

ワンマンチャンバーの適正換気量について

東海大学, 田葉井製作所 栗野章彦
 田葉井製作所 ○佐々木和司
 大阪大学 特殊救急部 村上史郎

1. はじめに

加圧・換気量は医学的・工学的にその適正量を決定する課題をもっている。

今回、連続の式またはCO₂濃度に関する微分方程式より得られる排気ガスのCO₂モル分率がそのままチャンバー内CO₂モル分率として適用出来るかどうかを確かめるために実験を行った。その結果、チャンバー内CO₂モル分率と理論式で与えられるチャンバー排気ガスCO₂モル分率とは必ずしも一致するとは限らず、またチャンバー供給空気量とCO₂モル濃度との間には同一函数関係が存在し実験式を導くことが出来た。

2. CO₂濃度に関する理論式

第1図に示す装置の系において、チャンバー内に発生するCO₂量と、掃気するための換気量から系内モル分率に対する理論式は次式で示される。

図において

- v_{in} : チャンバー供給空気量 (NL/min)
- v_{out} : チャンバー排気量 (NL/min)
- V : チャンバー容積 (ℓ)
- a : チャンバー内発生CO₂量 (NL/min)
- X_c : CO₂のモル分率
- t : 時間 (min)
- P : チャンバー内圧力 (ata)

ここにCO₂濃度に関する微分方程式は

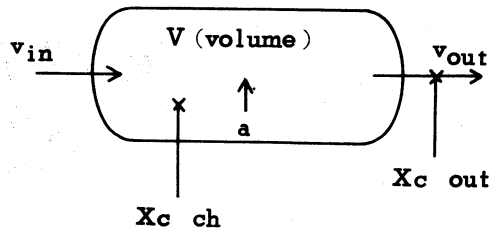
$$\frac{dX_c}{dt} = \frac{v-a}{V} X_c$$

ゆえに $X_c = \frac{a}{v} [1 - e^{-\frac{(v)}{V}t}]$

t = ∞ において $\frac{dP}{dt} = 0$, $\frac{dX_{c\ ch}}{dt} = 0$, $\frac{dX_{c\ out}}{dt} = 0$ のとき

$$X_{c\ out} = \frac{a}{v} \dots \dots \dots \text{理論式}$$

上記の式は連続の式からも導かれる。



第1図 装置系

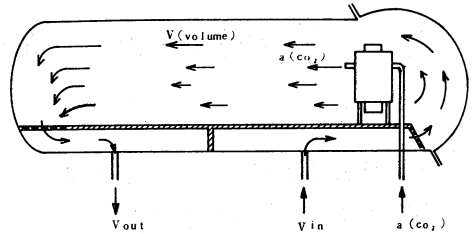
3. 実験および結果

実験では人体の間歇呼吸状態を、レスピレータをチャンバー内に持込んで模擬し、呼気ガスに実測値で4%炭酸ガスを含む酸素ガスを1回あたり360cc, 1分間15回の割合で供給した。

換気には酸素20.8%, 窒素79.2%の合成空気を使用した。供試チャンバーは、内容積360ℓのタイプHC-04型ワンマンチャンバーで、その給気・換気系の実験モデルを第2図に示す。

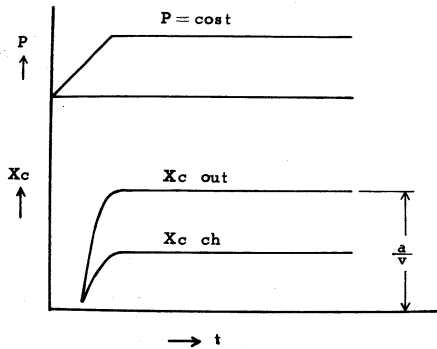
実験ではチャンバー出口、すなわち排気管内に含まれるCO₂濃度とチャンバー内CO₂濃度を

2 ata, 3 ata の気圧において換気量 100, 150, 200, 250, 300 (NL/min) に対し速赤外 CO₂ 分析計で測定した。第3図は t と X_c の関係を示し、この図からチャンパー内、および排気管内 CO₂ 濃度は両者とも比較的早く定常になることがわかる。第4図は横軸に換気量 V、縦軸に CO₂ 濃度をモル分率 X_c で表わしたもので、実線は理論式、すなわち $\frac{a}{V}$ の曲線で、a は実験で使用した 0.4 NL/min のものであり、(○) は 2 ata, (●) は 3 ata の排気管内の CO₂ モル分率 X_{c out} の測定値である。また (△) は 2 ata, (▲) は 3 ata のチャンパー内の CO₂ モル分率 X_{c ch} の測定値である。

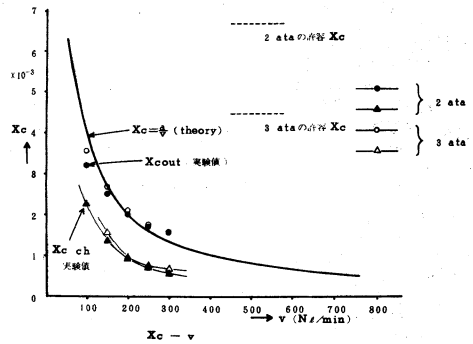


実験装置ダイアグラム

第2図



第3図



第4図

この結果、排気管内のモル分率は理論式から求めたものと実験値がほとんど一致し、わずかに換気量の両端、すなわち V が 100 NL/min, および 300 NL/min で理論式からはずれるが、これは測定上、あるいは測定機器類の誤差に起因するものであると考えた方が自然である。またチャンパー内モル分率 X_{c ch} の測定値は X_{c out} と同様な双曲線関数をとることがわかる。したがって、チャンパー内の CO₂ モル分率は次式で書き表わされ、実験式として与えられる。

$$X_{c \text{ ch}} = K \frac{a}{V}$$

ここに K; 定数

ここで、K は、 $K \leq 1$ の場合があり、 $K < 1$ の意味は掃気系が良好なことを意味し、 $K > 1$ は掃気系が悪い場合を意味する。いわゆる $K < 1$ の場合、 $\frac{a}{X_c}$ で与えられる換気量で掃気は充分行なわれるが、 $K > 1$ の場合は、理論換気量をもつてする換気量では不充分であることを意味する。

この供試チャンパーは K が 0.475 をとり、 $K < 1$ の場合で掃気系が良い場合であるが、他のワシマンチャンパーで行った測定では K が 1.78 という 1 よりも大きい場合があつた。

以上の結果、単に換気量を $\frac{a}{X_c}$ で決められるだけでなく、チャンパー内 CO₂ モル分率の測定の必要を示唆するものである。