

## 消防隊員に対する一酸化炭素の影響 (第1報)

鵜飼	恒*
川田丈	昭**
野尻忠	弘**
遠藤	昇**
齋藤義	照**
永田陽	一**

### 1. はじめに

火災時に発生する煙は、古来火災防ぎょに従事する消防隊員にとって大きな障害となってきた。特に最近における建築構造の耐火、不燃化の傾向から不完全燃焼による煙が大量に発生し、消火活動における障害は、炎よりも煙の方が大きくなってきている。

我々消防職員が、火災防ぎょおよび訓練の際に、煙の中に含まれる有毒ガスを吸入することは避けることのできない宿命である。このため火災防ぎょ時には、空気呼吸器、酸素呼吸器等を使用し、有毒ガスの吸入を最少限にする努力を続けている。しかし完全に防ぐことはむずかしく、火災防ぎょ時における有毒ガスの吸入は安全管理上の重大な問題となっている。

各種有毒ガスのうち、消防隊員にとって最も影響の大きなものの1つに一酸化炭素が考えられる。(以下一酸化炭素はCOと記す。)

COはヘモグロビンに対する親和力が酸素と比べて250倍も強いといわれており<sup>1)</sup>、人間はCOを吸入すると組織中へ酸素を運搬するO<sub>2</sub>-ヘモグロビン(O<sub>2</sub>-Hb)がCOヘモグロビン(CO-Hb)に置換され、組織に対する酸素運搬量が減少する。

またCO-Hbの存在により、組織中でO<sub>2</sub>-HbからO<sub>2</sub>が解離することが阻害され、酸素欠乏のいろいろな障害もでてくる。

血中CO-Hbが10%以上になると一般的に頭痛等の症状があらわれる。これを急性CO中毒と言うが、この急性CO中毒については、ガス、炭火中毒および炭坑職員等について古くから研究されており、Stokingerらによると、その症状は表1のとおりである<sup>2)</sup>。

しかし最近低濃度COのくりかえし暴露によるCO-Hbが10%未満の慢性CO中毒の研究が進み、COが虚

表1 血中一酸化炭素ヘモグロビン(CO-Hb)濃度と各種症状

CO-Hb (%)	症 状	提唱者
2以上	中枢神経系に影響。心疾患者に有害。	Goldsmith
	時間間隔識別能に影響。	//
4以上	O <sub>2</sub> の解離障害。	//
5	大脳皮質機能の低下。動脈硬化促進。	Stokinger
10	O <sub>2</sub> 運搬機能の低下。	//
10以上	後頭及び側頭上部緊迫感、頭重感。	猿田南海雄
20 //	呼吸深大、頭重、上下脱力感。	//
30 //	頭痛著明、動悸、めまい、悪心、嘔吐。	//
50 //	症状更に増強、虚脱及び人事不省、長くなれば死。	//
60 //	失神、昏睡、チェーンストークス呼吸、死。	//
70 //	速やかに死。	//

血性心疾患等の循環器系疾患に対して大きく関与をしていることが明らかになってきている。

すなわち低濃度のCOによりひきおこされる低酸素状態が動脈の内皮細胞に損傷を与え動脈硬化を促進するとともに心筋細胞へ構造的変化をもたらし<sup>3)</sup>、虚血性心疾患の発作と関連があることが証明されている<sup>4)</sup>。

一方米国における消防職員の報告<sup>5)</sup>によると1975年中のアメリカ全土消防職員のうち、職業病による死亡者は88名で、そのうち72名(82%)が心臓疾患、10名(11%)が肺疾患である。

また、同年中に職業病が原因で退職を余儀なくされた消防職員は721人で、このうち心臓疾患が453件(63%)、肺疾患が137人(19%)という結果であり、消防

\* 第四研究室長 \*\* 第四研究室

職員の職業病による死亡者、または離職者の大半が循環器系疾患であるということが発表されている。このように米国の消防職員は循環器系疾患が多くその原因は火災時におけるCOの吸入に帰因する疑いがあるため、COと消防職員の職業病との関係について労働医学の立場から研究されている<sup>6)</sup>。

日本における低濃度CO暴露の研究は主として大気汚染の問題として、自動車排気ガスとの関連において、交通警察官、道路公団職員、駐車場勤務者、交通渋滞箇所住民等についていろいろ報告されている<sup>7)</sup>。しかし火災時のCO暴露による消防職員についての報告はまだなされていない。

我々は消防隊員が火災防ぎの日際のどの程度COを吸っているのか、またそれがどの程度を吸っているのか、またそれがどの程度人体に悪い影響を及ぼすのか等について、東京医科歯科大学公衆衛生学教室の協力を得て呼吸採取法により調査を実施したので、その結果の一部を報告する。

## 2. 調査方法

### (1) 測定対象者

#### ア. 定期測定者

消防隊員グループとして年間を通じて比較的火災件数の多い世田谷、渋谷、新宿、杉並、本田の各消防署員について、各署概ね10名づつ計51名を昭和52年12月から昭和53年5月までの6カ月間にわたり毎月1回定期的に呼吸採取した。

一般人を想定した対照者グループとして消防学校学生第506期生49名、および507期生37名計86名についても同様に採取した。

#### イ. 臨時測定者

上記消防署にかぎらず、長時間火災防ぎの日に従事した消防隊員を1火災につき概ね10名を選び、次の時期に呼吸採取した。なお長時間防ぎの日の火災は、木造および防火造火災については300㎡以上、耐火造火災については50㎡以上の焼損床面積をもつ火災とした。

### (2) 測定時期

#### ア. 定期測定者

消防隊員グループについては当番日の午前9時から10時30分の間、消防学校学生については午前9時頃採取した。

#### イ. 臨時測定者

第1回採取：火災防ぎの日直後（火災現場で、または帰署後すみやかに。）

第2回採取：火災防ぎの日該当当番日の起床後、なお就寝しなかった場合は帰宅前。

第3回採取：次の当番日の起床後

なお東京消防庁の勤務体制は表2に示す新3部制で

表2 新3部制の勤務サイクル

部別	日																				
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21
1部	当	当	当	当	当	当	当	当	当	当	当	当	当	当	当	当	当	当	当	当	当
2部	当	当	当	当	当	当	当	当	当	当	当	当	当	当	当	当	当	当	当	当	当
3部	当	当	当	当	当	当	当	当	当	当	当	当	当	当	当	当	当	当	当	当	当

あるため第3回採取は火災防ぎの日から最短で2日最長で5日後となる。

### (3) 呼吸採取法<sup>8)</sup>

縦28cm、横33cm、厚さ0.07mm、内容積約4ℓのポリエチレン製袋（写真1参照）に次の方法により呼吸を採取した。

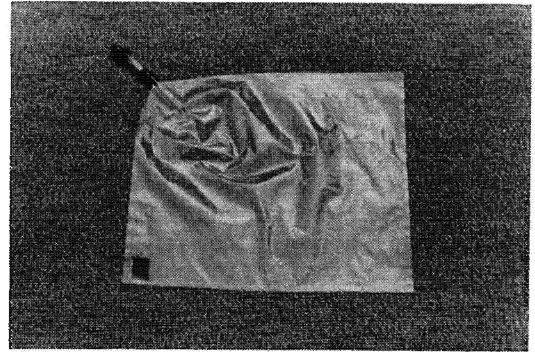


写真1 呼吸採取用袋



写真2 呼吸採取要領

「測定者は呼気を十分呼出したのち深呼吸し最大の吸気時に20秒間息を止める。その止めておいた呼吸気の前半概ね3分の2を排出し、途中で息を吸わないように注意しながらのこり3分の1の呼気を採取する。」  
写真2参照

(4) 分析方法

採取した呼気を非分散型赤外線分析計（堀場AIA 23A S）により呼気中のCO濃度を測定した。

(5) 呼気中CO濃度と血中CO-Hb濃度との関係

呼気中CO濃度と血中CO-Hb濃度との間には相関関係があり、次の式により血中CO-Hb濃度を推定できる。

$$\text{血中CO-Hb濃度}(\%) (y) = 0.2 \times \text{呼気中CO濃度}(\text{ppm})(x) + 0.5 \quad (\text{Jonesの式})$$

3. 調査結果

Goldsmithによれば「たばこの煙は2%(2万ppm)以上のCOを含むが肺に入る煙の中では400ppm程度になっている」と述べており喫煙者はこのCOを吸いこんでいるため非喫煙者に対して呼気中CO濃度は高い値を示すことが知られている<sup>9)</sup>。

従ってデータの処理にあたってはすべて非喫煙者グループと喫煙者グループに分けて行った。

(1) 喫煙本数と呼気中CO濃度の関係

喫煙する消防隊員97名について、喫煙本数と呼気中CO濃度の関係を調べたところ、図1のとおりであり、

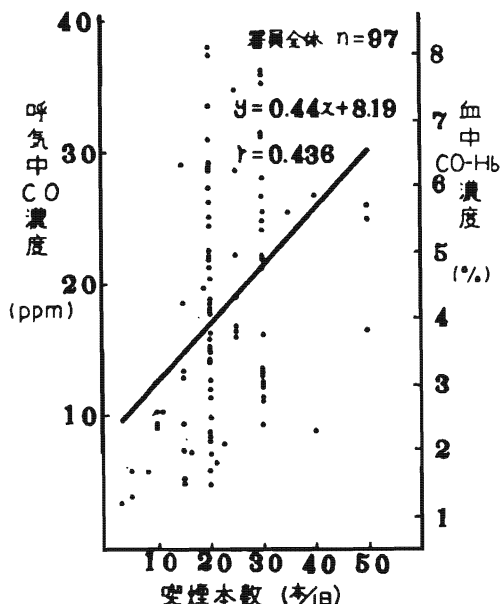


図1 喫煙本数と呼気中一酸化炭素濃度

回帰直線を求めたところ  $y = 0.44x + 8.19$  となった。この結果喫煙本数が多いほど呼気中CO濃度は高くなり、1本喫煙することに概ね0.44ppm上昇することが

わかった。なお相関係数  $r$  は0.436であった。

(2) 平常時における消防隊員のCO体内保有量

定期測定における消防署員51名と、消防学校学生86名の呼気中CO濃度の値を、非喫煙者グループと喫煙者グループに分けて平均値を比較した結果は表3のとおりである。

表3 消防隊員の呼気中CO濃度基礎平均値 (定期測定)

	非喫煙者		喫煙者	
	消防署員 (22名)	消防学校学生 (14名)	消防署員 (29名)	消防学校学生 (72名)
平均値 (mean)	4.67 (1.43)	2.11 (0.92)	21.68 (4.84)	11.70 (2.84)
最高値 (max)	11.5 (2.8)	2.9 (1.08)	41.0 (8.7)	26.8 (5.86)
最低値 (min)	2.5 (1.0)	1.2 (0.74)	7.2 (1.94)	1.4 (0.78)
標準偏差 (S.D.)	2.76	0.46	8.75	7.21
有意差の有無	有 (P<0.01)		有 (P<0.01)	

上段は呼気中CO濃度 (ppm)  
( ) はCO-Hb濃度推定値 (%)

非喫煙グループにおいては署員の呼気中CO濃度は4.67ppm、学生は2.11ppmで2.56ppmの差があった。それぞれについて平均値の差の検定を行ったところ、いずれも有意の差があることが判明した。(P<0.01)

このことから署員グループは、火災防ぎの際などによるCOの暴露によって、消防学校学生すなわち一般人より、平常時においてCOを体内により多く保有

表4 火災防ぎに従事した消防隊員の呼気中CO濃度

	非喫煙者(30名)		喫煙者(64名)	
	防ぎ直後	平常時	防ぎ直後	平常時
平均値 (mean)	14.66 (3.43)	4.96 (1.49)	26.64 (5.83)	16.03 (3.71)
最高値 (max)	39.0 (8.3)	7.5 (2.0)	58.0 (12.1)	38.0 (8.1)
最低値 (min)	2.3 (0.96)	2.0 (0.9)	7.2 (1.94)	3.0 (1.1)
標準偏差 (S.D.)	11.29	2.56	13.14	9.02
有意差の有無	有 (P<0.01)		有 (P<0.01)	

上段は呼気中CO濃度 (ppm)  
( ) はCO-Hb濃度推定値 (%)

していることがいえる。

(3) 火災防ぎょに従事による消防隊員のCO吸入量

ア. 臨時測定者全員について

2(1)イで述べた長時間防ぎょに従事した消防隊員について、防ぎょ直後(第1回採取値)と平常時(第3回採取値)を比較した結果は表4のとおりである。

呼気中CO濃度は、非喫煙者グループについての平均値は、平常時は4.96ppm]であるのに対し防ぎょ直後は14.66ppmに上昇した。喫煙者グループについても、平常時が16.03ppmであるのに対し、防ぎょ直後は26.64ppmといずれも10ppm前後上昇し、それぞれ有意差があることが判明した。(P<0.01)

イ. 建物構造別比較

防ぎょに従事した火災を、木造、防火造、耐火造、

表5 火災建物構造別による相違

(非喫煙者・火災直後)

	木造火災 (10名)	防火造火災 (12名)	耐火造火災 (7名)
平均値 (mean)	9.60 (2.42)	9.88 (2.43)	27.96 (6.92)
最高値 (max)	26.4 (5.78)	30.9 (6.68)	39.0 (8.3)
最低値 (min)	3.4 (1.18)	1.7 (0.1)	14.2 (3.34)
標準偏差 (S.D.)	7.17	9.04	8.27
有意差 の有無	防火造と無 (P>0.05) 耐火造と有 (P<0.01)	木造と無 (P>0.05) 耐火造と有 (P<0.01)	木造、防火 造とも無 (P<0.01)

上段は呼気中CO濃度(ppm)  
( )はCO-Hb濃度推定値(%)

表6 火災建物構造別による相違

(喫煙者・火災直後)

	木造火災 (17名)	防火造火災 (40名)	耐火造火災 (9名)
平均値 (mean)	19.48 (4.40)	28.26 (6.15)	34.38 (7.37)
最高値 (max)	34.7 (7.44)	57.2 (11.94)	58.0 (12.1)
最低値 (min)	10.4 (2.58)	7.2 (1.94)	13.2 (3.14)
標準偏差 (S.D.)	7.00	12.94	14.76
有意差 の有無	耐火造と無 (P>0.05) 防火造と有 (P<0.01)	耐火造と無 (P>0.05) 木造と有 (P<0.01)	木造、防火 造とも無 (P>0.05)

上段は呼気中CO濃度(ppm)  
( )はCO-Hb濃度推定値(%)

に分けて防ぎょ従事者の呼気中CO濃度を比較した結果は表5および表6のとおりである。

これによると、非喫煙者、喫煙者グループともに耐火造、防火造、木造の順であった。

木造と防火造の間に有意差はないが、耐火造は木造および防火造との間に有意差があり(P<0.01)、耐火造火災を防ぎょした際にCOを多く吸入していることが判明した。

ウ. 呼吸器使用の有無による比較

屋内進入した者で呼吸器を使用した者と使用しなかった者について呼気中CO濃度を比較した結果は表7のとおりである。

表7 呼吸保護器具使用の有無による相違

(屋内進入・火災防ぎょ直後)

	非喫煙者		喫煙者	
	使用者 (5名)	非使用者 (19名)	使用者 (12名)	非使用者 (44名)
平均値 (mean)	32.06 (6.91)	12.22 (2.94)	27.95 (6.09)	27.43 (5.99)
最高値 (max)	39.0 (8.3)	26.4 (5.78)	48.0 (10.1)	58.9 (12.28)
最低値 (min)	23.5 (5.24)	2.8 (1.06)	7.5 (2.0)	7.2 (1.94)
標準偏差 (S.D.)	5.85	7.96	12.99	13.21
有意差 の有無	有(P<0.01)		無(P>0.05)	

上段は呼気中CO濃度(ppm)  
( )はCO-Hb濃度推定値(%)

喫煙者については非使用者と使用者の間に有意差はなかったが、非喫煙者については、非使用者は12.22ppmであるのに対し、使用者は32.06ppmと使用者の方がむしろ高い値を示した。

4. 考 察

(1) 火災防ぎょ後における消防隊員のCO保有量について

火災防ぎょ時には、消防隊員は体内CO保有量が上昇することが明らかになったが、防ぎょ直後の呼気中CO濃度からJonesの式によりCO-Hb推定値を計算すると、平均値は非喫煙者グループは3.43%、喫煙者グループは5.83%であり、最高値は非喫煙者グループは8.3%、喫煙者グループは12.1%となる。(表4参照)

この程度の体内CO量が急性の特異的中毒作用をひき起こすとは考えがたいが、火災防ぎょ時の消防活動時の消防隊員のエネルギー消費量は激しく、組織における酸素需要量は安静時の約3倍に増加する。このこ

とを考慮に入れると、消防隊員の火災防ぎょ直後の体内CO量は、冠動脈の運搬量になんらかの限界を有する隊員の場合、虚血性の心発作を起しうるに足る量であると考えられる。

(2) 呼吸器使用とCO体内保有量の関係について

屋内進入した者で、呼吸器を使用した者としなかった者の呼気中CO濃度の比較において、喫煙者グループについては有意差はなかったが、非喫煙者グループでは呼吸器を使用した者の方が高い値を示したことは予想外であったが、このことから呼吸器が有効でないということは言えない。

表8は第3消防方面本部が消防学校訓練塔で、呼吸

表8 耐煙耐熱訓練における訓練前と訓練後の相違 (非喫煙者・呼吸器有9名)

	訓練前 (平常時)	訓練後
平均値 (mean)	4.98	4.18
最高値 (max)	7.6	10.1
最低値 (min)	4.0	1.5
標準偏差 (S.D.)	1.09	2.75
有意差 有無	無 (P > 0.05)	

器を着装して行った耐煙耐熱訓練の結果であるが、訓練前と訓練後の呼気中CO濃度を比較したところ、有意差がなかった。このことは呼吸器がCOを完全に防いだということを示している。

表9 火災実験における一酸化炭素濃度の最高値

火災実験	一酸化炭素濃度(%)	場所
三菱仲15号館(S.36年)	1.1	火災室中層
赤羽公団住宅(S.37年)	3.0	火災室床上 1.5m
東京海上ビル(S.42年)	5.6	火災室中層
中央鉄道病院(S.43年)	2.0	4階床上 1.5m (火災室は2階)
旧労働省庁舎(S.48年)	1.5	3階床上 1m (火災室は1階)
旧米軍王子 キャンプ (S.48年)	2.3	6階床上 3m (火災室は2階)
プレキャストコンクリ ート住宅火災(S.52年)	5.0	火災室中層
耐煙耐熱訓練 (訓練塔)	0.35	1階訓練室

東京消防庁消防科学研究所測定

訓練室内のCO濃度は3,500ppmであった。(表9参照。)このCO濃度は呼吸器なしで30分吸入すると死亡する濃度である(表10参照)

この濃度のCOを完全に防いだということは、呼吸

表10 一酸化炭素の暴露による各種症状

濃度 (ppm)	症 状
300	1時間 頭重、頭痛。
500	1時間 めまい、頭重、頭痛、顔面紅潮。 CO-Hb 20% チアノーゼ、耳なり、不安感、胞内苦悶。
700	1時間 頭痛著明、興奮、手足のしびれ感。
1,000	1時間 CO-Hb 30% 呼吸促進、脈拍数増大、動悸、めまい、悪心、嘔吐。 2時間 CO-Hb 40%以上 激しい頭痛、興奮状態、手足麻ひ、歩行不能、感覚障害、精神混濁。 3時間 CO-Hb 50~60% けいれん、虚脱、昏睡、チェーンストークス呼吸、死。
1,500	1時間 危険。
2,000	30分 危険。
3,000	30分 死。
4,000	30分 死。
以上	

猿田南海雄：日医会誌

器は正しく使うと非常に有効であることを示している。

しかし現実には火災現場で呼吸器を使った方が高い値を示した理由として次のことが考えられる。

ア. 非喫煙者で呼吸器使用者は5人であるが防ぎょした建物は耐火造が4人、防火造が1人で、呼吸器を使わなかった者が防ぎょした火災に比してCOの濃い火災であった。なお呼吸器を使用しなかった者19名が防ぎょした火災の内訳は耐火造3名、防火造8名、木造8名であった。

イ. 呼吸器着用時間に限界があることを意識して、最少限度にしか使用しなかった。

ウ. 面体の密着度が十分でなかったため面体内に煙が入りCOを吸入した。

## 5. ま と め

以上述べたことを要約すると次のとおりである。

- (1) 消防隊員の平常時の体内CO蓄積量は消防学校学生に比して有意に高い。
- (2) 火災防ぎょ活動後にはCOの体内保有量は顕著な上昇がみられる。(非喫煙者では約3倍、喫煙者では約1.7倍にふえる。)
- (3) 喫煙者は非喫煙者に比してCOの体内蓄積量は有意に高い。
- (4) 火災防ぎょ後の喫煙はCOの体内保有量をさらに

増大させる。

(5) 呼吸器はCOの暴露に対して有効である。

本研究に際して指導を賜った、前田博教授をはじめとする東京医科歯科大学公衆衛生学教室の方々ならびに呼気採取に際し協力をいただいた、各方面本部指揮隊、および各消防署、消防学校学生の皆様に厚く御礼申し上げます。

## 6. 文 献

- 1) 安河内五郎「急性一酸化炭素中毒」p. 6 医学書院
- 2) 大気汚染研究 Vol. 7, No. 4, 1972 p. 12
- 3) 松藤元訳「一酸化炭素の毒物学」p. 98 労働科学研究所
- 4) Goldsmith, T. R., Arrow, W. S. Carbon Monoxide, and Coronary Heart Disease. Environmental Research 10 236—248 1975
- 5) 海外消防資料52—7「消防職員の公務災害」(インターナショナルファイヤーファイター 1976年11月号)
- 6) Jacob Loke, Wayen C. Farmer, Carboxyhemoglobin Levels in Fire Fighters. Lung 154, 35—39 1976
- 7) 大気汚染研究 Vol. 7, NO. 4 1972 p. 28
- 8) 久保田重孝「職業病検診手技」p. 25
- 9) 大気汚染研究 Vol. 7, No. 4, 1972 p. 34