

## 高温下での消防活動限界と水分補給について

東京消防庁消防科学研究所

### 第四研究室

#### 1. はじめに

足立区の東京シューズ倉庫火災や新宿区の東京カラオケ本舗「王城ビル」火災での消防隊員は、濃煙や熱気が建物内に滞留し、長時間の消防活動を強いられた。

この火災で行動した隊員の身体は、高温暴露による大量の発汗や長時間の活動により疲労困憊となったことが予想される。

当研究室では、高温下での適切な水分補給が身体に及ぼす影響について実験を行ったのでその概要について述べる。

#### 2. 実験期間等

##### (1) 実験期間

平成2年10月30日から同年12月18日まで

##### (2) 実験場所

当研究室医学実験室

##### (3) 実験対象者

消防隊員10人を調査対象者（以下「対象者」という。）として実験した。

#### 3. 装備条件等

##### (1) 装備条件

対象者は、写真1の防火衣、長靴など出火出場時の装備に加え、ライフゼム型空気呼吸器（軽量8ℓボンベ）を着装した。

なお、装備総重量は20kgとした。

##### (2) 環境条件

温度50℃、湿度50%の環境条件とした。

##### (3) 負荷条件

対象者は、表1のタイムスケジュールに沿って、時速3kmの歩行負荷を行った。

表1 タイムスケジュール

第一工程 20分	10分	第二工程 20分	10分	第三工程 20分	終了
高温負荷	常温 休息	高温負荷	常温 休息	高温負荷	

経過時間（分）



写真1 装備状況

#### (4) 実験種別

対象者は、前項(3)の負荷条件で次の3種の実験を1回ずつ実施した。写真2は実験状況を示している。



写真2 実験状況

No. I 実験前及び各休息中にそれぞれ300 ccのスポーツ飲料水を補給する。

No. II 実験前に300 cc、各休息中にそれぞれ600 ccのスポーツ飲料水を補給する。

No. III 全く水分を補給しない。

#### 4. 調査項目

(1) 対象者の身体特性(身長・体重・肺活量等)、心拍数、空気消費量、体温及び発汗量の測定を行った。

(2) アンケート調査

各負荷の終了直後に「意識障害」や「重圧感」等についてのアンケート調査を行った。

#### 5. 結果と考察

実験工程ごとの完遂者は、表2のとおりで

あり、全工程を終了した者は、No. I 4人、No. II 5人、No. III 1人となっており、水分補給の有無が身体に大きな影響を及ぼしている。

表2 完遂者の状況

	第一工程 終了時	第二工程 終了時	第三工程 終了時
No. I	10人	6人	4人
No. II	10人	7人	5人
No. III	10人	5人	1人

(1) 身体特性

対象者の身体特性は、表3のとおりである。

表3 身体特性

対象者	年齢 (歳)	身長 (cm)	体重 (kg)	ローレル 指数	肺活量 (cc)
A	34	177	74	133	4,400
B	36	163	54	124	3,300
C	33	180	77	132	5,300
D	34	172	63	123	5,400
E	33	161	74	177	3,800
F	34	176	67	122	4,000
G	34	168	75	158	4,200
H	37	167	61	130	4,100
I	39	164	66	149	4,100
J	33	173	63	121	3,600
平均	34.7	170.1	67.9	136.9	4,200

(2) 心拍数

各工程終了時の平均心拍数は、表4のとおりであり、第一工程終了時、各実験群とも定常状態をみることなく150拍/分まで上昇している。また、第二工程終了時では、第一工程終了時より各実験群とも約10拍上昇して

表4 心拍数の変化(拍/分)

	安静時	第一工程 終了時	第二工程 終了時	第三工程 終了時
No. I	79	150(81)	161(107)	173
No. II	83	148(98)	158(103)	169
No. III	78	151(89)	168(108)	170

( )内は休息終了間際の心拍数を示す。

おり、水分を補給したNo. I, IIに比べ、水分を補給していないNo. IIIの心拍数がやや高くなっている。

さらに、第三工程終了時には、第二工程終了時よりさらに、No. I, IIは約10拍高くなっている。

次に、心拍数を上昇させた主な原因についてみると、運動負荷や高温暴露負荷、精神的負荷などが挙げられるが、運動負荷は空気消費量からみてやや軽いことや、危害に対する不安が少なく、精神的負担は軽微であったことを勘案すると、高温暴露による負担がとりわけ大きかったといえる。

さらに、第二工程終了後の10分間の休憩時間では、各実験群とも100拍/分以下に回復しなくなっており、循環器系の疲労が進んでいると考えられる。

### (3) 空気消費量

各実験群の平均空気消費量は、表5のとおりであり、実験工程の経過とともに、若干の増加がみられた。

運動時の最大空気消費量は、一般人で100ℓ/分といわれており、空気消費量から運動強度をみると、各実験で示している30ℓ/分程度は、運動強度としては、厳しいとはいえない。

表5 空気消費量の変化(ℓ/分)

	第一工程 終了時	第二工程 終了時	第三工程 終了時
No. I	24.6	26.6	29.0
No. II	23.6	24.6	25.7
No. III	22.7	27.8	28.1

### (4) 体温(口腔内温度)

各実験群の平均体温は、表6のとおりであり、各実験群とも時間の経過とともに体温の

上昇が認められ、実験終了時に、体温が39.8℃に達した者もみられた。しかし、実験群の違いによる相違はみられない。

一般に、体温は直腸温度によって示され、本実験で行った口腔内温度より、やや高めであり、直腸温度39℃がスポーツを実施する場合、障害を起こさない限度とするものが多く、このようなことからみて、本実験の対象者は、ほぼ限界近くに達していたといえる。

次に、体温を上昇させた主な原因は、高温暴露といえるが、体温の上昇を加速させたものとして、汗の蒸発を妨げ、身体をうつ熱状態にさせる防火衣や長靴が挙げられる。このようなうつ熱状態を長時間続けることは、熱中症をひき起こす大きな原因となる。

表6 体温(口腔内温度℃)の変化

	安静時	第一工程 終了時	第二工程 終了時	第三工程 終了時
No. I	36.7	37.9	38.9	39.5
No. II	36.8	37.7	38.5	38.9
No. III	36.6	37.8	38.6	39.5

### (5) 発汗量

各群の平均発汗量は、表7のとおりであり、水分の補給の有無にかかわらず全工程終了時、約1800ccの発汗がみられ、時間当たりの最高発汗量は、2000cc程度といわれていることからみて、対象者は、かなり激しい発汗をしていたといえる。

表7 発汗量(cc)

	第一工程 終了時	第二工程 終了時	第三工程 終了時	合計
No. I	430	668	650	1748
No. II	440	649	723	1812
No. III	290	691	792	1773

(6) 自覚感

ア 意識障害

各工程終了時の意識障害の状況については表8のとおりであり、第三工程終了時に「かなりボーッとした、ボーッとした」と訴えている者は、各実験とも50%以上みられ、時間の経過とともに、熱中症の危険が増大していることが、意識面からもうかがえる。

表8 意識障害の状況(人)

	第一工程 終了時	第二工程 終了時	第三工程 終了時
Na I	0 (10)	3 (6)	3 (4)
Na II	0 (10)	2 (7)	3 (5)
Na III	1 (10)	3 (5)	1 (1)

( ) 内は対象者数を示す。

イ 水分補給量の満足感

水分補給量に対する満足感については、表9のとおりであり、水分を全く補給していないNa IIIでも、300～400 cc程度の水分補給で満足している。

したがって、脱水状態を防止するためには水分の欲求の有無にかかわらず、発汗量に留意し、発汗に合わせて水分補給することが大切である。

表9 水分補給後の満足感(cc)

	100	200	300	400	500
Na III	0	0	3	1	0

ウ 水分補給後の重圧感

水分補給後の重圧感については、表10のとおりであり、第二工程終了後の重圧感についてみると、Na II (600 cc)の水分補給後、

「非常に重苦しかった」、「重苦しかった」と重圧感を訴えた者は7人中6人となっている。しかし、300 ccの水分を補給したNa Iは、6人中1人とどまっております、この程度が重圧感を与えない水分量といえる。

表10 水分補給後の重圧感

非常に重苦しい	0	1
重苦しい	1	5
やや重苦しい	3	1
普通	2	0
	Na I	Na II

6. まとめ

(1) 全実験工程終了時には、水分の補給の有無にかかわらず体温は約39℃、心拍数は180拍/分に達しており、生理的な限界に近づいているといえる。また、自覚アンケートからみても、この時期には「ボーッとした」と訴えた者も多くみられ、意識的にも限界であるといえる。

したがって、このような熱暴露下における長時間の活動では、熱中症を起こす危険が増大するので、1回の行動時間を短縮するなどにより、高温暴露時間を短くすることが安全であるといえる。

(2) 水分を全く補給せず、1000 cc以上の発汗をしている者でも、300から400 ccの水分補給で満足していることからみて、水分の補給は、水分の欲求にかかわらず、発汗量に合わせて行動の障害とならない量をこまめにとることが大切である。