

# 簡易マスクの試作

沼田 勇 治\*

市川 治 臣\*

## 1. はしがき

近年、呼吸器具類は、人命保護あるいは、労働安全衛生上から各方面で盛んに研究され、その進況はいろいろしいものがある。消防界においても、今日まで各種多様の呼吸器具が開発され、成果をおさめていることは誠に喜ばしいかぎりである。

しかし、今日まで開発されてきたものは、一般火災より、むしろ特殊な場合に使用することを目的としたものである。したがって一般火災では、ほとんどの隊員が呼吸に関しては、無防備なのが現況である。一般火災でも、塵埃、煙あるいは瞬間的な熱気等の障害にあって、隊員は無意味に体力を消耗するばかりかきわめて非衛生的でもある。

これら問題を解決すべく昭和38年7月より研究を進めてきたが、このたび試作品が完成したので、その構造、性能等について紹介する。

## 2. 簡易マスクの具備すべき条件

マスクの優劣を決定する要件は種々あるが、最終的には、通常の呼吸状態に最も近いものがすぐれ、着装感を感じるにしがって劣るとい見方ができる。これを構造上と性能上の二点にわけて観察するとつぎのようになる。

### 1. 構造上具備すべき条件

- (1) 軽量かつ小型であること。
- (2) 顔面への密着性にすぐれていること。
- (3) 吸気部(濾過材)は、含水しない構造であること。
- (4) 着装が簡単であること。
- (5) 視野はできるかぎり広いこと。
- (6) 各人の顔面に応じ、本体が自由に変形すること。

### 2. 性能上具備すべき条件

- (1) 煙ならびに粉塵捕集効率にすぐれていること。
- (2) 吸気抵抗が小さいこと。
- (3) 吸気抵抗上昇率が低いこと。
- (4) 排気抵抗が小さいこと。
- (5) 排気弁の気密性がよいこと。
- (6) 臭気のないこと。

(7) 経年変化が少ないこと。

試作にあたり、これら構造上、性能上の諸点についてすべてを満足させることは、選定する材料等により、一長一短があるので難しいことである。したがって、消防用マスクとして、重要度の大きいものを優先して試作したのが、今回の簡易マスクである。

## 3. 簡易マスクの構造

一般に市販されている防塵マスクの構造は種々あるが、消防用としては難点が多く、そのまま採用するには多々問題がある。そこで、防塵マスクを参考にし、前記構造上具備すべき条件にマッチするよう改良を加え、簡易マスクとしたものである。その構造は図1に示すとおりである。

試作品について構造上の概要を説明すると次のとおりである。

(1) 本体をゴム材とした。

軽量化、あるいは臭気という点では、むしろ、合成樹脂材などが優れているが、消防の場合は煙中での作業がほとんどであるので、顔面への密着性、あるいは誰にでも合うという、いわゆる本体の変形が自由であること等が要求され、その重要度が極めて大きいので、ゴム材を選定した。

ゴムの成分配合の割合は表1のとおりである。このゴムの性能は、試験結果によれば、引張強さ  $280 \pm 5 \text{ kg/cm}^2$ 、伸び  $680 \pm 10\%$ 、カタサ45度、老化による低下率約5%程度である。

(2) フロントカバーを取付けた。

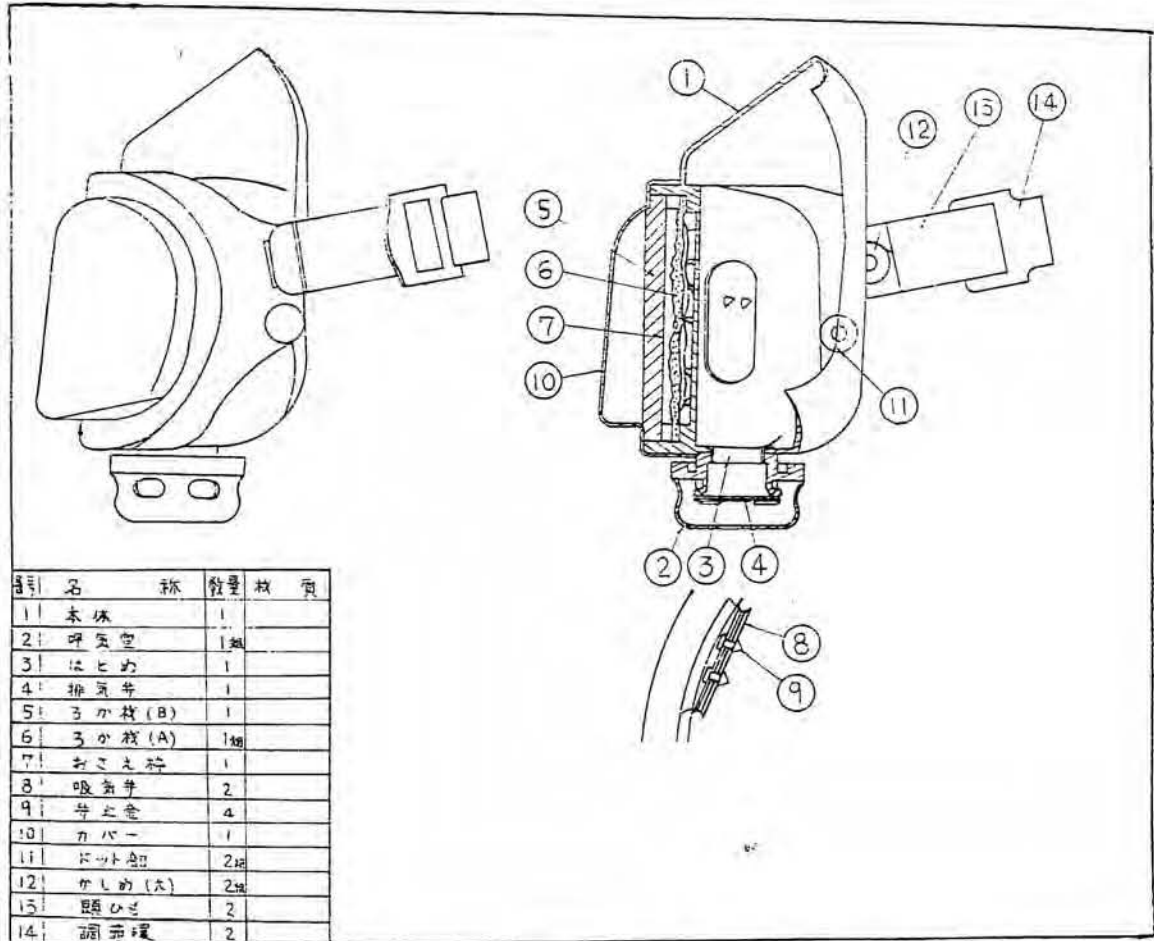
現在市販されている各種フィルター(繊維系)は、水分を含むと、吸気抵抗が急上昇するという欠点がある。これを防止するために取付けたものである。材料には、軽量化をはかるため、合成樹脂を選定したが、衝撃等により破損するおそれもあるので、取りはずし可能な構造とした。

(3) 濾過材2種を使用した。

濾過材(繊維系統)を使用したマスクは、使用時間の経過にしがって吸気抵抗が上昇する。この上昇率を、できるだけ小さくするためにとった手段である。図1に示されている濾過材B(共通気泡性ニールフォーム)であらかじめ粗い粒子を濾過し、

\* 第一研究室

図1 簡易マスクの構造図



番号	名称	数量	材質
1	本体	1	
2	呼吸室	1組	
3	はしめ	1	
4	排気弁	1	
5	ろか枚(B)	1	
6	ろか枚(A)	1組	
7	おこえ栓	1	
8	吸気弁	2	
9	弁と巻	4	
10	カバー	1	
11	ドット部	2組	
12	かしめ(大)	2組	
13	頭ひも	2	
14	調節環	2	

表1 ゴム成分配合表

材料名	商品名	ゴム100に対して	材料品	商品名	ゴム100に対して
スモークシート	R, SS, 3号	100	炭酸カルシウム	N S 200	10
硫黄	サンブルS	2.5	カーボンブラック	マスターバッチ #0	0.8
亜鉛華	銀嶺 1号	5	炭酸マグネシウム	地球印	8
加流促進剤	サンセラ-CM	1	白バソ華	森化成	20
"	ノクセラ-D	0.5	白艶華	U	10
ステアリン酸		1	サンノック		1
老化防止剤	ノクラックC	1	チタンホワイト	A-100	7

ろ過材A（以下特戸という）で微細な粒子をろ過する方式とした。

(4) 微細粒子ろ過用に特戸を使用した。

防塵マスクに使用されているろ過材には、有機合成繊維、フェルト、ガラス繊維、スポンジ、石棉、綿繊維、あるいはこれらに樹脂加工したもの等、製品としては10数種におよんでいる。これらのほとんどが、粉塵のろ過にはかなりよい効率を示すが、煙のろ過になるとその効率はかなり低下するようであ

る。

基礎実験の結果では、粉塵、煙共に効率のよいろ過材は、石棉を含んだものである。しかし、石棉の含有量が増加するにつれ吸気抵抗が上昇する。これらを考慮し、石棉8%、綿繊維92%からなる特戸を使用した。

(5) ろ過材A、B間に一定の間隙を設けたこと。

フロントカバーにより防水処置をとったが水蒸気等によりろ過材が含水した場合、その水分がろ過材

Bのみにとどめ、特許に影響を与えないようにしたものである。

(6) 吸気弁を取付けた。

フロントカバー取付理由と同様で、吐息による濾過材の濡れを防止するために取付けたものである。

(7) 着装的簡便化をはかるため、ヘルメットの顎紐を利用して取付ける構造としたこと。

4. 簡易マスクの性能

ここにとりあげるマスクの性能は、濾過材A(特許)と濾過材Bを一体としたものについて示したものであるが、合せて、性能を比較するために、濾過材Aにマイクロファイバー(有機合成繊維でできたもの)を使用した場合の性能も同時に掲載する。

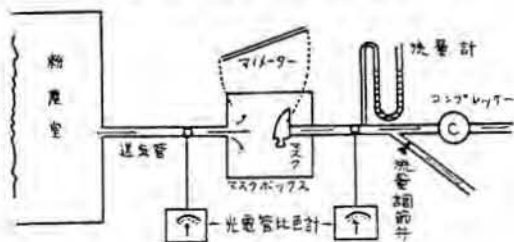
なお、性能を試験するために、粉塵、煙に対する濾過効率、粉塵、煙、飽和蒸気に対する吸気抵抗、COガスに対する濾過効率、人体実験等各種試験を実施した。

1. 粉塵捕集効率

(1) 試験方法

図2に示すような装置で、一辺3m、容積27m<sup>3</sup>の粉塵室に、粒子径2μ以下のシリカ粉塵を発生させ、濃度70mg/m<sup>3</sup>の含有空気を30、40、50 l/minの流量でマスクを通過させ、マスク前後の粉塵濃度を光電管比色計により計測する。

図2 粉塵捕集効率測定装置



(2) 結果

環境条件、室温32°C、湿度65%

結果は表2のとおりである。

表2 粉塵捕集効率試験結果

(単位: %)

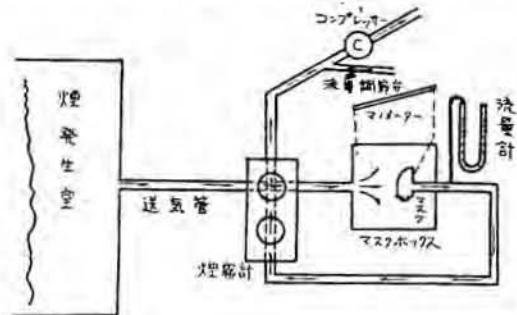
経過時間 min	0		30		60	
	特許	マイク ロファイ バー	特許	マイク ロファイ バー	特許	マイク ロファイ バー
30	66.5	91.8	97.4	93.4	98.0	93.9
40	95.5	89.0	95.8	90.0	96.2	92.0
50	92.5	89.0	93.8	92.4	94.5	94.8

2. 煙効率

(1) 試験方法

図3に示す装置で、一辺3m、容積27m<sup>3</sup>の密閉室内に発煙筒1本を使用し、発煙10分後に、それぞれ30、40、50 l/minの流量でマスクを通過させ、通過前後の煙濃度を煙霧計により測定する。

図3 煙効率測定装置



(2) 結果

環境条件、室温、27°C、湿度47%

結果は表3のとおりである。

表3 煙効率試験結果

(単位: %)

経過時間 min	0		30		60	
	特許	マイク ロファイ バー	特許	マイク ロファイ バー	特許	マイク ロファイ バー
30	87.5	22.5	88.5	23.0	89.0	23.0
40	87.0	22.0	87.0	22.0	86.5	22.0
50	85.0	24.0	86.0	25.0	86.5	26.5

3. 粉塵含有空気による吸気抵抗

(1) 試験方法

図2に示す装置で、粉塵含有空気を1時間通過させ、10分ごとにマスク前後の圧力差をマンメーターで測定する。

(2) 結果

環境条件、室温 32°C、湿度65%

結果は、表4のとおりである。

4. 煙による吸気抵抗

(1) 試験方法

図3に示す方法で、煙を1時間通過させ10分ごとにマスク前後の圧力差をマンメーターで測定する。

(2) 結果

環境条件、室温 27°C、湿度47%

結果は、表5のとおりである。

5. 飽和蒸気による吸気抵抗

(1) 試験方法

図4に示す装置で、常温において飽和蒸気を発生させ、30、40、50 l/minの流量でマスクを1時間

表 4 粉塵使用による吸気抵抗試験結果

(単位: mmAq)

流量 l/min	経過時間min		0	10	20	30	40	50	60	上昇率 (%)
	送気管	濾過材								
30	特	濾	6.5	7.0	8.5	10.0	11.5	12.5	14.0	115
		マイクロファイバー	5.0	6.5	8.0	9.0	10.5	12.0	13.5	170
40	特	濾	14.0	15.0	19.0	24.0	29.0	34.0	37.0	164
		マイクロファイバー	7.0	8.0	9.5	10.5	11.5	12.5	14.0	100
50	特	濾	15.0	17.0	20.0	25.0	30.0	35.0	38.0	153
		マイクロファイバー	9.0	10.5	12.0	15.0	18.0	21.0	25.0	178

注: 上昇率は1時間後を示す

表 5 煙使用による吸気抵抗試験結果

流量 l/min	経過時間min		0	10	20	30	40	50	60	上昇率 (%)
	送気管	濾過材								
30	特	濾	6	8	10	12	13	14	16	167
		マイクロファイバー	5	8	9	10	11	12	13	160
40	特	濾	7	9	11	15	16	18	20	186
		マイクロファイバー	6	8	13	16	18	20	21	250
50	特	濾	7	12	23	25	27	30	33	266
		マイクロファイバー	7	8	14	16	19	22	25	257

注: 上昇率は1時間後を示す。

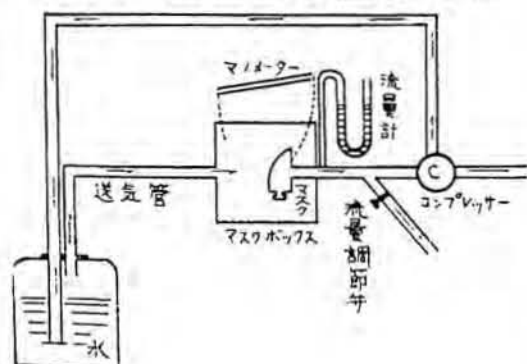
第 6 飽和蒸気使用による吸気抵抗試験結果

(単位: mmAq)

流量 l/min	経過時間min		0	10	20	30	40	50	60	上昇率 (%)
	送気管	濾過材								
30	特	濾	5.0	5.2	5.5	5.8	6.0	6.2	6.5	30
		マイクロファイバー	2.5	-	-	3.0	-	-	3.1	24
40	特	濾	5.0	5.5	5.8	6.0	6.2	6.5	7.0	40
		マイクロファイバー	4.0	-	-	4.7	-	-	5.0	25
50	特	濾	7.0	7.2	7.5	7.8	8.2	8.5	9.2	31
		マイクロファイバー	5.5	-	-	6.5	-	-	7.1	29

注: 上昇率は1時間後を示す。

図 4 飽和蒸気による吸気抵抗測定装置



通過させ、10分ごとにマスク前後の圧力差をマンローメーターで測定する。

(2) 結果

環境条件、室温21°C、湿度48%

結果は、表6のとおりである。

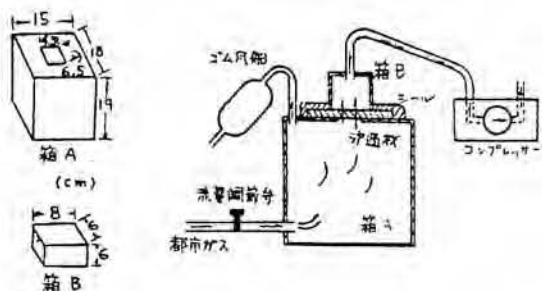
6. CO ガス濾過率試験

(1) 試験方法

図5に図示箱A、Bを作り、Aの上部孔に濾過材をのせ、さらにその上に箱Bをのせる。箱Aに都市ガスを充満し、箱Bからポンプで吸引しつつ、箱A

B内の一酸化炭素量を北川式検知器により測定する。同時に、可燃性ガス濃度を可燃性ガス爆発下限界測定器により計測する。

図5 COガス透過率測定装置



(2) 結果

環境条件、室温 18°C、湿度45%

結果については、考察で述べることにする。

7. 人体実験

(1) 実験方法

間口450cm、奥行890cm、高さ 380cmの密閉室内に発煙筒5本を使用し、発煙2分後に、3人が、それぞれF型防煙具、簡易マスク（透過材Aに特透およびマイクロファイバー使用のもの）を着装し濃煙中における呼吸状況を比較する。

(2) 結果

試験条件、平常時の光電池電流：26.5μA

実験時の光電池電流：2~0.8μA

結果は、表7のとおりである。

表7 人体実験結果

マスク種別	F型防煙具	特透使用のマスク	マイクロファイバー使用のマスク	無着装
A	9 臭気なし	7 臭気あり	6 臭気あり	0 呼吸不能
B	8 臭気若干あり	5 臭気あり	4 臭気あり	0 呼吸不能
C	9 臭気若干あり	7 臭気あり	5 ややむる	0 呼吸不能

注：表中に示す数字は平常時の呼吸状態を10とした場合である。

5. 考察

1. 捕集効率について

一般にマスクの捕集効率は、流量変化による変化と経過時間による変化、並びに結果にあらわれた数字から、総合的に優劣を判断することができる。前二者は、図6、7、8に示されているように、特透、マイクロファイバー共にその勾配は、ほとんど0に近い。したがって1時間程度の使用では効率にあまり変化の

図6 流量変化にともなう捕集効率

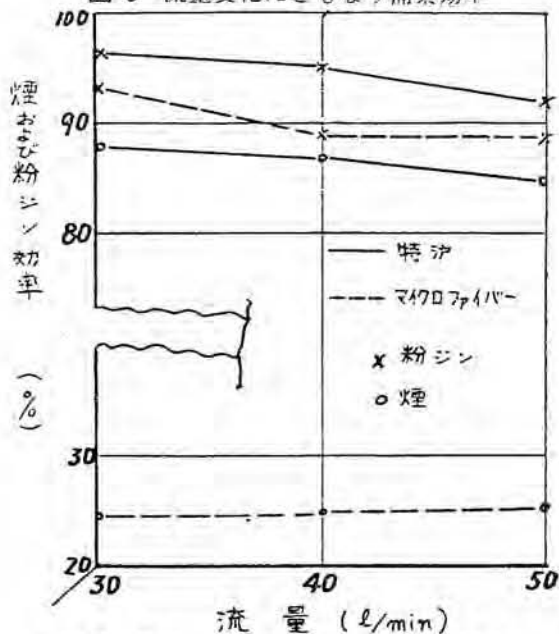


図7 経過時間と粉塵捕集効率との関係

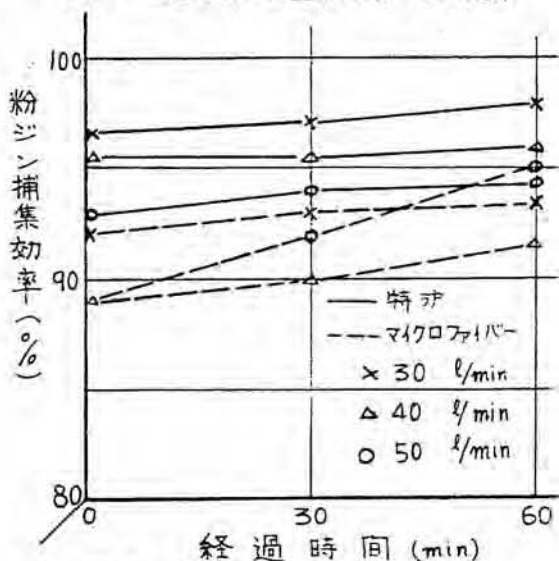
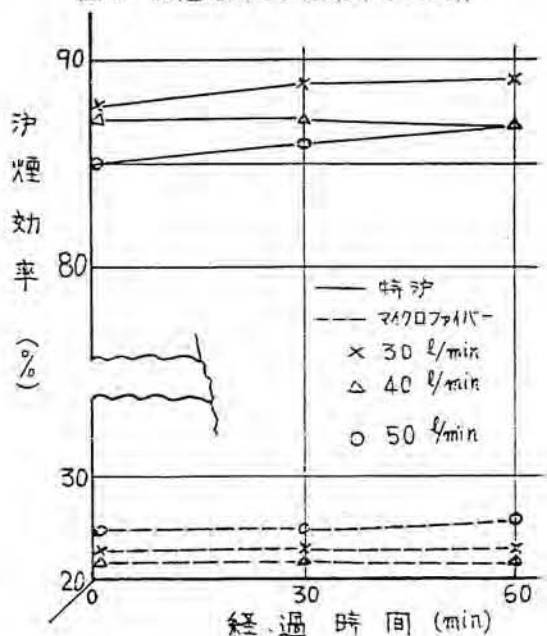


図8 経過時間と透煙効率との関係



ないことがわかる。最後に数字であるが、流量変化、経過時間に関係なく、粉塵の場合、特許が93%、マイクロファイバーが83%以上の透過率を示している。これに対し煙の場合は、特許が85%、マイクロファイバーが22%程度で、マイクロファイバーが極めて低い効率を示している。

## 2. 吸気抵抗について

吸気抵抗の場合も、捕集効率と同様な考え方で透過材の優劣を決定することができる。図4は流量変化にともなう吸気抵抗の状態を示したものであるが、粉塵を使用した場合の特許をのぞき、流量増加にともなう吸気抵抗の上昇する状態がほぼ同じであり、数字的にもあまり大差ない。粉塵を使用した場合の特許の結果が、40, 50 l/min できわめて不本意な結果を示しているが、これは特許の性質としての結果でなく、特許製造工程に起因するものと思われる。

図9 流量変化と吸気抵抗の関係

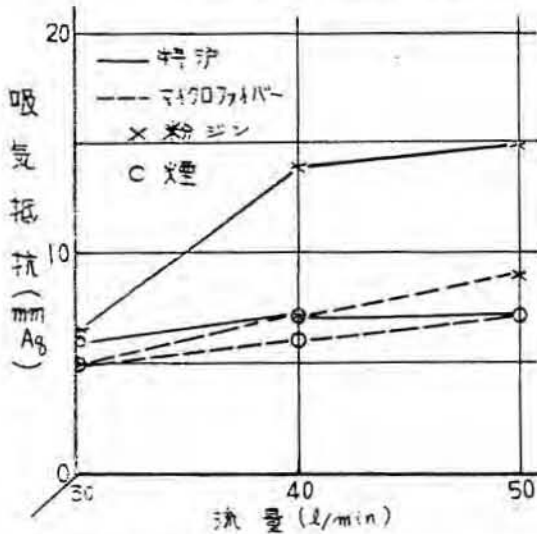
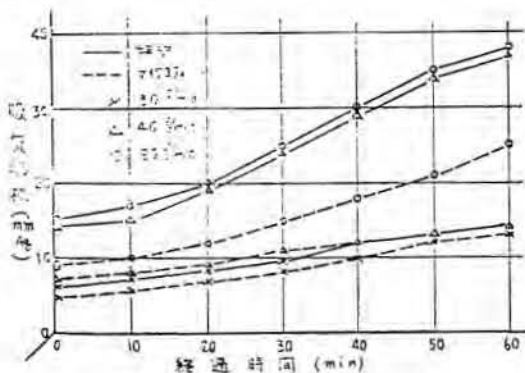


図10および11は経過時間に対する抵抗変化を示したものであるが、両者とも、マイクロファイバーの場合は流量の変化、時間の経過に対する抵抗の上昇状態が均一である。これに対し、特許の場合は、一応その傾向を示しているが不均一なところが多く、抵抗もマイクロ

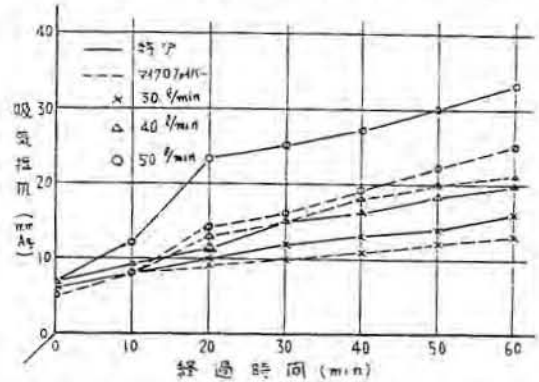
図10 経過時間と粉塵による吸気抵抗との関係



ファイバーに比較してやや高めである。抵抗上昇の不均一については、前述したとおり製造工程に問題があると思われる。

飽和蒸気による吸気抵抗の状況は表6に示すとおりややマイクロファイバーが優れているように思われる。

図11 経過時間と煙による吸気抵抗との関係



以上のことから、吸気抵抗について総合的にみると、マイクロファイバーがやや優れている。ただ問題になるのは、特許、マイクロファイバー共に経過時間にしたがって吸気抵抗が漸次上昇するので、使用時間に限界がある。この使用時間の限界については、煙濃度、あるいは粉塵濃度、製造の問題、体力的な個人差等の各種条件があるのでいちがいに決定しがたいが、結果から判断すると、透過材Aに特許を使用した場合で約30分程度のように思われる。

## 3. 一般的事項

COガスの透過は一般的にみて不可能とみるべきである。なお試験方法において、都市ガスの押込み、吸引等に問題もあり、データに多少不明なところもあるので掲載しなかったものであるが、再度精密な試験をしたうえで解明したいと思う。

最後に、各種試験結果から、マスクを総合的に判定すると、一般火災等での使用には、かなり期待できるものと思われる。

## 6. むすび

呼吸器具にかぎらず、各種器材には、すべて一長一短がある。今回試作したマスクについても同様である。各種試験結果から、マスクの長所、欠陥を抽出すれば次のとおりである。

### 1. 長所

- (1) 小型で、極めて簡単な構造であるから、誰にでも使用できる。
- (2) マスクの着装による作業上の併害が、従来の呼吸保護器に比して極めて少ない。
- (3) 着装、取りはずしが、極めて簡単である。

- (4) 吸気抵抗の上昇にともない呼吸困難になるが、従来の自給式のように機械的によるものでないから、時間的な余裕がある。

## 2. 欠 陥

- (1) 吸気抵抗が漸次上昇するため、使用時間に限界がある。
- (2) 毒性ガスの氾濫が不可能である。
- (3) 酸素量の少い密閉された建物火災等での使用は不

適である。

前にも述べたように、このマスクは、一般火災における煙、塵埃等から呼吸器系統を保護する目的で試作されたものである。したがって、その時の状況にもよるが、多量の毒性ガスが発成している火災や、密閉室内での火災など、空気の状態が呼吸するに適しない場合、あるいは救助作業等、特殊な場合の使用は、不適である。