

軽量ボンベ及び鋼製ボンベ使用時の隊員の生理変化について

Study on an air breathing apparatus with a new cylinder and an orthodox cylinder.

鳥 井 四 郎***

野 尻 忠 弘**

飯 田 稔*

石 川 高 満*

Experiments were carried out on five healthy fire-fighters, walking at speed of 120m/min on an air breathing apparatus with a new air cylinder and on orthodox air cylinder.

The following results were obtained by estimating the physiological response during 5-minutes exercise and questionnaire survey.

- (1) Air consumption of an air breathing apparatus with a new cylinder are less than an air breathing apparatus with an orthodox cylinder.
- (2) The physiological burden for fire-fighters decreases according to the decrease in weight of their personal equipment.

1. はじめに

都市構造の複雑、多様化が進むにつれ、都市特有の特異災害の発生危険が高まり、火災・救助等に伴う消防活動が困難化している。また、職員の



高齢化に伴い、効率的な消防活動が求められていることから、消防機器の自動化・軽量化が強く要望されており、研究が進められているところである。

特に、空気呼吸器は都市型災害に対応するための必要不可欠な消防機器であり、その軽量化は消防活動の能力を高めるものと考えられる。

今回、空気呼吸器の軽量化が隊員の空気消費量、心拍数の変化並びに体力消耗の軽減に及ぼす効果等を明らかにするために、軽量ボンベ及び鋼製ボンベ使用時の隊員の生理変化を測定・分析したので、その結果を報告する。

2. 測定期間

昭和62年8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

消防職員 5人

5. 測定条件等

(1) 装備条件

出火出場時の服装で、軽量ボンベ(8リットル)と鋼製ボンベ(8リットル)の各空気呼吸

* 第四研究室 ** 荻窪消防署 *** 防災部防災課

器をそれぞれ順次着装した。また、実験に際しては、十分な休息を与えてから実施した。

なお、各空気呼吸器の諸元・性能を表1に示す。

表1 諸元・性能

項目	軽量ポンベ 諸元・性能等	鋼製8ℓポンベ 諸元・性能
材質	アルミニウム合金+エポキシ樹脂含浸ガラス繊維	クロムモリブデン鋼
ポンベ内容量	8.4ℓ	8ℓ
最高充填圧力	150kg f/cm ³	150kg f/cm ³
使用時間	28分	27分
重量(空気含)	約6.2kg	9.7kg

(2) 負荷条件

ランニングマシンを用いて、走行速度120m/分(7.2km/時)の速度で5分間の負荷を設定した。

(3) 測定項目

ア 身体計測等

測定対象者の身長・体重は表2のとおりである。

表2 身体計測

測定者	年齢 (歳)	身長 (cm)	体重 (kg)
A	33	167	50
B	24	168	63
C	41	164	57
D	36	180	68
E	29	173	65
A V	32	174	60

イ 空気消費量

実験使用前と実験終了後のポンベ重量を精密台秤で測定し、その差を容量変換し、空気消費量を求めた。

ウ 心拍数

実験中の心拍数変化を多用途医用監視装置

により、連続測定した。

(4) アンケート調査

各呼吸器測定終了後、15項目について質問紙法によるアンケート調査を実施した。

6. 結果

(1) 空気消費量

走行速度が、120m/分における、軽量ポンベと鋼製ポンベの1分当たりの空気消費量は表3のとおりであった。

表3 空気消費量の比較(ℓ/分) n=5

	軽量ポンベ	鋼製ポンベ
平均	47.2ℓ/分	62.1ℓ/分
標準偏差	9.5	8.8

軽量ポンベの空気消費量は鋼製ポンベに比べ、平均で1分当たり、14.9ℓ(24%減)少なく、図1に示すとおり統計上の有意差が認められた。(P<0.05)。

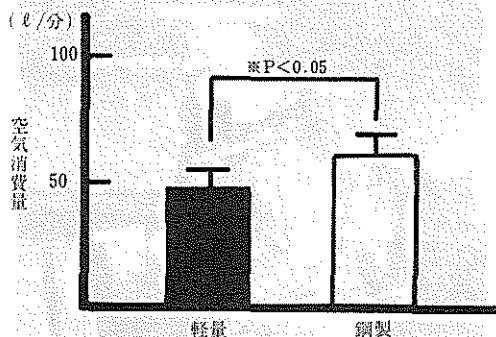


図1 空気消費量

(2) 使用時間

一般的にポンベ使用時間の算出は、次式によって求められる。

$$\text{使用時間} = \frac{\text{ポンベ容量} \times (\text{充填圧力} - \text{余裕圧力})}{\text{毎分当たりの空気消費量}}$$

この式により、今回の実験で消費した空気を基に、各ポンベ使用時の使用時間を算出すると表4のとおりである。

表4 使用時間の比較

ポンベ	軽量ポンベ (1260-120) ℓ	鋼製ポンベ (1200-120) ℓ	時間差
使用時間	24分	17分	7分

(余裕圧力15kg f/cm²とする)

表3に示すように、軽量ポンベを使用した場合の方が、鋼製ポンベに比べて、空気消費量が少ないことから、表4に示すように使用時間は長くなり、軽量ポンベの方が重量による負担が軽減されていると考えられる。

(3) 心拍数

軽量ポンベ使用時と鋼製ポンベ使用時の測定開始前における被測定者の心拍数の平均値はそれぞれ74拍/分であり、その後時間と共に上昇し、定常状態に入り、負荷終了時には、軽量ポンベ時162拍/分、鋼製ポンベ時167拍/分に達した。

心拍数の変化は、軽量ポンベ、鋼製ポンベともに同じ傾向にあるが、1分当たり2-5拍程度、軽量ポンベの心拍数が少なく負担が軽いと考えられる。

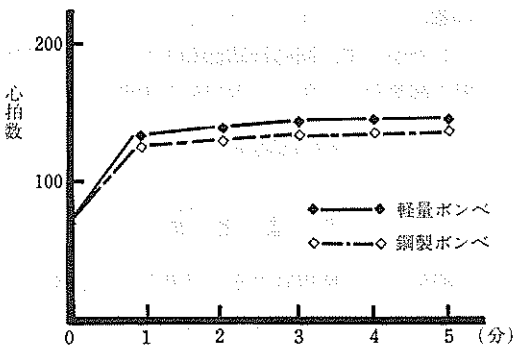


図2 心拍数

(4) アンケート調査結果

ア 軽量ポンベについて

表5のとおり、軽量ポンベが鋼製ポンベより優れているという意見は、「軽量感」「作業性」、「着装的迅速性」などに多く、やはり、鋼製ポンベと比較し、ポンベ重量で約3.5kg程軽くなっていることから、隊員への重量による負担が軽減されたものと考えられる。

イ 鋼製ポンベについて

鋼製ポンベが軽量ポンベより優れているという意見は、なかった。

表5 アンケート調査結果 (120m/分) (人員5名)

	軽量ポンベ	鋼製ポンベ	判定できない
軽量感	□□□□□ 5		
安心感			□□□□□ 5
快適さ	□□ 2		□□□ 3
吸気の楽さ	□ 1		□□□□ 4
呼気の楽さ	□ 1		□□□□ 4
呼吸の楽さ	□ 1		□□□□ 4
面体のフィッティング			□□□□□ 5
背負子のフィッティング			□□□□□ 5
胴体内のくもり			□□□□□ 5
作業性	□□□ 3		□□ 2
着用の迅速性	□□□ 3		□□ 2
着用の容易性	□□ 2		□□□ 3
視野の広さ			□□□□□ 5
足もとの視野			□□□□□ 5
保守管理	□ 1		□□□□ 4

7. 考 察

(1) 空気消費量と身体特性

図3は、鋼製ポンベ使用時と軽量ポンベ使用時との空気消費量の差とローレル指数との関係のみたものである。

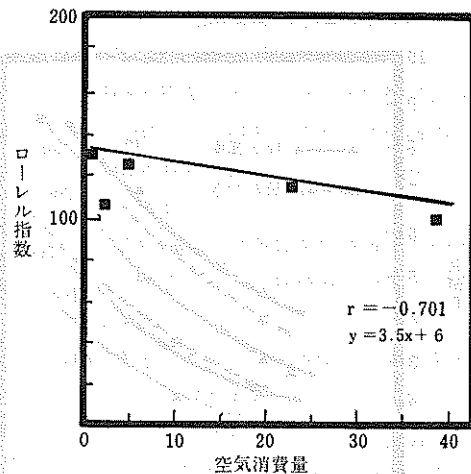


図3 ローレル指数と空気消費量

このように、鋼製ポンベ使用時の空気消費量

に比べて、軽量ポンペ使用時の空気消費量が著しく減少しているのは、ローレル指数の低い者に大きく現れていた。

このことから、6(1)に示すように一般に軽量ポンペ使用時の空気消費量は少なく、さらに体重の軽い者には鋼製ポンペを使用するより、軽量ポンペを使用した時の方が空気消費量が少なくなるという、重量負担の軽減効果がより顕著に認められる。

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されている。¹⁾

ローレル指数は、次の式により算出できる。

$$\text{ローレル指数 (Rohres index)} = \frac{\text{体重 (kg)}}{\text{身長}^3 (\text{cm})} \times 10^7$$

(2) 装備重量の軽量化による影響

呼吸器の軽量化が、消防隊員の体力の軽減に及ぼす効果について、文献によりエネルギー代謝率（以下「RMR」という。）、消費カロリーを用いて検討する。²⁾

図4は、歩行速度別、運搬重量別から RMR をもとめるものである。

この図から抱え運搬で、走行速度が1分あたり60mと90mの時のRMRを読み取り、1分当たり消費カロリーを今回の測定対象者（平均年齢32.8歳、平均体重60.8kg）について算出すると、表6のとおりになる。

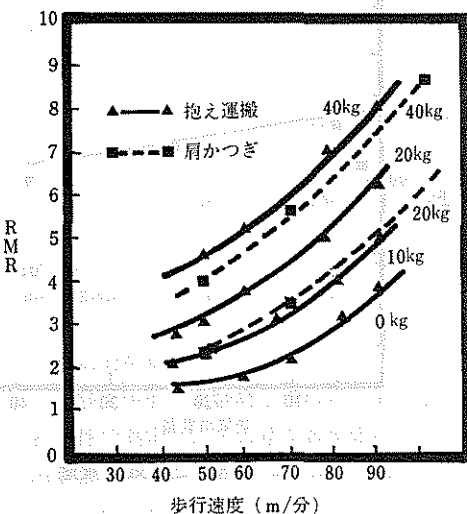


図4 抱え、肩かつぎ運搬のRMR

表6 抱え運搬重量別のRMRと消費カロリー

歩行速度	60m/分		90m/分	
	RMR	消費 カロリー	RMR	消費 カロリー
0kg	1.7	2.91	3.5	4.77
10kg	2.5	3.74	4.8	6.11
20kg	3.5	4.77	6.0	7.35
40kg	5.1	6.42	8.1	9.52

(Kcal/分・n=5)

この表から、同じ歩行速度であれば、抱え運搬の重量が増すにしたがって、RMRと消費カロリーは増加することがわかる。また、図4から肩かつぎ運搬においても、この傾向は変わらないことは明らかである。

さらに、RMR、消費カロリーが増えると空気消費量や酸素消費量は多くなることが知られている。

したがって、同じ消防活動をする場合、呼吸器の軽量化が、隊員のRMRと消費カロリーを少なくし、体力消耗を軽減するものと考えられる。

8. まとめ

- (1) 軽量ポンペ使用時の空気消費量は、鋼製ポンペよりも明らかに少ない。
- (2) 軽量ポンペ使用時の心拍数は、鋼製ポンペよりも低い。
- (3) アンケート調査から、軽量ポンペは「軽量感」に優れている。
- (4) 装備重量の軽量化は、RMRや消費カロリーを少なくし、隊員の体力消耗を軽減する。

参考文献

- (1) 中西光雄：「体育生理学実験」(P165)：技術書院(昭和43年)
- (2) 沼尻幸吉：「活動のエネルギー代謝」(P71~111)：労働科学研究所(昭和49年)