

熱環境下における消防隊員の生理変化について

Study on Physiological Changes of Firefighters
under High Temperatures

関 根 弘*
野 尻 忠 弘*
鈴 木 裕**

Unfortunately, firefighters work in dense smoke, high temperature or toxic gas.

This report discusses the results of experiments made on physiological changes of fire fighters who work under environments that are harmful to human body.

As a result, heart beat, blood pressure and volume of sweat increased, imposing a burden to the heart. Air and oxygen consumption increased by about fifty percent. As perspiration was influenced by a fire coat, water content in a human body decreased, blood concentrated and circulation of the blood became sluggish.

1. は じ め に

火災等の熱環境下で、消防活動する消防隊員の生理変化を明らかにするための実験を行ったので報告する。

2. 目 的

高温、高湿、濃煙など身体に有害な環境のもとで各種の消防活動を行う消防隊員の安全管理を図るための資料を得る。

3. 実 験 期 間

昭和56年12月3日から昭和57年1月26日まで

4. 実 験 場 所

文京区湯島一丁目5番45号
国立東京医科歯科大学、医学部、衛生学教室、熱環境室

5. 測 定 対 象 者

消防科学研究所に勤務する健康な消防職員5人で、その身体的特徴は表1のとおりである。なお、災害活動上の大隊長、中隊長、隊員2、機関員で構成した。

6. 測 定 項 目

(1) 心拍数測定

多用途医用監視装置により心拍数を連続測定した。

(2) 血圧測定

連続自動血圧計と聴診器法により、5分ごとの収縮期血圧（最高血圧）と拡張期血圧（最低血圧）を測定した。

(3) 呼吸数測定

多用途医用監視装置により呼吸数を連続測定した。

(4) 空気消費量測定

ダグラス・バッグ法とレスピライザーにより、空気消費量を測定した。

(5) 呼気ガス濃度測定

呼気ガス分析器により、呼気中の酸素濃度(%)、二酸化炭素濃度(%)を測定し、酸素消費量を算出した。

(6) 発汗量測定

熱環境室に入る実験の直前と直後に人体精密台秤（実感量2g）により体重を測定し、その減少値を発汗量とした。

(7) 血液、尿分析

熱環境室に入る直前と直後に血液20mlと尿を採取し生化学的分析を行った。

表1 測定対象者の身体的特徴

被験者	年 令 (才)	身 長 (cm)	体 重 (kg)	胸 囲 (cm)	腹 囲 (cm)	皮 脂 厚 (mm)			体表面積 (m ²)	安静代謝時 酸素量 (ml)
						腹 部	上腕部	背 部		
A	30	167.9	64.50	86.8	77.0	19.5	7.0	14.5	1.687	253
B	31	166.5	82.09	105.7	89.0	37.0	11.0	22.0	1.868	281
C	31	170.3	76.94	95.8	88.2	41.0	13.5	19.5	1.842	276
D	43	166.4	64.31	91.5	81.5	31.0	12.0	14.5	1.675	252
E	42	168.4	74.10	94.6	87.0	21.3	11.0	19.0	1.798	270
X	35	167.9	72.39	94.9	84.5	30.0	10.9	17.9	1.774	266
S.D.	7	1.6	7.83	7.0	5.1	9.4	2.4	3.3	0.089	13

S.D. 標準偏差

(8) 心電図測定

熱環境室に入る直前と直後に四肢誘導、胸部誘導の12誘導の心電図を測定した。

7. 実験の概要

(1) 予備実験

本実験を実施するにあたり熱環境における生理変化測定の目安を得るため、及び安全管理を徹底するために予備実験として、熱環境室で測定対象者を椅子に坐った安静状態にし、湿度を40%、温度25℃、35℃、45℃、55℃の4段階について、生理変化を観察しながら予備実験を行った。

(2) 本実験

ア 実験の条件(表2)

防火衣、東消5型空気呼吸器を着装した出火出場時の服装(以下「全装備」という)で、外気温から55℃まで可変できる熱環境室を用い、室温25℃、50℃、湿度40%における熱環境を設定して実験した。

表2 実験条件

実験番号	実験条件
No. 1	温度25℃、湿度40%、防火衣、東消5型空気呼吸器、安静20分
No. 2	温度25℃、湿度40%、防火衣、東消5型空気呼吸器、安静10分、負荷10分
No. 3	温度50℃、湿度40%、防火衣、東消5型空気呼吸器、安静20分
No. 4	温度50℃、湿度40%、防火衣、東消5型空気呼吸器、安静10分、負荷10分

イ 負荷内容

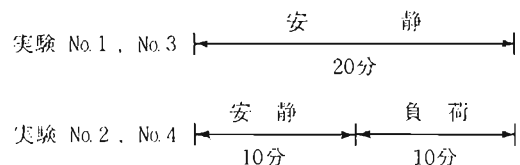
自転車エルゴメーターを用い、毎分当たりの仕事量600kgm(例えば、60kgの重さのものを1分かけて10m移動させるのに必要な仕事量)の負荷を与えた。

この負荷は、消防活動の平均的作業強度といわれるRMR(エネルギー代謝率ともいい、運動代謝÷基礎代謝で表される)6.5に相当し、具体的には、執務服で階段を普通の速さで昇る、あるいは、全装備で平地をいそぎ足で歩く程度である(以下「負荷」という)。

ウ タイム・スケジュール(表3)

実験No.1は25℃、No.3は50℃の温度で20分間椅子に坐って安静にしている状態、No.2は25℃、No.4は50℃の温度で前期10分間は安静にし、後期10分間は負荷を与えた(以下実験No.1を「25℃安静」、No.2を「25℃負荷」、No.3を「50℃安静」、No.4を「50℃負荷」という)。

表3 タイムスケジュール



8. 測定結果

(1) 心拍数の変化について(図1)

「50℃負荷」で10分間安静にしたあと負荷を与えると、毎分当心拍数は急激に増加し、負荷10分後には181(5人の平均)となり、人によっては215にもなった。

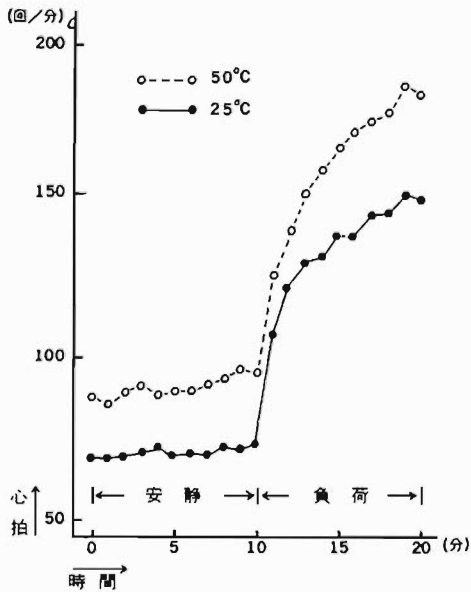


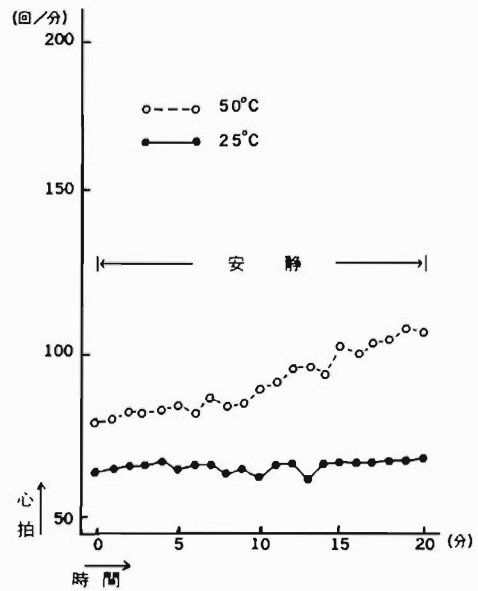
図1 心 拍 数 の 変 化

「50℃安静」では、初期の心拍数は81から除々に増加し、20分後には106になった。

「25℃負荷」では、負荷10分後では147にしかならず、同じ負荷内容でも「50℃負荷」は、34も多かった。

「25℃安静」では、大きな変化はなく、7分から13分にかけては、むしろ少なくなっている。

なお、「50℃負荷」の初期の心拍数が「25℃負荷」に比較すると若干高いが、これは、高い熱



環境に挑戦するという心理的影響によるものとみられる。

(2) 血圧の変化について (図2)

「50℃負荷」の収縮期血圧(最高血圧)は急激に上昇し、負荷5分後には190mmHgになり、「25℃負荷」の170mmHgより20mmHg高い値を示した。

「50℃負荷」の収縮期血圧190mmHgは「50℃安静」に比較しておよそ70mmHg高くなった。「50℃安静」でも時間経過とともに上昇したが、10

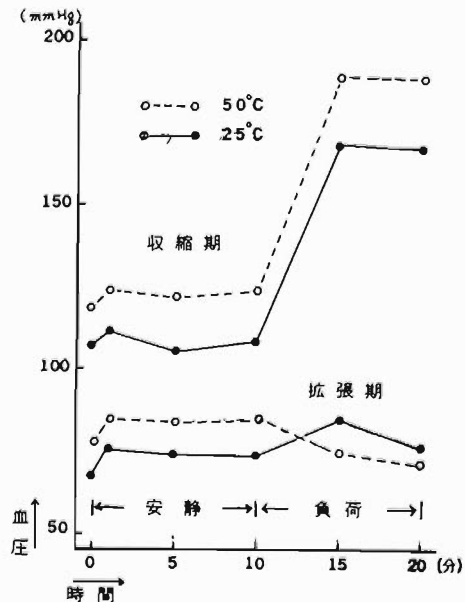
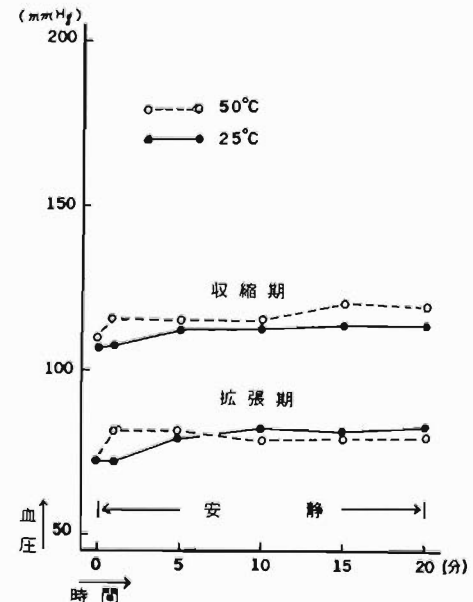


図2 血 圧 の 変 化



mmHg程度の上昇であった。

「25℃安静」では殆んど変化がなかった。

拡張期血圧（最低血圧）は、熱環境下の「50℃安静」「50℃負荷」あるいは「25℃安静」「25℃負荷」などのすべての実験においてあまり変化がなかった。

このように負荷が与えられると収縮期血圧は急激に上昇するとともに、温度が高くなるにつれて血圧の上昇がより高くなる傾向がみられた。

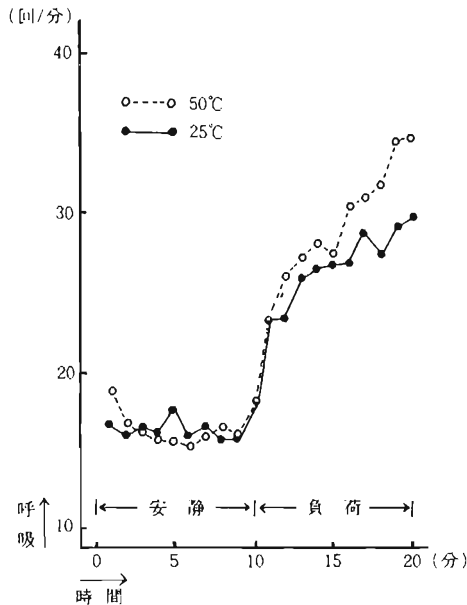


図3 呼吸数の変化

「25℃負荷」の呼吸数は負荷を与えると増加し、負荷10分後には29回となって「50℃負荷」より5回少なかった。

「25℃安静」では殆んど変化はなく、むしろ少なくなる傾向がみられ「全装備」では快適で眠気をもよおすほどであったためとみられる。なお、「50℃負荷」の初期の呼吸数が「25℃負荷」よりも高いのは、心拍数の増加したことで同様の理由とみられる。

(4) 空気消費量について (図4)

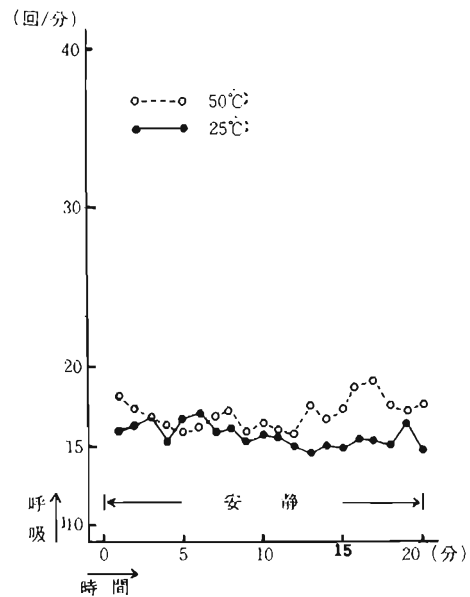
「50℃負荷」の空気消費量は急激に増加し、負荷10分後には毎分当たり61ℓになり、人によっては75ℓにもなった。「50℃安静」でも7～10ℓとなり「25℃安静」の5ℓに対して、1.4倍から2.0倍になった。

「25℃負荷」の空気消費量は49ℓとなり、「50℃負荷」のほうが11ℓも多く1.24倍であった。

(3) 呼吸数の変化について (図3)

「50℃負荷」の呼吸数は心拍数と同様に急激に増加し、負荷10分後には毎分当たり34回になった。

「50℃安静」では初期に若干多い値を示したが、熱環境室の熱環境に慣れたと思われる5分後には平常値に戻り、その後は若干の増減を示しながら徐々に多くなったが、20回を超えることはなかった。



「25℃安静」では時間経過とともに徐々に少なくなり5ℓまでになったのは、「全装備」で「25℃安静」にしていると気持がよく快適で、眠気をもよおしたことによるものとみられる。

(5) 酸素消費量について (図5)

「50℃負荷」の酸素消費量は急激に増加し、負荷10分後には毎分当たり3,060mlになり、人によっては3,400mlにもなった。

「25℃負荷」では2,380mlにしかならず、「50℃負荷」は空気消費量同様酸素消費量も多くなり、1.28倍と680mlも多く消費した。

「50℃安静」では熱環境にいと徐々に増加する傾向がみられるが、その範囲は360～430mlであり「25℃安静」の266mlより1.4倍から1.6倍であった。

「25℃安静」では20分の間殆んど変化なく264～337mlの範囲であり、しかも時間経過とともに

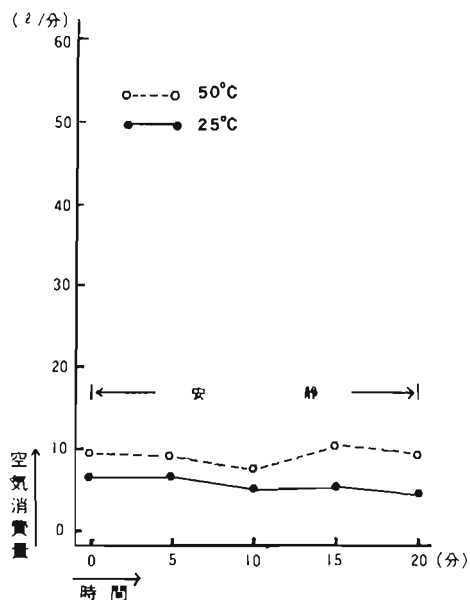
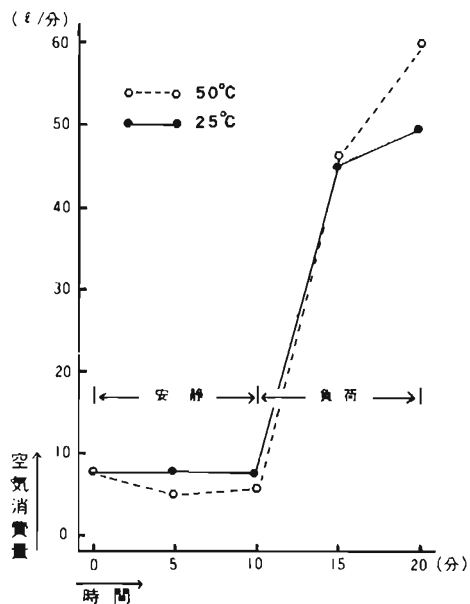


図4 空気消費量の変化

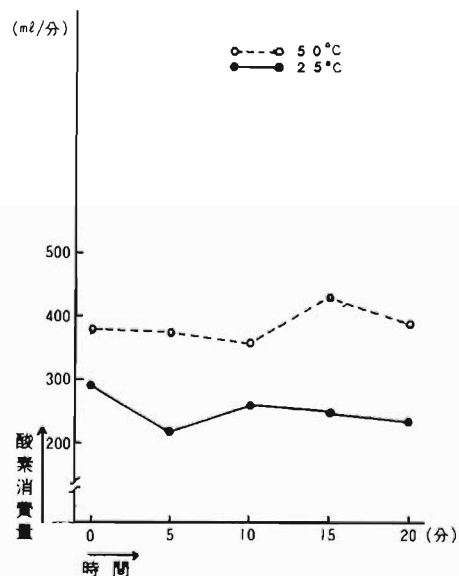
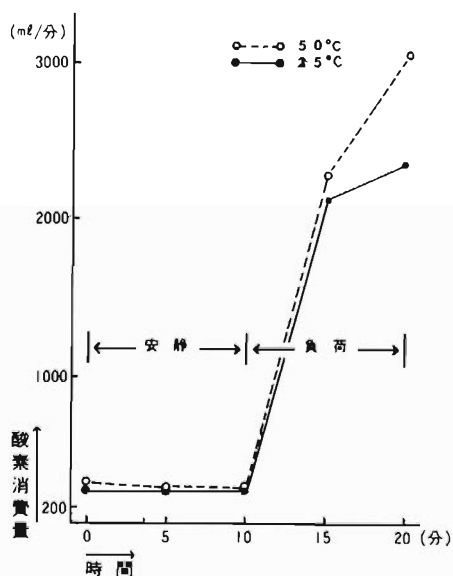


図5 酸素消費量の変化

にわずかであるが減少する傾向がみられた。これは、心拍数、呼吸数の減少と同様の理由によるものとみられる。

なお、一般的に空気消費量の4%前後が酸素消費量とされており、今回の実験でもほぼ同じであった。

(6) 発汗量について (図6)

実験前後の体重を精密に測定し、そのときの

体重減少を発汗量とした。

「50℃負荷」の発汗量は401 g、「50℃安静」のときは307 g、「25℃負荷」のときは158 g、「25℃安静」では45 gであった。

「50℃負荷」と「25℃負荷」及び「50℃安静」と「25℃安静」を比較すると、それぞれ2.5倍、6.8倍も多く発汗した。

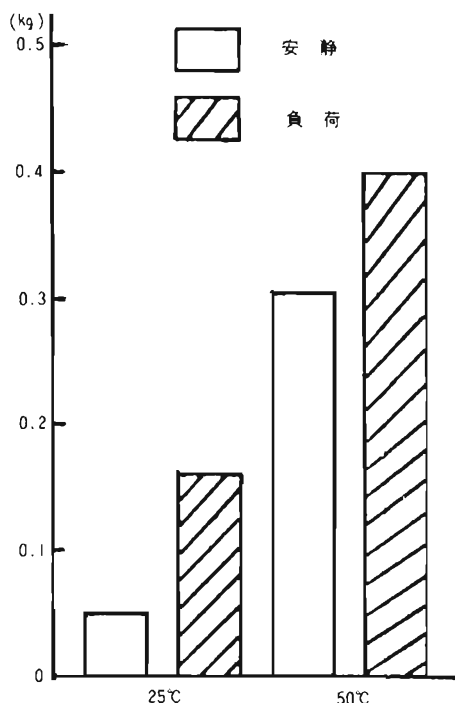


図6 発汗量

(7) 血液分析について (表4)

条件をそろえて血液を分析するため、食事をしてから実験を行うまでの時間は毎回同じとした。血液分析は、「50℃負荷」「50℃安静」「25℃負荷」のときの実験前と実験後に20mlの血液を採取し

て行った。

「50℃安静」のときは、実験の前後で血液成分に統計上の有意差は認められなかった。

「25℃負荷」のときは、実験の前後で血液成分のうち乳酸、ピルビン酸が増加し、血糖が減少し、それぞれ有意差が認められた。とくに乳酸の増加は、3.4倍になった。

「50℃負荷」では、カリウム、総蛋白、クレアチニン、乳酸、ピルビン酸が増加し、それぞれ有意差が認められ、「25℃負荷」と同様乳酸の増加は著しく6.9倍に達した。また、カリウム、総蛋白、クレアチニンの増加は「25℃負荷」にはみられなかった。

血糖は「25℃負荷」のとき減少したが、「50℃負荷」では逆に増加した。

(8) 尿分析について (表5)

尿分析は「50℃負荷」「50℃安静」「25℃負荷」のときの実験前と実験後の尿を採取して行ったが、統計上の有意差は認められなかった。

(9) 心電図について

各実験とも、心電図の四肢誘導と胸部誘導に変化がみられず、これは測定対象者が、循環器系に全く異常がなかったことと、負荷が厳しかったため、実験時間を短くしたことによるものとみられる。

表4 血液分析表

項目	条件	25℃ 負荷			50℃ 安静			50℃ 負荷		
		実験前	実験後	有意差	実験前	実験後	有意差	実験前	実験後	有意差
カリウム	mEq/l	3.88	4.00	—	4.06	4.04	—	3.72	4.08	**
ナトリウム	mEq/l	145	145	—	145	146	—	144	145	—
塩素	mEq/l	100	101	—	99	100	—	99	100	—
総たん白	g/dl	7.36	7.64	—	7.38	7.84	—	7.42	8.16	**
総コレステロール	mg/dl	227	234	—	234	247	—	230	252	—
クレアチニン	mg/dl	1.00	1.02	—	1.06	1.10	—	1.02	1.22	**
遊離脂肪酸	mEq/l	0.33	0.31	—	0.43	0.46	—	0.34	0.46	—
乳酸	mg/dl	9.9	33.4	**	8.8	8.6	—	8.5	59.0	**
ピルビン酸	mg/dl	1.19	1.93	*	1.07	1.07	—	1.08	2.43	**
血糖	mg/dl	88.6	72.4	*	89.6	101	—	81.2	86.2	—

—有意差なし

*有意

**高度に有意

表5 尿 分 析

尿 成 分 実験条件等		ナトリウム	カリウム	塩 素	クレアチニン
25℃ 防火衣 安静10分 負荷10分	実験前 $\bar{x}$	242.2	60.4	268.2	120.94
	S.D.	65.31	30.22	74.8	42.27
	実験後 $\bar{x}$	250.4	54.6	247.0	179.52
	S.D.	48.63	13.98	31.38	70.57
	有 意 差	—	—	—	—
50℃ 防火衣 安静20分	実験前 $\bar{x}$	228.8	53.8	243.4	145.2
	S.D.	68.04	18.14	44.93	67.42
	実験後 $\bar{x}$	217.0	51.2	220.0	164.5
	S.D.	75.17	21.2	60.72	70.31
	有 意 差	—	—	—	—
50℃ 防火衣 安静10分 負荷10分	実験前 $\bar{x}$	241.2	60.8	257.2	147.02
	S.D.	43.40	28.56	47.20	56.47
	実験後 $\bar{x}$	230.0	46.80	230.2	179.94
	S.D.	38.91	26.81	40.20	82.47
	有 意 差	—	—	—	—

—有意差なし

9. 考 察

(1) 熱環境と心拍について

「50℃負荷」と「25℃負荷」「50℃安静」と「25℃安静」の毎分当たり心拍数に統計上の有意差が認められ ($P<0.01$)、熱環境では常温時とまったく同じ動作内容であっても心拍数が上昇する。

心拍数の上昇は、負荷内容と時間経過によって増加するので、熱環境下の隊員がどの程度までの心拍数増加に耐えられるかは個人差もあり難しい。健康を阻害することなしに耐えられる限界は、渡辺¹⁾によると安静の場合、心拍数が135を超すと不快感を生じ、また熱環境下で労働している場合、心拍数が160に達すると、耐えがたい苦悶を生じ、180になると熱虚脱をおこす臨界点に達すると述べている。

また、沼尻²⁾は高温労働の限界から考えて、①作業時心拍数が、ピーク時でも許容範囲の毎分当たり150以内であること、②拘束時間中の平均心拍数が安静心拍数の30以内の増加であることであって、この二つとも限界を超える場合は、早急に作業負担の軽減をはかるべきと述べている。

今回の「50℃負荷」でも毎分当たり心拍数は180を超え、虚脱感とともに判断力が著しく減退する。

一般的に、消防活動等における心拍数の増加

は、隊員自身でなければわからず、また、作業強度が軽くても熱環境により心拍数が増加することが認められる。

(2) 熱環境と血圧について

「50℃負荷」と「25℃負荷」の収縮期血圧（最高血圧）に有意差が認められるが ($P<0.05$)、「50℃安静」と「25℃安静」では認められない。

収縮期血圧は、作業したり、温度が高くなると上昇するが、拡張期血圧（最低血圧）は殆んど変化しないので脈圧（収縮期と拡張期の血圧差）が大きくなる。

齊藤ら³⁾は、高温42℃、湿度70%の熱環境で1時間に30分間づつ、RMR 6.0の筋労作を行ったところ、労作中の毎分当たり心拍数が200を超える場合も認められ、熱中症の症状として、唾液や鼻汁分泌の高進が汗腺疲労の代償として起ってきて、生体の高温への適応に破綻の状態が顕著であり、また血圧については第3時間目には収縮期血圧は上昇しないで低下し、拍出量の減少が著しいと述べている（図7）。

従って、高血圧症の隊員が熱環境下で、消防活動及び訓練等に参加するときには、血圧上昇とともに長時間負荷にならないように、十分注意する必要がある。

(3) 熱環境と呼吸数について

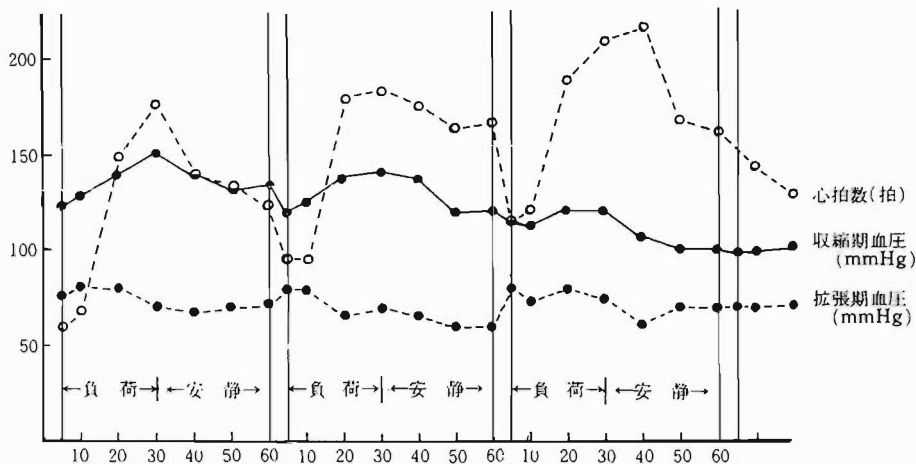
「50℃負荷」と「25℃負荷」「50℃安静」と「25℃安静」とも熱環境における呼吸数に有意差は認められない。

呼吸数は、熱環境でも負荷のとき常温に対して1.2倍、安静のとき1.1倍にしかならず、熱環境では常温と比べ、毎分当たり呼吸数があまり増加しないで、呼吸の深さが大きくなることが認められる。

(4) 熱環境と空気消費量、酸素消費量について

「50℃負荷」と「25℃負荷」「50℃安静」と「25℃安静」とも熱環境における空気消費量が多く、有意差が認められる ($P<0.01$)、また酸素消費量も多くなり同様に有意差が認められる ($P<0.05$)。

齊藤ら⁴⁾によると、温度40℃と28℃の熱環境の安静実験で、空気消費量が1.4倍ないし2.5倍に増加したが、呼吸数の増加は1.1倍から1.3倍となり呼吸の深さが1.5倍から2.1倍にもなったと述べている。



(齊藤一, 三浦豊彦編: 日本的高温労働 (P.47), 労働科学研究所, 昭和48年)

図7 高温環境下の労働による脈拍, 血圧の変動

今回の実験でも空気消費量が「50℃負荷」と「25℃負荷」で1.24倍, 「50℃安静」と「25℃安静」で1.4倍から2.0倍となり, 齊藤らとほぼ同じ傾向であった。

また, 酸素消費量も表6のように温度上昇とともに増加するといわれ⁵⁾, 今回の実験でも「50℃負荷」と「25℃負荷」で1.28倍, 「50℃安静」と「25℃安静」で1.4倍から1.6倍となり傾向として同じ結果である。

このことは, 熱環境では空気消費量と酸素消費量が多くなり, 隊員にとって常温時の訓練と同じ負荷内容でも消防活動時には空気呼吸器, 酸素呼吸器の使用時間が短くなる。

仮りに50%多く消費すれば, 常温時に30分間使用できる空気呼吸器や酸素呼吸器も熱環境では20分しか使用できないことになる。

表6 各環境温度におけるエネルギー代謝 (安静時)

温度 ℃	O ₂ 消費量 ml/分
0	330
10	290
20	240
30	250
40	255
50	260

(沼尻幸吉: 活動のエネルギー代謝 (P.32))

(5) 熱環境と発汗量について

「50℃負荷」と「25℃負荷」「50℃安静」と「25℃安静」とも熱環境における発汗量が多く, 有意差が認められる ($P < 0.01$)。

発汗量は「25℃安静」<「25℃負荷」<「50℃安静」<「50℃負荷」の順に多くなり, 心拍数, 血圧, 呼吸数, 空気消費量, 酸素消費量が, 「25℃安静」<「50℃安静」<「25℃負荷」<「50℃負荷」であったのと比べ特徴的であり, 熱環境が発汗に及ぼす影響の大きいことが認められる。

熱環境では, 体温調節のため発汗が盛んになり体温が正常に保たれている。発汗により放熱で体内蓄熱が放散の限界をこえたときは, 体温が次第に上昇し, ついには熱中症になる⁶⁾。

日本産業衛生学会の高温許容基準の勧告に示すところによると, 湿度10%の増減は乾球1℃の昇降に相当し, 気流が0.5m/秒あれば気温1.5℃低下したと同じ効果があるとしている。

隊員が, 通気性の殆んどない防火衣を着装して消防活動するとき, 発汗量が多くなって体温を維持しようとするが, 熱環境では発汗量が多すぎると体内水分の減少, 血液の濃縮等によって体温調節が不調になると考えられる。

(6) 熱環境と耐熱条件について

熱環境に長時間滞在すると, 体温調節が不調になり熱中症になる。この熱中症を分類すると

表7 熱中症の分類

1. 熱 疲 は い	Heat Prostration
2. 熱 痙 れ ん	Heat Crampse
3. う つ 熱 症	Heat Pyrexia
4. 熱 虚 脱	Heat Collapse

表7のとおりである。もっとも軽症の「熱疲はい」、筋肉の痙れんをとまなう「熱痙れん」、体温が急に上昇して、重症の場合は死に至る「うつ熱症」、さらには身体の急性虚脱をきたして死に至ることもある「熱虚脱」の四つに分類される。しかし、実際にはこれらの混合型がみられることが多く、この分類も厳密なものではないといわれている⁹⁾。

庄司⁹⁾、相沢¹⁰⁾は、実験的に急性熱中症の発生するまでの時間を求め、表8のようにまとめている。

表8 急性うつ熱症発生までの時間(1948)(庄司、相沢^{9),10)}

乾 球 温 度	34.0℃	40℃	43℃	40~43℃
湿 球 温 度	27.5℃	33.5℃	33.5℃	36.5℃
湿 度 (%)	59	63	51	65~79
安 静	180 分 以 上	165~ 180分	165~ 180分	45~ 90分
中 等 労 働* (RMR 3.5)	150 分 以 上	105~ 120分	90~ 105分	45~ 60分
重 労 働 (RMR 5.5)	/	60~ 75分	/	/

* 作業を10分間続け5分椅座安静にして測定をくりかえした。

(斎藤一、三浦豊彦編：日本の高温労働 (P.166))

熱環境における耐熱限界は、作業強度の強弱、着衣量、年齢、性別、肥満の程度、体力、慣れなどの因子を考えなければならない。

耐熱性は年齢とともに低下し、女性は男性より弱く、体重が増すにつれて、とくに皮下脂肪層の厚さが増すと耐熱性は低下し、体力のすぐれていものは耐熱性が高いといわれている¹¹⁾。

隊員にとって、耐熱性を高めるためには、熱環境に慣れることにより実火災に近い条件での訓練が有効である。

10. 健康管理, 安全管理について

- (1) 熱環境においては循環器系に及ぼす生理的負担は大きい。このため、日頃からジョギング、体操などの体力練成を実施して、心肺機能の強

化に心掛け、これらの機能に悪い影響を与える「たばこ」については、節煙するか禁煙することが望ましい。

- (2) 消防活動を60分間行くと、消費カロリーは、およそ500カロリーである。これは、普通の朝食のカロリー(500~600カロリー)に相当する。従って朝食をとらなかった場合には、カロリーを補給することなく体力を消費することになり、スタミナ不足、一過性貧血症などになる可能性がある。

このような状態で熱環境での活動や夏の暑い時期に厳しい訓練を行うことは、健康・安全管理上好ましくない。朝食の摂取は、絶対条件ともいえる。

- (3) 熱環境では肥満者の耐熱性がよくないといわれており、また、隊員自身の健康を考えても日頃から栄養バランスのとれた食事を心掛けカロリーを余分にとらず、副食を充分にとって肥満にならないようにすべきである。
- (4) 熱環境が隊員に及ぼす影響は、作業強度の強弱、着衣量、年齢、肥満の程度、体力、慣れ等があるため、体力の練成と熱環境での訓練を繰り返して実施し、身体を順応させておくことが必要である。
- (5) 消防活動や訓練時には、常に余力をもって活動し、とくに熱環境では、生理的負担の増大とともに心理的にも過度の緊張をとまなうため、環境の危険の排除とともに、身体的な過度の負担が加わらないように配慮すべきである。

11. ま と め

- (1) 熱環境では、心拍数、血圧、呼吸数、発汗量とも時間経過とともに、常温に比べて著しく増加し、隊員にとって生理的負担は厳しくなる。
- (2) 熱環境では、空気消費量、酸素消費量とも負荷の強弱と時間経過によって異なるが、常温に比べて顕著に増加し、空気消費量は最大100%増、酸素消費量は最大60%増となる。
- (3) 血液成分の変化は「50℃安静」においてはなく、「25℃負荷」では乳酸、ビルビン酸、血糖が有意に増加し、「50℃負荷」ではカリウム、総蛋白、クレアチニン、乳酸、ビルビン酸が有意に増加し、熱環境での負荷により血液が著しく濃くなることわかる。

- (4) 尿中成分は何んら変化なく、また心電図も今回の実験では変化が認められない。
- (5) 熱環境の消防活動では、常温での訓練と比べて心拍数や、空気消費量などの生理的負担が著しく大きいため、平素から積極的な健康の増進、安全管理に留意する必要がある。

12. あ と が き

熱環境が隊員に及ぼす影響は消防活動の強弱、防火衣の材質、構造、年齢、肥満の程度、体力、慣れ、経験年数などの条件と、熱、湿度などの雰囲気の状態と、さらには、呼吸保護具の種類などによって変えることが予想される。

今後は、これらの条件を加味した、より実火災に近い状態での熱環境が隊員に及ぼす影響について、実験、研究を進め、安全管理をより徹底させる必要がある。

13. 謝 辞

本実験に施設使用の提供、血液、尿分析、心電図解析などに御協力をいただいた国立東京医科歯科大学、医学部衛生学教室助教授医学博士 高野健人、医師 本橋豊、文部教官 宮崎良文の三氏に感謝いたします。

14. 参 考 文 献

- 1) 渡辺巖一：基礎環境衛生学（P 43）
朝倉書店（昭和48年）
- 2) 沼尻幸吉：労働の科学（P 23）22巻 6 号
（1967年）
- 3) 斉藤一、三浦豊彦編：日本の高温労働（P 46
～47）労働科学研究所（昭和48年）
- 4) 斉藤一、三浦豊彦編：日本の高温労働（P 39）
労働科学研究所（昭和48年）
- 5) 沼尻幸吉：活動のエネルギー代謝（P 32），
労働科学研究所（昭和49年）
- 6) 荘司栄徳：労働の科学（P 23）34巻 7 号
（1979年）
- 7) 三浦豊彦：暑さ寒さと人間（P 76）
中公新書（1977年）
- 8) 鈴木芳彦：労働の科学（P 32）22巻 6 号
（1967年）
- 9) 相沢竜：急性うつ熱症の発見に及ぼす温湿度
の影響，日本衛生学雑誌 1 (1) 5 ～ 6 (1946年)
- 10) 庄司光・相沢竜：高温労働の労働衛生学的研
究，医学と生物学，13(1)17～19 (1948年)
- 11) O・G・エドホルム著，佐々木隆訳：暑さ寒さと
人間（P 34）朝倉書店（1980年）