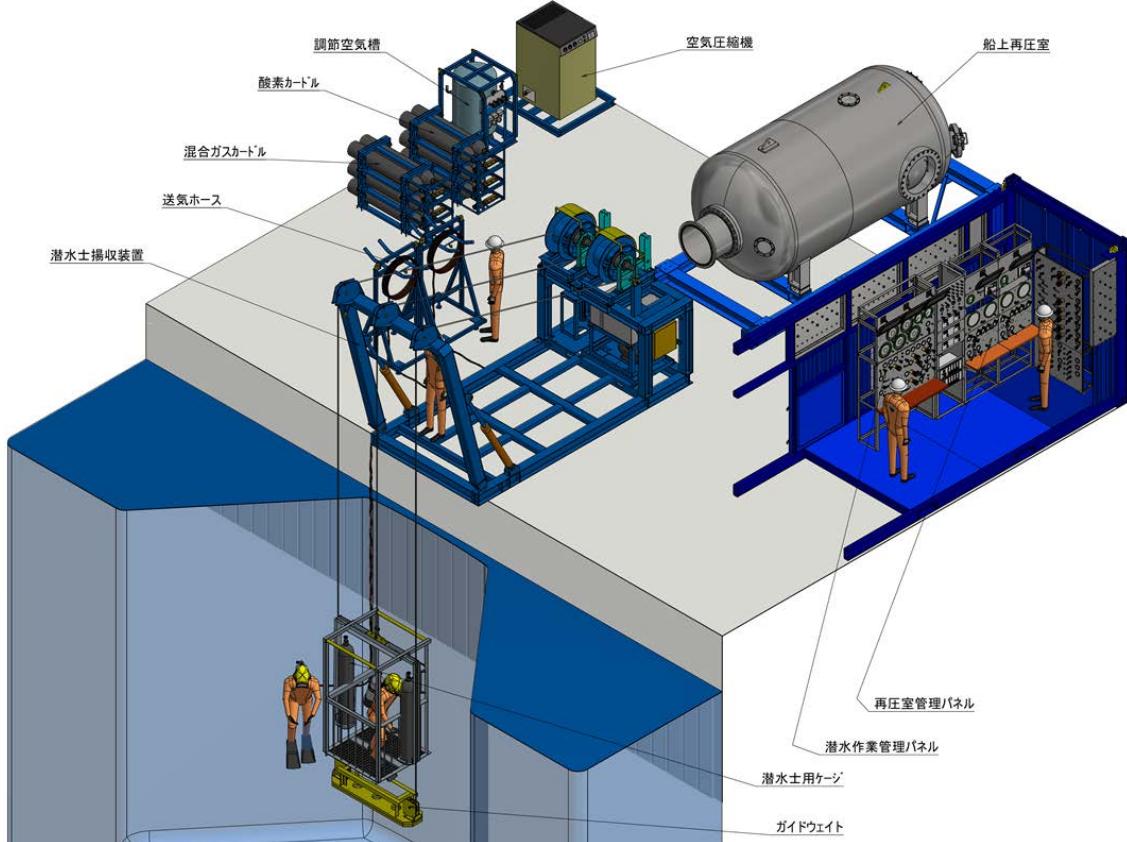


図 3-1 船上（台船）に設置された装置

2-2. 潜水方法および減圧プロフィール

送気式の潜水装備を用い作業を行い、その後の減圧は所定の速度で浮上を行う。減圧深度 12m に達した時点で水中に降ろされたゲージに乗り込み減圧を行う（図 3-2）。12m で所定の減圧を終了した後、ゲージに乗ったまま浮上（急速減圧）を行い船上に移動（写真 3-1）し、器材を取り外して再圧室に入室（写真 3-2）し、直ちに再加圧を行い、12m(0.12MPa)まで加圧するまでに要する時間は 5~7 分以内とする。再圧室で 12m まで加圧した時点で酸素吸入を開始する。酸素吸入を 30 分行った後 5 分の空気呼吸（酸素マスクを外す）に切り替え酸素 30 分、空気 5 分の間隔で酸素吸入を所定の減圧に応じて続ける。

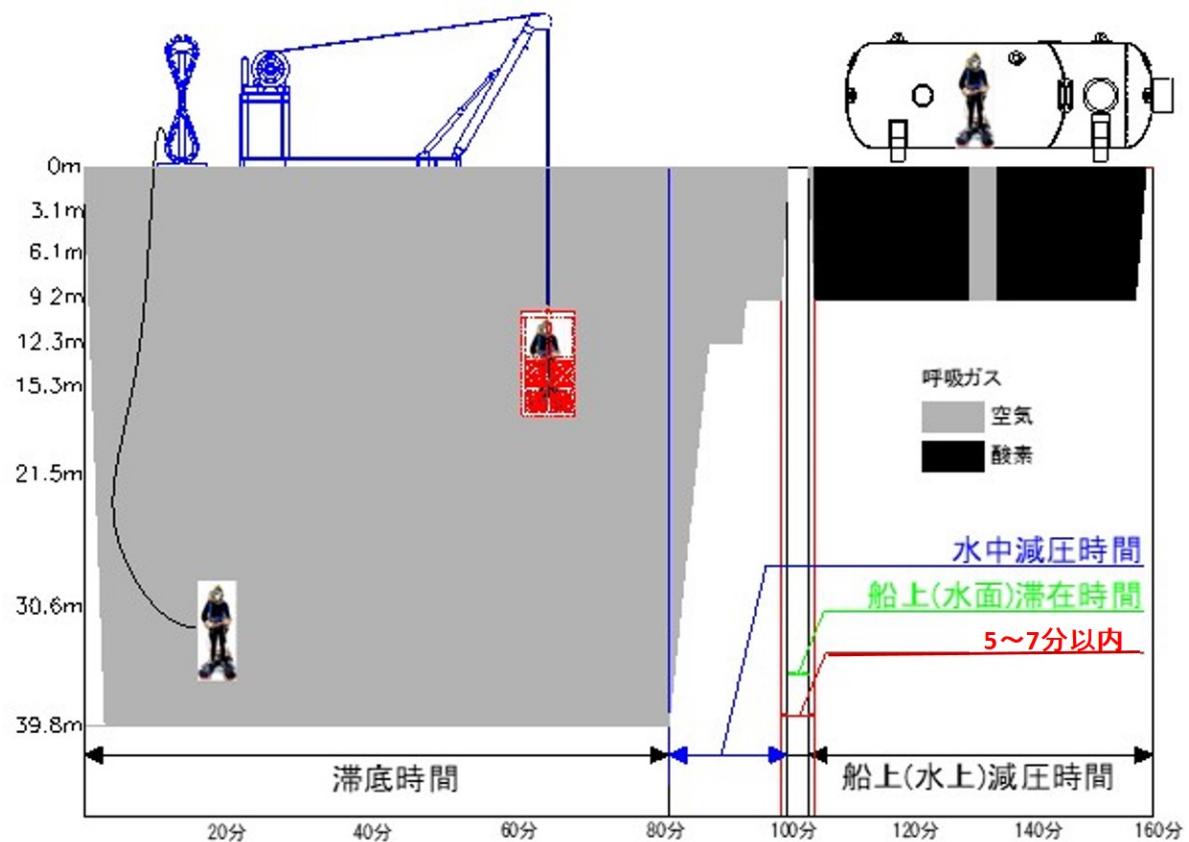


写真 3-1 ダイバー揚収装置を利用して浮上するダイバー



写真 3-2 船上減圧用のチェンバー

III. 船上減圧の減圧表（作業深度と時間）と減圧プロフィール

3-1. U.S.Navy(米国海軍)空気潜水・船上減圧表⁸⁾

U.S.Navy : US,Navy Diving Manual Rev,7, Surface Decompression Table. Air Decompression p9-15~9-18, Surface-Supplied Mixed Gas Diving p12-10~12-11, (1 Dec,2016)

Table 9-10. Surface Decompression Table Using Oxygen.

Depth feet/meters	Bottom time (min)	Time to first stop or surface (min:sec)	Time (min) breathing air at water stops (feet/meters)				Surface Interval	Time at 40-foot chamber stop (min) on oxygen	Surface	Total decompression time (min:sec)
			60	50	40	30				
70	50	2:20								2:20
	90	2:20						15		22:40
	120	2:20						23		30:40
	150	2:20						31		43:40
	180	2:20						39		51:40
21.5	40	2:40								2:40
	70	2:40						14		22:00
	85	2:40						20		28:00
	100	2:40						26		34:00
	115	2:40						31		44:00
	130	2:40						37		50:00
	150	2:40						44		57:00
80	30	3:00								3:00
	60	3:00						14		22:20
	70	3:00						20		28:20
	80	3:00						25		33:20
	90	3:00						30		38:20
	100	3:00						34		47:20
	110	3:00						39		52:20
	120	3:00						43		56:20
	130	3:00						48		61:20
24.5	1-MINUTE 20 SECONDS ASCENT FROM 40 FEET IN CHAMBER TO SURFACE									
90	25	3:20								3:20
	50	3:20						14		22:40
	60	3:20						20		28:40
	70	3:20						26		34:40
	80	3:20						32		45:40
	90	3:20						38		51:40
	100	3:20						44		57:40
	110	3:20						49		62:40
	120	2:20				3		53		69:20
100	TOTAL TIME FROM LAST WATER STOP TO FIRST CHAMBER STOP NOT TO EXCEED 5 MINUTES									
30.6	20	3:40								3:40
	40	3:40						12		21:00
	50	3:40						19		28:00
	60	3:40						26		35:00
	70	3:40						33		47:00
	80	2:40			1			40		55:00
	90	2:40			2			46		62:00
	100	2:40			5			51		70:00
	110	2:40			12			54		80:00
110										
33.7										

Table 9-10. Surface Decompression Table Using Oxygen (Continued).

Depth feet/meters	Bottom time (min)	Time to first stop or surface (min:sec)	Time (min) breathing air at water stops (feet/meters)				Surface Interval	Time at 40-foot chamber stop (min) on oxygen	Surface	Total decompression time (min:sec)
			60	50	40	30				
120	15	4:00								4:00
	30	4:00						9		18:20
	40	4:00						16		25:20
	50	4:00						24		33:20
	60	3:00			2			32		48:20
	70	3:00			4			39		57:20
	80	3:00			5			46		65:20
	90	3:00			3	7		51		75:20
	100	3:00			6	15		54		89:20
			TO EXCEED 5 MINUTES							
130	10	4:20								4:20
	30	4:20						12		21:40
	40	4:20						21		30:40
	50	3:20			3			29		41:40
	60	3:20			5			37		56:40
	70	3:20			7			45		66:40
	80	3:00			6	7		51		78:40
	90	3:00			10	12		56		92:40
			TO FIRST CHAMBER STOP NOT TO EXCEED 5 MINUTES							
140	10	4:40								4:40
	25	4:40						11		21:00
	30	4:40						15		25:00
	35	4:40						20		30:00
	40	3:40			2			24		36:00
	45	3:40			4			29		43:00
	50	3:40			6			33		54:00
	55	3:40			7			38		60:00
	60	3:40			8			43		66:00
	65	3:20			3	7		48		73:00
	70	3:00		2	7	7		51		82:00
			1-MINUTE 20 SECONDS ASCENT FROM 40 FEET IN CHAMBER TO SURFACE							
150	5	5:00								5:00
	25	5:00						13		23:20
	30	5:00						18		28:20
	35	4:00			4			23		37:20
	40	3:40		3	6			27		46:20
	45	3:40		5	7			33		60:20
	50	3:20		2	5	8		38		68:20
	55	3:00	2	5	9	4		44		79:20
			TOTAL TIME FROM LAST WATER STOP TO FIRST CHAMBER STOP NOT TO EXCEED 5 MINUTES							

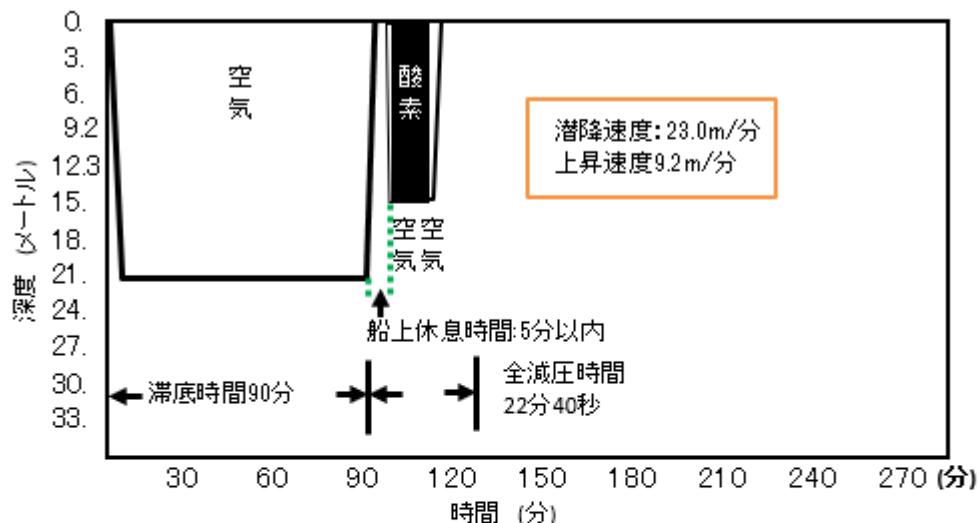
Table 9-10. Surface Decompression Table Using Oxygen (Continued).

Depth feet/meters	Bottom time (min)	Time to first stop or surface (min:sec)	Time (min) breathing air at water stops (feet/meters)				Surface Interval	Time at 40-foot chamber stop (min) on oxygen	Total decompression time (min:sec)
			60	50	40	30			
160	5	5:20					TOTAL TIME FROM LAST WATER STOP TO FIRST CHAMBER STOP NOT TO EXCEED 5 MINUTES		5:20
	20	5:20						11	21:40
	25	5:20						16	26:40
	30	4:20				2		21	33:40
	35	4:00			4	6		26	46:40
	40	3:40		3	5	8		32	63:40
	45	3:20	3	4	8	6		38	74:40
49.0	5	5:40					1-MINUTE 20 SECONDS ASCENT FROM 40 FEET IN CHAMBER TO SURFACE		5:40
	20	5:40						13	24:00
	25	5:40						19	30:00
	30	4:20			3	5		23	42:00
	35	4:00		4	4	7		29	55:00
	40	3:40	4	4	8	6		36	74:00
	45	3:20							
170	5	5:40					TOTAL TIME FROM LAST WATER STOP TO FIRST CHAMBER STOP NOT TO EXCEED 5 MINUTES		5:40
	20	5:40						13	24:00
	25	5:40						19	30:00
	30	4:20			3	5		23	42:00
	35	4:00		4	4	7		29	55:00
	40	3:40	4	4	8	6		36	74:00
	45	3:20							
52.1	5	5:40					1-MINUTE 20 SECONDS ASCENT FROM 40 FEET IN CHAMBER TO SURFACE		5:40
	20	5:40						13	24:00
	25	5:40						19	30:00
	30	4:20			3	5		23	42:00
	35	4:00		4	4	7		29	55:00
	40	3:40	4	4	8	6		36	74:00
	45	3:20							

3-2. U.S.Navy の空気潜水・船上減圧プロフィール

3-2-1 21.5m・90分作業のプロフィール

USN 空気潜水・船上酸素減圧表 (21.5m/90分)

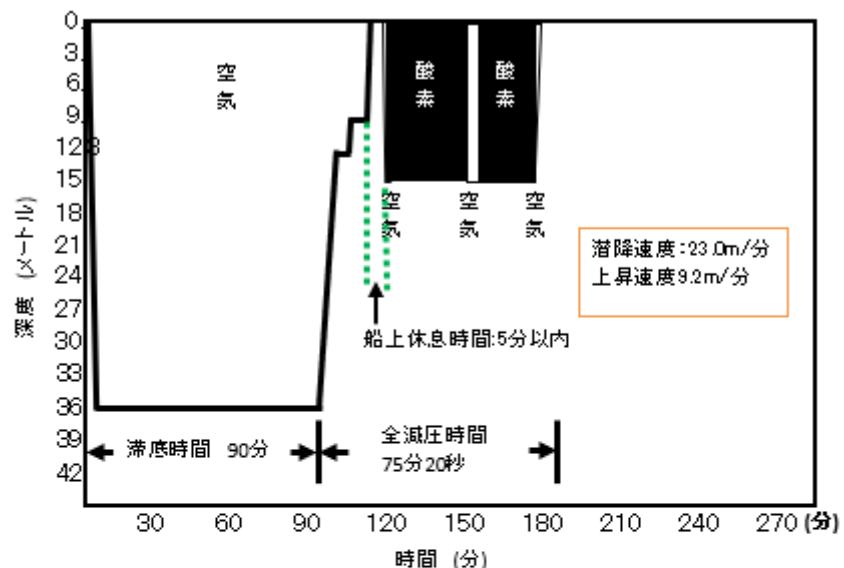


潜水スケジュール	21.5m/90分	
減圧スケジュール	21.5m/90分	
減圧停止時間		
船上	水中減圧点 12.3mから上昇してチャンバー深度15.3m加圧完了まで5分以内	
チャンバー	0m-12.3m	30秒
	12.3m	15分
	12.3m-0m	1分
		空気
		100%酸素
		空気

図 3-3 USNavy 21.5m・90分

3-2-2 36.8m・90分作業のプロフィール

USN 空気潜水・船上酸素減圧表 (36.8m/90分)



潜水スケジュール	36.8m/90分
減圧スケジュール	36.8m/90分
減圧停止時間	
水中	
12.3m	3分
9.2m	7分
船上	水中減圧点 9.2mから上昇してチャンバー深度12.3m加圧完了まで5分以内
チャンバー	
0m-12.3m	30秒
12.3m	56分
12.3m	1分
	空気
	100%酸素51分-空気5分
	空気

図 3-4 USNavy 36.8m・90分

3 - 3 . U.S.Navy 混合ガス潜水・船上減圧表

Table 14-3. Surface Supplied Helium Oxygen Decompression Table

		Decompression Stops (fsw)															
Depth (fsw)	Bottom Time (min.)	Time to First Stop (min.sec)		BOTTOM MIX										Chamber O ₂ Periods	100% O ₂		
		190	180	170	160	150	140	130	120	110	100	90	80	70	60	50	40
60	10	2:00														0	0
	20	2:00														0	0
	30	2:00														0	0
	40	2:00														0	0
	60	0:40														10	11
	80	0:40														13	16
	100	0:40														16	22
	120	0:40														17	27
																28	2
70	10	2:20														0	0
	20	2:20														0	0
	30	2:20														10	10
	40	1:00														14	16
	60	1:00														18	24
	80	1:00														19	30
	100	1:00														21	34
	120	1:00														21	37
80	10	2:40														0	0
	20	2:40														0	0
	25	2:40														11	16
	30	1:20														13	21
	40	1:20														18	32
	60	1:20														21	38
	80	1:20														24	42
	100	1:20														25	3
	120	1:20														29	0
90	10	3:00														0	0
	20	3:00														13	0
	30	1:40														16	21
	40	1:40														18	26
	60	1:40														21	38
	80	1:40														25	45
	100	1:40														28	50
	120	1:40														29	52

Decompression Stops (fsw)

Table 14-3. Surface Supplied Helium Oxygen Decompression Table (cont'd)

Depth (ftsw)	Bottom Time (min.)	Time to First Stop (min:sec)	BOTTOM MIX												50% O ₂				100% O ₂				Chamber Periods
			190	180	170	160	150	140	130	120	110	100	90	80	70	60	50	40	30	20			
100	10	3:20																				0	0
	15	3:20																				0	0
	20	2:00																				10	11
	30	2:00																				17	1
	40	2:00																				15	24
	60	2:00																				32	2
	80	2:00																				25	44
	100	2:00																				28	52
	120	2:00																				31	56
110	10	2:20																				32	58
	20	2:20																				10	3
	30	2:20																				12	20
	40	2:20																				17	28
	60	2:20																				20	36
	80	2:20																				27	49
	100	2:20																				31	58
	120	2:20																				33	62
120	10	2:40																				35	64
	20	2:40																				10	1
	30	2:40																				14	23
	40	2:40																				19	33
	60	2:40																				23	42
	80	2:40																				30	55
	100	2:40																				34	63
	120	2:40																				36	66
130	10	2:40																				35	65
	20	2:40																				10	1
	30	2:40																				10	12
	40	2:20																				10	18
	60	2:20																				22	40
	80	2:20																				29	52
	100	2:20																				33	60
	120	2:20																				35	66

Exceptional Exposure times are surrounded by the black box

Table 14-3. Surface Supplied Helium Oxygen Decompression Table (cont'd)

		Decompression Stops (fsw)													
Depth (fsw)	Bottom Time (min.)	Time to First Stop (min:sec)												Chamber O ₂ Periods	
		BOTTOM MIX													
140	10	3:00												100% O ₂	
	20	3:00												10	10
	30	3:00												12	19
	40	3:00												10	10
	60	3:00												18	30
	80	3:00												10	10
	100	3:00												29	52
	120	3:00												10	10
150	10	3:20												100% O ₂	
	20	3:00												10	10
	30	3:00												10	10
	40	3:00												19	34
	60	3:00												10	10
	80	3:00												31	44
	100	3:00												10	10
	120	3:00												35	64
160	10	3:20												100% O ₂	
	20	3:20												10	10
	30	3:20												10	10
	40	3:20												10	10
	60	3:20												26	47
	80	3:00												10	10
	100	3:00												30	56
	120	3:00												35	64
170	10	3:20												100% O ₂	
	20	3:20												10	10
	30	3:20												10	10
	40	3:20												10	10
	60	3:20												10	10
	80	3:20												14	14
	100	3:00												14	14
	120	3:00												17	17

Exceptional Exposure times are surrounded by the black box.

Table 14-3. Surface Supplied Helium Oxygen Decompression Table (cont'd)

		Decompression Stops (fsw)																		
Depth (fsw)	Bottom Time (min.)	Time to First Stop (min:sec)		50% O ₂										Chamber O ₂ Periods						
		BOTTOM MIX		190	180	170	160	150	140	130	120	110	100	90	80	70	60	50	40	
180	10	3:40													7	0	10	10	9	14
	20	3:40													7	0	10	10	17	30
	30	3:40													7	4	10	10	25	45
	40	3:20													0	8	10	10	30	54
	60	3:20													7	5	11	11	35	64
	80	3:20													7	9	15	15	36	66
	100	3:20													7	13	19	19	36	66
190	10	4:00													7	13	19	19	36	66
	20	3:40													7	0	2	10	10	1
	30	3:40													7	0	7	10	10	2
	40	3:40													7	4	9	10	10	3
	60	3:40													60	9	13	13	34	62
	80	3:20													7	3	13	18	18	62
	100	3:20													7	6	16	21	21	62
200	10	4:00													7	8	20	23	23	66
	20	4:00													7	0	0	10	10	17
	30	3:40													7	0	4	10	10	36
	40	3:40													7	3	7	10	10	46
	60	3:40													7	0	7	10	10	50
	80	3:40													7	4	10	14	14	58
	100	3:40													7	8	14	18	18	66
210	10	4:20													7	12	17	23	23	66
	20	4:00													8	15	21	23	23	66
	30	4:00													7	0	6	10	10	7
	40	4:00													7	3	9	10	10	3
	60	3:40													7	0	9	11	17	35
	80	3:40													7	3	11	15	20	66
	100	3:40													7	6	14	19	23	66
	120	3:40													7	6	18	23	23	66

Exceptional Exposure times are surrounded by the black box.

Table 14-3. Surface Supplied Helium Oxygen Decompression Table (cont'd)

Decompression Stops (fsw)												Chamber O ₂ Periods	
Depth (fsw)	Bottom Time (min.)	Time to First Stop (min:sec)	50% O ₂										100% O ₂
			BOTTOM MIX										
220	10	4:40							7	0	2	10	10
	20	4:20							7	0	3	7	10
	30	4:20							7	2	6	9	10
	40	4:00							7	0	6	9	11
	60	4:00							7	4	9	12	18
	80	4:00							7	6	12	17	21
	100	4:00							7	12	15	20	23
	120	4:00							8	14	19	23	23
230	10	4:40							7	0	0	3	10
	20	4:20							7	0	3	4	10
	30	4:20							7	0	5	7	10
	40	4:00							7	0	3	7	9
	60	4:00							7	0	8	10	14
	80	4:00							7	3	10	14	18
	100	4:00							7	6	12	17	23
	120	4:00							7	7	16	19	23
240	10	4:40							7	0	0	3	4
	20	4:40							7	0	3	5	7
	30	4:20							7	0	3	6	7
	40	4:20							7	0	5	8	9
	60	4:20							7	4	8	11	14
	80	4:20							7	11	16	19	19
	100	4:20							7	10	14	19	23
	120	4:00							7	3	12	17	19
250	10	5:00							7	0	0	3	4
	20	4:40							7	0	0	3	7
	30	4:40							7	0	4	6	8
	40	4:40							7	2	5	9	9
	60	4:20							7	0	7	9	12
	80	4:20							7	3	9	13	15
	100	4:20							7	6	11	14	19
	120	4:20							7	8	13	19	20

Exceptional Exposure times are surrounded by the black box.

Table 14-3. Surface Supplied Helium Oxygen Decompression Table (cont'd)

Decompression Stops (fsw)												Chamber O ₂ Periods													
Depth (fsw)	Bottom Time (min.)	Time to First Stop (min:sec)	190	180	170	160	150	140	130	120	110	100	90	80	70	60	50	40	30	20					
			BOTTOM MIX												50% O ₂				100% O ₂						
260	10	5:00											7	0	0	0	4	4	10	10	16	27	2		
	20	5:00											7	0	3	4	6	7	10	10	27	50	3		
	30	4:40											7	0	2	5	6	9	10	10	33	62	4		
	40	4:40											7	0	3	8	9	10	15	15	35	64	5		
	60	4:40											7	3	7	10	14	16	21	21	36	68	6		
	80	4:40											7	6	10	13	17	23	23	23	36	66	7		
	100	4:20											7	2	9	13	16	20	23	23	36	66	8		
	120	4:20											7	4	11	14	19	20	23	23	36	66	8		
270	10	5:20											7	0	0	0	3	3	4	10	10	17	28	2	
	20	5:00											7	0	0	3	6	6	8	10	10	29	52	3	
	30	5:00											7	0	3	6	6	9	13	13	34	62	4		
	40	5:00											7	0	2	5	8	8	12	16	16	35	66	5	
	60	4:40											7	0	6	8	10	14	19	23	23	36	66	6	
	80	4:40											7	3	8	11	14	17	23	23	36	66	7		
	100	4:40											7	5	11	13	16	20	23	23	36	66	8		
	120	4:40											7	8	12	16	19	20	23	23	36	66	8		
280	10	5:40											7	0	0	0	3	3	4	10	10	18	31	2	
	20	5:20											7	0	0	4	6	7	7	10	10	30	54	3	
	30	5:00											7	0	1	5	5	9	9	12	12	35	64	4	
	40	5:00											7	0	4	6	8	9	12	17	17	36	66	5	
	60	5:00											7	4	6	8	12	15	18	23	23	36	66	7	
	80	4:40											7	0	7	9	11	15	17	23	23	36	66	8	
	100	4:40											7	2	9	11	15	17	20	23	23	36	66	8	
	120	4:40											7	4	11	13	16	19	20	23	23	36	66	8	
290	10	5:40											7	0	0	0	4	3	4	10	10	19	33	2	
	20	5:20											7	0	0	2	6	6	6	9	10	30	56	3	
	30	5:20											7	0	2	5	5	9	9	14	14	34	63	5	
	40	5:20											7	0	5	7	8	11	13	17	17	35	66	5	
	60	5:00											7	0	6	7	9	12	15	20	23	23	36	66	7
	80	5:00											7	2	8	10	12	16	19	23	23	36	66	8	
	100	5:00											7	5	10	12	15	19	20	23	23	36	66	8	
	120	5:00											7	8	11	16	17	19	20	23	23	36	66	8	

Exceptional Exposure times are surrounded by the black box.

Table 14-3. Surface Supplied Helium Oxygen Decompression Table (cont'd)

Decompression Stops (fsw)

Depth (fsw)	Bottom Time (min.)	Time to First Stop (min:sec)	190 180 170 160 150 140 130 120 110 100 90 80 70 60 50 40 30 20												Chamber O_2 Periods				
			50% O_2																
BOTTOM MIX															50% O_2				
			7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	
300	10	6:00																	
	20	5:40																	
	30	5:40																	
	40	5:40																	
	60	5:20																	
	80	5:20																	
	100	5:20																	
	120	5:20																	
			7	8	11	16	17	19	20	23	23	23	23	23	23	23	23	23	
310	10	6:00																	
	20	5:40																	
	30	5:40																	
	40	5:20																	
	60	5:20																	
	80	5:20																	
	100	5:20																	
	120	5:20																	
			7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	
320	10	6:20																	
	20	6:00																	
	30	5:40																	
	40	4:40																	
	60	5:20																	
	80	5:20																	
	100	5:20																	
	120	5:20																	
			7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	
330	10	6:20																	
	20	6:00																	
	30	6:00																	
	40	5:40																	
	60	5:40																	
	80	5:40																	
	100	5:40																	
	120	5:20																	
			7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	

Exceptional Exposure times are surrounded by the black box.

Table 14-3. Surface Supplied Helium Oxygen Decompression Table (cont'd)

Decompression Stops (fsw)

Depth (fsw)	Bottom Time (min.)	Time to First Stop (min:sec)	50% O ₂												100% O ₂		Chamber Cycles Periods						
			BOTTOM MIX																				
			190	180	170	160	150	140	130	120	110	100	90	80	70	60	50						
340	10	6:40					7	0	0	0	3	3	3	4	7	10	10	23	41	3			
	20	6:20					7	0	0	2	4	5	7	8	9	10	10	33	60	5			
	30	6:00					7	0	0	3	5	6	8	9	13	18	18	35	66	6			
	40	6:00					7	0	2	4	6	7	8	10	13	16	22	22	36	66	7		
	60	5:40					7	0	3	5	6	9	10	13	16	18	21	23	23	36	66	8	
	80	5:40					7	0	7	8	11	13	15	19	20	23	23	23	36	66	8		
	100	5:40					7	2	8	8	12	13	16	17	19	20	23	23	23	36	66	8	
	120	5:40					7	4	9	11	13	15	16	17	19	20	23	23	23	36	66	8	
350	10	6:40					7	0	0	0	2	2	3	3	5	7	10	10	24	43	3		
	20	6:20					7	0	0	0	4	4	5	5	7	9	13	13	34	63	5		
	30	6:20					7	0	1	4	4	5	7	8	11	13	18	18	36	66	6		
	40	6:00					7	0	1	3	5	6	7	8	11	14	17	23	23	36	66	7	
	60	6:00					7	0	5	5	8	8	11	12	16	19	23	23	23	36	66	8	
	80	6:00					7	2	7	7	10	11	13	17	19	20	23	23	23	36	66	8	
	100	5:40					7	0	6	8	9	11	15	16	17	19	20	23	23	23	36	66	8
	120	5:40					7	1	7	9	12	14	15	16	17	19	20	23	23	23	36	66	8
360	10	7:00					7	0	0	0	2	2	3	3	5	7	7	10	10	25	44	3	
	20	6:40					7	0	2	3	4	5	5	8	10	13	13	13	34	63	5		
	30	6:20					7	0	3	3	5	6	7	8	11	13	19	19	36	66	6		
	40	6:20					7	0	2	4	5	7	7	9	10	14	20	23	23	36	66	7	
	60	6:20					7	2	5	6	7	9	11	14	16	19	23	23	23	36	66	8	
	80	6:00					7	0	6	6	8	11	12	14	16	19	20	23	23	23	36	66	8
	100	6:00					7	2	7	8	11	13	16	17	19	20	23	23	23	36	66	8	
	120	6:00					7	4	8	10	12	14	15	16	17	19	20	23	23	23	36	66	8
370	10	7:00					7	0	0	0	0	3	3	3	3	7	7	10	10	25	46	3	
	20	6:40					7	0	0	0	3	4	4	5	5	8	10	13	13	34	63	5	
	30	6:20					7	0	0	2	3	4	4	7	7	8	11	16	19	19	36	66	7
	40	6:20					7	0	4	4	5	6	8	10	11	14	20	23	23	36	66	8	
	60	6:20					7	0	4	5	7	8	9	11	13	17	20	23	23	36	66	8	
	80	6:00					7	0	3	6	7	9	10	12	15	17	19	20	23	23	36	66	8
	100	6:00					7	0	6	7	9	10	14	15	16	17	19	20	23	23	36	66	8
	120	6:00					7	1	7	9	11	13	14	15	16	17	19	20	23	23	36	66	8

Exceptional Exposure times are surrounded by the black box.

Table 14-3. Surface Supplied Helium Oxygen Decompression Table (cont'd)

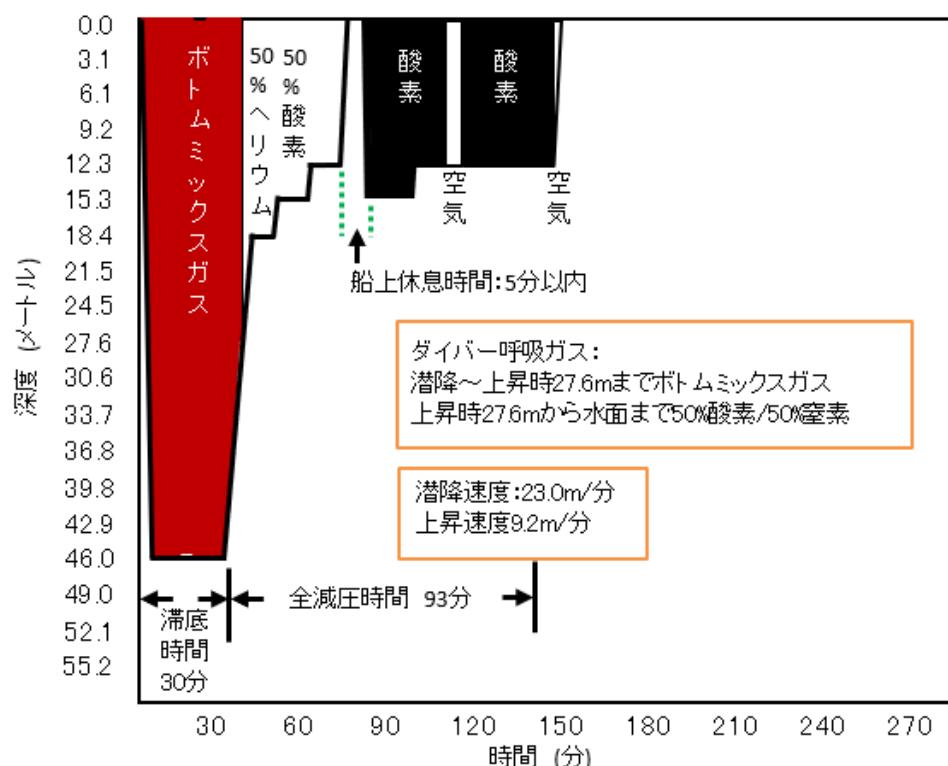
		Decompression Stops (fsw)												Chamber Periods												
		BOTTOM MIX												50% O ₂						100% O ₂						
Depth (fsw)	Bottom Time (min.)	Time to First Stop (min:sec)												3						7						
		190	180	170	160	150	140	130	120	110	100	90	80	70	60	50	40	30	20	10	10	10	10	10	10	
380	10	7:20												3	3	3	3	3	3	7	7	7	7	7	7	7
	20	7:00												0	0	0	0	0	0	4	4	4	5	5	5	5
	30	6:40												0	2	3	4	4	4	7	7	7	8	11	16	19
	40	6:40												0	4	4	5	6	6	8	10	11	14	14	20	23
	60	6:20												0	4	5	7	8	9	9	11	13	17	20	23	23
	80	6:20												0	3	6	7	9	10	12	15	17	19	20	23	23
	100	6:20												0	6	7	9	10	14	15	16	17	19	20	23	23
	120	6:20												0	1	7	9	11	13	14	15	16	17	19	20	23

Exceptional Exposure times are surrounded by the black box.

3-4 U.S.Navy 混合ガス潜水・船上減圧 (46.0m・30分) 作業のプロフィール

3-4-1 46.0m・30分作業のプロフィール

USN 混合ガス潜水・船上酸素減圧表 (46.0m/30分)



潜水スケジュール	46.0m/30分
減圧スケジュール	46.0m/30分
減圧停止時間	
水中	
18.4m	7分
15.3m	10分
12.3m	10分
船上	水中減圧点12.3mから上昇してチャンバー 深度15.3m加圧完了まで5分以内
チャンバー	
0m-15.3m	30秒
15.3m	15分
15.3m-12.3m	1分
12.3m	49分
12.3m-0m	1分
100%酸素	
100%酸素	
100%酸素	
100%酸素44分-空気5分	
空気	

図 3-5 USNavy 46.0m・30分

3-4-2 61.3m・30分作業のプロフィール

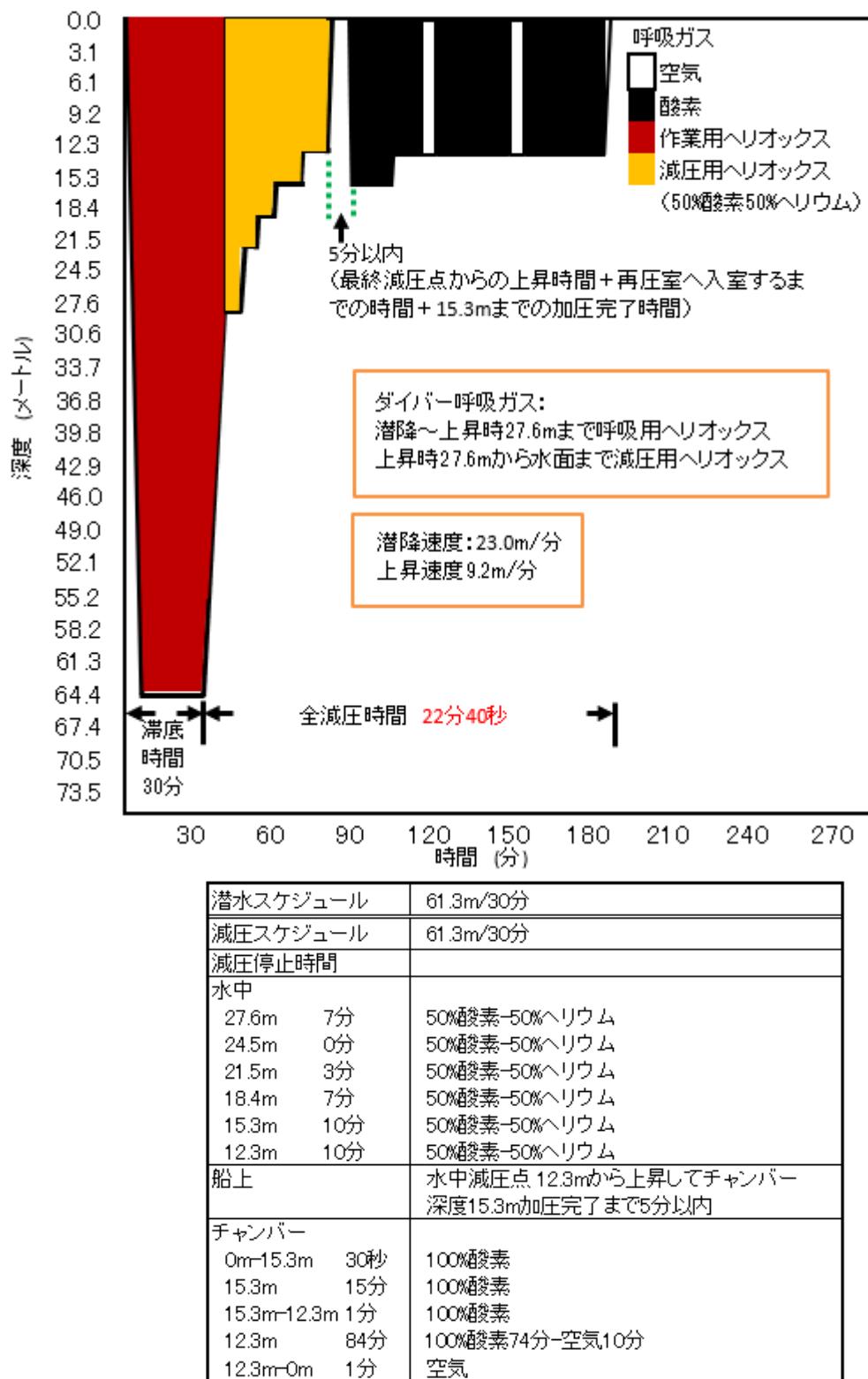


図 3-6 USNavy 61.3m・30分

3-5 DCIEM(Defence and Civil Institute of Environmental Medicine-CANADA : カナダ防衛・環境医学研究所)空気潜水・船上減圧表⁴⁾

Department of national defence · CANADA : DCIEM Diving Manual. Air decompression and procedure, p1-20~1-23. Surface Decompression With Oxygen(metres), p1B-149~1B-162. HeO2-Surface Decompression With Oxygen(metres), p2B-89~2B-97, (March 1992)

TABLE 3: SURFACE DECOMPRESSION WITH OXYGEN (METRES)

Depth (msw)	Bottom Time (min)	Stop Times (min) at Different Depths (msw)						Decom. Time (min)	Repet. Group			
		In-Water Stops										
		Air										
		24	21	18	15	12	9					
18	50	-	-	-	-	-	-	-	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.

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.

TABLE 3: SURFACE DECOMPRESSION WITH OXYGEN (METRES)

Depth (msw)	Bottom Time (min)	Stop Times (min) at Different Depths (msw)						Surface Interval	RCC O_2	Decom. Time (min)	Repet. Group				
		In-Water Stops													
		Air													
		24	21	18	15	12	9								
21	35	-	-	-	-	-	-	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	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					

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

TABLE 3: SURFACE DECOMPRESSION WITH OXYGEN (METRES)

Depth (msw)	Bottom Time (min)	Stop Times (min) at Different Depths (msw)						Decom. Time (min)	Repet. Group		
		In-Water Stops									
		Air									
		24	21	18	15	12	9				
24	25	-	-	-	-	-	-	-	E		
	45	-	-	-	-	-	-	12	H		
	50	-	-	-	-	-	-	17	H		
	55	-	-	-	-	-	-	21	H		
	60	-	-	-	-	-	-	24	I		
	70	-	-	-	-	-	-	30	J		
	80	-	-	-	-	-	-	35*	K		
	90	-	-	-	-	-	-	42*			
	100	-	-	-	-	-	2	47*			
	110	-	-	-	-	-	2	53*			
	120	-	-	-	-	-	3	58*			
	130	-	-	-	-	-	4	62**			
	140	-	-	-	-	-	4	72**			
	150	-	-	-	-	-	5	78**			
	160	-	-	-	-	-	5	84**			

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

TABLE 3: SURFACE DECOMPRESSION WITH OXYGEN (METRES)

Depth (msw)	Bottom Time (min)	Stop Times (min) at Different Depths (msw)						Surface Interval	RCC O_2	Decom. Time (min)	Repet. Group				
		In-Water Stops													
		Air													
		24	21	18	15	12	9								
27	20	-	-	-	-	-	-	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	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					
30	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					

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

TABLE 3: SURFACE DECOMPRESSION WITH OXYGEN (METRES)

Depth (msw)	Bottom Time (min)	Stop Times (min) at Different Depths (msw)						Surface Interval	RCC O_2	Decom. Time (min)	Repet. Group				
		In-Water Stops													
		Air													
		24	21	18	15	12	9								
33	12	-	-	-	-	-	-	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	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					

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

TABLE 3: SURFACE DECOMPRESSION WITH OXYGEN (METRES)

Depth (msw)	Bottom Time (min)	Stop Times (min) at Different Depths (msw)						Surface Interval	RCC O₂	Decom. Time (min)	Repet. Group				
		In-Water Stops													
		Air													
		24	21	18	15	12	9								
36	10	-	-	-	-	-	-	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	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					

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

TABLE 3: SURFACE DECOMPRESSION WITH OXYGEN (METRES)

Depth (msw)	Bottom Time (min)	Stop Times (min) at Different Depths (msw)							Decom. Time (min)	Repet. Group				
		In-Water Stops						Surface Interval	RCC O ₂					
		Air												
		24	21	18	15	12	9							
39	8	-	-	-	-	-	-		-	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.

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.

TABLE 3: SURFACE DECOMPRESSION WITH OXYGEN (METRES)

Depth (msw)	Bottom Time (min)	Stop Times (min) at Different Depths (msw)						Surface Interval	RCC O₂	Decom. Time (min)	Repet. Group				
		In-Water Stops													
		Air													
		24	21	18	15	12	9								
42	7	-	-	-	-	-	-	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	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					

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

TABLE 3: SURFACE DECOMPRESSION WITH OXYGEN (METRES)

Depth (msw)	Bottom Time (min)	Stop Times (min) at Different Depths (msw)						Surface Interval	RCC O ₂	Decom. Time (min)	Repet. Group				
		In-Water Stops													
		Air													
		24	21	18	15	12	9								
45	7	-	-	-	-	-	-	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	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					

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

TABLE 3: SURFACE DECOMPRESSION WITH OXYGEN (METRES)

Depth (msw)	Bottom Time (min)	Stop Times (min) at Different Depths (msw)							Decom. Time (min)	Repet. Group	
		In-Water Stops						Surface Interval	RCC O ₂		
		Air									
		24	21	18	15	12	9		12		
51	6	-	-	-	-	-	-	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	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	
54	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	

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

TABLE 3: SURFACE DECOMPRESSION WITH OXYGEN (METRES)

Depth (msw)	Bottom Time (min)	Stop Times (min) at Different Depths (msw)									Decom. Time (min)	
		In-Water Stops										
		Air										
		30	27	24	21	18	15	12	9	12		
57	5	-	-	-	-	-	-	-	-	-	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.

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.

TABLE 3: SURFACE DECOMPRESSION WITH OXYGEN (METRES)

Depth (msw)	Bottom Time (min)	Stop Times (min) at Different Depths (msw)									Decom. Time (min)	
		In-Water Stops										
		Air										
		30	27	24	21	18	15	12	9			
66	10	-	-	-	-	-	-	-	7	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	
	45	-	4	3	4	5	7	11	28	14	31	
72	10	-	-	-	-	-	-	4	5	30*	61	
	15	-	-	-	-	-	7	5	6	48*	86	
	20	-	-	-	4	4	4	5	8	60**	109	
	25	-	-	4	3	4	5	6	9	80**	140	
	30	-	-	6	3	5	5	8	15	98***	175	
	35	-	5	3	4	4	6	9	23	114***	203	
	40	3	3	3	4	6	6	13	28			
	45											

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

Time from leaving the 9 msw stop to reaching the
12 msw Chamber stop must not exceed 7 minutes.

高所潜水による深度修正表

AIR DIVING TABLES

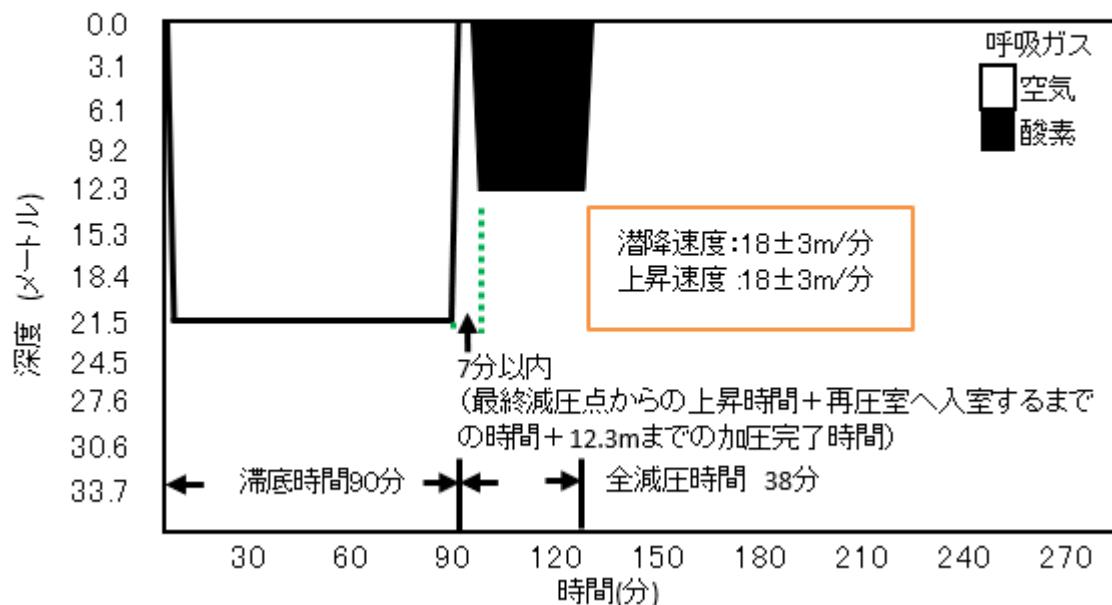
TABLE 5: DEPTH CORRECTIONS - DIVING AT ALTITUDE (METRES)

Actual Depth (metres)	Depth Correction at Altitude (metres)									
	100 → 299	300 → 599	600 → 899	900 → 1199	1200 → 1499	1500 → 1799	1800 → 2099	2100 → 2399	2400 → 3000	
9	+0	+3	+3	+3	+3	+3	+3	+6	+6	
12	+0	+3	+3	+3	+3	+3	+6	+6	+6	
15	+0	+3	+3	+3	+3	+6	+6	+6	+6	
18	+0	+3	+3	+3	+6	+6	+6	+6	+9	
21	+0	+3	+3	+3	+6	+6	+6	+9	+9	
24	+0	+3	+3	+6	+6	+6	+9	+9	+12	
27	+0	+3	+3	+6	+6	+6	+9	+9	+12	
30	+0	+3	+3	+6	+6	+9	+9	+9	+12	
33	+0	+3	+6	+6	+6	+9	+9	+12	+15	
36	+0	+3	+6	+6	+6	+9	+9	+12	+15	
39	+0	+3	+6	+6	+9	+9	+12	+12	+15	
42	+0	+3	+6	+6	+9	+9	+12	+12	+18	
45	+3	+3	+6	+6	+9	+9	+12	+15	+18	
48	+3	+6	+6	+9	+9	+12	+12	+15	+18	
51	+3	+6	+6	+9	+9	+12	+15	+15	+21	
54	+3	+6	+6	+9	+9	+12	+15	+15		
57	+3	+6	+6	+9	+12	+12	+15			
60	+3	+6	+6	+9	+12	+12				
63	+3	+6	+6	+9						
66	+3	+6								
69	+3									
Sea Level Stop Depth (metres)	Actual Decompression Stop Depth at Altitude (metres)									
	100 → 299	300 → 599	600 → 899	900 → 1199	1200 → 1499	1500 → 1799	1800 → 2099	2100 → 2399	2400 → 3000	
3	3.0	3.0	3.0	3.0	3.0	2.5	2.5	2.5	2.5	
6	6.0	6.0	6.0	5.5	5.5	5.0	5.0	5.0	4.5	
9	9.0	9.0	8.5	8.5	8.0	7.5	7.5	7.0	7.0	
12	12.0	12.0	11.5	11.0	10.5	10.0	10.0	9.5	9.0	
15	15.0	14.5	14.0	13.5	13.0	12.5	12.0	12.0	11.5	
18	18.0	17.5	17.0	16.5	16.0	15.0	14.5	14.0	13.5	
21	21.0	20.5	20.0	19.0	18.5	17.5	17.0	16.5	16.0	
24	24.0	23.5	22.5	21.5	21.0	20.0	19.5	19.0	18.0	
27	27.0	26.0	25.5	24.5	23.5	22.5	22.0	21.0	20.0	

3-5 DCIEM 空気減圧表のプロフィール

3-5-1 21.5m・90分の作業プロフィール

DCIEM空気潜水・船上酸素減圧表 (21.5m/90分)

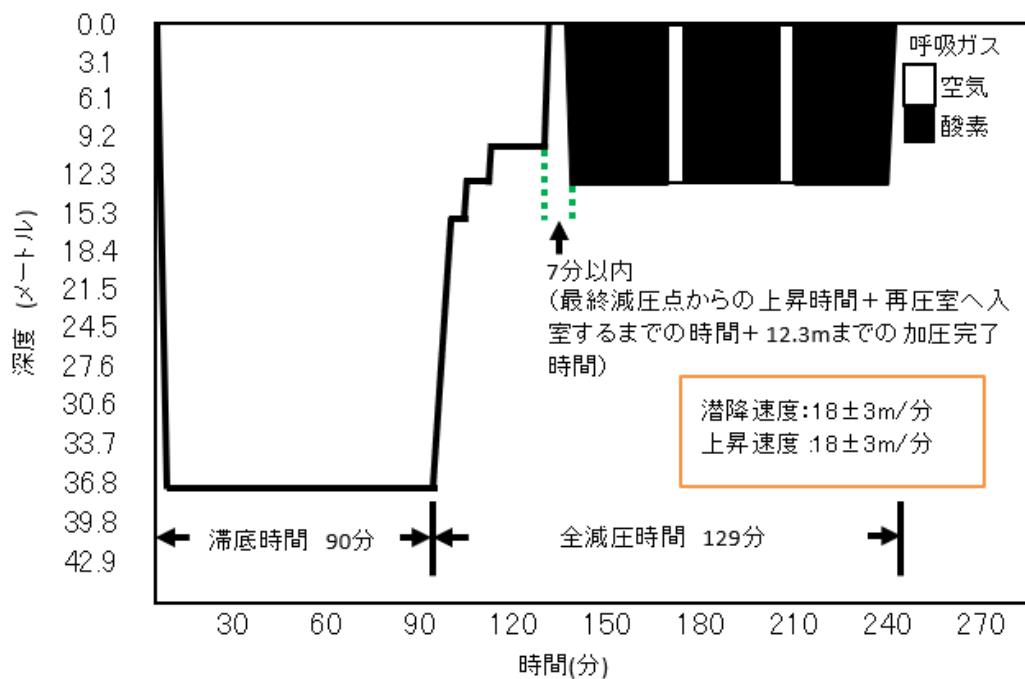


潜水スケジュール	21.5m/90分
減圧スケジュール	21.5m/90分
減圧停止時間 水中	
21.5-0m	1分 空気 (減圧停止なし)
船上	深度 21.5mから上昇してチャンバー 深度12.3m加圧完了まで7分以内
チャンバー	
0m-12.3m	1分 100%酸素
12.3m	30分 100%酸素
12.3m-0m	1分 100%酸素

図 3-7 DCIEM 21.5m・90分

3-5-2 36.8m・90分の作業プロフィール

DCIEM 空気潜水・船上酸素減圧表 (36.8m/90分)



潜水スケジュール	36.8m/90分
減圧スケジュール	36.8m/90分
減圧停止時間 水中	
15.3m	3分
12.3m	7分
9.2m	14分
船上	水中減圧点 9.2mから上昇してチャンバー 深度12.3m加圧完了まで7分以内
チャンバー	
0m-12.3m	30秒
12.3m	97分
12.3m	30秒

図 3-8 DCIEM 36.8m・90分

3 - 6 . DCIEM 混合ガス潜水・船上減圧表

ヘリウム酸素潜水減圧表

TABLE 8: HEO₂ - SURFACE DECOMPRESSION WITH OXYGEN (METRES)

Depth (msw)	Bottom Time (min)	Max Time to First Stop (min)	Stop Times (min) at Different Depths (msw)												Decom. Time (min)		
			In-Water Stops														
			Air											O ₂			
			42	39	36	33	30	27	24	21	18	15	12	9			
36	20	2	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	3	2	20	35	
	30	2	-	-	-	-	-	-	-	-	-	2	4	3	30*	53	
	40	2	-	-	-	-	-	-	-	-	-	4	4	9	46*	77	
	50	1	-	-	-	-	-	-	-	-	1	4	7	11	60**	102	
	60	1	-	-	-	-	-	-	-	-	2	5	11	12	69**	118	
	70	1	-	-	-	-	-	-	-	-	3	7	13	18	72**	132	
	75	1	-	-	-	-	-	-	-	-	4	8	13	27	72**	143	
	80	1	-	-	-	-	-	-	-	-	4	11	13	30	72**	149	
	90	1	-	-	-	-	-	-	-	1	4	13	17	34*	74**	167	
	100	1	-	-	-	-	-	-	-	2	7	13	23	35*	75**	179	
39	15	2	-	-	-	-	-	-	-	-	-	2	2	2	16	30	
	20	2	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1	4	2	23	40	
	30	2	-	-	-	-	-	-	-	-	1	3	4	6	33*	61	
	40	2	-	-	-	-	-	-	-	-	2	4	5	10	54*	89	
	50	2	-	-	-	-	-	-	-	-	3	4	10	11	64**	111	
	60	1	-	-	-	-	-	-	-	1	4	5	13	14	74**	130	
	70	1	-	-	-	-	-	-	-	2	4	10	12	29	73**	149	
	80	1	-	-	-	-	-	-	-	3	4	13	16	30*	75**	165	
	90	1	-	-	-	-	-	-	-	3	9	12	24	35*	76**	183	
	95	1	-	-	-	-	-	-	-	4	10	12	27	36*	77**	190	
42	15	2	-	-	-	-	-	-	-	-	-	3	2	2	18	33	
	20	2	-	-	-	-	-	-	-	-	-	2	4	2	25	43	
	30	2	-	-	-	-	-	-	-	-	2	4	4	7	40*	72	
	40	2	-	-	-	-	-	-	-	1	3	4	7	10	60**	104	
	50	2	-	-	-	-	-	-	-	2	4	4	11	12	71**	123	
	60	2	-	-	-	-	-	-	-	3	4	8	12	26	73**	145	
	65	2	-	-	-	-	-	-	-	3	4	11	12	30	74**	153	
	70	1	-	-	-	-	-	-	1	3	5	11	14	30*	75**	163	
	80	1	-	-	-	-	-	-	1	4	9	11	23	36*	76**	184	
	90	1	-	-	-	-	-	-	2	4	12	14	28	37*	78**	199	

Stop times include travel time from the previous stop except when a gas switch occurs.
Asterisk (*) indicates number of 5-minute air breaks required. (Dated 91-04-10)

Time from leaving the 9 msw in-water stop to reaching the
12 msw chamber stop must not exceed 7 minute

TABLE 8: HEO₂ - SURFACE DECOMPRESSION WITH OXYGEN (METRES)

Depth (msw)	Bottom Time (min)	Max Time to First Stop (min)	Stop Times (min) at Different Depths (msw)												Decom. Time (min)		
			In-Water Stops														
			Air											O ₂			
			42	39	36	33	30	27	24	21	18	15	12	9	12		
45	10	2	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1	2	11	24	
	15	2	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1	4	2	20	37
	20	2	-	-	-	-	-	-	-	-	1	3	4	2	28	48	
	25	2	-	-	-	-	-	-	-	-	2	4	4	6	32*	63	
	30	2	-	-	-	-	-	-	-	1	3	3	4	9	46*	81	
	35	2	-	-	-	-	-	-	-	2	3	4	6	10	58*	98	
	40	2	-	-	-	-	-	-	-	2	4	4	8	11	62**	111	
	45	2	-	-	-	-	-	-	-	3	4	4	11	12	70**	124	
	50	2	-	-	-	-	-	-	1	3	4	6	11	14	76**	134	
	55	2	-	-	-	-	-	-	1	3	4	9	11	26	74**	147	
	60	2	-	-	-	-	-	-	2	3	4	10	13	30*	72**	158	
	70	2	-	-	-	-	-	-	2	4	8	11	19	36*	77**	181	
	80	2	-	-	-	-	-	-	3	4	11	13	28	37*	79**	199	
	85	1	-	-	-	-	-	1	3	6	11	16	29	38*	80**	208	
48	10	2	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	2	2	13	27	
	15	2	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	2	4	2	22	40
	20	2	-	-	-	-	-	-	-	-	2	3	4	3	30	52	
	25	2	-	-	-	-	-	-	-	1	3	3	4	7	38*	71	
	30	2	-	-	-	-	-	-	-	2	3	4	4	10	52*	90	
	35	2	-	-	-	-	-	-	-	3	3	4	8	10	60**	108	
	40	2	-	-	-	-	-	-	1	3	4	3	11	11	68**	121	
	45	2	-	-	-	-	-	-	2	3	4	6	10	13	76**	134	
	50	2	-	-	-	-	-	-	2	4	3	9	11	25	75**	149	
	55	2	-	-	-	-	-	-	3	3	4	10	13	30	75**	158	
	60	2	-	-	-	-	-	1	3	3	7	10	14	30*	78**	170	
	70	2	-	-	-	-	-	1	4	3	10	11	26	38*	78**	195	
	80	2	-	-	-	-	-	2	4	7	10	18	30	39*	81**	215	

Stop times include travel time from the previous stop except when a gas switch occurs.
Asterisk (*) indicates number of 5-minute air breaks required. (Dated 91-04-10)

Time from leaving the 9 msw in-water stop to reaching the
12 msw chamber stop must not exceed 7 minute

TABLE 8: HEO₂ - SURFACE DECOMPRESSION WITH OXYGEN (METRES)

Depth (msw)	Bottom Time (min)	Max Time to First Stop (min)	Stop Times (min) at Different Depths (msw)												Decom. Time (min)	
			In-Water Stops													
			Air											O ₂		
			42	39	36	33	30	27	24	21	18	15	12	9		
51	10	3	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	3	2	14	29
	15	2	-	-	-	-	-	-	-	-	1	3	3	3	23	43
	20	2	-	-	-	-	-	-	-	1	2	4	4	4	30*	60
	25	2	-	-	-	-	-	-	-	2	3	4	3	9	43*	79
	30	2	-	-	-	-	-	-	1	3	3	4	6	10	58*	100
	35	2	-	-	-	-	-	-	2	3	3	4	9	11	64**	116
	40	2	-	-	-	-	-	-	2	4	3	6	10	13	73**	131
	45	2	-	-	-	-	-	1	2	4	4	7	11	23	76**	148
	50	2	-	-	-	-	-	1	3	3	5	9	12	30	75**	158
	55	2	-	-	-	-	-	2	3	3	7	9	15	30*	79**	173
	60	2	-	-	-	-	-	2	3	4	8	10	21	37*	78**	188
	65	2	-	-	-	-	-	3	3	4	10	11	27	38*	79**	200
	70	2	-	-	-	-	-	3	3	7	9	15	30	38*	81**	211
	75	2	-	-	-	-	1	3	3	8	10	19	33	38*	83**	222
54	10	3	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1	3	2	16	32
	15	2	-	-	-	-	-	-	-	-	2	3	4	2	26	47
	20	2	-	-	-	-	-	-	-	2	3	3	4	6	32*	65
	25	2	-	-	-	-	-	-	1	3	3	3	4	9	50*	88
	30	2	-	-	-	-	-	-	2	3	3	4	7	10	60**	109
	35	2	-	-	-	-	-	1	2	3	4	4	10	12	69**	125
	40	2	-	-	-	-	-	1	3	3	4	7	10	20	77**	145
	45	2	-	-	-	-	-	2	3	3	4	9	12	28	76**	157
	50	2	-	-	-	-	-	3	3	3	6	10	14	30*	78**	172
	55	2	-	-	-	-	1	2	3	4	8	10	20	37*	78**	188
	60	2	-	-	-	-	1	3	3	5	9	11	26	38*	80**	201
	65	2	-	-	-	-	2	3	3	7	9	15	30	39*	81**	214
	70	2	-	-	-	-	2	3	3	9	9	21	34	38*	84**	228

Stop times include travel time from the previous stop except when a gas switch occurs.
Asterisk (*) indicates number of 5-minute air breaks required. (Dated 91-04-10)

Time from leaving the 9 msw in-water stop to reaching the
12 msw chamber stop must not exceed 7 minutes

TABLE 8: HEO₂ - SURFACE DECOMPRESSION WITH OXYGEN (METRES)

Depth (msw)	Bottom Time (min)	Max Time to First Stop (min)	Stop Times (min) at Different Depths (msw)												Decom. Time (min)		
			In-Water Stops														
			Air											O ₂			
			42	39	36	33	30	27	24	21	18	15	12	9			
57	10	3	-	-	-	-	-	-	-	-	-	2	3	2	17	35	
	15	3	-	-	-	-	-	-	-	-	3	3	4	2	29	51	
	20	2	-	-	-	-	-	-	-	3	3	3	4	7	37*	72	
	25	2	-	-	-	-	-	-	2	3	3	3	6	9	55*	96	
	30	2	-	-	-	-	-	1	2	3	4	3	9	11	63**	116	
	35	2	-	-	-	-	-	2	3	3	3	6	10	13	74**	134	
	40	2	-	-	-	-	-	3	3	3	3	9	11	24	78**	154	
	45	2	-	-	-	-	1	3	3	3	5	9	14	30*	76**	169	
	50	2	-	-	-	-	2	2	3	4	7	10	18	37*	78**	186	
	55	2	-	-	-	-	2	3	3	5	8	11	25	39*	79**	200	
	60	2	-	-	-	-	3	3	3	7	8	15	30	39*	82**	215	
	65	2	-	-	-	1	2	3	4	8	9	21	35	38*	84**	230	
60	10	3	-	-	-	-	-	-	-	-	-	2	4	2	18	37	
	15	3	-	-	-	-	-	-	-	1	3	3	4	3	30	54	
	20	2	-	-	-	-	-	-	1	3	3	3	4	8	42*	79	
	25	2	-	-	-	-	-	1	2	3	3	3	7	10	60*	104	
	30	2	-	-	-	-	-	2	3	2	4	4	10	11	69**	125	
	35	2	-	-	-	-	1	2	3	3	3	7	11	19	79**	148	
	40	2	-	-	-	-	2	2	3	3	5	8	13	29	77**	162	
	45	2	-	-	-	-	2	3	3	3	7	9	16	36*	78**	182	
	50	2	-	-	-	1	2	3	3	4	8	11	23	38*	80**	198	
	55	2	-	-	-	1	3	3	3	6	9	12	31	39*	82**	214	
	60	2	-	-	-	2	2	3	4	8	9	19	36	38*	85**	231	
63	10	3	-	-	-	-	-	-	-	-	1	2	4	2	20	40	
	15	3	-	-	-	-	-	-	-	2	3	3	4	4	30*	62	
	20	3	-	-	-	-	-	-	2	3	3	3	4	9	47*	86	
	25	2	-	-	-	-	-	2	2	3	3	3	8	11	60**	112	
	30	2	-	-	-	-	1	2	3	3	3	5	10	13	72**	132	
	35	2	-	-	-	-	2	2	3	3	3	9	11	24	78**	155	
	40	2	-	-	-	1	2	3	2	3	6	9	15	32*	80**	178	
	45	2	-	-	-	1	3	2	3	4	8	10	20	38*	79**	193	
	50	2	-	-	-	2	2	3	3	6	8	12	29	39*	82**	211	
	55	2	-	-	-	2	3	3	3	8	9	18	35	38*	85**	229	

Time from leaving the 9 msw in-water stop to reaching the 12 msw chamber stop must not exceed 7 minutes

TABLE 8: HEO₂ - SURFACE DECOMPRESSION WITH OXYGEN (METRES)

Depth (msw)	Bottom Time (min)	Max Time to First Stop (min)	Stop Times (min) at Different Depths (msw)												Decom. Time (min)		
			In-Water Stops														
			Air											O ₂			
			42	39	36	33	30	27	24	21	18	15	12	9			
66	10	3	-	-	-	-	-	-	-	-	1	3	4	2	Time from leaving the 9 msw in-water stop to reaching the 12 msw chamber stop must not exceed 7 minutes	21	42
	15	3	-	-	-	-	-	-	1	2	3	3	4	5		30*	64
	20	3	-	-	-	-	-	1	2	3	3	3	5	9		52*	93
	25	2	-	-	-	-	1	2	3	2	3	4	9	11		64**	119
	30	2	-	-	-	-	2	2	3	3	3	7	10	17		79**	146
	35	2	-	-	-	1	2	3	2	3	5	9	12	28		78**	163
	40	2	-	-	-	2	2	3	3	2	8	9	17	36*		80**	187
	45	2	-	-	1	2	2	3	3	5	8	11	25	39*		81**	205
	50	2	-	-	1	2	3	3	3	7	9	15	34	39*		84**	225
	55	2	-	-	2	2	3	3	5	7	10	23	39	38*		87**	244
69	10	3	-	-	-	-	-	-	-	-	2	3	3	3	Time from leaving the 9 msw in-water stop to reaching the 12 msw chamber stop must not exceed 7 minutes	22	44
	15	3	-	-	-	-	-	-	2	2	3	3	3	7		32*	68
	20	3	-	-	-	-	-	2	2	3	3	3	6	10		56*	101
	25	3	-	-	-	-	2	2	2	3	3	5	9	12		68**	126
	30	2	-	-	-	1	2	3	2	3	3	8	11	21		79**	153
	35	2	-	-	-	2	2	3	3	2	6	9	14	32*		80**	178
	40	2	-	-	1	2	2	3	3	4	8	10	21	37*		81**	197
	45	2	-	-	2	2	2	3	3	6	8	13	31	39*		83**	217
	50	2	-	-	2	2	3	3	4	8	9	20	38	38*		87**	239
72	10	3	-	-	-	-	-	-	-	1	2	3	4	2	Time from leaving the 9 msw in-water stop to reaching the 12 msw chamber stop must not exceed 7 minutes	25	48
	15	3	-	-	-	-	-	1	2	2	3	3	3	8		36*	74
	20	3	-	-	-	-	1	2	2	3	3	3	7	10		60**	112
	25	3	-	-	-	1	2	2	3	3	2	6	9	13		72**	133
	30	3	-	-	-	2	2	2	3	3	4	8	12	25		79**	160
	35	2	-	-	1	2	2	3	3	2	8	9	16	35*		80**	186
	40	2	-	-	2	2	2	3	3	5	8	11	26	38*		83**	208
	45	2	-	1	2	2	3	3	3	7	9	15	37	38*		86**	231

Stop times include travel time from the previous stop except when a gas switch occurs.
Asterisk (*) indicates number of 5-minute air breaks required. (Dated 91-04-10)

TABLE 8: HEO₂ - SURFACE DECOMPRESSION WITH OXYGEN (METRES)

Depth (msw)	Bottom Time (min)	Max Time to First Stop (min)	Stop Times (min) at Different Depths (msw)												Chamber O ₂	Decom. Time (min)			
			In-Water Stops																
			Air											O ₂					
			48	45	42	39	36	33	30	27	24	21	18	15	12	9	12		
75	10	3	-	-	-	-	-	-	-	-	1	3	3	3	3	25	49		
	15	3	-	-	-	-	-	-	1	2	3	3	3	3	8	41*	80		
	20	3	-	-	-	-	2	2	2	3	3	3	3	8	11	60**	115		
	25	3	-	-	-	2	2	2	3	2	3	7	10	17	17	78**	147		
	30	3	-	-	1	2	2	3	3	2	5	9	13	30*	30*	80**	175		
	35	3	-	-	2	2	2	3	3	4	7	10	20	37*	37*	81**	196		
	40	2	-	1	2	2	3	3	2	7	8	13	32	38*	38*	85**	221		
	45	2	-	2	2	2	3	2	5	7	10	20	40	38*	38*	88**	244		
78	10	4	-	-	-	-	-	-	-	2	2	3	4	2	2	28	52		
	15	3	-	-	-	-	-	-	2	2	3	3	2	4	9	45*	86		
	20	3	-	-	-	1	2	2	2	3	3	3	3	9	11	64**	121		
	25	3	-	-	1	2	2	2	3	2	3	8	10	19	19	81**	154		
	30	3	-	-	2	2	2	3	2	3	6	9	15	32*	32*	81**	183		
	35	3	-	1	2	2	2	3	2	6	7	11	24	38*	38*	83**	206		
	40	2	1	1	2	2	3	2	4	7	8	16	37	38*	38*	86**	232		
	10	4	-	-	-	-	-	-	2	3	3	3	3	3	3	29	55		
81	15	3	-	-	-	-	1	2	2	2	4	2	5	9	9	49*	92		
	20	3	-	-	-	2	1	3	2	3	2	5	9	12	12	67**	127		
	25	3	-	-	2	1	3	2	3	2	4	8	11	23	23	80**	160		
	30	3	-	1	2	2	2	3	2	3	7	9	18	34*	34*	82**	191		
	35	3	1	1	2	2	3	2	3	6	8	12	30	38*	38*	84**	217		
	40	3	1	2	2	2	3	2	5	7	9	19	41	38*	38*	88**	244		
	10	4	-	-	-	-	-	-	1	2	3	3	3	3	3	30	57		
	15	3	-	-	-	-	-	2	1	3	2	3	3	5	10	53*	98		
84	20	3	-	-	-	1	1	2	2	3	2	3	6	9	12	71**	133		
	25	3	-	-	1	2	1	2	3	2	3	5	8	12	26	81**	167		
	30	3	-	-	1	1	2	2	3	2	4	7	10	21	36*	83**	200		
	35	3	-	-	1	2	2	2	3	2	3	7	8	14	35	38*	86**	229	
	40	3	-	1	1	2	2	2	3	2	6	7	11	23	43	38*	90**	256	

Stop times include travel time from the previous stop except when a gas switch occurs.
Asterisk (*) indicates number of 5-minute air breaks required. (Dated 91-04-10)

Time from leaving the 9 msw in-water stop to reaching the 12 msw chamber stop must not exceed 7 minutes

TABLE 8: HEO₂ - SURFACE DECOMPRESSION WITH OXYGEN (METRES)

Depth (msw)	Bottom Time (min)	Max Time to First Stop (min)	Stop Times (min) at Different Depths (msw)													Decom Time (min)		
			In-Water Stops															
			Air												O ₂			
			48	45	42	39	36	33	30	27	24	21	18	15	12	9		
87	10	4	-	-	-	-	-	-	-	2	2	3	3	3	3	4	30* 64 57* 104 77** 145 81** 180 84** 209 89** 241	
	15	3	-	-	-	-	-	1	1	2	2	3	3	3	6	10		
	20	3	-	-	-	-	1	2	2	2	3	2	3	6	10	16		
	25	3	-	-	-	2	1	2	2	3	2	3	5	9	14	30*		
	30	3	-	-	1	2	2	2	2	2	3	5	7	11	25	37*		
	35	3	-	1	1	2	2	2	3	2	4	7	9	17	39	37*		
90	10	4	-	-	-	-	-	-	-	2	2	3	3	3	3	5	30* 65 60* 108 79** 151 82** 187 85** 219 90** 252	
	15	4	-	-	-	-	-	1	2	2	2	3	2	3	7	10		
	20	3	-	-	-	1	1	2	2	2	3	2	3	7	10	18		
	25	3	-	-	1	1	2	2	2	3	2	3	6	9	16	32*		
	30	3	-	1	1	2	2	2	2	2	3	6	7	13	29	38*		
	35	3	-	2	1	2	2	2	2	2	3	5	7	10	21	41	38*	
93	10	4	-	-	-	-	-	-	1	2	2	3	3	3	3	6	30* 67 60** 116 82** 157 83** 195 86** 229 90*** 266	
	15	4	-	-	-	-	-	2	1	2	3	3	2	3	8	10		
	20	3	-	-	-	1	2	2	2	2	2	3	3	8	10	19		
	25	3	-	-	2	1	2	2	2	2	2	4	7	9	19	34*		
	30	3	-	1	2	2	1	3	2	2	3	7	8	14	34	38*		
	35	3	1	1	2	2	2	2	2	3	6	7	11	25	43	38*		
96	10	4	-	-	-	-	-	-	2	1	3	2	3	4	6	33* 71 63** 121 82** 163 84** 203 88** 239		
	15	4	-	-	-	-	1	1	2	2	3	2	3	3	9	10		
	20	3	-	-	1	1	2	2	2	2	2	3	4	7	12	22		
	25	3	-	1	1	2	2	2	2	2	2	5	7	10	21	36*		
	30	3	1	1	2	2	1	3	2	2	4	6	9	17	37	38*		
100	10	4	-	-	-	-	-	1	1	2	3	3	2	4	7	37* 77 67** 128 82** 170 85** 214 90** 253		
	15	4	-	-	-	-	2	1	2	2	2	3	2	5	9	11		
	20	4	-	-	1	2	1	2	2	3	2	2	6	7	13	26		
	25	3	-	2	1	2	2	2	2	2	2	6	7	11	27	37*		
	30	3	2	1	2	2	2	2	2	2	5	7	10	21	41	38*		

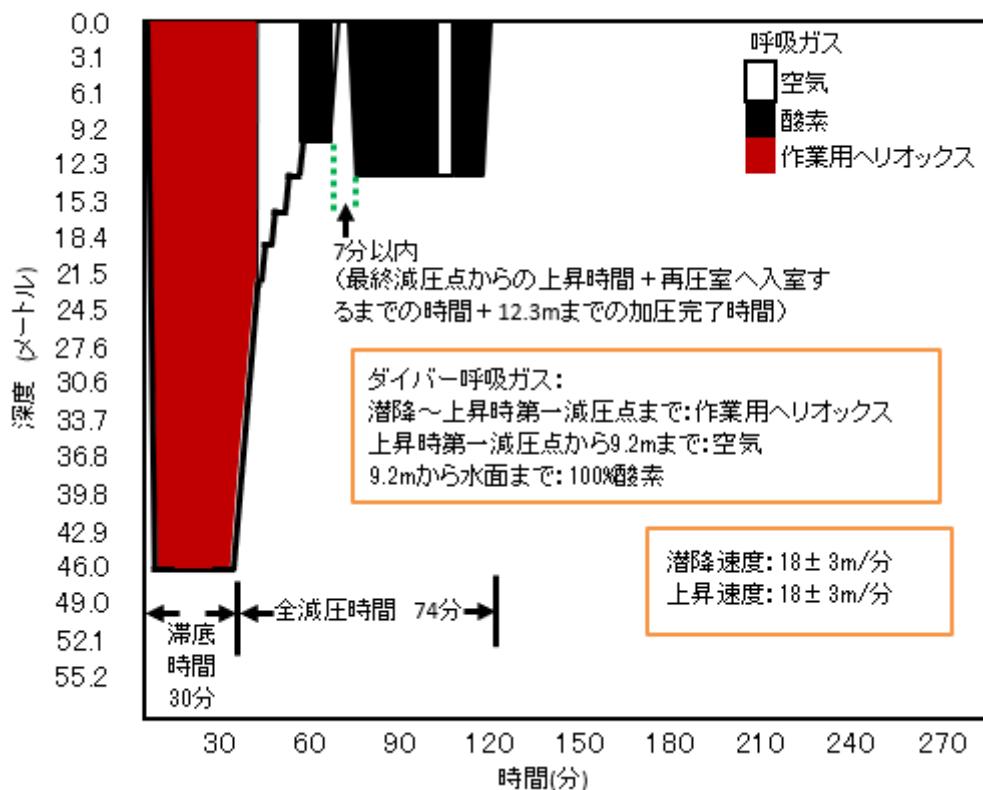
Stop times include travel time from the previous stop except when a gas switch occurs.

Asterisk (*) indicates number of 5-minute air breaks required. (Dated 91-04-10)

Time from leaving the 9 msw in-water stop to reaching the
12 msw chamber stop must not exceed 7 minutes

3-6-1 46.0m・30分の作業プロフィール

DCIEM 混合ガス潜水・船上酸素減圧表 (46.0m/30分)

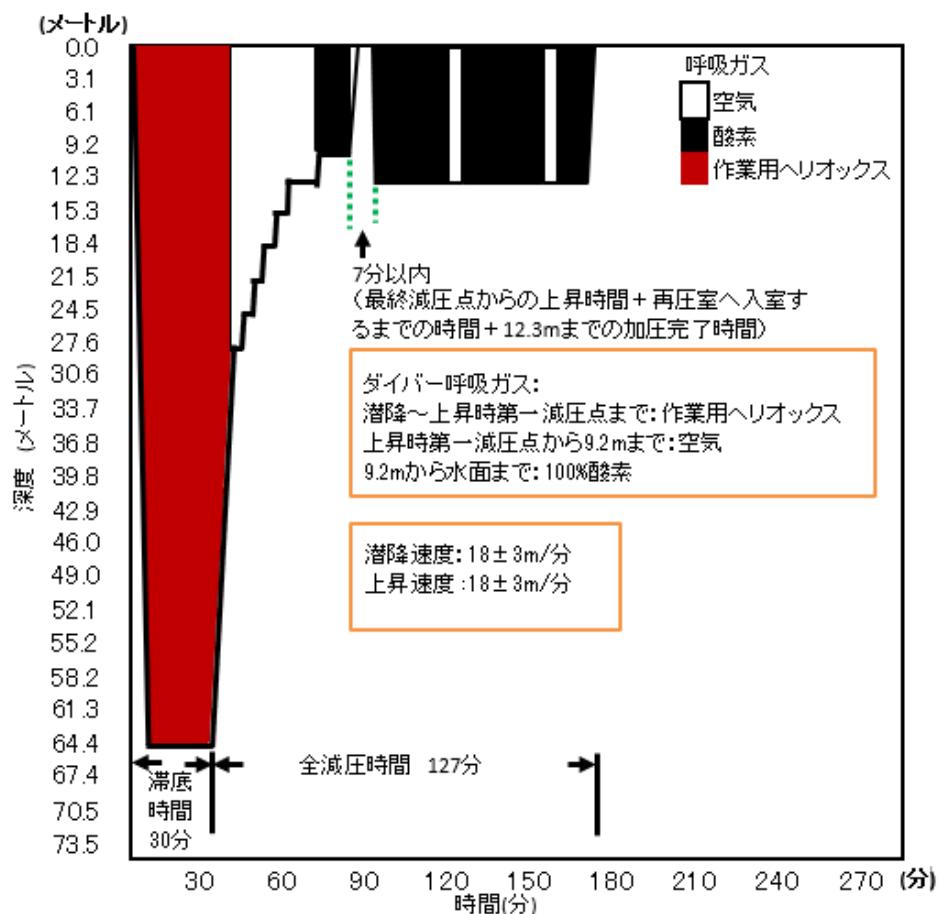


潜水スケジュール	46.0m/30分	
減圧スケジュール	46.0m/30分	
減圧停止時間		
水中		
21.5m	1分	空気
18.4m	3分	空気
15.3m	4分	空気
12.3m	4分	空気
9.2m	9分	100%酸素
船上	水中減圧点 9.2mから上昇してチャンバー 深度12.3m加圧完了まで7分以内	
チャンバー		
0m-12.3m	30秒	100%酸素
12.3m	53分	100%酸素48分-空気5分
12.3m-0m	1分	100%酸素

図 3-9 46.0m・30分

3-6-2 61.3m・30分の作業プロフィール

DCIEM混合ガス潜水・船上酸素減圧表 (61.3m/30分)



潜水スケジュール	61.3m/30分
減圧スケジュール	61.3m/30分
減圧停止時間	
水中	
27.6m	2分
24.5m	3分
21.5m	3分
18.4m	3分
15.3m	4分
12.3m	10分
9.2m	12分
船上	水中減圧点 9.2mから上昇してチャンバー 深度12.3m加圧完了まで7分以内
チャンバー	
0m-12.3m	30秒
12.3m	80分
12.3m-0m	1分
100%酸素	
100%酸素70分-空気10分	
100%酸素	

図 3-10 61.3m・30分

3-7 A社の混合ガス潜水・船上減圧表

MarkIV (初版 2010年3月16日 90 of 158)

HELIOT 300 SURFACE SUPPLIED DIVE DECOMPRESSION TABLE - (9) 20% 150 FEET

DEPTH : 150 FEET

DEPTH IN FEET OF SEAWATER. TOTAL DECOMPRESSION TIME IN MINUTES SHOWN AT DEPARTURE FROM EACH STOP

PROPERTY OF OCEAN WORKS ASIA INC

HELIOT 300 SURFACE SUPPLIED DIVE DECOMPRESSION TABLE

EACH STOP TIME IN MINUTES INCLUDES DURATION OF ASCENT FROM PREVIOUS STOP
FIRST STOP TIME INCLUDES DURATION OF ASCENT FROM BOTTOM AT 60 F/M

BOTTOM TIME (MIN)	AIR SHIFT	DECOMPRESSION STOPS IN WATER								SURFACE INTERVAL	CHAMBER OXYGEN (C) 40	ASCENT	TOTAL ASCENT	NOTE
		150	140	130	120	110	100	90	80					
5										40	10	39	(A)	DIVER AT 150 FEET AND SHIFT BREATHING GAS TO AIR.
10										40	10	39	(B)	TOTAL TIME FROM LAST WATER STOP TO FIRST CHAMBER STOP NOT TO EXCEED 5 MINUTES.
15										40	10	39	(C)	THE OXYGEN BREATHING WILL BE BROKEN INTO CYCLES OF 20 MINUTES ON OXYGEN AND 5 MINUTES ON AIR (CHAMBER GAS). THE 5 MINUTES AIR BREAKS ARE NOT INCLUDED IN THE TOTAL OXYGEN TIMES SPECIFIED BY THE TABLES.
20										40	11	40	(D)	ASCENT FROM 40 FEET TO SURFACE IN 20 MINUTES AT RATE OF 2 FT/MIN.
25										40	11	40		
30										40	11	40		
35										40	11	40		
40										40	11	40		
45										40	11	40		
50										40	11	40		
55										40	11	40		
60										40	11	40		
65										40	11	40		
70										40	11	40		
75										40	11	40		
80										40	11	40		
85										40	11	40		
OWA OPERATIONAL LIMIT														
80										7	10	18	18	
85										7	17	35	53	
ASCENT RATE : TO FIRST STOP = 60 F/M, FIRST STOP TO 100 FEET = 10 F/M, 100 FEET TO 40 FEET = 2.5 F/M GAS MIXTURES : 10 % OXYGEN (MINIMUM), 10 % NITROGEN, 80 % HELIUM TO 150 FEET, AIR TO 40 FEET, 100 % OXYGEN TO SURFACE														
CONSULT HELIOT 450 DIVE INSTRUCTIONS BEFORE USING THIS TABLE														

HELIOTX 300 SURFACE SUPPLIED DIVE DECOMPRESSION TABLE - (9) 20% 160 FEET

DEPTH : 160 FEET

DEPTH IN FEET OF SEAWATER. TOTAL DECOMPRESSION TIME IN MINUTES SHOWN AT DEPARTURE FROM EACH STOP

PROPERTY OF OCEAN WORKS ASIA INC

EACH STOP TIME IN MINUTES INCLUDES DURATION OF ASCENT FROM PREVIOUS STOP
FIRST STOP TIME INCLUDES DURATION OF ASCENT FROM BOTTOM AT 60 F/M

BOTTOM TIME (MIN)	AIR SHIFT	DECOMPRESSION STOPS IN WATER										SURFACE INTERVAL	CHAMBER OXYGEN(C) 40	ASCENT	TOTAL ASCENT	NOTE
		150	140	130	120	110	100	90	80	70	60					
5												4	10	19	39	(A) DIVER AT 150 FEET AND SHIFT BREATHING GAS TO AIR.
10												4	10	19	39	(B) TOTAL TIME FROM LAST WATER STOP TO FIRST CHAMBER STOP NOT TO EXCEED 5 MINUTES.
15												4	10	19	39	
20												4	13			
20												4	22			
25												4	19			
25												4	28			
30												4	25			
30												4	38			
35												4	58			
35												8	28			
40												8	49			
40												5	7	31		
40												5	12	55		
50												4	7	41		
50												4	11	71		
60												7	12	50		
60												7	14	93		
70												3	8	61		
70												3	10	120		
		OWA OPERATIONAL LIMIT														
80												5	7	71		
80												5	12	138		
		ASCENT RATE : TO FIRST STOP - 60 F/M, FIRST STOP TO 100 FEET - 10 F/M, 100 FEET TO 40 FEET - 2.5 F/M														
		GAS MIXTURES : 10 % OXYGEN (MINIMUM), 10 % NITROGEN, 80 % HELIUM TO 150 FEET, AIR TO 40 FEET, 100 % OXYGEN TO SURFACE														

CONSULT HELIOX 450 DIVE INSTRUCTIONS BEFORE USING THIS TABLE

HELIOX 300 SURFACE SUPPLIED DIVE DECOMPRESSION TABLE - (10) 220 FEET

PROPERTY OF OCEAN WORKS ASIA INC

HELIOX 300 SURFACE SUPPLIED DIVE DECOMPRESSION TABLE												
DEPTH IN FEET OF SEAMATER. TOTAL DECOMPRESSION TIME IN MINUTES SHOWN AT DEPARTURE FROM EACH STOP												
EACH STOP TIME IN MINUTES INCLUDES DURATION OF ASCENT FROM PREVIOUS STOP												
FIRST STOP TIME INCLUDES DURATION OF ASCENT FROM BOTTOM AT 60 F/M												
BOTTOM TIME SHIFT		DECOMPRESSION STOP IN WATER										
5		SUR INT	50 02		50-40 02		AIR 02		AIR 02		AIR 02	
10		50 02	4 10		4 1		5 10		5 10		20 20	
15		50 02	6 10	(B) 10		20 (C)21		5 26	5 36	20 20	56 56	
20		50 02	6 10	4 10	4 1	5 15	5 15	5 15	5 15	20 20	66 66	
25		50 02	5 10	4 10	4 1	5 10	5 10	5 10	5 10	5 10	20 20	
30		50 02	5 10	4 10	4 1	5 10	5 10	5 10	5 10	5 10	20 20	
35		50 02	5 10	4 10	4 1	5 10	5 10	5 10	5 10	5 10	20 20	
40		50 02	5 10	5 10	5 10	5 10	5 10	5 10	5 10	5 10	20 20	
45		50 02	5 10	4 10	4 1	5 10	5 10	5 10	5 10	5 10	20 20	
50		50 02	5 10	5 10	5 10	5 10	5 10	5 10	5 10	5 10	20 20	
55		50 02	5 10	5 10	5 10	5 10	5 10	5 10	5 10	5 10	20 20	
60		50 02	5 10	5 10	5 10	5 10	5 10	5 10	5 10	5 10	20 20	
65		50 02	5 10	5 10	5 10	5 10	5 10	5 10	5 10	5 10	20 20	
70		50 02	5 10	5 10	5 10	5 10	5 10	5 10	5 10	5 10	20 20	

(A) DIVER AT 60 FEET AND SHIFT BREATHING ON AIR.

(B) TOTAL TIME FROM LAST WATER STOP TO FIRST GEMER STOP NOT TO EXCEED 5 MINUTES.

(C) THE GEMER BEARING WILL BE BROKEN INTO GROUPS OF 20 MINUTES ON OXYGEN AND 5 MINUTES ON AIR (GEMER GAS). THE 5 MINUTES AIR BEARS ARE NOT INCLUDED IN THE TOTAL GEMER TIME SPECIFIED BY THE TABLES.

(D) ASCENT FROM 40 FEET TO SURFACE IN 20 MINUTES AT RATE OF 2 FEET / MINUTES.

ASCENT RATE : TO FIRST STOP - 60 F/M, FIRST STOP TO 100 FEET - 10 F/M, 100 FEET TO 40 FEET - 2.5 F/M
GAS MIXTURES : 10 % OXYGEN (MINIMUM), 10 % NITROGEN, 80 % HELIUM TO 150 FEET, AIR TO 40 FEET, 100 % OXYGEN TO SURFACE

CONSULT HELIOX 450 DIVE INSTRUCTIONS BEFORE USING THIS TABLE

HELLOX 300 SURFACE SUPPLIED DIVE DECOMPRESSION TABLE - (10) 230 FEET

DEPTH : 230 FEET

HELLOX 300 SURFACE SUPPLIED DIVE DECOMPRESSION TABLE

PROPERTY OF OCEAN WORKS ASIA INC

DEPTH IN FEET OF SEAWATER TOTAL DECOMPRESSION TIME IN MINUTES SHOWN AT DEPARTURE FROM EACH STOP
EACH STOP TIME IN MINUTES INCLUDES DURATION OF ASCENT FROM PREVIOUS STOP

FIRST STOP TIME INCLUDES DURATION OF ASCENT FROM BOTTOM AT 60 F/M

BOTTOM TIME (MIN)	AIR SHIFT	DECOMPRESSION STOP IN WATER								CHAMBER OXYGEN (C)						TOTAL ASCENT
		130	120	110	100	90	80	70	60	50	40	50	50-40	40 (C)	40-0	
5										6	4	10	02	AIR	02	02
5	(B)									6	4	10	02	AIR	02	02
10										6	4	10	02	AIR	02	20
10	(B)									6	4	10	02	AIR	02	56
15										6	4	10	02	AIR	02	20
15	(B)									6	4	10	02	AIR	02	94
20										3	4	4	4	4	10	15
20	(B)									3	4	4	4	4	10	20
25										3	7	11	15	19	23	34
25	(B)									3	7	11	15	19	23	34
30										4	4	4	4	7	7	40
30	(B)									4	4	4	4	7	7	40
35										4	8	12	16	23	30	44
35	(A)									4	8	12	16	23	30	44
40										4	4	4	4	5	7	45
40	(A)									4	8	12	17	24	31	42
45										4	4	4	4	7	7	45
45	(A)									3	2	5	6	7	6	44
50										3	5	10	16	23	29	57
50	(A)									3	5	10	16	23	29	57
55										4	5	6	6	7	10	61
55	(A)									4	5	6	6	7	10	61
60										4	9	15	21	28	38	78
60	(A)									4	9	15	21	28	38	78
65										3	8	12	17	23	29	44
65	(A)									3	8	12	17	23	29	44
70										6	10	15	20	26	37	52
70	(A)									6	10	15	20	26	37	52

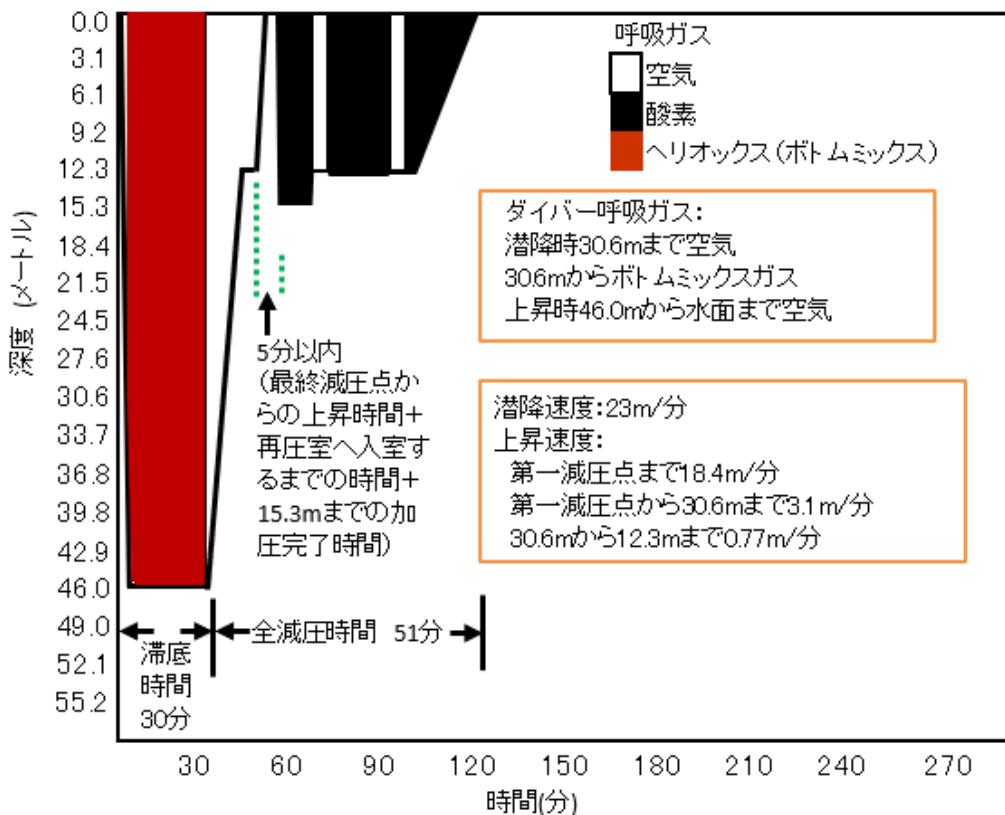
- (A) DIVER AT 150 FEET AND SHIFT BREATHING GAS TO AIR.
- (B) TOTAL TIME FROM LAST WATER STOP TO FIRST CHAMBER STOP NOT TO EXCEED 5 MINUTES.
- (C) THE CHAMBER BREATHING WILL BE BROKEN INTO COLES OF 20 MINUTES ON AIR / CHAMBER GAS. THE 5 MINUTES AIR BREAKS ARE NOT INCLUDED IN THE TOTAL OPEN TIME SPECIFIED BY THE TABLES.
- (D) ASCENT FROM 40 FEET TO SURFACE IN 20 MINUTES AT RATE OF 2 FEET / MINUTES.

ASCENT RATE : TO FIRST STOP - 60 F/M , FIRST STOP TO 100 FEET - 10 F/M , 100 FEET TO 40 FEET - 2.5 F/M
GAS MIXTURES : 10 % OXYGEN (MINIMUM) , 10 % NITROGEN , 80 % HELIUM TO 150 FEET , AIR TO 40 FEET , 100 % OXYGEN TO SURFACE

CONSULT HELLOX 450 DIVE INSTRUCTIONS BEFORE USING THIS TABLE

3-7-1 46.0m・30分(酸素濃度 20%)の作業プロフィール

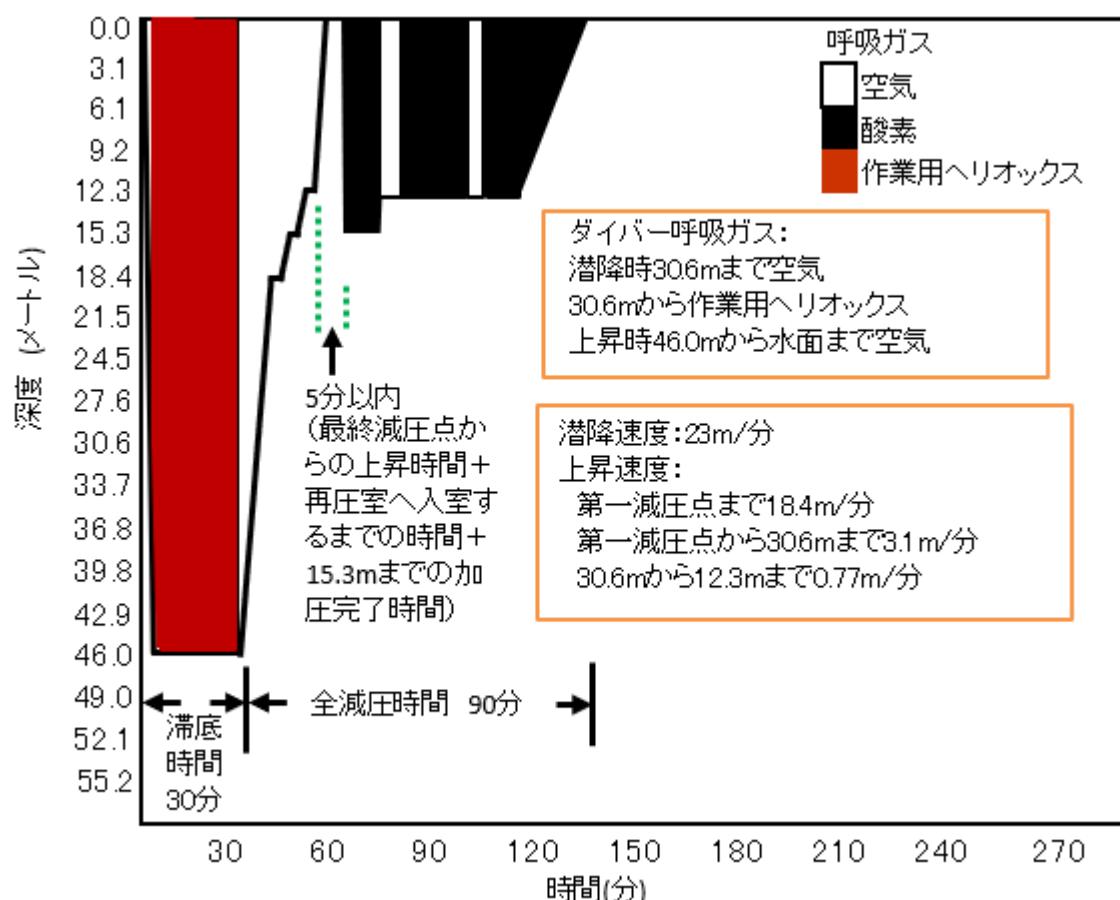
本プロフィールは2017年以後の海外作業より変更した。その内容は、作業終了後の浮上時のガス吸入は[上昇時46.0mから水面まで空気]としていたが、変更して第一減圧点まで作業用混合ガスを吸入することとした。



潜水スケジュール	46.0m/30分	
減圧スケジュール	46.0m/30分	
減圧停止時間		
水中 12.3m 船上	2分(4分)	注: ()内は減圧点間の上昇時間 空気 を含む減圧停止時間 水中減圧点 12.3mから上昇してチャンバー 深度15.3m加圧完了まで5分以内
チャンバー		
0m-15.3m	30秒	100%酸素
15.3m	10分	100%酸素
15.3m-12.3m	1分	100%酸素
12.3m	32分	100%酸素22分-空気10分
12.3m-0m	20分	100%酸素

図 3-11 46.0m・30分 吸入酸素濃度 20%

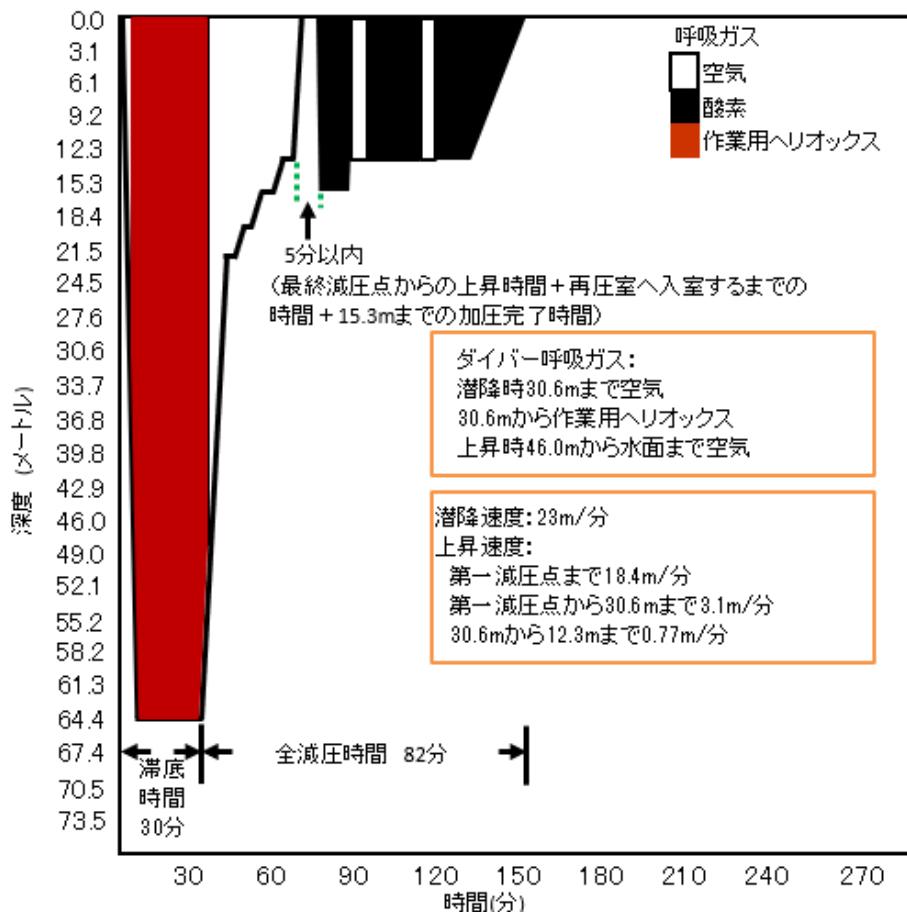
3-7-2 46.0m・30分(酸素濃度 10%)の作業プロフィール



潜水スケジュール	46.0m/30分
減圧スケジュール	46.0m/30分
減圧停止時間	
水中	
18.4m	1分(3分)
12.3m	2分(6分)
12.3m	2分(6分)
船上	水中減圧点 12.3mから上昇してチャンバー 深度15.3m加圧完了まで5分以内
チャンバー	
0m-15.3m	30秒
15.3m	10分
15.3m-12.3m	1分
12.3m	40分
12.3m-0m	20分
	100%酸素
	100%酸素
	100%酸素
	100%酸素30分-空気10分
	100%酸素

図 3-12 46.0m・30分 吸入酸素濃度 10%

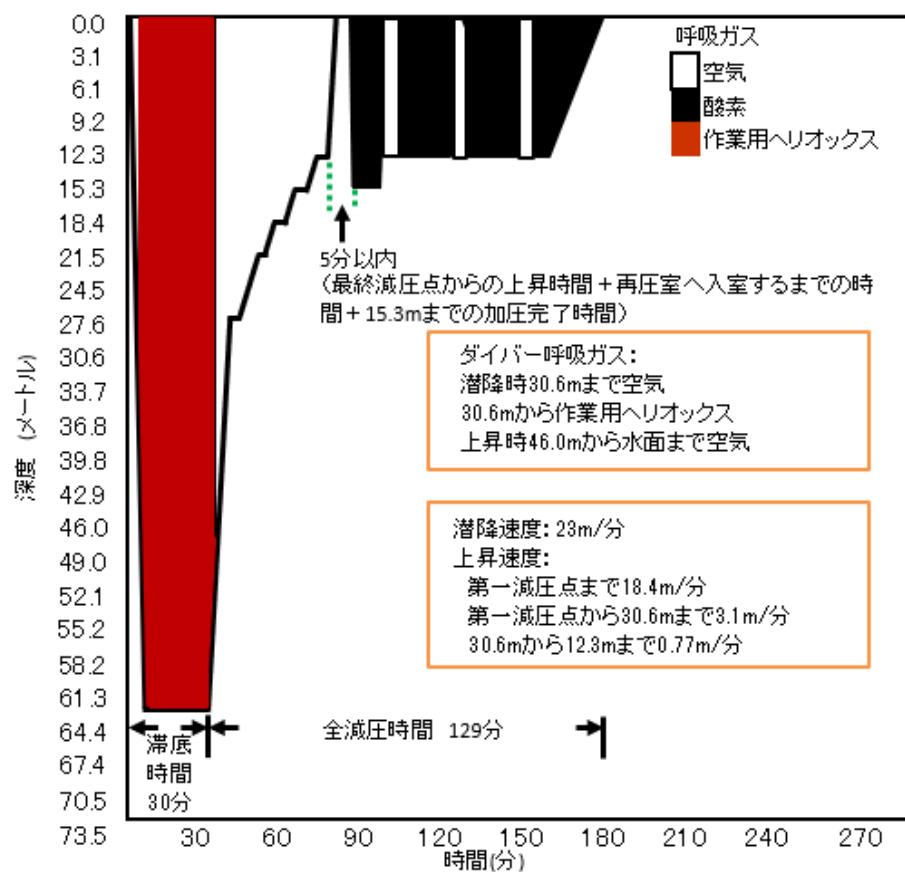
3-7-3 61.3m・30分(酸素濃度 20%)の作業プロフィール



潜水スケジュール	61.3m/30分	
減圧スケジュール	61.3m/30分	
減圧停止時間		
水中		
27.6m	1分(3分)	空気
24.5m	0分(4分)	空気
21.5m	2分(6分)	空気
18.4m	3分(7分)	空気
15.3m	3分(7分)	空気
12.3m	3分(7分)	空気
		注:()内は減圧点間の上昇時間 を含む減圧停止時間
船上	水中減圧点 12mから上昇してチャンバー 深度15m加圧完了まで5分以内	
チャンバー		
0m-15.3m	30秒	100%酸素
15.3m	10分	100%酸素
15.3m-12.3m	1分	100%酸素
12.3m	60分	100%酸素45分-空気15分
12.3m-0m	20分	100%酸素

図 3-13 61.3m・30分 吸入酸素濃度 20%

3-7-4 61.3m・30分(酸素濃度 10%)の作業プロフィール



潜水スケジュール	61.3m/30分
減圧スケジュール	61.3m/30分
減圧停止時間	
水中	
27.6m	1分(3分)
24.5m	0分(4分)
21.5m	2分(6分)
18.4m	3分(7分)
15.3m	3分(7分)
12.3m	3分(7分)
	注:()内は減圧点間の上昇時間 を含む減圧停止時間
船上	水中減圧点 12mから上昇してチャンバー 深度15m加圧完了まで5分以内
チャンバー	
0m-15.3m	30秒
15.3m	10分
15.3m-12.3m	1分
12.3m	60分
12.3m-0m	20分
	100%酸素
	100%酸素
	100%酸素
	100%酸素45分-空気15分
	100%酸素

図 3-14 61.3m・30分 吸入酸素濃度 10%

表 3-1. 船上減圧の比較

潜降～水中減圧								チャンバー加圧・減圧レート				
	潜降速度	ボトム ミック スガス	水中減圧時呼 吸ガス	上昇速度	減圧点 間上昇 時間	最終減圧 深度	最終減圧点 からの上昇 速度	水面 休憩 時間	加圧速度	加圧深度	減圧速度 (減圧点 間)	減圧速度 (最終減圧 点から水面)
USN 空気潜 水	23.0msw/ 分	空気	空気	深度によ る変更な し	9.2msw/分	20秒	12.3msw	12.3msw/分	1分	5分	30.6msw/ 分	12.3msw
USN 混合ガ ス潜水	23.0msw/ 分	減圧表 から選 択	27.6mswま で空気 27.6msw～ 12.3mswま で50%ヘリオ ックス	深度によ る変更な し	9.2msw/分	20秒	12.3msw	12.3msw/分	1分	5分	30.6msw/ 分	15.3msw →12.3ms W
DCIEM 空 気潜水	18.4msw/ 分	空気	空気	深度によ る変更な し	18.4msw/ 分	10秒	9.2msw	18.4msw/分	30秒	7分	18.4msw/ 分	12.3msw
DCIEM 混 合ガス潜水	18.4msw/ 分	16%	9.2mswまで 空気 9.2msw で100%酸素 9.2mswから 水面まで空気	深度によ る変更な し	18.4msw/ 分	10秒	9.2msw	18.4msw/分	30秒	7分	18.4msw/ 分	12.3msw
OWA Mark VI混合ガス 潜水	18.4msw/ 分	20% 又は 10%	空気	第一減圧 点まで	18.4msw/ 分							
				第一減圧 点～ 30.6msw	3.1msw/分	4分	12.3msw	12.3msw/分	1分	5分	18.4m/分	15.3msw →12.3ms W
				30.6msw ～ 12.3msw	0.77msw/ 分							0.61m/分
												3.1msw/分

注 : msw=3.26336fsw

IV. 調査対象および方法

4-1. 調査対象

十分に船上減圧の実績を有した下記協力団体を対象とする。

- 4-1-1 民間企業アジア海洋株式会社（A 社）にて、1980 年から高圧則が改正される前の 2015 年 3 月までに国内外で実施した船上減圧例。対象となる混合ガス潜水における船上減圧例は 3,000 例を予定した。空気潜水は実施されていなかった。
- 4-1-2 民間企業日本サルヴェージ株式会社（B 社）にて、高圧則が改正される前の 2015 年 3 月までに国内外で実施した空気および混合ガスの船上減圧で、対象となる対象例は 2,000 例以上を予定した。
- 4-1-3 海上自衛隊潜水医学実験隊にて実施された船上減圧例を予定したが、収集は出来なかった。

4-2. 方法

潜水作業会社 2 社（A 社、B 社）に対し、過去（1994 年～2015 年 3 月）の船上減圧の記録を収集し、呼気ガスの種類と減圧症発症件数などを依頼収集した。

調査内容は、個人情報の観点からダイバーのプロフィールは自由記述とした。

表 4-1 調査項目

ダイバーのプロフィール	作業条件	減圧症罹患
氏名（アルファベットで匿名化）	潜水作業日*	減圧症発症の有無*
生年月日（自由記述）	海拔*	
性別	スーツの種類*	
身長	呼吸ガス（空気、ヘリウムなど）*	
体重	作業水深*	
BMI	作業時間*	
経験年数	減圧表の種類*	
経験本数	浮上手段*	
既往歴		

*印は必須項目

3. 倫理審査委員会審査

東京医科歯科大学医学部倫理審査委員会に倫理審査を実施し承認された。

- ・課題名：高気圧作業に伴う船上（水上）減圧における減圧症発症状況等人体影響に係る調査研究
- ・承認日：2017 年 1 月 24 日
- ・承認番号：M2016-200

V. 調査結果

5-1 対象調査期間と作業件数

総調査件数は 5,739 件であり、目標件数に達した。

調査された期間は、1994 年～2015 年 3 月までであった。

2 社合わせた作業者数は Heliox 潜水で 31 人、空気潜水で 41 人の計 72 人であった。

延べ作業件数で Heliox 潜水 3,554 件、空気潜水 2,185 件であった。

5-2 減圧症発症率

Heliox 潜水は 1994 年～2015 年 3 月までの期間で、延べ作業件数 3,554 件であり、減圧症の発症件数は 5 件 (0.141%) であった (表 5-2)。空気潜水は 2005～2015 年までの期間で延べ作業件数は 2,185 件であり、減圧症の発症件数は 35 件 (1.602%) であった (表 5-3)。なお空気潜水作業で海拔 800m での高所潜水が 315 件 (潜水深度 20～60m) 実施されたが、減圧症の発症はなかった。

表 5-2 Heliox 潜水による船上減圧の減圧症発症率

深度(m)	作業人数	DCS	発症率
30≥	1	0	
40≥	44	0	
50≥	2,104	2	0.095%
60≥	445	0	
70≥	424	2	0.472%
80≥	530	1	0.189%
90≥	6	0	
計	3,554	5	0.141%

期間は 1994 年～2015 年 3 月

表 5-3 空気潜水による船上減圧 減圧症発症率

深度(m)	作業人数	DCS	発症率
30≥	20	0	
40≥	193	1	0.518%
50≥	271	3	1.107%
60≥	1,583	23	1.453%
70≥	76	8	10.526%
80≥	34	0	
90≥	8	0	
計	2,185	35	1.602%

期間は 2005～2015 年

海拔 800m の作業が 315 件あるが、減圧症発症はなかった(潜水深度 20～60m)。

5-3. Heliox 潜水の船上減圧による潜水深度と作業時間との関係

潜水深度は14～83mであり、40m未満の深度は10件（0.3%）であった。作業深度が深ければ作業時間が短くなっていた。

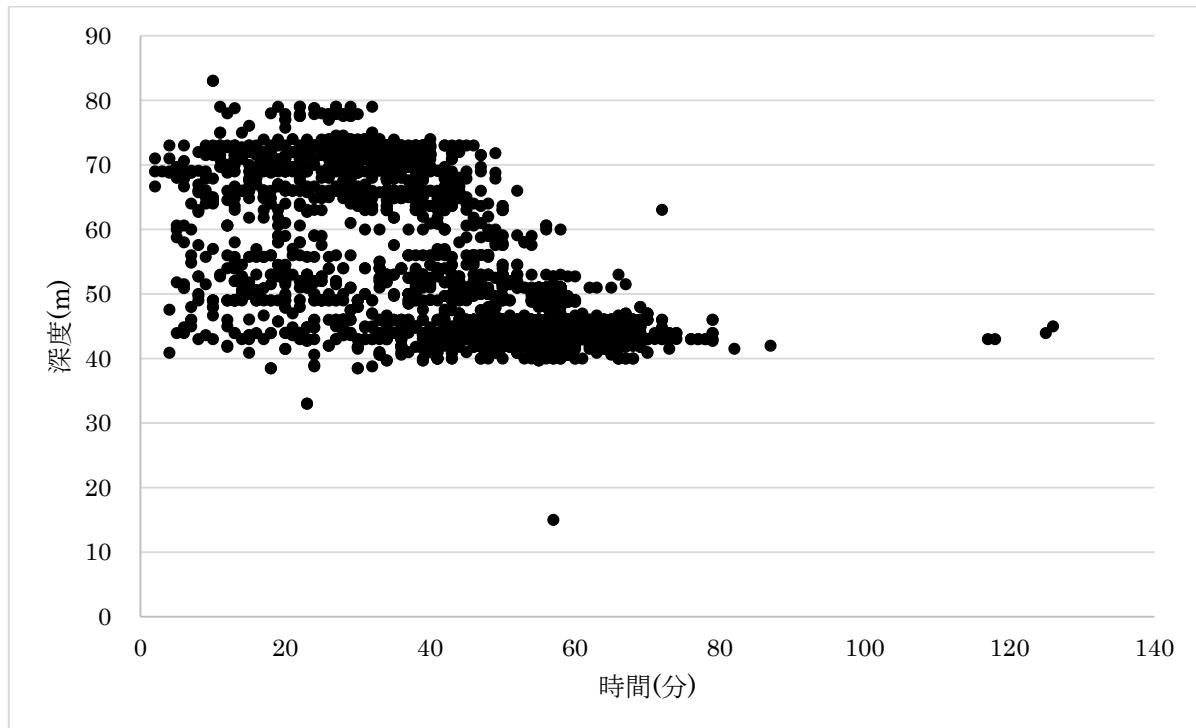


図 5-3 Heliox 潜水・船上減圧の潜水深度と作業時間の関係 (n=3,554)

5-4. 空気潜水の船上減圧による潜水深度と作業時間との関係

潜水深度は14~90mであり、40m未満は201件(9.2%)と9割以上が40m以上の作業であった(図5-4)。

減圧症発症の深度は60m前後(39.6~62.0m)に集中しており、潜水時間は30~60分に集中していた。空気呼吸による船上減圧では約40mを超えた深度より発症していた。(図5-5)。

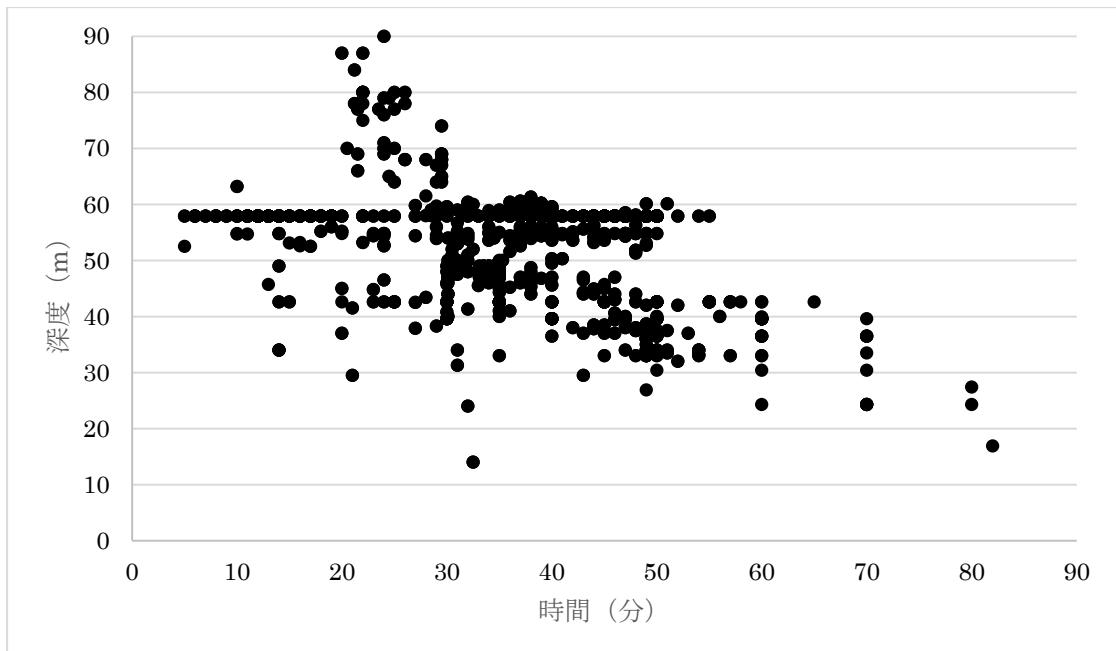


図5-4 空気潜水・船上減圧の潜水深度と作業時間の関係 (n=2,285)

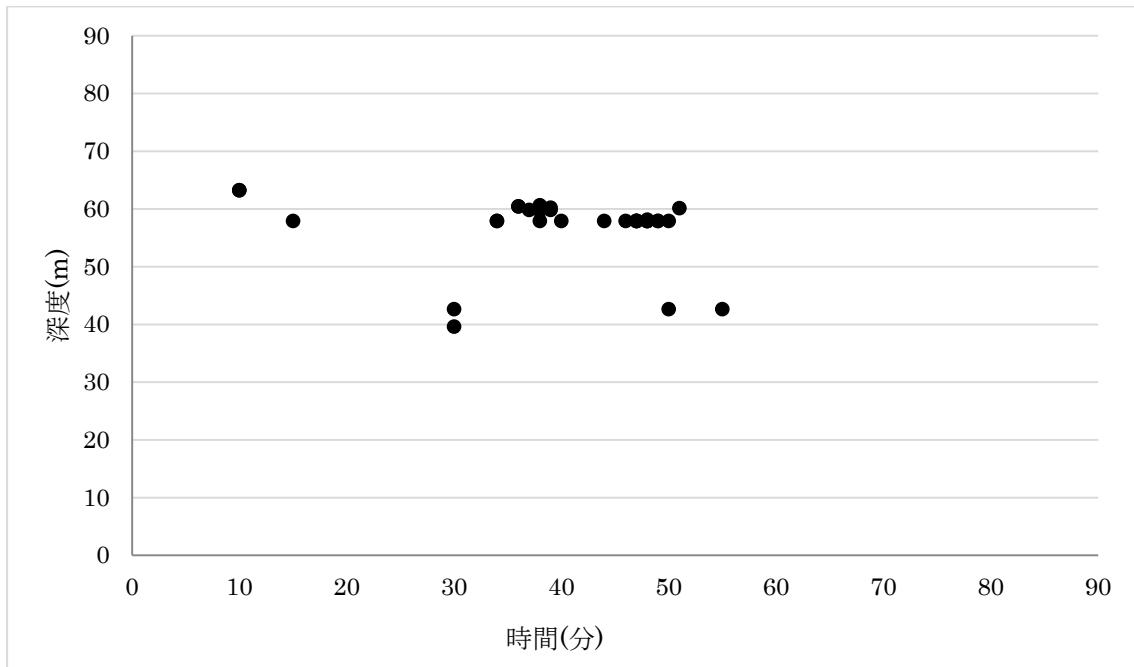


図5-5 空気潜水・船上減圧における減圧症発症時の深度と作業時間の関係 (n=35)

5-5. 減圧症発症誘因についての統計学的検討

5-5-1 概要

減圧症の発症誘因の検討として、減圧症群(DCS)と対照群(CON)の比較にて、減圧症の既往症の有無、潜水海拔(3項目)、スーツ(3項目)、呼気ガス、水温(3項目)、深度(8項目)、作業強度(3項目)、潜水テーブル(3項目)、浮上手段(3項目)の28項目について、オッズ比(OR)を検討した。

解析1-1(表5-4)と解析1-2(表5-5)は、A社およびB社のアンケート項目をそれぞれ評価した結果であり、解析2-1(表5-6)と解析2-2(表5-7)は、空気潜水を行った者に限定して対象とした。

5-5-2 検定方法

解析1-1と解析2-1の検定方法は、カイ二乗検定である。解析1-2と解析2-2は、Welchのt検定である。

5-5-3 結果

(1) 解析1-1(表5-4)

呼吸ガスの比較では、空気は Heliox に比べ 11.523 倍減圧症を発症しやすい結果となった($\chi^2=41.601, P<0.001$)。

水温が 0~10 °C のとき、そうでない場合と比べ 2.698 倍減圧症を発症しやすい結果となった($\chi^2=10.549, P=0.050$)。

深度が 40~50 m のとき、そうでない場合と比べ 0.201 倍減圧症を発症しやすい結果となった($\chi^2=13.816, P=0.004$)。

深度が 60~70 m のとき、そうでない場合と比べ 3.548 倍減圧症を発症しやすい結果となった($\chi^2=13.464, P=0.049$)。

U.S.Navy Revision 4 を使用したとき、そうでない場合と比べ 16.757 倍減圧症を発症しやすい結果となった($\chi^2=63.865, P<0.001$)。

A社の減圧表を使用したとき、そうでない場合と比べ 0.090 倍減圧症を発症となり、安全率が高い結果となった($\chi^2=32.687, P<0.001$)。

(2) 解析1-2(表5-5)

減圧症を発症しているグループは発症していないグループよりも潜水深度が深い結果となった($t=3.195, P=0.014$)。

(3) 解析2-1(表5-6)

深度が 60~70 m のとき、そうでない場合と比べ 3.548 倍減圧症を発症しやすい結果となった($\chi^2=39.931, P<0.001$)。

U.S.Navy Revision 4 と DCIEM は、減圧症発症者が各減圧表に偏っていたため、正確な評価をするにはデータを追加収集する必要があり、統計学的評価は出来なかった。

(4) 解析2-2(表5-7)

減圧症を発症しているグループは発症していないグループよりも経験年数が短い結果となった($t=-4.935, P<0.001$)。

(5) 潜水深度と減圧症発症率の関係(図 5-6)

5-5-4 まとめ

現時点でも減圧症の発症率は低く抑えられているが、Heliox 吸入潜水と A 社の減圧表を使用することで減圧症の発症率を下げることができる可能性がある。空気潜水では潜水深度が深くなるほど減圧症の発症率が高くなることが認められた。

表 5-4 アンケート項目の(解析 1-1)結果一覧

変数名	全体						A社						B社							
	DCS		CON		DCS		CON		DCS		CON		DCS		CON		DCS			
	yes	no	yes	no	yes	no	yes	no	yes	no	yes	no	yes	no	yes	no	yes	no		
既往症の有無	1	39	537	5168	0.247	2.236	1.000	1	3	537	2609	1.619	0.177	1.000	0	36	0	2559	N.A.	
海拔(800m)	0	40	320	5385	0.000	2.376	1.000	0	4	0	3146	N.A.	N.A.	0	36	320	2239	0.000	5.135	
海拔(260m)	0	40	15	5690	0.000	0.105	1.000	0	4	15	3131	0.000	0.019	1.000	0	36	0	2559	N.A.	
海拔(0m)	40	0	5370	335	N.A.	2.494	1.000	4	0	3131	15	N.A.	0.019	1.000	36	0	2339	320	N.A.	
スージ(Dry)	37	3	4214	1491	4.364	7.168	0.284	1	3	1763	1383	0.261	1.562	1.000	36	0	2451	108	N.A.	
スージ(Hot water)	0	40	15	5690	0.000	0.105	1.000	0	4	15	3131	0.000	0.019	1.000	0	36	0	2559	N.A.	
スージ(Wet)	3	37	1476	4229	0.232	7.013	0.272	3	1	1368	1778	3.899	1.614	1.000	0	36	108	2451	0.000	1.585
呼吸ガス(yes:空気 / no: Heliox)	35	5	2156	3549	11.523	41.601	0.000	0	4	0	3146	N.A.	N.A.	35	1	2156	403	6.542	4.544	
水温(21-30°C)	1	26	1246	3546	0.109	6.960	0.378	1	3	1144	2002	0.583	0.223	1.000	0	23	102	1544	0.000	1.518
水温(11-20°C)	18	9	2801	1991	1.422	0.746	1.000	3	1	1739	1407	2.427	0.629	1.000	15	8	1062	584	1.031	0.005
水温(0-10°C)	21	19	1658	4047	2.698	10.549	0.050	0	4	263	2883	0.000	0.365	1.000	21	15	1395	1164	1.168	0.209
深度(30m以下)	0	40	21	5684	0.000	0.148	1.000	0	4	1	3145	0.000	0.001	1.000	0	36	20	2539	0.000	0.284
深度(40m以下)	1	39	236	5469	0.594	0.269	1.000	0	4	40	3106	0.000	0.052	1.000	1	35	196	2363	0.344	1.206
深度(50m以下)	5	35	2370	3335	0.201	13.816	0.004	2	2	2032	1114	0.548	0.372	1.000	3	33	338	2221	0.597	0.739
深度(60m以下)	23	17	2005	3700	2.497	8.692	0.123	0	4	333	2813	0.000	0.473	1.000	23	13	1672	887	0.939	0.033
深度(70m以下)	10	30	490	5215	3.548	13.464	0.049	2	2	404	2742	6.787	4.913	1.000	8	28	86	2473	8.216	36.176
深度(80m以下)	1	39	563	5142	0.234	2.436	1.000	0	4	334	2812	0.000	0.475	1.000	1	35	229	2330	0.291	1.674
深度(90m以下)	0	40	14	5691	0.000	0.098	1.000	0	4	2	3144	0.000	0.003	1.000	0	36	12	2547	0.000	0.170
深度(90m以上深v)	0	40	6	5699	0.000	0.042	1.000	0	4	0	3146	N.A.	N.A.	0	36	6	2553	0.000	0.085	
作業強度(重)	1	39	643	5062	0.202	3.070	1.000	0	4	574	2572	0.000	0.892	1.000	1	35	69	2490	1.031	0.001
作業強度(中)	34	6	4833	872	1.022	0.002	1.000	3	1	2546	600	0.707	0.091	1.000	31	5	2287	272	0.737	0.396
作業強度(軽)	5	35	229	5476	3.416	7.321	0.618	1	3	26	3120	40.000	27.471	0.948	4	32	203	2356	1.451	0.489
テーブル(US Navy Revision 4)	35	5	1681	4024	16.757	63.865	0.000	0	4	0	3146	N.A.	N.A.	35	1	1681	878	18.281	15.759	
テーブル(DCIEM)	1	39	878	4827	0.141	5.093	0.677	0	4	0	3146	N.A.	N.A.	1	35	878	1681	0.055	15.759	
テーブル(アジア①table)	4	36	3146	2559	0.090	32.687	0.000	4	0	3146	0	N.A.	N.A.	0	36	0	2559	N.A.	N.A.	
浮上手段(ケージ)	27	9	4756	808	0.510	3.152	1.000	4	0	3146	0	N.A.	N.A.	23	9	1610	808	1.283	0.398	
浮上手段(ラダー)	9	27	767	4797	2.085	3.769	1.000	0	4	0	3146	N.A.	N.A.	9	23	767	1651	0.842	0.189	
浮上手段(その他)	0	36	41	5523	0.000	0.267	1.000	0	4	0	3146	N.A.	N.A.	0	32	41	2377	0.000	0.552	

表 5-5 アンケート項目による検定結果の一覧(解析 1-2)

	変数	<i>t</i> 値	自由度	<i>P</i> 値	平均値の差 (DCS-CON)	差の標準誤差	CI	
							下限	上限
全体	年齢	-0.801	34.614	1.000	-1.611	2.012	-7.095	3.873
	BMI	-2.373	20.343	0.138	-0.967	0.408	-2.125	0.191
	経験年数	-2.162	20.047	0.214	-1.720	0.796	-3.984	0.543
	深度 (m)	3.195	40.221	0.014	3.680	1.152	0.566	6.794
	bottom time (分)	-0.640	40.037	1.000	-1.133	1.772	-5.925	3.658
	年齢	N.A.	N.A.	N.A.	N.A.	N.A.	N.A.	N.A.
A社	BMI	-4.109	2.056	0.260	-1.678	0.408	-5.550	2.195
	経験年数	-0.414	2.007	1.000	-1.570	3.789	-38.964	35.824
	深度 (m)	0.388	3.005	1.000	2.620	6.748	-36.733	41.972
	bottom time (分)	0.926	3.030	1.000	3.741	4.041	-19.635	27.116
	年齢	-0.801	34.614	1.000	-1.611	2.012	-7.095	3.873
	BMI	-2.062	17.575	0.272	-0.966	0.469	-2.319	0.386
B社	経験年数	-4.977	18.970	0.000	-3.811	0.766	-6.002	-1.620
	深度 (m)	1.324	37.538	0.968	1.444	1.091	-1.515	4.403
	bottom time (分)	1.519	36.350	0.688	2.828	1.862	-2.233	7.889

表 5-6 解析 2-1 の空気潜水による検定結果一覧

変数名	空気潜水						
	DCS		CON		OR	χ^2 値	P 値
	yes	no	yes	no			
既往症の有無	0	35	0	2156	N.A.	N.A.	N.A.
海拔 (800 m)	0	35	320	1836	0.000	6.083	0.332
海拔 (260 m)	0	35	0	2156	N.A.	N.A.	N.A.
海拔 (0 m)	35	0	1836	320	N.A.	6.083	0.332
スーツ (Dry)	35	0	2054	102	N.A.	1.737	1.000
スーツ (Hot water)	0	35	0	2156	N.A.	N.A.	N.A.
スーツ (Wet)	0	35	102	2054	0.000	1.737	1.000
水温 (21-30°C)	0	22	102	1147	0.000	1.953	1.000
水温 (11-20°C)	14	8	665	584	1.537	0.939	1.000
水温 (0-10°C)	21	14	1389	767	0.828	0.294	1.000
深度 (30 m以下)	0	35	20	2136	0.000	0.328	1.000
深度 (40 m以下)	1	34	192	1964	0.301	1.568	1.000
深度 (50 m以下)	3	32	268	1888	0.660	0.473	1.000
深度 (60 m以下)	23	12	1560	596	0.732	0.758	1.000
深度 (70 m以下)	8	27	68	2088	9.098	39.931	0.000
深度 (80 m以下)	0	35	34	2122	0.000	0.561	1.000
深度 (90 m以下)	0	35	8	2148	0.000	0.130	1.000
深度 (90 mより深い)	0	35	6	2150	0.000	0.098	1.000
作業強度 (重)	0	35	30	2126	0.000	0.494	1.000
作業強度 (中)	31	4	1965	191	0.753	0.280	1.000
作業強度 (軽)	4	31	161	1995	1.599	0.776	1.000
テーブル (US Navy Revision 4)	35	0	1681	475	N.A.	9.846	0.037
テーブル (DCIEM)	0	35	475	1681	0.000	9.846	0.037
テーブル (アジア①table)	0	35	0	2156	N.A.	N.A.	N.A.
浮上手段 (ケージ)	22	9	1208	808	1.635	1.554	1.000
浮上手段 (ラダー)	9	22	767	1249	0.666	1.054	1.000
浮上手段 (その他)	0	31	41	1975	0.000	0.643	1.000

表 5-7 解析 2-2 の空気潜水による検定結果一覧

変数	<i>t</i> 値	自由度	<i>P</i> 値	平均値の差 (DCS-CON)		CI 下限	CI 上限
				差の標準誤差			
年齢	-0.942	33,681	1,000	-1.861	1.975	-7.253	3.532
BMI	-2.363	17,656	0.149	-1.109	0.469	-2.462	0.245
経験年数	4.935	19,331	0.000	-3.797	0.769	-5.994	-1.600
深度 (m)	2.392	36,770	0.110	2.361	0.987	-0.320	5.042
bottom time (分)	0.869	35,427	1,000	1.617	1.861	-3.448	6.681

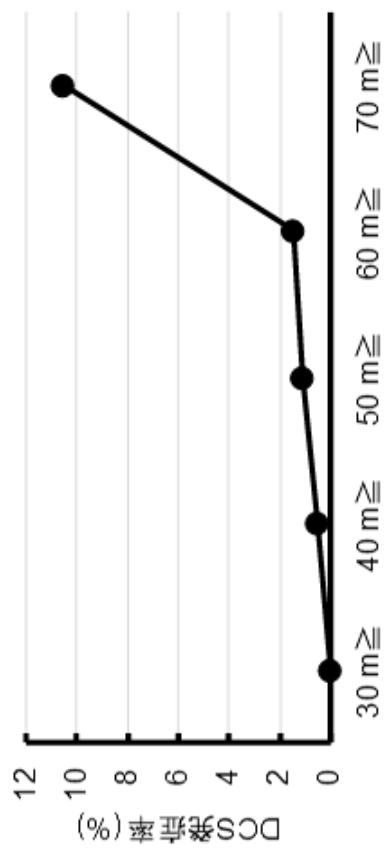


図 5-6 潜水深度と発症率の関係

VI. 考察

船上減圧^{5,6,7)}は、飽和潜水システム⁹⁾に類似した潜水方法であり、一般的な潜水作業とは大きく異なる。その方法は、所定の水中減圧停止時間をとらせることなく、深度9~12m以浅の減圧を行わせず急速減圧（浮上）し、その後、短時間で船上に設置されている再圧室にダイバーを収容し、所定深度（圧力）まで再加圧した後、改めて酸素吸入による減圧を行う方法である。船上減圧は水中減圧に起因する様々なリスク、例えば急激な天候の変化による水中減圧の中止に対する対応、長時間減圧による水中滞在に伴う体温低下などの身体のリスクを最小限に抑制することができる。

Thomas G Shields and William B Lee の報告⁷⁾による水中減圧と船上減圧の減圧症発症率は、表6-1の通り水中減圧で0.24%より船上減圧の0.49%が高い。この要因は水中減圧では浅い深度が多いのに対し、船上減圧では深い深度および長時間潜水によることが挙げられる。

表6-1 水中減圧と船上減圧の減圧症発生率の比較（1982年／1983年）

	In-water Decompression			Surface Decompression		
	1982	1983	Total	1982	1983	Total
Number of dives	469	1,647	2,116	6,996	7,895	14,891
Cases of DCS	1	4	5	34	39	73
Invidence(%)	0.21	0.24	0.24	0.49	0.49	0.49

Bove and Davis (Diving Medicin 2004) の報告¹²⁾による減圧方法の違いによる減圧症発症率は、水中減圧で0.027~1.265%に対して、船上減圧では0.3~0.49%とThomas G Shields and William B Lee の報告とほぼ同じ発症率である。

表6-2 異なる減圧方法による減圧症発症率

著者	人数	減圧症 件数	発症率 (%)	減圧方法	調査年
Overland ⁵⁾	6,654	20	0.3006	船上減圧	1986-90
Shields and Lee ⁶⁾	14,891	73	0.4902	船上減圧	1982-83
Vann et al. ^{13,14)}	26,274	7	0.0266	酸素水中減圧	1985-95, 98
Overland ⁵⁾	4,548	10	0.2199	水中減圧	1986-90
Shields and Lee ⁶⁾	2,116	5	0.2363	水中減圧	1982-83
Berghage and Durman ¹⁵⁾	15,182	192	1.2647	水中減圧	1971-78
Flynn et al. ¹⁶⁾	163,400	48	0.0294	16m>の無減圧潜水	1990-94
Overland ⁵⁾	15,094	1	0.0066	無減圧潜水	1986-90
Shields and Lee ⁶⁾	8,705	1	0.0115	無減圧潜水	1982-83
Berghage and Durman ¹⁵⁾	965	13	1.3472	無減圧潜水	1971-78
Berghage et al. ¹⁷⁾	108,705	17	0.0156	無減圧潜水	1972-73

本調査研究における船上減圧の減圧症発症率は¹⁸⁾、Heliox 吸入の90m以浅で0.141% (n=5 / 3,554) と前述報告よりも低い発症率であったが、空気吸入では1.602% (n=35 / 2,185) であり、そのうち40mを超える深度では1.724%と高い発症率を認めた。高圧側改定後では空気吸入での潜水は40m以浅で認められており、今回40m以浅に限定すれば減圧症発症率は0.470% (n=1 / 213) と比較的低値であり、前述した報告と比較して船上減圧での発症率は低く抑えられている。

高圧則改定^{10,11)}後に報告された減圧症発症率は、船上減圧を用いない一般的な潜水作業で、空気潜水で 0.027% (n=1/3,765)¹⁹⁾であり、その内訳は減圧時の呼吸ガスの空気吸入で 0 件 (n=2,143)、水中で酸素を吸入する減圧で 0.062% (n=1/1,622) であった。混合ガス潜水では 0 件 (n=1,120) であった。このことから、船上減圧を実施する吸入ガス条件としては、40m 以深では Heliox 吸入による混合ガス潜水が必須であり、40m 以浅でも Heliox 吸入による混合ガス潜水とすることのほうが安全性を高めると考えられる。但し、90m を超える潜水では安全面を含め、ダイバーの身体リスクを考慮して飽和潜水システム⁹⁾を利用することが望まれる。

しかしながら、船上減圧は US Navy Diving Manual Rev,7⁸⁾もしくは DCIEM⁴⁾の船上減圧表に記載されているように、水中より急速浮上してから再加圧完了まで 5~7 分以内に限定することが必須である。その具体的対応は次の通りである。

(1) US.Navy 船上減圧の手順⁸⁾ (A 社も同様)

水中減圧点の 12.3m から浮上速度 12.3m/分で上昇を開始すると水面到着までに 1 分、再圧室において大気圧から 15.3m まで加圧速度 23.0m/分で加圧を完了するまでに約 40 秒を費やし、それらを規定されている 5 分から差し引くと、水面から船上へダイバーを回収し、船上で潜水装備を解除して再圧室に入室完了するまでの時間は 3 分 20 秒ほどとなる。

(備考：12.3m 以深の浮上時間は 9.2m/分、12.3m から水面までの浮上時間は 12.3m/分)

(2) DCIEM 船上減圧の手順⁴⁾

水中減圧点の 9.2m から浮上速度 18.0m/分で上昇を開始すると水面到着までに 30 秒、再圧室において大気圧から 12.3m まで加圧速度 18.0m/分で加圧を完了するまでに約 40 秒を費やし、それらを規定されている 7 分から差し引くと、水面から船上へ潜水士を回収し、船上で潜水装備を解除して再圧室に入室完了するまでの時間は 5 分 50 秒ほどである。

本調査で使われた US Navy Diving Manual Rev,4 の減圧表は、空気減圧表では減圧症発症率が高値を認めたが、現在は 2016 年発行の Rev,7 を用いているため、安全性は高い傾向を認めていいると考えられる。

実際の船上減圧時には、水中より急速浮上してから再加圧完了まで 5~7 分以内のため、安全かつ迅速な船上減圧システムの構築が重要である。例えば、潜水士を回収するケージと船上での再圧室との位置関係や移動方法は重要であり、スーツの脱衣や船上での移動方法など潜水士への十分な教育も必要であろう。また、船上移動は短時間に行われるため、転倒等の他の傷害発症を予防するための措置の構築も必要である。

潜水作業環境が高所（山岳地帯）である場合、高所補正表を用いなければならない。本調査では標高 800m での作業も含まれるが、高所補正を行い減圧症発症はゼロであった。また、高所での作業だけでなく、潜水作業後に高所移動^{20,21)}および航空機搭乗は機内気圧が低下するため高所移動²²⁾に該当するため、減圧症発症の危険がある。

海水温と減圧症発症率の関係は、0~10°C のときはそうでない場合と比べ、発症率が 2.698 倍に上昇したことから、低温における潜水時には、ダイバーに対してドライスーツや温水スーツなどの保温対策が必要と考えられる。

空気減圧表の US Navy Revision 4 を用いたとき、DSIEM と A 社を用いたときの減圧症発症率は 16.757 倍 USNavy の方が高いことが統計的に確認できたが、現在は US Navy Revision 4 は使われず、安全面が高くなつた US Navy Revision 6 が使われている。A 社の減圧表は安全率を高めているので、そうでない場合と比べ 0.090 倍の発症が低く抑えられている。USNavy や DCIEM 減圧表をそのまま使用するのではなく、使用者判断で減圧表の安全率を高める努力が必要である。

以上の条件下にて、船上減圧は安全面や労働負荷軽減に寄与する実用性の高い作業方法と考えられる。

VII. 結論

高圧則改正前に実施された船上減圧に伴う減圧症発症率を調査した。その結果、次の結論が得られた。

1. 呼吸ガスにおいて空気は Heliox に比べ 11.523 倍の減圧症を発症することが認められ、船上減圧において空気潜水は避けるべきである。
2. 水温が 0~10°C のとき、そうでない場合と比べ 2.698 倍の減圧症発症を認め、冷水温環境では身体負荷の軽減を図る対策が必要である。
3. A 社の減圧表を使用したとき、そうでない場合と比べ 0.090 倍の低い発症であることから、減圧表に安全率を加えた減圧表を考慮する必要がある。
4. U.S.Navy Revision 4 を使用したとき、そうでない場合と比べ 16.757 倍の減圧症を発症しやすい結果となったが、現在は U.S.Navy Revision 4 の使用はされず、U.S.Navy Revision 7 が使われているので、安全率は確保され、減圧症の発症率は抑えられていると考えられる。
5. Heliox 吸入と減圧表の安全率を高めることにより減圧症発症率を下げができる可能性がある。
6. 船上減圧から再加圧完了までの 5~7 分以内における安全かつ迅速な船上減圧システムの構築が必要である。

本調査研究で船上減圧方法はルールに準じて実施すれば安全に潜水可能であることが確認できた。

VIII. 研究発表

・柳下和慶、芝山正治、榎本光裕、小島泰史：潜水作業の船上（水上）減圧法における減圧症発症の調査研究、日本高気圧環境・潜水医学会雑誌、2017；52(4):303

一般演題 11-2

潜水作業の船上（水上）減圧法における減圧症発症の調査研究

柳下和慶 芝山正治 榎本光裕 小島泰史

東京医科歯科大学医学部附属病院 高気圧治療部

【緒言】

2015年4月の高圧則の改訂に伴い、吸入ガス分圧の制限が規定され、混合ガス・酸素の潜水が認められている。また、浮上の条件（減圧）も計算式により最低の体内ガス圧条件が決められ、日本国内の潜水方法の選択肢が広がりつつある。その一方で、水中での長時間減圧による潜水者の身体的負荷および水中での酸素減圧による酸素中毒の対策なども懸念される。これらを回避する方法として船上減圧があるが、この方法は、特殊な減圧方法であるため適切な基準の下での運用が求められる。船上減圧の技術は、アメリカ海軍潜水マニュアルやカナダDCIEM潜水マニュアル等すでに確立されたものであるが、実際の船上減圧の記録や、減圧症発症等の人体への影響について詳細な報告は少ない。本研究では、国内外での船上減圧の記録等を詳細に分析し、減圧症の発症率を調査することを目的とする。これにより、船上減圧の運用上の注意点、船上減圧を行うための最低限の作業環境等、より詳細で安全な基準を提示することが可能となる。

【方法】

1994～2015年3月までの潜水作業会社2社での船上減圧の記録を収集し、呼気ガスの種類と減圧症発症の発症件数及び発症率の関連について検討した。

【結果】

調査期間中に、Heliox吸入による延べ作業人数は3,554名で、これに対して減圧症発症人数5名、発症率0.14%だった。空気吸入による延べ作業人数2,185名で、これに対して減圧症発症人数35名、発症率1.60%だった。

【考察】

船上減圧とは、所定の減圧停止時間をとらせることなく水中の9～12mより急速減圧し、その後、短時間

で船上の再圧室にダイバーを収容し、所定深度まで再加圧した後、改めて減圧する方法である。船上減圧は水中減圧に起因する様々なリスク、例えば急激な天候の変化による水中減圧の中止に対する対応、長時間水中に滞在することによる体温低下等のリスクを最小限に抑制することができる。特にHeliox吸入による船上減圧は、80m以下の潜水にて減圧症発症率は0.14%と許容範囲内との低値と考えられる。空気吸入による船上減圧での減圧症発症率は、今回60～70mの大深度では10.5%と相当に高値だったが、40m以下では0.51%と比較的の低値であった。高圧則改定後は、40m以深の潜水作業では混合ガスの使用となり、40m以深の空気吸入による船上減圧の可能性を考慮しないとすれば、船上減圧での減圧症発症率は低い。しかしながら、US NavyもしくはDCIEMの船上減圧表にもあるように、船上休息時間を5～7分以下に限定することが重要であり、その条件下にて、船上減圧は安全面や労働負荷軽減に寄与する実用性の高い作業方法と考えられる。

IX. 知的所有権の取得状況

1. 特許取得

該当するものはありません

2. 実用新案登録

該当するものはありません

3. その他

該当するものはありません

参考文献

1. 真野喜洋、芝山正治：潜水病（減圧症）、臨床スポーツ医学. 1986.6. ; 3(6):593-597.
2. 鈴木信哉、堂本英治：再圧治療. In : 徳永昭 (編) 高気圧酸素治療法入門第 5 版. 東京 ; 日本高気圧環境・潜水医学会. 2008; pp.115-145.
3. U.S.Navy : US,Navy Diving Manual Rev,5, Surface Decompression Table (15,Aug,2005)pp503-505, pp606-614,
4. Department of national defence • CANADA : DCIEM Diving Manual. Air decompression and procedure, pp1-20～1-23. Surface Decompression With Oxygen(metres), pp1B-149～1B-162. HeO₂-Surface Decompression With Oxygen(metres), pp2B-89～2B-97, (March 1992)
5. Overland T : Commercial diving : Oceaneering International. In:Lang MA, Vann RD(eds) Proceedings of Repetitive Diving Workshop. Nahant, Mass., American Academy of Underwater Sciences, 1992, pp89-102.
6. 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. Final Report under Dept of Energy Contract TA93/22/147, OTO Report No. 97812. Aberdeen, Robert Gordon's Institute of Technology and Grampian Health Board, 1986.
7. Thomas G, Shields. William B Lee : Offshore Technology report – OTO 97 812, The incidence of decompression sickness arising from commercial offshore air-diving operations in the UK sector of the north sea during 1982/83, December 1997. 35-36.
8. U.S.Navy : US,Navy Diving Manual Rev,7, Surface Decompression Table. Air Decompression pp9-15～9-18, Surface-Supplied Mixed Gas Diving (1 Dec,2016)pp12-10～12-11.
9. 芝山正治、山見信夫、瑞昭世良アントニオ、中山徹、眞野喜洋：高地環境下での飽和潜水作業について、The Annals of physiological anthropology 1994 ; 13(6):411-419.
10. 中央労働災害防止協会：潜水士テキスト、第3章 適正な浮上速度の制定、東京；中央労働災害防止協会. 2016.10. ; pp171-185.
11. 中央労働災害防止協会：潜水士テキスト、第4章 関係法令、第27条 潜水時間 pp304-306、第31条 浮上の速度 pp307、第35条 純酸素の使用制限 pp309、別表第2と3 pp317-326、東京；中央労働災害防止協会. 2007.9.
12. Bove and Davis : Diving Medicin, Mechanisms and Risks of Decompression, p152, 2004.
13. Vann R, Denoble P, Sitzes C, et al. : Project Dive Safety and scientific diving. In:Harper DJ(ed):Diving For Science. Nahant, Mass., American Academy of Underwater Sciences, 1995 ; pp119-135
14. Vann R, Gerth W, Charlton W : Operation testing of air and nitrox dive tables. Undersea Hyper. Med. 26(Suppl):48, 1999.
15. Berghage TE and Durman D : US Navy air recompression schedule risk analysis. Nay. Med. Res. Bull. 1980 ; 1:1-22,
16. Flynn ET, Parker EC, Ball R : Risk of decompression sickness in shallow no-stop air diving: An analysis of Naval Safety Center data 1990-1994. Report No. NMRI 98-08. Bethesda. Md., Naval Medical Research Institute, 1998.
17. Berghage TE, Rohrbaugh PA, Bachrach AJ, Armatrong FW : Navy diving Who's doing if and under what conditions. Naval Medical Research Institute Bethesda, Maryland, 1975
18. 柳下和慶、芝山正治、榎本光裕、小島泰史：潜水作業の船上（水上）減圧法における減圧症発症の調査研究、日本高気圧環境・潜水医学会雑誌、(第52回総会・沖縄 11/11-12) プロシーリング、2017 ; 52(4):303
19. 密本尚寛、芝山正治、小島泰史、近藤俊宏、堀江正樹、柳下和慶：高気圧作業安全衛生規則改正に伴う新減圧表の減圧症発症率に関する調査研究(1)－潜水作業の場合－、日本高気圧環境・潜水医学会雑誌、プロシーリング、2017.12.31.; 52(4):310、(第52回総会・沖縄 11/11-12)
20. Freiberger JJ, et al. : The relative risk of decompression sickness during and after air travel following diving. Duke University, Aviat Space Environ Med. 2002 Oct

21. 山見信夫、眞野喜洋、芝山正治、高橋正好：高所移動に伴う減圧症、日高圧医誌、2001.3；
35(4):205-213、
22. 芝山正治：ダイビング後の航空機搭乗までの時間と減圧症との関係、駒沢女子大学研究紀要、
2013.12；20:209-216

労災疾病臨床研究事業費補助金研究報告書
(160302)

高気圧作業に伴う船上（水上）減圧における減圧症発症状況等
人体影響に係る調査研究

平成 28 年度～29 年度 総合研究報告書

発行年 平成 30 年 3 月
発行者 柳下和慶
発行補助 厚生労働省 労災疾病臨床研究事業費補助金
連絡先 柳下和慶
東京医科歯科大学・医学部附属病院高気圧治療部
東京都文京区湯島 1-5-45
TEL 03-5803-5341
Email yagishita.orth@tmd.ac.jp

