

## H-2, 潜水艇などの密閉環境における非常用呼吸装置の研究

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

### 〔研究目的〕

乗組員1人当りの限られた空気量はせいぜい2~3 m<sup>3</sup>程度であり, 非常時にCO<sub>2</sub>貯留による危険を防ぐための個人非常用呼吸装置を研究する。

### 〔研究目標〕

この基礎研究の手始めとして, 麻酔用CO<sub>2</sub>キャニスターを呼気, 及び吸気側に同等なものを取付け, 最適炭酸ガス吸収剤の選定, 及び最大使用時間を決定する。この試験のブロック・ダイアグラムをFig1に示している。

### 〔実験方法の概要〕

CO<sub>2</sub>吸収キャニスターを呼気及び吸気側に取付け, 人工肺を用い毎分一定量のCO<sub>2</sub>を供給し, 潜水艇の環境空気と乗組員が使う呼吸装置を単一の閉鎖回路と想定して, 吸収剤のCO<sub>2</sub>吸収能を測定した。尚, CO<sub>2</sub>供給は人工肺の呼気相に同期できるCO<sub>2</sub>排泄装置を用いた。

#### 実験 I

Baralyme, Sodasorb の2種の吸収剤を用い, 呼気側キャニスターにのみ充填し, 吸気ガスCO<sub>2</sub>濃度が all out になるまでの吸収時間と吸収曲線を求めた。

#### 実験 II

実験 I と同様な回路で呼気・吸気側両方に吸収剤を充填し, 吸気ガスCO<sub>2</sub>濃度が3%になるまでの吸収時間と吸収曲線を求めた。CO<sub>2</sub>キャニスターのCO<sub>2</sub>吸収量はFig2に示すように, 測定されたキャニスター入口, 出口のCO<sub>2</sub>濃度差と, 人工肺に接続したCO<sub>2</sub>供給装置による供給量と分時換気量とから積分して求めた。

## 〔結果〕

### 1. 基礎試験

- (i) Baralyme 及び Sodasorb について検討した結果, Baralyme の方が all out になるまでの持続時間長い, したがってCO<sub>2</sub> 吸収量も多い。
- (ii) 吸収効率においても Baralyme の方が良い値を示した。
- (iii) 単位重量当りの吸収量においては両者間に余り差異は認められない。
- (iv) 反応速度の指標となる吸収率の有効持続時間については Sodasorb の方が Baralyme に比べ短く, 吸収率の低下が見られてから, all out までの時間が短いことが分かった。
- (v) 一方, Baralyme では有効持続時間が長く, 比較的に平均した吸収率が見られ, all out までの所要時間が長い。(Table 1. 参照)

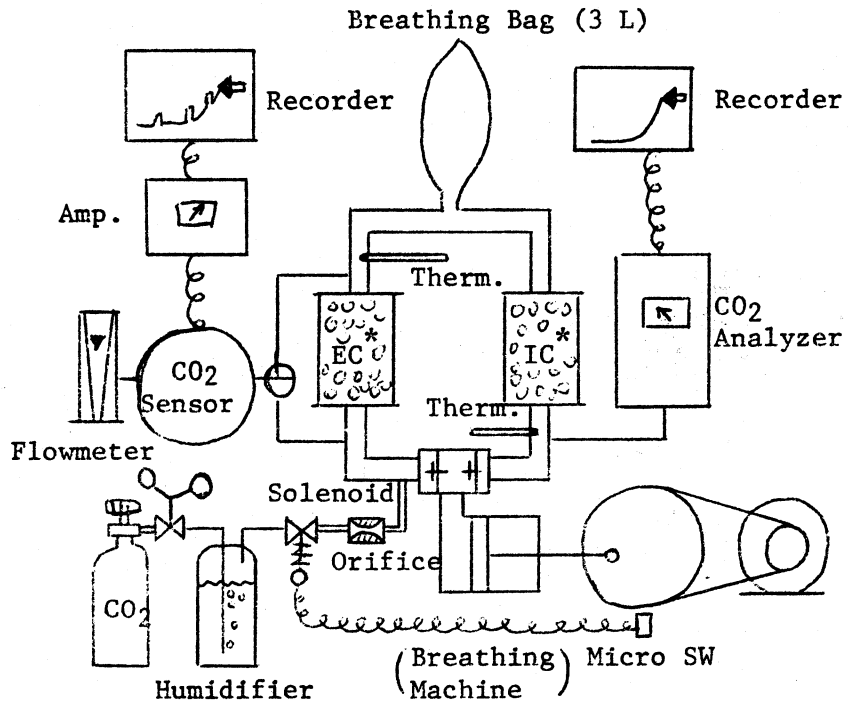
### 2. 吸気CO<sub>2</sub> 濃度が許容限度となるまでの実験

- (i) 持続時間に関して, 実験 I と同様な結果を得られ最大使用時間は約 800 分であった。(Table 2. 参照)
- (ii) 2種の吸収剤において排泄されたTV co<sub>2</sub> との関係から吸気キャニスター分配率が呼気キャニスター分配率が大きいことが言える。(Table 3. 参照)

## 〔考察及び結論〕

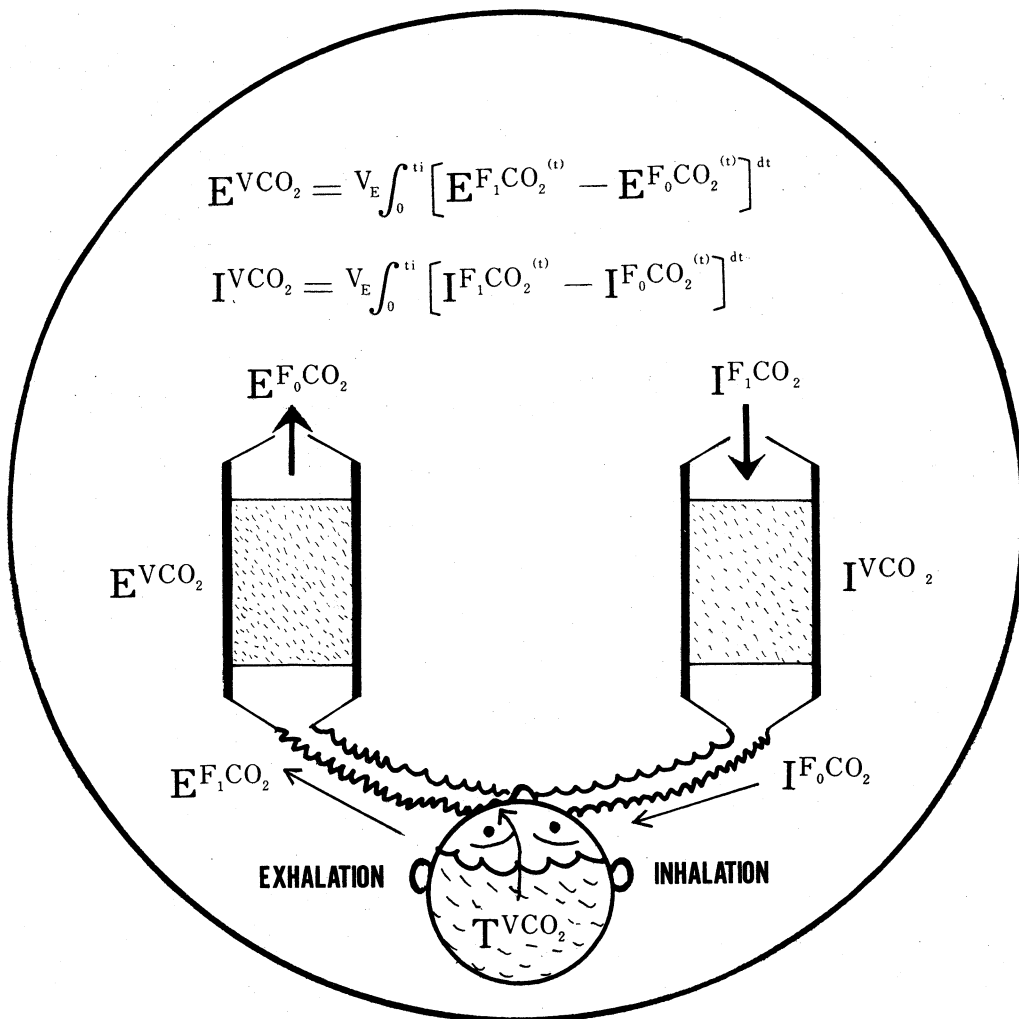
非常用呼吸装置の機能特性に沿う吸収剤を選定する場合, 吸収効率と有効持続間の両面から考慮しなければならない。その他, meshの大きさと吸収効率及び呼吸抵抗の問題, 吸収分配率からみて, 呼気キャニスター容量と吸気キャニスター容量との比についても今後検討する必要がある。試作した非常用呼吸装置は Simple なCO<sub>2</sub> キャニスターを呼気及び吸気側に取付けた簡単なものであり, 使用し易く, この基本的概念は乗組員が呼吸装置を介して, 密閉環境と閉鎖循環回路を形成した一体的な理念によるもので, 自己の排泄したCO<sub>2</sub> は自分で始末することにある。密閉環境内のCO<sub>2</sub> 濃度が許容限度に達しても, 尚かつ吸気CO<sub>2</sub> 濃度が安全範囲にあることを要求している。

今回の試験の結果から凡そ12時間使用可能な簡便な, 及いは実用的な非常用呼吸装置を design することが可能と考えられる。



\* : EC - Expiratory Canister  
 IC - Inspiratory Canister

Fig. 1 Schematic Diagram of Emergency Breathing App. Test



**FIGURE 2 CALCULATION FORMULA OF ABSORPTION CAPACITY**

TABLE / FUNDAMENTAL TEST OF CO<sub>2</sub> CANISTER

ABSORBENT	WEIGHT (g)	ABSORPTION CAPACITY (L; BTPS)	DURATION (min)	EFFICIENCY (L/100g) (%)
BARALYME	1004	149.8	*520	14.70 50
SODASORB	875	123.5	*390	14.10 38

\* all out time

TABLE 2 CHARACTERISTICS OF CO<sub>2</sub> CANISTER

ABSORBENT		WEIGHT (g)	ABSORPTION CAPACITY (L; BTPS)	DURATION (min)	EFFICIENCY (%)
BARALYME	* E C	1029	136.5	806	45.1
	I C	1023	169.8	806	56.5
SODASORB	E C	878	119.5	690	36.7
	I C	885	167.2	690	50.9

\* E C: Expiratory Canister, I C: Inspiratory Canister

TABLE 3

RESULT 1

ABSORBENT	V <sub>T</sub> CO <sub>2</sub>	E VCO <sub>2</sub>	I VCO <sub>2</sub>	V <sub>S</sub>	V <sub>R</sub>	V?	V̇CO <sub>2</sub> (L/min)
BARALYME	336.3	136.5	169.8	10.6	0.4	19.0	0.42
SODASORB	314.2	119.8	167.2	9.8	0.4	17.2	0.45

RESULT 2

ABSORBENT	$\frac{E VCO_2}{I VCO_2}$	$\frac{E VCO_2}{V_T CO_2}$	$\frac{I VCO_2}{V_T CO_2}$	$\frac{S_T}{V_T CO_2}$	$\frac{R_T}{V_T CO_2}$	$\frac{V?}{V_T CO_2}$
BARALYME	0.80	40.6	50.5	3.2	0.1	5.6
SODASORB	0.72	38.0	53.2	3.1	0.1	5.5

\* unit (%)

V<sub>T</sub>CO<sub>2</sub>; 排気回路のCO<sub>2</sub>量

E VCO<sub>2</sub>; 呼気回路の吸収量

I VCO<sub>2</sub>; 吸気回路の吸収量

V<sub>S</sub>; サンプルから逃げたCO<sub>2</sub>量

V<sub>R</sub>; 回路中に残存したCO<sub>2</sub>量

V?; 回路から逃げたCO<sub>2</sub>量

$\frac{E VCO_2}{I VCO_2}$

; 呼気回路の吸収量と吸気回路の吸収量の割合

$\frac{E VCO_2}{V_T CO_2}$

; 呼気回路の吸収分配率

$\frac{I VCO_2}{V_T CO_2}$

; 吸気回路の吸収分配率

＜ 討 論 ＞ 国立札幌病院 麻酔科 武谷 敬之

一般的に、呼吸装置を通して、人工的なドライガスを長時間、呼吸する場合は、給湿 (Humidification) の問題を考慮しなくてもよいものであろうか。