

H-4, FGG-III 潜水呼吸器の性能調査

海洋科学技術センター

富安 和徳 金田 英彦

半閉式スクーバの呼吸抵抗について、FGG-IIIを用いて検討した。

FGG-IIIの呼吸気循環回路は図1の如くで、この呼吸抵抗は次の式で表わせる。

呼気抵抗

$$R = h_o + \frac{\rho\rho}{2g} \sum_{i=1}^n \left\{ \left(\frac{v}{60pn^2 + \pi 8n} \right)^2 \frac{L_i}{D_i} \right\} + C - \frac{\rho\rho}{2g} \left(\frac{v}{60pn^2 + \pi qn^2} \right) + \alpha$$

吸気抵抗

$$R = h_o - \frac{\rho\rho}{2g} \sum_{i=1}^n \left\{ \left(\frac{v}{60pn^2 - \pi qn} \right)^2 \frac{L_i}{D_i} \right\} + C$$

$$\text{但し } qn = \frac{Q}{30} \text{ l/sec}$$

ここで各記号と単位は次のとおりである。

R : 抵抗 (mmH₂O 又は g/cm²)

h_o : 排気弁の設定圧力 (mmH₂O 又は g/cm²)

P : 絶対圧力 (ATA)

ρ : ガス密度 (g/cm³ · ATA)

v : 呼吸回路への供給ガス量 (l/min)

δ : 呼吸の1回換気量 (l)

n : 分時呼吸回数 (回/min)

Q : 分時換気量 (l/min)

π = 3.14

S : 呼吸装置回路の通気断面積 (cm²)

A : 排気弁のダイヤフラムの受圧面積 (cm²)

L : 相当管長 (cm)

D : 相当直径 (cm)

C : CO₂ 吸収キャニスターの通気抵抗 (mmH₂O 又は g/cm²)

α : 排気弁の位置とダイバーの水中姿勢から肺に加わる水圧 (mmH₂O 又は g/cm²)

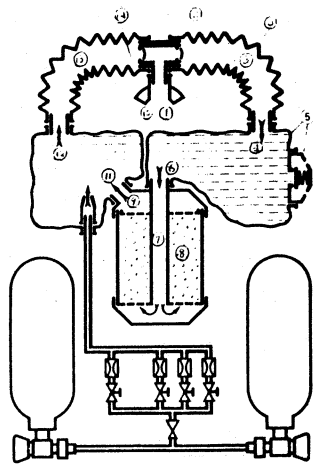


図-1 半閉式スクーバの抵抗箇所

- ① マウスピース (呼気)
- ② 呼気弁
- ③ 呼気ホース
- ④ 呼気ホースから呼気バッグへの入口
- ⑤ 排気弁
- ⑥ 呼気バッグからCO₂ キャニスターへの入口
- ⑦ CO₂ キャニスター入口管
- ⑧ CO₂ キャニスター
- ⑨ CO₂ キャニスター出口
- ⑩ CO₂ キャニスター出口管
- ⑪ CO₂ キャニスターから吸気バッグへの入口
- ⑫ 吸気バッグから吸気管への入口
- ⑬ 吸気管
- ⑭ 吸気弁
- ⑮ マウスピース (吸気)

上記方程式の傾向は第2項の()内の分子をみればわかり、これに特定条件を入れて計算すると図2に示す線群が得られた。FGG-Ⅲの抵抗実測線は図2と類似の曲線を示さなければならない。

測定は大気圧下で空気を流して行ない、その結果を図3および図4に示す。

図3は排気弁の影響は関与させず、回路の通気抵抗の連続流と呼吸流の違いをみたものである。ここでは、抵抗特性は呼吸弁の作動に最も強く影響される。

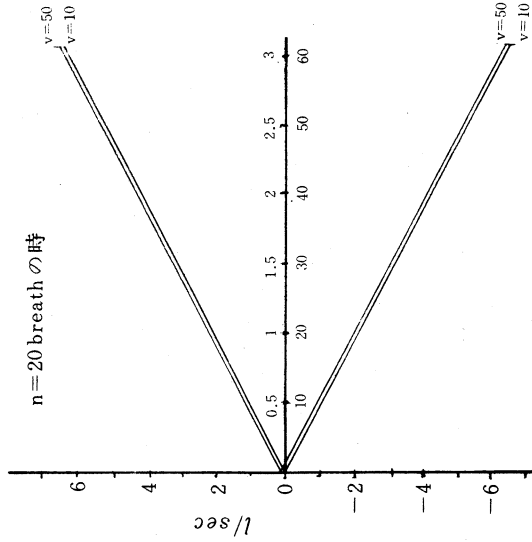
図4は半閉鎖循環による抵抗を測定した結果で、前記方程式から α のみを除いたものである。ここでは排気弁の影響が顕著に現われている。分時換気量を分時呼吸数と1回換気量として別個にとらえると、抵抗測定値は2種類の線群で現われ、図4の実線および破線はそれぞれ図2の(a)および(b)の線に相当する。排気弁の影響は、まず呼気抵抗の最低値が h_0 まで高められ、次いで図4の破線に現われている分時呼吸数の増加に伴う抵抗の減少で呼気抵抗式の第4項に関与するものである。吸気抵抗には排気弁の影響は h_0 だけで、呼吸量が少ない範囲において、ガス供給量との関係から逆向きの抵抗が生ずる。

潜水中の呼吸抵抗は、呼吸の分時換気量、1回換気量、分時呼吸数それぞれの範囲内の抵抗域に α (FGG-Ⅲでは約 $-20 \sim +50 \text{ cmH}_2\text{O}$)を加えた範囲となる。

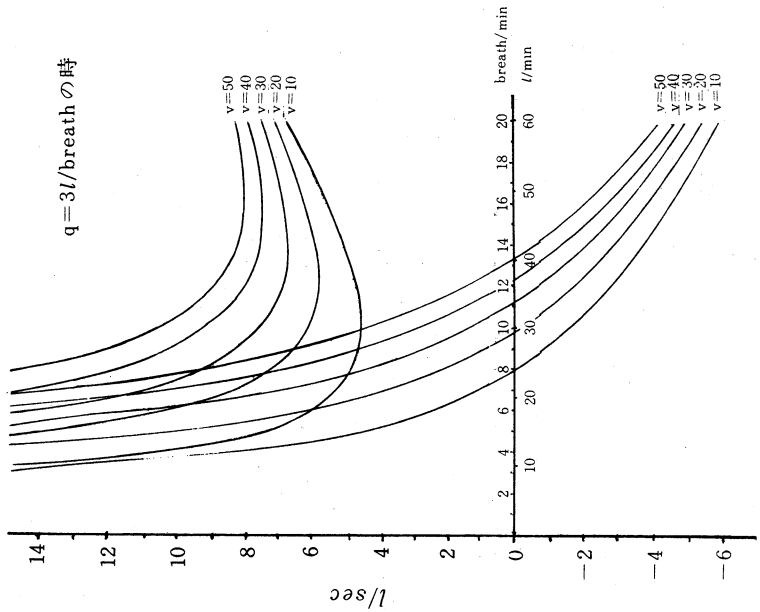
潜水呼吸器の呼吸抵抗が高いことは、ダイバーの疲労を増大させるばかりでなく安全性の低下につながる。以上の検討から、半閉式スクーバの呼吸抵抗を低くする要点は排気弁であり、この構造、位置などについての改善が必要である。

図2 半閉鎖回路内の呼吸による気流速度の一例
 グラフは分時換気量と排気弁から放出される
 最大流速の関係を示す。

b. 分時呼吸量 (Q) が1回換気量 (q) のみの
 変化で決まる場合



a. 分時呼吸量 (Q) が呼吸回数 (n) のみの
 変化で決まる場合



測定: S49.3.18~23

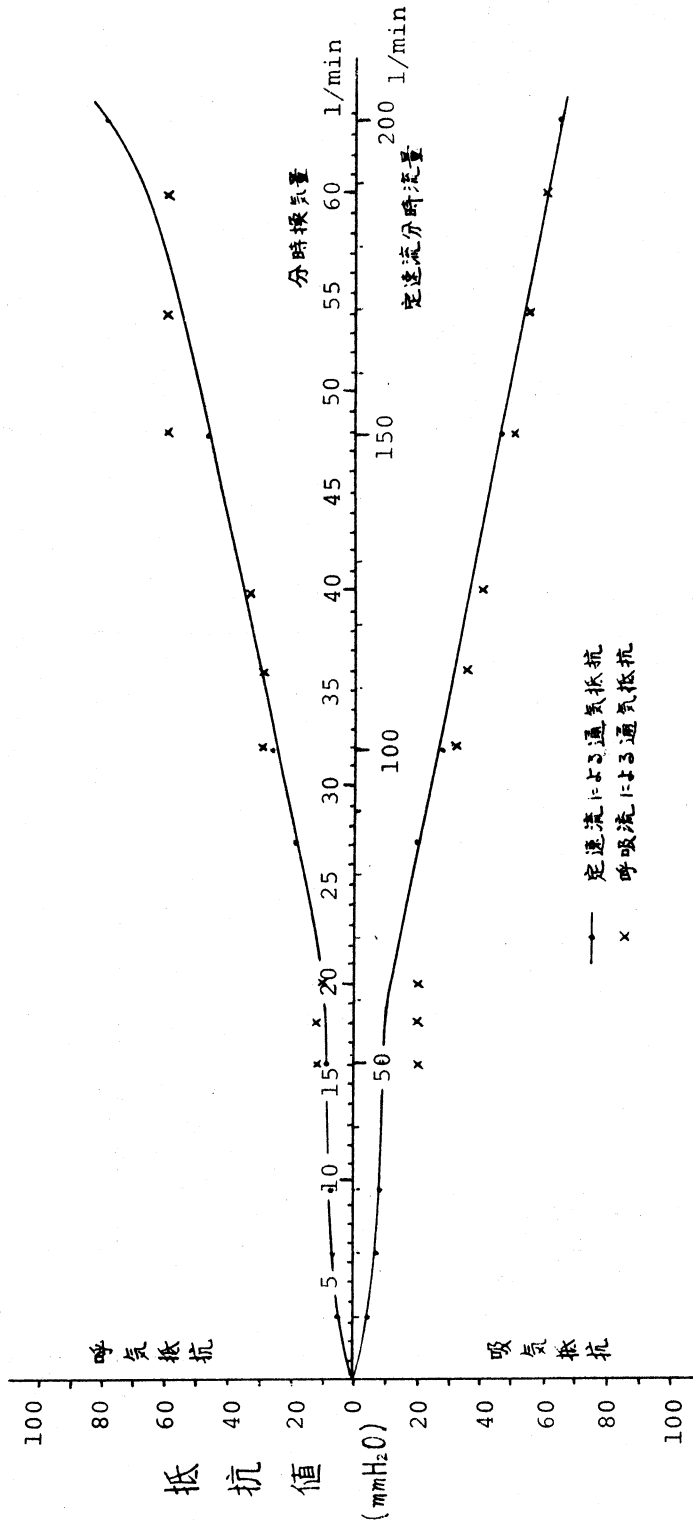


図-3 FGG III 呼吸回路の通気抵抗 - 定速流と呼吸流の比較 -

使用ガスは空気で、大気圧、室温にて測定した。CO₂キャスタ-にはCO₂吸収剤(パラライム)を定した。
 呼吸流通気抵抗値はFGG量に定量補給をしながら、人工呼吸器を用いてガス推理を重せて測定した。
 定速流通気抵抗値は呼吸ホ-スの抵抗値とCO₂キャスタ-の送気抵抗値の和を示す。
 流量目盛は分時換気量の最大流量における分時流量と定速流分時流量が相対して1:3。

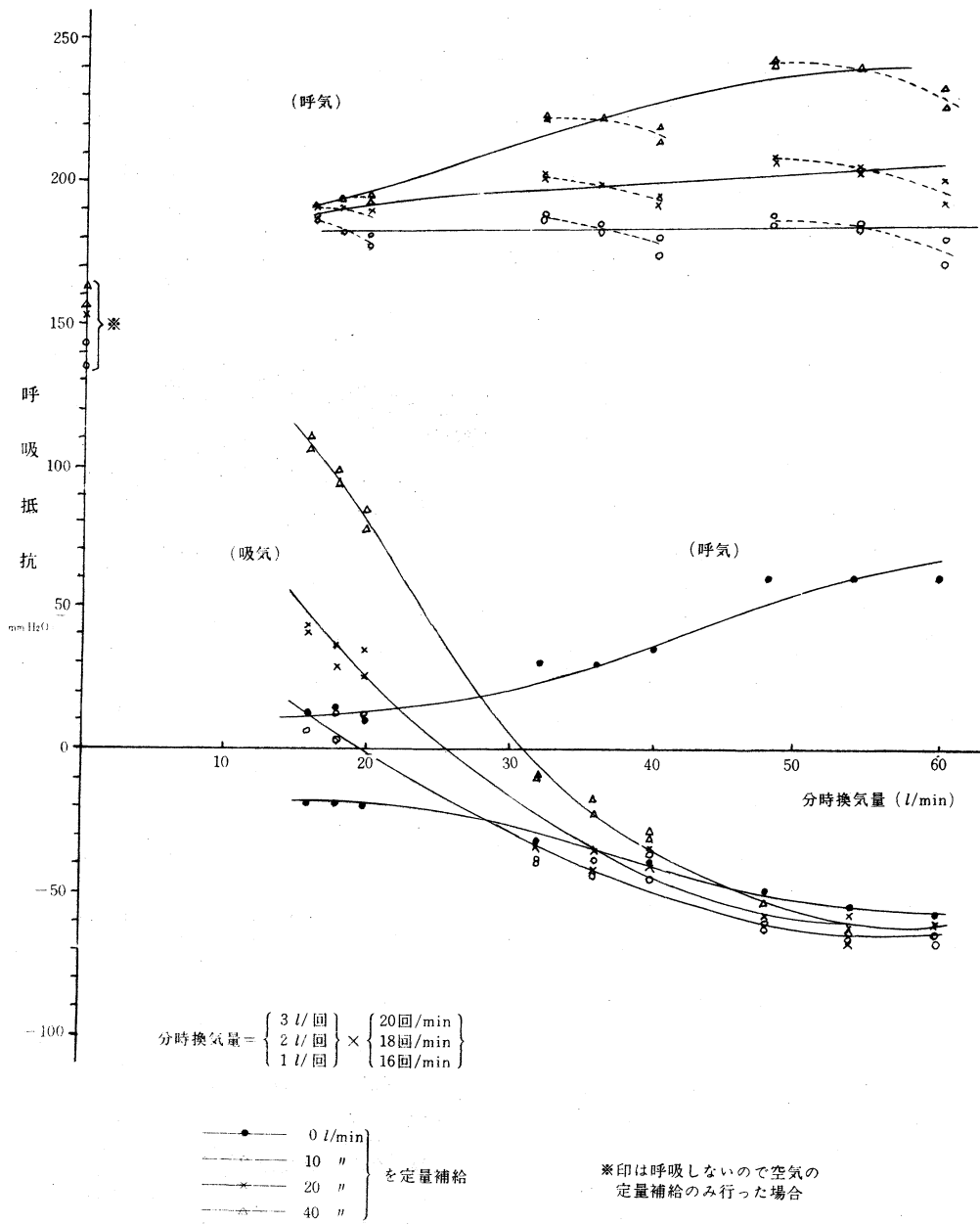


図4 呼吸流によるFGGIIIの通気抵抗

＜ 追 加 ＞ 埼玉医大 衛生 梨本 一郎

潜水器では，生きた人間を考えると，呼吸抵抗だけでなく，dead space や静水圧を考える必要がある。