

確保や圧気作業適任者配置の要求を含めた義務を課している。良施工に関する手引きの追加根拠は BS6164:2001 建設産業におけるトンネル安全施工規約（14 ページ参照）である。国の規則や手引きとは別に、CEN 標準：prEN12110 エアーロック安全要求事項・草案が用意されてきた。それはエアーロックの設計・製作における安全要求事項を詳しく説いている。最終版は 2002 年に公刊される。自然科学担当に指導的な EC（欧州共同体）の初期の草案は圧力を含むべきであることを指摘していた。しかしながら、これはその範囲から脱落してしまった。それにも拘らず、ヨーロッパ内に減圧技術を含めて圧気作業への共通標準を発展させる要求は存続している。T&T

### (3) 広告：圧気作業グループ

著者ら<sup>訳注</sup>は共に英国トンネル協会（British Tunnelling Society：略称 BTS）の圧気作業グループのメンバーである。圧気作業委員会は BTS や英国健康安全局に英国のトンネル施工における高気圧技術の応用について勧告している。委員会は高気圧トンネル作業における多種の訓練されたスペシャリストや密接に関連した分野の人で構成している。圧気作業グループは「圧気内での技術と健康」に関する第 2 回国際会議を、2002 年 9 月にオクスフォードの St. Catherine カレッジで催す予定である。会議は過去 10 年間の圧気作業における変革に焦点をあて、圧気作業の危険に対して英国で実施された広範囲の研究と同様にケーススタディを呼び物にする。

訳注）著者ら：本報文に続いて、下記の圧気技術関連の報文があるので、両著者のことを言っている。

### (4) 安全については厳格に 著者：Tony Ridley

(Director of Tony Ridley Hyperbaric Associates Ktd)

トニーライドリー（トニーライドリー高気圧会社取締役）が  
圧気作業に対する協定や規則における最近の発展を考察する。

もし、自動操作や特殊なリスクに暴露される人員を削減するのみであるなら、一般に技術改良は、より安全でより健康的な労働力を提供する。そしてこのことは圧気において真実である。しかしながら、圧気技術の改良に関する実趨勢（トンネル掘進における理解や安全）は比較的最近の数年間で成し遂げられた。1958 年、'63 年と'66 年に英国は新しい実施規約と減圧表（取り上げ方を圧気トンネルへと根本的に変えた）を導入した。

その時点で実作業（以前は、全然向上していなかったか制限を受けなかった）における主要な改良を提起し、これらは新しい国際標準への基礎を形作った。その後数年以上に亘ってこれらの新規約に重要度の低い修正がなされ、1990 年代初期まで変わらずに残った。とはいえ、その時までには他の高気圧産業特に沖合いの深海潜水における進歩により、重要視されるほど意味のある時代遅れになっていた。深海潜水は圧気的应用を扱うための技術用語を十分に備えた産業であるが、高気圧作業の実務改良面では相対的に知識面で物足りず、また健康と安全を連携させた労働の発展を促すこともない。

#### 最新の法令

1990 年代半ばに英国健康安全局は、重度の作業員受傷研究、業界内部にある増大する認識不足に基づく増大する利害関係や業界で受け継がれあるいは忠告されたりしている危険な分析の組み合わせに応じた。具体的な行動は英国高気圧作業規則 1996 の刊行となった。これは圧気作業契約者へ本当の医学的監視、訓練、高気圧作業の安全管理、適任者、設備や装置の標準についての手引き書を初めて与えた。

2001 年 9 月に、研究と厳密な分析に継続した委員付託にしたがって減圧手順（英国規則の認可の基に）の改訂がなされた。今や、改訂は減圧技術支援に酸素使用を義務化し、さらに装置の標準化や作業の手順に対する明確な指示を規定している。それらは契約委

嘱された医療顧問による臨床と作業特有の健康管理責任を評価し、加減圧手順の履行やエアロック操作という必要な資格、経験や責任を明確に定義している。

### 最近の作業

新しい規制を見ると、承諾を保証するよう圧気作業を注意深く計画することが第一に重要であり、最も適切な作業の実施に力を注ぐことは二の次である。これは、あらゆる潜在的リスクや作業特有の健康管理面の論点（圧気の応用から生じる。）、さらにはトンネル工事全体にわたる計画、プロジェクト進捗や作業面での安全衛生推進に関する潜在的な重要事項の詳細分析を含むことになる。

通常、これに対する不測の事態はプロジェクト全体の安全衛生計画を構成するプロジェクト特記仕様書や圧気作業の運用と緊急の手引きで対処している。通常、この文書の内容はプロジェクト主任管理者から提供される。その主任は圧気業者の原則を尊重しながら、概要書、施工上の要求や施工法の文書作成という管理を支援する。また、この文書は、契約医療アドバイザーがもたらす高気圧治療や作業特有の健康管理情報及び装置供給業者が提供する技術データ保有スペシャリストをかかえる高気圧作業技術コンサルタントにより調整される。特に、高気圧作業技術コンサルタントや契約医療アドバイザーはお互いに、医学的で、安全衛生や運用面のあらゆる論点が適切に確実に処理されるよう連携しなければならない。

全文書は、法規制の指導を遵守しながら、かつ最も安全で、最も効果的な一括作業となるようにプロジェクトの要求に調和して巧みに計画されるべきである。

この文書それ自信は 運用面、臨床面や衛生面の変動要素（訓練計画、緊急時対応、標準装置、計画された作業方法など）が監視されるべきであると明言している。そしてまた、この文書は全分野の責任範囲を明確に示しており、それは全責任を負う圧気施工者の原則を犯さぬことを暗示するような法的責任を含んだものである。

現場における実際的な圧気適用から見ると、施工者の人事〔（契約医療アドバイザーと高気圧作業員（MLA's））管理の密接な相互影響は欠くことができない。かれらの間では、計画された手順の綿密な監視を確実に行う責任がある。監視に際しては、プロジェクトの要求や状況にしたがって必要な、しかも時には積極的な追加や修正がなされる。このことにより、圧気作業員、プロジェクトマネジメント、顧客、同様に立法府が、計画された手順や議定書、潜在的なリスク、管理方法及び報告系統全てを十分に認識したものにしている。特に、圧気作業員への最新で正規の適切な訓練や教育は重要である。もし、作業員が作業手順、訓練、装置や医学面での高気圧管理について自信をもっていれば、それが安全施工につながる。もし、このことが不確実ならば、リスク要因が増大し、自信がなくなり、プロジェクトの能率が疑いもなく悪くなる。

安全施工を目的として、今や英国の法律は 資格をもち、熟練し、有能なだけでなく、最新のトンネル掘進に精通した人が高気圧関連のアドバイスができ、医学的知識をもち、圧気トンネルの掘進に従事するようにしている。一部の地域に広まり、あるいは過去において現場の慣例となった事項を医学的根拠とすることは、もはや適切ではない。同様に、現場で施工する人は訓練されねばならないし、最新の法律に明細に述べられた全ての要求を十分に履行できるような専門家となるまで経験させられねばならない。もはや、契約医療アドバイザーは知識を供給するためだけの安易な認可を得ることはできないばかりでなく、相対的に最新の工業経験資格を基礎にしたプロジェクト特記仕様書に基づいて HSE により指名されねばならない。同様に、高気圧関連の作業員（再圧室やコンプレッサー担当者）は文書で正式な資格、経験の証明や法律で明記された標準能力に合致していることを証明しなければならない。

TBM メンテナンス現在の最新応用における圧気の一般的な使用にあつては、運用面や医学面で提供される根拠はどのようなものかという質問が、圧気使用が断続的で、かつ予測できないが故にしばしば提起される。あらゆる現場の保健安全や医学的発刊物を包括するために医療顧問や高気圧現場要員の責務が拡張関連した資格や経験に敬意を表して、ますます拡大、錯綜してきている。しばしば、これらの人の資格や能力は極めて容易に他の重要な現場管理を楽にさせている。それは、圧気準備中に健康管理のより多くの大きな範囲の準備ができることを意味し、さらに絶え間ない圧気への再動員という頭痛を一掃し、継続的な専念を可能にし、報告義務の煩わしさを取り除く。

慣例的な圧気作業（より長時間で、連続した圧気作業）が尚一層要請されている現場では、圧気に対してさらなる明確な配慮とりわけ新しい管理要領の継続を規定し、必要な助言が与えられるべきである。医学的適合性、システムの維持管理、データ照査や要求される人員数を保存するような発刊物はプロジェクト全体のリスクや運用面の評価全てに応えることができる。

### 結論及び将来への展望

本質的に、全てのトンネル作業は他の建設工種に比較してリスク大の要素があり、このリスクをさらに複雑化している特殊な手順を支援する圧縮空気の応用というリスクも残している。高気圧環境の特徴と人体生理機能を考慮する場合、圧気トンネルが、これまでになく完全に安全であることを述べる人は勇敢な者でなければならない。しかしながら、高気圧技術の発展しかも現代的な法の指導と実務を含めた医学面での理解や認識を伴ったそれが、探知できない人体への影響あるいは主な潜在的危険を産み出すという装置の稀な故障のみが残る時が直にくる。これらの存在は共に最小のリスクを産み出すどの産業あるいは作業にもある。英国外にあつては、圧気技術とその実務における革新は地位を確立してしまつた。ヨーロッパにあつては実に、減圧技術を支援する酸素が何度も活用されてきたものの、結果として、ヨーロッパのある実務担当者は技術が遅れているし、体験もしていないとして英国で圧気実務を再体験した。緩慢な革新とはいうものの、英国方式の再履修は絶対的必要性があつたと言つたことになにか理由があるのかもしれない。

基となつた 1996 年の法律は、疑いもなく減圧を支援する特徴のある地下での酸素使用時のあらゆる関連リスクを注意深く見なおした後で、減圧のある段階を支援する酸素の導入を意図していた。HSE (Health & Safety Executive : 英国保健安全局) と工業審議会による研究にしたがつて、2001 年 9 月に英国内で酸素を減圧に強制的に支援させるという改正が圧気規則 1996 としてなされた。そこには減圧要領やトンネルの安全を改良する継続的な研究もあつた。全ての新システムでは、十分な評価がなされる前に普及やデータ収集の期間が必要である。前述の全てを包括した新法の導入は、さらなる発展を約束し、最も安全で、わかり易い英国の圧気トンネル作業と管理の場面を確実に設定した。

T&T

以上、Tunnels & Tunnelling International 誌 2002 年 1 月号邦訳  
写真（再圧室操作状況など）は省略した。

## 2-5 英国・高気圧作業規則の運用状況（2004年時点）

### 原著の表題：C320 契約工区トンネル掘進機調整作業の教訓

平成 17 年度報告書執筆者添付副題：テムズ・トンネル工事における酸素減圧

この報文は Tunnels & Tunnelling International 誌・2004 年 2 月号 44～47 ページ記事・原文タイトル「Lessons from C320's TBM interventions」を参考にした。記事は英国のシールドトンネル工事における酸素減圧要領を扱っているため、表記のサブタイトルを本報文執筆者が独自に付した。

また、原文タイトル中の intervention は一般の英和辞書で「介入」とか「干渉」と訳しているが、文意からシールドマシンカッタフェイスのビット交換なども含めたものとして「調整作業」の訳語を選択した。

注) カッタフェイス：トンネル掘進はシールド掘進機（シールドマシン）の前面に、土砂や岩盤破砕装置などの切削装置を装着している。切削はカッタビット（突起のついたカッタビットやローラー状のビットを回転させて行う。これらを装着している面版の総称がカッタフェイスである。第 2 章 5-3 に概要図を示す。

ここから原著の邦訳

#### (1) 英国圧気規則の変遷

1958 年と 1963 年に英国は新しい規則の実施と減圧表を導入した。それは高気圧作業で行うトンネル工法への取り組み方を根本的に変え、実務作業における重要な改訂をはっきりと述べ、以前にはほとんど改良あるいは修正対象として受け入れられなかった、新しい国際標準をつくった。続く数年の間にこれらの新規則へ若干の修正がなされたが、1990 年代初期まで大部分が変更されずに残った。その時期までに他の高気圧産業特に北海沖合い潜水における技術進歩により、諸規則は時代遅れとなった。1990 年代中頃に、英国健康保健省(Health & Safety Executive : HSE)は、実務で認識が増大してきて浮かびあがった事柄や実務を支援したりして得た重大な分析とを連携させて高度な圧力疾病研究に対応した。

結果としての行動は 1996 年版・英国圧気作業規則の公表であった。この規則が初めて医学的検証を得た、作業員の訓練、高気圧作業の安全と健康管理、適切な人員・設備や装置の標準として圧気施工業者への真の指導要領（ガイダンス）となった。この英国規則は継続された研究と分析を基に 2001 年 9 月に再び改訂された。結果としての改訂・1996 英国圧気規則はいまや一定の環境において減圧技術を支援する酸素の使用を義務化し、関連標準装備や作業の安全システムへの明確な指導要領を提供した。この指導要領が、海峡トンネル連絡鉄道（the Channel Tunnel Rail Link's : 略称 CTRL）工事 320 工区（C320）における圧気作業の基本かつ最低限標準を構成している。

訳注) 規則と指導要領を用いた英国の 2 本立て管理指導は EU（ヨーロッパ連合）構成諸国が英国の工事に参入した場合の対応策であり、EU 諸国の設備や減圧要領は若干の変更を加えることにより、英国で施工できる可能性を残している。

#### (2) 酸素減圧適用の工事概要と施工条件

C320 工区はケント州からエセックス州にかけてテムズ河を横断する。工区担当はホッチエフ／マーフィ&サンズ共同企業体（略称：HMJV）である。契約金 140M ポンド（2004 年 3 月の邦貨換算 280 億円：約 200 円／英ポンドとして）には、内径 7.5m のトンネル 2 本、テムズ河両端の交差と入り口構造物が含まれている。

トンネル沿いの地盤条件は地表面から下方に向かって厚さ 12m の軟弱な沖積粘土層とピート（泥炭）で構成されている（図 2-1）。その下層は透気性が高い砂や礫層（厚さ約 6 m 程度）で、上層 10m が風化した石英含有の上部チョーク（白亜）の上にある。直径 0.3m までの玉石（600MPa までの強度をもち、かつ高度に磨耗が進んだ）を含む多層の石英帯存在が契約時の関心事項であった。

注) チョーク：コッコリスや有孔虫などの炭酸カルシウムが主成分の白～灰白色の石灰泥岩で、英国の層厚は 300～500m で、上部と下部の 2 層に大別される。

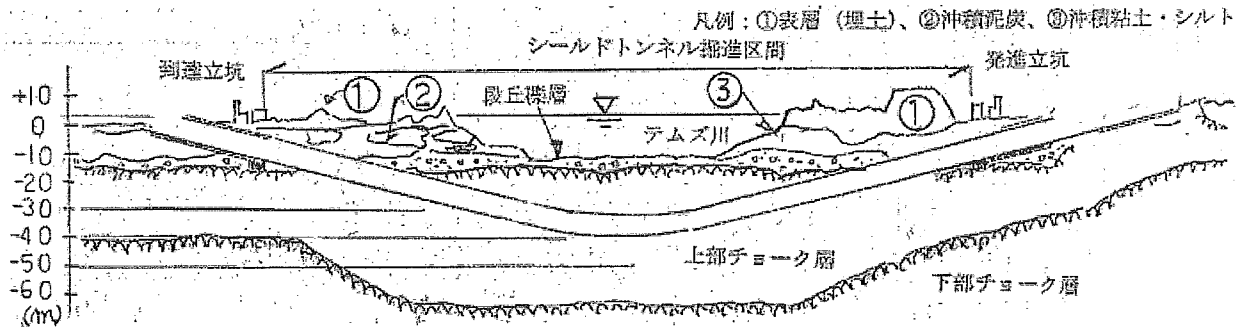


図 2-2 CTRL・302 工区テムズトンネル縦断面：参考 T&T International 誌・2004 年 2 月号、pp45

周辺における既往トンネル工事を悩ませたトラブル情報と結び付けられて、このことは TBM 設計段階の間取るべきカッターヘッド磨耗防護装置装着や切削装置において磨耗探知策の使用など広範囲なトラブル緩和策を要求した。これらの準備調査にも拘らず、カッターヘッド不具合による点検や維持の要求が常時予想され、さらに地盤状況確認のために水路横断位置でマシン前面点検が要求された。それで、1 日 24 時間、7 日 / 週で続くトンネル掘進作業を通してマシン調整は週毎に行うことにした。一方、地盤状況調査結果は、理論的にトンネルルート沿いの数カ所でマシン調整が大気環境で行えることを示した。すなわち相対的に亀裂に悩まされず、偶然にも低透気性チョーク層に直面する場所もあることを示した。しかし、圧縮空気使用の必要性はこれら以外の他の位置で避けられないことがわかった。通常掘進で圧力 2～3 bar (注：0.2～0.3MPa)、掘進中間点では 3 bar を超えること (理論的には最悪事態で最高作業圧力 4.5bar) が予想され、危機管理としてそれらへの対応策検討と準備が要請された。

### (3) 酸素減圧

現在の英国規則は、作業圧力が 0.95bar を超える全てのプロジェクトで酸素減圧利用を要求している。あきらかに C320 工事はこの範疇に入り、新しい規則や運用標準にしたがうことになる最初の英国プロジェクトとなった。それで、高気圧作業専門技術者が集められた。

従来、減圧は呼吸ガスとして常にエアロック内に存在する空気のみで行われてきた。エアロック内は依然として空気のみ環境であるが、100%酸素 (マスク供給の) を呼吸ガスとして使うとき、酸素減圧は、一定の減圧手順を踏むことになる。適切に管理されると呼吸ガスとしての酸素は、減圧に関連した職業病罹患程度の削減効果があるとして広く容認されている。これらの利点は、英国指導要領改訂の基礎となった厳密な管理要領と連携している。好ましい減圧要領を推奨する一方、英国指導要領は明示された施工条件に応じて、もっとも適切な減圧要領選択の道も開いている。広範囲にわたるリスク事前評価と研究の比較を行ったことと、HSE との連携により、現場常駐の高気圧作業専門家チームは C320 に最も適した方法としてドイツの TBG 減圧計画の修正版を推薦した。この計画は是認され、正当な説明のうえ使用されるべきものとして採用された。

### (4) 高気圧曝露と減圧症

従来の慣習的なトンネル掘進技術に比較して、マシン技術の応用は圧気曝露機会の必要性を削減した。これは 1973 年ダートフォードのテムズトンネルでの総曝露人員 122,000 名に対し、今回は 320 名 (267 回入坑)・平均 3 名 / 班編成で週 1 回の割合 (最高作業気圧 3.5bar ≒ 0.343MPa、平均 2 bar) であった。減圧症は 2 ケース発生したが、2.5bar からの再圧で完治した。それらは減圧表の限界 (訳注：滞在時間のことか？解説なし。) と極度に努力を要する作業で発症した。その後、かれらは高気圧作業に復帰した。

## (5) 結論

C320 工事の酸素減圧は成功裡に終わった。実務レベルでは、若干の安全事項が指摘された。数件の減圧症が発症したものの、酸素減圧が採用されなかったならば、さらに高率の発症となることが推測される。この採用は将来の減圧要領に対して有益である。ヨーロッパ方式と英国方式に若干の相違があるが、全関係者参画による合同研究は、一層減圧技術発展に寄与すると考える。合同研究チーム編成と研究推進を提案する。

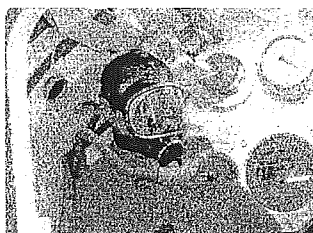


写真 2-1 酸素減圧中の状況

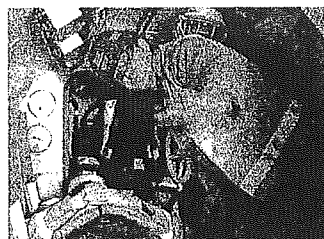


写真 2-2 TRHA 社監督員によるカッターヘッドからの救急訓練状況  
出典：本文の原文に同じ。46 ページ

\*\*\*\*\*

### 担当研究者あとがき

EC の一員として英国が圧気技術の面でも、ドイツ連邦の減圧要領を若干修正して英国での工事に適用可とういように国際化対応を進めていることがわかった。アジア太平洋経済協力会議 (APEC) は技術者の相互承認を進めているが、技術者に限らず技術の相互適用という国際化対応も今後の話題となることが予想される。

### 3. 米国海軍（空気及びヘリオックス減圧表）

米国海軍の減圧表の概要や話題等は第2章で紹介済みなので、本説は減圧表のコピー構成を次のようにした。空気使用船上減圧表は除外した。

3-1 無制限／減圧停止不要空気潜水用 限界と繰り返しグループ指標

3-2 繰り返し空気潜水用残留窒素時間表

3-3 米国海軍標準空気減圧表（12.1～91.4m）

3-4 酸素使用船上減圧表

3-5 船上供給混合ガス潜水手順（邦訳未済）

3-6 船上供給 heliox 減圧表（60～380fsw：18.2～）

なお、3-1 及び 3-2 の再現試算は計算済みであるが、これらは日本版としての標準減圧表案及び使用法と合わせて平成18年度報告書に記載する。

#### 3-1 無制限／減圧停止不要空気潜水用 限界と繰り返しグループ指標

##### 3-1-1 繰り返し空気潜水用残留窒素時間表

繰り返し潜水用残留窒素時間表（表3）は、先に実施した潜水から12時間以内に実施されたどの潜水でも繰り返し潜水と考えている。繰り返し潜水用の減圧時間計算は先の潜水で残された残留窒素を考慮しなければならない。

水面休止期間後に残された残留窒素量は潜水時間相当、すなわち対象者が当該深度でかれの組織に残された窒素量を吸収するだけの時間の長さで表わされる。

##### 3-1-2 繰り返し潜水計算手順

- 1) 最小水面休止期間10分が必要である。もしそれが10分より短いなら、2潜水のうち深い方の深度を対象とした減圧及び実滞底時間がとられる。水面休止期間は含まない。
- 2) もし、水面休止期間が10分あるいは長ければ、斜め傾斜にある先の潜水から繰り返しグループ文字を抽出する。
- 3) 適切な水面休止期間を選択するために表内に垂直に進入する。
- 4) 新たな繰り返しグループ文字を得るために表の底に読み降りる。
- 5) 繰り返し潜水深度に対応する残留窒素時間が表の下部で得られる。
- 6) 繰り返しグループ文字から、繰り返し潜水深度を示す列に沿って読み降り続ける
- 7) 交点に示される時間が繰り返し潜水で適応される残留窒素時間（分）である。
- 8) この表で一つの例外がある。ある場合のとき、繰り返し潜水が先の潜水と同深度あるいは深いとき、残留窒素時間は先の潜水の実滞底時間を超過する。この場合、先の潜水の実滞底の総時間は単一潜水相当時間の決定に際して残留窒素時間として使われる。

Table 9-6. Unlimited/No-Decompression Limits and Repetitive Group Designation Table for Unlimited/No-Decompression Air Dives.

Depth (feet/meters)	No-Decompression Limits (min)	Group Designation															
		A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O	
10	3.0	unlimited	60	120	210	300	797	*									
15	4.6	unlimited	35	70	110	160	225	350	452	*							
20	6.1	unlimited	25	50	75	100	135	180	240	325	390	917					
25	7.6	595	20	35	55	75	100	125	160	195	245	315	361	540	595		
30	9.1	405	15	30	45	60	75	95	120	145	170	205	250	310	344	405	
35	10.7	310	5	15	25	40	50	60	80	100	120	140	160	190	220	270	310
40	12.2	200	5	15	25	30	40	50	70	80	100	110	130	150	170	200	
50	15.2	100		10	15	25	30	40	50	60	70	80	90	100			
60	18.3	60		10	15	20	25	30	40	50	55	60					
70	21.3	50		5	10	15	20	30	35	40	45	50					
80	24.4	40		5	10	15	20	25	30	35	40						
90	27.4	30		5	10	12	15	20	25	30							
100	30.5	25		5	7	10	15	20	22	25							
110	33.5	20			5	10	13	15	20								
120	36.6	15			5	10	12	15									
130	39.6	10			5	8	10										
140	42.7	10			5	7	10										
150	45.7	5			5												
160	48.8	5															
170	51.8	5															
180	54.8	5															
190	59.9	5															

\* Highest repetitive group that can be achieved at this depth regardless of bottom time.

減圧停止不要潜水限界と減圧停止不要空気潜水用繰り返しグループ指標表

TABLE 2

NO-DECOMPRESSION LIMITS AND REPETITIVE GROUP DESIGNATION TABLE FOR NO-DECOMPRESSION AIR DIVES

深度 fsw Depth (feet)	No-decom- pression limits (min)	減圧停止不要潜水限界 Group Designation															
		A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O	
10		60	120	210	300												
15		35	70	110	160	225	350										
20		25	50	75	100	135	180	240	325								
25		20	35	55	75	100	125	150	195	245	315						
30		15	30	45	60	75	95	120	145	170	205	250	310				
35	310	5	15	25	40	50	60	80	100	120	140	160	190	220	270	310	
40	200	5	15	25	30	40	50	70	80	100	110	130	150	170	200		
50	100		10	15	25	30	40	50	60	70	80	90	100				
60	60		10	15	20	25	30	40	50	55	60						
70	50		5	10	15	20	30	35	40	45	50						
80	40		5	10	15	20	25	30	35	40							
90	30		5	10	12	15	20	25	30								
100	25		5	7	10	15	20	22	25								
110	20			5	10	13	15	20									
120	15			5	10	12	15										
130	10			5	8	10											
140	10			5	7	10											
150	5			5													
160	5				5												
170	5					5											
180	5						5										
190	5							5									

この表 (Table2) は 1981 年時点の表である。前頁は 1999 年の表で Table3 の名前がついており、若干の追補が見られる。



### 3-2 繰り返し空気潜水用残留窒素時間表

#### 3-2-1 1999・Table 4 の概要

1999・Table4 は、繰り返し空気潜水用残留窒素時間表で、前回潜水で水面浮上後 10 分以上経過、12 時間以内に再潜水（これも減圧停止不要潜水）を実施する場合に適用される。10 分以内の繰り返し潜水（再潜水ともいう）は窒素分圧が減少しないために連続潜水と見做している。この表は実際には 2 表の組み合わせとなっており、上段の表は、水面待機長期化したことによって残留窒素レベルがどのように減少するかを示している。下段の表は、次の潜水で過剰窒素をどのように評価しなければならないかを示している。

#### 1999Table 4 の解説の訳

ダイバーの直前実施潜水から、ラベルの上の斜線沿いにそのダイバーの繰り返しグループ指標を探せ。ダイバーの水面待機が置かれている待機時間に向かって水平に読み。

次に新たな繰り返しグループ指標に向かって垂直に読み降りろ。この同じ縦の行を繰り返し潜水深度表示の列まで降り続けろ。交点で与えられる時間が、繰り返し潜水に適用される残留窒素時間、分である。

\* 12 時間以上の水面待機に続く潜水は繰り返し潜水に該当しない。そのような潜水では減圧計算用に標準空気減圧表での実滞底時間を使え。

\*\* もし、残留窒素時間が与えられないなら、繰り返しグループは変わらない。

**TABLE 4**

Locate the diver's repetitive group designation from his previous dive along the diagonal line above the table. Read horizontally to the interval in which the diver's surface interval lies.

Next read vertically downward to the new repetitive group designation. Continue downward in this same column to the row which represents the depth of the repetitive dive. The time given at the intersection is residual nitrogen time, in minutes, to be applied to the repetitive dive.

- Dives following surface intervals of more than 12 hours are not repetitive dives. Use actual bottom times in the Standard Air Decompression Tables to compute decompression for such dives.
- If no Residual Nitrogen Time is given, then the repetitive group does not change.

Repetitive group at the beginning of the surface interval

Repetitive Group	0:10	0:20	0:30	0:40	0:50	1:00	1:15	1:30	1:45	2:00	2:15	2:30	2:45	3:00	3:15	3:30	3:45	4:00	4:15	4:30	4:45	5:00	5:15	5:30	5:45	6:00	6:15	6:30	6:45	7:00	7:15	7:30	7:45	8:00	8:15	8:30	8:45	9:00	9:15	9:30	9:45	10:00	10:15	10:30	10:45	11:00	11:15	11:30	11:45	12:00
A	0:10	0:20	0:30	0:40	0:50	1:00	1:15	1:30	1:45	2:00	2:15	2:30	2:45	3:00	3:15	3:30	3:45	4:00	4:15	4:30	4:45	5:00	5:15	5:30	5:45	6:00	6:15	6:30	6:45	7:00	7:15	7:30	7:45	8:00	8:15	8:30	8:45	9:00	9:15	9:30	9:45	10:00	10:15	10:30	10:45	11:00	11:15	11:30	11:45	12:00
B	0:10	0:20	0:30	0:40	0:50	1:00	1:15	1:30	1:45	2:00	2:15	2:30	2:45	3:00	3:15	3:30	3:45	4:00	4:15	4:30	4:45	5:00	5:15	5:30	5:45	6:00	6:15	6:30	6:45	7:00	7:15	7:30	7:45	8:00	8:15	8:30	8:45	9:00	9:15	9:30	9:45	10:00	10:15	10:30	10:45	11:00	11:15	11:30	11:45	12:00
C	0:10	0:20	0:30	0:40	0:50	1:00	1:15	1:30	1:45	2:00	2:15	2:30	2:45	3:00	3:15	3:30	3:45	4:00	4:15	4:30	4:45	5:00	5:15	5:30	5:45	6:00	6:15	6:30	6:45	7:00	7:15	7:30	7:45	8:00	8:15	8:30	8:45	9:00	9:15	9:30	9:45	10:00	10:15	10:30	10:45	11:00	11:15	11:30	11:45	12:00
D	0:10	0:20	0:30	0:40	0:50	1:00	1:15	1:30	1:45	2:00	2:15	2:30	2:45	3:00	3:15	3:30	3:45	4:00	4:15	4:30	4:45	5:00	5:15	5:30	5:45	6:00	6:15	6:30	6:45	7:00	7:15	7:30	7:45	8:00	8:15	8:30	8:45	9:00	9:15	9:30	9:45	10:00	10:15	10:30	10:45	11:00	11:15	11:30	11:45	12:00
E	0:10	0:20	0:30	0:40	0:50	1:00	1:15	1:30	1:45	2:00	2:15	2:30	2:45	3:00	3:15	3:30	3:45	4:00	4:15	4:30	4:45	5:00	5:15	5:30	5:45	6:00	6:15	6:30	6:45	7:00	7:15	7:30	7:45	8:00	8:15	8:30	8:45	9:00	9:15	9:30	9:45	10:00	10:15	10:30	10:45	11:00	11:15	11:30	11:45	12:00
F	0:10	0:20	0:30	0:40	0:50	1:00	1:15	1:30	1:45	2:00	2:15	2:30	2:45	3:00	3:15	3:30	3:45	4:00	4:15	4:30	4:45	5:00	5:15	5:30	5:45	6:00	6:15	6:30	6:45	7:00	7:15	7:30	7:45	8:00	8:15	8:30	8:45	9:00	9:15	9:30	9:45	10:00	10:15	10:30	10:45	11:00	11:15	11:30	11:45	12:00
G	0:10	0:20	0:30	0:40	0:50	1:00	1:15	1:30	1:45	2:00	2:15	2:30	2:45	3:00	3:15	3:30	3:45	4:00	4:15	4:30	4:45	5:00	5:15	5:30	5:45	6:00	6:15	6:30	6:45	7:00	7:15	7:30	7:45	8:00	8:15	8:30	8:45	9:00	9:15	9:30	9:45	10:00	10:15	10:30	10:45	11:00	11:15	11:30	11:45	12:00
H	0:10	0:20	0:30	0:40	0:50	1:00	1:15	1:30	1:45	2:00	2:15	2:30	2:45	3:00	3:15	3:30	3:45	4:00	4:15	4:30	4:45	5:00	5:15	5:30	5:45	6:00	6:15	6:30	6:45	7:00	7:15	7:30	7:45	8:00	8:15	8:30	8:45	9:00	9:15	9:30	9:45	10:00	10:15	10:30	10:45	11:00	11:15	11:30	11:45	12:00
I	0:10	0:20	0:30	0:40	0:50	1:00	1:15	1:30	1:45	2:00	2:15	2:30	2:45	3:00	3:15	3:30	3:45	4:00	4:15	4:30	4:45	5:00	5:15	5:30	5:45	6:00	6:15	6:30	6:45	7:00	7:15	7:30	7:45	8:00	8:15	8:30	8:45	9:00	9:15	9:30	9:45	10:00	10:15	10:30	10:45	11:00	11:15	11:30	11:45	12:00
J	0:10	0:20	0:30	0:40	0:50	1:00	1:15	1:30	1:45	2:00	2:15	2:30	2:45	3:00	3:15	3:30	3:45	4:00	4:15	4:30	4:45	5:00	5:15	5:30	5:45	6:00	6:15	6:30	6:45	7:00	7:15	7:30	7:45	8:00	8:15	8:30	8:45	9:00	9:15	9:30	9:45	10:00	10:15	10:30	10:45	11:00	11:15	11:30	11:45	12:00
K	0:10	0:20	0:30	0:40	0:50	1:00	1:15	1:30	1:45	2:00	2:15	2:30	2:45	3:00	3:15	3:30	3:45	4:00	4:15	4:30	4:45	5:00	5:15	5:30	5:45	6:00	6:15	6:30	6:45	7:00	7:15	7:30	7:45	8:00	8:15	8:30	8:45	9:00	9:15	9:30	9:45	10:00	10:15	10:30	10:45	11:00	11:15	11:30	11:45	12:00
L	0:10	0:20	0:30	0:40	0:50	1:00	1:15	1:30	1:45	2:00	2:15	2:30	2:45	3:00	3:15	3:30	3:45	4:00	4:15	4:30	4:45	5:00	5:15	5:30	5:45	6:00	6:15	6:30	6:45	7:00	7:15	7:30	7:45	8:00	8:15	8:30	8:45	9:00	9:15	9:30	9:45	10:00	10:15	10:30	10:45	11:00	11:15	11:30	11:45	12:00
M	0:10	0:20	0:30	0:40	0:50	1:00	1:15	1:30	1:45	2:00	2:15	2:30	2:45	3:00	3:15	3:30	3:45	4:00	4:15	4:30	4:45	5:00	5:15	5:30	5:45	6:00	6:15	6:30	6:45	7:00	7:15	7:30	7:45	8:00	8:15	8:30	8:45	9:00	9:15	9:30	9:45	10:00	10:15	10:30	10:45	11:00	11:15	11:30	11:45	12:00
N	0:10	0:20	0:30	0:40	0:50	1:00	1:15	1:30	1:45	2:00	2:15	2:30	2:45	3:00	3:15	3:30	3:45	4:00	4:15	4:30	4:45	5:00	5:15	5:30	5:45	6:00	6:15	6:30	6:45	7:00	7:15	7:30	7:45	8:00	8:15	8:30	8:45	9:00	9:15	9:30	9:45	10:00	10:15	10:30	10:45	11:00	11:15	11:30	11:45	12:00
O	0:10	0:20	0:30	0:40	0:50	1:00	1:15	1:30	1:45	2:00	2:15	2:30	2:45	3:00	3:15	3:30	3:45	4:00	4:15	4:30	4:45	5:00	5:15	5:30	5:45	6:00	6:15	6:30	6:45	7:00	7:15	7:30	7:45	8:00	8:15	8:30	8:45	9:00	9:15	9:30	9:45	10:00	10:15	10:30	10:45	11:00	11:15	11:30	11:45	12:00
P	0:10	0:20	0:30	0:40	0:50	1:00	1:15	1:30	1:45	2:00	2:15	2:30	2:45	3:00	3:15	3:30	3:45	4:00	4:15	4:30	4:45	5:00	5:15	5:30	5:45	6:00	6:15	6:30	6:45	7:00	7:15	7:30	7:45	8:00	8:15	8:30	8:45	9:00	9:15	9:30	9:45	10:00	10:15	10:30	10:45	11:00	11:15	11:30	11:45	12:00
Q	0:10	0:20	0:30	0:40	0:50	1:00	1:15	1:30	1:45	2:00	2:15	2:30	2:45	3:00	3:15	3:30	3:45	4:00	4:15	4:30	4:45	5:00	5:15	5:30	5:45	6:00	6:15	6:30	6:45	7:00	7:15	7:30	7:45	8:00	8:15	8:30	8:45	9:00	9:15	9:30	9:45	10:00	10:15	10:30	10:45	11:00	11:15	11:30	11:45	12:00
R	0:10	0:20	0:30	0:40	0:50	1:00	1:15	1:30	1:45	2:00	2:15	2:30	2:45	3:00	3:15	3:30	3:45	4:00	4:15	4:30	4:45	5:00	5:15	5:30	5:45	6:00	6:15	6:30	6:45	7:00	7:15	7:30	7:45	8:00	8:15	8:30	8:45	9:00	9:15	9:30	9:45	10:00	10:15	10:30	10:45	11:00	11:15	11:30	11:45	12:00
S	0:10	0:20	0:30	0:40	0:50	1:00	1:15	1:30	1:45	2:00	2:15	2:30	2:45	3:00	3:15	3:30	3:45	4:00	4:15	4:30	4:45	5:00	5:15	5:30	5:45	6:00	6:15	6:30	6:45	7:00	7:15	7:30	7:45	8:00	8:15	8:30	8:45	9:00	9:15	9:30	9:45	10:00	10:15	10:30	10:45	11:00	11:15	11:30	11:45	12:00
T	0:10	0:20	0:30	0:40	0:50	1:00	1:15	1:30	1:45	2:00	2:15	2:30	2:45	3:00	3:15	3:30	3:45	4:00	4:15	4:30	4:45	5:00	5:15	5:30	5:45	6:00	6:15	6:30	6:45	7:00	7:15	7:30	7:45	8:00	8:15	8:30	8:45	9:00	9:15	9:30	9:45	10:00	10:15	10:30	10:45	11:00	11:15	11:30	11:45	12:00
U	0:10	0:20	0:30	0:40	0:50	1:00	1:15	1:30	1:45	2:00	2:15	2:30	2:45	3:00	3:15	3:30	3:45	4:00	4:15	4:30	4:45	5:00	5:15	5:30	5:45	6:00	6:15	6:30	6:45	7:00	7:15	7:30	7:45	8:00	8:15	8:30	8:45	9:00	9:15	9:30	9:45	10:00	10:15	10:30	10:45	11:00	11:15	11:30	11:45	12:00
V	0:1																																																	

### 3-2-2 繰り返し空気潜水用残留窒素時間表

**Table 9-7. Residual Nitrogen Timetable for Repetitive Air Dives.**

Locate the diver's repetitive group designation from his previous dive along the diagonal line above the table. Read horizontally to the interval in which the diver's surface interval lies.

Next, read vertically downward to the new repetitive group designation. Continue downward in this same column to the row that represents the depth of the repetitive dive. The time given at the intersection is residual nitrogen time, in minutes, to be applied to the repetitive dive.

\* Dives following surface intervals of more than 12 hours are not repetitive dives. Use actual bottom times in the Standard Air Decompression Tables to compute decompression for such dives.

\*\* If no Residual Nitrogen Time is given, then the repetitive group does not change.

		Repetitive group at the beginning of the surface interval															
		Z	O	N	M	L	K	J	I	H	G	F	E	D	C	B	A
		0:10	0:23	0:36	0:51	1:07	1:24	1:43	2:04	2:29	2:59	3:33	4:17	5:16	6:44	9:54	12:00*
Repetitive Dive Depth	10	0:10	0:23	0:36	0:51	1:07	1:24	1:43	2:04	2:29	2:59	3:33	4:17	5:16	6:44	9:54	12:00*
	20	0:22	0:34	0:48	1:02	1:18	1:36	1:55	2:17	2:42	3:10	3:45	4:29	5:27	6:56	10:05	12:00*
30	0:31	0:45	1:01	1:18	1:37	1:57	2:19	2:44	3:13	3:47	4:25	5:08	6:04	7:11	8:51	12:00*	
40	0:40	0:54	1:11	1:30	1:51	2:14	2:41	3:13	3:50	4:32	5:19	6:14	7:29	8:58	10:51	12:00*	
50	0:49	0:64	1:21	1:42	2:05	2:31	3:04	3:42	4:25	5:14	6:09	7:22	8:58	10:57	12:00*		
60	0:58	0:74	1:33	1:56	2:21	2:49	3:24	4:04	4:50	5:43	6:41	7:54	9:21	11:09	12:00*		
70	0:67	0:84	1:47	2:12	2:39	3:16	3:58	4:44	5:41	6:43	7:56	9:21	11:09	12:00*			
80	0:76	0:94	1:63	1:90	2:20	2:50	3:30	4:16	5:14	6:21	7:44	9:11	11:09	12:00*			
90	0:85	1:04	1:75	2:04	2:36	3:18	4:04	5:01	6:14	7:36	8:71	10:09	11:57	12:00*			
100	0:94	1:14	1:87	2:18	2:52	3:36	4:24	5:31	6:50	8:19	9:58	11:47	12:00*				
110	1:03	1:24	2:00	2:34	3:10	3:58	4:58	6:14	7:44	9:21	11:09	12:00*					
120	1:12	1:34	2:12	2:48	3:26	4:16	5:24	6:50	8:31	10:19	12:00*						
130	1:21	1:44	2:24	2:62	3:44	4:36	5:56	7:41	9:41	12:00*							
140	1:30	1:54	2:36	2:76	4:00	4:94	6:24	8:31	10:51	12:00*							
150	1:39	2:04	2:48	2:88	4:14	5:14	7:44	10:09	12:00*								
160	1:48	2:14	2:60	3:02	4:24	5:24	8:01	10:51	12:00*								
170	1:57	2:24	2:72	3:16	4:44	5:44	8:31	11:47	12:00*								
180	2:06	2:34	2:84	3:30	4:64	5:64	9:01	12:00*									
190	2:15	2:44	2:96	3:44	4:94	5:94	9:31	12:00*									

### Residual Nitrogen Times (Minutes)

† Read vertically downward to the 40/12.2 (feet/meter) repetitive dive depth. Use the corresponding residual nitrogen times (minutes) to compute the equivalent single dive time. Decompress using the 40/12.2 (feet/meter) standard air decompression table.

3-3 米国海軍標準空気減圧表の一部 (滞底深度 12.1~91.4m 及び 85.3~91.4m)

Table 9-8. U.S. Navy Standard Air Decompression Table.

Depth feet/meters	Bottom time (min)	Time first stop (min:sec)	Decompression stops (feet/meters)					Total decompression time (min:sec)	Repetitive group
			50 15.2	40 12.1	30 9.1	20 6.0	10 3.0		
40 12.1	200						1:20		
	210	1:00				2	3:20	N	
	230	1:00				7	8:20	N	
	250	1:00				11	12:20	O	
	270	1:00				15	16:20	O	
	300	1:00				19	20:20	Z	
Exceptional Exposure									
	360	1:00				23	24:20	**	
	480	1:00				41	42:20	**	
	720	1:00				69	70:20	**	
50 15.2	100					0	1:40	L	
	110	1:20				3	4:40	L	
	120	1:20				5	6:40	M	
	140	1:20				10	11:40	M	
	160	1:20				21	22:40	N	
	180	1:20				29	30:40	O	
	200	1:20				35	36:40	O	
	220	1:20				40	41:40	Z	
240	1:20				47	48:40	Z		
60 18.2	60					0	2:00	L	
	70	1:40				2	4:00	K	
	80	1:40				7	9:00	L	
	100	1:40				14	16:00	M	
	120	1:40				26	28:00	N	
	140	1:40				39	41:00	O	
	160	1:40				48	50:00	Z	
	180	1:40				56	58:00	Z	
	200	1:20				69	72:00	Z	
	Exceptional Exposure								
	240	1:20				2	79	83:00	**
	360	1:20				20	119	141:00	**
	480	1:20				44	148	194:00	**
	720	1:20				78	187	267:00	**
70 21.3	50					0	2:20	L	
	60	2:00				8	10:20	K	
	70	2:00				14	16:20	L	
	80	2:00				18	20:20	M	
	90	2:00				23	25:20	N	
	100	2:00				33	35:20	N	
	110	1:40				2	41	45:20	O
	120	1:40				4	47	53:20	O
	130	1:40				6	52	60:20	O
	140	1:40				8	56	66:20	Z
	150	1:40				9	61	72:20	Z
	160	1:40				13	72	87:20	Z
170	1:40				19	79	100:20	Z	

\* See No Decompression Table for repetitive groups  
 \*\* Repetitive dives may not follow exceptional exposure dives

Table 9-8. U.S. Navy Standard Air Decompression Table (Continued).

Depth feet/meters	Bottom time (min)	Time first stop (min: sec)	Decompression stops (feet/meters)																Total decom- pression time (min:sec)					
			200	190	180	170	160	150	140	130	120	110	100	90	80	70	60	50		40	30	20	10	
			60.9	57.9	54.8	51.8	48.7	45.7	42.6	39.6	36.5	33.5	30.4	27.4	24.3	21.3	18.2	15.2	12.1	9.1	6.0	3.0		
<b>280</b> <b>85.3</b>	Exceptional Exposure																							
	5	8:40																		2	2	33:20		
	10	8:00																		1	2	5	13	30:20
	15	7:40																		3	4	11	26	54:20
	20	7:40																	3	4	8	23	39	86:20
	25	7:20																2	5	7	16	23	56	118:20
30	7:00															1	3	7	13	22	30	70	155:20	
40	6:40															6	6	13	17	27	51	93	223:20	

Depth feet/meters	Bottom time (min)	Time first stop (min: sec)	Decompression stops (feet/meters)																Total decom- pression time (min:sec)					
			200	190	180	170	160	150	140	130	120	110	100	90	80	70	60	50		40	30	20	10	
			60.9	57.9	54.8	51.8	48.7	45.7	42.6	39.6	36.5	33.5	30.4	27.4	24.3	21.3	18.2	15.2	12.1	9.1	6.0	3.0		
<b>290</b> <b>88.4</b>	Exceptional Exposure																							
	5	9:00																		3	3	14:40		
	10	8:20																		1	3	5	16	34:40
	15	8:00																		4	6	12	26	57:40
	20	8:00																	3	7	9	23	43	94:40
	25	7:40																3	5	8	17	23	60	125:40
30	7:20															1	5	6	16	22	36	72	167:40	
40	7:00														3	5	7	15	16	32	51	95	233:40	

Depth feet/meters	Bottom time (min)	Time first stop (min: sec)	Decompression stops (feet/meters)																Total decom- pression time (min:sec)									
			200	190	180	170	160	150	140	130	120	110	100	90	80	70	60	50		40	30	20	10					
			60.9	57.9	54.8	51.8	48.7	45.7	42.6	39.6	36.5	33.5	30.4	27.4	24.3	21.3	18.2	15.2	12.1	9.1	6.0	3.0						
<b>300</b> <b>91.4</b>	Exceptional Exposure																											
	5	9:20																		3	3	16:00						
	10	8:40																		1	3	6	17	37:00				
	15	8:20																		2	3	6	15	26	62:00			
	20	8:00																		2	3	7	10	23	47	102:00		
	25	7:40																		1	3	6	8	19	26	61	134:00	
	30	7:40																		2	5	7	17	22	39	75	177:00	
	40	7:20																		4	6	9	15	17	34	51	90	236:00
	60	6:00										4	10	10	10	10	10	10	14	28	32	50	90	187	465:00			
	90	4:40					3	8	8	8	10	10	10	10	16	24	24	34	48	64	90	142	187	698:00				
	120	4:00				4	8	8	8	8	10	14	24	24	24	34	42	58	66	102	122	142	187	895:00				
180	3:30		6	8	8	8	14	20	21	21	28	40	40	48	66	82	98	100	144	122	142	187	1735:00					

3-4 酸素使用船上減圧表の一部 (滞底深度 21.3~51.8m)

船上減圧: 深度 9.1m までは水中で減圧停止を行い、所定の停止時間を経て水面に浮上して5分以内に減圧室で 12.1m まで加圧して減圧を再開する減圧方式のこと。

Table 9-9. 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 18.2	50 15.2	40 12.1	30 9.1				
<b>70</b> <b>21.3</b>	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		54:40	
<b>80</b> <b>24.3</b>	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	
	150	2:40					44		57:00	
<b>90</b> <b>27.4</b>	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	
<b>100</b> <b>30.4</b>	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					53		69:20	
<b>110</b> <b>33.5</b>	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	

TOTAL TIME FROM LAST WATER STOP TO FIRST CHAMBER STOP NOT TO EXCEED 5 MINUTES

1-MINUTE 20-SECONDS ASCENT FROM 40 FEET IN CHAMBER TO SURFACE

Table 9-9. 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				
<b>120</b> 36.5	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		66:20	
	90	3:00			3	7	51		75:20	
100	3:00			6	15	54		89:20		
<b>130</b> 39.6	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	
<b>140</b> 42.6	10	4:40							4:40	
	25	4:40					11		21:00	
	40	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	51		82:00		
<b>150</b> 45.7	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

1-MINUTE 20-SECONDS ASCENT FROM 40 FEET IN CHAMBER TO SURFACE

Table 9-9. 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				
160 48.7	5	5:20							5:20	
	20	5:20					11		21:40	
	25	5:20					16		26:40	
	30	4:20				2	21		33:40	
	35	4:00				6	26		46:40	
170 51.8	40	3:40		3	5	8	32		63:40	
	45	3:20	3	4	8	6	38		74:40	
	5	5:40							5:40	
	20	5:40					13		24:00	
	25	5:40					19		30:00	
51.8	30	4:20			3	5	23		42:00	
	35	4:00		4	4	7	29		56:00	
	40	3:40	4	4	8	6	36		74:00	

TOTAL TIME FROM LAST WATER STOP TO FIRST CHAMBER STOP NOT TO EXCEED 5 MINUTES

1 MINUTE 20 SECONDS ASCENT FROM 40 FEET IN CHAMBER TO SURFACE

U.S. Navy Diving Manual  
Revision 4 / 1992 LA  
改訂 2004.3A

CHAPTER 14  
**Surface Supplied Mixed Gas  
Diving Procedures**

14-1 INTRODUCTION

14-1.1 **Purpose.** The purpose of this chapter is to familiarize divers with the U.S. Navy surface supplied mixed gas diving procedures.

14-1.2 **Scope.** Surface supplied, open circuit mixed gas diving is conducted with helium oxygen mixtures supplied from the surface by a flexible hose. Surface supplied mixed gas diving is particularly suited for operations beyond the depth limits of air diving, yet short of the depths and times requiring the use of a saturation diving system. Surface supplied mixed gas diving is also useful in the air diving range when freedom from nitrogen narcosis is required.

14-2 PLANNING THE OPERATION

Planning surface supplied mixed gas dives involves many of the same considerations used when planning an air dive. Planning aspects that are unique to surface supplied mixed gas diving include the logistics of providing several different gas mixtures to the diver and repetitive diving limitations discussed below.

14-2.1 **Depth and Exposure Limits.** The normal operational limit for surface supplied mixed gas diving is 300 fsw for 30 minutes.

Within each decompression table (Table 14-3), exceptional exposure dives are enclosed in bold black boxes to separate them from normal working dives. Exceptional exposure dives require lengthy decompression and are associated with an increased risk of decompression sickness and exposure to the elements. Exceptional exposures should be undertaken only at the Commanding Officer's discretion in an emergency. Planned exceptional exposure dives require prior CNO approval.

無減圧潜水後次の潜水は12時間

Repetitive diving is not allowed in surface supplied helium oxygen diving, except as outlined in paragraph 14-3.6. Following a "no-decompression dive" the diver must wait 12 hours before making a second dive. Following a decompression dive, the diver must wait 18 hours. To minimize pulmonary oxygen toxicity effects, a diver should take a one day break after four consecutive days of diving.

14-2.2 **Ascent to Altitude.** Following a no-decompression dive, the diver must wait 12 hours before ascent to altitude. Following a decompression dive, the diver must wait 24 hours.

pp 489 ~ 493



14-2.3 **Water Temperature.** Loss of body temperature (hypothermia) can be a major problem during long, deep dives. A hot water suit is preferred for surface supplied dives in cold water.

14-2.4 **Gas Mixtures.** Four gas mixtures are required to dive the surface supplied mixed gas tables over their full range:

*→ 90% He / 10% O<sub>2</sub> ~ 66% He / 40% O<sub>2</sub>*

1. **Bottom Mixture** - The bottom mixture may vary from 90% helium 10% oxygen to 60% helium 40% oxygen depending on the diver's depth. The allowable range of bottom mixtures for each depth is shown in Table 14-3.

■ **50% Helium 50% Oxygen** - This mixture is used from 90 fsw to 40 fsw during decompression. Oxygen concentration in the mixture may range from 49 to 51 percent.

*90 fsw ~ 40 fsw ~ 50% He, 50% O<sub>2</sub> (EGS)*

■ **100% Oxygen** - Oxygen is used at the 30 and 20 fsw water stops during inwater decompression and at 50, 40 and 30 fsw in the chamber during surface decompression.

■ **Air** - Air is used as an emergency backup gas throughout the dive and to provide air breaks during oxygen breathing.

Helium oxygen mixtures must be analyzed for oxygen content with an instrument having an accuracy of  $\pm 0.5$  percent.

14-2.5 **Emergency Gas Supply.** All divers are equipped with an emergency gas supply (EGS). The EGS gas mixture shall be the same as the bottom mixture unless the bottom mixture contains less than 16 percent oxygen, in which case the EGS gas mixture may range from 15 to 17 percent oxygen. The EGS shall be an adequately charged ANU approved scuba cylinder. An adequately charged scuba cylinder is defined as: the pressure that provides sufficient gas to bring the diver to his first decompression stop or the surface for no-decompression dives. It is assumed that this will give topside personnel enough time to perform required emergency procedures to restore surface supplied air.

### 14-3 SURFACE SUPPLIED HELIUM OXYGEN DESCENT AND ASCENT PROCEDURES

The surface supplied Helium Oxygen Decompression Table (Table 14-3) is used to decompress divers from surface supplied helium oxygen dives. The table is in a depth time format similar to the U.S. Navy Air Decompression Table and is used in a similar fashion

14-3.1 **Selecting the Bottom Mix.** The Surface Supplied Helium Oxygen Decompression Table (Table 14-3) specifies maximum and minimum concentrations of oxygen allowable in the helium oxygen mixture at depth. The maximum oxygen concentration has been selected so that the diver never exceeds an oxygen partial pressure of 1.3 ata while on the bottom. The minimum oxygen percentage allowed in the mixture is 14 percent for depths to 200 fsw and 10 percent for depths in excess of 200 fsw. Diving with a mixture near maximum oxygen percentage is encouraged

*PO<sub>2</sub> < 1.3  
ata*

as it offers a decompression advantage to the diver. For operational planning, the range of possible depths should be established and a mixture selected that will meet the maximum/minimum specification across the depth range.

- 14-3.2 **Selecting the Decompression Schedule.** To select a proper decompression table and schedule, measure the deepest depth reached by the diver and enter the table at the exact or next greater depth. When using a pneumofathometer to measure depth, correct the observed depth reading as shown in Table 14-1. Ensure the pneumofathometer is located at mid-chest level.

**Table 14-1. Pneumofathometer Correction Factors**

Pneumofathometer Depth Reading	Correction Factor
0-100 fsw	+1 fsw
101-200	+2 fsw
201-300	+4 fsw
301-400	+7 fsw

**Example.**

The diver's pneumofathometer reads 250 fsw. In the depth range of 201-300 fsw, the pneumofathometer underestimates the diver's depth by 4 fsw. To determine a diver's depth, add 4 fsw to the pneumofathometer reading giving the diver's depth as 254 fsw.

Bottom time is measured as the time from leaving the surface to leaving the bottom, rounded up to the next whole minute, except as noted in paragraph 14-3.5. Enter the table at the exact or next greater bottom time.

22.5 min / 10

- 14-3.3 **Travel Rates.** The descent rate is not critical, but it should not exceed 75 fsw/min. Ascent to the first stop, between stops, and during final ascent to the surface is at a constant rate of 30 fsw/min except as outlined in paragraph 14-3.11. For all but the first stop the ascent time between stops is included in the time of the subsequent stop. For all but the first stop, stop time begins when the diver leaves the previous stop.

第1停止以外は、停止深度間の浮上時間に次の停止時間を合算した。

- 14-3.4 **Decompression Breathing Gases.** Decompress on bottom mixture to 90 fsw, then shift the diver to a 50% helium 50% oxygen mixture. Upon arrival at the 30 fsw stop, shift the diver to 100% oxygen.

For all dives, surface decompression may be used after completing the 40 fsw water stop as described in paragraph 14-3.11. During surface decompression, the diver surfaces while breathing 50% helium 50% oxygen.

- 14-3.5 **Special Procedures for Descent with Less than 16 Percent Oxygen.** To prevent hypoxia, a special descent procedure is required when the bottom mixture contains less than 16% oxygen:



Table 14-3. Surface Supplied Helium Oxygen Decompression Table (cont't)

Depth (fsw)	Bottom Time (min.)	Time to First Stop (min:sec)	BOTTOM MIX																	Chamber O <sub>2</sub> 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	17	1	1			
	30	2:00														10	15	24	2	2			
	40	2:00														10	18	32	2	2			
	60	2:00														10	25	44	3	3			
	80	2:00														10	28	52	3	3			
	100	2:00														10	31	56	3	3			
	120	2:00														10	32	58	3	3			
	10	2:20																	8	11	1		
	20	2:20																	10	12	20	1	
	30	2:20																	10	17	28	2	
40	2:20																	10	20	36	2		
60	2:20																	10	27	49	3		
80	2:20																	10	31	56	3		
100	2:20																	10	33	62	4		
120	2:20																	10	35	64	4		
120	10	2:40																	9	13	1		
	20	2:40																	10	14	23	2	
	30	2:40																	10	19	33	2	
	40	2:40																	10	23	42	3	
	60	2:40																	10	30	55	3	
	80	2:40																	10	34	63	4	
	100	2:40																	10	36	66	4	
	120	2:40																	10	35	65	4	
	130	10	2:40																	10	10	6	1
		20	2:40																	10	10	12	1
		30	2:40																	10	10	18	2
		40	2:20																	10	10	22	3
60		2:20																	10	10	29	3	
80		2:20																	10	10	33	3	
100		2:20																	10	10	35	4	
120		2:20																	10	11	36	4	

Exceptional Exposure times are surrounded by the black box