

Nitrox と Rebreather

ナイトロックスとリブリーザーの歴史と仕組み

Nitrox という言葉の誕生

- 潜水呼吸用の窒素・酸素混合ガスの初期の用途は、ハビタットと呼ばれる海中居住基地の環境ガスでした。1960年代初期から、海床への関心が世界的規模で広がっていった時期に有名な海洋探検家ジャック・イブ・クストーが行ったコンシェルフ(Conshelf)プロジェクトがその好例です。ハビタットは水面近くから 100mの深さに至るまで、水中のあらゆる所に設置され、滞在記録も 1日ないし 2日から数週間に及ぶ海中居住がおこなわれました。当時のハビタット潜水に関する詳細な記述は数多くの文献に見られます。
- 水深の浅い所に設置したハビタットでは内部環境ガスとして空気を使った例が多く、また、そこから海中に出ていくときには、殆どの場合空気が使われました。(例外としては、コンシェルフ計画では 40m 以深でヘリオックスを用いました。)
- 深度が 15m 以深(絶対環境圧 2.5 気圧)の所に数日以上、長期間滞在する場合には、呼吸ガスが空気だと酸素分圧が高くなりすぎて肺に障害が出ました。
- そこで酸素分圧を低くする必要がありました。当時酸素分圧を低くするためハビタット空間に純窒素を添加し、その結果できた混合ガスをナイトロックスあるいはアンリッチド・エアーと呼びました。

エンリッチド・エアーガスの歴史

- 1794年、医療用ガスとして O₂+AIR を使用 (Reddoes)
- 1874年、気球を使って高所で O₂+AIR を使用。
 - CNS 酸素中毒が確認される (Paul Bert)
- 1879年、50~60%のミックスを使用して最初の O₂+N₂ ダイビングが行われる (Henry Fleuss of Siebe Gorman)
- 1912年以前に、スクーバ用に酸素と空気の混合が行われる (Siebe Gorman)
- 1913年、自動 O₂+AIR 60 製造機が作成される (Dräger 社)
- 1940年、20m までの連続的なダイビングに O₂+AIR 60 を使用したセミクローズドサーキットスクーバを開発 (Lambertson)
- 決定的な PO₂ 限界として 2 気圧 を使用 (英国海軍)
- 第二次世界大戦中、奇襲作戦のために EAN 60 がクローズドサーキットリブリーザーで使用
- これらのシステムの次世代機がこれまでに軍で使用されています。
- ケイブ、ディープレック、テクニカルダイバーは数十年もの間 O₂+AIR を使用
- 1950年代、安全性を高めるためと作業時間を伸ばすために商業ダイバーが O₂+AIR を使用
- 1970年代、アメリカ NOAA は科学研究目的での使用のために O₂+AIR のテーブルと手順を開発
- 1991年以降、UK の科学者は HES (Health and Safety Executive) のライセンスで O₂+AIR を

使用

- O₂+AIR は 30 年以上もダイバー、ノンダイバーの治療用ガスとして使用

EANx (Enriched Air Nitrox) の歴史 (研究潜水・作業潜水)

- 作業潜水の世界では 1970 年代からアメリカの NOAA (アメリカ海洋大気庁) が科学研究目的での使用のために Enriched Air Nitrox テーブルと手順を開発しました。ここで開発されたガスの名称は当初は開発した NOAA の名前が付いており、

NOAA - I (酸素 32% + 窒素 68%)

NOAA - II (酸素 36% + 窒素 64%) と呼ばれました。

しかし覚えにくい！そこで「ナイトロックス」という言葉がとても覚えやすいことに目をつけ！何とか使う方法を模索した結果 Nitrox の後に酸素濃度の数字を記載することが提案されました。

それで Nitrox32 Nitrox36 という表記ができました。

IANTD の設立の歴史

- 1980 年代に NOAA でエンリッチドエア研究のスーパーバイザーを行っていたディック・ラトコウスキー氏は 1985 年に NOAA の職を辞し IAND/International Association of Nitrox Divers を設立しました。彼のゴールはエンリッチ・ナイトロックスの利益をスポーツダイビングの世界に紹介することで減圧をより安全なものとする方法を教えることにありました。
- 1992 年の初めにトム・マウント氏が加わり世界初のテクニカルダイビングのトレーニング指導団体として IANTD / International Association of Nitrox and Technical Divers に名称が変更されました。

Nitrox の歴史 (エンリッチドエアの誕生)

- スポーツダイビングにエンリッチド・エアを使用することに関する論争は、1992 年 1 月、ヒューストンで開催された DEMA (Diving Equipment Manufacturers Association) の直前に頂点に達しました、ナイトロックスの推奨者である IANTD の関係者が一時的に展示会から締め出されたのです。懸念されたのは、火災あるいは爆発を起こすかもしれないようなやり方で高酸素濃度混合ガスを従来のスクーバ装置に使用することに対する懸念からでした。場合によっては、製造メーカーがコントロールできない様なことまでも責任を追求されることにもなりかねないと思われたからです。この締め出し措置 (こらは、後に撤回された) や一般的論争のために、この問題を討議するワークショップが開かれました。そこでは、いくつかの誤解が明らかになり、また、スポーツダイバーはエンリッチド・エアに強い関心を持っていることが明らかになりました。

窒素と酸素の混合気体の呼び名

- Nitrogen (窒素/N₂) & Oxygen (酸素/O₂) の混合気体ということであれば Nitrox (ナイトロックス) という言葉は当初の酸素濃度の低いガスから、酸素濃度の高いガスまですべてナイトロックスということです。一般的に科学の世界では、含有する量が多い方が先に表示されるた

め、Nitrox51 は OxyNox51 になってしまいますがこの場合そういう意味で付けられた名称ではないため、また混乱を招かぬように Nitrox51 になります。

Nitrox32 Nitrox36 Nitrox40 Nitrox60 Nitrox75 Nitrox80 Nitrox90 etc

すべて数字は酸素の割合を現しています。

ナイトロックスとエンリッチドエアー

- 「エンリッチド・エアー」と「ナイトロックス」の妥協の産物として、「エンリッチド・エアー・ナイトロックス」と言う他の用語も使われています。エンリッチド・エアー・ナイトロックスと言う言葉は正確ですが長たらしいので「EAN」と省略されることもあります。また「EA」と言う略語も使われたりと、多用されています。
- 「Nitrox」は Nitrogen-Oxygen の短縮語で頭文字を繋ぎ合わせたものではありません。このように「Nitrox」という言葉には曖昧さがあります。NOAA におけるエンリッチド・エアー潜水の推進者であり、ハビタットで真の意味でもナイトロックスを使うことを推奨したモーガン・ウエールズ(Morgan Wells)博士は、空気もナイトロックスの1つの形態であると指摘しています。

まとめ

- Nitrox は Nitrogen and Oxygen の造語で、SCUBA のように頭文字をつなげたものなどではありません。ですから Nitrox32 のように酸素の混合されている割合の数字を付けて使っています。

酸素濃度と分圧と影響

水深の制限は酸素と窒素のどちらで決まるのでしょうか？

- 潜水深度の制限について考えたことがある人はどのくらいいるのでしょうか？
- マニュアルにはちゃんと書いてあったはずですが？
- OW ダイバーは 18m 以浅 Advanced OW なら 40m 以浅ではなかったのでしょうか？
- この規定は空気潜水でタンク 1 本使用した場合で考えられた容量の限界と窒素酔いによる危険性を考えての限界深度だと思います。水深 40m では 1 気圧の 5 倍のスピードで空気を消費します。
- 深い場所ではタンクは速く減ります
(1 気圧で 60 分潜水可能なタンクは水深 40m では 12 分で空になる計算です。)
- 窒素分圧 PN_2 が 5.0 を超えると Deep water blackout の危険も考える必要があります。

分圧の定義／濃度（割合）と分圧を知ろう！

- 濃度は山の上でも水中でも変わらない
- 分圧は気圧の変化に比例する
- 分圧が変わると性質も変わる
- 1 気圧の空気の酸素分圧は 1 気圧の 21% の圧力と考えると $1 \text{ 気圧} \times 21\% = 0.21 \text{ 気圧}$
- 1 気圧の空気の窒素分圧は 0.79 気圧
- 分圧は潜降に応じた気圧分をそれぞれに掛ける

2 気圧での空気では酸素分圧 $0.21 \times 2 = 0.42$ 気圧

2 気圧での空気では窒素分圧 $0.79 \times 2 = 1.58$ 気圧

酸素中毒

- 酸素中毒には、急性と慢性の 2 種類がある

急性は中枢神経系酸素中毒 (CNS)

- ダイバーは急性に注意
- 酸素分圧 1.6 気圧 (空気で 66m潜水) で最大暴露時間は 45 分
- 暴露した分圧と時間で%を算出し、滞在した各水深の%の合計を計算して予防する。
- テクニカルダイバーは特に注意が必要



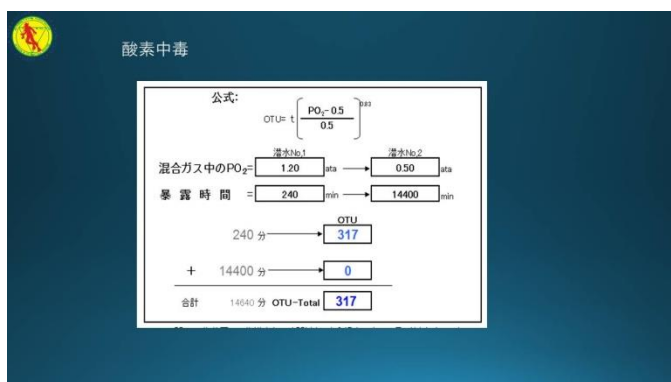
酸素中毒

酸素分圧 atm	NOAA最大暴露時間 分	暴露時間 分	CNS%
1.6	45	45	1.0%
1.5	120	12	1.0%
1.4	150	15	1.0%
1.3	180	18	1.0%
1.2	210	21	1.0%
1.1	240	24	1.0%
1.0	300	30	1.0%
0.9	360	36	1.0%
0.8	450	45	1.0%
0.7	570	57	1.0%
0.6	720	0	0%
合計CNS%			1.00%

図挿入：○CNS 計算表.JPG

慢性は肺と身体の酸素中毒 (OTU / UPTD/CPTD)

- 肺と身体の酸素中毒は暴露した酸素分圧が 0.5 気圧以上で時間に比例し、注意が必要
- OTU の算出は公式に基づいて算出する。(OUT の公式参照)
- 例) 酸素分圧 1.2 気圧 240 分潜水 (潜水 No.1) = OTU317
- OTU850 を超えないように計画することで予防する
- リブリーザーの複数日潜水は急性、慢性の両方に注意



図挿入：○OUT 公式.JPG

ナイトロックスと窒素酔い

- 窒素酔いは空気潜水では 30m 程度から顕著に影響を及ぼすといわれている。
- 窒素分圧が 3.2 気圧を越す暴露圧力からリスクが UP する。
- Nitrox32 で 40msw 潜水した場合、窒素分圧は

$$0.68 \times 5 = 3.4 \text{ 気圧}$$

になり窒素の影響を受けるため窒素酔が起こらないとは言えない。

エンリッチド・エアー・ナイトロックスの限界

- エンリッチド・エアー・ナイトロックスが潜水用ガスとして効率的な水深は、15m～25mだと言われています。
 - 理由は 40m へ Nitrox32 で潜水すると、酸素の圧力が 1.6 気圧に達するからです。(計算は 0.32×5 気圧 = 1.6 気圧) この酸素圧力では急性の酸素中毒 (中枢神経系酸素中毒) に罹る可能性が高くなります。これ以深に潜水すると危険なため NOAA でもアメリカ海軍でも推奨されていません。実際の作業潜水深度では安全のマーゲンをとるため酸素の圧力は 1.4 気圧程度で抑えます。
 - 窒素が空気潜水の 30m 程度の 3.2 気圧を越えると窒素酔いに罹り、判断ミスや判断の遅れから危険度が増します。
- ① 酸素は 1.4 気圧を超えないように設計
 - ② 窒素は 3.2 気圧を超えないように設計
- することで危険回避につながり、効率的な作業が可能です。

深く潜る場合、酸素は減らせばよいのですが、同時に窒素を減らすことはできません。そこで窒素が 3.2 気圧を越える場合の解決策はヘリウム混合で平衡させるのです。

エンリッチド Nitrox の有効な運用方法は、水深 40msw 以浅で減圧停止不要潜水を行い空気減圧表を使用することです。

減圧とエンリッチド・エアー・ナイトロックス

エンリッチド・エアー・ナイトロックスと空気の対比

エンリッチドとは空気成分の酸素の比率を増やし、窒素を減らすことによって、減圧症に罹る確率を減らす目的で開発されました。

減圧症の危険度は身体にかかる窒素の圧力が高いほど、多く溶け込むため高くなります。

空気と Nitrox 32 を比べた場合 Nitrox 32 の方が窒素の圧力が低いため溶け込み量は少なくなります。

1 気圧でも窒素は 0.79 気圧分が身体に溶け込んでいます。

1 気圧中では、空気は 0.21 気圧の酸素 と 0.79 気圧の窒素で構成され

同じく Nitrox32 では 0.32 気圧が酸素と 0.68 気圧の窒素で構成されています。

減圧

- 潜水すると圧力が高くなる。
- 浮上すれば圧力は減る。

浮上=減圧 ということです。

- 身体に溶け込むガス量によって減圧停止が必要かどうかが決まります。
- 減圧停止が必要な潜水はレクリエーションではなくテクニカルダイビングで必要なテクニックです。
- ダイビングコンピューターはあなたの身体を分析しているわけではありません！
アルゴリズム（公式）に従って計算しているだけです。単なる計算は安全？ではありません。

安全率を高めるために開発された EAN x

1. 窒素の影響を抑えるために、窒素の割合を下げた呼吸ガスが Nitrox です。
2. Nitrox の窒素分圧を下げられる限界は 40m 付近にあります。
3. 酸素分圧を上げられる限界も 40m 付近にあります。
4. Nitrox32 もしくは Nitrox 36 の効率の良い水深は 15m～25m です。

安全な潜水のために

- ① Nitrox32 を空気減圧表で使用する。
- ② 空気潜水に準じた滞底時間を使用し、ボトムタイム延長の目的で使用しない。
- ③ 水深制限を厳守させる教育を行う。

Nitrox 32 で 40m 以深への潜水について

- 仮に 45m に墜落したとしても、 PO_2 は 1.8 程度です。
- USNAVY の規定では 5 分未満の PO_2 2.0 暴露が認められています。
- 昨年変わった日本の高圧則ではさらに高い酸素分圧でも良いとされています。
- 極度に PO_2 1.6 を超えると危険と教え過ぎてはいけないと思います。
- 45m 潜水するのに空気を用いるというのは、減圧症のリスクを考えると本末転倒といえます。
- テクニカルダイビングの入門コースで行う、Recreational Trimix 25/30 や Advanced Nitrox での加速減圧を勉強したほうが良いでしょう。

減圧と潜水の考え方

- 減圧を早めるためには窒素濃度が低いガスが必要です。
- 窒素濃度を減らせば、酸素の割合が増え、酸素による障害が問題になります。
- テクニカルダイバーは減圧時間と酸素による障害を天秤にかけて潜水計画を立てます。
- 呼吸ガスの消費を考え、管理します。
- 必要と思われるガス量以上のガスを携行する。
- 基本的には自分一人で賄える装備を準備する。
- バディは頼る存在ではなく助け合える存在。

加速減圧の原理

ダイビングで窒素の排出を速める方法

- ・ 空気でダイビングを行い、浮上時水深 10m で減圧停止を行う場合
- ・ 空気で減圧停止 = 窒素分圧 1.94 気圧 (79%) のガスを呼吸
- ・ Nitrox80 で減圧停止 = 窒素分圧 0.4 気圧 (20%) のガスを呼吸
- ・ 窒素分圧が低いガスを呼吸する方が、窒素は速く排出される。

潜水事故 (NAVSEA 調べ)

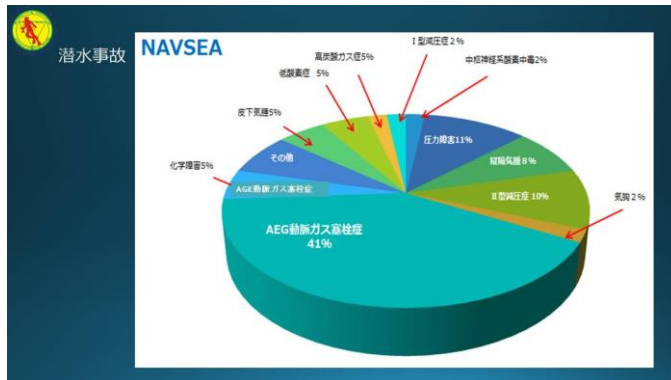
最も多い潜水時の事故は AGE (動脈ガス塞栓症) 41% あります。

減圧症は 12% (I型減圧症 2%・II型減圧症 10%) しか起こっていません。

事故を起こしたダイバーの多くが、呼吸ガスが無くなって急浮上した結果です。呼吸ガスが無くなれば苦しいので息堪えしたまま浮上しようとして肺胞を損傷します。開式潜水器材は呼吸ガスが無くなればすぐに苦しくなるので予備のタンク (cylinder) がないと、バックアップにはなりません。

水中では呼吸できる環境が重要です。

減圧症だけではなく、他の原因の対策も合わせて考えなくてはなりません。

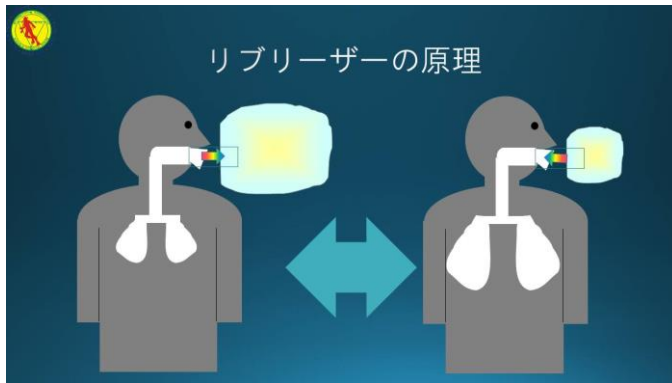


図挿入：○潜水事故.JPG

リブリーザーの世界

リブリーザーの原理

- ・ ビニールやゴム製の袋をくわえて呼吸すると、何回かは呼吸ができます。
- ・ しばらくすると息が浅くなって苦しくなって我慢できなくなります。
- ・ 炭酸ガス (二酸化炭素: $C O_2$) が増えて呼吸中枢を刺激するからです。
- ・ 炭酸ガス吸収をすれば、苦しくありませんが、やがて酸素が無くなり酸欠で死んでしまいます。
- ・ 酸素を消費した分を足せば呼吸は持続できます。
- ・ この機構を機械的、電氣的に完成させたものがリブリーザーです。



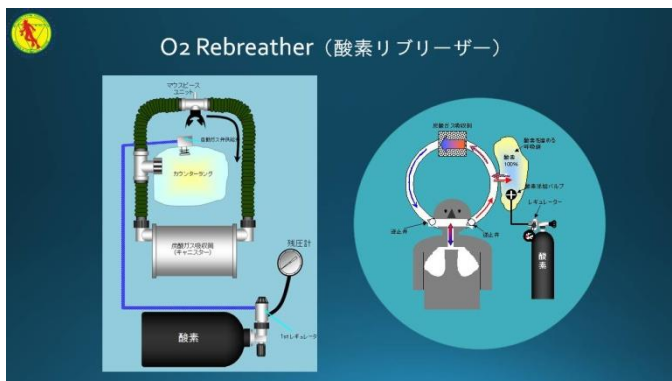
図挿入：○リブリーザーの原理.JPG

呼吸とは何か

- ・肺活量 (VC)：息を最大限吸い込んだあとに肺から吐き出せる空気量のこと (男性平均 5000cc)
- ・一回換気量 (TV)：1回の呼吸で喚起する量 肺活量の 20%～25% (1250cc)
- ・毎分呼吸回数 (RR)：1分間の呼吸回数 (平均 15回)
- ・分時換気量 (MV)：1分間の換気量は 1250cc×15回=18,750cc (約 20ℓ)
- ・オープンサーキット SCUBA では、1分間に 20ℓの空気を消費する。
- ・潜水すれば、10m で2倍：40ℓ、20m で3倍：60ℓ、40m で5倍：100ℓ消費する (水中に捨てている)
- ・酸素摂取量は、呼吸量の約5%：20ℓの5%は1ℓ これは水深で変化しない。
- ・消費した酸素を追加するだけであれば、多くの酸素を持っていく必要はない。
- ・小さなタンクで長く潜ることができる。

酸素リブリーザー (酸素リブリーザーの図参照)

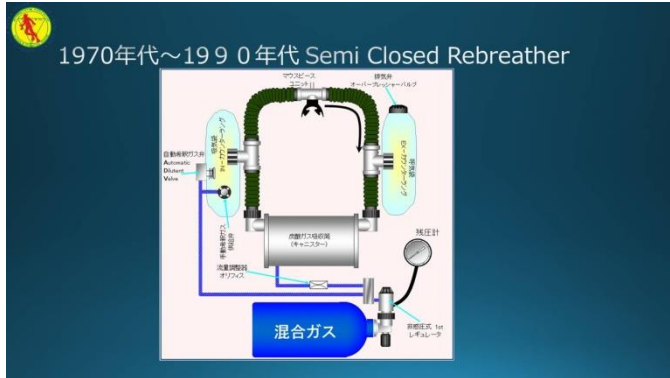
- ・カウンターラング (袋) に息を吹き込み、カウンターラングのガスを吸う。
- ・炭酸ガスはキャニスターで吸収し取り除く。
- ・酸素ボンベから自動ガス供給弁を介して、消費した酸素を供給する。
- ・泡は出ない (閉鎖回路：クローズド サーキット)。
- ・純酸素を使用しているので、6m 以深へ潜水できない。



図挿入：○酸素リブリーザー.JPG

半閉鎖リブリーザー（半閉鎖リブリーザーの図参照）

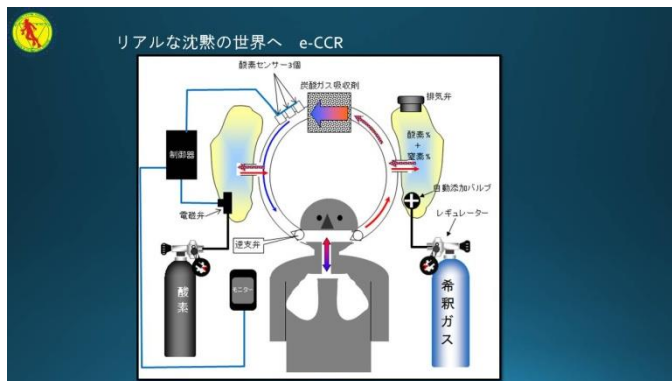
- ・構造の基本は酸素リブリーザーと同じ。
- ・酸素の代わりに Nitrox を使用する。
- ・Nitrox を流量調整機（オリフィス）から常に流し、フリーフローさせる。（泡が少し出る）
- ・流量は酸素分圧が一定なるように調整（深いほど減少）



図挿入：○半閉鎖リブリーザー.JPG

リアルな沈黙の世界へ e-CCR（e-CCRの図参照）

- ・e-CCR：エレクトリック クローズド サークット リブリーザー（閉鎖回路）
- ・構造の基本は酸素リブリーザーと同じ。
- ・酸素センサーが酸素分圧を感知し、制御機が電磁弁を介して電氣的に酸素を供給する。
- ・酸素と窒素の分圧の調整は希釈ガスの添加により行う。



図挿入：○e-CCR.JPG

呼吸抵抗

- ・呼吸抵抗は、呼吸努力量といえる。
- ・呼吸抵抗がある一定以上あると危険。
- ・1分間に90ℓの呼吸（1回3ℓ・1分間に30回呼吸）が可能であること

リブリーザーの呼吸抵抗

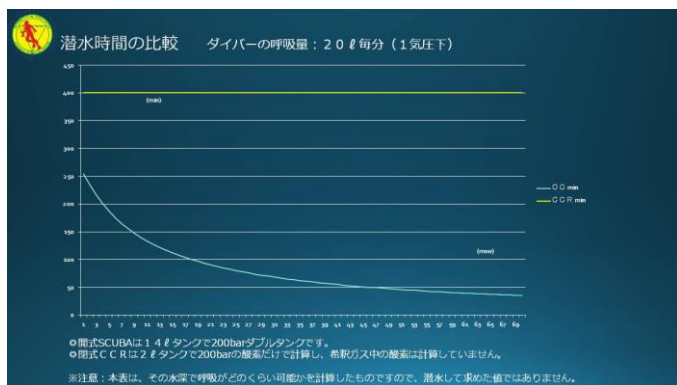
1. 呼吸回路の設計によって変わる。
2. カウンターラングと肺の位置関係で変わる。
3. 弁の構造、炭酸ガス吸収剤の通過デザインで変わる。
4. 姿勢を変えると変化する。

そもそもなぜリブリーザーを選ぶのか

潜水時間の比較（潜水時間の比較の図参照）

ダイバーの呼吸量：20ℓ 毎分（1気圧下）と想定し 酸素消費量は5%で1ℓです。

- ・ 開式 SCUBA は 14ℓ ダブルタンクで 200 気圧使用。
陸上（1 気圧）では 280 分（4:40）呼吸可能ですが、潜水すると 30m で 70 分、70m で 35 分となる
- ・ 閉式 CCR は 2ℓ タンクで 200 気圧の酸素を使用（希釈ガス中の酸素は計算していない）
水深に係わらず 400 分（6:40）呼吸が可能です。
- ・ 閉式 CCR の方が小さなタンクで、長時間潜ることができる。



図挿入：○潜水時間の比較.JPG

器材別の減圧時間と使用ガス量の比較（45m潜水時比較）

- ・ 表で CCR がいかに減圧時間が短く、使用するガスの量が少ないか確認できる。

使用器材	OC-SCUBA	OC-SCUBA	OC-SCUBA	OC-SCUBA	OC-SCUBA	OC-SCUBA	OC-SCUBA	CCR	CCR	
使用ガス	Air	Air	He 20/60	Tx 20/60	Tx 25/30	Tx 25/30	Tx 25/30	EA N60	SPI 2	SPI 3
	-	O2	-	O2	-	O2	EA N60	SPI 3	SPI 3	
潜水時間	60	60	60	60	60	60	60	60	60	
減圧時間	223	120	671	275	175	93	63	68	65	
合計時間	283	180	731	335	235	153	123	128	125	
使用ガス量	10333	8272.3	17588	10770.3	9439	7749.3	6636.2	128	125	
O2	-	628.7	-	1297.7	-	554.7	-	128	125	
EA N60	-	-	-	-	-	-	358.3	-	-	
EA N50	-	-	-	-	-	-	670.5	-	-	

図挿入：○使用ガス量の比較.JPG

Open circuit SCUBA と e-CCR 生理学上の比較（生理学上の比較の図参照）

- ・ 呼吸可能時間や減圧時間は、これまでの説明の通り閉式が有利です。
- ・ 閉式は炭酸ガス吸着時に水蒸気や熱が発生するため、脱水症や体温の損失に関しても有利です。

Open circuit SCUBA と e-CCR 生理学上の比較

比較の仕様：水深40m 呼吸量毎分20ℓ ガス量12ℓ 200bar vs 2ℓ 200bar

使用機材名	呼吸持続時間	減圧時間	脱水症	体温損失
簡式 (OC)	1.2ℓのダブルタンクでも2.4分程度	長い	呼吸ガス中の水分は数パーセントで脱水症に罹患しやすい	断熱断熱により呼吸ガスの温度が低く呼吸により熱損失を起しやすい
簡式 (e-CCR)	30分以上但し炭酸ガス吸収剤の能力に依存する	酸素分圧を一定にすることで深い場所では酸素の割合が増えるので有利	炭酸ガス吸収剤の反応で水蒸気が出るので呼吸が軽くなる	炭酸ガス吸収剤の反応熱が出るので呼吸ガスの温度が4℃と高く保たれるので有利

図挿入：生理学上の比較.JPG

事故率

- ・ CCR ダイビングの事故は、SCUBA の8倍と多い。
- ・ 機材が複雑ですが、機材のトラブルというより、ヒューマンエラーで事故を起こしている。
- ・ 炭酸ガス吸着剤の入れ忘れやタンクのバルブの開け忘れなど。
- ・ 慎重に使用する必要がある。

レクリエーションダイビングに特化したリブリーザー

レクリエーションに特化したリブリーザーの仕様とは！

1. 誤った組み立てができない形状デザインであり、頑丈な設計のユニットであること。
2. スクラバーキャニスターを入れ忘れた場合、呼吸ができない機構がありダイバーに警告を発すること。
3. ユニットの、前もってパックされた CO₂ スクラバー・カートリッジが使用できること。(製造元は承認済みの材料・技術によって事前にアセンブリされたもの)
4. ダイバーがマウスピースのマッシュルームバルブ機能を確認後、プリダイブ・チェック中に呼吸回路内陽圧/陰圧チェックを自動で行うこと。
5. プレダイブ手順に正しく従わない場合は、潜水することを了承しないが生命を維持する機能は行うこと。
6. 酸素センサーのセルフキャリブレーションができること。
7. 電子系統が正しく起動しない場合ユニットは自動で起動しダイバーに警告すること。
8. ベイルアウトが必要な場合、目視で簡単に確認できるように表示すること。(例:HUDーヘッドアップディスプレイ)
9. マウスピースをはずさずに片手でオープンサーキットベイルアウトに切り替えることができること。
10. 呼吸時にカウンターラング容量が少ないとユニットは自動でループ内にディルエント/ガスを追加できること。
11. ディルエント/酸素/ガスの供給が適切に行われな場合、ダイバーに警告を発すること。さもなければ、関連するガスに自動で替わること。
12. バッテリー残量を知らせ、非常に少なくなると、警告すること。
13. ディルエント/酸素/ガスの供給が低くなりすぎると、ダイバーに警告すること。

- 14.セットポイントを自動で切り替えること。
- 15.深さ 40m(130ft)でも正常に機能すること。
- 16.通常使用時ターゲットセットポイントに、より近い PO₂を保つこと。
- 17.PO₂が高くなりすぎると、ダイバーに警告すること。
- 18.PO₂が低くなりすぎると、ダイバーに警告すること。
- 19.PCO₂が高すぎる場合、もしくは、スクラバー残量を予測するシステムがある場合ダイバーに警告できること。
- 20.回路内にオーバープレッシャー・リリース・バルブ(OPV)があること。
- 21.他のダイバーが使用できるセカンド・ステージ(例：オクトパス)を合うように設定できること。
- 22.ユニットには、“ブラックボックス”データレコーダー機能があること。
23. 18m(60ft)の深度で減圧停止不要潜水を行う場合、携行するガスの容量の範囲内で緊急時に BOV(ベイルアウトバルブ)を使用して、浮上するためのガスを取り置く機能があること。
- 24.リブリーザーは、国内・外問わず、認可された第三者による適切な基準に準じたテストを受けていること。クロズド・サーキット・ミックスガス・リブリーザーには、例として、CE-EN14143(CE マーキング獲得済み)や、NOAA Minimum Manufacturing & Performance Requirements が含まれます。

レクリエーションに特化したリブリーザー：EXPLORER（エクスプローラ）



図挿入：○EXPLORER.JPG

EXPLORER の機能

上記の使用をほとんどカバーした機材といえる。

1. プリダイブチェック機能

スイッチを入れた段階から自動で潜水前のチェックを行う機能。

2. 酸素センサー3 個による監視機能

- ・呼吸回路内の酸素分圧を監視し、水深に応じた酸素分圧を保つ
- ・呼吸回路内の酸素分圧の低下を感知すると、呼吸回路内のガスを棄てながら新鮮なガスを供給する

3. 炭酸ガス分圧監視機能

炭酸ガス分圧が上昇した場合に警告を出す機能で、炭酸ガス吸収剤の劣化などで危険な場合を知らせる

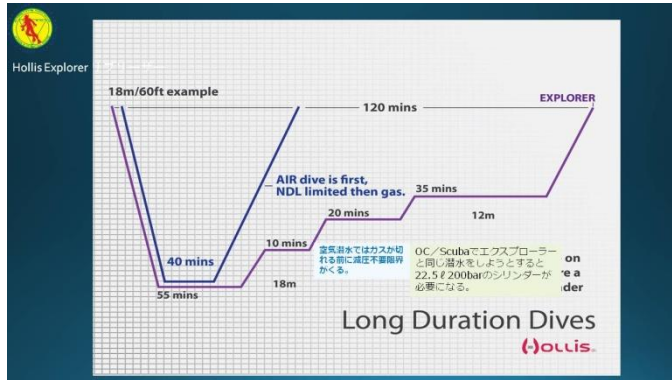
5. 炭酸ガス吸収剤のカートリッジ・インジケーター

カートリッジを入れないとインジケーターが緑にならずまた、呼吸もできない。

- 6. 減圧監視機能及び減圧停止前警告
- 7. 残圧警告
- 8. ガス消費量異常警告

EXPLORER のダイブプロフィール

EXPLORER では下記のようなダイブプロフィールのダイビングを楽しめる。



図挿入：○ダイブプロフィール.JPG

おまけ

ダイバーの肺と生活習慣

煙草の影響

- 肺のガス交換を妨げる
- サーフエクタンス能力の低下
- 二酸化炭素耐性が上がる
- 減圧症の罹患率が上がる
- 窒素用に罹りやすくなる
- 中枢神経酸素中毒に罹りやすくなる。
- 一酸化炭素を溜めこむ
- ヘモグロビンへの親和力は酸素の何倍？
- 完全に排出するにはどのくらいかかる？
- 肺胞や肺組織が弱ると
- 皮下気腫 縦隔気腫 気胸 に罹る

禁煙しましょう!!

質問

- リブリーザーの初期投資はどれくらいかかりますか？

Nitrox 供給がなければできない。しかも Nitrox36 を使いたいがなかなかその状況が難しい。

リブリーザー 1 台の上代は 850,000 円くらい。

炭酸ガス吸着剤は 1 缶 20ℓ (13 回分) で 20,000 円

他に、酸素センサーも 1 年に 1 回の交換が必要

- リブリーダーの体験コースは実施していますか？

八丈島コンカラーで行っている。伊豆では行おうとしているが、まだ状況が整わない。

伊豆大島では、今年インストラクターを養成したので、これから開催の予定です。