

簡易小型酸素呼吸器の開発について(第2報)

松 江 一 臣*

1 ま え が き

ひとくちに火災といつても、規模の大小や燃焼物の種類等さまざまであり、それに応じて消防隊の装備もいろいろ考えられている。例えば、服装に関しては、通常の防火服、耐熱服、防煙服、放射能防護服といった具合である。呼吸保護具については、圧縮空気放出式(東消3型, 4型)や酸素発生式またはエアラインマスクといったような種類はあるが、短時間用や緊急脱出用として適当な呼吸器がないため、いつも重い呼吸器を着用せざるを得ないのが現状である。

超小型で常時携帯可能な呼吸器があれば、煙が少ないときは小型の短時間用、煙が多いときは長時間用という使いわけも可能である。また、長時間用の呼吸器を使っているときでも、使用時間切れ迄に安全な所へ退避できない場合や、濃煙の中で要救助者を発見した場合等には、携帯中の呼吸器により人命の安全を保つことができる。

以上の目的で昭和46年に1回目の試作器を作ったが、常時携帯するにはやや大き過ぎて不便であった。そこで、今回は試作器の小型化に重点をおいて実験を行なった。

2 実験の方法および実験結果

46年度試作器の概要を記しておく、呼吸方式は圧縮酸素循環式で、携行酸素量 14.25 l (ポンベ容量95 cc, 150kg/cm²充てん)、使用可能時間は約6~12分である。(詳細については研究所報9号を参照)

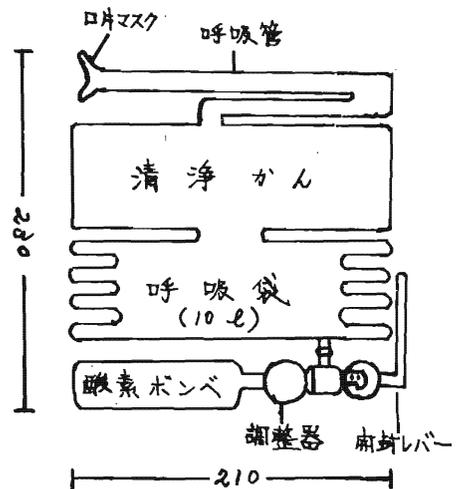
図1にその構成を示す。

(1) 実験1(炭酸ガス吸収能力試験)

試作器は炭酸ガス吸収かんが大型で、この呼吸器全体の1/3以上をしめている。これを小型にするには、吸収剤(カーライム)を減らして密にならべる以外にない。

カーライムの量および呼吸袋の容量を表1~1に示すA~Eの5種に変えて実験を行なった。尚、試作器

図1. 試作器の概要



のマンテストは速歩程度の労働負荷で行なつたが、今回のテストは静止状態で行なつた。ガス濃度の測定にはショランダー分析計を用いた。

表1~1

	カーライムの量	呼吸袋の容量
試作器	440cc	10 l
A	300cc	10 l
B	150cc	10 l
C	440cc	5 l
D	300cc	5 l
E	150cc	5 l

* 第一研究室

表1~2

測定種別		呼吸袋内の炭酸ガス濃度 (%)						
		試作器	A	B	C	D	E	
経過	1	分 分 分 分 分 分 分	0.4	0.4	0.3	0.2	0.2	0.3
	2		0.3	0.1	1.4	0.2	0.2	0.2
	4		1.0	0.7	0.4	0.3	0.3	0.9
	6		1.2	0.7	0.5	0.2	0.3	0.4
	8		1.5	0.6	1.2	0.6	0.4	1.1
	10		2.4	0.6	0.8	0.2	0.4	0.6
	12		(9分)	0.9	1.4	0.5	0.2	1.2
14		—				0.7		
		呼吸袋内の酸素濃度 (%)						
経過	1	分 分 分 分 分 分 分	50%以上	60.7	54.9	56.2	54.2	54.6
	2		"	66.6	56.8	43.7	59.8	64.3
	4		"	68.9	48.6	63.6	65.6	66.4
	6		"	68.8	36.8	36.7	66.7	61.3
	8		"	64.2	55.7	58.0	61.3	59.5
	10		"	49.2	44.3	41.2	54.0	54.2
	12		(9分)	55.3	44.7	46.6	28.4	47.3
14		48.1				40.0		
		通気抵抗 (mmAq)						
試験前		—	4	4	3.5	4	4	
試験後		—	4	4	3.5	4	4	
		使用時間						
		8分57秒	14分15秒	12分30秒	12分30秒	12分20秒	14分15秒	

以上の結果よりカーライムの量は、試作器の半分またはそれ以下でも炭酸ガス吸収能力を維持できることがわかった。但し、携行酸素量（ボンベ内の酸素を常圧にしたもの）が14ℓ程度の場合で、従って吸収された炭酸ガスは11~12ℓと推定される。

(2) 実験2

空気または酸素を胸いっぱい吸いこみその呼気をゆつくり袋へ吹きこむ（呼吸回数1とする）、袋内にたまつた呼気を素速く注射器で抜き取り、シヨランダ

分析計で炭酸ガスおよび酸素濃度を測定する。呼吸回数2以後は、袋内にたまつた呼気を全部吸いこんで再び袋内へ吐き出し、呼吸回数1と同様に炭酸ガス濃度および酸素濃度を測定した。呼吸回数は炭酸ガス濃度が5%をこえる迄とし、そのため赤外線CO₂分析計を併用した。シヨランダによる測定値と若干差があるが、ここではシヨランダによる値を採用した。表2にその結果を示す。労働負荷は静止状態である。

表2

呼吸回数	初回に空気を吸つた場合				初回に酸素を吸つた場合			
	15 ℓ 袋		5 ℓ 袋		15 ℓ 袋		5 ℓ 袋	
	CO ₂ %	O ₂ %						
1	1.8	19.6	1.8	19.4	2.4	39.3	3.1	45.5
2	3.2	17.3	3.1	17.8	3.8	35.1	3.5	41.5
3	3.4	16.8	3.5	17.0	4.8	29.3	4.5	36.4
4	3.8	16.3	4.0	16.3	4.9	25.3	4.7	32.1
5	4.1	16.4	4.5	16.5	4.9	26.2	4.9	28.9
6	4.5	15.6	4.9	15.2	4.6	24	5.0	24.4
7					5.0	19.1	5.3	21.3

通説では、1回の呼吸で4%の酸素が炭酸ガスに変わるといわれているが、この実験では実験方法が違うので通説どおりにはならなかった。

酸素濃度が稀薄になると肺内の分圧の関係で酸素を消費できなくなり、知らず知らずに酸欠状態におちいると思われ、人間の五感で危険を感知できない酸素欠乏の恐ろしさを感じた。

(3) 実験3

15ℓの呼吸袋に14ℓの酸素を封入し、これをマスクを通じて連続循環呼吸した場合（実験1の吸収かんを省いての実験）の呼吸袋内の酸素および炭酸ガス濃度を測定した。

実験はいすに座って行ない、赤外線CO₂分析計によりCO₂濃度を自動記録しCO₂濃度が8%をこえる迄続けることにした。1回目は赤外線CO₂分析計が不調になつたので、実験者の安全を考えて4分で中止し、2回目はCO₂濃度が7%程度で横ばいとなり、実験者の肺内で酸素が吸収されなくなつたと判断して10分で中止した。3回、4回は予定通り8%をこえるまで実施した。結果は表3に示す。表中のガス濃度はショランダー分析計による数値である。袋の内部で濃度に偏りがあるようで値が前後している。

表3

経過	1 回		2 回		3 回		4 回	
	CO ₂ %	O ₂ %						
1分	4.3	60.3	—	—	4.0	60.2	1.9	89.3
2分	4.4	66.3	5.0	38.7	4.4	65.3	3.8	87.3
3分	4.8	64.8	5.0	58.5	4.8	64.8	5.7	85.4
4分	5.4	64.5	5.8	26.3	6.1	62.4	7.5	82.7
5分	—	—	5.4	22.7	6.0	64.3	9.5	80.6
6分	—	—	3.3	20.7	—	—	—	—
7分	—	—	3.2	19.3	—	—	—	—
8分	—	—	3.6	17.8	—	—	—	—
9分	—	—	5.0	16.9	—	—	—	—
10分	—	—	5.3	15.5	—	—	—	—

この実験は、試作器の炭酸ガス吸収かんをとりはずしてしまふと、呼吸器としての機能を完全に失うかどうかのテストであり、その結果にJIS規格を適用すれば、使用時間1分以内の呼吸器ということになる。しかし、この状態で10分間呼吸できたのも事実である。結局、安全性と簡便さとは相反するものであり、適当な妥協点を見出す他に方法はない。そこで、安全性の最低レベルを定めそれを限界に簡便さを追求することにした。それが4番目の実験である。安全性の最低レベルとして、マンテストの体験や文献から炭酸ガス濃度7%という線を引きことにした。もちろん、この場合の酸素濃度は21%以上であることが条件である。

(4) 実験4

最初に酸素を吸入しその呼吸を呼吸袋に吸きこむ、袋にたまつた呼吸を再び呼吸するわけであるが、そのとき吸気量の10%程度の酸素を新たに補給する。前の

実験同様、呼吸する酸素の総量（最初の吸気量+補給酸素量）が14ℓになる迄、補給酸素と自分の呼気との混合ガスをくりかえし呼吸した。実験装置を2図に、

図2. 実験装置

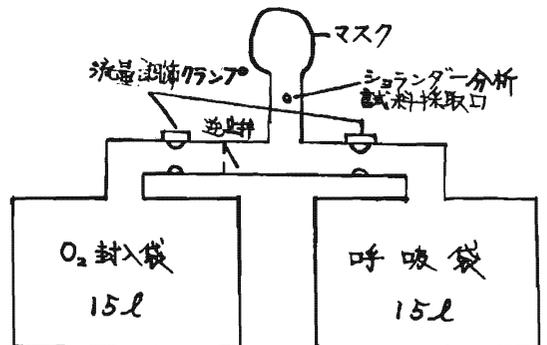


表4

経過	1 回				2 回			
	CO ₂ %	O ₂ %	脈博 回/分	呼吸 回/分	CO ₂ %	O ₂ %	脈博 回/分	呼吸 回/分
1分	3.8	37.9	試験前78	試験前18	4.0	40.8	試験前78	試験前18
2分	4.2	55.1	—	—	4.9	53.2	—	—
3分	5.5	58.1	—	—	5.3	56.5	—	—
4分	5.5	57.2	96	20	5.6	57.0	106	24
5分	5.4	52.4	—	—	5.8	56.5	—	—
6分	6.9	56.3	—	—	6.8	55.6	118	26
7分	6.9	50.3	108	24	—	—	—	—

実験結果を表4に示す。労働負荷は足早に歩く程度とした。

この実験は、袋内の炭酸ガス濃度が濃くなつても、確実に一定量の酸素を呼吸できるようにしたもので、実際に製品化するには、補給酸素の供給方法が問題となる。現在検討しているのは、酸素ポンプの開封装置に調整器をつけて、単位時間の放出量を補給酸素にみ

あう一定量に保つこと、または、袋を呼気袋と酸素袋の二つ設けて、呼気量に比例して補給酸素が得られるように、二つの袋とマスクの連結部を工夫することである。前者は1回目の呼吸に難点があるので、後者のほうが実現の可能性は大きい。

この方法が成功すれば、防火服のポケットにはいるくらいの小型呼吸器を作ることができる。