

警報ベル作動後の行動可能時間等に関する測定結果について(第2報)

Study on Fire-Fighting After Starting Alarm-Bell(Series 2)

鳥 井 四 郎*
野 尻 忠 弘**
石 川 高 満*

Experiments were carried out on three healthy fire-fighters, walking on a motor-driven tread-mill with the aim of walking at a speed of 60m/min, 90m/min and 120m/min.

The following results were obtained by estimating the physiological response (air-consumption, heart rate, respiration rate and time) to different degrees of walking condition during the exercise.

- (1) Air-consumption increase in proportion to the walking speed.
- (2) The walking at a speed of 90m/min are the best effective speed.
- (3) The heart rate are kept below, 120 beats/min for the walking at a speed of 60m/min, 90m/min and 150 beats/min for the walking at a speed of 120m/min.

1. はじめに

近年、都市構造の変化に伴い、建築物は高層化深層化の傾向にある。このため、消防活動で呼吸保護具を装着し、しかも、長時間活動に至る場合が多くなっている。

現在、当庁では火災活動時の呼吸保護具として空気呼吸器を使用している。しかし、空気呼吸器は携行空気量に限度があり、安全使用の為に携行空気量を確認する必要がある。

携行空気量の確認方法として、圧力計による空気残圧の確認と規定の圧力下での警報ベル鳴動による方法がある。このうち、ベル鳴動による残圧の警報は、実際の災害活動現場で極めて効果的である。

本調査は、東消5型空気呼吸器の警報ベル作動後において、どの程度の行動が可能であるかを把握し、今後の安全対策資料とするために実施したものである。

なお、今回の携行ポンベは4ℓポンベを使用し、昨年報告した8ℓポンベの場合と比較したものである。

2. 調査方法

調査は、消防職員3人が出火出場時の服装で東

消5型空気呼吸器を装着し、ランニング・マシンにより、各2回、計6回実施した。

各条件は次のとおりである。

(1) 実施時期

昭和61年12月上旬

(2) 環境条件

実験室内の25°C付近の常温環境下

(3) 負荷条件

ア 装備重量

約17.5kg (内訳 表1参照)

イ 行動負荷

ランニング・マシンの行動速度は次の三種類に設定した。

(ア) 60m/分……ゆっくり歩く程度

(イ) 90m/分……いそぎ足程度

(ウ) 120m/分……軽いジョギング程度

表1 装備重量内訳

品 名	重量(kg)
防火外とう	2.1kg
防 火 帽	1.2kg
長 靴	2.2kg
空気呼吸器	10.5kg
手 袋	0.1kg
執 務 服	1.0kg
下 着	0.4kg
計	17.5kg

* 第四研究室

** 荻窪消防署

表2 測定対象者の身体特性

対象者	年齢 (歳)	身長 (cm)	体重 (kg)	肺活量 (cc)	ローレル 指数
A	39	159.0	63.0	4200	157.0
B	34	180.0	68.0	5100	116.0
C	29	173.0	65.0	3550	125.0
A V	34	170.6	65.3	4283	132.0
S D	4	8.7	2.1	635	17.0

A V : 平均 S D : 標準偏差

表3 東消5型空気呼吸器の仕様(4ℓポンペ)

諸元	性能
形式	圧縮空気・肺力開放式
最高充てん圧力	150kg/cm ²
減圧方法	二段減圧式
最大空気補給量	230ℓ/min以上
警報方式	圧縮空気打鈴式
警報開始圧力	30±5 kg/cm ²
総重量	約10.5kg
携行空気	600ℓ

(4) 測定対象者の身体特性

表2のとおり

(5) 使用呼吸器

各測定とも、装置の誤差を最小限にするため、ポンペ以外は同一の呼吸器を使用した。使用した呼吸器の仕様は表3のとおりである。又、警報ベルは33kg/cm²で鳴動し、7 kg/cm²で鳴動停止するものを使用した。

(6) 測定開始及び中止

立位静止状態で警報ベルが鳴動するまで待機し、鳴動後直ちに測定を開始して、測定対象者が自主的に中止するまで実施した。

3. 測定項目

- (1) 空気消費量……エレクトロメタボラーによる毎分当たりの呼気空気消費量
- (2) 行動時間……警報ベル作動時から測定中止するまでの時間
- (3) 行動距離……警報ベル作動時から測定中止するまでのランニング・マシンによる実測距離
- (4) 心拍数……多用途医用監視装置による毎分当たりの心拍数
- (5) 呼吸数……エレクトロメタボラーによる

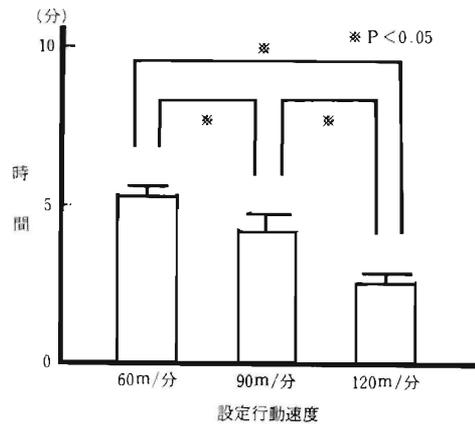


図1 行動時間

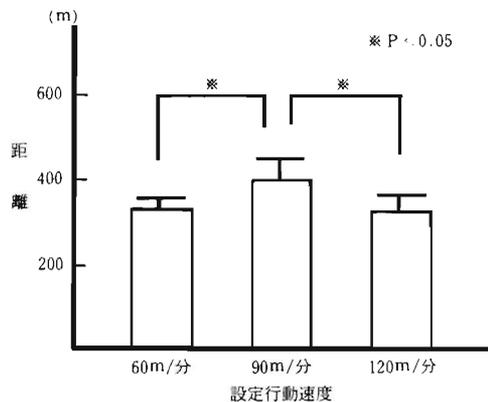


図2 行動距離
毎分当たりの呼吸数

4. 結果

(1) 警報ベル作動時の行動時間及び行動距離

ア 行動時間

各行動速度別の行動時間は、60m/分の行動速度の時、5分33秒、90m/分・4分24秒、120m/分・2分49秒となり、各行動速度と行動時間の間には統計上の有意差が認められ(P<0.05)、行動速度が増すにつれて行動時間が短くなっている。

イ 行動距離

各速度別の行動距離は、60m/分の行動速度の時、325m、90m/分・391m、120m/分・337mとなり、90m/分と60m/分・120m/分の間には統計上の有意差が認められ(P<0.05)、本測定において最も行動距離が延びたのは、90m/分の391mである。

(2) 空気消費量と中止時のポンペ圧力

ア 空気消費量

表4 空気消費量

設定行動速度	空気消費量
60m/分	15.8リットル/分
90m/分	21.5リットル/分
120m/分	34.8リットル/分

表5 中止した時点の残圧

設定行動速度	残 圧
60m/分	0.7kg/cm ²
90m/分	1.4kg/cm ²
120m/分	2.5kg/cm ²

表6 消費空気量

設定行動速度	呼吸による消費空気量	* ボンベ内減少量	呼吸以外の**消費空気量	行 動 間
60m/分	88.4 (ℓ)	127.9 (ℓ)	39.5 (ℓ)	5分33秒
90m/分	94.5 (ℓ)	126.2 (ℓ)	31.7 (ℓ)	4分23秒
120m/分	98.3 (ℓ)	122.0 (ℓ)	23.7 (ℓ)	2分49秒

* ボンベ内減少量(ℓ)
 = [(測定開始時圧力) - (中止時の残圧)] × (ボンベ容量(ℓ))
 ** 呼吸以外の全空気消費量(ℓ)
 = (ボンベ内減少量) - (呼吸による全空気消費量)

各設定行動速度別の1分間当たりの平均空気消費量は、60m/分の行動速度の時、15.8ℓ/分、90m/分・21.5ℓ/分、120m/分・34.8ℓ/分となり、各行動速度の間には統計上の有意差が認められ(p<0.05)、90mでは60m/分よりも23%、120m/分では60m/分よりも52%も多く空気を消費した。

イ 中止時の残圧

測定対象者が自主的に中止した時の残圧は、表5のとおりであり、行動速度が増すにつれて残圧が高い傾向を示した。

(3) 心拍数及び呼吸数

ア 心拍数

各行動速度別の測定開始前の心拍数は、それぞれ1分間当たり92拍、99拍、106拍であり、その後、各行動速度共上昇し、ピーク値は、60m/分の行動速度の時、108拍、90m/分・120拍、120m/分・147拍に達し、行動速度が増すにつれて心拍数が増加している。60m/分、90m/分では測定開始2分目以後、定常状態に至っている。120m/分では定常状態に至る以前に測定中止となった。心拍数の生理的安全限界といわれている180拍を越えるものはなかった。

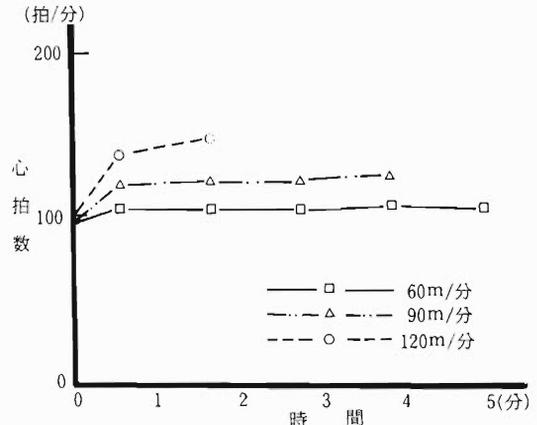


図3 心拍数

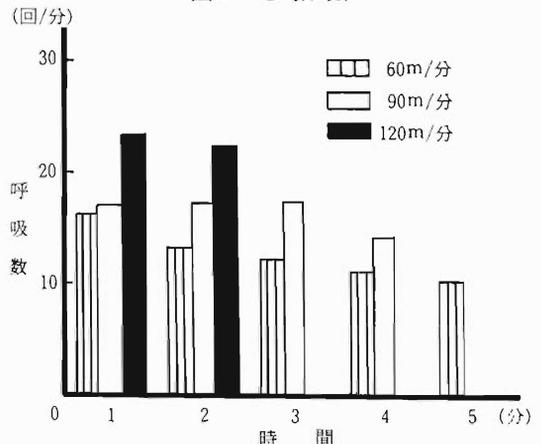


図4 呼吸数

イ 呼吸数

測定開始時の呼吸数は、60m/分の行動速度の時、16回、90m/分・17回、120m/分・23回であり、その後、徐々に減少し、測定中止時には、それぞれ、10回、14回、22回となった。

5. 考 察

(1) 警報ベル作動と消費空気量について

東消5型空気呼吸器の警報ベルは、圧縮空気打鈴式であり、作動時には打鈴のため空気を放出する構造にある。作動時に放出される空気量とボンベ圧力との関係は図5のとおりである。

今回の調査では、エレクトロメタボラーを使用して、呼吸により排出される空気量を直接測定しているが、呼吸以外の空気消費量については、警報ベル作動時を33kg/cm²として計算した値を用い、その数値を表6に示した。

呼吸による消費空気量は、行動速度が速く

なると多くなるが、行動中の呼吸以外の消費空気量は、行動速度が速くなるほど少なくなる傾向が認められた。これは、行動時間が短いと放出される空気量が少ないという警報ベルの構造に因る影響と考えられる。

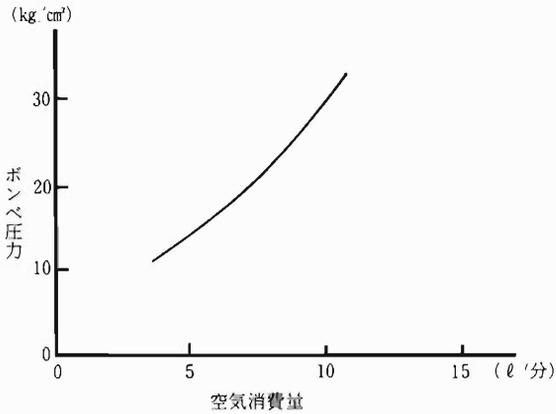


図5 警報ベル作動に要する空気量

(2) 中止時のポンベ残圧について

労働負荷としては、装備重量と行動速度による負荷が加わっており、装備重量では、4

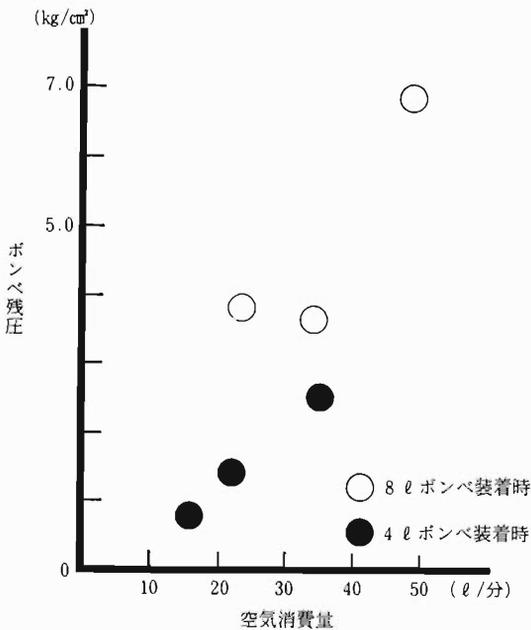


図6 ポンベ残圧と空気消費量

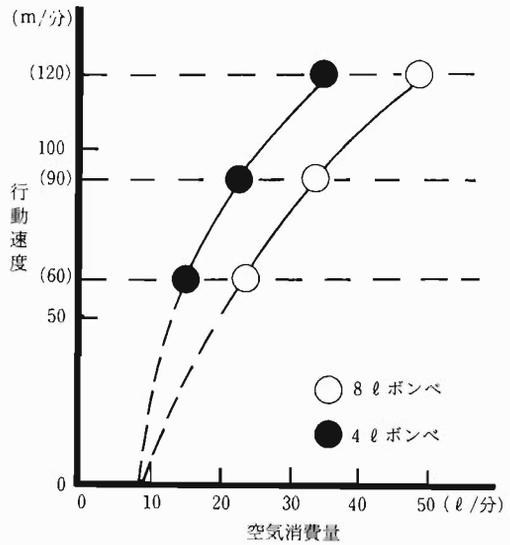


図7 行動速度と空気消費量

lポンベ装着時は、8 lポンベ装着時に比べて約4.5kg軽くなっている。これらの負荷条件による空気消費量（呼吸のみ）と中止時のポンベ残圧は、図6に示すとおりである。

4 lポンベを装着した今回の調査では、行動速度が増し、被測定者の空気消費量が増加すると、中止時のポンベ残圧が高まる傾向が認められた。8 lポンベ装着時、一部に合わない面もあるが、一般的に負荷が激しくなるに従って、中止時の残圧が高くなる傾向にある。

(3) 効率的行動速度について

図7は行動速度と空気消費量（呼吸のみ）の関係を示したものである。曲線は、当室で過去に実施したデータによる静止時の空気消費量をもとにして推定したものである。

表7は、4 lポンベ及び8 lポンベ装着時の行動距離及び行動効率 (m/l) を示したものである。行動速度による差をみると、90m/分時（いそぎ足程度の速度）は、行動距離が長く、行動効率も良い傾向にある。又、装着ポンベの差では、今回の軽量な4 lポンベ装着時の方が、前回の8 lポンベ装着時に比べて、行動速度が約1.5倍となっている。

表7 行動効率

設定	4リットルボンベ装着時		8リットルボンベ装着時	
	行動距離(m)	行動効率(m/ℓ)	行動距離(m)	行動効率(m/ℓ)
60m/分	325	3.67	503	2.57
90m/分	391	4.13	578	2.67
120m/分	337	3.43	520	2.39
平均	351	3.72	537	2.54

(4) 生理的負担について

今回の毎分当りの心拍数は、最大で147拍/分(行動速度120m/分時)であり、運動強度的には、「ややきつい」と評価される程度と考えられる。なお、これは、行動を警報ベル作動後から実施しており、行動時間が短いことにも因る。

呼吸数については、8ℓボンベ装着時と同様に、中止直前に減少する傾向にある。圧力が低下すると吸気が苦しくなる影響と考えられる。

6. ま と め

東消5型空気呼吸器(4ℓボンベ装着時)の警報ベル作動後の行動において、次のことを目安にする必要がある。

- (1) 警報ベル作動後の行動距離は、概ね、300mである。
- (2) 行動速度としては90m/分(いそぎ足程度)が最も効率的であった。

7. お わ り に

空気呼吸器を使用する場合には、一般的に次

のことが考えられる。

(1) 呼吸時には、口腔気道等の空間に空気が残留し、無駄が多いといわれており、呼吸効率を上げるには、呼吸回数を多くするより、1回毎の呼吸量を多くすることによって、空気の無駄を少なくすることが可能である。この為には、空気呼吸器の使用に際しては、ゆっくり深い呼吸を心掛ける必要がある。

(2) 携行空気量の使用量と行動効率については、ゆっくり行動しても、一定距離を得るためには、時間がかかるため、トータルの空気量が多くかかる傾向にある。このため、常に効率的な行動を配慮して活動する必要がある。

今回の調査は、安全対策上の基礎資料として実施したものであり、実際の活動において、警報ベル作動時点では、実質的に安全な位置に移動していることが望ましいと考えている。

なお、緊張感や高温高湿下の環境においては、さらに、行動時間が短くなる傾向があるので、今回のデータが空気呼吸器活用上の知識として利用されれば幸いである。

8. 文 献

- 1) 消防科学研究所報：第23号 (P85) 昭和61年
- 2) 渡辺徹一：「基礎環境衛生学」：(P45)；朝倉書店(昭和48年)
- 3) 消防科学研究所報：第21号 (P134) 昭和59年