

ダイビングを楽しむ方への豆知識

レギュレーターの呼吸抵抗値って何？

皆様は、レギュレーターの性能についてご存知でしょうか？
ほとんどの方はそんな事は考えられた事もないのではないかと思います。
確かに現在一般で販売されているどのレギュレーターを使っても「別に息できるしそんなに大差ないんじゃない？」と言われると、「まあプロのガイドさんやイントラさんに頼っている安全管理されたダイビングではその様な考えもありかな？」と思ったりもします。
実際に身体的、精神的に異常のない状態、また浅場で潜っていれば、高性能なレギュでもそこそのレギュでも、違いがわかる方はそれ程多くはないのかも知れません。

ただし、性能が低いレギュレーターでは、本人やバディがパニックや、それに近い状態になってしまった時、つまり呼吸が浅くて回数が速い状態の時、十分な空気を複数のダイバーへ同時に供給できるかどうかには疑問があります。

特に深く潜っている時にそのような状態になってしまった場合には、レギュレーターが生死の明暗を分ける可能性もあるのです。

それでは、良いレギュレーターの定義とは何でしょうか？
一言で言えば「どのような外部環境（水温・深度等）、ダイバーの状態でも安全・確実に、ダイバーが要求する十分な空気を安定して供給できる事」という点に尽きると弊社は考えます。
その為にはまず第一に、故障のリスクを軽減する為にシンプルな構造でなくてはなりません。

レギュレーターはおもちゃ玩具ではありません、皆様の生命を預かる呼吸器です。
色々なお飾り、例えば水分補給ができるボトルや、空気を潤す為の水分を含んだフィルターさらに本来は空気を充填する機械・コンプレッサーに装備され定期的に交換されるべき、空気を清浄するフィルターを不必要に何個もレギュレーターにつけてみたりするのは、セールストークにはなりますが、それらのパーツに付着した水滴が寒冷地では凍結してしまったり、カビが発生してみたり、それらの余計なパーツに塩やその他が凝固して空気の流れを阻害してしまい、呼吸器としての本来の絶対無二な使命である、どんな条件でも十分な空気を供給するという事に対するリスクになってしまうのです。

では、レギュレーターを呼吸器として考え、その性能の優劣を客観的に数字で比較する事ができると思いますか？ 今日ではそれができるようになりました。
残念ながら、最初に申し上げたシンプルな構造であるかどうか？はメンテナンスができるプロでなければ知識として知る由はありませんが、完成品のレギュレーター同士を呼吸抵抗値が大きいか？小さいか？でその性能を客観的な数字で比較する事はできるようになりました。

呼吸抵抗値とは、ダイバーがレギュレーターで呼吸する時の1呼吸、つまり「吸って吐く」という行為をどれだけ少ない労力でできるかどうかで判定します。
その労力はエネルギー＝すなわち「J」：ジュールという単位で表します。
この数字が小さければ、小さいほど少ないエネルギー（労力）で楽に1呼吸できることとなります。
と言ってもなかなか分かり難いと思いますので、いっそ 3.0 ジュールという数字を記憶して頂ければ嬉しく思います。

3.0 ジュールという数字は、CE規格EN250に合格できる数字です。（一定の条件／残圧 50 バール、水深 50m等々で **1呼吸を 3.0 ジュール以下**、でできる事）。

ちなみにヨーロッパではCE規格に合格していないレギュレーターは市場に流通させる事ができません。しかし残念ながら日本では野放し状態です。

このCE規格を満たしていないレギュレーターも、日本ではたくさん販売されてしまっているのは現実です。

何しろ日本では、ダイビングレギュレーターには何の法的な規制、基準、規格、取り締まりも無いので、どこかのレギュをコピーして製造して、CE規格不合格の製品を販売しても違法ではないのです。

信頼できる各メーカーは、レギュレーターの機種ごとのCE規格に準拠した呼吸抵抗値を数字でご案内できると思いますので、通われているショップ様経由で皆様のレギュレーターの呼吸抵抗値を尋ねてみては如何でしょうか？

CE規格に合格している製品でも市場には0.5ジュール以下のものもあれば、3.0ジュールギリギリのものもありますので、今度はCE合格品の中で呼吸抵抗の優劣を判断する専門的な話をして行きたいと思います。正直な所、ここからプロレベルの話になりまので「もう読むの疲れた！」という方はこの辺で一旦止めておいて、またお時間がある時に、改めて読んで頂ければ嬉しく思います。

さて、呼吸抵抗値はアンシティ：ANSTIという測定装置で計測します。アクアランググループではそのANSTIの最大機種であるL.S.E.T.F（水温調節ができ、リブリーザーの測定やダイバーのポジションを変更しての計測ができる機種）を3台保有しており、日本国内ではそれより簡易な機種になりますがD.R.T.Sという機種を保有しています。このD.R.T.SでCE規格EN250の基準に則り、呼吸抵抗値を日本の当社で計測する事ができます。

神奈川県厚木市の当社内にあるANSTI
簡易式の呼吸抵抗測定値 D.R.T.S
空気圧で圧力（水深＝水圧相当）をかけるドライタイプ。



アクアラングの製造工場（米国、フランス、英国）に3台の大型水槽式L.S.E.T.Fがあり、レギュレーターの製造工場ではそれが必要（寒冷水、逆立ち、あお向け等のダイバーポジションでの測定、リブリーザーの測定等で）と考えます。

もちろん、保有していないメーカーでも外注で測定してもらえますので、これがないと、CE取得できないわけではありません。

さて、それでは話を呼吸抵抗値に戻しましょう。
先にご案内させて頂きました通り、ANSTIで計測する呼吸抵抗値はJ（ジュール）というエネルギーを現す単位で表します。
もう一度主要な結論を簡単に言いますと、下記の条件がCE合格品になるために必要です。

水深 50mの深さで
残圧 50bar しか残圧がないタンクで、一定の呼吸条件（62.5L/分）にて
1呼吸（吸って吐く）が3.0ジュール以下でできること

ジュールの数値が大きくなればなるほど、1呼吸するのに苦労するとお考え頂ければよいですし、逆にジュールの数値が小さくなればなるほど、1呼吸するのに苦労しなくて済み、楽に呼吸できる事になります。数字が小さいほど、呼吸抵抗が小さく呼吸しやすいということになります。

なので、合格基準が「**3.0ジュール以下**であること」なんですね。
これは無理ですが、もしも呼吸抵抗値が0ジュールだったら何のエネルギーも使わずにレギュレーターで人間が1呼吸できることになります。

さて、3.0ジュール以下という数字はもう憶えて頂いたと思います。

次に、ANSTIで計測したデータの詳しい読み方について、ご案内させて頂きたいと思います。

次のページの別紙1のデータをご覧下さい。

一般にこのグラフを「WOBカーブ」と言います。

WOBは (Work Of Breathing) の略で、1呼吸に必要なエネルギーを表します。

さて、ここからがいよいよ皆さんが、イントラさん等プロの方々に負けない知識をさらに増やすところです。どんな形のカーブが呼吸抵抗が小さいのかを想像しながら、長くて大変ですが頑張ってください。

中央に横の線を見る事ができると思います。(mbar と標記された横のライン)

この中央の線から下が吸気時の抵抗値を表しています。

グラフ曲線が下側に膨らめば膨らむほど、抵抗値が増え、空気を吸う時に人間の空気を吸い込む努力が必要になります。

A 点が空気の吸い始めのスタート地点です。

A 点から空気を吸い始め、B 点を経過し、C 点で空気を吸うのが終了しています。

吸うのを止めたら、次は吐かなくてはなりません。

つまり、中央の横線から上部が排気時の抵抗値を表しています。

グラフ曲線が上に膨らめば膨らむほど、抵抗値が増え、空気を吐くのに人間の吐き出す力が必要になります。

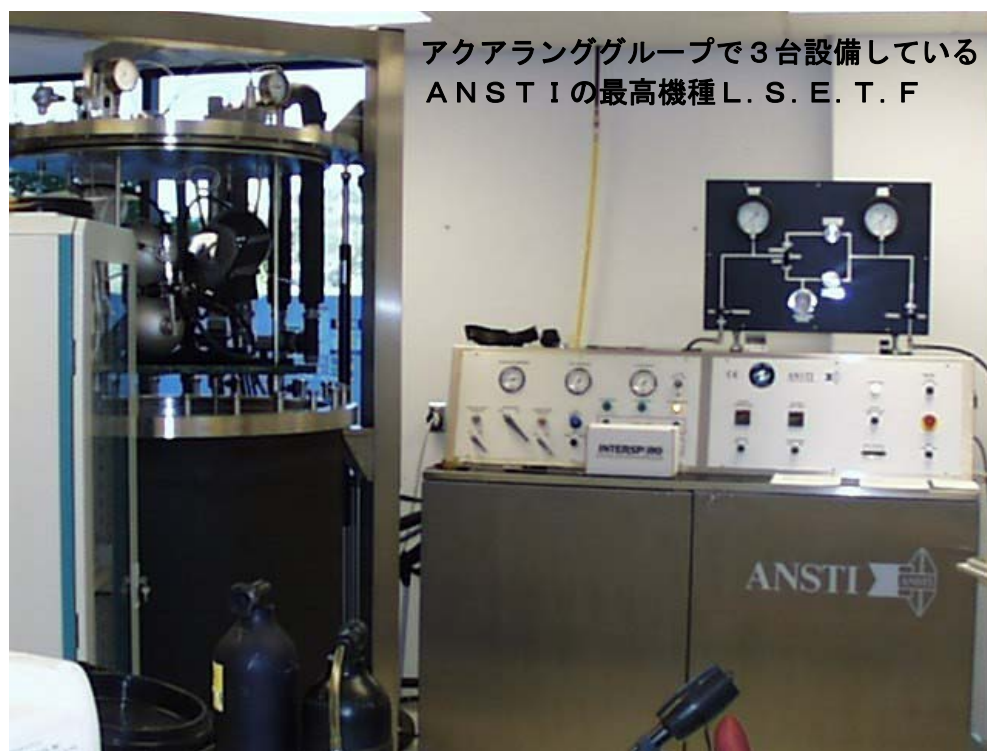
D 点から吐き始め E 点で一番吐きにくくなり (抵抗値が増え) F 点で吐くのが終了し、吐き出したら次は吸わなくてはなりませんので、また A 点から吸い始めます。

実は簡単に言いますと、このグラフ曲線の面積の大小で呼吸抵抗を一目で判断する事ができます。

このグラフの面積が小さければ小さいほど、少ない抵抗値で1呼吸できるという事です。

上下に大きく膨らめば膨らむほど吸排気に抵抗がかかってしまっていて、1呼吸するのに人間のエネルギーが必要であるという事がお分かり頂けるとと思います。

英語で恐縮ですが、別紙1のRESULTS (結果) のところのEXT WORK OF BREATHINGを見て下さい、数値が0.67J (ジュール) となっています。ここが 3.0J 以下でないとCEに合格しません。



米国、英国、フランスのアクアラング・エイペックスの各製造工場に設備されている、ANSTIの最高機種の水槽式L.S.E.T.F。

一般のレギュレーターだけでなく、リブリーザーの測定、寒冷地用水温調整、ダイバーの姿勢を3次元で設定の上、呼吸抵抗値を測定する事ができます。

別紙 1

APEKS XTX50 レギュレーターの呼吸抵抗値

DEMAND REGULATOR PERFORMANCE

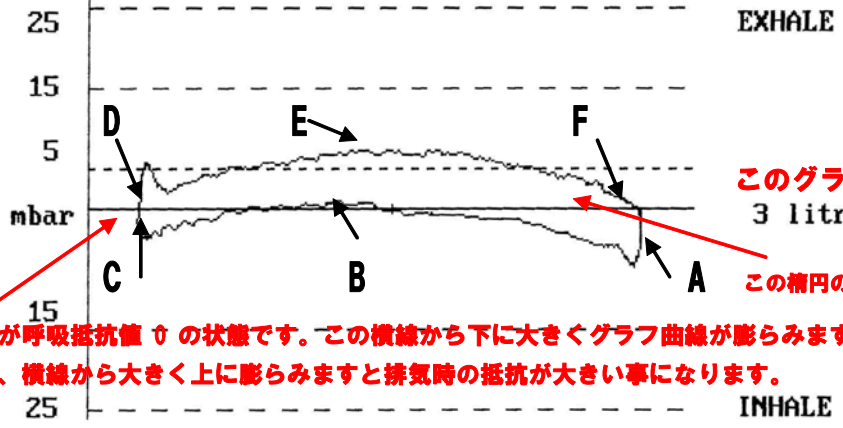
— ANSTI ————— APEKS ————— ANSTI —
 CERTIFICATE REFERENCE : 3L 0607 1 5035
 DATE : 26-07-2006 TIME : 01:51:40

EQUIPMENT
 REGULATOR TYPE : XTX50
 SERIAL NUMBER : n/a
 INTERMEDIATE PRESSURE : 9.5 barg SURFACE/STATIC

CONDITIONS OF TEST
 ROOM TEMPERATURE : 24.0 C
 WATER TEMPERATURE : 23.1 C
 EXHALE TEMPERATURE : 22.4 C
 HP SUPPLY PRESSURE : 49 barg
 TIDAL VOLUME : 2.50 litre BREATH RATE : 25.19 bpm
 VENTILATION RATE : 63.0 lpm

RESULTS
 INHALE PRESSURE = 7.22 mbar
 INHALE POS PRESSURE = 1.03 mbar
 EXHALE PRESSURE = 7.40 mbar
 EXT WORK OF BREATHING = 0.67 J/l
 INHALE WORK = 0.15 J/l
 POS INHALE WORK = 0.01 J/l
 EXHALE WORK = 0.51 J/l

PRESSURE - VOLUME DIAGRAM AT DEPTH OF : 50.4 msw (165 fsw)



タンク残圧約 50BAR

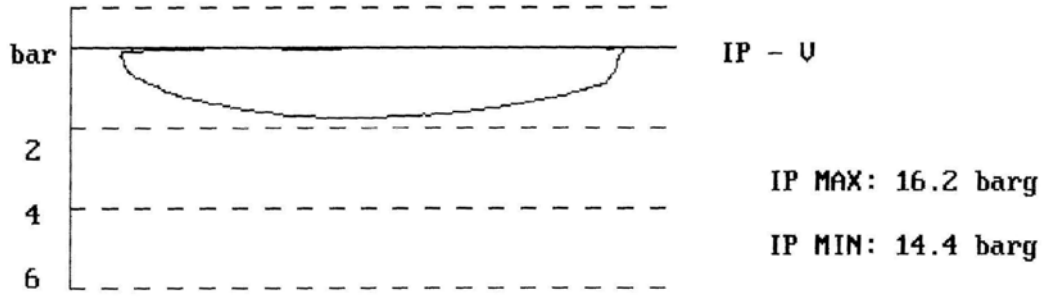
←この数値が 3.00J 以下でないと EN250 が取得できません。

水深約 50m

このグラフ曲線が WOB カーブです。
 3 litre max

この楕円の面積が小さいほど呼吸抵抗が少ないです。

中央の横線が呼吸抵抗値 0 の状態です。この横線から下に大きくグラフ曲線が膨らみますと、吸気時の抵抗が大きい事になります。また、横線から大きく上に膨らみますと排気時の抵抗が大きい事になります。



別紙 2, 3 をご覧下さい。

同じレギュレーターでも、セカンドステージのベンチュリーレバーをプラス (+) にするかマイナス (-) にするかで、このグラフの形が大きく変わってきます。

別紙 2 はアジャストノブを最大にゆるめ、ベンチュリーレバーも + にした場合のグラフです。つまり一番吸いやすい状態にレギュをセットした場合の WOB のグラフ形状です。

ほとんど、吸気する際には抵抗がかからず、わずかな吸う力 (エネルギー) で吸気できています。

さて、時々このグラフをご覧になった方で、吸っている時に抵抗値 0 の中央線から上に行ってしまうので勝手に空気が来すぎて逆に苦しいので良くないという方がおられますが、その方は本当の事を言われていると思われませんか？ もちろん、誤解です。

それが誤解であるという事を理解するポイントは、C E 規格で水深 50m での測定値という事とレギュレーターがデマンド式であるという点です。

フリーフロータイプではありませんので、ダイバーが空気を吸う意思をもって吸わなければ、空気は出てきません。

つまりどんな状態でも、ダイバーが吸うのを止めれば瞬時にセカンドの弁が閉じられ、フリーフローする事はありません。

万が一、その勘違いされている方が言われるように、大量に空気が来すぎて咳き込んでダイバーが吸えなくなれば、当然ダイバーは吸う事ができない=息を止めると思います、そんな現象は聞いた事はありませんし、我々の何千回というテストダイバーのレポートでも報告された事はありません。

皆さんは、深いところで渋くなるレギュレーターがあるという話はお聞きになったことがあると思います。はい、それは事実です。一部のものはそうなるものがその機構上あります。

しかし、50m もの深場で「空気が来すぎて苦しかったよ」なんて話を聞いた事がありますか？ 多分ないと思います。

デマンド式のレギュレーターはダイバーが吸おうという意思がなければ、空気は出てこないのです。

また、思い出して下さい、このグラフは C E 規格に準拠する水深 50m 相当で計測したグラフです。

水深 50m では空気は粘性を持ち吸いにくくなります、それを補正する為にレギュレーターはファーストステージ内の中圧値 (ファースト内に溜まった空気の圧力) が自動的に上がっています。

中圧値を上げる事で、ダイバーへ十分な空気を供給します。吸気抵抗を下げてあげる必要性が特に深いところではあるのです。50m のこの深度で吸気の際に抵抗が大きくなり、グラフ曲線が下側に膨らむ楕円形状の WOB カーブを描くレギュレーターはリスクがあると言えます。

ちなみに水深 10m 程度に A N S T I を設定して、呼吸抵抗値を計測するとこのグラフの形は少しドラ焼きみたいに、上下に膨らんだ楕円に近い形になります。

なぜだかお解かりですか？ 10m では水深が深くないので空気が粘りを持ちませんので、50m の時ほど中圧を上昇させる必要がないからです。

もう一度申し上げます、ダイバーの方はすでにご存知の通り、あくまでもダイバーが「吸おう」という意思をもって行動しなければ空気は出てきませんし、その吸い込む強弱で当然弁の開き方が変わりますので吸気感も変わるのです。

別紙 3 をご覧下さい、別紙 3 は別紙 2 と同じレギュレーターで、アジャストノブは別紙 2 の時のそのまま、ベンチュリーレバーをマイナス (-) に変更して、わざと吸いにくい状態にセットして計測したものです。

同じレギュレーターでもセカンドの設定を厳しくしただけで、水深 50m では大きな吸気抵抗が出てしまう事が別紙 2 と別紙 3 を比べてみると、一目でお分かり頂けると思います。

ベンチュリーレバーをマイナス (-) にしただけで、WOB カーブは楕円形状になり、吸気時に抵抗が出て別紙 2 よりも吸いにくい状態になってしまっています。

ただ、作業ダイバーの一部の方々の中には、渋い呼吸感がお好きな方もいらっしゃる事は事実です。弊社のレギュレーターでも、渋い呼吸感=吸う努力をよりしなければ空気が出てこない状態にしたければ、アジャストノブを目いっぱい締め込み、ベンチュリーレバーをマイナス (-) にすればそれに近い状態になりますので、弊社のレギュレーターでも、その設定時には WOB カーブは上下に大きく膨らんだ、楕円でドラ焼き形状の、呼吸抵抗のあるグラフになります。その設定でさえも、C E 基準は無論クリヤ

ーしていますが・・・。

最後にご参考ながら、2001年11月16日に故ジョン・ベネット氏がAPEKSのAT100レギュレーターで、ギネスブック公認の水深300mの記録を樹立しました。

彼がGE規格の水深50mどころではなく、水深300mでガスが供給されすぎて、フリーフローして呼吸できずに大変だったと思いますか？ もちろんそんな馬鹿な事があったはずがありません！

2703 apeks john ben to sand 15/5/1 2:17 pm Page 1



“When you’re 254 metres down, free-ascending isn’t an option.”

John Bennett

John Bennett depends on Apeks regulators.

Photography by Phil Shaw

Although regulator failure at a world-record ocean depth of 254 metres would mean certain death, John Bennett wasn't feeling the pressure.

"I know the Apeks regulator I was using would assure my safety but I was expecting a dramatic reduction in ease of breathing at that kind of depth. Instead, it was like being at 100 metres," stated John, expert instructor and veteran of over 300 dives below 60 metres, all assisted by Apeks equipment. He added; "Apeks regulators breathe superbly. They're simply the best."

Environmentally sealed and pneumatically balanced, Apeks regulators are designed and built to withstand the most extreme conditions any diver will experience. Tested to the limits of endurance, they're probably the most efficient and reliable ever made. And the extra peace of mind this gives you will enhance each and every dive you make. Just ask John.



John Bennett
Heads the Technical Training at
Atlantis Dive Resort in the Philippines.
jbenett254@yahoo.com

In independent breathing tests around the world, the proven performance of these British regulators consistently puts competitors in the shade.

Exceeds European Standard EN250 and US Navy NEDU Group A.

All Apeks regulators come with a lifetime guarantee.

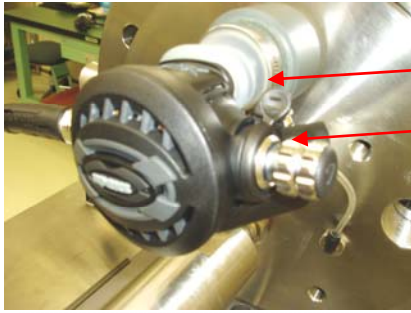


Apeks Marine Equipment Ltd,
Neptune Way, Blackburn,
Lancashire BB1 2BT, England.
Tel: 01254 692200 Fax: 01254 692211
E-mail: info@apeks.co.uk
Web: http://www.apeks.co.uk

故ジョン・ベネット氏が水深254mに達した時のAPEKSの記事です。

別紙 2

APEKSXTX50 でアジャストノブ（流量調整）を最大ゆるめ、ベンチュリーも+の状態での WOB
 （吸気抵抗を最大限減らした場合＝最も呼吸しやすくした場合）



ベンチュリーレバー : 最大プラス+の状態

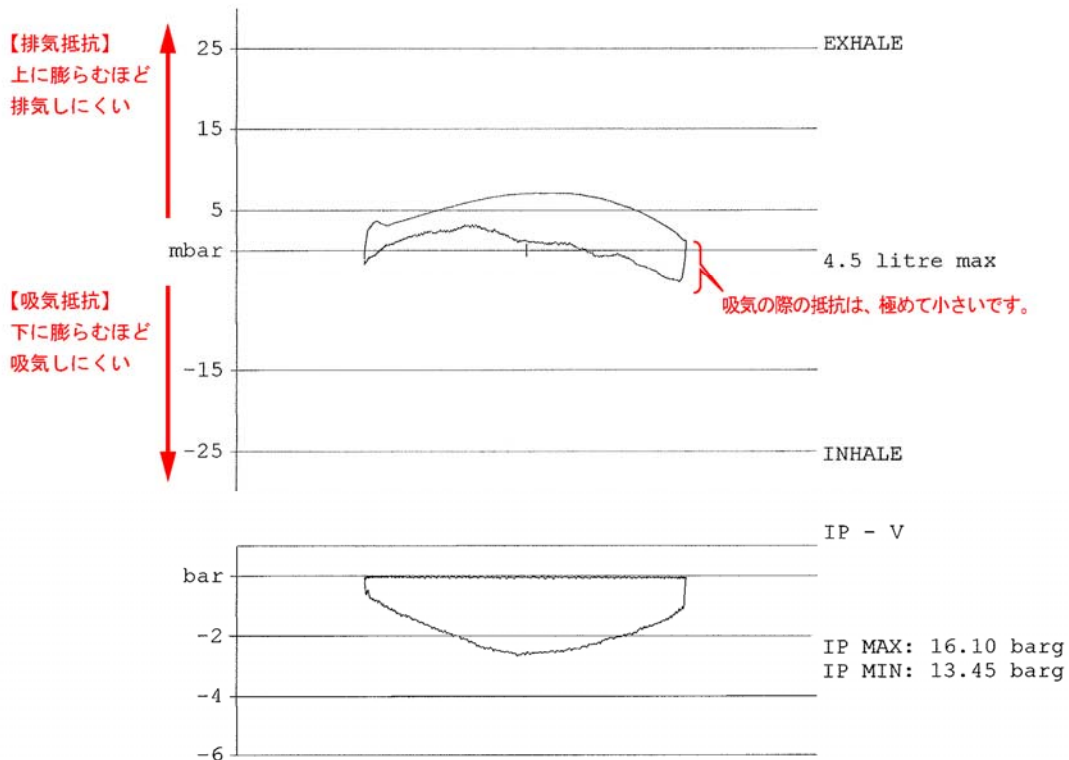
アジャストノブ : 最大オープン（ゆるめた）状態

DEMAND REGULATOR PERFORMANCE

—ANSTI—	AQUA-LUNG JAPAN	—ANSTI—
CERTIFICATE REFERENCE	: DRTS-0712117	
DATE : 19/08/2008		TIME : 09:36:06
EQUIPMENT		
REGULATOR TYPE (機種)	: XTX 50	
SERIAL NUMBER (シリアルナンバー)	: 8045335	
INTERSTAGE PRESSURE (1st 中圧値)	: 9.50 barg	
CONDITIONS OF TEST		
ROOM TEMPERATURE	: 26.0 C	
HP SUPPLY PRESSURE	: 44.6 barg	← タンク圧 44.6 bar
TIDAL VOLUME	: 2.50 litre	BREATH RATE : 24.94 bpm
VENTILATION RATE	: 62.3 lpm	← 呼吸回数 / 分
RESULTS		
INHALE PRESSURE	= 4.19 mbar	
INHALE POS PRESSURE	= 3.23 mbar	
EXHALE PRESSURE	= 7.14 mbar	
EXT WORK OF BREATHING	= 0.59 J/l	← WOB は 0.59J
INHALE WORK	= 0.06 J/l	
POS INHALE WORK	= 0.10 J/l	
EXHALE WORK	= 0.53 J/l	

(水深 50.4m)

PRESSURE - VOLUME DIAGRAM AT DEPTH OF : 50.4 msw (165.5 fsw)

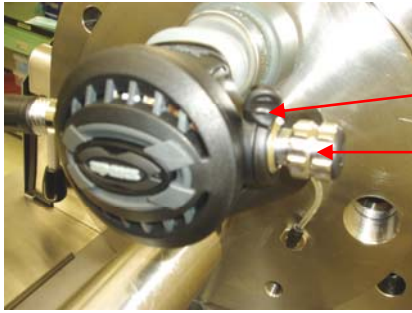


REMARKS : VEN + / BR MAX

DRTS-0712

別紙3

APEKSXTX50 でアジャストノブ（流量調整）はゆるめたまま、ベンチュリーを（一）の状態での WOB（吸気抵抗を別紙2より大きくした場合＝別紙2より吸気しにくくした場合）



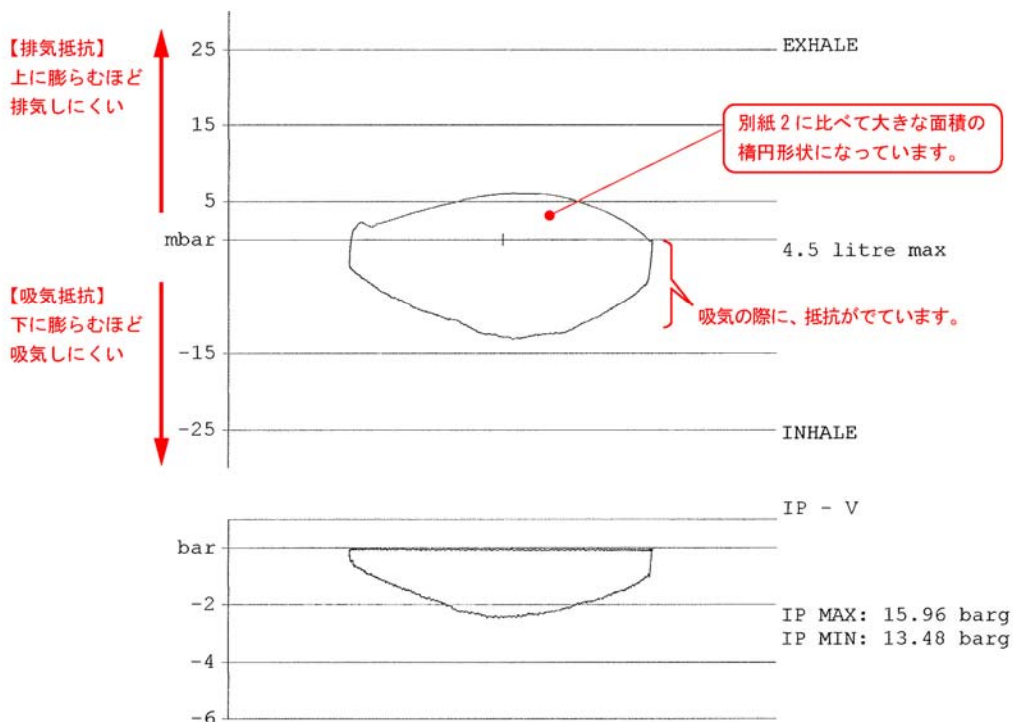
ベンチュリーレバー : 最小マイナスの状態

アジャストノブ : 最大オープン（ゆるめた）状態

DEMAND REGULATOR PERFORMANCE

ANSTI	AQUA-LUNG JAPAN	ANSTI
CERTIFICATE REFERENCE	: DRTS-0712119	
DATE : 19/08/2008		TIME : 10:12:41
EQUIPMENT		
REGULATOR TYPE (機種)	: XTX 50	
SERIAL NUMBER (シリアルナンバー)	: 8045335	
INTERSTAGE PRESSURE (1st 中圧値)	: 9.50 barg	
CONDITIONS OF TEST		
ROOM TEMPERATURE	: 26.0 C	
HP SUPPLY PRESSURE	: 44.6 barg	タンク圧 44.6 bar
TIDAL VOLUME	: 2.50 litre	BREATH RATE : 24.94 bpm
VENTILATION RATE	: 62.3 lpm	呼吸回数 / 分
		1 回あたり呼吸量
RESULTS		
INHALE PRESSURE	= 13.26 mbar	
INHALE POS PRESSURE	= 0.00 mbar	
EXHALE PRESSURE	= 5.99 mbar	
EXT WORK OF BREATHING	= 1.38 J/l	WOB は 1.38J (別紙2の2倍以上!)
INHALE WORK	= 0.98 J/l	
POS INHALE WORK	= 0.00 J/l	
EXHALE WORK	= 0.40 J/l	

PRESSURE - VOLUME DIAGRAM AT DEPTH OF : 50.5 msw (165.5 fsw)



REMARKS : VEN - / BR MIN

DRTS-0712