

簡易小型酸素呼吸器の開発について

松 江 一 臣*
山 田 捷 人*

1. ま え が き

最近の建物火災では耐火造、木造を問わず煙の発生量が著しく多くなっており、今後もこの傾向は続くであろう。したがって、火災の消火にあたる消防隊は、ますます煙に悩まされることが多くなると思われる。煙に対処する消防隊の装備もいろいろ開発されており、呼吸器もそのひとつである。

現在、東京消防庁で使っている東消3型、4型の呼吸器は、重量と使用時間の点でまだまだ満足できるものではない。また、呼吸困難な場所から要救助者を救出するための呼吸器は、まだ適当なものがない。

火災現場に到着したとき、呼吸器の要、不要が判断しにくい場合は、現用の呼吸器が重いこともあって着用に躊躇するきらいがある。そのようなときには、小型軽量の呼吸器を携行することにより、予想外の濃煙が発生した場合の緊急脱出にそなえとともに、初動時の迅速性を保つべきである。また、この種の呼吸器は要救助者の救命用としても使用できる。

そこで、消防隊員が常時携帯しても負担にならない小型呼吸器の開発を検討し、第一回目の試作および試作品の試験を実施したのでその結果を報告する。

2. 試作品の仕様

(1) 試作品の仮称

簡易小型酸素呼吸器

(2) 構成および方式

ロ片マスク、呼吸管、清浄かん、呼吸袋、減圧器、高圧酸素容器、警笛、背負具からなり圧縮酸素循環肺方式呼吸器である。

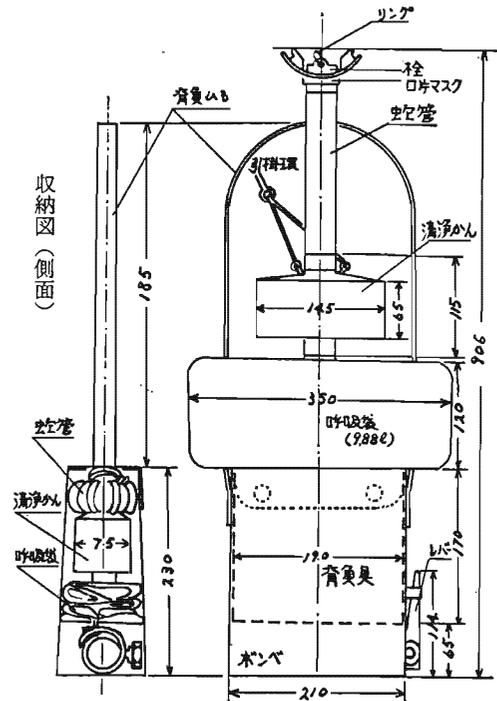
酸素ボンベからの高圧酸素を減圧器により減圧したのち、一定量ずつ連続的に放出し呼吸袋に蓄積された酸素は、清浄かんと呼吸管を経てマスクに入る。呼吸は清浄かんに入り清浄剤により炭酸ガスを吸収し、再び呼吸袋に送りこまれる。

(3) 構成各部の仕様

ア 材料

ゴム材料および金属材料は、呼吸保護器用として日

図1 当呼吸器の全体図



本工業規格に定める規準以上のものを用いた。

イ ロ片マスク

ゴム製で鼻バサミを併用する。

ウ 呼吸管

ゴム製蛇管で内径22mm、外径(蛇管の凸部)34mm、長さ430mm。

エ 清浄かん

形状寸法は図1を参照。

重量は平均689gで清浄剤(カーライム)の性能は性能試験の項で述べる。

オ 呼吸袋

形状寸法は図1を参照。

呼吸袋は二重とし表面の布地はアルミックスを用い

* 第一研究室

防熱効果を高くしている。

容量は10ℓとした。一般に肺活量に若干余裕もたせた程度でよいと思われるが、緊急時等激しい呼吸をすると容量不足が予想されるので大きな呼吸袋にした。

しかし、使用試験（マンテスト）の結果、若干小さくできると考えられる。

カ 背負具

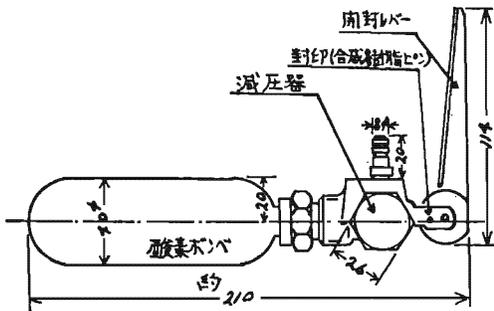
形状寸法は図1を参照。

布地は難燃性のものを使用している。

キ 高压酸素容器

(ア) 充てんガス	酸素
(イ) ボンベ容積	95cc
(ウ) 充てん圧力	150kg/cm ²
(エ) 携行酸素量	14.25ℓ
(オ) 重さ	320g
(カ) 安全装置	封板式

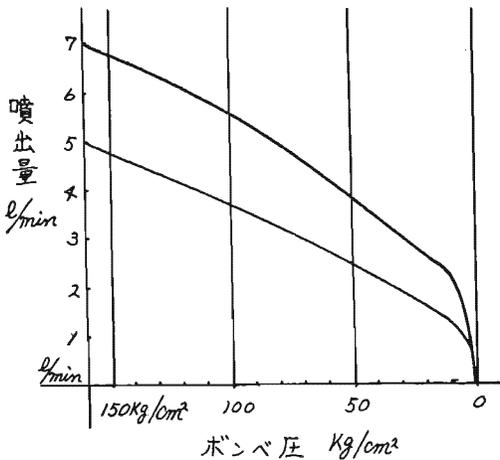
図2 ボンベと減圧器



ク 減圧器

上記の酸素ボンベから呼吸袋へ流れる酸素量と圧力との関係を図3、噴出酸素量と経過時間との関係を図4に示す。

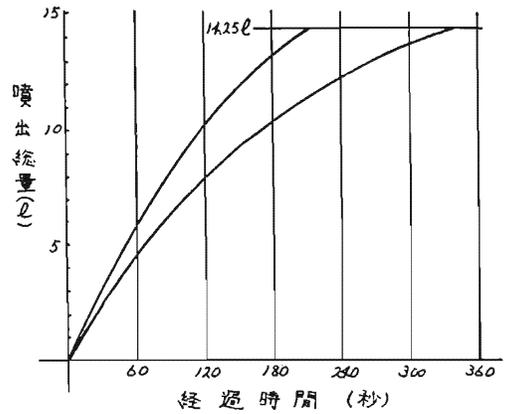
図3



ケ 警笛

酸素放出中は継続して笛が鳴るもので、音量等につ

図4



いては性能試験の項で述べる。

コ 総重量1.9kg

(4) 使用法

背負ひもを首にかけ、背負具から口片マスク、清浄かんについている引掛環を防火服のナス尾錠にかける。口片マスクを歯ぐきと唇の間にくわえ、開封レバーを下へ押しさげたのち、鼻バサミをして口で呼吸する。

写真1 携帯中



写真2 使用中



3. 性能試験の方法

性能試験および5の安全性試験は、特殊な装置および機械器具が必要なので、呼吸保護器のメーカーである重松製作所に試験を委託した。

(1) 気密試験

ア 高圧部分

ポリ袋で真空包装し、96時間放置して漏気の有無を調べる。

イ 低圧部分

減圧器取付部から水柱50mmの空気圧力を加え漏気の有無を調べる。

ウ 使用機器

柏木式真空包装機、重松製気密試験機

(2) 清浄かんの更新能力試験

ア 清浄かんに温度30°C、湿度95%以上で炭酸ガス4%を含んだ空気を30ℓ/min連続通過させたとき、 $\frac{14.25 \text{ ℓ}}{1.2 \text{ ℓ/min}} \approx 11.9$ 分間に通過させる炭酸ガスの総量の何%を吸収できるか、また、11.9分経過直後の炭酸ガスの吸収率を調べる。

イ 使用機器

赤外線CO₂分析計

(3) 通気抵抗試験

ア 清浄かんに30ℓ/minおよび60ℓ/minの空気を流したときの通気抵抗を調べる。

イ 使用機器

浮遊式流量計

(4) 警笛鳴動試験

ア 酸素放出中、呼吸器から70cm離れた位置に騒音計のマイクをおき、警笛の音量を調べる。

イ 使用機器

指示騒音計

(5) 使用試験(マンテスト)

ア 人が実際に着用し、④70m/min(散歩程度)、⑤120m/min(軽いかげ足程度)で歩行した場合の使用可能時間、呼吸袋内の酸素濃度、呼吸袋内の炭酸ガス濃度および呼吸器内の温度等を測定する。④、⑤とも、試験は2回ずつ行ない、そのうちの1回は15kgの荷物を背負って行なった。

イ 使用機器

赤外線CO₂分析計、酸素濃度計、温度記録計

4. 性能試験の結果

(1) 気密試験

高圧、低圧部分とも漏気なし。

(2) 清浄かんの更新能力試験

表1

項目	1	2
重量	試験前 674 " 後 685	試験前 705 " 後 717
11.9分までの吸収率	81.3%	80.6%
11.9分直後の吸収率	67.5%	67.5%

(3) 通気抵抗試験

30ℓ/min : 4.1mmAq (10回の平均)

更新能力試験を行なったのち

30ℓ/min : 6mmAq (2回とも同じ値)

60ℓ/min : 12mmAq (10回の平均)

(4) 警笛鳴動試験

表2 (単位 ホン)

試料	経過	1分	2分	3分	4分	終了前
	開封時					
1	73	73	68	68	61	60
2	76	68	70	70	60	60

(5) 使用試験(マンテスト)

表3 使用試験(マンテスト)A

条件	荷重なしで70m/minの速度で歩行	荷重15kgをつけ70m/minの速度で歩行
測定項目		
気象	快晴, 気温17.5°C, 湿度62%	快晴, 気温15°C, 湿度56%
装着者	35才, 身長160cm, 体重60kg	同 左
脈搏(分)	(前)76回 (後)112回	(前)72回 (後)114回
呼吸数(分)	(前)18回 (後)23回	(前)18回 (後)24回
使用時間	6分55秒	8分57秒
歩行距離	480m	620m

	200m歩行時	400m歩行時	終了時	200m歩行時	400m歩行時	600m歩行時
袋内酸素濃度	50%以上	50%以上	50%以上	50%以上	50%以上	50%以上
袋内CO ₂ 濃度	0%	0.37%	1.2%	0.6%	1.7%	2.4%
袋内温度	20°C	22°C	24°C	18°C	21.5°C	27.5°C
マスク部温度	30.5°C	33.5°C	35°C	28°C	32°C	36°C

荷重なしで歩行したときのほうが、使用時間が短い。が、これは、清浄かんと呼吸袋の接続部にたるみを生じ通気抵抗が大きくなって息苦しくなったものと思わ

れる。

実際に使うときは、清浄かんと防火服のナス尾錠に固定し呼吸袋にたるみを生じないようにした。

表4 使用試験(マンテスト) B

条件	荷重なしで 120m/min の速度で歩行	荷重15kgをつけ 120m/min の速度で歩行
測定項目		
気象	快晴, 気温17.5°C, 湿度62%	快晴, 気温15°C, 湿度56%
装着者	27才, 身長160cm, 体重50kg	同左
脈搏(分)	(前) 84回 (後) 108回	(前) 74回 (後) 100回
呼吸数(分)	(前) 24回 (後) 26回	(前) 22回 (後) 26回
使用時間	7分15秒	6分25秒
歩行距離	860m	760m

	200m歩行時	400m歩行時	600m歩行時	200m歩行時	400m歩行時	600m歩行時
袋内酸素濃度	50%以上	50%以上	50%以上	42%	50%以上	50%以上
袋内CO ₂ 濃度	0.2%	0.7%	1.5%	0.56%	1.1%	1.95%
袋内温度	22°C	22°C	25°C	15.5°C	19°C	22°C
マスク部温度	32°C	34.5°C	37°C	28°C	30°C	33°C

静止状態での試験は行なわなかったが、JIS規格では、毎分の空気消費量を30ℓとしており、この場合は、約11.9分が使用可能時間となる。

(6) 性能試験結果の検討

清浄かんの更新能力は、JIS規格によると11.9分間に通過させる炭酸ガスの総量の65%以上を吸収し、かつ、11.9分直後の吸収率が30%以上であることとなっており、試験の結果は良好である。

※上記時間の算定法

$$\text{時間} = \frac{\text{酸素量}}{1.2 \ell / \text{min}}$$

通気抵抗については、更新能力試験を行なったのも5mmAq以下であることが望ましい。しかし、10分程度までは5mmAq以下を保てるようであり、短時間の使用では負担は感じない。

警笛については、火災現場等の雰囲気では、装着者に酸素放出中であることがわかればよいわけであるが、

終了直前の60ホンでは聞きとりにくい場合も考えられる。しかし、音色がピーという音で他の騒音との聞きわけは比較的容易である。

マンテストについては、Aの条件とBの条件では装着者が別人なので単純に比較できないが、歩行速度が速いほど酸素消費量が多く使用可能時間は短くなる。

マンテストは、もっと過酷な使用条件で行なう予定であったが、装着者が疲労して同一条件が持続できないので軽いかげ足程度までにした。

この試験結果から、かなりの労働負荷があっても6分間は使用可能であることがわかった。

5. 安全性試験の方法

(1) 落下試験

ア コンクリート床上に厚さ5cm以下の板をおき、1.5mの高さより落下させ、呼吸袋、清浄かんの性能試験を行なう。

減圧器は、酸素噴出量について経過時間およびボンベ圧との関係を調べる。

イ 使用機器

柏木式真空包装機、重松製気密試験機、浮遊式流量計、赤外線 CO₂ 分析計

(2) 耐寒試験

ア -20°Cにおいて2時間放置し上記の試験を行なう。

イ 使用機器

低温恒温器、他は(1)と同じ

(3) 耐熱試験

ア そく止弁をあげ使用状態にして80°Cの恒温槽に入れたとき、燃焼したりその他異状を生じないか。10分間経過後上記(1)の試験を行なう。

イ 使用機器

送風循環式定温乾燥機、他は(1)と同じ。

6. 安全性試験の結果

(1) 落下試験

表5

項目		試料	1	2
外 観	呼吸袋		異状なし	異状なし
	口片と蛇管		"	"
	減圧器		"	"
	清浄かん		"	"
性	呼吸袋の気密性		50mmAq 加圧, 合格	50mmAq 加圧, 合格
	減圧器酸素放出		変化なし(4分30秒)	変化なし(4分35秒)
能	清浄かん	11.9分までの吸収率	82.3%	84.8%
		11.9分直後の吸収率	67.5%	67.5%
	通気抵抗		試験前 5 mmAq " 後 "	試験前 4 mmAq " 後 "

(2) 耐寒試験

表6

項目		試料	1	2
外 観	呼吸袋		異状なし	異状なし
	口片と蛇管		"	"
	減圧器		"	"
	清浄かん		"	"
性	呼吸袋の気密性		50mmAq 加圧, 合格	50mmAq 加圧, 合格
	減圧器酸素放出		変化なし(4分30秒)	変化なし(4分35秒)
能	清浄かん通気抵抗		試験前 4 mmAq " 後 "	試験前 4 mmAq " 後 "

(3) 耐熱試験

表7

項 目		試 料	1	2
外	呼 吸 袋		異 状 な し	異 状 な し
	口 片 と 蛇 管		"	"
観	減 圧 器		"	"
	清 浄 か ん		"	"
性	呼 吸 袋 の 気 密 性		50mmAq 加圧, 合格	50mmAq 加圧, 合格
	減 圧 器 酸 素 放 出		変化なし (4分30秒)	変化なし (4分35秒)
能	清 浄 か ん 通 気 抵 抗		試験前 4 mmAq " 後 "	試験前 4 mmAq " 後 "

(4) 安全性試験結果の検討

すべての試験で異状は認められなかった。

放射熱に対する安全性を確かめておく必要があるが、今回は実施できなかったので、第二回目の試作の際は是非実施したい。

この試験の結果から、火災現場等の特殊な環境においても十分耐えうると思われる。酸素を使用しているための危険性はほとんど考えられない。

なお、清浄かんの更新能力試験（炭酸ガス吸収率）は耐寒試験、耐熱試験および落下試験を完了したあと1回だけ行なった。

7. 試作品の実用性

(1) マスクについて

大きさを小さくするため口片マスク（口にくわえる）にしたが、衛生上や使用感のうえでも半面マスクにしたほうがよいと思われる。要救助者の救命用は半面マスクにするべきである。理由は、鼻バサミが脱落しやすく鼻から有害ガスを吸うおそれがある。

口片マスクの利点は、小型であることおよびヘルメット等をかぶっていても着用に支障がないことである。

(2) 大きさについて

消防隊員が、東消型空気呼吸器を着用するまでもないと判断したとき、この呼吸器を携行し緊急時の脱出用に使うには、今後更に小型化を検討する必要がある。

小さくできる可能性のあるのは、清浄かん、呼吸管

および呼吸袋であろう。また、真空包装により緊密に包装する方法もある。

(3) 使用時間について

マンテストの結果、6分間以上使用できるわけでの呼吸器の用途からすれば十分であろう。

酸素ボンベ容量を大きくするゆとりはあるが、清浄かんの性能や呼気と吸気を同一の蛇管を通してることなどから、使用時間を延長するため、酸素ボンベの容量だけを大きくすることは好ましくない。

(4) 目の安全性について

この呼吸器は、目が露出しているわけで煙中での安全性が問題になる。

このことについては、今後検討する必要があるが煙にさらされた目は、多かれ少なかれなんらの障害をうけるので、この呼吸器も煙中でひんぱんに使用されるようになると、保護めがねが必要になろう。しかし、めがねがなくても正常な呼吸さえできれば煙中での苦痛は相当緩和される。

8. おわりに

試作の検討をはじめたときは、重さが1kg以下でもっと小さなものをと考えていたが、清浄かんの厚みを小さくすることができず（通気抵抗等の問題）予想外に大きなものになった。また、再試作ということもやっていないのでマスク、呼吸袋、清浄かんの固定方法等欠点もそのままの状態である。今後、上記のような欠点を改良してもっと使いやすいものになりたいと思っている。