

H-3. 「半閉鎖回路潜水器の酸素供給量に関する研究」

海上自衛隊横須賀地区病院潜水医学実験部

森田明紀 川島祥三 大岩弘典

(目的)

Constant Mass Flow Type 半閉式スクーバの、使用深度内の安全な吸気酸素分圧 (PI_{O_2}) と曝露時間(t)に適合する酸素供給量 (DO_2) を決定する。過去、わが国には、この問題を解決するデータはない。

(方法)

前回までに発表した国産半閉式スクーバ(改良型)を開いて、以下の研究を行なった。

I) 安静、及び作業時の酸素消費量 (\dot{V}_{O_2})

加圧タンク：0～54 m 加圧試験

水槽：海面力泳試験

II) 安静、及び作業時の PI_{O_2} -t 関係

同じく、加圧タンク及び水槽試験

III) 作業時の平均吸気酸素濃度 (FI_{O_2})

ア) 半閉式スクーバ使用時の \dot{V}_{O_2} は、次の式で求めた。

(PI_{O_2} が定常値の場合)

$$y = \frac{L(Ax - p)}{A - P}$$

(PI_{O_2} が非定常値の場合)

$$y = \frac{L\left(x - \frac{P_1 + P_2}{2A}\right) - (P_2 - P_1)C_v}{1 - \frac{P_1 + P_2}{2A}}$$

但し、 y : \dot{V}_{O_2} , L : 混合ガス供給量,

x : 供給ガス酸素濃度, P : PI_{O_2} ,

A : 潜水深度, P_1 : 時間 t_1 における PI_{O_2} , P_2 : 時間 t_2 における PI_{O_2} ,

C_v : 回路内容積

これらの式に、測定用サンプリング量も考慮して、 \dot{V}_{O_2} を計算した。

試験潜水の方法 (表・1)

加圧タンクにおける作業は、自転車エルゴメーターを用い、第1回と第2回実験とでは、 $\dot{V}O_2$ が異なる。

(結果)

I) (イ) $\dot{V}O_2$ の測定

図1, 及び2

$\dot{V}O_2$ と体表面積についての相関なし。

(ロ) PI_{O_2} -Depth関係

図3, 及び4

II) PI_{O_2} -t関係

図5, 及び6

III) FI_{O_2}

表2

(考察)

I) $\dot{V}O_2$ の測定

半閉式スクーバ使用時のダイバーの $\dot{V}O_2$ を直接測定する事はできないので、実測した PI_{O_2} -t関係から前述の式を用いて計算した結果、理論式は満足でき、実際に即する事がわかった。体表面積と $\dot{V}O_2$ との相関はなく、個体差と $\dot{V}O_2$ についての差はみられなかった。

$\dot{V}O_2$ の巾から PI_{O_2} -Depth関係を計算したところ、 PI_{O_2max} は2.0 ATA以下、 PI_{O_2min} は $\dot{V}O_2+2SD$ を除いて0.2 ATA以上であり、 PI_{O_2} は安全範囲に入った。

II) PI_{O_2} -t関係

PI_{O_2} -t関係を指数関数関係 $PI_{O_2}=ae^{kt}+b$ と仮定して、 PI_{O_2} -tのデータから、各各a, b, kを求めた場合、 PI_{O_2} の理論値と実測値についてあまり差がなく、理論式の妥当性を認めた。 PI_{O_2} の勾配、即ちkの値は、大流量供給の実験2の方が小さいが、加圧タンク、水槽試験共に、流量について有意差はみられなかった。これは、実験開始時の呼吸バッグ内酸素量がバラバラで、位相のずれを生じたためと思われる。

PI_{O_2} -t関係で最も重要である高分圧酸素曝露時間については限界内にあり、更に低分圧酸素については、酸素供給量の多いオリフィスの方が良い結果を得たので、国産半閉式スクーバ(改良型)は、大流量オリフィスを選んだ。

III) FI_{O_2}

N_2-O_2 混合ガス潜水における減圧計算の重要因子は FI_{O_2} であり、これはダイバーの $\dot{V}O_2$ に大きく左右される。平均 FI_{O_2} は表2の通りであるが、この値は今後の N_2-O_2 混合ガス潜水の減圧計算に用い得る。

(結 論)

日本人の使用する半閉式スクーバの、0 ~ 54 m 深度における潜水時の最適酸素供給量が、およそ個人差によらず決定する事ができ、Rest及びWorkの PI_{O_2} が決定された DO_2 で満足する事がわかった。試験にあたっては、2種の DO_2 について検討したが、流量の多いオリフィスの方がより安全である事がわかった。小流量の値については、外国の例からみて、日本人の体格差を考慮したものであるが、ダイバーの体格差が無視できるものであったという事は、大きな収穫であった。

Table 1.
Conditions of 1st & 2nd Experiment
(BTPS)

Exp	Diving Depth	Orifice	O ₂ %/N ₂ %	Dosage
1st	0 - 24 m	I	60/40	3.61pm
	0 - 42	II	40/60	7.2
	0 - 54	III	33/67	10.8
2nd	0 - 24 m	I	60/40	4.5
	0 - 42	II	40/60	9.0
	0 - 54	III	33/67	13.5

Table 2.
Mean F_{IO_2} (2nd Exp) at Work

Orifice	Depth	F_{IO_2}	Range
I	24 m	.285	.235-.335
II	42	.234	.211-.257
III	54	.243	.226-.260

Fig 2. Oxygen Uptake at Work(2nd)

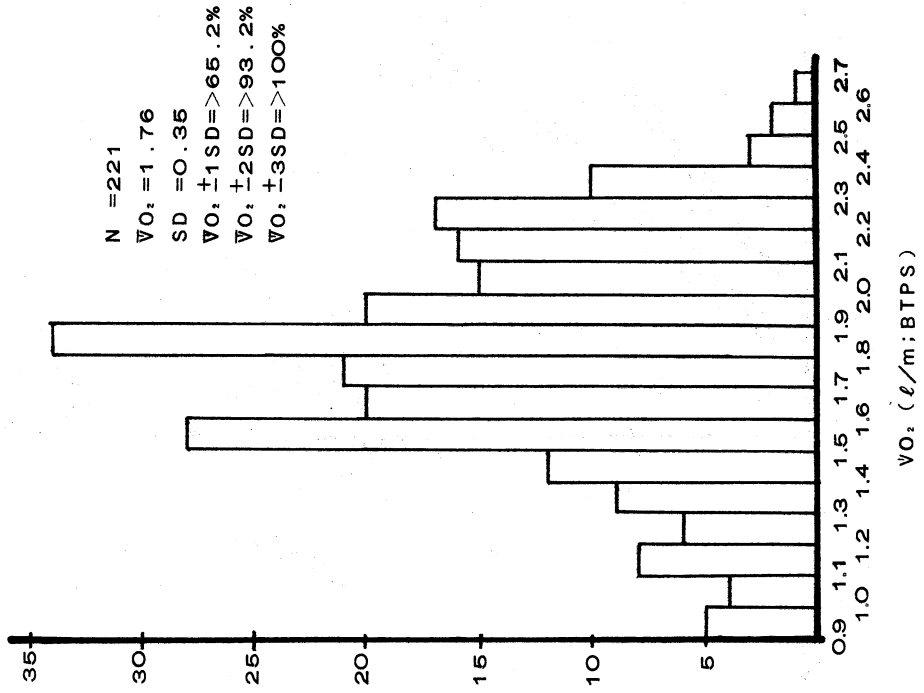


Fig 1. Oxygen Uptake at Rest(2nd)

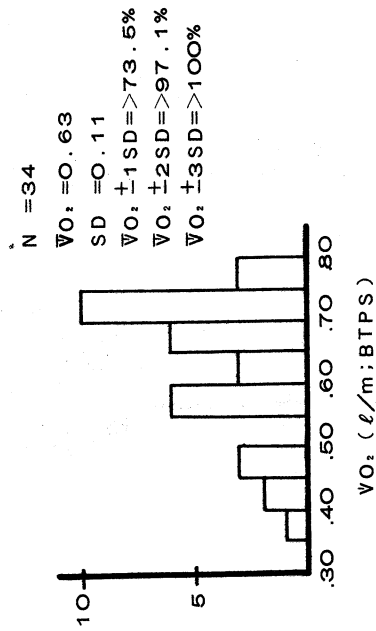


Fig 3. $\bar{V}O_2 \pm 2SD$ at Rest (2nd)

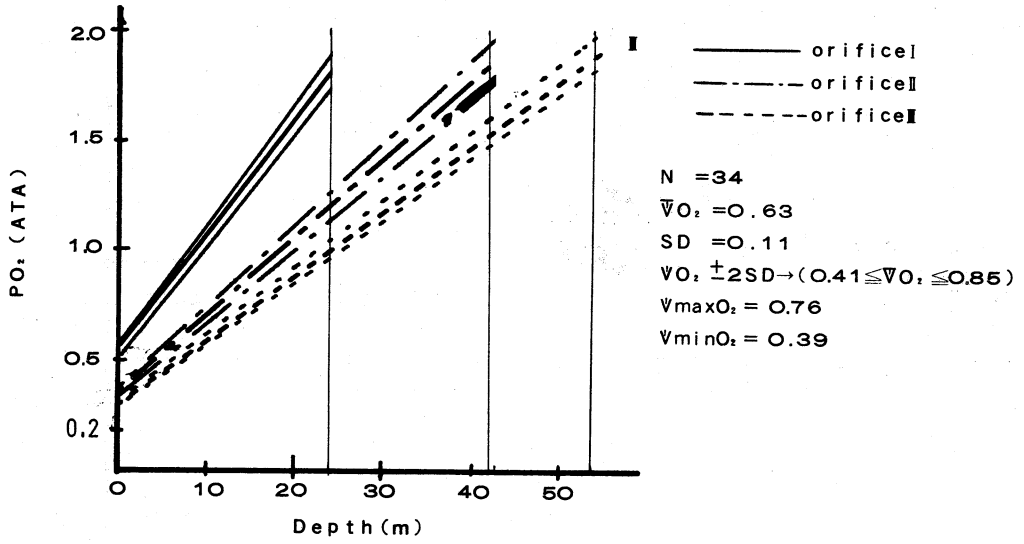
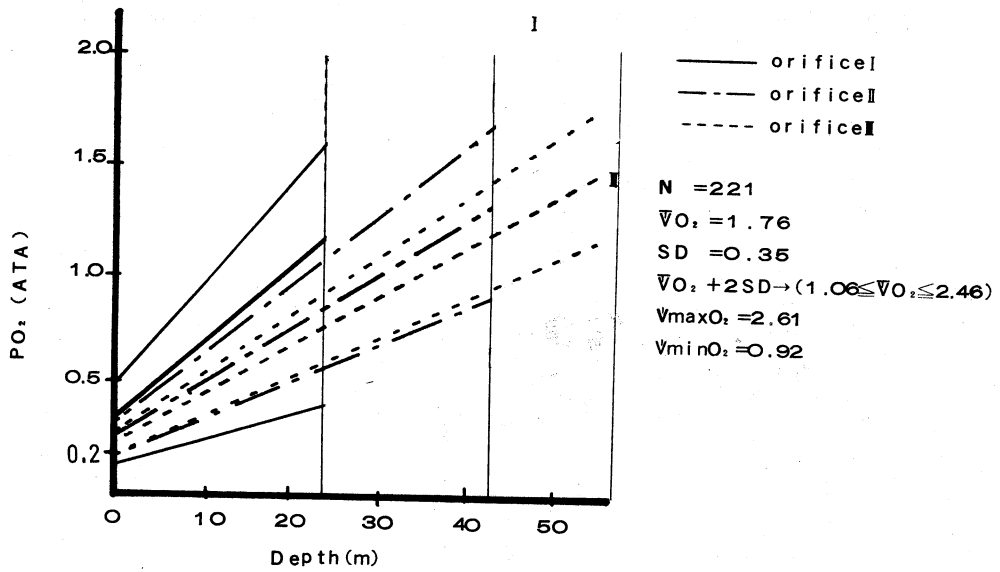


Fig 4. $\bar{V}O_2 + 2SD$ at Work (2nd)



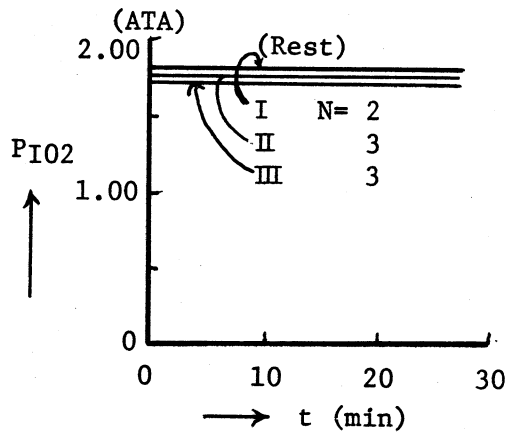
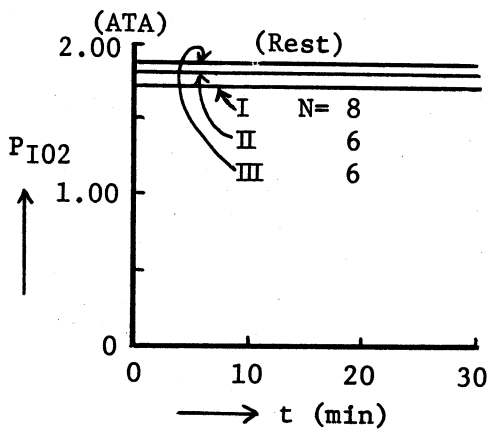
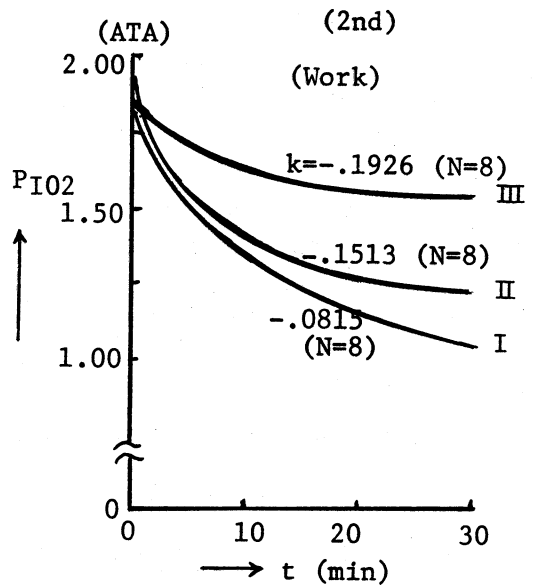
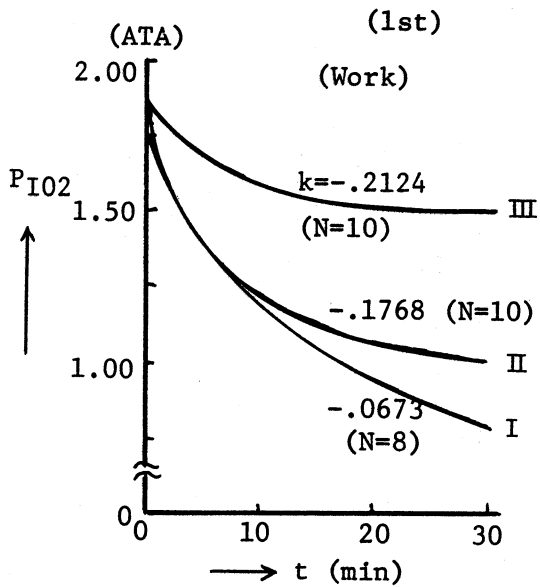


Fig. 5 Change of PI02 (Pressure Chmb. Test)

(Surface Swimming)

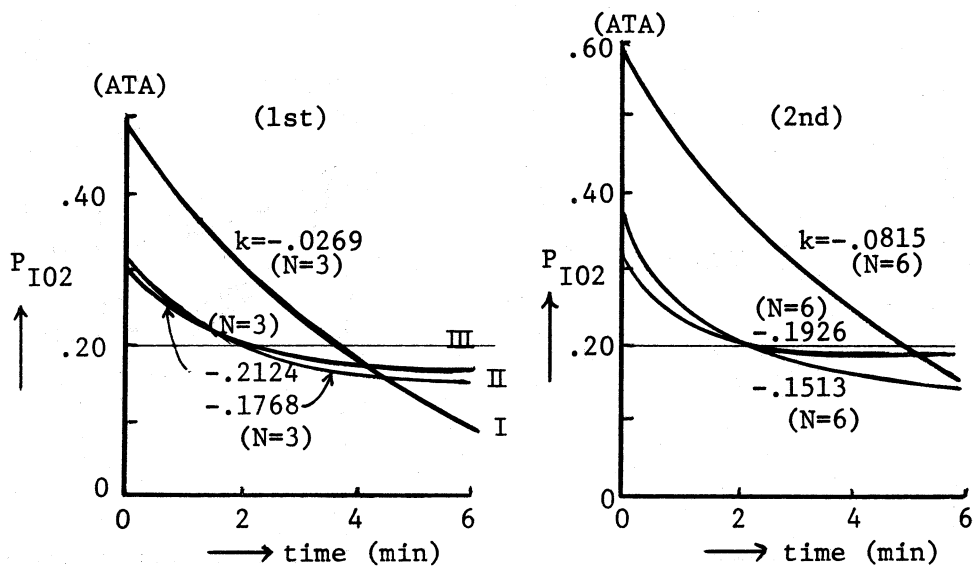


Fig. 6 Change of P_{I02} (Open Tank Test)