

# 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

Study on Fire-Fighting After Starting Alarm-bell.

原 山 金 三\*  
野 尻 忠 弘\*\*  
正 木 豊\*\*  
丸 山 勝 幸\*\*  
石 川 高 満\*\*

Experiments were carried out on ten 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, 150beats./min for the walking at a speed of 60m/min, 90m/min and 170beats./min for the walking at a speed of 120m/min.

## 1. 目 的

空気呼吸器の使用に際して、ボンベ内の残留空気量を知らせる警報ベルの作動は、脱出時期を確認する上で、大切な役割を果している。

本調査は、東消5型空気呼吸器の警報ベル作動後における、実質的な行動時間等を把握することによって、安全管理上の基礎資料を得るために実施したものである。

## 2. 測定時期

昭和60年12月上旬

## 3. 測定場所

消防科学研究所 第四研究室 医学実験室

## 4. 測定対象者

- (1) 30歳前半までの消防職員 10人
- (2) 身体特性(身長・体重・肺活量・ローレル指数), (表1)

表1 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	30	178.0	68.0	5000	121.0
B	30	169.0	76.0	3320	157.0
C	33	170.0	76.0	3500	155.0
D	33	174.0	77.0	4100	146.0
E	26	168.0	65.0	4440	137.0
F	34	170.0	60.0	3800	122.0
G	23	169.0	64.0	4440	132.0
H	38	159.0	63.0	4200	157.0
I	33	180.0	68.0	5100	116.0
J	28	173.0	65.0	3550	125.0
平 均	31	171.0	68.2	4141	136.8
標 準 偏 差	4	5.5	5.8	580	15.2

## 5. 測定内容等

### (1) 測定条件

ア 負荷は、室温25°Cの常温環境下において、ランニング・マシンを用いて、それぞれ、次の3種類の行動速度を設定した。

- 60m/分 (ゆっくり歩く程度)

\*第四研究室長 \*\*第四研究室

- 90m/分 (いそぎ足程度)
  - 120m/分 (軽いジョギング程度)
- イ 測定は、警報ベル作動時から開始し、測定対象者が自主的に中止するまでとした。
- ウ 装備は、出火出場時の服装で、東消5型空気呼吸器(8ℓボンベ)を着装した。
- エ 呼吸器の圧力調整器(K2型)は、全員が同一のものを使用した。
- (使用の警報ベルは、ボンベ圧力が33kg/cm<sup>2</sup>で作動し、7kg/cm<sup>2</sup>で停止した。)

(2) 測定項目

測定項目

項目	測定器材	内容
行動時間(分)	ストップウォッチ	警報ベル作動時から測定対象者が自ら中止した時点までの時間
行動距離(m)	ランニングマシン距離表示計	警報ベル作動時から測定対象者が自ら中止した時点までの距離
空気消費量(ℓ/分)	エレクトロメタボラー	エレクトロメタボラーにより空気消費量を連続測定した
呼吸数(回/分)	〃	エレクトロメタボラーにより呼吸数を連続測定した
心拍数(拍/分)	多用途医用監視装置	多用途医用監視装置により心拍数を連続測定した
残圧(kg/cm <sup>2</sup> )	0.5級圧力ゲージ	測定終了時のボンベ圧

6. 結果と考察

(1) 空気消費量

ア 行動速度との関係

各行動速度別の平均空気消費量は、60m/分で23ℓ/分、90m/分で33ℓ/分、120m/分で48ℓ/分となった。

このように行動速度が増すにつれて空気消費量が多くなり、それぞれの間には統計上の有意差が認められた(P<0.05)。

イ 身体特性との関係

空気消費量と肥満度を表わすローレル指数との関係は、図2のようになった。

両者の相関係数γ値は、60m/分でγ=0.740、90m/分でγ=0.864、120m/分でγ=0.906となり、いずれも高い相関関係が認められ、ローレル指数値が高い者ほど、空気を多く消費している。

なお、ローレル指数とは、身長を一辺とした立方体を考えた時の密度に相当するものであり、一般に160以上を示す場合に肥満児とき

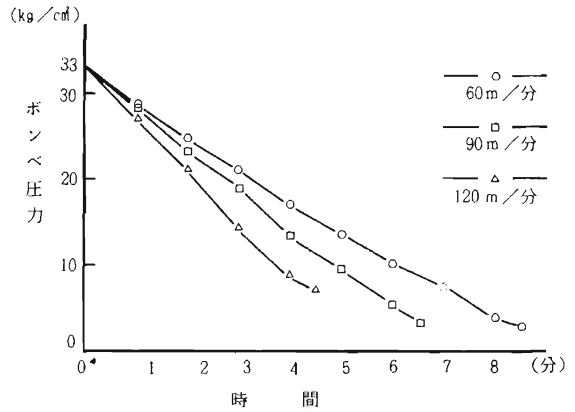


図1 行動速度とボンベの圧力減少

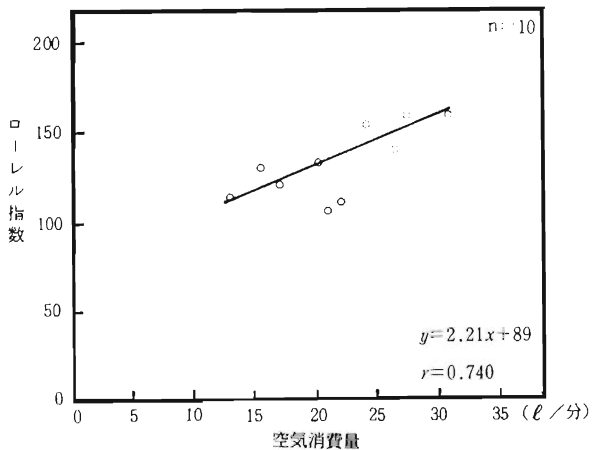


図2-1 空気消費量とローレル指数 (行動速度60m/分時)

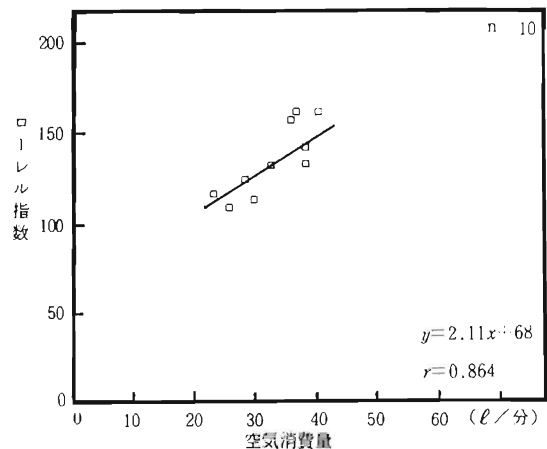


図2-2 空気消費量とローレル指数 (行動速度90m/分時)

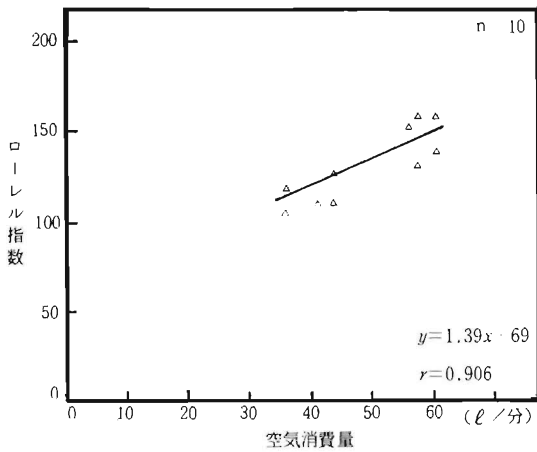


図2-3 空気消費量とローレル指数  
(行動速度120m/分時)

れている。

ローレル指数は、次の式により算出できるよ。

$$\text{ローレル指数(Rohrer's index)} = \frac{\text{体重}}{\text{身長}^3} \times 10^7$$

(2) 停止時の残圧

測定対象者が自主的に中止した時点の平均残圧は、表3のとおりであった。

特に、行動速度が120m/分の時には、残圧が高いという傾向を示したのは、空気消費量が増した影響と考えられる。

表3 中止した時点の残圧

行動速度	残 圧
60m/分	3.8kg/cm <sup>2</sup>
90m/分	3.6kg/cm <sup>2</sup>
120m/分	6.8kg/cm <sup>2</sup>

(3) 警報ベル作動に消費する空気量

本測定に使用した圧力調整器(K2型)の警報ベル作動時から警報ベル停止までの警報ベル鳴動時の空気消費量と残圧との関係を測定したところ、図3のようになった。

この結果から、残圧が高いほど、警報ベル鳴動に消費される空気量が多い傾向を示しており、行動速度が遅いと、警報ベルを鳴動させる空気量は増加していく。

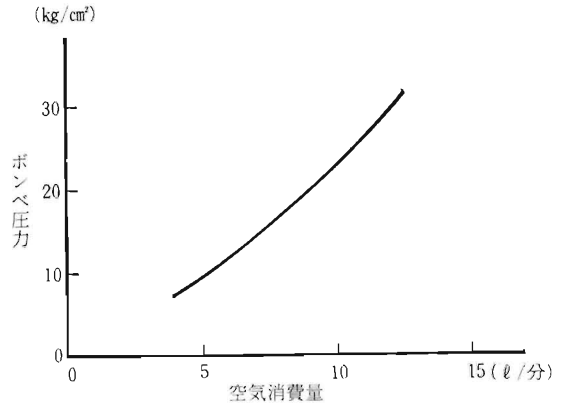


図3 警報ベル作動に要する空気量

(4) 警報ベル作動後の行動

ア 行動可能時間

各行動速度別の行動可能時間は、60m/分で8分30秒・90m/分で6分33秒・120m/分で4分32秒となり、各行動速度と行動可能時間の間には統計上の有意差が認められ(P<

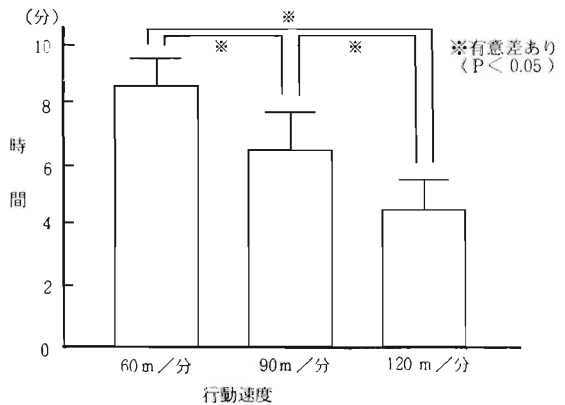


図4 行動速度と行動可能時間

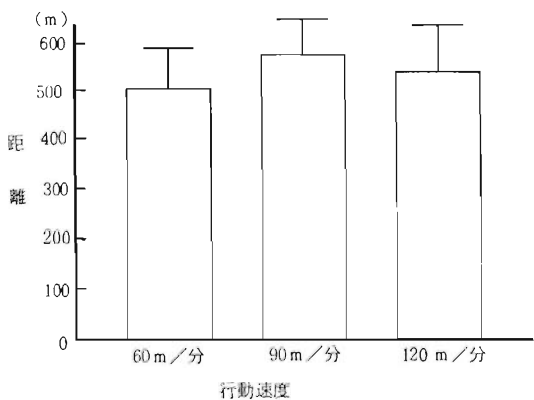


図5 行動速度と行動可能距離

0.05), 行動速度が増すにつれて, 行動可能時間が短くなった。

#### イ 行動可能距離

各行動速度別の行動可能距離は, 60m/分で503m, 90m/分で578m, 120m/分で520mとなり, 90m/分のいそぎ足程度の行動が最も行動距離が長くなった。

しかし, 行動速度による傾向をみると, 統計上の有意差は認められなかった。

### (5) 警報ベル停止後の行動

#### ア 行動可能時間

各行動速度別の行動可能時間は, 60m/分で1分37秒, 90m/分で1分39秒, 120m/分で23秒となり, 三者の間には統計上の有意差が認められた ( $P < 0.05$ )。

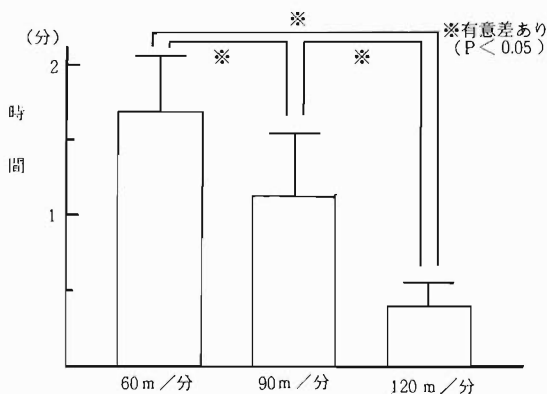


図6 行動速度と行動可能時間

#### イ 行動可能距離

各行動速度別の行動可能距離は, 60m/分で96m, 90m/分で99m, 120m/分で44mとなり, 60m/分, 90m/分と120m/分の間には統計上の有意差が認められた ( $P < 0.05$ )。

### (6) 測定中止時期

60m/分で1人, 90m/分で1人, 120m/分で4人, 計6人の者が警報ベル作動中の比較的残圧の高い時期に中止した。特に, 行動速度が120m/分と空気消費量が多い場合に, 中止者が多くなった。

### (7) 心拍数

60m/分, 90m/分, 120m/分の各行動速度別の測定開始前の心拍数は, それぞれ, 91拍/分, 91拍/分, 95拍/分であり, 測定開始1分後には, 127拍/分, 132拍/分, 157拍/分, とおり, 測定3分後には, 126拍/分, 137拍/分, 170拍/分と

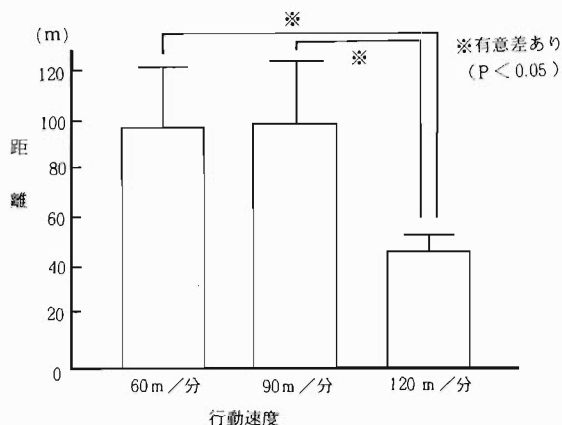


図7 行動速度と行動可能距離

さらに上昇し, 以後, 60m/分, 90m/分では定常状態となったが120m/分では, 定常状態に入る前に測定中止となった。

60m/分と90m/分では, 毎分10拍程度の差でしかなく, いずれも150拍/分以下であった。しかし, 120m/分では, 170拍/分前後と上昇している。今回の測定では, 生理的安全限界といわれている180拍/分を越えなかったが, 上昇の傾向が認められた。<sup>2)</sup>

### (8) 呼吸数

測定開始1分後の60m/分, 90m/分, 120m/分の各行動速度別の呼吸数は, それぞれ, 20, 21, 26回/分であった。

中止した時点の呼吸数は, それぞれ, 18, 20, 20回/分であり, 測定開始時にくらべ, 若干減少したが, 測定中止1分前の呼吸数を見ると, 20, 22, 27回/分であり, このことは, 測定中止に近づくにつれ, 一段と呼吸が苦しくなり, ゆっくり, 深く吸うことを余儀なくされるためと推測される。

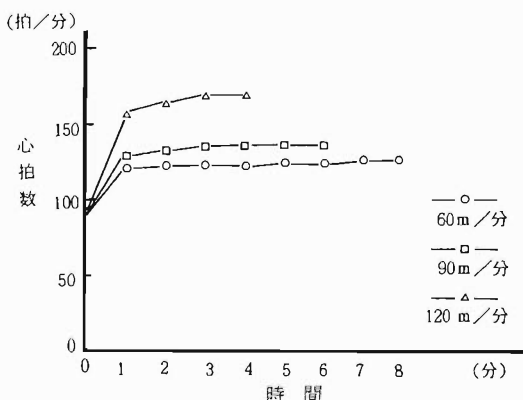
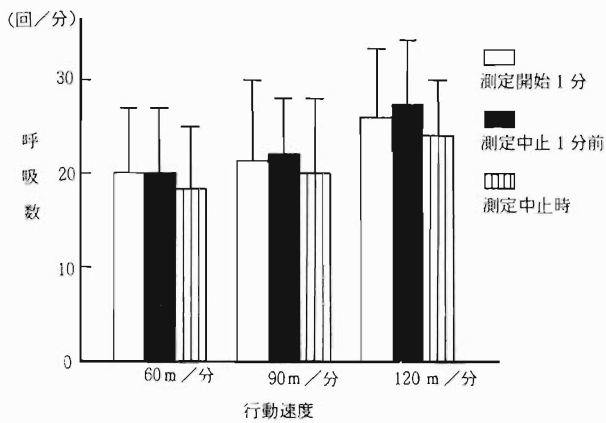


図8 行動速度と心拍数



## 7. ま と め

- (1) 90m/分のいそぎ足程度が効率的行動速度である。

- (2) 警報ベル作動後の行動可能時間は、4～8分である。
- (3) 警報ベル作動後の行動可能距離は、500～600 mである。
- (4) 60m/分のゆっくりした行動であっても、120 m/分のいそいだ行動であっても、行動可能距離にあまり差がない。
- (5) 警報ベル後終了後の行動可能時間は、30秒～1分30秒であり、行動可能距離は、40～90mである。

## 8. 文 献

- 1) 中西光雄：「体育生理学実験」(P165)；技術書院(昭和43年)
- 2) 渡辺巖一：「基礎環境衛生学」(P45)；朝倉書店(昭和48年)