

海底配管建設技術に係る
安全衛生対策のあり方に関する検討会
報告書

平成 29 年 12 月 1 日

厚生労働省労働基準局安全衛生部

海底配管建設技術に係る安全衛生対策のあり方に関する検討会

目 次

I	検討会開催の趣旨等	1
II	検討結果	3
1	高圧室内業務における火傷等の防止に関する規制のあり方	3
	（1）高圧室内における溶接等の作業における規制の現状	3
	（2）高圧室内業務において溶接等の作業を行う必要性及び課題等	4
	（3）実証実験の実施等	4
	（4）加圧した潜函 ^{かん} 等の内部で溶接等の作業を行うための要件	5
	（5）火傷等による危険を防止するための留意事項	6
2	潜水土免許等の資格の見直し	7
	（1）潜水土免許等の現状	7
	（2）我が国において外国人が潜水業務につくことに係る必要性及び課題等	9
	（3）外国人ダイバーに対して潜水土免許等を与えるための要件	9
	（4）国内関係法令の知識に関する教育の科目及び講師の要件	11
	（5）免許申請の手続き	11
3	その他の安全衛生対策	12
	（1）飽和潜水業務に係る安全衛生上の留意点	12
	（2）酸素欠乏症に係る安全衛生上の留意点	12
	（3）酸素中毒、窒素酔いなど健康障害に係る安全衛生上の留意点	13
	（4）その他、安全衛生上の留意点	13

I 検討会開催の趣旨等

1 目的

高気圧作業安全衛生規則（昭和 47 年労働省令第 40 号。以下「高圧則」という。）では、火傷等の防止の観点から高圧室内業務を行うときは、作業の性質上やむをえない場合であって、ゲージ圧力 0.1 メガパスカル未満の気圧下の場所を除き、その内部において溶接等の作業を行ってはならないこととされている。

しかしながら、近年、海外では海底油田の開発とともに原油の輸入等のための原油パイプラインを敷設する海底配管建設技術への需要が高く、水深数十メートルの潜^{かん}函内で酸素分圧を調整しつつ溶接作業を伴う工法（以下「ドライチャンバー工法」という。）も既に実用化されている。

こうした中、我が国においては、海底に敷設されているパイプラインについて、台風の被害や老朽化等に伴い、当該工法を用いて補修・修復する必要性が生じてきているものの、上記のような高圧則の規定があり、当該工法の施工実績も無いことから、本検討会において、当該工法による施工に係る安全衛生対策のあり方について検討を行うこととした。

また、当該工法では、現時点においては、外国人による作業も想定される。これらは、我が国の潜^{かん}水士免許等を所持していないものの、国外における類似の資格を所持していることから、その取扱いについても併せて検討を行うこととした。

2 検討事項

ドライチャンバー工法による施工を行うに当たり、以下の事項に係る安全衛生対策について検討を行う。

- （1）火傷等の防止に関する規制のあり方
- （2）潜^{かん}水士免許等の資格の見直し
- （3）その他、ドライチャンバー工法に係る安全衛生対策

3 構成

- （1）本検討会は、厚生労働省労働基準局安全衛生部長が、別紙の参集者の参集を求めて開催する。
- （2）本検討会には座長を置き、座長は参集者がその互選により選任する。また、座長は検討会の議事を整理する。
- （3）本検討会は、必要に応じ参集者以外の者に出席を求め、意見を徴することができる。

4 その他

- （1）本検討会は、原則として公開する。ただし、個人情報、企業の秘密に係る情報を取り扱う場合などにおいては非公開とすることができる。
- （2）本検討会の事務は、厚生労働省労働基準局安全衛生部安全課において行う。

5 参集者

氏 名	所 属
おおつか てるひと 大塚 輝人	独立行政法人労働者健康安全機構 労働安全衛生総合研究所 上席研究員
きよみや おさむ 清 宮 理	早稲田大学創造理工学部社会環境工学科 教授
ど ば し りつ 土 橋 律	東京大学大学院工学系研究科 教授
はしもと あきお 橋本 昭夫	一般社団法人日本潜水協会 技術顧問
め ぐ ろ たかし 目 黒 隆	日本圧気技術協会 事務局長
もうり もとひこ 毛利 元彦	日本海洋事業株式会社 顧問・産業医
もちづき とおる 望 月 徹	東京慈恵会医科大学環境保健医学講座 非常勤講師

(50音順：敬称略)

6 検討会の経緯

- 第1回検討会 平成29年9月26日（火）
- 第2回検討会 平成29年10月16日（月）
- 第3回検討会 平成29年11月7日（火）
- 第4回検討会 平成29年11月20日（月）

Ⅱ 検討結果

1 高圧室内業務における火傷等の防止に関する規制のあり方

(1) 高圧室内における溶接等の作業における規制の現状

高圧則は昭和 47 年に高気圧障害防止規則として制定され、当初は、減圧症の防止をはじめとする衛生面の規制を主体としていた。昭和 51 年 2 月 20 日未明に栃木県大瀬橋の橋脚工事において発生した潜^{かん}函内での一酸化炭素中毒災害がきっかけとなり、昭和 52 年の改正により、高圧室内業務の範囲を見直すとともに、労働安全衛生規則（昭和 47 年労働省令第 32 号。以下「安衛則」という。）で規制を行っていた潜^{かん}函工法その他の圧気工法に係る爆発、火災等の安全面に関する規制を高圧則において行うこととされた。

このことにより、安衛則第 323 条及び第 324 条に規定されていた潜^{かん}函工法その他の圧気工法によるゲージ圧力 0.1 メガパスカル以上の高気圧下の場所における火傷の危害を防止するための規定は必要な整備を加え、高圧則第 25 条の 2 に規定され、それ以降の改正はされていない。

高圧則第 25 条の 2 第 2 項では、「高圧室内業務を行うときは、潜^{かん}かん、潜鐘、圧気シールド等の内部において溶接、溶断その他の火気又はアークを使用する作業（以下この条において「溶接等の作業」という。）を行ってはならない。ただし、作業の性質上やむをえない場合であつて、圧力〇・一メガパスカル未満の気圧下の場所において溶接等の作業を行うときは、この限りでない。」とされており、「作業の性質上やむをえない場合」として施行通達（「高気圧障害防止規則及び労働安全衛生規則の一部を改正する省令の施行について」（昭和 52 年 4 月 25 日付け基発第 246 号））により「セグメント等がその設置後において地山の加重等により変形して労働災害の原因となるおそれがある場合に、その補強のため溶接作業を行う必要がある場合等を指すものであること。」とされている。

また、高圧則第 25 条の 2 第 3 項では、「高圧室内業務を行うときは、火気又はマッチ、ライターその他発火のおそれのある物を潜^{かん}かん、潜鐘、圧気シールド等の内部に持ち込むことを禁止し、かつ、その旨を気こう室の外部の見やすい場所に掲示しなければならない。ただし、作業の性質上やむを得ない場合であつて、圧力〇・一メガパスカル未満の気圧下の場所において溶接等の作業を行うときは、当該溶接等の作業に必要な火気又はマッチ、ライターその他発火のおそれのある物を潜^{かん}かん、潜鐘、圧気シールド等の内部に持ち込むことができる。」とされている。

すなわち、高圧室内業務を行うときは作業の性質上やむをえない場合であつて、ゲージ圧力 0.1 メガパスカル未満の場所において行うときを除き、溶接、溶断その他の火気又はアークを使用する作業（以下「溶接等の作業」という。）を行うことはできない。また、溶接等の作業に必要な火気又はマッチ、ライターその他発火のおそれのある物（以下「火気等」という。）についても同様に持ち込むことができないこととされている。

(2) 高圧室内業務において溶接等の作業を行う必要性及び課題等

近年、海外では海底油田の開発とともに原油の輸入等のための原油パイプラインを敷設する海底配管建設技術への需要が高く、水深数十メートルのドライチャンバー工法も既に実用化されている。

一方、我が国においては、海底に敷設されているパイプラインについて、台風の被害や老朽化等に伴い、当該工法を用いて補修・修復する必要性が生じてきている（別添資料1）ものの、高圧則第25条の2の規定により、火傷等の防止の観点から、高圧室内業務を行うときは、潜函^{かん}等の内部で溶接等の作業を行ってはならないこととされていることから、当該工法の施工実績はない。しかしながら、社会インフラの維持整備の観点から、当該工法導入の必要性は高まっている。

一方で、高い環境圧力下であっても、酸素分圧を調整すること等により可燃物の発火点、燃焼速度、燃焼火炎の伝ぱなどを抑えることができることから、

- ・ 安全な作業の遂行上、他の工法による施工が困難である場合であって、一定の条件下の場所

のような特定の条件下で安全措置を講じることにより、溶接等の作業を可能とすることが適当である。

具体的な場合としては、

- ・ ドライチャンバー工法による海底のパイプライン、ケーブル等の敷設、補修、修復等の場合のように、高圧室内での溶接等の作業を伴わない他の工法による施工が困難で、高圧室内において酸素分圧を調整した上で溶接等の作業を行うことにより安全な作業の遂行が期待できる場合

がある。

なお、現行規制で作業の性質上やむをえない場合に溶接等の作業が認められているゲージ圧力0.1メガパスカル未満の場所については、高圧則第25条の2が昭和52年に規定されて以降、改正されていないこと及び施行通達において「圧力の高い空气中」との記述があることから、圧縮空気環境下における規定と見ることが適当である。

(3) 実証実験の実施等

国内外の研究により、圧力の高い空气中においては、空气中の酸素の分圧の増加により、可燃物の発火点が低下すること、燃焼速度が増大すること、燃焼火炎が長くなり火炎が伝ぱしやすくなること等が明らかとなっている。これらを鑑み、今回実証実験を行った。

実験に際しては、高圧室内におけるガスとして、酸素と不活性ガスを混合したガスを想定し、これらを用いて、全圧（絶対圧力）及び酸素分圧を変動させ、その時のアルミニウムプレート間隙におけるろ紙（GE Healthcare Life Science 社 Whatman シリーズ 43 番 Ashless 110mm）の燃焼距離を計測することで燃え拡がり易さを評価した。つまり、燃焼距離が長ければ、燃え拡がり易く、燃焼距離が短い

場合には、燃え拡がりにくいことを示している。なお、実証実験において使用する不活性ガスについては、海外のドライチャンバー工法において一般的に窒素とヘリウムが使用されていることを踏まえて、窒素とヘリウムの2種類とした。

実証実験の結果を別添資料2に示す。実験結果から、環境ガス中の酸素分圧がある程度以下の場合及び酸素希釈ガスが窒素よりヘリウムの場合に燃え拡がりにくいことが明らかとなった。

(4) 加圧した潜函^{かん}等の内部で溶接等の作業を行うための要件

上記(3)の実証実験の結果等を踏まえ、加圧した潜函^{かん}等の内部の高気圧環境下で溶接等の作業を行うための要件は以下のとおりとすることが適当である。

ア 潜函^{かん}等の内部の酸素分圧に係る規制について

①規制の基準の設定に当たっては、酸素希釈ガスに窒素を用いた場合の方がヘリウムの場合に比べて燃え拡がりやすかったことから、安全の観点から酸素と窒素の混合ガスによる燃焼実験の結果を踏まえて基準を設定することとする。

②規制の基準となるろ紙の燃え拡がりやすさ(燃焼距離)については、現行の規制下で許容されているゲージ圧力0.1メガパスカル未満の空気(大気圧の2倍未満の圧力で圧縮した空気：酸素分圧42キロパスカル)中での燃焼距離が約64ミリメートルであったのに対し、絶対圧力0.1メガパスカルの空気(大気圧の空気：酸素分圧21キロパスカル)中における燃焼距離が約40ミリメートルであったことから、この燃焼状況(燃焼距離)を水準とするものとする。

③実証実験の結果については、燃焼状況の再現性はあるものの、燃焼距離の正確さには必ず誤差が存在する。また、米国防火協会のNFPA53 ”Recommended Practice on Materials, Equipment, and Systems Used in Oxygen-Enriched Atmospheres”におけるろ紙の燃焼挙動を示す図においてもその境界部分ではデータが前後している。上記NFPA53内の図の出典元となる米国海軍契約番号N00C14-66-C0149に基づくレポートAD651583において燃焼速度評価に最大で±20%の誤差が報告されていることから、20%の安全率を設け、②の大気圧中における燃焼状況(燃焼距離)の水準の測定結果の中心線の傾きを20%安全側に傾けることとする。

以上を踏まえ、安全な作業の遂行上、他の工法による施工が困難である場合にあって、溶接作業を行うときには、潜函^{かん}等の内部におけるゲージ圧力に対する環境ガス中の酸素分圧(P_{O_2})が、次の条件を満たすことが必要である(別添資料3)。

定する。

- ・ 海底など周辺環境の状況
- ・ メタンガスなどの可燃性ガスの浸透・滞留のおそれなど
- ・ パイプライン等からの可燃性ガス等の流入又は発生のおそれなど
- ・ 溶接等の作業に伴う火花により影響のある範囲等
- ・ その他溶接等の作業を安全に取り扱うために必要な事項

② 作業計画等の徹底

作業者に作業計画等の周知を徹底する。

③ 不燃性の衣服の着用

溶接等の作業を行う場合には、溶接等の作業に伴う火花が飛ぶ範囲等を特定し、燃えやすい衣服等の可燃物をその範囲外に配置し又は隔離し、不燃性の衣服を着用する。

④ パイプライン等の清掃等

パイプライン等の内部に溜まっている危険物を除去し、新たな危険物の流入を防止するため、パイプライン等の清掃等を実施する。

⑤ メタンガス等の可燃性ガス等の濃度測定等

港湾等の堆積物等から発生するメタンガス、アーク溶接、漏電等により、水が電気分解されて発生する水素などの可燃性ガスの滞留による危険を防止するため、換気を十分に行い、ガスの濃度測定及びその他の必要な措置を講じる。

イ 火災等が発生した場合の事項

① 非常事態に対する措置

火災等が発生した場合など非常事態に対する連絡方法・対策などを検討し、作業員の退避の方法など対応措置をあらかじめ定めておく。また、非常事態を想定した訓練を実施することが望ましい。

② 救護に関する措置のための機械等の備え付け

潜函^{かん}などの内部における火災等により危険が生じた場合に、作業者の救護に関する措置を行うために必要な機械等を備え付ける。

③ 消火器の設置等

消火器を設置する等労働者の火傷等による危険を防止するための必要な措置を講ずる。

④ 連絡設備等

作業者をモニターできる設備や潜函^{かん}等の内部と外部の連絡設備を設ける。また、連絡設備については独立した2系統以上を確保する。

2 潜水土免許等の資格の見直し

(1) 潜水土免許等の現状

ア 潜水土免許に係る規定の現状

我が国においては、労働安全衛生法（昭和47年法律第57号。以下「安衛法」

という。)第61条第1項の規定により「事業者は、クレーンの運転その他の業務で、政令で定めるものについては、都道府県労働局長の当該業務に係る免許を受けた者又は都道府県労働局長の登録を受けた者が行う当該業務に係る技能講習を修了した者その他厚生労働省令で定める資格を有する者でなければ、当該業務に就かせてはならない。」こととされており、「その他の業務で、政令で定めるもの」として労働安全衛生法施行令(昭和47年政令第318号。以下「安衛法施行令」という。)第20条第9号の規定により「潜水器を用い、かつ、空気圧縮機若しくは手押しポンプによる送気又はボンベからの給気を受けて、水中において行う業務」が指定されている。(高压則第1条の2第3号の規定により、当該業務は潜水業務と定義されている。)

安衛則第41条及び別表第3の規定により、潜水業務につくことができる者は潜水土免許を受けた者とされており、同規則第62条及び別表第4の規定により、潜水土免許を受けることができる者は、潜水土免許試験に合格した者とされている。

このため、我が国において潜水業務につくことができる者は、我が国で実施される潜水土免許試験に合格した者に限られている。

イ 高压室内作業主任者免許に係る規定の現状

我が国においては、安衛法第14条の規定により「事業者は、高压室内作業その他の労働災害を防止するための管理を必要とする作業で、政令で定めるものについては、都道府県労働局長の免許を受けた者又は都道府県労働局長の登録を受けた者が行う技能講習を修了した者のうちから、厚生労働省令で定めるところにより、当該作業の区分に応じて、作業主任者を選任し、その者に当該作業に従事する労働者の指揮その他の厚生労働省令で定める事項を行わせなければならない。」こととされており、「その他の労働災害を防止するための管理を必要とする作業で、政令で定めるもの」として安衛法施行令第6条第1号により「高压室内作業(潜函工法その他の圧気工法により、大気圧を超える気圧下の作業室又はシャフトの内部において行う作業に限る。)」が規定されている。

安衛則第16条及び別表第1の規定により、当該作業については、高压室内作業主任者免許を受けた者から作業主任者を選任することとされており、同規則第62条及び別表第4の規定により、高压室内作業主任者免許を受けることができる者は、高压室内業務に2年以上従事した者であって、高压室内作業主任者免許試験に合格した者とされている(高压則第1条の2第2号の規定により、高压室内業務とは、高压室内作業に係る業務と定義されている。))。

このため、我が国において高压室内作業主任者として選任される者は、我が国で実施される高压室内作業主任者免許試験に合格した者に限られている(高压室内業務に2年以上従事していることが必要。))。

(2) 我が国において外国人が潜水業務につくことに係る必要性及び課題等

近年、海外では海底油田の開発とともに原油の輸入等のための原油パイプラインを敷設する海底配管建設技術への需要が高く、水深数十メートルのドライチャンバー工法も既に実用化されている。

一方、我が国においては、海底に敷設されているパイプラインについて、台風の被害や老朽化等に伴い、当該工法を用いて補修・修復する必要性が生じてきているものの、高圧則の規定により、火傷等の防止の観点から高圧室内業務を行うときは、潜函^{かん}等の内部において溶接等の作業を行ってはならないこととされていることから、当該工法の施工実績はない。しかしながら、社会インフラの維持整備の観点から、当該工法導入の必要性は高まっている。

本検討会において、当該工法による施工に係る安全衛生対策のあり方について検討を行った後、高圧則の改正を行い、当該工法による施工が可能となった場合においても、これまで我が国で施工実績が無いことから、当該工法では、外国人ダイバーによる作業が想定されている。

この外国人ダイバーは、我が国の潜水土免許等を所持していないため、上記(1)により、我が国で実施される潜水土免許試験等に合格する必要があるが、当該試験等は日本語で実施されるため、日本語を解しない者が当該試験等を受験することは不可能である。

一方で、この外国人ダイバーは、英国又はオーストラリアの潜水土資格を所持し、北海での原油パイプラインを敷設する海底配管建設工事等に従事していることから、海外の潜水土資格を有している者に対して、どのような場合に我が国の潜水土免許等を付与することができるか、その取扱いについても併せて検討を行う必要がある。

(3) 外国人ダイバーに対して潜水土免許等を与えるための要件

ア 潜水土等としての能力

海外の潜水土資格を有している外国人ダイバーに対して、日本の潜水土免許を付与することができる場合としては、①外国において潜水土免許を受けた者に相当する資格を有していること、②日本の潜水土免許を受けた者と同等以上の能力を有すると認められること及び③潜水業務の安全及び衛生上支障がないと認められることが必要である。

また、日本の高圧室内作業主任者免許を付与することができる場合としては、①外国において高圧室内作業主任者免許を受けた者に相当する資格を有していること、②高圧室内作業主任者免許を受けた者と同等以上の能力を有すると認められること及び③高圧室内業務の安全及び衛生上支障がないと認められることが必要である。

「同等以上の能力を有すると認められる」か否かについては、外国において相当資格を取得するために必要な学科に係る要件を確認し、日本の免許付与条件と

同等以上であるかについて確認する必要がある。

具体的には、日本の潜水土免許試験の試験科目及び範囲については、高圧室内作業主任者免許試験及び潜水土免許試験規程（昭和 47 年労働省告示第 130 号。以下「免許試験規程」という。）第 2 条により、以下のように定められているが、外国において相当資格を取得するために必要な学科が、これらを包含しているか確認する必要がある。

試験科目	範囲
潜水業務	潜水業務に関する基礎知識 潜水業務の危険性及び事故発生時の措置
送気、潜降及び浮上	潜水業務に必要な送気の方法 潜降及び浮上の方法 潜水器に関する知識 潜水器の扱い方 潜水器の点検及び修理の仕方
高気圧障害	高気圧障害の病理 高気圧障害の種類とその症状 高気圧障害の予防方法 救急処置 再圧室に関する基礎知識
関係法令	労働安全衛生法、労働安全衛生法施行令及び労働安全衛生規則中の関係条項 高気圧作業安全衛生規則

また、日本の高圧室内作業主任者免許試験の試験科目及び範囲については、免許試験規程第 1 条により、以下のように定められているが、外国において相当資格を取得するために必要な学科が、これらを包含しているか確認する必要がある。

試験科目	範囲
圧気工法	圧気工法の概要 圧気工法の種類及びその用途 圧気工法による業務の危険性及び事故発生時の措置 (有害ガスの危険性及びその測定法を含む。)
送気及び排気	高圧室内作業者に対する加圧及び減圧のための送気及び排気その他高圧室内業務に必要な送気及び排気の方法 設備の種類 設備の取扱い方 設備の点検及び修理の仕方
高気圧障害	高気圧障害の病理 高気圧障害の種類とその症状 高気圧障害の予防方法 救急処置 再圧室に関する基礎知識

関係法令	労働安全衛生法、労働安全衛生法施行令及び労働安全衛生規則中の関係条項 高気圧作業安全衛生規則
------	---

なお、上記（２）の外国人ダイバーが保有する潜潜水資格の例として、オーストラリアダイバー認証機構（ADAS）の Part 3（潜水深度 50 メートルに対応するエア潜水）の取得に要求される能力要素は、別添資料 4 のとおりとなっており、これと日本の潜潜水免許試験等の試験科目及び範囲の対比は、別添資料 5 のとおりとなっている。

イ 意思疎通の手段及び連絡体制

上記アの「潜水業務の安全上支障がないと認められる」又は「高圧室内業務の安全上支障がないと認められる」か否かについては、個別の作業現場において、海外ダイバーが通常使用する言語を理解する者と共同で作業を行うことにより、作業員間の意思疎通を図るための手段が確立しているかについて確認する必要がある。

また、労働災害が発生した場合などの緊急時に日本語で外部機関と連絡が取れる体制が整備されているかについて確認する必要がある。

なお、緊急時の連絡体制については、個別の作業現場ごとに整備されるものであることから、日本の潜潜水免許等を付与する際には、該当する作業現場の施工期間内の期間を限定した免許とすることが必要である。

（４）国内関係法令の知識に関する教育の科目及び講師の要件

上記（３）アの日本の潜潜水免許試験等の試験科目及び範囲と ADAS の Part 3 の取得に要求される能力要素の対比（別添資料 5）において、日本の関係法令については包含していない。このため、日本の潜水業務又は高圧室内業務に係る労働安全衛生関係法令について、別途追加して教育を受ける必要がある。

教育する範囲及び時間については、高圧室内業務に関する特別教育の例を参考として、労働基準法、安衛法、安衛法施行令、安衛則及び高圧則中の関係条項について 1 時間以上とすることが必要である。

また、教育する講師については、特別教育の講師を参考として、これら関係法令について十分な知識を有する者を充てることが必要である。

（５）免許申請の手続き

外国人ダイバーが日本の潜潜水免許又は高圧室内作業主任者免許の交付を受けようとする場合には、必要な要件を満たしているか否かを確認するため、免許申請書（安衛則様式第 12 号）に加えて、外国人ダイバーを使用して潜水業務又は高圧室内業務を行おうとする事業者が作成する以下の事項を記載した業務計画書を、事業場を所轄する都道府県労働局長に提出する必要がある。

ア 外国における資格証の写し

申請者が有する外国における高圧室内作業主任者免許又は潜潜水免許に相当

する資格証の写し及び当該資格証を発行した機関等が、当該写しが原本の写しであることを証した書面

イ 外国における資格の取得要件が示された資料

申請者が有する外国における高圧室内作業主任者免許又は潜潜水士免許に相当する資格の取得要件が示された資料

ウ 高圧室内業務従事歴が示された資料(高圧室内作業主任者免許の場合に限る。)

申請者が高圧室内業務に2年以上従事していることを証した書面

エ 日本の関係法令についての教育時間、テキスト及び講師の略歴

申請者に対して実施した、日本の高圧室内業務又は潜水業務に係る労働安全衛生関係法令についての教育の時間、テキスト及び講師の略歴

オ 業務の詳細及び作業を実施する期間

免許申請に係る高圧室内業務又は潜水業務内容の詳細及び作業を実施する期間

カ 作業者間の意思疎通を図るための手段

作業において使用する言語など作業者間の意思疎通を図るための手段

キ 緊急時の体制

労働災害が発生した場合などの緊急時の体制

ク その他

その他、本件免許を交付するにあたり参考となる事項

3 その他の安全衛生対策

高圧室内の溶接等の作業を伴うドライチャンバー工法において、上記1の火傷等の防止以外の観点から事業者が講ずべき安全衛生対策として、以下のような措置を講ずることが必要である。

(1) 飽和潜水業務に係る安全衛生上の留意点

ア ドライチャンバー工法の施工に当たっては、飽和潜水システムを活用した潜水業務が想定される。そのため、飽和潜水の業務に当たっては、法令の定める最低基準を遵守することは当然として、関係業界団体や個別の企業等において、ガイドラインやマニュアルなど(別添資料6)が作成されているので、それらを参考とし、安全衛生上講ずる必要がある措置等を実施する。

イ 飽和潜水の装置については、各船級規格や IMCA(International Marine Contractors Association: 国際海洋請負業者協会)等の団体におけるレギュレーションに準じたものとする。

(2) 酸素欠乏症に係る安全衛生上の留意点

潜函^{かん}等の内部における高圧室内の酸素分圧を一定以下とする場合には、酸素欠乏症にも留意する。

(3) 酸素中毒、窒素酔いなど健康障害に係る安全衛生上の留意点

- ア 酸素及び窒素による潜函^{かん}等の内部における高压室内の作業者の急性の健康障害を防止するため、または炭酸ガスによる潜函^{かん}等の内部における高压室内の作業者の健康障害を防止するため、高压則第 15 条の定めるガス分圧の範囲に収めなければならない。
- イ 当該工法に従事する作業者の高分圧酸素による慢性的な健康障害を防止するため、酸素分圧が 50 キロパスカル以上の場合におけるばく露^{ばくろ}の程度について、高压則第 16 条に定める一定期間内に一定量を超えないようにしなければならない。
- ウ 当該工法において長時間の高压室内作業を長期間にわたり反復して行う場合には、無菌性骨壊死（圧不良性骨壊死）等の慢性障害の発生が懸念されることから、実施に際しては適切な加減圧方法を用いるとともに、作業者の健康管理にも十分留意しなければならない。また、当該作業に従事する労働者に対しては高压則第 38 条に定める健康診断を行うとともに、医師が必要と認める場合には、肺換気機能検査、関節部のエックス線直接撮影による検査等高压則第 38 条第 2 項に定める項目について、医師による健康診断を行わなければならない。なお、労働者の状況によっては、必要に応じて MR I 検査を行うことが望ましい。
- エ 呼吸ガスと潜函等の内部の環境ガスが異なる場合には、人体に対するガス溶解度の差異によって生ずる等圧逆拡散（isobaric counter-diffusion）等による減圧症リスクにも配慮するよう努めることとする。

(4) その他、安全衛生上の留意点

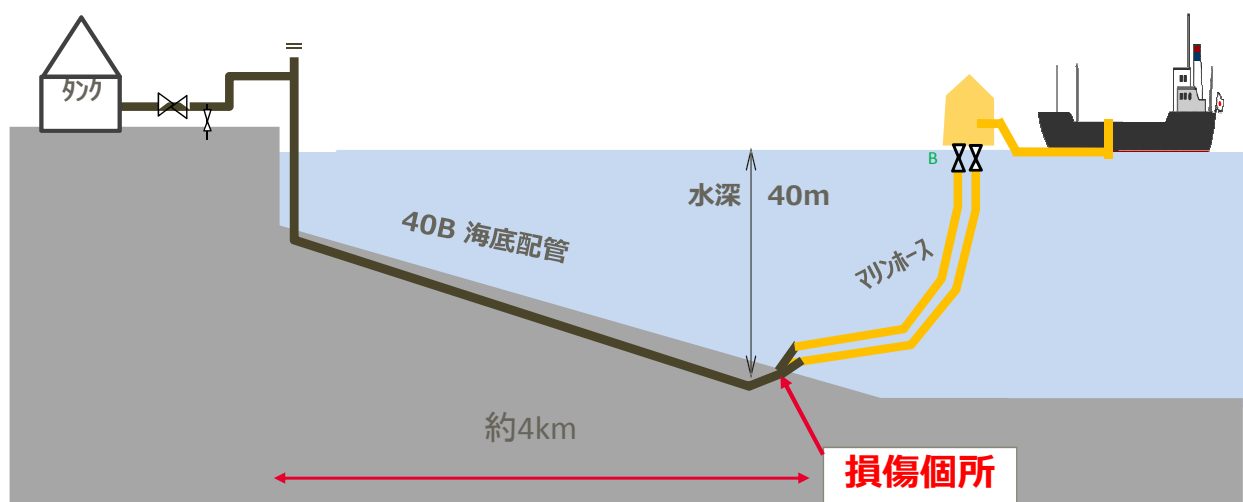
- ア パイプライン等からの有害ガスの発生を防止するための清掃等を実施する。
- イ 溶接等の作業に伴い発生するヒュームなどの粉じんを減少させるため、換気等の措置や防じんマスク等の呼吸用保護具を使用させる。

パイプライン損傷の経緯と ドライチャンバー工法の概要

1

パイプライン損傷の経緯

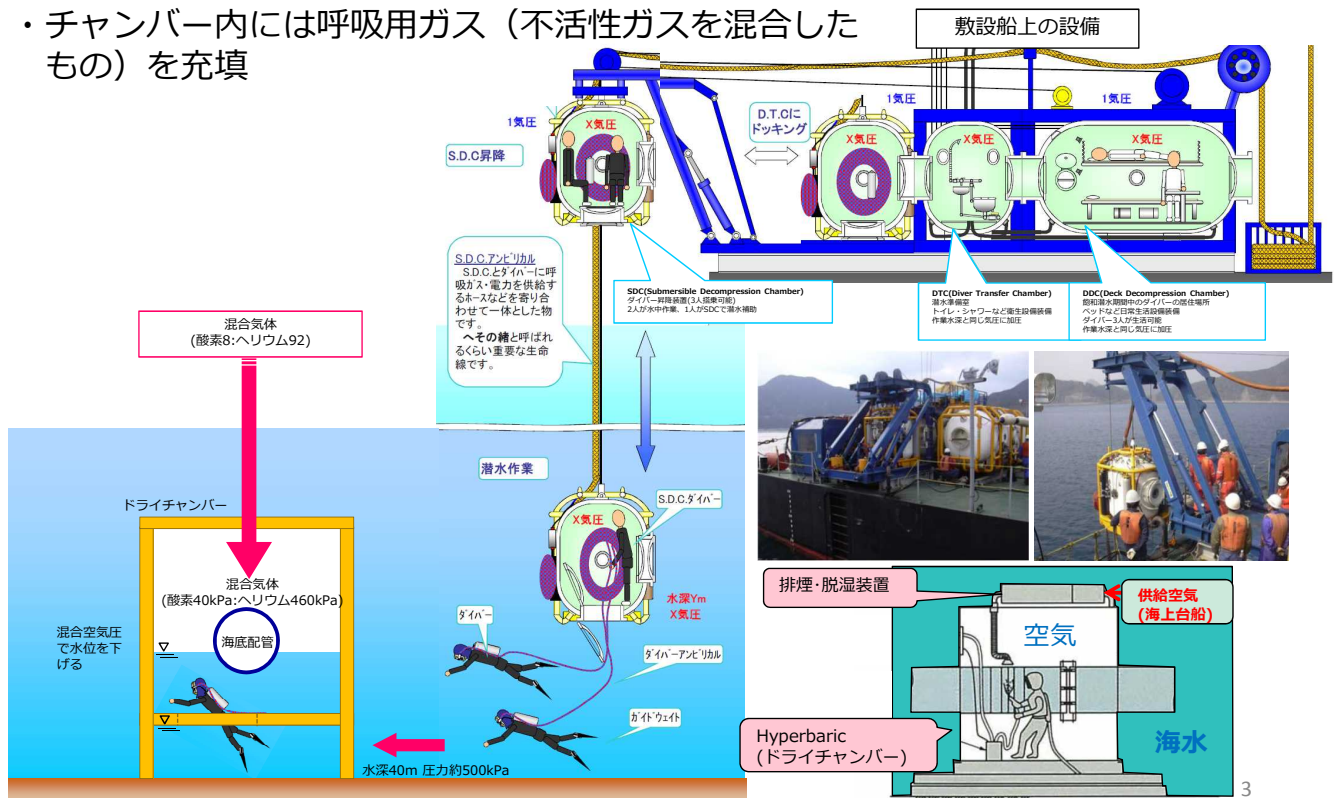
- 2015/5/12 台風通過時、船舶が海底配管に接触
- 2015/5/15 原油荷役中に漏洩事故発生
- 2016/7/12 水押し作業が終了し、配管内の油は全て回収



2

ドライチャンバー工法の概要

- ・潜水士が、チャンバー内に入室し、圧力により水位を下げ、ドライ環境を構築した上で溶接を実施
- ・チャンバー内には呼吸用ガス（不活性ガスを混合したもの）を充填

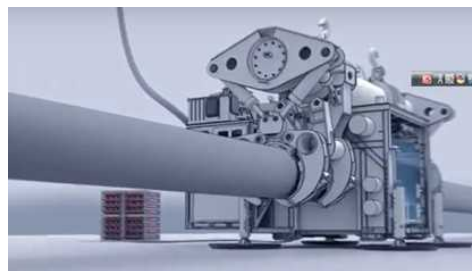


ドライチャンバー工法の概要

- ・潜水士が、海中のチャンバー内で溶接を行う工法。以下は、一例。



ドライチャンバー例(Technip)



ドライチャンバー設置状況(Technip)



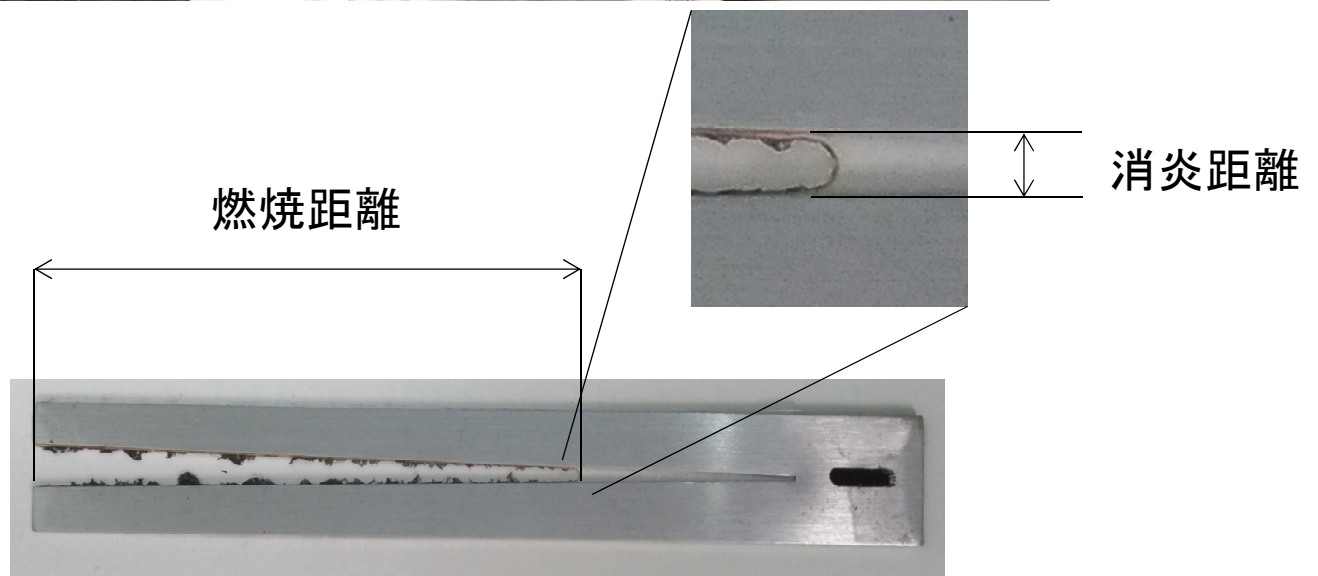
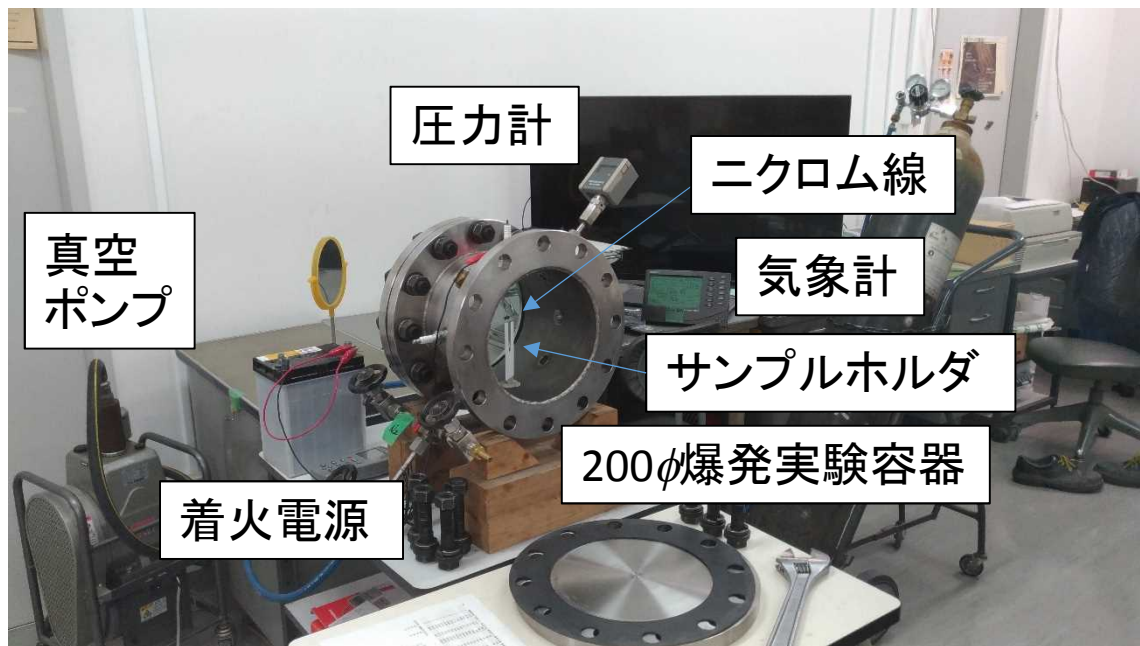
ドライチャンバー内排水状況(Technip)



ドライチャンバー内溶接状況(人が作業)(Technip)

高気圧下における燃焼特性に関する 実証実験の結果について

実験装置



サンプルホルダ(使用済み)

サンプルホルダの形状から燃焼距離を計測しても良い

燃焼距離 大 = 消炎距離 小 → 危険側

燃焼距離 小 = 消炎距離 大 → 安全側

ろ紙の燃焼実験の結果

窒素(N ₂)		
全圧 [MPa]	酸素分圧 [kPa]	燃焼距離 [mm]
0.1	27	63.8
	26	61.4
	21	39.0
	21	35.9
0.2	42	63.5
	42	63.4
0.3	52	44.6
	51	25.5
0.4	75	69.3
	73	65.6
	72	62.9
	71	57.5
	69	54.9
	68	50.5
0.5	105	80.4
	91	68.3
	89	65.5
	88	63.2
	87	58.3
	84	53.5
	83	49.1
	82	5.5
0.7	115	51.4
	114	47.1
	113	9.0
	110	7.0
0.9	160	66.4
	158	65.6
	155	63.4
	153	56.0
	150	56.3
	149	48.5
	148	49.3
	147	44.9
	146	23.6
	146	7.2

ヘリウム(He)		
全圧 [MPa]	酸素分圧 [kPa]	燃焼距離 [mm]
0.2	90	95.0
	70	62.6
	68	60.9
	65	53.8
	42	—
0.4	120	95.0
	105	59.8
	95	45.9
0.6	140	67.7
0.8	175	68.8
0.9	195	—
	180	—
	170	—
	150	—

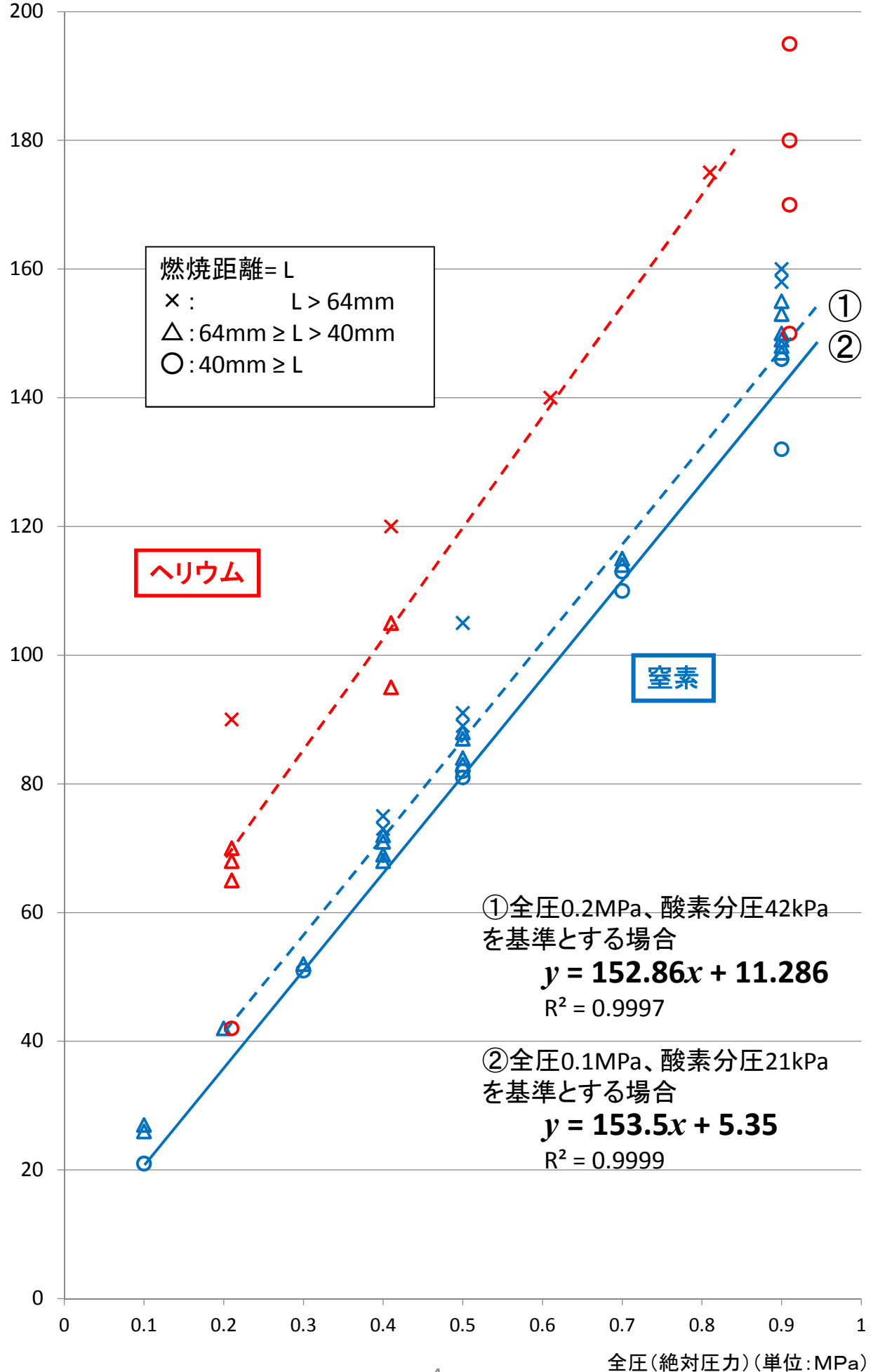
【参考】

薬包紙の燃焼実験の結果

全圧 [MPa]	酸素分圧 [kPa]	燃焼距離 [mm]
0.1	28	63.7
	27	62.2
	26	57.6
	21	39.4
0.2	42	60.6
	42	59.5
0.3	55	64.3
	54	54.7
0.4	70	67.2
	69	62.7
	68	41.1
	65	15.3
	62	—
	60	—
0.5	105	83.3
	83	60.2
	82	62.6
	81	45.5

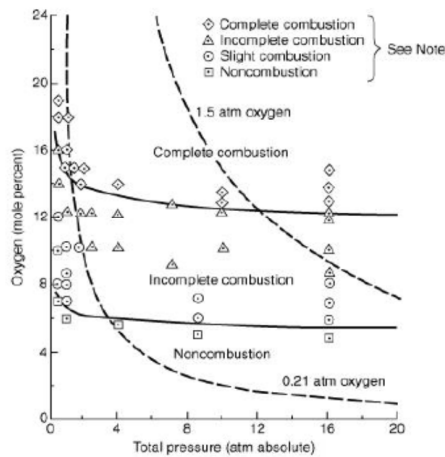
全圧及び酸素分圧ごとの燃焼距離の長さ

酸素分圧 (単位: kPa)



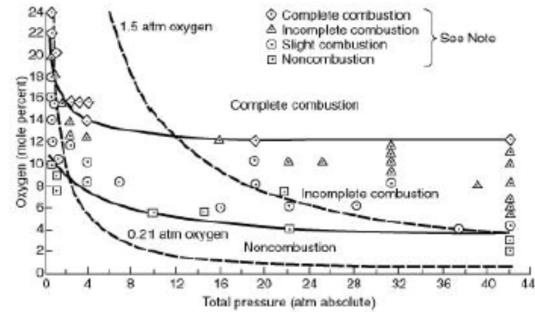
高気圧下における燃焼特性に係る参考文献等

NFPA 53 (Recommended Practice on Materials, Equipment, and Systems Used in Oxygen-Enriched Atmospheres 2004 Edition)より抜粋



Note: **Complete Combustion:** The filter paper strip burns completely. **Incomplete Combustion:** The filter paper strip burns for a length greater than 1 cm (2.54 in.) from a resistance wire igniter, but the flame extinguishes itself before the strip is completely consumed. **Slight Combustion:** The filter paper strip flames or smolders, but does not burn more than 1 cm (2.54 in.) from the resistance wire igniter. **Noncombustion:** No ignition.

FIGURE C.1.2.2(a) Illustration of Varying Degrees of Combustion in an Oxygen-Nitrogen Oxygen-Enriched Atmosphere. (Courtesy of Journal of Fire and Flammability)

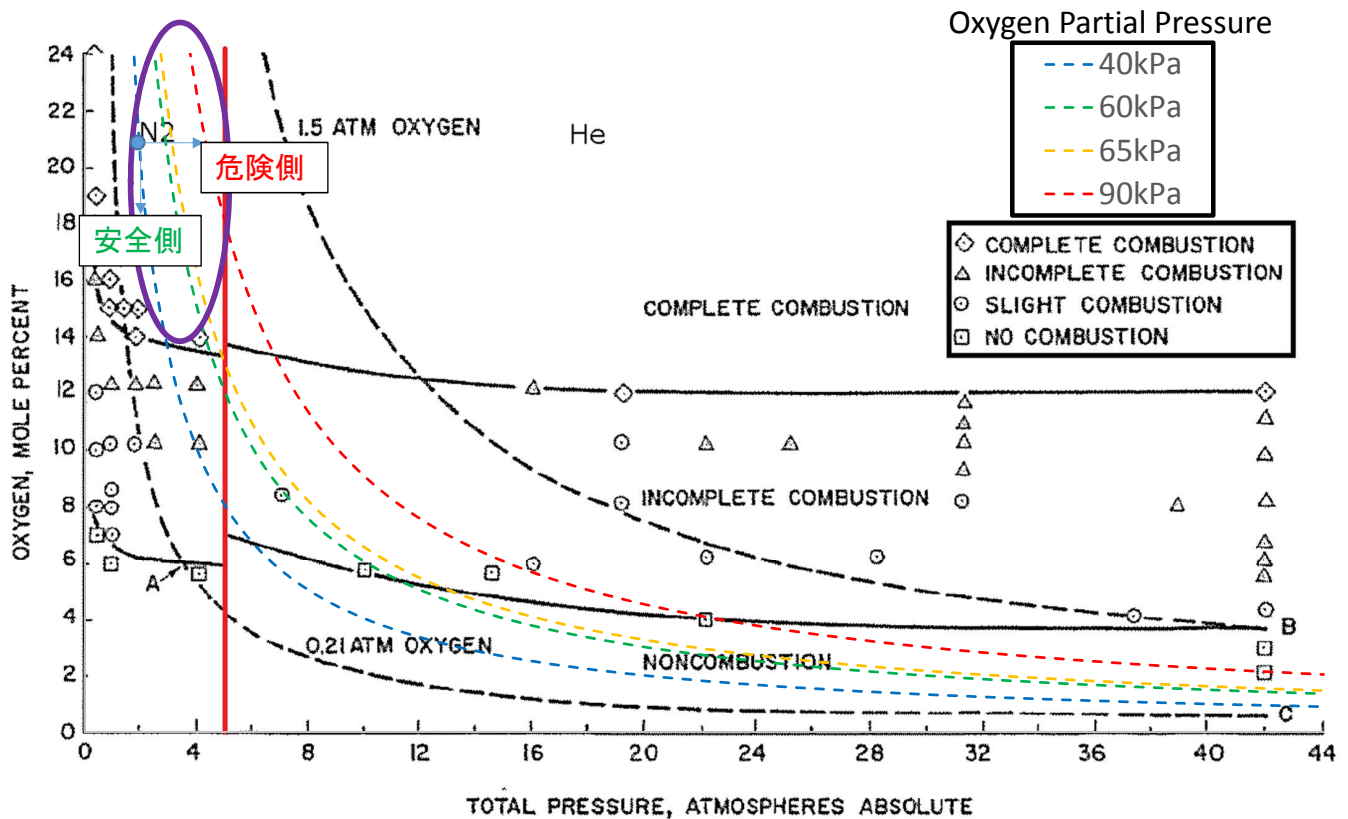


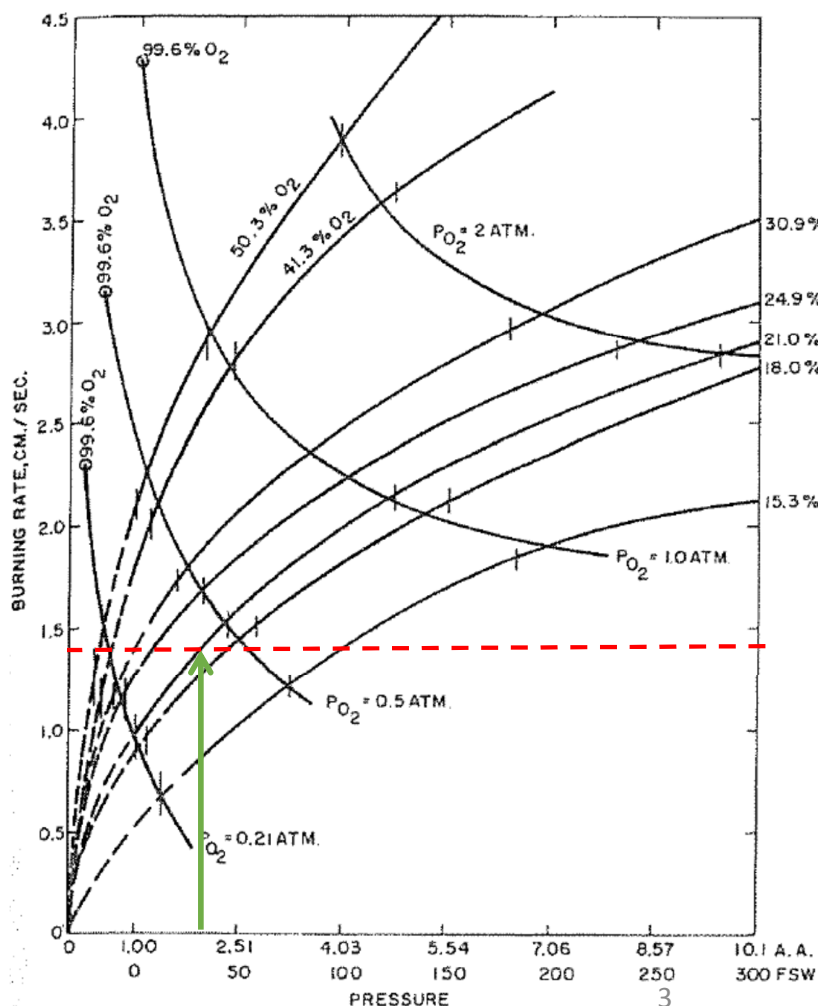
Note: **Complete Combustion:** The filter paper strip burns completely. **Incomplete Combustion:** The filter paper strip burns for a length greater than 1 cm (2.54 in.) from a resistance wire igniter, but the flame extinguishes itself before the strip is completely consumed. **Slight Combustion:** The filter paper strip flames or smolders, but does not burn more than 1 cm (2.54 in.) from the resistance wire igniter. **Noncombustion:** No ignition.

FIGURE C.1.2.2(b) Illustration of Varying Degrees of Combustion in an Oxygen-Helium Oxygen-Enriched Atmosphere. (Courtesy of Journal of Fire and Flammability)

1

(参考 2)





燃え広がる速度を危険性の指標として、高圧低酸素濃度での評価を考える

左図は窒素－酸素雰囲気でのろ紙の燃え広がり速度

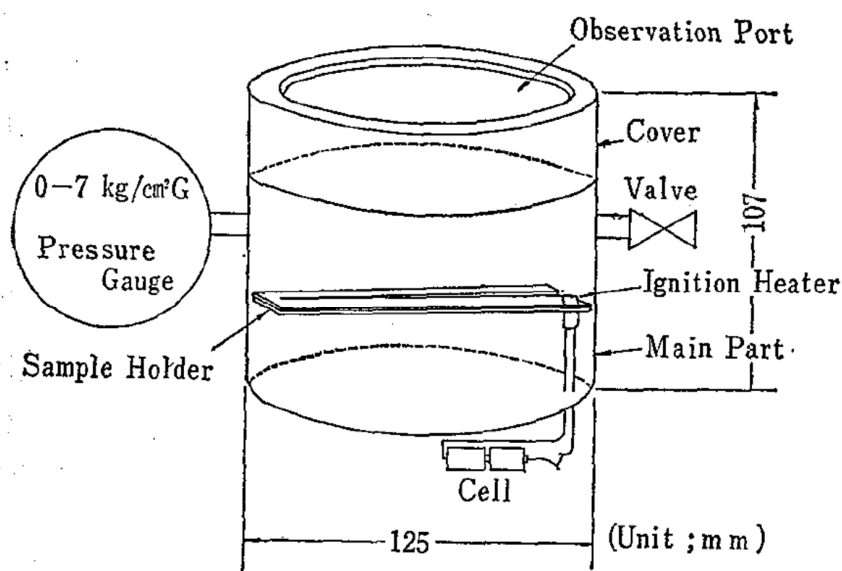
・同一酸素濃度で増圧すると、伝ぱ速度が上昇する。(危険側)

・同一酸素分圧で増圧すると、伝ぱ速度は減少する。(安全側)

・増圧しつつ、酸素濃度を低下(酸素分圧を上昇)させた場合で、燃え広がり速度が変らない条件を探る。

・赤破線は、絶対圧2気圧の空気組成での燃え広がり速度示し、4気圧酸素15%でもほぼ同等である。

J.Fire&FlammabilityVol.1p.91 Fig.1

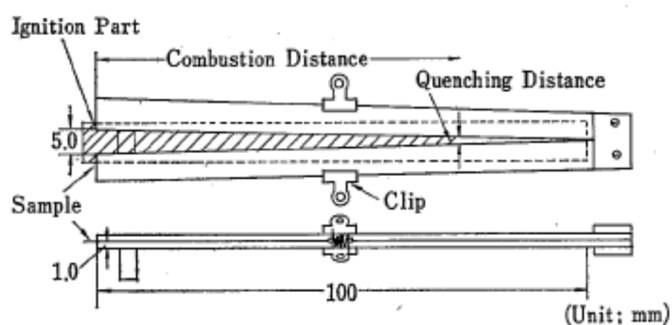


消炎距離を計測することで、燃え広がり速度の評価できる。

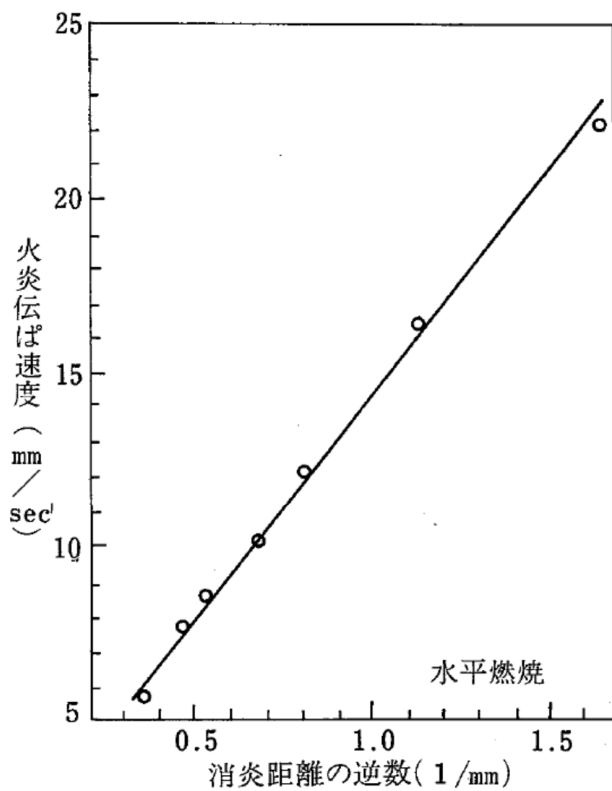
左図は1L実験装置。

左下図は燃え広がり試験の試料ホルダ。燃焼距離(Combustion Distance)と消炎距離(Quenching Distance)は形状から比例関係にある。

無論直接燃え広がり速度を計測しても良い。



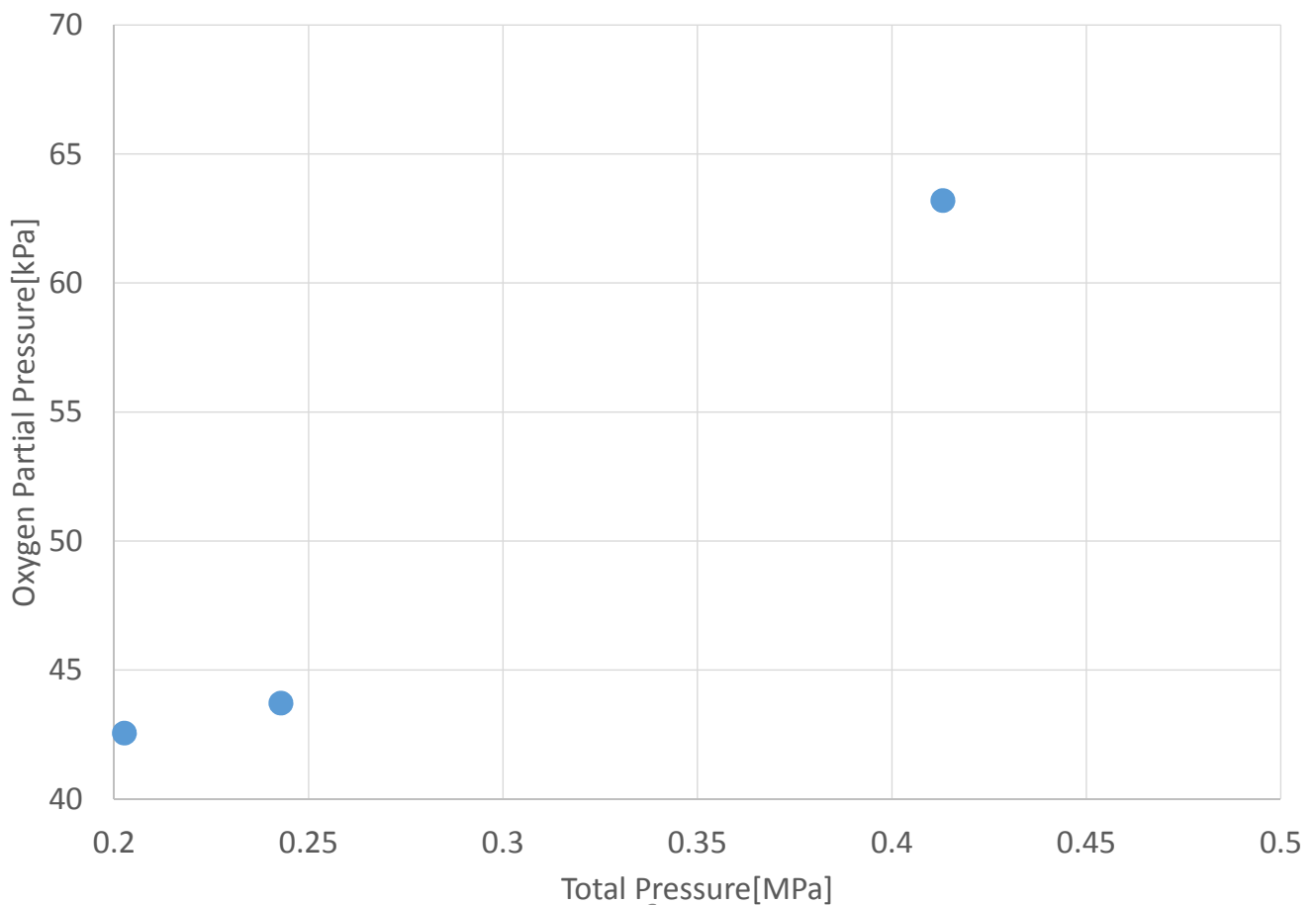
100g/m²のセルロースで、サンプルホルダの空隙部分相当が $5\text{mm} \times 100\text{mm} / 2 = 250\text{mm}^2 = 0.025\text{g}$ 上記燃焼時、消費酸素量が22ml



消炎距離を計測することで、燃え拡がりの速度を評価できる。

Fig. 3-15 Relationship between quenching distance and flame velocity of polyethylene
ポリエチレンの火炎伝ば速度と消炎距離の関係

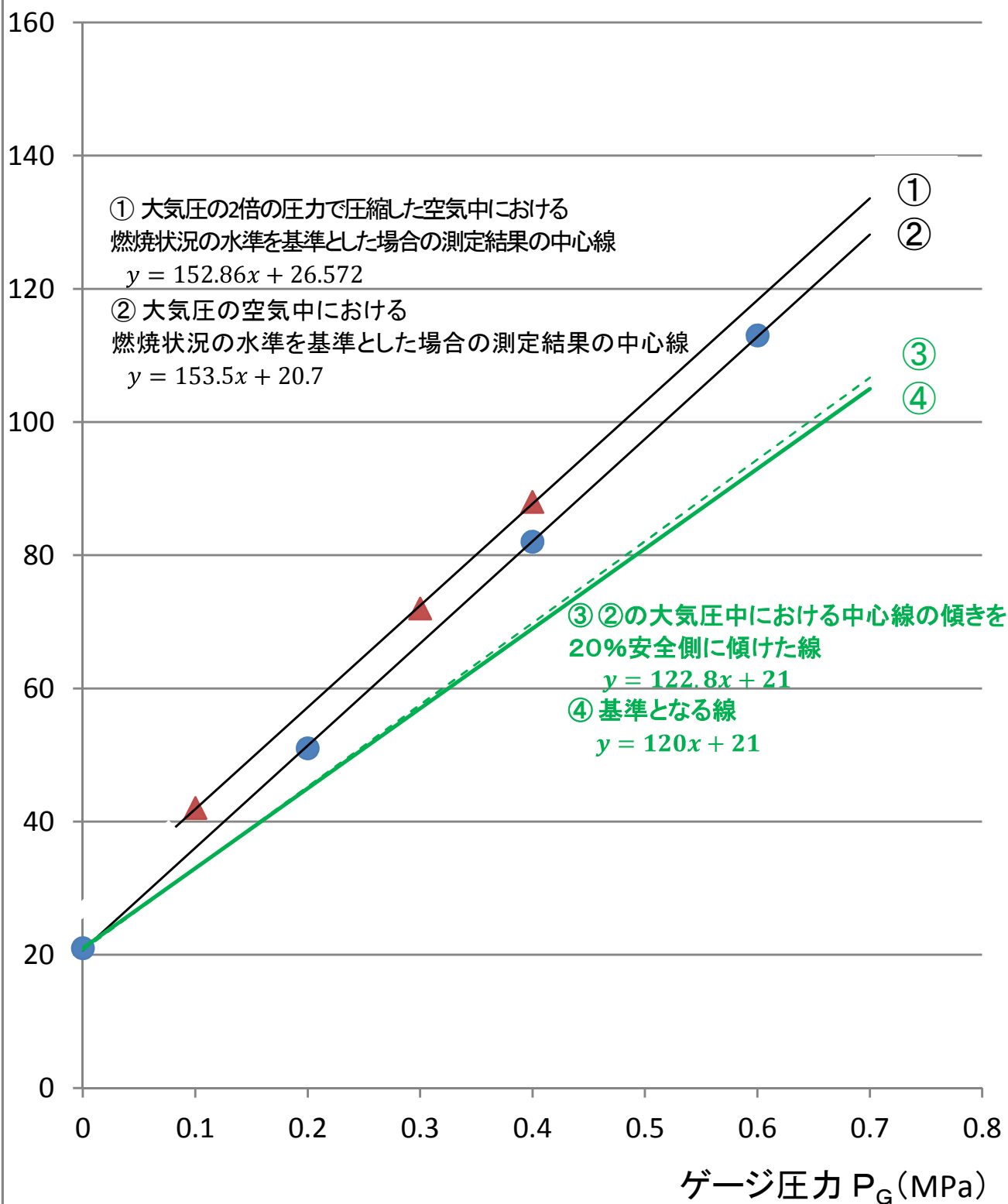
0.2気圧のろ紙の燃え拡がり速度と同じになる酸素分圧



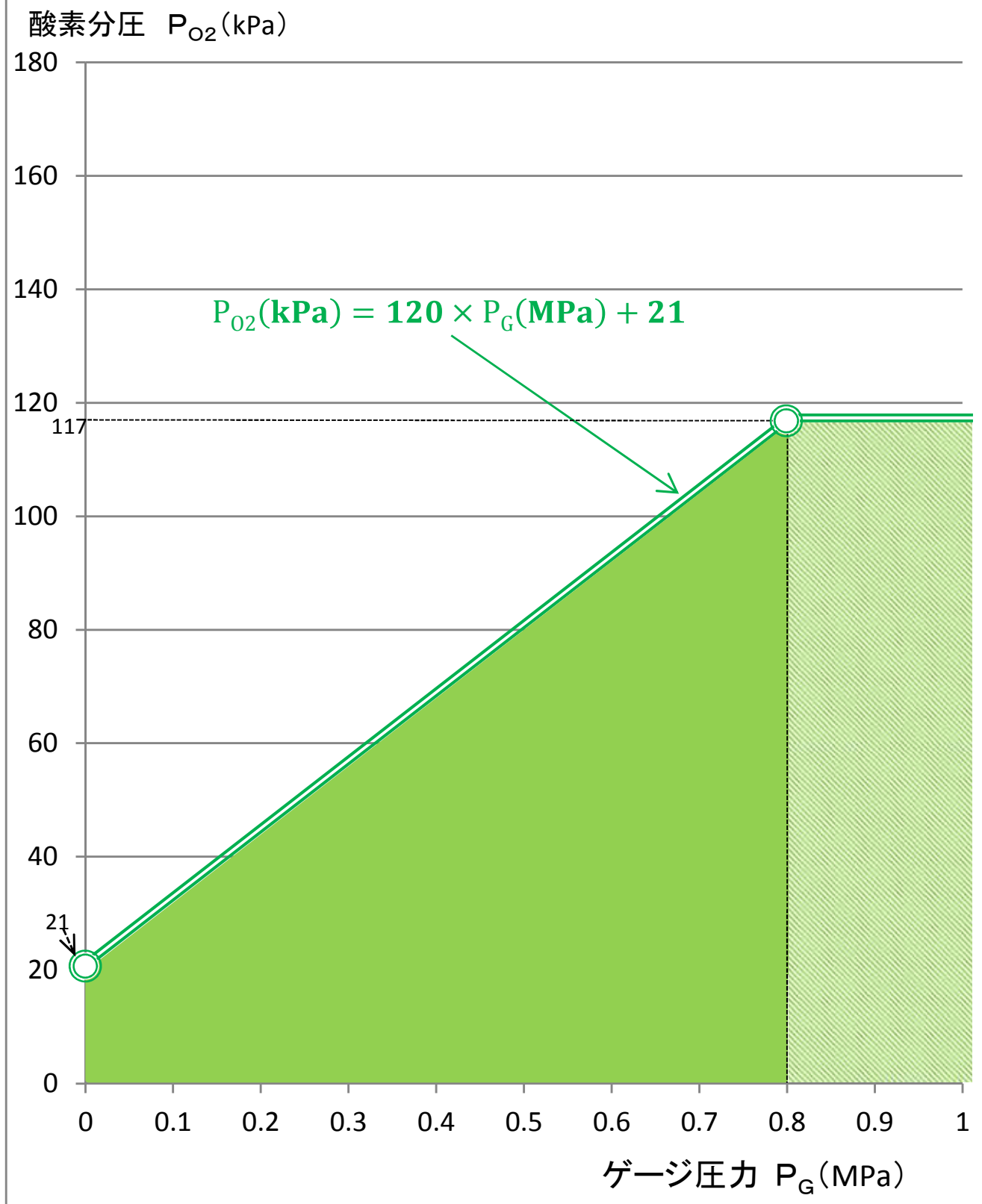
実証実験結果を踏まえた規制の検討(ゲージ圧力)

(酸素希釈ガスに窒素を用いた基準の考え方)

酸素分圧 P_{O_2} (kPa)



火傷等の防止の観点から新たに溶接等の作業を行うことが可能となる範囲



Australian Standard "Training and certification of occupational divers Part 3: Air diving to 50m" AS 2815.3 で要求される能力要素

分類	No.	Element of competency	能力要素	理論 (T)	実技 (P)
Physics of Diving (潜水物理学)	2.1.1	Relationship between pressure and volume (Boyle's Law)	圧力と体積の関係(ボイルの法則)	○	
	2.1.2	Relationship between pressure and temperature (Charles' Law)	圧力と温度の関係(シャルルの法則)	○	
	2.1.3	Partial pressure of gases (Dalton's Law)	各水素での気体の分圧(ドルトンの法則)	○	
	2.1.4	Solubility of gases (Henry's Law)	気体の溶解(ヘンリーの法則)(減圧時の必要量等)	○	
	2.1.5	Buoyancy (Archimedes' Principle)	浮力(アルキメデスの原理)(a)異なる水深での各対象物の浮力、(b)清水、海水での浮力影響	○	
	2.1.6	Light and sound	水中での光と音の挙動	○	
	2.1.7	Heat loss	熱損失及び影響要素	○	
タンク式(SCUBA)、送気式(SSBA)潜水機器の使用	2.2.1	Inspect maintain and repair personal equipment	個人用機器の点検、保守、補修	○	○
	2.2.2	Perform pre- and post-dive checks	潜水前後の点検実施		○
	2.2.3	Perform dives in open water using SCUBA and SSBA equipment	SCUBAもしくはSSBA機器を用いての潜水実施	○	○
	2.2.4	Understand the principle of closed and semi-closed breathing apparatus	閉鎖式及び準閉鎖式呼吸器の原理の理解	○	
	2.2.5	Use Different deployment devices	異なる機器配置の使用方法	○	○
	2.2.6	Identify possible hazards and apply basic safety principles	想定される危険の特定および基本的な安全原則の適用	○	○
	2.2.7	Apply decompression tables	減圧表の適用	○	○
	2.2.8	Use surface decompression	船上減圧法の利用		○
	2.2.9	Act as diver's attendant in both SCUBA and SSBA operations	潜水随行員としての行動(SCUBA及びSSBA)(ダイバー裝備の確認、ダイバースーツのリークテスト等)		○
	2.2.10	Act as a surface standby	船上待機時の行動(機器や条件等の心構え、不調を察する潜水士への対応など)	○	○
Seamanship(操船術)	2.2.11	Act as an in-water standby diver (when divers are near enough to communicate and act as standby for each other)	水中待機時の行動(不調を察する潜水士への対応など)	○	○
	2.2.12	Act as a member of the surface team	船上チームの一員としての行動(意識のない潜水士の引上げ、応急処置など)		○
	2.3.1	Navigate	当該位置の潮位や潮流の確認、2地点の磁針路、距離の確認	○	
	2.3.2	Handle a small boat	小型船の操縦	○	○
Communication(通信)	2.3.3	Equip a small boat	小型船の配備		○
	2.3.4	Crew a diving work boat	小型の潜水士船での乗船者としての義務		○
	2.4.1	Use hand and line signals	通信手段としてのサイン	○	○
	2.4.2	Use voice communication equipment	水中通信システムの原理と限界	○	○
Underwater work (水中作業)	2.4.3	Carry out pre-dive communications equipment checks	潜水前の通信機器の点検の実施		○
	2.4.4	Carry out post-dive communications equipment checked	潜水後の通信機器の点検の実施		○
	2.5.1	Assist in lifting and handling	吊り及び操縦補助(ロープ等の結束方法、吊り治具の使用法など)	○	○
	2.5.2	Inspect and maintain lifting gear	吊り治具の点検・保守		○
	2.5.3	Use different search techniques	異なる探査技術の使用	○	○
	2.5.4	Understand various underwater inspection and measurement techniques	様々な水中での検査や計測技術の理解	○	
	2.5.5	Carry out simple underwater surveys and make a report	水中観測の実施及び報告書の作成		○

Australian Standard "Training and certification of occupational divers Part 3: Air diving to 50m" AS 2815.3 で要求される能力要素

分類	No.	Element of competency	能力要素	理論 (T)	実技 (P)
Underwater work (水中作業)	2.5.6	Use basic hand tools to complete simple tasks under water	水中作業のための基本的なハンドツールの使用		○
	2.5.7	Inspect and maintain hand tool	ハンドツールの検査及び保守		○
	2.5.8	Take safety precautions when using power tools	パワーツール使用時の安全上の留意点	○	○
	2.5.9	Have a basic understanding of and be able to use explosive powered tools	基本的な危険なパワーツールの理解と使用	○	○
	2.5.10	Have a basic understanding of and be able to use power tools to complete basic tasks under water	水中作業のための基本的なパワーツールの理解と使用	○	○
	2.5.11	Inspect and maintain underwater power tools	水中作業用パワーツールの点検と保守		○
	2.5.12	Use a water jet and air lift	ウォータージェット及びエアリフトの使用	○	○
	2.5.13	Use thermal cutting method	熱切断及び酸素アーク切断の使用	○	○
	2.5.14	Understand welding operations	溶接作業の理解	○	
	2.5.15	Inspect and maintain cutting and welding gear	切断/溶接機器の点検・保守		○
Compressed air supply (圧縮気体供給)	2.5.16	Understand underwater construction techniques and undertake simple underwater construction tasks	水中施工技術の理解と水中施工作業の対応 (グラウト充填、サンディング設置等)	○	○
	2.5.17	Understand the use of explosives under water	水中での爆発物の使用に関する理解	○	
	2.6.1	Use air compressors	空気圧縮機の使用		○
	2.6.2	Maintain air compressor	空気圧縮機の保守	○	○
	2.6.3	Apply safety procedures relevant to gas cylinders	ガスシリンダーに関連する安全要領の適用		○
	2.6.4	Fill gas cylinders	ガスシリンダーの充填		○
	2.6.5	Operate surface supply panel	船上の供給パネルの操作		○
	2.6.6	Test air quality	気体の品質試験		○
	2.7.1	Understand the uses and limitation of compression chambers; be familiar with their layout and functions.	加圧チャンバーの使用法及び限界の理解、配置及び機能への理解	○	
	2.7.2	Prepare a two-compartment chamber	2つの仕切りのあるチャンバーの準備	○	○
Compression chambers (加圧チャンバー)	2.7.3	Complete a chamber dive	チャンバー潜水の完了	○	○
	2.7.4	Operate a chamber	チャンバーの操作		○
	2.7.5	Carry out post-dive checks and user maintenance	潜水後の点検及び保守の実施	○	○
	2.7.6	Understand the use of therapeutic tables	治療表の使用法の理解	○	
	2.7.7	Assist as an attendant in the chamber during therapeutic decompression	治療減圧期間中のチャンバー内での随行員としての補助		○
Physiology and First aid (生理学及び応急処置)	2.8.1	Communicate with a medically qualified person	医療専門家とのコミュニケーション (a) 各器官の構造及び主な機能の理解 (筋肉・骨格系、神経系、循環器系、耳・洞・前庭器官) (b) 原因と症状に関する理解 (骨折、捻挫、筋肉損傷、ショック、火傷、出血、電気ショック、窒息、肺水腫、呼吸停止、低体温、温熱療法他)	○	
	2.8.2	Give first aid	応急処置の実施		○
	2.8.3	Be able to assist in treatment of diving-related ill-health conditions	潜水関連病状の処置の補助の習得 (減圧症、締め付け、耳障害、溺水、嘔吐、空気塞栓症、気圧障害、二酸化炭素中毒、一酸化炭素中毒、酸素中毒、酸素欠乏症、低酸素症、窒素酔い)	○	
Legislation and Guidance (法律およびガイダンス)	2.9.1	Understand the main duties of the employer and employee under occupational health and safety legislation	職業上の健康及び安全に関する法律下での雇用者・従業員の主な義務の理解	○	
	2.9.2	Understand the relevance and requirements of other codes, awards and guidance	他の規格、判定及びガイダンスの関連性や要求事項の理解	○	

試験科目及び範囲と海外ダイバー資格を取得するために要求される能力要素

国内			海外									
労働安全衛生法 労働安全衛生規則、高気圧作業安全衛生規則等			主要各国ダイバー資格(50m対応のエアークラス) (ADAScheme Part 3、HSE Part 1など)									
免許	試験科目	範囲	Physics of Diving (潜水物理学)	Use of SCUBA and SSBA Equipment (タンク式、送気式潜水機器の使用)	Seamanship (操船術)	Communication (通信)	Underwater Work (水中作業)	Compressed air supply (圧縮気体供給)	Compression chambers (加圧チャンバー)	Physiology and First aid (生理学及び応急処置)	Legislation and Guidance (法律及びガイダンス)	
1 潜水士	(1) 潜水業務	潜水業務に関する基礎知識	○									
		潜水業務の危険性及び事故発生時の措置		○						○		
	(2) 送気、潜降及び浮上	潜水業務に必要な送気の方法		○								
		潜降及び浮上の方法		○								
		潜水器に関する知識		○								
		潜水器の扱い方		○								
		潜水器の点検及び修理の仕方		○								
	(3) 高気圧障害	高気圧障害の病理									○	
		高気圧障害の種類とその症状									○	
		高気圧障害の予防方法									○	
		救急処置									○	
		再圧室に関する基礎知識		○					○	○		
	(4) 関係法令	労働安全衛生法、労働安全衛生法施行令及び労働安全衛生規則中の関係条項										
		高気圧作業安全衛生規則										
2 高圧室内作業主任者	(1) 圧気工法	圧気工法の概要							○			
		圧気工法の種類及びその用途							○			
		圧気工法による業務の危険性及び事故発生時の措置(有害ガスの危険性及びその測定法を含む。)		○							○	
	(2) 送気及び排気	高圧室内作業員に対する加圧及び減圧のための送気及び排気その他高圧室内業務に必要な送気及び排気の方法		○				○				
		設備の種類		○								
		設備の取扱い方		○								
		設備の点検及び修理の仕方		○								
	(3) 高気圧障害	高気圧障害の病理									○	
		高気圧障害の種類とその症状									○	
		高気圧障害の予防方法									○	
		救急処置									○	
		再圧室に関する基礎知識		○					○	○		
	(4) 関係法令	労働安全衛生法、労働安全衛生法施行令及び労働安全衛生規則中の関係条項										
		高気圧作業安全衛生規則										

飽和潜水運用マニュアル

日本サルヴェージ株式会社

このマニュアルは、日本サルヴェージ株式会社が実施する飽和潜水運用手順の概要を示すことを目的とする。各機器及び装置についての取扱については、それぞれの機器、装置に付属するマニュアルを参照のこと。



THE NIPPON SALVAGE CO.,LTD.

目次

1 はじめに	4
2 略語及び記号の意味等	5
3 用語の定義.....	5
4 編成及び任務.....	6
5 飽和潜水の特徴	9
6 飽和潜水装置の構成.....	11
7 潜水準備	12
8 加圧.....	14
9 潜水作業（エクスカージョン）	15
10 減圧.....	19
11 環境ガス制御上の留意事項.....	21
12 温度の制御.....	23
13 応急処置法.....	24
14 飽和潜水間隔.....	27
15 安全留意事項.....	28
16 衛生上の留意事項.....	29
17 飽和潜水で起こりうる障害.....	31
18 飽和潜水中断減圧手順及び救急再圧処置標準	34
19 救急再圧処置標準.....	36

1 はじめに

飽和潜水関係者は、このマニュアルに定める規範に則り、飽和潜水の運用に習熟するとともに、安全衛生規則を遵守し、自分の任務を安全、確実、迅速に遂行しなければならない。

訓練の励行

的確な操法と豊富な経験、知識、技能は飽和潜水の基礎をなすものである。したがって、関係者は、平素から訓練を反復実施し、操作に習熟するとともに、練度の維持向上に努めなければならない。

整備の励行

関係員は、装置等の構造及び作動に精通するとともに、整備及び点検を励行し、常時完備の状態を維持しなければならない。

心身の錬成

飽和潜水は、厳しい高圧閉鎖環境において長期間にわたり生活及び作業を実施しなければならない。健康管理に留意し、体力の向上に努めなければならない。

危険防止

- 1 飽和潜水中は、安全衛生規則（安全手帳に記載）を遵守し、事故の未然防止に努めなければならない。
- 2 装置の操作に当たっては、一操作ごとに確認を実施したのち、次の操作を実施する。
- 3 関係者は、飽和潜水によって起こり得るあらゆる障害、危急の事象について十分に理解するとともに、その発生に際しては、適時適切に応急の処置ができるように研究に努めなければならない。

2 略語及び記号の意味等

略語及び記号の意味

このマニュアルで使用される略語及び記号の意味は、次のとおりとする。

略語及び記号	意 味	説 明
BIBS Built In Breathing System	据付式呼吸装置	緊急時、治療時もしくは環境ガスと異なる呼吸ガスを呼吸するときの呼吸装置でマスクによる呼吸を行う。
COBRA Compact Bailout Rebreathing Apparatus	緊急用潜水呼吸装置	潜水中、常用呼吸ガス供給が途絶えた場合など非常時に使用するリブリーザータイプの呼吸装置
DCP Dive Control Panel	潜水管制盤	潜水者が水中で作業する時の水中昇降装置や潜水呼吸ガス等の管制を行う。
DDS Deep Diving System	深海潜水装置	大深度潜水や飽和潜水を行うための装置全体
DDC Deck Decompression Chamber	船上減圧室	潜水者が居住する高圧室
LARS Launch and Recovery System	SDC 揚収装置	水中昇降室（SDC）を船上減圧室（DDC）と水中の作業現場を往復するための装置
SCP Sat Control Panel	主管制盤	船上減圧室（DDC）の環境制御を行う。
SDC Submersible Diving (Decompression) Chamber	水中昇降室、「ダイビングベル」とも呼ぶ。	潜水者が船上減圧室（DDC）と水中の作業現場を往復するための水中昇降室

3 用語の定義

このマニュアルにおける用語の定義は、次のとおりとする。

用 語	定 義
飽和潜水 saturation diving	高圧環境下で身体組織に溶解する不活性ガスが、飽和した状態で実施する潜水
飽和深度 Saturation depth, Storage depth	身体組織に溶解する不活性ガスが、飽和した状態となる深度で、通常、DDC 内圧と同圧の深度
潜水作業深度 Diving depth	潜水者がダイビングベルから水中に出て、潜水作業を実施する深度
SDC（ベル）深度 Diving bell depth	水中で SDC（ダイビングベル）が保持される深度
ベルラン Bell run	潜水者が潜水作業を行うため DDC からダイビングベルに移乗して作業現場まで向かい、作業終了後、再び DDC に戻るまでの一連の流れ
エクスカージョン深度 Excursion depth	潜水者が SDC（ダイビングベル）から水中に出て上下に行動できる深度範囲

メイティング Mating	SDC（ダイビングベル）と DDC が結合すること
メインアンビリカル Main umbilical	船上から SDC（ダイビングベル）に呼吸ガス及び温水を供給するための呼吸ガス・温水ホース、電力、音声・画像通信及び計測等のケーブルを結束して一体化したもの
ダイバーアンビリカル Diver umbilical	SDC（ダイビングベル）から潜水者への呼吸ガス及び温水を供給するためのホース、電力、音声・画像通信及び計測等のケーブルを結束して一体化したもの
メディカルロック Medical lock	外部から DDC や SDC（ダイビングベル）内に小物品（医薬品等）を搬入するために使用する
加圧時間 Compression time	大気圧から加圧を開始して飽和深度まで加圧する時間
保圧 Pressure holding	DDC あるいは SDC（ダイビングベル）内圧を一定圧力に維持すること
保圧時間 Pressure holding time	DDC 内圧を一定圧力に維持している時間
滞底時間 Bottom time	DDC の加圧開始から減圧開始までの時間
減圧時間 Decompression time	減圧に要する時間
分圧 Partial pressure	混合ガスの各組成ガス圧力
環境ガス Ambient gas	DDC あるいは SDC（ダイビングベル）内のガス
ロックアウト Lock-out	潜水者が SDC（ダイビングベル）から水中に出ていくこと
ロックイン Lock-in	潜水者が SDC（ダイビングベル）に戻ることに
ベルマン Bell man	SDC（ダイビングベル）内での各種操作を担当する潜水者
ダイバー Diver	SDC（ダイビングベル）から水中に出て潜水作業を行う潜水者
大循環式潜水呼吸器 Gasmizer（ガスマイザー）※製品名	潜水呼吸器を装着したダイバーの呼気を回収して呼気に含まれる CO ₂ と水分を除去して浄化し、必要な O ₂ を添加したガスをダイバーへ循環送気する装置

4 編成及び任務

標準編成は、以下のとおりとする。

2 直交代時の編成

担当職名	員数	職 種	配置場所
潜水作業統括者 Diving Superintendent	1	技師	船上
潜水作業指揮者 Diving Supervisor	2	適格者	DCP

環境制御責任者 Life Support Supervisor	2	適格者	SCP
環境制御技術者 Life Support Technician	2	適格者 LST or ALST	SAT/DIVE CONTROL CONTAINER , MACHINARY CONTAINER
潜水者（1チーム3名で2チーム構成） Diver	6	潜水土	DDC もしくは SDC
デッキ作業指揮者 Deck Supervisor	2	適格者	甲板上
システム管理 System Technician	2	適格者	システム全般
デッキテンダー Deck Tender	6		甲板上、LARS 操作含む

所掌

潜水作業統括者 Diving Superintendent	1. 潜水作業計画の立案 2. 潜水作業全般における人員器材・装置の安全確保 3. 潜水作業計画の周知徹底 4. 潜水作業全般の指揮監督 5. 関係業者との調整 6. 担当するにあたり、ALST 等のトレーニングを受講していることが望ましい。
潜水作業指揮者 Diving Supervisor	1. 潜水作業中の指揮監督 2. 潜水作業中の人員器材・装置の安全確保 3. 潜水記録の作成管理 4. 潜水作業中の消耗品類の管理・補給 5. 呼吸ガス回収再生装置の管制及び監視 6. 作業中のダイバーとの通信、指示。 7. SDC の制御 8. 担当するにあたり、ALST 等のトレーニングを受講していることが望ましい。
潜水者 Diver	1. 潜水作業指揮者が指示する作業の実施 2. DDC 内の清掃 3. SDC 内部操作（ベルマン）
環境制御 Life Support Supervisor	1. 加圧用ガス、呼吸用ガスの送気圧力の管制及び監視 2. 必要ガス量の計算 3. DDC 環境制御 4. 酸素分圧、炭酸ガス分圧の管制、監視。 5. 加減圧の管制、監視 6. 環境ガスの監視、管制 7. 各種ガス量の管理 8. 担当するにあたり、ALST 等のトレーニングを受講していることが望ましい。
システム技術者 Technician	1. 温水供給装置の操作 2. SDC への適切な温水の供給 3. 各種環境制御機器の運転監視 4. 担当するにあたり、ALST 等のトレーニングを受講していることが望ましい。

LARS 操作者 LARS Operator	1. デッキスーパーバイザーの指示に従って LARS の操作
環境制御技術者 Life Support Technician	LSS の指示のもと以下の作業を行う。 1. 炭酸ガス吸収装置及びの操作 2. DDC 環境ガス循環装置の運転及び監視 3. サーピスロック及びサニタリータンクの操作
デッキテンダー（甲板員） Deck Tender	1. SDC の揚収 2. デッキからの水中作業サポート

5 飽和潜水の特徴

飽和潜水は、チームワークで実施する管理潜水作業であり、潜水士が長時間、高圧ヘリウム酸素環境に居住し、必要の都度、水中に出て作業を行う。関係者は飽和潜水の特徴と、次の長所及び短所を十分理解しておかなければならない。

長所

1. 長時間、深い深度で潜水作業ができる。（潜水者は潜水時間を気にかける必要がない。）
2. エクスカーション潜水限度の範囲内では、無減圧潜水が可能である。
3. 潜水作業効率（潜水作業時間に対する滞底時間の割合）が良い。
4. 確実な潜水作業管理が可能である。（環境制御、時間管制など）
5. 潜水士の高圧暴露・減圧は基本的に1回限りなので、減圧症発生のリスクが低減する。

短所

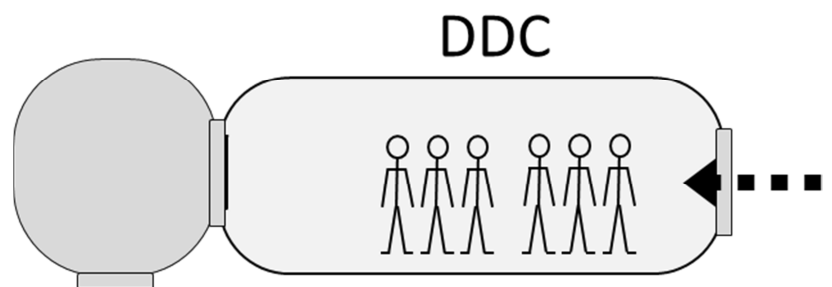
1. 長時間の減圧が必要である。
2. 加圧から減圧終了まで潜水者は狭隘な高圧環境に長期間拘束されるので、潜水者の生理的及び心理的負担が大きい。
3. 潜水装置及び支援設備が大掛かりとなり、多数の支援要員を24時間体制で必要とする。
4. 設備投資、運用経費が大きい。

飽和潜水の流れ

飽和潜水作業の一連の流れは、加圧⇒保圧（潜水作業）⇒減圧となる。以下に図を元に一連の流れを示す。

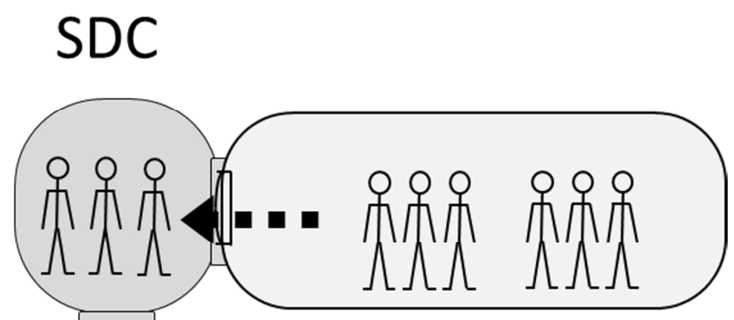
加圧

ダイバー6名（2チーム、3名／1チーム）が船上の高圧居住タンク（DDC）に入り、飽和深度まで加圧する。

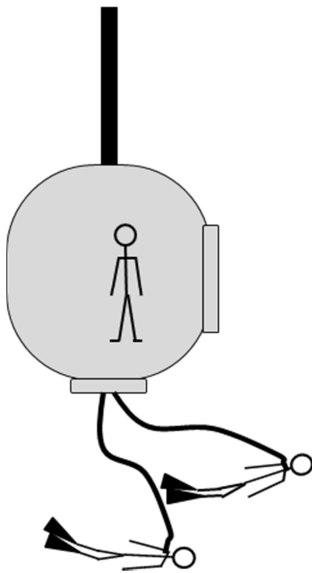


保圧（潜水作業）

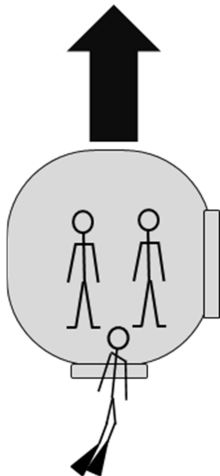
飽和深度に到達したら、1チームは潜水装備を装着して水中昇降装置（SDC）に移乗し、SDCを作業深度まで降ろす。



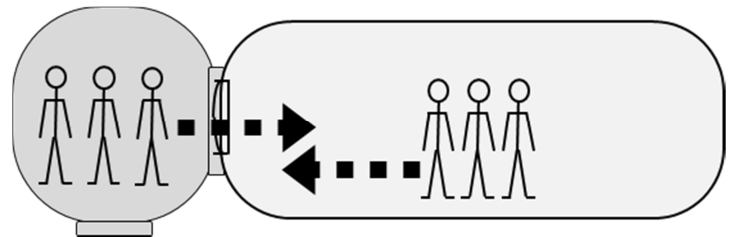
SDC が作業深度に到達したら、下部ハッチを開けてダイバー2 名が海中に出て（ロックアウト）作業を行う。ダイバー1 名（ベルマン）は SDC 内に留まり、アンビリカルの捌きなどのロックアウトしたダイバー2 名の支援を行う。



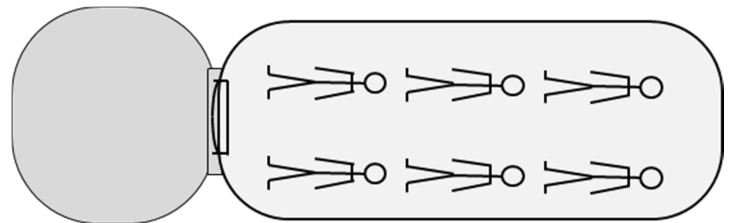
作業が終了したらダイバー2 名は SDC に戻り、下部ハッチを締めた後、SDC を引き上げる。



SDC を引き揚げたら、ダイバー3 名は DDC に戻り、次のチームが SDC に移乗して、潜水作業に向かう。



日中のみの作業の場合、1 日の作業が終えたら、ダイバーは DDC 内で食事、睡眠を取り、翌日の潜水作業に備える。



減圧

全ての潜水作業が終えたら、減圧を開始する。減圧が終了するまでダイバーは DDC 内で生活する。



6 飽和潜水装置の構成

全体構成

構成品	設置装備品	
高圧居住区 DDC	副室 Entry Lock	シャワー・トイレ、汚水処理設備、消火設備、通信装置、環境計測装置
	主室 Main Lock	居住設備、消火設備、通信装置、環境計測装置、非常用呼吸装置
生命維持装置	内部循環装置、環境ガス清浄装置（CO2 吸収装置） 温湿度制御装置（加熱器、冷却器）	
水中昇降装置 LARS	揚降装置	ウインチ、ガントリークレーン
	ダイビングベル SDC	加減圧装置、通信監視装置、環境ガス清浄装置、非常用呼吸装置、ダイバー用潜水装備、ガスパネル、ダイバーアンビリカル、水中投光器
	メインアンビリカル	呼吸ガス送気・回収ホース、深度計測ホース、温水ホース、通信用ワイヤー
呼吸ガス回収再生装置	呼吸ガス浄化及び昇圧、貯気のための装置類	
ガスバンク	DDC、SDC、HRC 加圧用ヘリウム ダイバー用ヘリオックス 緊急用混合ガス 酸素 空気	
	コンプレッサー	
温水供給装置	加温器、昇圧機	
高圧救難チャンバーHRC	チャンバー	
	管制用コンテナ	
ダイバー用潜水装備	常用呼吸器、ダイバーアンビリカル、温水スーツ、ブーツ、カメラ、ライト	
	非常用呼吸装置 COBRA	
DDC 管制盤	DDC 環境モニター・ガスコントロールパネル（SAT/DIVE CONTROL コンテナ内）	
SDC 管制盤	SDC 環境モニター・ガスコントロールパネル（SAT/DIVE CONTROL コンテナ内）	
配電盤	電源コンテナ	
非常用電源	発電機、UPS	

7 潜水準備

潜水作業計画

飽和潜水が開始されると、作業は、長期間連続したものとなり、DDS は、継続して運転される。この間、作業海面では気象、海象の影響を受け、資材の入手も制限を受けることがある。また、DDS に予想外の故障を生じることもあるので、装置の点検整備、資材の確保等事前の準備に万全を期さなければならない。

潜水員の健康管理

飽和潜水に参加する潜水土は、潜水前に産業医による健康診断を受け、健康状態が良好であることを確認しておかなければならない。

DDC 内及び SDC 内の消毒

DDS 内及び SDC 内は、高温多湿、高酸素分圧に加え、閉鎖的環境のため細菌類の繁殖を招きやすく、中で居住する潜水土は、感染症に罹患しやすい。従って、DDC 内及び SDC 内は、潜水作業前に清掃、乾燥させるとともに、適当な消毒液等を用いて消毒しなければならない。また、寝具、被服、潜水装備等は、消毒して搬入しなければならない。

ガスの準備

潜水作業計画に基づき、次のガスを準備する。

- (1) ヘリウム
- (2) ヘリウム酸素混合ガス
- (3) 酸素
- (4) 空気

ガスの準備区分

- (1) 常用ガス

加圧用、保圧用及びダイバー呼吸用ガス

添加用、サービスロック及びサニタリータンク使用時の加圧用ガス

- (2) 緊急用ガス

換気用、加圧用及び BIBS 呼吸用ガス

- (3) 治療用ガス

- (4) 較正用ガス

ガスの準備量

飽和深度、作業深度、使用潜水器具、潜水期間、作業回数等から必要量を算出し、これに安全度《必要量×1.5》を見込んだ量を準備する。

リクレイムを使用する場合はオープンサーキットで必要な量の 50%で計算

使用するガスの純度及び不純物混入許容値

		混入物質					
ガス	純度 (%)	炭酸ガス	一酸化炭素	油分	水分	酸素	窒素
ヘリウム	99.995 以上	1ppm 以下	1ppm 以下	5mg/m3 以下	2mg/m3 以下	1ppm 以下	1ppm 以下
酸素	99.5 以上	1ppm 以下	1ppm 以下	5mg/m3 以下	2mg/m3 以下		

ヘリウム酸素混合ガスの酸素濃度誤差許容範囲

ヘリウム酸素混合ガス中の 酸素濃度 (%)	酸素濃度誤差許容範囲 (%)
1.0～2.0	±0.2
2.1～5.0	±0.3
5.1～10.0	±0.5
10.1～22.0	±1.0
22.1 以上	±2.0

炭酸ガス吸収剤の準備量は潜水期間等から必要量を算出し、これに安全度（1.3 倍）を見込んだ量を準備する。

8 加圧

LSS の「潜水土士入室」の指示により潜水土士 6 名は DDC に入室する。

LSS の「DDC ハッチ閉め」の指示によりデッキテンダーが DDC ハッチを閉める。

LSS の「加圧開始」の指示により、深度 10m の圧力まで空気による加圧を手動で実施する。

このときの加圧速度は 2～2.5m/分とする。

深度 10m で加圧を停止し、保圧を行う。それから以下を点検する。

- 潜水土士の異常の有無
- DDS からの漏気の有無
- 各機器の作動状況
- 環境ガスの状況

加圧速度及び保圧時間

深度(m)	加圧速度(m/分)	加圧時間	保圧時間	加圧ガス
0 - 10	2.0 - 2.5	4 - 5 分	点検時間	空気
10 - 150	1	2 時間 20 分 (150m まで)		ヘリウム
150			6 時間以上	
150 - 250	0.5	3 時間 20 分 (250m まで)		
250			6 時間以上	
250 - 300	0.25	3 時間 20 分 (300m まで)		

睡眠時間中 (22:00-06:00) は保圧

潜水作業指揮者は、深度 150m での保圧開始後あるいは深度 150m 以浅での飽和潜水深度到達後、10m までの初期加圧と同様に速やかに各部の点検を指示する。

飽和潜水深度が 200m 以深の場合は、加圧中に HPNS (High Pressure Neuorological Syndrome 高圧神経症候群) が起こる場合がある。HPNS の兆候として、めまい、ふらつき、頭痛などがあるが、加圧を停止すると、それらの兆候 (症状) は消退する。飽和深度に到達する前に HPNS の発現があった場合は、加圧を一時止め、5 時間前後保圧する。HPNS が消退したら、加圧速度を規定の半分とする。潜水作業指揮者は、各保圧深度及び飽和深度に到達後、初期加圧同様、速やかに各部の点検を実施する。

加圧中の環境ガス及び温湿度の制御

- 酸素： 加圧中は酸素分圧を 0.42ata (42kPa) (± 0.02 ata) に維持する。
- 窒素： 10m まで空気で加圧するので、10m での窒素分圧は約 1.6ata (160kPa) となるが、飽和潜水中を通して窒素分圧の制御は不要である。
- ヘリウム： 加圧速度に応じてヘリウムで加圧する。
- 炭酸ガス： 常時 0.005ata (0.5kPa) (大気圧換算 0.5%) 以下
- 温度： 25～32℃ (深度の増大とともに上昇)
- 湿度： 40～60%

9 潜水作業（エクスカージョン）

- エクスカージョン時の深度（SDC 深度）は、エクスカージョン深度限度表及びガスマイザーの運用深度範囲を考慮して設定する。何らかの理由により、エクスカージョン深度限度を超えた場合は、飽和深度を変更する。
- SDC に移乗する潜水士は、SDC 内の機器を操作する者 1 名（ベルマン）及びロックアウトして潜水作業を実施する者 2 名の合計 3 名である。
- SDC 内の加減圧速度及びロックアウトした潜水員の潜降、上昇速度は、10m/分以下とする。
- 1 回のベルラン（SDC を切り離してから再度メイティングするまで）は、8 時間以下を基準とする。
- 継続したロックアウトは、6 時間以下を基準とする。

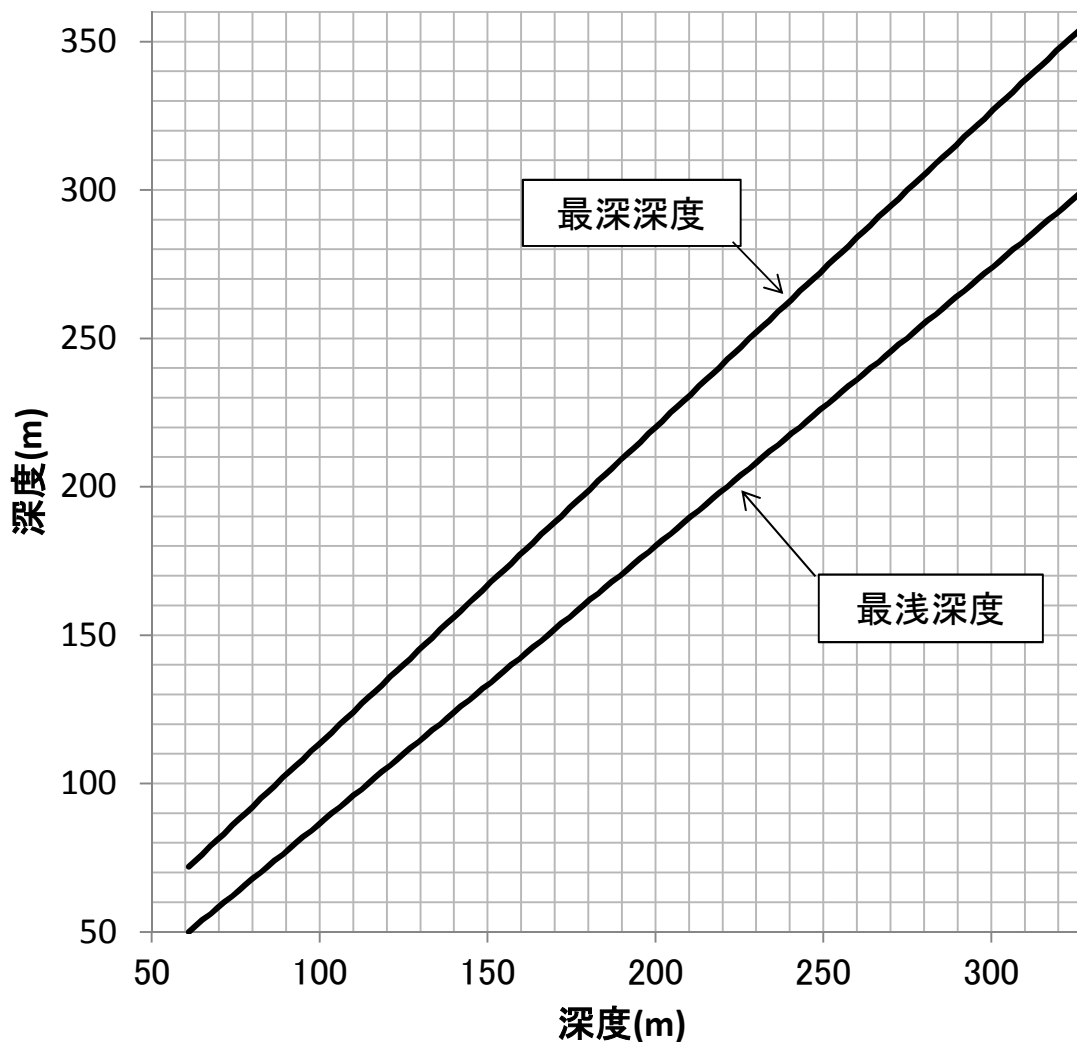
エクスカージョン深度限度表

最浅 深度	最深 深度	深度幅	最浅 深度	最深 深度	深度幅	最浅 深度	最深 深度	深度幅	最浅 深度	最深 深度	深度幅
50	72	22	120	152	32	190	231	41	260	311	51
52	74	22	122	154	32	192	234	42	262	313	51
54	76	22	124	156	32	194	236	42	264	315	51
56	79	23	126	158	32	196	238	42	266	318	52
58	81	23	128	161	33	198	240	42	268	320	52
60	83	23	130	163	33	200	243	43	270	322	52
62	86	24	132	165	33	202	245	43	272	324	52
64	88	24	134	168	34	204	247	43	274	327	53
66	90	24	136	170	34	206	250	44	276	329	53
68	92	24	138	172	34	208	252	44	278	331	53
70	95	25	140	174	34	210	254	44	280	333	53
72	97	25	142	177	35	212	256	44	282	336	54
74	99	25	144	179	35	214	259	45	284	338	54
76	102	26	146	181	35	216	261	45	286	340	54
78	104	26	148	184	36	218	263	45	288	342	54
80	106	26	150	186	36	220	266	46	290	344	54
82	108	26	152	188	36	222	268	46	292	347	55
84	111	27	154	190	36	224	270	46	294	349	55
86	113	27	156	193	37	226	272	46	296	351	55
88	115	27	158	195	37	228	275	47	298	353	55
90	117	27	160	197	37	230	277	47	300	355	55
92	120	28	162	199	37	232	279	47			
94	122	28	164	202	38	234	281	47			
96	124	28	166	204	38	236	284	48			
98	127	29	168	206	38	238	286	48			
100	129	29	170	209	39	240	288	48			
102	131	29	172	211	39	242	291	49			
104	133	29	174	213	39	244	293	49			
106	136	30	176	215	39	246	295	49			
108	138	30	178	218	40	248	297	49			
110	140	30	180	220	40	250	300	50			
112	142	30	182	222	40	252	302	50			
114	145	31	184	225	41	254	304	50			
116	147	31	186	227	41	256	306	50			
118	149	31	188	229	41	258	309	51			

ガスマイザー運用深度範囲

	エクスカッション深度幅
SDC 上方向（浅深度）	0 - 20msw
SDC 下方向（深深度）	0 - 30msw

エクスカッション深度限度グラフ



ベルラン準備

関係者は「ベルラン意」の指示により以下の事項を実施する。

- SDC 関係者は SDC の潜降準備を行う。
- ベルマンはインナースーツと温水服（ホットウォータースーツ）着用後、SDC に移乗し、次の事項を点検する。
 - 潜水器材の数量及びボンベの圧力
 - 潜水器通話の感度
 - 温水の状況
 - 潜水用呼吸ガス及びBIBS呼吸ガスの通気状況
 - 各バルブの開閉状況
 - 環境ガスの状況

応急保圧用及び応急呼吸ガスの保有量
炭酸ガス吸収剤の数量

- SDC に移乗する潜水士はインナースーツと温水服を着用し、「潜水士（ダイバー）SDC に移乗」の指示により SDC に移乗する。
- ベルマンは「SDC 内部ハッチ閉鎖」の指示により、SDC 内部ハッチを閉鎖し、DDC 内の潜水士は「メイティングハッチ閉鎖」の指示により、SDC 内部ハッチが閉鎖していることを確認後、メイティングハッチを閉鎖する。
- ベルマンはダイビングスーパーバイザーによる「SDC 加圧開始」の指示により、SDC 内圧を SDC 予定深度より 5m 深い深度まで加圧する。
- ダイビングスーパーバイザーはダイビングコントロールパネルにて、メイティングトランクを大気圧まで減圧する。デッキテンダーはトランクのゲージにてそれを確認する。

ベルラン開始

- 潜水作業指揮者の「ベルラン開始」の指示により、SDC を DDC から離脱させる。デッキスーパーバイザーは、SDC が DDC から完全に離脱したことを確認した後、SDC をムーンプールに移動させ、「SDC 潜降開始」の指示により、所定の潜降速度で SDC を予定深度まで潜降させる。
- SDC が予定深度まで潜降したら、ベルマンは「SDC 内部ハッチのケッチ外せ」の指示により、SDC 内部ハッチのケッチを外す。
- ベルマンは「SDC 均圧開始」の指示により、SDC 内部のハッチのシールが切れるまでゆっくりと減圧する。
- ベルマンは「SDC トップハッチ開け」の指示により、SDC トップハッチを開放する。
- ベルマンは「SDC ボトムハッチ開け」の指示により、SDC ボトムハッチを開放する。
- ベルマンは「水面調整を行え」の指示により、SDC 内圧を下げて水位をトップハッチ付近まで上げる。

ロックアウト用意

- ベルマンは「ロックアウト用意」の令指示により、ダイバー1 及びダイバー2 に潜水装具を装着し、呼吸ガスの通気を確認するとともに温水を通水する。
- ベルマンは通話器の感度が良好であることを確認し、潜水作業指揮者に「ロックアウト用意よし」を報告する。

ロックアウト

- ロックアウトする最初の潜水士は「ダイバー1、ロックアウト」の指示により、ロックアウトする。このときベルマンはダイバー1 のアンビリカルを捌く。
- ロックアウトした潜水士（ダイバー1）は、SDC 外部の映像モニターによる点検に適する位置に移動する。
- 潜水作業指揮者は、以下の事項を映像モニターにより確認する。
潜水器（非常用呼吸装置を含む）及び温水服の装着状況

潜水士の呼吸状況

- ロックアウトしたダイバー1は、潜水作業指揮者の映像モニターによる点検後、SDC 外部に取り付けてあるベルマン用潜水器を SDC 内部に持ち込む。
- ベルマン用潜水器を受け取ったベルマンは、SDC 内の所定の位置に自分の潜水器を置き、ダイバー2のロックアウトを手伝う。
- ロックアウトしたダイバー2は、SDC 外部の映像モニターによる点検に適する位置に移動し、ダイバー1と同様に映像モニターによる潜水作業指揮者の点検を受ける。
- ロックアウトした潜水士は、異常の有無、潮流、水中視界等、周囲の状況を報告する。

潜水作業の実施

- 潜水士は「作業開始」の指示により、作業を開始する。
- 潜水士は、お互いのダイバーンビリカルが絡まないように注意し、適宜作業状況を報告する。
- 潜水作業指揮者は、ロックアウトした潜水士の状況を、常時把握しておく。
- ベルマンは、以下の事項を常に把握しておかなければならない。
 - ロックアウトした潜水士の状況
 - 潜水用呼吸ガスの送気圧力
 - 環境ガスの状況
 - ダイバーアンピリカルの捌き
 - 通話装置の感度
 - SDC 内温度及び温水の温度
 - SDC の動揺及び深度変化
 - SDC アンカーの状況

ロックイン

- ロックアウトした潜水士は「潜水作業止め」の指示により作業を中止し、「ロックイン用意」の指示により SDC に戻る。
- ベルマン用ホースの片付けは最後のダイバーが行う。
- ベルマンは「ダイバー2(ダイバー1)ロックイン」の指示により、ロックアウト中の潜水士2名を SDC に収容し、ロックインした潜水士の潜水装備の脱装を手伝う。
- ベルマンは異常の有無を潜水作業指揮者に報告する。

ベルラン終了

- ベルマンは「SDC トップハッチ閉鎖、ケッチかけ」の指示により、SDC トップハッチを閉鎖し、ケッチをかける。
- ベルマンは SDC 内圧を SDC 深度より 5m 深い深度まで加圧する。
- デッキテンダー責任者は「SDC 浮上開始」の指示により、規定の浮上速度で SDC を水面まで上昇させる。
- デッキテンダー責任者は SDC が水面に到着したら、SDC を吊り上げ移動させて DDC メイティンググランクとメイティングさせる。

- 以下の要領で SDC、メイティングトランク及び DDC を均圧し、潜水士は DDC に移乗する。

SDC の減圧によりメイティングトランクを飽和深度より 1m 浅い深度まで加圧できない場合、デッキテンダーは、ボトムミックスガスを使用してメイティングトランクを加圧する。

ベルマンは「SDC サイドハッチのケッチ外せ」の指示により、SDC サイドハッチのケッチを外す。

ダイビングスーパーバイザーによりトランクを加圧することにより、メイティングトランクを均圧し SDC サイドハッチのシールを切る。

ベルマンは「SDC サイドハッチ開け」の指示により、サイドハッチを開ける。

スーパーバイザーは DDC を加圧してシールを切る。

メイティングトランク側の「ハッチ開け」の指示により、DDC 内の潜水士の 1 名がハッチを開ける。

SDC 内の潜水士は「潜水士は DDC に移乗」の指示により、DDC に移乗する。

SDC を加圧して SDC をシールする。

DDC を加圧してシールする。

トランクを減圧し、SDC と DDC を隔離しておく。

10 減圧

減圧前の処置

最終エクスカージョン終了後、DDC 内の酸素分圧を 0.42ATA (42kPa) から 0.50ATA (50kPa) とし、規定の保圧時間を経過後、減圧を開始する。

減圧前の保圧時間

		保圧時間
エクスカージョン最深深度	飽和深度よりも 15m 未満	5 時間以上
	飽和深度よりも 15m 以上	18 時間以上
飽和深度を変更した場合		

以下に、減圧速度と減圧時の許容深度誤差範囲を示す。

減圧速度

飽和深度	減圧時間 (分/m)				
(m)	～14 m	14 ～9 m	9 ～ 6 m	6 ～ 3 m	3 ～ 0 m
60 to 300	54	66	78	96	126

減圧時の許容深度誤差範囲

深度 (m)	深度誤差 (m)
300 - 100	± 3.0
100 - 30	± 1.5
30 - 0	± 1.0

環境制御責任者（LSS）は、減圧中は常時、DDC 内の酸素分圧、二酸化炭素分圧、減圧速度及び潜水士の健康状態に留意しなければならない。

環境制御責任者（LSS）は、潜水士の健康状態に異常を認めた場合、速やかに減圧を一時中止（保圧状態）し、状況により救急再圧処置標準表に従い救急再圧をしなければならない。

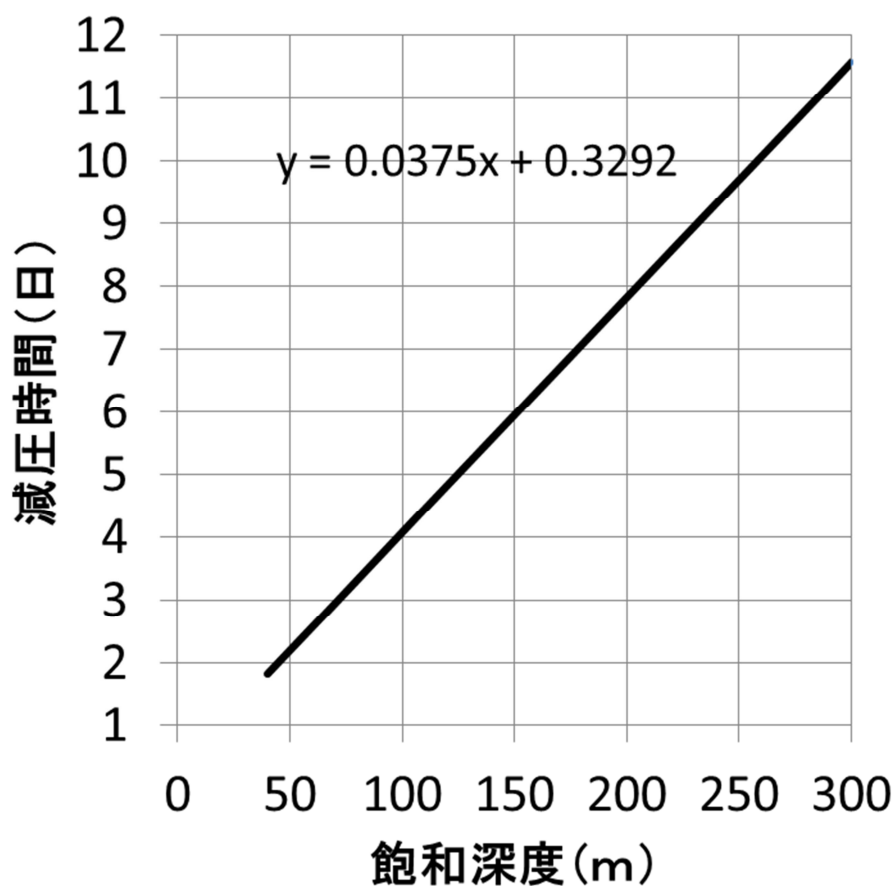
減圧中は許容深度誤差範囲を逸脱しないように規定速度及び規定深度の維持に努める。

14m 以深の DDC 内環境酸素は分圧 0.50ata (50kPa) で制御する。

14m 以浅の DDC 内環境酸素は濃度 21% で制御する。深度 14m (2.4ata) (240kPa) で酸素分圧 0.50ata (50kPa) が 20.8% となるので、火災の危険を避けるため、14m 以浅では分圧ではなく濃度による制御を行う。

減圧中、DDC 内の炭酸ガス濃度は大気圧換算値で 0.5%（炭酸ガス分圧 0.005ata (0.5kPa) 以下）を維持する。

深度 300m までの飽和潜水における減圧時間



11 環境ガス制御上の留意事項

酸素の制御

環境制御責任者（LSS）は、潜水士の生命、健康の維持、火災等の危険防止のため、DDC 内の酸素分圧を常に監視するとともに、適正に保たなければならない。特に、加圧時の酸素分圧の監視及び保圧時の潜水士の消費に応じた酸素の供給を確実にし、火災及び肺酸素中毒の防止に努めなければならない。

炭酸ガスの制御

環境制御責任者（LSS）は、潜水士の安全を確保するため、炭酸ガス分圧を規定値以下に維持する。デッキテンダー及び SDC 内の潜水士は、炭酸ガス分圧が許容限度に近づいた場合、炭酸ガス分圧が規定値を超える場合、DDC 及び SDC 内の潜水士は、BIBS による呼吸を実施して炭酸ガス分圧が許容範囲以下に下がるのを待たなければならない。

一酸化炭素の制御

潜水士の体内（喫煙や赤血球の分解）から微量の一酸化炭素が排出され、チャンバー内に蓄積することがある。喫煙習慣のある潜水士は、潜水前、少なくとも 1 週間は禁煙することにより、一酸化炭素の体外排出に努める。

チャンバー内環境ガス制御基準

区分 分圧・濃度	酸素分圧 ata		炭酸ガス分圧 ata	窒素分圧 ata	一酸化炭素濃度 (ppm)
	環境圧力 10m ～エクスカー ション終了時	最終エクスカ ーション～環 境圧力 14m			
DDC	0.42～0.43	0.49～0.50	0.005 以下	1.6 以下	40 以下 (大気圧換算 値)
	緊急時：0.25～0.60				
SDC	0.30～0.60		0.01 以下		

注記：深度 14m 以浅では、酸素は分圧ではなく、濃度 21%を維持するように制御する。

呼吸ガス中の酸素分圧制御基準

		酸素分圧 ata
潜水作業時の酸素分圧 (潜水器への送気ガス中)		0.60 ～ 1 (緊急時：0.40 ～ 1.20)
BIBS 呼吸ガス	非常時	0.40 ～ 1.20 (0.20 ～ 0.40：0～0.10 m)
	治療時	1 ～ 2.50

肺酸素中毒防止のための高酸素分圧暴露制限時間

1 日あたりの最大酸素曝露量：600

1 週間あたりの最大酸素曝露量：2,500

酸素暴露制限時間

酸素分圧 ata	制限時間 (時間：分)	酸素曝露量 (UPTD)
0.60	25：40	416
0.70	14：10	400
0.80	10：15	400
0.90	8：00	398
1	6：40	400
1.10	5：45	400
1.20	5：05	403
1.30	4：40	414
1.40	4：05	399
1.50	3：45	401
1.60	3：30	403

12 温度の制御

DDC の環境圧力が高くなる（深度が深くなる）に従い、環境ガス密度が増大して熱伝達率が大きくなるので、環境ガス温度が皮膚温度よりも低いと、皮膚から環境ガスへの熱移動が大きくなる。皮膚から環境ガスへの熱移動による体温損失を防止するため、環境ガス密度の増大に伴い環境温度と皮膚温（約 33℃）の差異を小さくしなければならない。深度による DDC の環境温度の制御基準を以下に示す。なお環境温度は暑がりの潜水土に合せて制御し、寒がりの潜水土は重ね着をして寒さを凌ぐ。

DDC 環境温度制御範囲	
飽和深度 (m)	温度 (°C)
0 - 50	25 - 28
50 - 100	26 - 30
100 - 150	27 - 30
150 - 200	28 - 30
200 - 250	29 - 31
250 - 300	30 - 32

飽和潜水の場合、50m 以深の潜水では温水服を使用する。温水服に送水する温水の温度範囲は 25℃～40℃までとし、火傷防止のため 42℃を超えないようにする。

また潜水作業深度が 150m 以深の場合は、呼吸による体熱損失を防止するため呼吸ガスを加温する。加温する呼吸ガス温度は高体温症を防止するため平常体深部温度である 37℃を越えてはならない。呼吸ガス温度の制御基準を以下に示す。* 加温装置が有る場合の基準。

潜水作業時の呼吸ガス温度	
潜水深度 (m)	呼吸ガス温度 (°C)
150 to 200	11 to 19
200 to 250	19 to 25
250 to 300	25 to 28

湿度の制御

雑菌の繁殖が促進される高酸素分圧、高温の閉鎖環境では、高湿度により更に雑菌の繁殖が進む。また高密度ガス環境では皮膚からの蒸散が抑制されるので、皮膚のベタツキ感が高まり不愉快となる。そのため DDC 内の湿度は 50%～60%を基準とする。しかしながら、シャワー使用直後は湿度が 80%以上になることもある。

13 応急処置法

飽和潜水中、発生が予想される各種の緊急事態に対する応急処置法を以下に示す。

1 ロックアウト中に意識喪失した潜水士の処置

- ロックアウト中の潜水士のうち 1 名が意識を喪失した場合は他の潜水士が、2 名とも意識を喪失した場合はベルマンが救助する。
- 意識を喪失している潜水士の潜水器のパージボタンを押し、ガスが供給されているかを確認する。ガスが供給されていない場合は、非常用呼吸装置 COBRA に切り替える。
- ベルマンの処置

吊り上げ用ロープを準備し、SDC 内の水位をできるだけ高くする。

意識を喪失した潜水士を SDC 下部まで運び、吊り上げ用ロープを取り付け、意識を喪失した潜水士の顔面が水面より上に出るまで引き上げる。

潜水器を取り外し、呼吸の有無を確認し SDC 内に揚収する。

ロックインさせた潜水士が呼吸をしていない場合は、人工呼吸、心臓マッサージ等の応急処置を施す。

人工呼吸は、30 分以上又は潜水作業指揮者の指示があるまで継続する。

SDC 内の水位を下げ、内部ハッチを閉鎖する。

2 潜水器具の故障

- ロックアウト中に潜水器具の異常があった場合は、潜水士は直ちに作業を中止するとともに応急処置を行い、ロックインして、潜水作業指揮者に報告する。
- 潜水作業指揮者は、もう一人のロックアウト中の潜水士にもロックインを指示する。
- ベルマンは、SDC に帰還した潜水士を速やかに SDC 内に揚収する。

3 潜水用呼吸ガスの異常

- 潜水作業指揮者は、直ちにロックアウト中の潜水士とベルマンに状況を知らせる。
- ロックアウト中の潜水士は、直ちに非常用呼吸装置 COBRA に切り替えてロックインするとともに、潜水作業指揮者に異常の有無を報告する。
- ベルマンは、SDC に帰還した潜水士を速やかに SDC 内に揚収する。

4 温水供給装置の故障

- 潜水作業指揮者は、潜水作業中の潜水士に、直ちに作業を中止させロックインさせる。
- ロックアウト中の潜水士は、温水の供給が停止した場合、潜水作業指揮者に報告し、速やかにロックインする。

5 通話装置の故障

- 潜水作業指揮者は、常用通話装置による通信が不能となった場合、非常用通話装置への切り替えを指示する。
- ロックアウト中の潜水士は、直ちにロックインする。ベルマンは他のロックアウト中の潜水士もロックインさせるとともに、潜水作業指揮者に報告する。

6 DP の故障

- 潜水作業指揮者は、DP オペレーターから DP の異常を報告又は通報された場合、直ちにロックアウト中の潜水士をロックインさせる。
- LARS オペレーターは、ロックアウト中の潜水士が SDC 内に收容されたのを確認して、SDC アンカーを海底から離なす。
- LARS オペレーターは、潜水作業指揮者との連絡を保ちつつ SDC を速かに揚収する。

7 揚降装置 LARS の故障

- 潜水作業指揮者は、作業状況をロックアウト中の潜水士に通報し、潜水士の心理的動揺を抑える。
- ベルマンは、SDC 内の環境維持に努め、持久の態勢をとるとともに潜水作業指揮者の指示を待つ。

8 DDC 内の異常圧力

圧力が異常に高くなる場合

- 深度保持に努める。
- LST は、DDC の給気殻外弁を閉鎖し、調査する。
- 潜水士は状況により B1BS 呼吸を行う。
- 環境ガスの分圧を監視する。

圧力が異常に低くなる場合

- 深度維持に努める。

- LST は、耐圧殻、給排気系の配管、BIBS、メディカルロック、ガスサンプリング、給水、汚水及び消火装置等の漏気を調査する。
- 環境ガスの分圧を監視する。
- LSS は、漏気箇所が判明した場合、状況により漏気箇所以外の安全な区間に潜水土を退避させる。

9 DDC 内の火災

飽和潜水では DDC 環境ガスの酸素が支燃物として作用する濃度である 16%以上になるのは、空気による初期加圧 10m、それに続くヘリウム加圧 16m までか、減圧中（酸素分圧：50kPa）の 21m 以浅である。そのため DDC 内で火災が起きる危険性は少なくはなるが、DDC 内部には可燃物をできるだけ持ち込まないようにし、持ち込む衣服やカーテンなどは難燃性素材を使用したものに限る。万が一、火災が発生した場合は、以下の処置を取る。

- LSS は DDC 内部循環装置を停止させるとともに、ダイバーに BIBS 装着を指示する。ダイバーは BIBS 呼吸を行いながら消火に努める
- LSS は電源を遮断し、散水装置を用いて消火する。

10 環境制御装置の故障

- 環境制御責任者（LSS）は、予備の環境制御装置に切り替えさせる。
- 環境制御責任者（LSS）は、必要に応じて潜水土に BIBS 呼吸を指示する。

11 メインアンビリカルの破損・損傷

- ベルマンは、SDC 給気弁を閉め、緊急保圧用ガスに切り替える。
- ベルマンは、潜水土がロックアウト中の場合は、潜水土をロックインさせ、内部ハッチを閉鎖する。
- デッキテンダーは、潜水作業指揮者と連絡を保ちつつ、SDC を約 10m 浮上させ、SDCC 内圧が変化しないことを確認したのち SDC を揚収する。
- ベルマンは、SDC 内の循環ガスを適正に保つ。SDC 内の潜水土は、必要に応じ BIBS 呼吸を行う。
- ベルマンは、電源をンボードバッテリーに切り替え、非常灯及び通話装置の電源を確保する。

12 SDC 吊索の切断

- ベルマンは、ロックアウト中の潜水士をロックインさせる。
- ロックアウト中の潜水士は、SDC 吊索が絡んでいないことを確認してロックインする。
- ベルマンは、SDC トップハッチを閉鎖する。
- デッキテンダーは、潜水作業指揮者と連絡を保ちつつ、アンピリカル又はガイドワイヤーを使用して SDC を水面まで引き上げる。

14 飽和潜水間隔

潜水士が年間に飽和潜水を繰り返す場合に取りべき間隔を以下に示す。

- 潜水士に対しては、連続で 28 日を超える飽和潜水を実施させない。
*但し、本人が同意した場合は、更に最大で 7 日間の延長をすることが出来る。その場合には同意の内容について、書面で残す。
- 潜水士に対しては、12 ヶ月の間に 182 日以上飽和潜水を実施させない。
- 200m 以上の飽和潜水を行う場合は、28 日以上期間を大気圧環境下で過ごすべきである。
- 飽和潜水を終えた潜水士は基本的に飽和潜水を行っていた期間と同じ長さの期間を大気圧環境下で過ごさなければならない。
- 上記の条件より短い間隔で飽和潜水を再開しようとする場合、以下の条件を満たすことで行う事ができる。
 - 飽和潜水を行っていた期間の半分または、10 日のどちらか少ない方以上の期間を大気圧環境下で過ごした場合。
 - 飽和潜水を行っていた期間と同じ長さの期間を大気圧環境下で過ごさずに、飽和潜水を再開し 2 回目の飽和潜水を終了した場合、大気圧環境下で過ごす時間は 2 回の飽和潜水の期間の内の長い方よりも、長くななければならない。
- 上記に規定される大気圧環境で過ごす期間の間のダイバーは、専門医の許可が無ければ、ごく浅い深度であっても潜水は禁止で、圧力環境下に暴露されることがあってはならない。
- 重症の減圧症にかかった場合は、症状完治後、60 日間は潜水させてはならない。

潜水後の制約

- 飽和潜水を実施した潜水士は、飽和潜水終了後 4 時間まで 5 分以内に、4 時間から 24 時間までは 4 時間以内に再圧治療が受けられる態勢を維持しなければならない。
- 飽和潜水を実施した潜水士は、飽和潜水終了後 2 日間は飛行機に搭乗してはならない。また、可能なら飽和潜水終了後 4 日間は飛行機に搭乗しない。
- 飽和潜水を実施した潜水士に対しては、飽和潜水終了後、当分の間、重作業を行わず、徐々に体を慣らさせる。

15 安全留意事項

関係者は、潜水作業中は自分の任務に専念し、持ち場を離れたり、他の作業を兼務してはならない。作業の実施に当たっては、安全上の留意事項を厳守するとともに、安全に、確実に実施するよう心掛けなければならない。

- 潜水作業指揮者

飽和潜水を実施する潜水士の選抜にあたって、睡眠不足の者、精神的、肉体的に疲労している者及び 24 時間以内に多量の飲酒をした者を潜水させてはならない。

飽和潜水開始前の 12 時間以内は、潜水士に過激な作業等をさせてはならない。

エクスカッション潜水作業中は、常時、関係者を指示、監督できる最良の場所に位置し、適時適切な処置を実施しなければならない。

ロックアウト潜水中の潜水士の深度を、常に把握しておかなければならない。

- 潜水士

指示された作業内容を完全に理解し、作業を安全、確実に実施しなければならない。

ベルマンは、ロックアウト中の潜水士の緊急事態に備え、スタンバイ潜水士としての態勢を維持しておかなければならない。

ロックアウト中の潜水士は「ロックイン」には直ちに応じなければならない。

- その他の関係者

常に応急処置がとれる態勢を維持しなければならない。

指示、報告、通報等に留意し、確実な機器等の操作を行わなければならない。

五感を働かせ、異常の早期発見に努めなければならない。

- 装置

DDC 内の騒音は、潜水士が休息中、55 デシベル以下を維持し、いかなる場合も 90 デシベルを超えてはならない。

サービスロック及びサニタリータンクの加減圧時は、DDC 内の圧力が変動しないように操作しなければならない。

- 器材

DDC 内に火災等及び爆発のおそれのある物並びに毒性の危険物を持ち込んで서는ならない。可燃物の持ち込みは、最小限とする。

DDC 内で使用する寝具及び衣類は難燃性素材ものとする。

DDC 内で使用する電気器具は、安全性の確認されたものとする。

DDC 内で使用していない可燃物は、防火用の箱に格納する。

DDC 内及び SDC 内には救急用器材を準備しておく。

SDC]内には、救命生存用器材を準備しておく。

16 衛生上の留意事項

潜水士

- 外耳道炎は飽和潜水中に最も罹患しやすい疾病であるので、専門医の指導により外耳道感染の予防に努めなければならない。
- エクスカーション終了後に予防薬（抗生物質点耳薬）による外耳道の処置を行う。（抗生物質点耳薬として、海自では「ドメボロ」SMIT ではCHLORAMPHENICOL EAR DROPS もしくはFRAMOPTIC-D EYE/EAR DROPS を毎日、潜水前に1回投薬）
- 外耳道には指、綿棒及びこより等を挿入しない。
- イヤホーンについては、外耳道に押し込むタイプは使用しない。
- 予防薬の使用時期
 エクスカーション後
 シャワー後
 就寝前
- 予防薬の使用要領
点耳の前によく洗う、予防薬は、各自、各耳に1本用意し、混用してはならない。点耳の際は、予防薬の容器を耳に接触させてはならず、また、綿棒等を用いない。

予防薬は、各耳に5、6滴たらし、外耳道へ薬がよく接触するよう臥位姿勢を約5分程とる。起立時、耳から垂れた液をDDC内に飛び散らせないように、綿等を耳介にあて吸いとらせる。

耳の処置後は、手を洗う。

- 毎日1回シャワーを浴びる。
- 皮膚感染がある場合は、専門医の指導により適当な皮膚洗浄薬剤で洗浄する。
- タオル、衣服、寝具、イヤホーン等は、個人専用とし、潜水服もできる限り個人専用の物を使用する。

装置等

- 飽和潜水実施前
加圧開始前24時間を標準とし、DDC内全般を消毒液を用いて洗浄、密閉する。ただし、前回洗浄後、DDCを開放していない場合は、この限りではない。
- 飽和潜水実施中
便器、シャワー施設及びその周辺は、毎日消毒液で洗浄する。
DDC内の床は、毎日消毒液で拭う。
DDC内壁は、3日ごとに消毒液で拭う。
食事後、残飯は速やかにDDC外に出す。
寝具類は定期的に交換する。
衣類は、毎日交換する。
潜水服及びインナースーツは、できる限り消毒液で毎日洗う。
SDC及び移乗室は、使用ごとに消毒液で拭う。
- 飽和潜水終了後
DDC内全般を消毒液を用いて洗浄し、24時間密閉する。
寝具、衣服等は洗濯し消毒する。

食事等

- 食事は、原則として生物（野菜、果物を除く。）を摂取しない。
- 湯茶等は、DDC外で用意する。

- 次の物品は、DDC 内に持ち込まない。
 - バター、砂糖、食用油等（ドレッシングも含む。）
 - 酒類
 - 飴玉類
- 食器は、消毒した衛生的な物を使用する。

17 飽和潜水で起こりうる障害

肺酸素中毒

- 原因：分圧の高い酸素（50kPa～200kPa）を長期間呼吸することによって発症する。
- 症状
 - 呼吸及び前胸部違和感
 - 胸痛
 - せき及び血たん
 - 息切れ
 - チアノーゼ
- 処置：早期に察知し、速やかに以下の処置を行う。
エクスカッション中は、速やかにエクスカッションを中止し DDC に復帰する。
BIBS 呼吸中は、呼吸マスクを取り外す。
- 予防：酸素曝露量の管理を行い、適正な酸素分圧を維持する。

中枢神経系酸素中毒

- 原因：高分圧の酸素（200kPa 以上）を呼吸することによって発症する。
- 症状：視界狭さく、吐き気、震え、けいれん、意識喪失等がある。
- 処置：早期に察知し、速やかに以下の処置を行う。
ロックアウト中は、速やかにロックインさせる。
BIBS 呼吸中は、呼吸マスクを取り外す。

高圧神経症候群 HPNS (High Pressure Nervous (Neurological) Syndrome)

- 原因：高圧あるいは圧力の急激な増加による脳神経細胞活動の一時的な障害が原因であるといわれる。発症は加圧速度や深度あるいは個人や体調によって異なるが、150m 以深から発症することがある。
- 症状：四肢の震え（振戦）、めまい、吐き気、食欲不振、疲労感、緩慢な思考、記憶力及び注意力の低減、眠気、気分の変動等がある。これらの症状は時間経過とともに消滅する。
- 処置
加圧速度を遅くするか、加圧を停止し、症状が消滅するまで保圧する。

加圧関節痛

- 原因：高圧暴露中に不活性ガスが身体組織に溶解することが原因となり、関節軟骨の脱水がおきる。この脱水が関節の滑らかな動きを阻害し発症する。
- 症状：動作時の関節音あるいは関節痛が深度 100m を超えた付近から出現しやすくなる。同一深度でも時間経過とともに、あるいは減圧とともに症状が軽くなりやがて消失する。
- 処置：加圧速度を遅くするか、加圧を停止すると症状が軽くなることもあるが、この症状により作業が大きく制限されることはあまりなく、後遺症はほとんど残らないので、特別な処置を講ずる必要はない。
- 予防：潜水直前あるいは加圧中は、重作業を避ける。

低体温症

- 原因：皮膚表面及び呼吸に伴う気道からの熱損失により発症する。
- 症状：
四肢末端の冷感、鈍痛感、悪寒、体の震え、呼吸数の増加、頻脈、呼吸困難、意識障害等がある。
呼吸による熱損失では自覚症状を伴わずに、意識を喪失することもある。
- 処置
ロックアウト中の潜水士は、直ちにロックインする。
適度な温水により、全身を温める。

- 予防
DDC 内 SDC 内の温度及びロックアウト中の潜水土への供給温水流量・温度を適正に維持する。
SDC 内に防寒衣等（サバイバルキット）を準備しておく。

感染症

- 原因：DDC 内及び SDC 内は、高温で一時的に多湿になるため細菌類が繁殖しやすく、各種の感染症に罹患しやすい。
- 症状：感染した箇所の発赤、腫れ、疼痛、熱感等がある。
- 処置：症状に応じ、専門医の指示により消毒、投薬等を行う。
- 予防：潜水土の身体、DDC 内及び SDC 内を定期的に消毒する。

酸素欠乏症

- 原因：環境制御装置の故障等により環境ガスが正常に拡散されない場合、又は適正な酸素分圧を維持できない場合に発症する。
- 症状：酸素欠乏症が徐々に起こる場合は、作業、思考能力の低下、息切れ、チアノーゼ、頻脈、多呼吸等をきたし、急激な場合は自覚症状無しに意識を喪失する。
- 処置：
BIBS 呼吸をさせる。
環境ガスが正常に拡散されない場合は、予備循環系を作動させる。
加圧中においては、一時加圧を停止する。
- 予防：適正な酸素分圧を維持する。

炭酸ガス中毒

- 原因：
環境炭酸ガス分圧が、基準値以上に上昇した場合に発症する。
高ガス密度の環境下では呼吸抵抗が増大するので、重作業時は作業強度見合った換気量を維持できず、環境炭酸ガス分圧が上昇しなくても代謝による炭酸ガスが身体内に蓄積し発症する。
- 症状
呼吸量の増加、息切れ、発汗、視力の低下、興奮状態等がある。
自覚症状を伴わずに、突然意識を喪失することがある。
- 処置
DDC の場合は、BIBS 呼吸させる。
DDC の場合は、換気を十分行う。
SDC の場合は、炭酸ガス吸収剤の交換を行う。
作業中の場合は、作業を中止させ、呼吸に楽な姿勢をとらせ、十分換気を行わせる。
- 予防：炭酸ガス分圧が許容限度に近づいた場合は、早めに炭酸ガス吸収剤を交換する。

一酸化炭酸中毒

- 原因：使用ガスの汚染による一酸化炭素、潜水土の体内から発生する一酸化炭素（赤血球の新陳代謝）並びに SDC 内に搬入される機器の中から排出される微量の一酸化炭素が蓄積し、それを吸入することにより発症する。
- 症状：
前頭部の締め付け感、頭痛、めまい、吐き気等がある。
自覚症状を伴わずに突然意識を喪失することがある。
- 処置：
BIBS 呼吸させる。
DDC 内の換気を行う。
- 予防：

潜水前に DDC 内及び SDC 内を新鮮な空気により十分換気する。
喫煙習慣のある潜水土は、潜水前 1 週間は禁煙する。

減圧症

- 原因：潜水中、体内に溶解した不活性ガスが、環境圧力低下により気泡化し、血行を遮断したり、組織中に留まったりすることによって発症する。
- 症状：皮膚症状、関節痛、違和感、筋肉痛、呼吸循環系の症状及び中枢神経系の症状等様々な症状がある。
- 処置：専門医の指示・指導により再圧治療を行う。
- 予防：
適切な減圧を行う。
睡眠を十分取らせる。
疲労を蓄積させない。
過度の身体的負荷をかけない。
水分を十分補給させる。

潜水作業で必要な応急手当

応急手当の適否は、患者の生命を左右する。関係者は、応急手当について十分な知識を有し、常に物心両面の準備を怠ってはならない。

- 観察：
患者に対しては、いかなる場合でも細心の注意をもって、以下の事項を観察する。
呼吸をしているか。
心臓は動いているか(脈拍はあるか)。
出血はしていないか。
骨折はしていないか。
頭部障害の症状はないか。
- 出血及び骨折処置：外傷で出血がひどい場合は、まず止血する。止血帯としては、幅の広いゴムひも、包帯、ベルト、タオル等を利用する、動脈性出血で、血が吹き上げているときは、指で直接圧迫することがもっとも有効なことがある。骨折の場合は、副え木を当てて固定する。副え木がない場合は、手近にあるものを利用する。
- ショック処置：四肢の冷感、顔面の蒼白、心拍の微弱、無力感等のショック症状がある場合は、頭部を低めにし、横臥姿勢をとらせる。保温に注意し、意識不明の場合は、飲み物は与えない。
- 人工呼吸：呼吸が停止している場合は、まず人工呼吸を行う。長時間経過後、蘇生することもあるので、短時間で断念せず、30 分以上又は、専門医の指示があるまで継続する。
- 心臓マッサージ：心臓が停止している場合は、心臓マッサージを行い、状況により人工呼吸とともに実施する。

18 飽和潜水中断減圧手順及び救急再圧処置標準

飽和潜水中断減圧手順

飽和潜水中断減圧手順は、飽和替水開始後、装置の故障あるいは潜水員の異常等により、飽和潜水を中止する場合の減圧手順であり、以下に述べる手順により実施する。ただし、飽和潜水を開始してから6時間経過後、又は120m以深の場合は、飽和潜水標準減圧表を適用する。

飽和潜水中断減圧手順表から飽和潜水を中止する深度を、潜水開始からの経過時間を選択する。該当する深度及び経過時間がない場合は、それぞれ直近の深い深度及び直近の長い時簡を選択する。（飽和潜水は60m以深で運用すると想定しており、60mまでの加圧時間は1時間程度であるので、60m以浅では経過時間2時間までとする。）

酸素分圧は減圧開始前に42kPaから50kPaとする。

上記で選択した深度及び経過時間に該当する減圧手順により、各深度間を規定された減圧速度で減圧する。

飽和潜水中断減圧手順〈別表〉は、緊急やむを得ず、減圧時間を短縮する必要がある場合に使用することができる。この場合の酸素分圧は60kPaとする。

飽和潜水中断減圧手順表

	経過時間: 2時間								
	深度 (m)	減圧速度 (m/分)	減圧時間 (分)						
減圧開始深度 15m	15-3	3/1	4						
	3-0	1/8	24						
総減圧時間 (時-分)	0-28								
減圧開始深度 30m	30-15	3/1	5						
	15-10	1/5	26						
	10-5	1/15	76						
	5-0	1/30	150						
総減圧時間 (時-分)	4-15								
減圧開始深度 45m	45-27	3-1	6						
	27-25	1/4	8						
	25-15	1/10	100						
	15-10	1/30	150						
	10-0	1/40	400	経過時間: 4時間			経過時間: 6時間		
総減圧時間 (時-分)	11-04			深度 (m)	減圧速度 (m/分)	減圧時間 (分)	深度 (m)	減圧速度 (m/分)	減圧時間 (分)
減圧開始深度 60m	60-40	3/1	6.7	60-41	3/1	6.3	60-42	3/1	6
	40-25	1/6	75	41-35	1/10	60	42-30	1/32	384
	25-15	1/33	330	35-25	1/33	330	30-18	1/40	480
	15-4	1/40	440	25-13	1/40	480	18-0	〈別表〉	
	4-0	1/60	240	13-0	〈別表〉				
総減圧時間 (時-分)	18-12			38-00			43-00		
減圧開始深度 75m	75-52	3/1	7.7	75-53	3/1	7.3	75-55	3/1	6.7
	52-40	1/6	72	53-50	1/4	12	55-43	1/33	396
	40-25	1/33	495	50-37	1/33	429	43-31	1/40	480
	25-17	1/40	320	37-26	1/40	440	31-0	〈別表〉	
	17-0	〈別表〉		26-0	〈別表〉				
総減圧時間 (時-分)	39-00			51-00			56-00		
減圧開始深度 90m	90-64	3/1	8.7	90-66	3/1	8	90-70	3/1	8.7
	64-52	1/5	60	66-60	1/7	42	70-55	1/33	495
	52-40	1/33	396	60-50	1/33	330	55-47	1/40	360
	40-30	1/40	400	50-37	1/40	520	47-0	〈別表〉	
	30-0	〈別表〉		37-0	〈別表〉				
総減圧時間 (時-分)	55-00			62-00			72-00		
減圧開始深度 105m	105-76	3/1	9.7	105-80	3/1	8.3	105-85	3/1	6.7
	76-65	1/4	44	80-60	1/40	800	85-70	1/40	600
	65-50	1/36	540	60-58	1/50	100	70-65	1/50	250
	50-44	1/50	300	58-0	〈別表〉		65-0	〈別表〉	
	44-0	〈別表〉							
総減圧時間 (時-分)	69-00			84-00			90-00		
減圧開始深度 120m	120-88	3/1	10.7	120-91	3/1	9.7	120-100	3/1	6.7
	88-75	1/20	260	91-75	1/40	640	100-85	1/40	600
	75-65	1/40	400	75-70	1/50	250	85-80	1/50	250
	65-61	1/50	200	70-0	〈別表〉		80-0	〈別表〉	
	61-0	〈別表〉							
総減圧時間 (時-分)	90-00			95-00			105-00		

飽和潜水中断減圧手順〈別表〉

深度 (m)	減圧速度 (m/時)	酸素分圧 (kPa)
90～30	1.8	60
30～15	1.2	
15～0	0.9	

19 救急再圧処置標準

救急再圧は、減圧時に発生する減圧症に対する救急処置法であり、専門医の指導のもと救急再圧処置標準表に従って実施しなければならない。専門医の指示による場合、あるいは緊急事態発生による場合を除き、時間短縮等の変更を行ってはならない。

救急再圧の実施に当たっては、事前に細心の注意をもって罹患者の検査しなければならない。ただし、重症の場合は、罹患者の検査等を、速やかに実施しなければならない。

救急再圧の手順

罹患者の検査

再圧前及び症状回復後、救急再圧患者検査表に従い、細心の注意をもって検査しなければならない。

救急再圧処置

救急再圧処置は、発生時期、症状等から救急再圧処置標準表により、専門医の指導のもと実施する。

救急再圧罹患者検査表

(再圧前・回復後)

罹患者氏名：

主 訴：

検査時刻：

検査場所：

検査者名：

発症時の状況

ベルラン中

減圧中

制御不能による減圧

水面到着後

検査項目		自覚症状		所見	
痛み		痛みの有無	有・無		
		痛みの部位		皮膚の変化	有・無
		痛みの程度			
感覚	痺れ	痺れや違和感	有・無	皮膚刺激検査	正常・異常
	視聴覚	異常感	有・無	・瞳孔左右差 ・対光反射 ・眼球運動	有・無 正常・異常 正常・異常
	めまい		有・無		
運動機能	発声	会話の支障	有・無	発声障害	有・無
	四肢	手足動きの異常	有・無	・握力 ・歩行障害 ・閉眼立位姿勢維持	正常・異常 有・無 正常・異常
				深部検腱反射	正常・異常

異常所見についての詳細：

処置方針（専門医の指示・指導による）

救急再圧処置標準表

症状等	ベルラン中		減圧中	
	疼痛のみ	重症（意識不明、痙攣、四肢の脱力感、運動障害、視力障害、めまい、言語障害、呼吸困難、チョーク）	疼痛のみ	重症（意識不明、痙攣、四肢の脱力感、運動障害、視力障害、めまい、言語障害、呼吸困難、チョーク）
加圧ガス	ヘリウム		ヘリウム	
加圧速度	15m／分		2m／分	
再圧深度	少なくとも現在の深度から20mもしくは症状が消失する深度まで加圧する。ただしエクスカーション深度範囲を超えない。	少なくとも現在の深度から30mもしくは症状が消失する深度まで加圧する。ただしエクスカーション深度範囲を超えない。	現在の深度から20m以下で、症状が完全に消失するまで加圧する。	現在の深度から30m以下で、症状が完全に消失するまで加圧する。
処置	1 加圧後の症状により、以下の処置を行う。 (1) 症状が消失した場合は、少なくとも2時間保圧する。 (2) 症状が消失する兆候はあるが、完全に消失しない場合は、以下の処置を行う。 - 6回まで繰り返し治療用ガスを呼吸する。 - 24時間保圧する。			
	2 治療表11もしくは治療表12により、再圧深度から減圧する。			

症状等	制御不能による減圧		水面到着後	
	疼痛のみ	症状なし	疼痛のみもしくは重症（意識不明、痙攣、四肢の脱力感、運動障害、視力障害、めまい、言語障害、呼吸困難、チョーク）	
加圧ガス	18m以浅は空気、18m以深はヘリウム		空気	
加圧速度	可能な限り速やかに		8m／分	
再圧深度	減圧前の深度まで加圧する。		18mまで加圧し、10分間保圧する。	
処置	1 再圧深度よりもさらに30m加圧した後、以下の処置をとる。 (1) 症状が消失した場合は、少なくとも6時間保圧する。 (2) 症状が消失しない場合は、専門医の指示により、さらに加圧するか、もしくは継続して治療用呼吸ガスを呼吸する。	1 再圧深度で2時間以上保圧する。 2 治療表11もしくは治療表12により、当該深度から減圧する。	症状が消失しない場合 症状が消失した場合	加圧前の症状が疼痛のみの場合 加圧前の症状が重症の場合
	2 治療表11もしくは治療表12により、当該深度から減圧する。	1 酸素呼吸を停止し、明確に症状が消失するまでヘリウムで加圧する。 2 治療表11もしくは治療表12により、当該深度から減圧する。	35分間保圧し、以下の処置を行う。 1 症状が消失した場合は、治療表6で減圧する。 2 症状が消失しない場合は、治療表6の延長により減圧する。	治療表5により減圧する。 治療表6により減圧する。

再圧中あるいは再圧終了後、症状が再発した場合は、専門医の指導のもと前回において症状が消失した深度まで再加圧する。

治療表

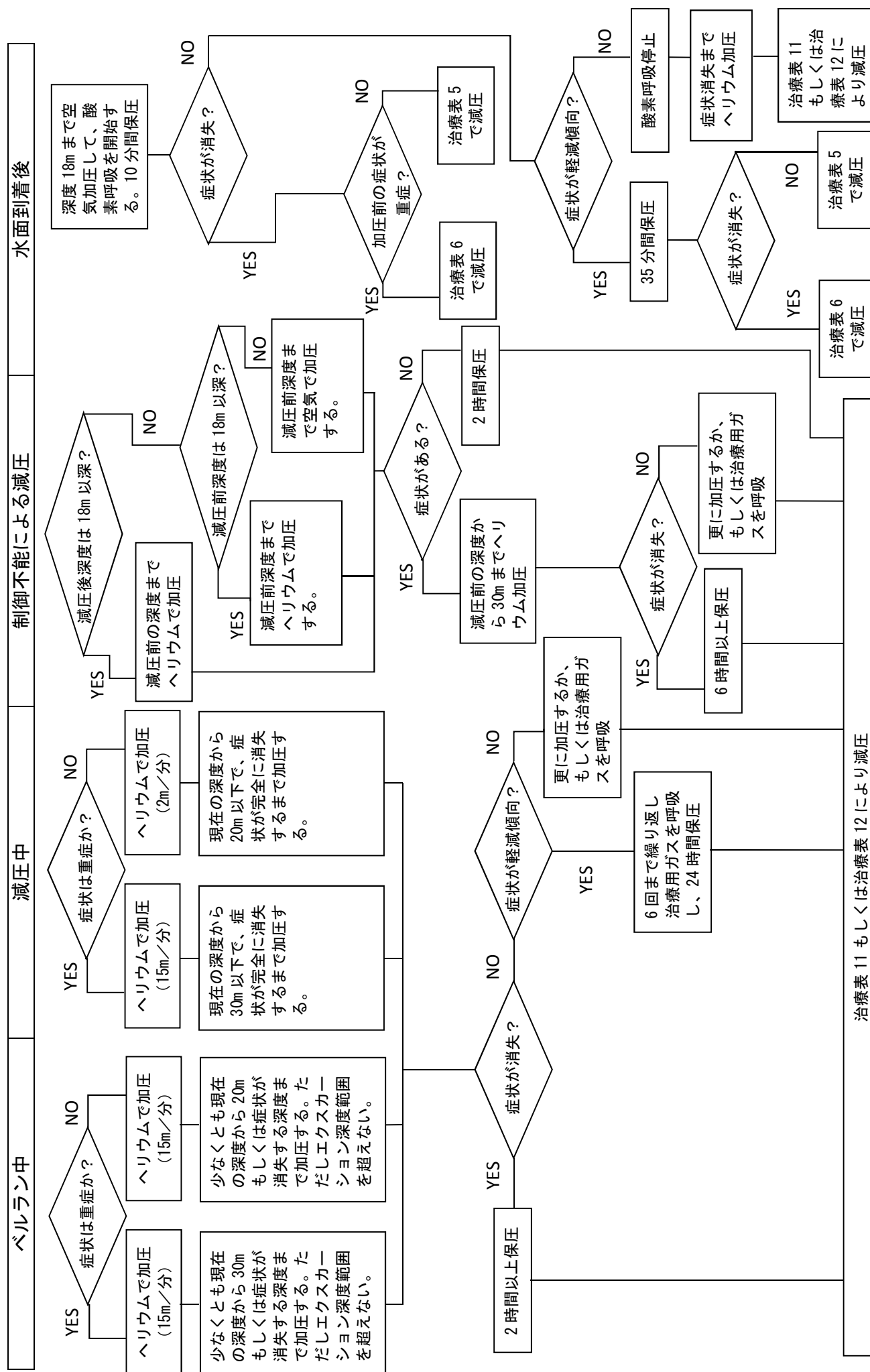
深度	治療表 5		治療表 6	
	減圧時間（分）	呼吸ガス	減圧時間（分）	呼吸ガス
18m	-	-	20	酸素
			5	空気
			20	酸素
	20	酸素	5	空気
18～9m	5	空気	20	酸素
	20	酸素	5	空気
	30	酸素	30	酸素
	-	-	15	空気
9m	5	空気	60	酸素
	20	酸素	15	空気
	5	空気	60	酸素
	30	酸素	30	酸素

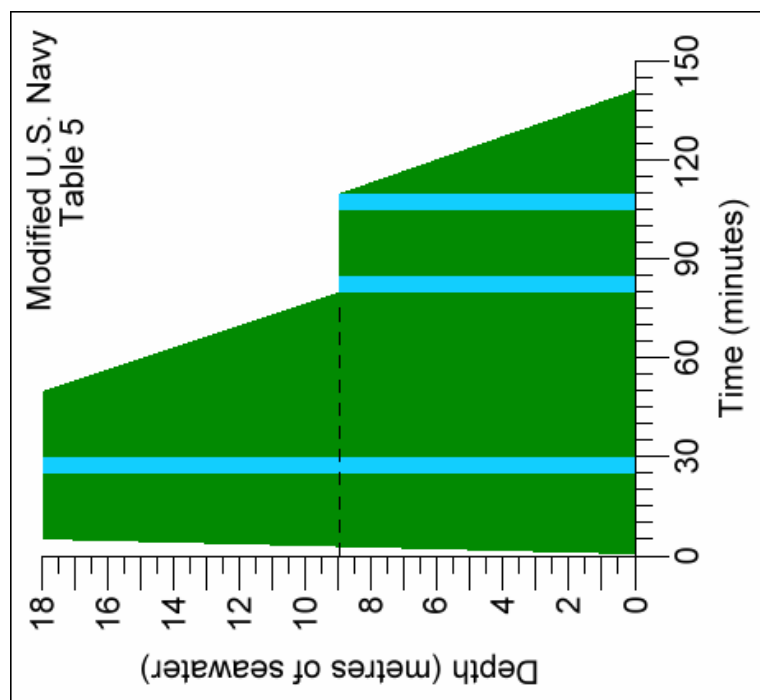
治療表 11		
深度	減圧速度	
300m～100m	1.5m／時	
100m～10m	1.0m／時	
10m～0m	0.5m／時	

治療表 12

減圧深度 (m)	減圧時間 (時)	減圧深度 (m)	減圧時間 (時)	減圧深度 (m)	減圧時間 (時)	減圧深度 (m)	減圧時間 (時)	減圧深度 (m)	減圧時間 (時)	減圧深度 (m)	減圧時間 (時)
300	1.5	237.5	1.5	175	1.5	112.5	2.0	50	2.5		
297.5	1.5	235	1.5	172.5	1.5	110	2.0	47.5	3.0		
295	1.5	232.5	1.5	170	2.0	107.5	2.5	45	3.0		
292.5	1.5	230	1.5	167.5	2.0	105	2.5	42.5	3.0		
290	1.5	227.5	1.5	165	2.0	102.5	2.5	40	3.0		
287.5	1.5	225	1.5	162.5	2.0	100	2.5	37.5	3.0		
285	1.5	222.5	1.5	160	2.0	97.5	2.5	35	3.0		
282.5	1.5	220	1.5	157.5	2.0	95	2.5	32.5	3.0		
280	1.5	217.5	1.5	155	2.0	92.5	2.5	30	3.0		
277.5	1.5	215	1.5	152.5	2.0	90	2.5	27.5	3.5		
275	1.5	212.5	1.5	150	2.0	87.5	2.5	25	3.5		
272.5	1.5	210	1.5	147.5	2.0	85	2.5	22.5	3.5		
270	1.5	207.5	1.5	145	2.0	82.5	2.5	20	3.5		
267.5	1.5	205	1.5	142.5	2.0	80	2.5	17.5	3.5		
265	1.5	202.5	1.5	140	2.0	77.5	2.5	15	3.5		
262.5	1.5	200	1.5	137.5	2.0	75	2.5	12.5	3.5		
260	1.5	197.5	1.5	135	2.0	72.5	2.5	10	3.5		
267.5	1.5	195	1.5	132.5	2.0	70	2.5	7.5	3.5		
265	1.5	192.5	1.5	130	2.0	67.5	2.5	5	3.5		
262.5	1.5	190	1.5	127.5	2.0	65	2.5	2.5	3.5		
260	1.5	187.5	1.5	125	2.0	62.5	2.5	0	0		
247.5	1.5	185	1.5	122.5	2.0	60	2.5				
245	1.5	182.5	1.5	120	2.0	57.5	2.5				
242.5	1.5	180	1.5	117.5	2.0	55	2.5				
240	1.5	177.5	1.5	115	2.0	52.5	2.5				

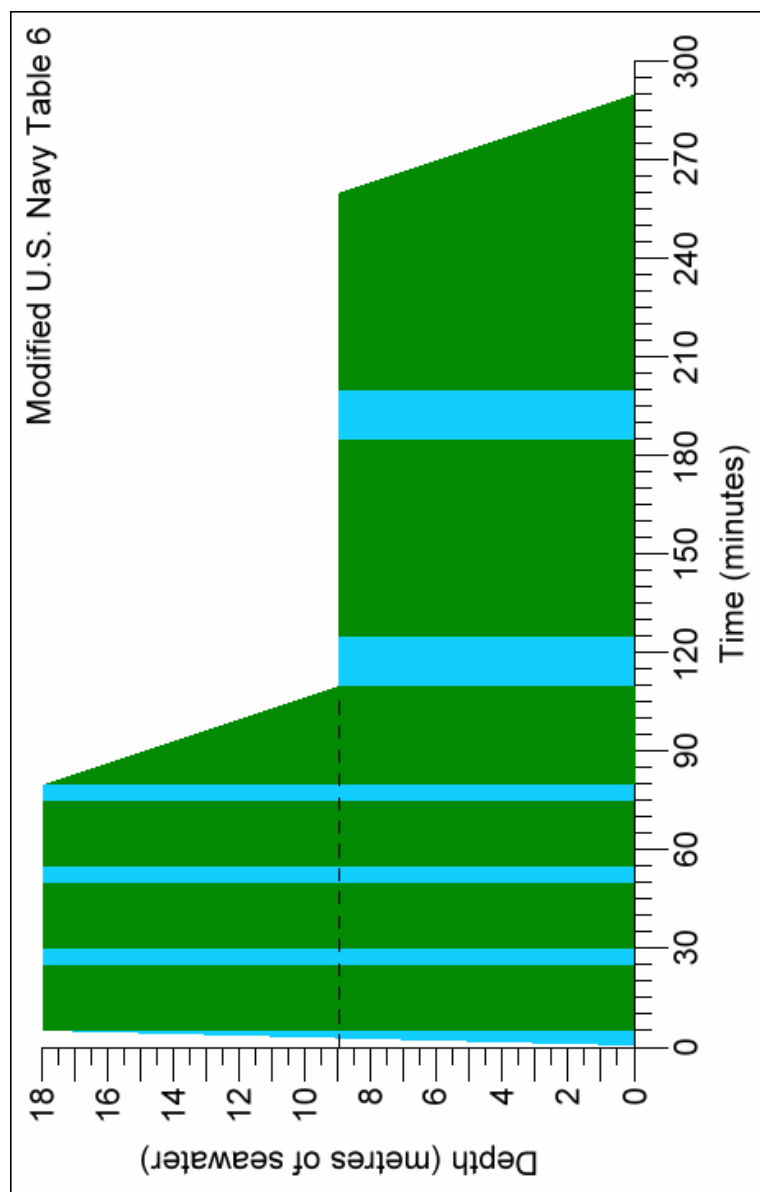
救急再圧処置標準表ブロッックダイヤグラム





治療表 5

(緑色：酸素呼吸、青色：空気呼吸)



治療表 6