

6. 減圧表の考え方：米国海軍のヘリウム混合ガス減圧表	151
6-1 ヘリウム混合ガス概要：米国の潜水生理学専門書に見る現状	
6-1-1 まえがき・原著の概要紹介	151
6-1-2 米国の潜水生理学専門書に見るヘリウム混合ガス呼吸の現状	153
6-1-3 フロリダ・ダイバーの減圧プロフィール例	159
6-2 米国海軍・ヘリオックス減圧表の変遷及び考え方の要約	160
6-2-1 米国海軍・ヘリオックス減圧表の概要	
6-2-2 最初のヘリオックス減圧表の考え方	
6-2-3 U.S.N. ヘリオックス減圧表における総減圧時間の推移	161
6-3 米国海軍ヘリオックス減圧表作成要領と減圧表計算	162
6-3-1 米国海軍ヘリオックス減圧表作成要領と減圧表計算	162
6-3-2 再現試算減圧表の部分抜粋コピー	
6-3-3 U.S.N.ヘリオックス減圧表に対する有識者の公表一見解	172
6-3-4 参考：1939年に米国海軍・ヘリオックス減圧表を刊行した 米国海軍・太平洋艦隊・潜水艦部隊 モンセン司令官	173
6-4 米国海軍加減圧要領の変遷	176
6-4-1 1975年版の加減圧要領	176
6-4-2 2001年版の加減圧要領	181

第3章 標準減圧表（案）作成に係わる減圧理論等の解説 副題：欧米諸機関の減圧表と米国海軍の減圧理論等

1. フランス労働省

1-1 フランス労働省の減圧表の概要

次ページ以降で紹介するフランス労働省減圧表の一部コピーは1992年7月版であるが、眞野による調査結果（2004年9月）は調査時でも大幅な改訂はなく、使用されているということであった。コピーに用いた原著はフランス国内でも市販されていないという。1992年5月の規則改訂の表題は、『高気圧環境の労働における進入、滞在、退出方法及び体制確立の規則』である。減圧表の圧力単位は水深メートル表示である。空気減圧表は標準空気減圧表（酸素吸入なし、最浅低減圧停止 3m）、空気減圧表（最浅減圧停止 6m で酸素吸入開始）及び空気減圧表（減圧停止 12m で酸素吸入開始し、減圧停止 9m と最浅減圧停止 6m でも酸素吸入続行）の3種類ある。酸素吸入 25分とエアブレイク 5分（純酸素吸入の間に挿入する空気呼吸の時間のこと）の酸素減圧である。

表1-1は、これらと高圧則を対比した例（30m、滞在90分）で、図1-1は表1-1の空気減圧の対比例である。フランス海軍の減圧表作成要領は第2章 3-2-2で既に紹介した。

表1-1 フランスの減圧表と高圧則対比例（30m、滞在90分）

項目	第1停止圧までの浮上時間	減圧停止圧と停止時間				合計減圧時間	備考 継続潜水
		12m	9m	6m	3m		
仏：標準空気減圧表	1分30秒	3	12	30	60	106分30秒	可能
仏：空気・6m 酸素吸入	1分30秒	3	12	45	—	61分30秒	可能
仏：空気・12m 酸素吸入	1分30秒	15	20	20	—	56分30秒	可能
高圧則(0.3MPa≒30m)	2分40秒	—	10	25	40	77分40秒	可能

ヘリオックス減圧表は、減圧の途中でヘリオックスの成分変更を行う減圧と空気に変更する場合の2種類ある。

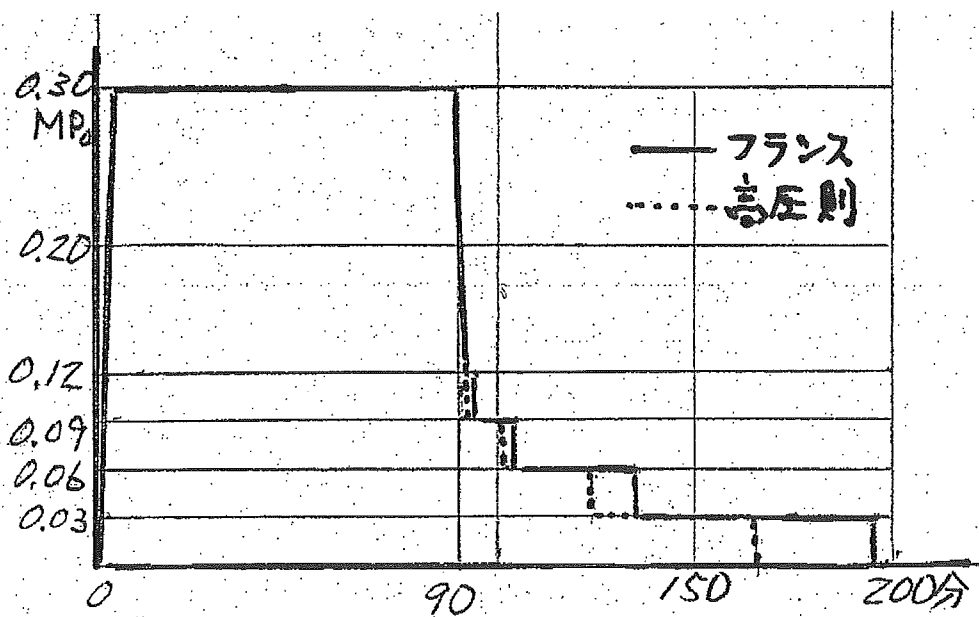


図1-1 フランスの減圧表と高圧則の加減圧プロフィール対比例（30m、滞在90分）

1-2 標準空気減圧表（酸素吸入なし、最浅減圧停止 3m）の例

- 45 -

TABLES AIR/STANDARD

Profondeur 30 mètres

Temps au fond au min	Remontée au palier minsec	Air 18m	Air 15m	Air 12m	Air 9m	Air 6m	Air 3m	Total décomp. minsec	Plongée successive
15	2:30	-	-	-	-	-	-	2:30	Possible
20	2:15	-	-	-	-	-	3	5:15	Possible
25	2:15	-	-	-	-	-	5	7:15	Possible
30	2:15	-	-	-	-	-	10	12:15	Possible
35	2:00	-	-	-	-	3	12	17:00	Possible
40	2:00	-	-	-	-	5	17	24:00	Possible
45	2:00	-	-	-	-	7	20	29:00	Possible
50	2:00	-	-	-	-	10	25	37:00	Possible
60	1:45	-	-	-	-	3	15	54:45	Possible
70	1:45	-	-	-	-	5	20	66:45	Possible
80	1:30	-	-	-	-	10	30	86:45	Possible
90	1:30	-	-	-	-	3	12	106:30	Possible
100	1:30	-	-	-	-	3	17	121:30	Possible
110	1:30	-	-	-	-	3	20	139:30	Non

Profondeur 33 mètres

Temps au fond au min	Remontée au palier minsec	Air 18m	Air 15m	Air 12m	Air 9m	Air 6m	Air 3m	Total décomp. minsec	Plongée successive
12	2:45	-	-	-	-	-	-	2:45	Possible
15	2:30	-	-	-	-	-	3	5:30	Possible
20	2:30	-	-	-	-	-	5	7:30	Possible
25	2:15	-	-	-	-	3	7	12:15	Possible
30	2:15	-	-	-	-	3	12	17:15	Possible
35	2:15	-	-	-	-	5	15	22:15	Possible
40	2:00	-	-	-	-	7	20	32:00	Possible
45	2:00	-	-	-	-	3	10	40:00	Possible
50	2:00	-	-	-	-	5	15	52:00	Possible
60	2:00	-	-	-	-	10	20	72:00	Possible
70	1:45	-	-	-	-	3	12	91:45	Possible
80	1:45	-	-	-	-	3	15	109:45	Possible
90	1:35	-	-	-	-	5	20	126:45	Possible
100	1:35	-	-	-	-	10	25	151:45	Non

- 44 -

TABLES AIR/STANDARD

Profondeur 24 mètres

Temps au fond au min	Remontée au palier minsec	Air 18m	Air 15m	Air 12m	Air 9m	Air 6m	Air 3m	Total décomp. minsec	Plongée successive
25	2:00	-	-	-	-	-	-	2:00	Possible
30	1:45	-	-	-	-	-	3	4:45	Possible
35	1:45	-	-	-	-	-	5	6:45	Possible
40	1:45	-	-	-	-	-	7	8:45	Possible
45	1:45	-	-	-	-	-	10	11:45	Possible
50	1:45	-	-	-	-	-	15	16:45	Possible
60	1:30	-	-	-	-	3	20	24:30	Possible
70	1:30	-	-	-	-	5	30	36:30	Possible
80	1:30	-	-	-	-	10	35	46:30	Possible
90	1:15	-	-	-	-	15	40	56:30	Possible
100	1:15	-	-	-	-	20	45	69:15	Possible
110	1:15	-	-	-	-	25	50	79:15	Possible
120	1:15	-	-	-	-	3	30	94:15	Possible
130	1:15	-	-	-	-	5	30	101:15	Possible
140	1:15	-	-	-	-	10	35	116:15	Possible
150	1:15	-	-	-	-	10	40	126:15	Non

Profondeur 27 mètres

Temps au fond au min	Remontée au palier minsec	Air 18m	Air 15m	Air 12m	Air 9m	Air 6m	Air 3m	Total décomp. minsec	Plongée successive
20	2:15	-	-	-	-	-	-	2:15	Possible
25	2:00	-	-	-	-	-	3	5:00	Possible
30	2:00	-	-	-	-	-	5	7:00	Possible
35	2:00	-	-	-	-	-	10	12:00	Possible
40	1:45	-	-	-	-	3	12	16:45	Possible
45	1:45	-	-	-	-	3	15	19:45	Possible
50	1:45	-	-	-	-	5	20	26:45	Possible
60	1:45	-	-	-	-	7	30	38:45	Possible
70	1:45	-	-	-	-	3	12	51:45	Possible
80	1:30	-	-	-	-	3	17	61:30	Possible
90	1:30	-	-	-	-	5	25	81:30	Possible
100	1:30	-	-	-	-	10	30	96:30	Possible
110	1:30	-	-	-	-	12	30	108:30	Possible
120	1:30	-	-	-	-	15	35	121:30	Possible
130	1:15	-	-	-	-	3	20	139:15	Non

1-3 空気呼吸滞底減圧表（最浅減圧停止 6m で酸素吸入開始）の例

- 55 -

TABLES AIR/OXY/6 M

Profondeur 36 mètres

Temps au fond min	Remontée au palier minsec	Air 21m	Air 18m	Air 15m	Air 12m	Air 9m	Oxy 6m	Total décomp. minsec	Plongée successive	
15	2:30	-	-	-	-	-	3	5:30	Possible	
20	2:30	-	-	-	-	-	5	7:30	Possible	
25	2:30	-	-	-	-	-	7	9:30	Possible	
30	2:30	-	-	-	-	-	15	17:30	Possible	
35	2:15	-	-	-	-	3	15	20:15	Possible	
40	2:15	-	-	-	-	3	20	25:15	Possible	
45	2:15	-	-	-	-	5	30	37:15	Possible	
50	2:15	-	-	-	3	5	35	45:15	Possible	
60	2:00	-	-	-	3	12	40	57:00	Possible	
70	2:00	-	-	-	5	15	45	67:00	Possible	
80	2:00	-	-	-	7	20	55	84:00	Possible	
90	1:45	-	-	-	3	12	25	60	101:45	Non
100	1:45	-	-	-	3	15	30	70	119:45	Non
110	1:45	-	-	-	5	20	80	136:45	Non	

Profondeur 39 mètres

Temps au fond min	Remontée au palier minsec	Air 21m	Air 18m	Air 15m	Air 12m	Air 9m	Oxy 6m	Total décomp. minsec	Plongée successive	
10	2:45	-	-	-	-	-	3	5:45	Possible	
15	2:45	-	-	-	-	-	3	5:45	Possible	
20	2:45	-	-	-	-	-	7	9:45	Possible	
25	2:45	-	-	-	-	-	10	12:45	Possible	
30	2:30	-	-	-	-	3	15	20:30	Possible	
35	2:30	-	-	-	-	5	20	27:30	Possible	
40	2:15	-	-	-	-	3	7	25	37:15	Possible
45	2:15	-	-	-	3	10	30	45:15	Possible	
50	2:15	-	-	-	3	10	35	50:15	Possible	
60	2:15	-	-	-	5	15	45	67:15	Possible	
70	2:00	-	-	-	3	12	25	60	85:00	Possible
80	2:00	-	-	-	3	12	25	60	102:00	Non
90	2:00	-	-	-	5	15	30	70	122:00	Non
100	1:45	-	-	-	3	7	80	141:45	Non	

- 54 -

TABLES AIR/OXY/6 M

Profondeur 30 mètres

Temps au fond min	Remontée au palier minsec	Air 21m	Air 18m	Air 15m	Air 12m	Air 9m	Oxy 6m	Total décomp. minsec	Plongée successive
20	2:00	-	-	-	-	-	3	5:00	Possible
25	2:00	-	-	-	-	-	3	5:00	Possible
30	2:00	-	-	-	-	-	5	7:00	Possible
35	2:00	-	-	-	-	-	7	9:00	Possible
40	2:00	-	-	-	-	-	15	17:00	Possible
45	2:00	-	-	-	-	-	15	17:00	Possible
50	2:00	-	-	-	-	-	20	22:00	Possible
60	1:45	-	-	-	-	3	30	34:45	Possible
70	1:45	-	-	-	-	5	35	41:45	Possible
80	1:45	-	-	-	-	10	40	51:45	Possible
90	1:30	-	-	-	3	12	45	61:30	Possible
100	1:30	-	-	-	3	17	50	71:30	Possible
110	1:30	-	-	-	3	20	60	84:30	Non
120	1:30	-	-	-	5	25	65	96:30	Non
130	1:30	-	-	-	7	30	70	108:30	Non
140	1:15	-	-	-	3	10	80	124:15	Non

Profondeur 33 mètres

Temps au fond min	Remontée au palier minsec	Air 21m	Air 18m	Air 15m	Air 12m	Air 9m	Oxy 6m	Total décomp. minsec	Plongée successive	
15	2:15	-	-	-	-	-	3	5:15	Possible	
20	2:15	-	-	-	-	-	3	5:15	Possible	
25	2:15	-	-	-	-	-	5	7:15	Possible	
30	2:15	-	-	-	-	-	7	9:15	Possible	
35	2:15	-	-	-	-	-	10	12:15	Possible	
40	2:00	-	-	-	-	3	15	20:00	Possible	
45	2:00	-	-	-	-	3	20	25:00	Possible	
50	2:00	-	-	-	-	5	30	37:00	Possible	
60	2:00	-	-	-	-	10	35	47:00	Possible	
70	1:45	-	-	-	3	12	40	56:45	Possible	
80	1:45	-	-	-	5	15	45	64:45	Possible	
90	1:45	-	-	-	10	20	50	76:45	Possible	
100	1:30	-	-	-	3	12	25	65	96:30	Non
110	1:30	-	-	-	3	15	30	106:30	Non	
120	1:30	-	-	-	3	15	75	124:30	Non	

1-4 空気呼吸滞底減圧表 (減圧停止 12m で酸素吸入開始) の例
(減圧停止 9m と最浅減圧停止 6m でも酸素吸入続行)

TABLES AIR/OXY/12 M

Profondeur 36 mètres

Temps au fond min	Remontée au palier minsec	Air 21m	Air 18m	Air 15m	Oxy 12m	Oxy 9m	Oxy 6m	Total décomp. minsec	Plongée successive
30	2:00	-	-	-	5	5	5	17:00	Possible
40	2:00	-	-	-	5	10	10	27:00	Possible
50	2:00	-	-	-	10	15	15	42:00	Possible
60	2:00	-	-	-	15	15	15	47:00	Possible
70	2:00	-	-	-	15	20	20	57:00	Possible
80	2:00	-	-	-	20	20	25	67:00	Possible
90	1:45	-	-	3	25	25	30	84:45	Non
100	1:45	-	-	3	30	30	30	94:45	Non
110	1:45	-	-	5	30	35	40	111:45	Non

Profondeur 39 mètres

Temps au fond min	Remontée au palier minsec	Air 21m	Air 18m	Air 15m	Oxy 12m	Oxy 9m	Oxy 6m	Total décomp. minsec	Plongée successive
30	2:15	-	-	-	5	5	10	22:15	Possible
40	2:15	-	-	-	5	10	10	32:15	Possible
50	2:15	-	-	-	15	15	15	47:15	Possible
60	2:15	-	-	-	15	20	20	57:15	Possible
70	2:00	-	-	3	20	20	25	70:00	Possible
80	2:00	-	-	3	25	25	30	85:00	Non
90	2:00	-	-	5	30	30	30	97:00	Non
100	1:45	-	-	7	30	35	40	116:45	Non

TABLES AIR/OXY/12 M

Profondeur 30 mètres

Temps au fond min	Remontée au palier minsec	Air 21m	Air 18m	Air 15m	Oxy 12m	Oxy 9m	Oxy 6m	Total décomp. minsec	Plongée successive
40	1:30	-	-	-	5	5	5	16:30	Possible
50	1:30	-	-	-	5	5	10	21:30	Possible
60	1:30	-	-	-	10	10	10	31:30	Possible
70	1:30	-	-	-	10	10	15	36:30	Possible
80	1:30	-	-	-	15	15	15	46:30	Possible
90	1:30	-	-	-	15	20	20	56:30	Possible
100	1:30	-	-	-	20	20	25	66:30	Possible
110	1:30	-	-	-	20	25	25	71:30	Non
120	1:30	-	-	-	25	25	30	81:30	Non
130	1:30	-	-	-	30	30	30	91:30	Non
140	1:15	-	-	3	30	35	35	104:15	Non
150	1:15	-	-	3	30	40	45	119:15	Non
180	1:15	-	-	3	30	40	70	144:15	Non

Profondeur 33 mètres

Temps au fond min	Remontée au palier minsec	Air 21m	Air 18m	Air 15m	Oxy 12m	Oxy 9m	Oxy 6m	Total décomp. minsec	Plongée successive
40	1:45	-	-	-	5	5	5	18:45	Possible
50	1:45	-	-	-	5	10	15	31:45	Possible
60	1:45	-	-	-	10	15	15	41:45	Possible
70	1:45	-	-	-	15	15	15	46:45	Possible
80	1:45	-	-	-	15	20	20	56:45	Possible
90	1:45	-	-	-	20	20	25	66:45	Possible
100	1:45	-	-	-	25	25	25	76:45	Non
110	1:30	-	-	3	25	30	30	89:30	Non
120	1:30	-	-	3	30	30	35	99:30	Non

1-5 フランス高気圧規則におけるヘリオックス減圧表の現状

フランス労働省発行の高気圧規則（1992 改訂）の付録にヘリオックス減圧表が添付されている。1992 年改訂の規則のため、現状を眞野がフランスの高気圧作業研究者 J. Claud 氏（訪日時に面識のある）に問い合わせた。下記は、その回答である。結論は、「若干の変更はあるものの、ヘリオックス減圧表は改訂されていない。」である。和訳は次ページを参照されたい。この書籍は先年、ロンドン出張で入手したものである。なお、J. Claud 氏は『5-3 オランダのトライミックス呼吸：シールドマシン修理に用いた潜水例』の連名執筆者でもある。

-----Original Message-----

From: Jean Claude Le P^{er}chon [mailto:hyperbar@club-internet.fr]

Sent: Thursday, September 02, 2004 2:05 PM

To: Yoshihiro Mano

Subject: Decompression tables

Thank you for your enquiry. The situation here is as follows :

The French legislation book you have mentioned had received only minor changes since 1992, and not on the tables ... It is out of stock and is not available in the "1995" version any more....Concerning the "French official tables", the results obtained in the field for the validation are very good and there is no complain neither pressure for changes. The table for compressed air work (mention D) with air only have been abandoned for the oxygen decompression tables (Mention D / Oxy) for pressure above 2 bars and large operations. The air only version had produced a few cases of bends, mostly in association with an added risk factor (repetitive, very heavy workload.... small air locks...). There is a series of practical improvement to implement in the compressed air set of tables, our government is not willing to spend any minute or money on this topic...!Trimix has been introduced in France in the early 70's via the French Navy. A company called CG DORIS (I was in charge there then...) covers the range 50 to 120 m up to 2 hours bottom times to 100 meters and 1 hour for deeper dives, the corresponding tables have not been published as official tables, they are still available. They look old fashioned nowadays and on Internet you can find many sets of computerized tables. The Trimix tables produced by CG DORIS had different procedures (SCUBA to 70 m, Open Bell to 78 m, closed bell deeper), they seem to be significantly longer than the present proposed tables. However they have proved to be quite safe in the range where they have been used (at least 50 to 110 m). The extensive use of saturation diving in commercial diving in this range of pressure have been cancelled the use of those tables. Many cave divers and more recently "technical recreational divers" and Coral collectors have modified, adapted those tables for their personal use, there no claim that they produced bends.

Concerning saturation Diving (Heliox, Nitrox or Trimix..) I have developed my own set (EUBS Cambridge 19881) of procedures which have been used extensively for Heliox, a few times (20 runs) for Nitrox, and 50 runs for Trimix -in tunnelling saturation, in collaboration with W. Sterk (UHMS 2002 - San Diego)-.

Among those with experience in this field in Europe you will find : W. Sterk (who worked with Pr Nashimoto), J.P. Imbert and Bernard Gardette in France (Ex-Comex), Val^{erie} Flook in Aberdeen... They all have their proprietary modeling algorithms. They will probably be all present at the Ajaccio meeting within 2 weeks...

Should I can participate in some ways to your effort, I shall be pleased to do.

Hope this will already be helpful. Best regards,

Jean-Claude Le P^{er}chon

通信原文

送信者：Jean Claude

送信日：2004年9月2日：午後2時05分

受信者：眞野喜洋

件名：減圧表

お問い合わせありがとうございます。その状況は以下のとおりです。

貴君が書いてきたフランス高気圧規則は1992年以来若干の変更を受けていますが、減圧表は改訂されていません。在庫切れで、1995年版でさえ入手できません。

承認用に現場で得られた結果でもあるフランスの公式減圧表は非常に良好で、圧力についても不満の声がありません。圧縮空気作業用で空気のみ使用の減圧表（メンション D）は圧力 2bar 以上の作業で酸素減圧表（メンション D/Oxy）用のために廃棄されました。空気のみ減圧表は若干のベンズを発症させ、リスク要因（繰り返し、重作業や小型エアロック）も秘めています。減圧表の圧縮空気組み合わせ方法に実用的な改良がありますが、我が政府はこの問題に関して時間と費用をかけようとしません。！

フランスにおけるトライミックスは1970年代初期にフランス海軍から導入され、CD DORIS という会社（当時、小生も在籍・・・）は50～120mの適用範囲で、100mまではボトムタイム2時間、より深いと1時間のボトムタイムとしていました。その減圧表は公刊されていませんが、まだ使われています。今日ではそれらは旧式に思われます。計算された種々の減圧表をインターネットで見ることができます。CG DORIS によりつくられたトライミックス減圧表は異なる手順（スクーバは70m、開放ベルは78m、より深くは密閉ベル）をもっており、それらは現在提案されている減圧表より著しく長いように思われます。

しかし、使われてきた範囲（少なくとも50～110m）ではまったく安全であることが証明されています。この範囲の圧力で、これらの減圧表の商用飽和潜水における拡張使用は撤回されています。多くの洞窟ダイバー、最近のテクニカルレクリエーションダイバーや珊瑚収集家らは個人使用のためにこれらの減圧表を修正採用しており、減圧表がベンズを発症させたという苦情は訴えることはできません。飽和潜水（ヘリオックス、ナイトロックスやトライミックス）に関して、小生は自分の減圧表を開発（EUBS Cambridge 1981 で発表）し、ヘリオックスは幅広く適用しました。ナイトロックスでは若干（20回）、トライミックスでは50回（トンネル工事の飽和方式）です。これらは W. Sterk との共同開発（UHMS 2002-San Diego で発表）です。

ヨーロッパにおけるこの分野での体験者には W. Sterk（梨本教授と仕事をした）、フランスの J. P. Imbert と Bernard Cardette Ex-Comex）、アバデーインの Valarie Flook がおります。かれら全員は減圧要領計算の専売モデルアルゴリズムをもっています。おそらくかれら全員は2週間以内開催の Ajaccio ミーティングに出席することと思います。

貴君の取り組みへの幾分かの参考にでもなることが小生の喜びでもあります。これが一助になることを望んでいます。よろしく。

Jean-Claude Le P"ichon

1-6 ヘリオックス減圧表（減圧時に空気呼吸と酸素吸入）の例

滞在圧力・0.78MPa（この圧力が最高）、滞在時間 50 分（この時間が最長）

- 190 -

TABLES HÉLIOX/OXY/12 M

Profondeur : 78 mètres

Héliox 17-18 % oxygène

Temps au fond		10 min	20 min	30 min	40 min	50 min				
Remontée au palier		5	4	3	3	3				
Heliox 17-18 %	45 m	-	-	-	3	3				
	42 m	-	-	3	3	5				
	39 m	-	-	3	3	5				
Air	36 m	-	3	3	5	5				
	33 m	-	3	3	5	5				
	30 m	-	3	5	5	10				
	27 m	3	3	5	10	10				
	24 m	3	5	5	10	15				
	21 m	3	5	10	15	15				
	18 m	3	10	10	20	25				
15 m	5	10	15	25	30					
Oxygène		Oxy Air	Oxy Air	Oxy Air	Oxy Air	Oxy Air				
	12 m	10	10	25 + 5	25 + 5	25 + 5				
	9 m	10	15 + 5	25 + 5	25 + 5	25 + 5				
	9 m	-	-	-	-	25 + 5				
	6 m	5	25	25 + 5	25 + 5	25 + 5				
	6 m	-	-	5	25 + 5	25 + 5				
6 m	-	-	-	15	25					
Total décomp.		0h47	1h41	2h40	4h02	5h06				

1-7 ヘリオックス減圧表 (減圧時にヘリオックス成分変更と酸素吸入) の例
 滞在圧力・0.90MPa、滞在時間 75 分 (最長は 120 分)

- 334 -

TABLES HÉLIOX/TOURELLE

Profondeur : 90 mètres

Héliox 10-12 % oxygène

Temps au fond	75 min			90 min			105 min			120 min			
Remontée palier	2			2			2			2			
Décompression	Prof	Palier	Temps	Prof	Palier	Temps	Prof	Palier	Temps	Prof	Palier	Temps	
Héliox 10-12 %	69 m	-	-	69 m	-	-	69 m	3	0h05	69 m	3	0h05	
	66 m	3	0h05	66 m	3	0h05	66 m	5	0h10	66 m	10	0h15	
	63 m	5	0h10	63 m	5	0h10	63 m	10	0h20	63 m	10	0h25	
	60 m	5	0h15	60 m	10	0h20	60 m	10	0h30	60 m	10	0h35	
	57 m	5	0h20	57 m	10	0h30	57 m	10	0h40	57 m	15	0h50	
	54 m	10	0h30	54 m	10	0h40	54 m	15	0h55	54 m	15	1h05	
	51 m	10	0h40	51 m	15	0h55	51 m	15	1h10	51 m	20	1h25	
	48 m	15	0h55	48 m	15	1h10	48 m	20	1h30	48 m	25	1h50	
Héliox 20-22 %	45 m	10	1h05	45 m	15	1h25	45 m	15	1h45	45 m	20	2h10	
	42 m	10	1h15	42 m	15	1h40	42 m	20	2h05	42 m	20	2h30	
	39 m	15	1h30	39 m	20	2h00	39 m	20	2h25	39 m	25	2h55	
	36 m	20	1h50	36 m	20	2h20	36 m	25	2h50	36 m	30	3h25	
	33 m	20	2h10	33 m	25	2h45	33 m	35	3h25	33 m	40	4h05	
	30 m	25	2h35	30 m	35	3h20	30 m	40	4h05	30 m	50	4h55	
	27 m	35	3h10	27 m	40	4h00	27 m	50	4h55	27 m	60	5h55	
	24 m	45	3h55	24 m	55	4h55	24 m	65	6h00	24 m	75	7h10	
	21 m	55	4h50	21 m	70	6h05	21 m	85	7h25	21 m	100	8h50	
	18 m	75	6h05	18 m	95	7h40	18 m	110	9h15	18 m	130	11h00	
15 m	100	7h45	15 m	125	9h45	15 m	140	11h35	15 m	145	13h25		
Oxygène	12 m	25+5	8h15	12 m	25+5	10h15	12 m	25+5	12h05	12 m	25+5	13h55	
	12 m	25+5	8h45	12 m	25+5	10h45	12 m	25+5	12h35	12 m	25+5	14h25	
	9 m	25+5	9h15	9 m	25+5	11h15	9 m	25+5	13h05	9 m	25+5	14h55	
	9 m	25+5	9h45	9 m	25+5	11h45	9 m	25+5	13h35	9 m	25+5	15h25	
	9 m	25+5	10h15	9 m	25+5	12h15	9 m	25+5	14h05	9 m	25+5	15h55	
	6 m	25+5	10h45	6 m	25+5	12h45	6 m	25+5	14h35	6 m	25+5	16h25	
	6 m	25+5	11h15	6 m	25+5	13h15	6 m	25+5	15h05	6 m	25+5	16h55	
	6 m	25+5	11h45	6 m	25+5	13h45	6 m	25+5	15h35	6 m	25+5	17h25	
	6 m	25+5	12h15	6 m	25+5	14h15	6 m	25+5	16h05	6 m	25+5	17h55	
	3 m	25+5	12h45	3 m	25+5	14h45	3 m	25+5	16h35	3 m	25+5	18h25	
	3 m	25+5	13h15	3 m	25+5	15h15	3 m	25+5	17h05	3 m	25+5	18h55	
	3 m	25	13h40	3 m	5	15h20	3 m	5	17h10	3 m	5	19h00	
	Total décomp.	13h40			15h20			17h10			19h00		

2. 英国労働省（空気：通称・ブラックプール減圧表・Blackpool tables）

2-1 英国労働省の減圧表の概要

Hempleman 博士らが開発した減圧表は、Lancashire 州ブラックプール市の下水道トンネル工事で始めて適用されたので、通称『ブラックプール減圧表』と呼ばれている。圧力単位は bar である。1.0bar \approx 0.1MPa で換算される。作業時間は 0.5 時間刻み、減圧停止圧は 0.2bar 刻みである。最高作業圧力とその圧力での最長作業時間は、それぞれ 3.45bar と 255 分（総減圧時間 344 分）となっている。ブラックプール減圧表と高圧則減圧表との対比は総減圧時間の長短で行うことができる。その 1 例を表 2-1 に示す。また、図 2-1 は高圧下滞在圧力 0.3MPa、高圧下の時間 90 分でのブラックプール減圧表と高圧則別表第 1 の減圧プロフィールを対比した例である。ブラックプール減圧表の方が総減圧時間が長く設定されている。

表 2-1 高圧則別表第 1 とブラックプール減圧表の総減圧時間対比の例

作業規模 減圧表区分	1.5bar 90分	1.5bar 180分	2.0bar 90分	2.0bar 180分	3.0bar 90分	3.45bar 90分	3.45bar 164分	3.45bar 275分
高圧則別表第 1	5	11	19	44	79	113	168	作業不可
ブラックプール	14	49	56	106	123	134	199分	344分

高圧則総減圧時間は減圧停止時間合計に第 1 停止圧までの圧力降下時間を分単位に切り上げて加算した。

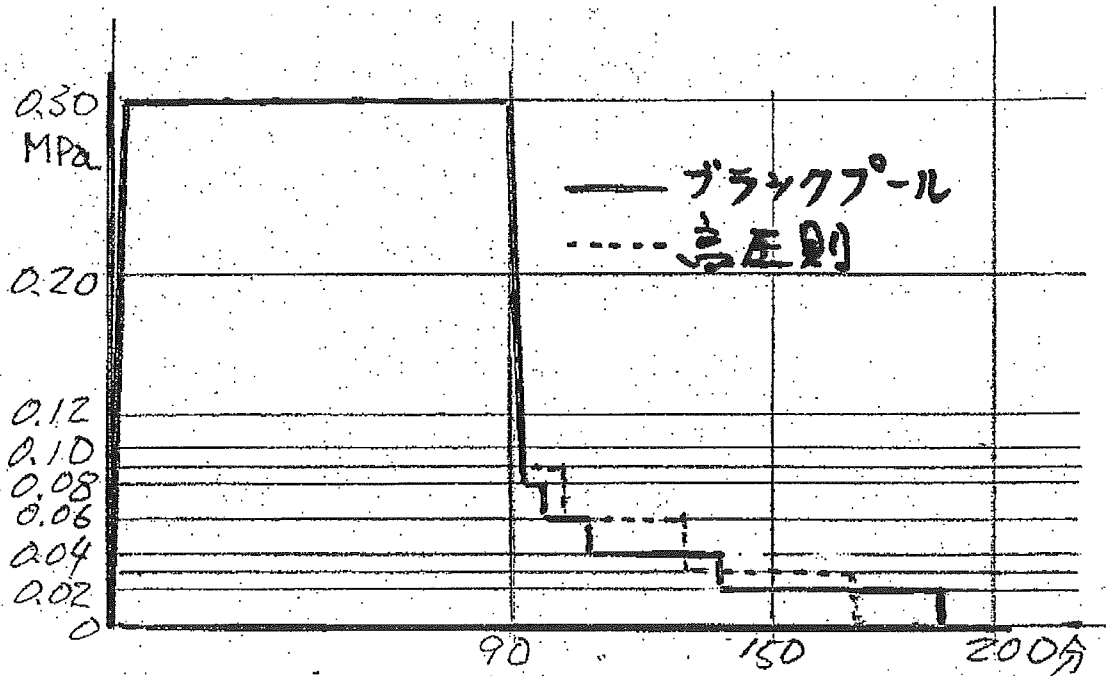


図 2-1 高圧則別表第 1 とブラックプール減圧表との比較

2-2 英国・高気圧作業規則 1996 に対する施行前評価(1995 年)

1996 年の高気圧規則改訂施行に備えて調査報告書が作成され、それが改訂の傾向を示唆した。その傾向を把握した John Leitch 氏が Contract Journal 誌 (1995 年 3 月 23~29 日号) に寄稿した記事 (最初に邦訳文、次に原文コピー) を紹介する。

「新高気圧規則は死因抑制にならない」



ダイバーもまた減圧症 (さもなければ
ベンズとして知られている) に悩んでいる

新高気圧規則が1996年4月に制定されてさえも骨壊死 (Bone rotまたはosteonecrosis)は将来高気圧環境に暴露される建設作業員に対して死亡要因でありつづける。平均死亡割合は毎年5前後にとどまる。

ドナルド ラモント・安全衛生委員会高圧空気特別検査官は「我々は骨壊死の原因全てを知っていないので新高気圧規則はこの数字をゼロにしない。」と語っている。

安全衛生局は「現行の高気圧規則は1958年制定で、その当時既に時代遅れの技術情報に基づいたもので改訂されるべきである。」と表明していた。その提案について相談を受けた英国トンネル協会の高圧空気ワーキンググループと医学研究会議の高比重液体科学者集団による調査報告書は既に出ている。

将来、安全衛生局は全ての高気圧プロジェクトに指名された契約医療アドバイザーとの会見を望んでいる。

請負者が心配しているのは、英国において能力的に適切なレベルにある医師がたった4名しかいないと言うことである。

主要請負業者は高気圧作業全てに渡る監督指揮に責任のとれる高気圧作業請負会社を指名せざるを得なくなる。まして記録保存が必要になる。請負業者はプロジェクトのデータを集めるばかりでなく、高気圧環境に入った高気圧作業員それぞれの健康と暴露状況記録を提供しなければならない。全てのデータは30年間保管しなければならない。さらに、次から次に続く仕事それぞれを記録し、かつ新たに担当する医師が以前の暴露状況や健康上の問題に十分に気付くことを確実にできるように作業員には彼等個人について詳細に記述した健康・暴露記録カードを発行されることになる。現在、作業員はそのような情報に価値をそんなに認めていない。高圧環境に入る新プロジェ

クトに従事することになる作業員の90%が、古い記録簿を紛失または前職場への置き忘れとかで新しい記録簿を要求している。「この種記録がなお一層重要視されることを望む。」とラモント氏は語った。

安全衛生局の提案はまた、減圧手順とも連携している。現在、減圧症は毎年40件程度であるが、10%は重症である。

0.7 パール以上の高気圧になる全てのプロジェクトでエアロック設置が義務づけられ、1パール(1.0197kgf/cm²)以上ではエアロック付き添い人が必要になる。

現行法規の弱点は、記録簿記入の措置を作業員に限定していると言うことである。新規則では、たまに高気圧環境に入る技師や組み立て工および一度入ったきりとかの人まで含めてプロジェクトが完了するまでの全ての人を網羅することになる。

2)事例紹介

ゴードン ウェイコットは骨壊死に悩む元タイントンネル作業員である。年齢50才で、就労不能給付でティン・ウエアーのウォールセンドに住んでおり、現在まで以前の雇用主・エドモンド・ナッタール会社に対しての要求を出す程の資金を持っていなかった。しかし、援助法による改善された補助申請-3度目の要請-の結果として、現在、裁判所で賠償要求が遂行されている。

以下は彼の談である。「脛は12年前に骨壊死になった。2年後には背中にきた。現在、右腕まで進んできた。間接はこわばり、痛い。歩行は可能だが、どんな荷物も運べない。私はタイントンネルで一度だけ高気圧環境で働いた。発破作業やコンクリート作業などあらゆる工種で1日当たり6時間作業を9カ月続けた。

高圧下に入るのに1時間の順応時間を取り、作業後には帰宅前に1時間減圧室にいた。」

ウェイコットは最初、月に40ポンドを与えられるなら要求取下げと言う条件で18カ月前に法の援助を申請した。次の要求、そのすぐ後に提示したものであるが、もまた援助法がより一層よく修正されるだろうし、またウェイコットが月に80ポンドの訴訟費用を要するだろうと言うことを聞いて廃棄された。12月に行った援助法の3番目の提案は1000ポンドと言う大金で、ウェイコットの賠償要求を前進させるのに十分であった。

■長さ5400フィートでティン河の下を通る2車線の道路トンネルは1966年に完成した。

工期4年間のプロジェクトでタイントンネルはマーゼイトンネルまで最大の水底トンネルであった。

高気圧作業に関連する衛生上の諸問題

■減圧症: Decompression sickness: これには2つの形態がある。最も一般的なのはベンズであり、他は致命的なものになり得る。

■圧力障害: Barotrauma: 圧力変化が原因となる鼓膜破裂のような身体損傷。

■骨壊死: Osteonecrosis またはbone rot: 骨に損傷を与える慢性の状態。血管にある窒素気泡が骨への血液供給を遮断する時引き起こされる。

← 原文、右下の枠内記事の部!

tractbouma

Incorporating
CONSTRUCTION WEEKLY

SEKS
SED

NEWS WEEKLY SINCE 1870 25-29 March 1995 £E95

23-29 March 1995

NEWS

New air regs won't stop deaths

pressure is greater than 0.7 bar, and at over 1 bar an air lock attendant will also be necessary.

A weakness in the current regulations is that they apply only to 'workers'. The new rules will cover everyone, including engineers and fitters who only enter the compressed air zone infrequently - even just once - within the entire life of the project.

HEALTH FACTS

Health problems associated with work in compressed air
Decompression sickness - this takes two forms - the

also have to provide a Compressed Air Worker's Health and Exposure Record for each individual who enters the compressed air zone. All information will have to be kept for 30 years.

In addition, workers will be issued with their own detailed health/exposure record card which can be taken from job to job, ensuring that the next doctor is fully aware of previous exposure and health problems.

Currently, workers place little value on such information, with 90% of those turning up to work on new projects in compressed air seeking for a new job

see a Contract Medical Adviser appointed on all compressed air projects. For contractors, the worry is that there are only four doctors in the UK with an adequate level of competence.

Main contractors will have to appoint a compressed air contractor who will be responsible for overall supervision of the work in compressed air.

Much more record-keeping will be necessary. Not only will the contractor have to compile data on the project, but he will

BY JOHN LEITCH

the current compressed air regulations, introduced back in 1958 and based on technical information that was already out-dated then, are to be revised.

A consultative document has been issued, with both the British Tunnelling Society's compressed air working group and the Medical Research Council's hyperbaric sciences panel advised on the proposals.

In future, the HSE wants to

Divers also suffer from decompression sickness - otherwise known as the 'bends'

remain at around five each year. Donald Lamont, the Health and Safety Commission's specialist inspector for compressed air, said: 'The new regulations won't take this figure to zero because we don't know all the causes of osteonecrosis.'

The HSE has announced that

CASE STUDY

2-3 ブラックプール減圧表の例（ゲージ圧 1.0～3.45bar : 0.1～0.345MPa）

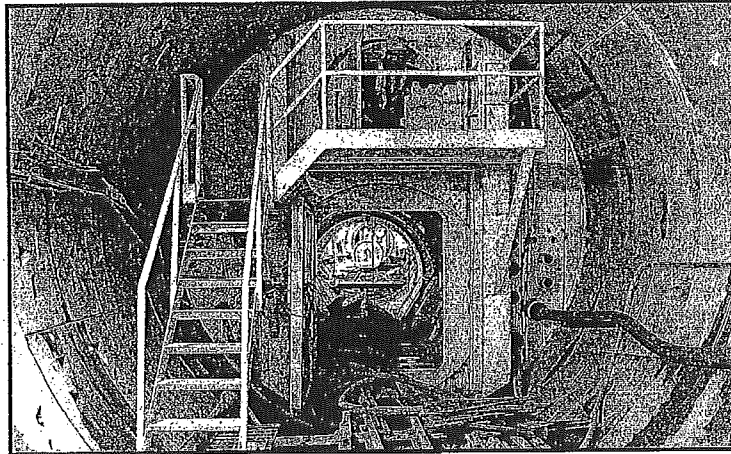
『高気圧作業安全規則・手引き』表紙コピーを下に示す。1996年施行の法律は2001年に入手した。下記は「手引き」である。この中に、次ページに以降に紹介する減圧表（ブラックプール減圧表の名称付き）が記載されている。



Sp SPECIALIST PLANT

Specialist Plant Associates Ltd
Airfield Road
Hinwick
Wellingborough
Northants NN29 7JQ
Tel: (01234) 781882
Fax: (01234) 781992

A guide to the Work in Compressed Air Regulations 1996



GUIDANCE ON REGULATIONS

L96

HSE BOOKS

Blackpool Tables

Pressure in bar

Table number	Maximum working pressure	Exposure period (hours)	Time (minutes) at stage pressure of:								Total decompression period (min)	Line number			
			1.8	1.6	1.4	1.2	1.0	0.8	0.6	0.4			0.2		
1	1.0-1.15	0-0.5										3	1		
		0.5-1.0										3	2		
		1.0-1.5										3	3		
		1.5-2.0									5	8	4		
		2.0-2.5									5	8	5		
		2.5-3.0									10	13	6		
		3.0-4.0									15	18	7		
		4.0-9.5									20	23	8		
2	1.2-1.35	0-0.5										4	1		
		0.5-1.0										4	2		
		1.0-1.5									5	9	3		
		1.5-2.0									10	14	4		
		2.0-2.5									20	24	5		
		2.5-3.0									5	20	29	6	
		3.0-4.0									5	30	39	7	
		4.0-9.25									5	35	44	8	
3	1.4-1.55	0-0.5										4	1		
		0.5-1.0									5	9	2		
		1.0-1.5									10	14	3		
		1.5-2.0									5	20	29	4	
		2.0-2.5									5	30	39	5	
		2.5-3.0									10	35	49	6	
		3.0-4.0									15	40	59	7	
		4.0-8.75									5	20	40	69	8
4	1.6-1.75	0-0.5										5	1		
		0.5-1.0									5	10	2		
		1.0-1.5									5	15	25	3	
		1.5-2.0									10	30	45	4	
		2.0-2.5									15	40	60	5	
		2.5-3.0									5	20	40	70	6
		3.0-4.0									5	25	45	80	7
		4.0-8.5									10	30	45	90	8

Note: Decompression both to the first stage and between stages must be at rates not faster than 0.4 bar/min.

Blackpool Tables (continued)

Pressure in bar

Table number	Maximum working pressure	Exposure period (hours)	Time (minutes) at stage pressure of:								Total decompression period (min)	Line number				
			1.8	1.6	1.4	1.2	1.0	0.8	0.6	0.4			0.2			
5	1.8-1.95	0-0.5									5	1				
		0.5-1.0								10	15	2				
		1.0-1.5								5	30	40	3			
		1.5-2.0							5	15	35	60	4			
		2.0-2.5							5	25	40	75	5			
		2.5-3.0							10	30	40	85	6			
		3.0-4.0							5	15	30	45	100	7		
		4.0-8.0							5	20	35	45	110	8		
6	2.0-2.15	0-0.5									5	11	1			
		0.5-1.0								5	15	26	2			
		1.0-1.5								5	10	35	56	3		
		1.5-2.0								5	25	40	76	4		
		2.0-2.5							5	10	30	45	96	5		
		2.5-3.0							5	15	35	45	106	6		
		3.0-4.0							10	20	35	45	116	7		
		4.0-7.75							5	10	25	40	50	136	8	
7	2.2-2.35	0-0.5									5	11	1			
		0.5-1.0								5	20	31	2			
		1.0-1.5								5	20	35	66	3		
		1.5-2.0							5	10	30	40	91	4		
		2.0-2.5							5	20	35	45	111	5		
		2.5-3.0							10	25	35	45	121	6		
		3.0-4.0							5	15	25	40	45	136	7	
		4.0-7.25							10	20	30	40	55	161	8	
8	2.4-2.55	0-0.5									5	12	1			
		0.5-1.0								10	25	42	2			
		1.0-1.5								10	25	40	82	3		
		1.5-2.0								5	20	35	40	107	4	
		2.0-2.5							5	10	25	35	45	127	5	
		2.5-3.0							5	15	30	35	45	137	6	
		3.0-4.0							5	5	25	30	40	45	157	7
		4.0-6.75							5	15	25	30	45	60	187	8

Note: Decompression both to the first stage and between stages must be at rates not faster than 0.4 bar/min.

Blackpool Tables (continued)

Pressure in bar

Table number	Maximum working pressure	Exposure period (hours)	Time (minutes) at stage pressure of:								Total decompression period (min)	Line number		
			1.8	1.6	1.4	1.2	1.0	0.8	0.6	0.4			0.2	
9	2.6-2.75	0-0.5									5	12	1	
		0.5-1.0								5	10	35	57	2
		1.0-1.5							5	10	30	45	97	3
		1.5-2.0					5	10	25	35	45	127	4	
		2.0-2.5					5	20	30	35	45	142	5	
		2.5-3.0				5	10	20	30	35	45	152	6	
		3.0-4.0				5	15	25	30	40	45	167	7	
		4.0-6.5			5	10	20	25	30	45	70	212	8	
10	2.8-2.95	0-0.5									5	5	18	1
		0.5-1.0								5	15	40	68	2
		1.0-1.5							5	20	35	45	113	3
		1.5-2.0					5	15	30	35	45	138	4	
		2.0-2.5				5	10	20	30	35	45	153	5	
		2.5-3.0				5	20	25	30	35	45	168	6	
		3.0-4.0			5	10	20	25	30	40	45	183	7	
		4.0-5.75			10	15	20	30	40	50	80	253	8	
11	3.0-3.15	0-0.5									5	5	18	1
		0.5-1.0							5	5	20	40	78	2
		1.0-1.5					5	10	20	35	45	123	3	
		1.5-2.0				5	10	20	30	35	45	153	4	
		2.0-2.5			5	5	15	25	30	35	45	168	5	
		2.5-3.0			5	10	20	25	30	40	45	183	6	
		3.0-4.0		5	5	15	25	25	30	40	45	198	7	
		4.0-5.0		5	15	15	25	30	45	55	100	298	8	
12	3.2-3.45	0-0.5									5	10	24	1
		0.5-1.0							5	10	25	40	89	2
		1.0-1.5					5	15	25	35	45	134	3	
		1.5-2.0				5	15	25	30	35	45	164	4	
		2.0-2.5			5	10	20	25	30	40	45	184	5	
		2.5-3.0		5	5	15	25	25	30	40	45	199	6	
		3.0-4.0		5	15	20	25	30	30	40	45	219	7	
		4.0-4.25		5	10	15	20	25	35	45	60	120	344	8

Note: Decompression both to the first stage and between stages must be at rates not faster than 0.4 bar/min.

2-4 英国・高気圧作業規則の概要と運用状況（2001年時点）

まえがき： 本節は Tunnels & Tunnelling International 誌 2002 年 1 月号の 14 及び 26～29 ページの訳である。内容は、最初に 2001 年の情報として英国の圧気規則改訂状況を紹介します。次に英国における当時の圧気作業及び酸素減圧の改善などを網羅した英国/圧気規則 1996 の 2001 年 9 月改正を紹介している。一部の訳で執筆者の意図を正確に把握していない箇所もあるので、英国の事情を認識する程度の資料にとどめ、酸素減圧を理解する際の話題にされたい。

(1) 「Tunnels & Tunnelling International 誌 2002 年 1 月号 14 ページ・ニュース」

改訂・英国トンネル示方書が利用可能

BS6164 : 2001 (建設部門のトンネルにおける 2001 安全施工規則) が英国規格局により公開され、今や撤回された BS6164 : 1990 規則に取って代わった。改訂規則はトンネル建設に利用可能な技術や装置の発展を考慮に入れている。また、それらは新技術や新規則の効果を考慮に入れており、特に健康や安全、さらには環境関連；建設業法 1994 (設計及び監理)、建設業法 1996 (健康、安全及び福祉)、圧気作業規則 1996 をも含んでいる。

条文はトンネル建設に係る全てを網羅して記述されており、トンネル建設に従事する人や影響を受ける人の安全書類提出を説いている。また、BS6164 : 2001 は開削や沈設で施工された地下鉄と同様に立坑沈設、維持、改築や修理における健康と安全に関する指導について勧告や忠告をしている。新規則の詳細は BSI Customer Services (英国工業技術院お客さまサービス) ++44(0)20 8996 9001 に問い合わせてください。

(2) 圧気作業における変革 著者：Donald Lamont (英国・健康安全局)

地盤支保技術としての圧縮空気の効果はトンネル工法でその地位を確立している。

しかしながら、圧縮空気作業に関連する潜在的な危険は実務・特に潜水産業から発展した技術を応用した実務が展開している。英国・保健安全局の Donald Lamont が解説する。

圧縮空気は地下水面下の軟弱地盤でのトンネル施工や立坑沈設に際して地盤支保のコスト効果面から 150 年以上もの間用いられてきた。英国、フランス、ドイツ、シンガポール、カイロ、香港、オーストラリアや米国の主なトンネルプロジェクトは圧縮空気の支援の基に成功裡に実施されてきた。その多くの期間において実務面では革新が全然なかった。

グラスゴーのクライドトンネルやテムズ河直下のダートフォードトンネルなどのような英国の主な道路トンネルは圧縮空気作業を多数の炭鉱作業員による手掘りで行われた。

これらの請負工事では数万の高気圧暴露が記録された。今日では同規模のトンネルが EPBM や泥水シールドマシンで掘進しており、圧縮空気はマシン検査や維持用に TBM 先端にいくためのみ使用される。

それで、圧縮空気への暴露回数は 90～95%も減ってきている。大部分の国では、法定最高作業気圧は 3 bar 程度である。

訳注：3bar≒ゲージ圧 0.3MPa

圧縮空気の原理

圧縮空気使用背景にある物理的な原理は極めて単純で、しかも、それが効果説明の根拠である。トンネルや立坑は隔壁で遮蔽され、空気で加圧される。空気圧は切羽前面の地下水圧と均衡するように十分に増大される。空気圧が地下水圧と等しくあるいは超えるとトンネル内部への水の浸入が止まる。水の流入量を制御すれば、切羽の安定が制御できる。地下水圧は、トンネル前面で深さ方向に直線的に変化する。それで、使用空気

圧力はほぼ一定である。地下水圧が空気圧により正確に均衡を保たれる場合、地下水面は一平面をなす。均衡点より上方では、空気圧は地下水圧を超え、一方、下方では地下水圧が大きくなり、水の流入が続く。過剰圧力は、もし過剰になることを容認すれば、噴発とそれに続く切羽正面崩落を誘発する漏気を必ず生じさせる。

圧縮空気は空気ロスが制御できるのであれば地盤状態に拘らず効果的である。それで軟弱地盤全てに使うことができ、土被りが浅く亀裂が多い岩のトンネルで地下水流入を制御するために使われてきた。

設備と装置

代表的な圧縮空気設備は、圧縮過程で発生した熱を除去するためのクーラー経由で空気を送る数台のコンプレッサーや送風機、及び油分除去のフィルターである。予備のコンプレッサーや発電機は不測の事態対応として要求される。便利なことと設備騒音をより静かにすることと、さらには環境面から喜ばれる面から、装置供給者は装置をコンテナに格納しがちであった。エアロックは隔壁を通じて往来するために必要であり、作業員あるいは機材搬入の両方に使われる。また、それらはトンネルでは水平エアロック、立坑では鉛直エアロックに分類される。昔は、掘削と覆工を高気圧下で行うのでトンネル延長の大部分を加圧するのが標準であった。代表的なエアロック装置は、トンネル坑内でエアロック内を仕切る数枚の隔壁あるいはトンネルや立坑の単一隔壁内部につくられる複数の鋼製容器で構成される。

圧縮空気は、通常、トンネルに直接供給される。そしてトンネルはエアロックへの空気供給・吸引用のエアレシーバーの役を果たす。そしてまた、トンネル火災などの緊急事態に際して、コンプレッサーから空気の直接供給装置があるべきである。

トンネル掘進が主に TBM により行われている今日、エアロックはさらに小型となり、マシンの一部分になっている。TBM のエアロックには地上のコンプレッサーから直接送気される。現在の業務はどのエアロックも少なくとも 2 区画をもつことを要求している。一つは、緊急時に作業員が安全区域に退避できるようトンネルに開放され、一方もう一つは自由空気に開放されて緊急出動班が立ち入ることができるようにしている。

地上設置の急性減圧症治療用医療ロックは標準的にほとんど全ての圧気作業に要求される。その要求の圧力限界は国制定の法規制により相違があるが、標準的には 0.7～

1.0bar の範囲にある。

訳注) 0.7～1.0bar : ゲージ圧 0.07～0.1MPa

人員

圧縮空気設備を運用する作業指揮者は、作業責任者としての現場管理班の一員を含み、トンネル坑内の人や機材の搬入搬出での加圧と減圧手順を制御するロック付き添い人(ロックテンダー : lock attendant または lock tender)、コンプレッサー管理員である。

作業員が圧気作業中に、かれらは常駐する。大部分の場合、減圧症に苦しむかもしれないどの作業員をも治療するために救急再圧員は現場常駐となる。

圧気作業の危険

圧気作業に関連した最も重要な危険は減圧症と火災である。加圧中に人体の組織は暴露されている圧力下で飽和するまで酸素と窒素を取り込む。減圧と同時に、酸素は急速に解放すなわち新陳代謝される。しかしながら、窒素は解放されるまでにはさらに長時間を要す。多くの人体主組織は窒素をほとんど急速に解放するが、脂肪組織からの窒素解放は極めて遅い。あまりにも早い大気圧への帰還は体内窒素の血流内での気泡形成を誘発する。これが組織破壊や減圧症を引き起こす。減圧症は、圧気作業から減圧に続いて生じる医学的健康状態(症状)であるとして、一般に容認された用語である。

急性症状は痛みのみ、すなわち標準的には肩、腕、すねに痛みのみを訴える I 型減圧症

ベンズであり、重い減圧症すなわちⅡ型減圧症は、脊髄や脳に影響を及ぼすこともあり、さらに麻痺を引き起こしたり、あるいは極端な場合は死亡にいたることもある。そして、圧力傷害（圧力による受傷など）がある。慢性症状は dysbaric すなわち無菌性骨壊死症で、一般には腰部に影響を与える退行性の骨の病気であり、肩にも出ることがある。両者は重い機能不全を残す。

数年に亘って、進歩的であり正確な減圧手順が圧気作業場に導入されてきた。英国においては、段階減圧が要求される圧力は 1936 年の～1.5bar（～22psi：訳注・～0.15MPa）から発展的に 2001 年の～0.7bar（～10psi：訳注・0.07MPa）に低められてきている。Decanting は禁止されてきた。

（Decanting：減圧の一手順：それによって圧縮空気作業員は、もう一つの decant ロック（この中で作業員は通常の段階減圧に続いて作業気圧まで高められる加圧に堪えた。）に移動する前にトンネルや立坑ロック内で急速に減圧された。

訳注) Decanting：米国の労働安全規則では Decanting を次の「 」内のように解説している。「緊急時の減圧要領で、作業員は人体組織に気体膨脹要因をもったまま大気圧に戻され、ただちに2つ目あるいは分離された部屋やロックで再圧される。大気圧下滞在と再圧までに5分を超えてはならない。」
高圧時には、この減圧要領禁止の条項がない。

減圧方法の最近の発展においてトンネル工事は減圧症が問題となっていた潜水分野からの一技術を採用した。その技術は減圧中に呼吸ガスとして酸素使用を伴うものである。減圧中の酸素呼吸は魅力的にも減圧症のリスクを下げる。

火災は、もう一つの危険である。圧縮空気中の酸素量の増大故に、火災はより容易に燃え上がり、一層勢い良く燃え、消すのがさらに難しい。数年間以上も取り締まり当局により要請されている火災予防は増大してきている。

広範囲に定められた消火システムは、現在、圧気作業に関連したあらゆるトンネル技術で必要不可欠な部分である。英国の保健衛生安全省は、火災に際しての圧力影響を定量評価するための大規模な研究開発プログラムに着手してきて、まもなく、そのような火災消火問題を審理することになっている。

トンネル産業により試されてきた潜水分野の他の技術はトライミックス（酸素・窒素・ヘリウム混合物）などの空気と異なる呼吸ガスの使用や、飽和潜水技術（ある期間を生活し、多数回の作業後の減圧に堪えるのみの潜水技術）である。この技術は現在施工中のオランダのトンネルプロジェクト^{訳注)}で使用された。さらなるトンネル掘進への挑戦として、深海潜水分野からトンネル分野への技術移転が期待される。

訳注) オランダのトンネルプロジェクト：Tunnels & Tunnelling International 誌、2000 年 9 月号と 2001 年 1 月号にプロジェクトのトラブルと復旧が紹介されている。状況を要約して次に示す。河川横断の Westschelde 双設シールドトンネル工事（内径 10.1m 2 車線、平行して 2 本掘進）において、掘削地山が 2 基のシールドマシンを同時期に締付けてマシン鋼殻を変形させたので、掘進不能となった。掘進再開のために、北海油田作業に従事したダイバーが切羽前面のベントナイト安定液内（圧力 0.65bar：下記の文献は絶対気圧約 7 気圧と表示している）に入ってカッター交換を連続滞在 2 週間（作業、睡眠、食事や休憩を含み、1 基当り 6 日）の飽和潜水で行った。呼吸ガスはトライミックスで、その減圧管理をオランダの W. Sterk やフランスの J. Claud（1・2・5 で紹介済み）らが指導した。

標準と法令

多くの国は圧気作業に関する国の法令をもっている。英国では、圧気作業規則 1996 と附属の手引き（L96）が適用される。これらの規則は、圧気施工契約者に作業の安全体制