

海上自衛隊横須賀地区病院 潜水医学実験部 森田明紀, 大岩弘典

目的

自給式半閉鎖回送潜水呼吸器 (以下 SSUBA) のオリフイス圧-流量特性、気体成分-流量特性についてはすでに報告した。今回は SSUBA の要求性能に合致する最良の炭酸ガス吸収剤、キャニスターの形状の検討を行なう。

方法

〔実験1〕 吸収剤の吸収能特性の検討 (図1) 装置の説明 - CO₂ を十分に含んだ気体が入った 18ℓ chamber, 吸収速度を求める water manometer, CO₂ 濃度を測る gas chromatograph の組み合わせ。

キャニスターの形状: 容量 9 ml (1.6cm X 4.5cm) の円筒形, 循環流量: 600~695 ml/min, 回送内温度: 25.0~28.0°C, 吸収剤の種類とその物理特性: 表1。 (註: Void, pore, total, air space は E.S. Brown のマイクロヘキサン法による。)

〔実験2〕 各種形状のキャニスターの吸収能特性の検討 (図2) 装置の説明 - 3.5~4.7% CO₂ を含む空気をポンプ、毎分 30ℓ のガスを送る Regulator と Orifice, 供給ガスを水蒸気飽和にする加湿器, 出口 CO₂ 濃度を測る gas chromatograph。回送内温度: 25.0~26.0°C, キャニスターの形状: 円筒形 (表2参照)。

結果

〔実験1〕 表3, 吸収効率 (実測吸収量: 吸収容量の指標となる), 50% 終末失時間の時間 (実測最大吸収量の 50% 値に達する時間: 反応速度の指標となる), とともに吸収剤の物理特性、特に mesh の大きさに関係した。

Pattern 0473 (mesh が小さい) では効率も良く, 50% 終末失時間も速い。

逆に Wakalime (mesh が大きい) では効率は比較的良いが 50% 終末失時間は遅い。

5種の吸収剤では 50% 終末失時間と効率とは必ずしも併行しないが, mesh の大きさと 50% 終末失時間は併行し mesh が小さい程 50% 終末失時間は速い。

〔実験2〕 表4, 並びに表6 キャニスター形状 (長径と直径との比率: 以下 L/D ratio) と吸収効率 (実測吸収量: 吸収容量の指標となる) と

は必ずしも併行しないが, L/D ratio と単位重量あたりの有効持続時間 (吸

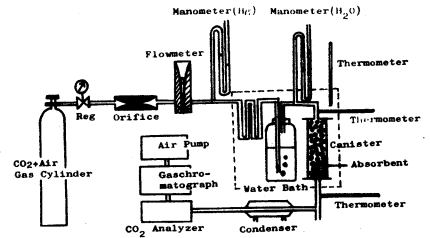


Figure 2. Schematic Diagram of Experiment 2.

Table 1. Physical properties of absorbents

Absorbent	Pore (%)	Void (%)	Total air space (%)	Bulk density (g/ml)	Moisture (%)
Sodalime	8.3	50.1	25.8	1.5	16.50
Pattern					16.21
Wakalime					16.53
0473	11.5	44.6	44.1	2.2	16.27
Saline	12.5	41.6	35.9	2.5	14.20

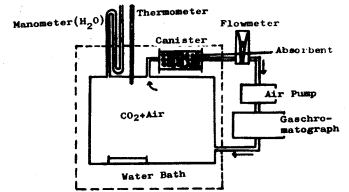


Figure 1. Schematic Diagram of Experiment 1.

Table 2. Packed canister dimensions

Canister	Length (L, cm)	Diameter (D, cm)	L/D ratio	Area (cm ²)	Volume (ℓ)	Absorbent (g)	Bulk Density (g/100cm ³)
A	9.5	2.7	3.52	23.7	0.10	180	1.80
B	11.5	2.3	5.00	16.3	0.30	316	0.92
C	13.5	2.3	5.87	16.0	1.11	1000	0.92
D	14.5	2.3	6.30	16.0	0.74	692	0.94
E	15.7	2.3	6.83	16.0	1.30	1360	1.04
F	19.3	2.3	8.39	16.0	1.73	1320	0.86
G	21.4	10.0	2.14	78.4	2.62	2850	0.94
H	22.6	13.0	1.74	132	2.62	3120	0.91

Table 3. Duration and efficiency in Exp. 1.

Absorbent	Absorbed CO ₂ (ℓ/100ℓ) and point of absorbed	Minutes to 50% of absorbed	Efficiency (%)
Sodalime	1632	60	69.72
Wakalime	888	120	25.72
0473	1792	90	74.46
Wakalime	1312	200	20.06
Saline	1270	200	20.16

Flow Rate: 600-695 ml/min
Water Temp.: 25.2-28.0°C

吸収剤 100g についてのキヤニスター出口の CO₂ 濃度が 0.5% に達するまでの時間：吸収能の指標となる) とは併行し、L/D ratio が 3.27~3.34 の範囲のキヤニスター (表 6 の B, G, H にある) の有効持続時間が最も良い。

Table 4. Results of Experiment 2.

Canister	Liters of CO ₂ absorbed (l)	CO ₂ absorbed per unit weight (g/100g)	CO ₂ absorption capacity, calculated (g)	Efficiency (%)
A	11.08	14.08	24.0	38.67
B	43.92	13.20	79.2	45.75
C	36.10	9.81	240.8	40.17
D	71.40	10.70	166.8	44.03
E	114.85	9.66	251.6	33.23
F	147.92	9.66	267.2	39.78
G	264.51	10.98	588.0	45.03
H	386.10	14.82	1231.2	47.60

Liters CO₂ absorbed
Efficiency = Liters CO₂ capacity, calculated X 100

考察

(実験 1) 吸収剤の吸収特性の 2 つの面 (吸収容量と反応速度) から潜水呼吸具の機能特性に沿う吸収剤を選ぶ必要がある。

我々の要求する SSUBA では効率：吸収容量をみるよりも、反応速度：50% 終末失時間を検討する方が適当であると考えられる。

表 3 の結果において mesh の大小が反応速度に関係した事が明らかであり、Pattern 0473, Baralyme が良く、逆に Wakolime, Soda sorb は良くなかった。

したがって、この 5 種のうちでは mesh の小さい吸収剤を選ぶことが適当であることを示唆する。又吸収剤の特性のうち 50% 終末失時間を反応速度の指標として選ぶことが適切であると考える。

(実験 2) キヤニスターの形状 (L/D ratio) について検討する場合も吸収容量：吸収効率についてみるよりも、吸収能：単位重量あたりの有効持続時間を検討する方がキヤニスターの炭酸ガス吸収効果の目的に合致すると考えられる。キヤニスターの L/D ratio 3.27~3.34 の範囲が最も良い吸収能を得る。

結論

(1) SSUBA に用いる吸収剤を検討するには、効率：吸収容量をみるよりも 50% 終末失時間：吸収速度について検討した方が適当である。

5 種の吸収剤については SSUBA の吸収剤として mesh の小さい Pattern 0473 が適している。

(2) キヤニスターの形状について検討する場合も吸収効率：吸収容量をみるよりも単位重量あたりの有効持続時間：吸収能を検討する方が適当である。キヤニスターの L/D ratio は明らかにその吸収能に影響し、L/D ratio 3.27~3.34 の範囲が最も良い。

Table 6. Duration in Exp. 2

Canister	Time in minutes to			Minutes to 0.5% CO ₂ per 100g
	first trace	0.2% CO ₂	0.5% CO ₂	
A	1.5	2	7	1.00
B	13	16	19	3.70
C	27	32	36	3.60
D	33	35	37	3.88
E	13	23	34	2.36
F	30	36	66	4.31
G	20	105	185	7.55
H	260	730	380	7.51