

寝たばこ火災による死者と発生ガスの関係に関する研究

木田 清春*, 瀬戸 裕治**, 井上 民子*

概 要

平成14年中、東京消防庁管内で死者の発生した火災（焼身自殺者を除く、以下、死者数について同じ）の原因は、「たばこ」が最も多く全体の約40%であった。たばこが原因の火災で死者は36名発生しており、過去5年間で最も多い。この内、10名は就寝時若しくは起床時に関連した状態で、寝具類の中または上で喫煙し、たばこの火種により寝具類に着火した火災（以下「寝たばこ火災」という）で発生している。

寝たばこ火災は、部分焼火災やぼや火災などの焼失面積の少ない火災においても死者が発生している。死者が発生した原因の一つとして考えられるのは、火災時に発生するガスである。そこで、着火物として寝具類に着目し、寝具類が燃焼した際に発生する気体の濃度及び燃焼時間による濃度変化について研究を行なった。

その結果、次のような傾向が見られた。

- 1 CO₂、COの濃度は共に致死量に至らなかった。
- 2 O₂、CO₂、COの濃度変化について、素材（綿、ポリエステル等）による差が明確に現れた。
- 3 枕とカバー、ふとんとシーツを組み合わせた燃焼においては、単独での燃焼と同様の結果を得た。

1 はじめに 1) 2) 3) 4) 5)

平成14年中に東京消防庁管内で「住宅、共同住宅」等の居住用建物から出火した火災（以下「住宅火災」という）が、2,199件発生した。これは建物火災の件数（3,839件）中の60.6%を占めている。

また、平成14年中東京消防庁管内で発生した火災の総件数は6,672件で、その内、「たばこ」が原因となっているものは1,014件であった。これは、全体の15.2%である。「たばこ」が原因の火災件数は、ここ数年間1,000件台で推移している（図1）。

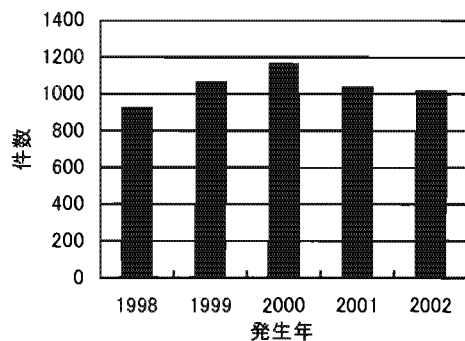


図1 「たばこ」が原因の火災件数(東京消防庁管内)

平成14年中、火災による死者は89人発生してお

り、その火災原因としては「たばこ」が最も多かった。「たばこ」が原因の火災での死者は36名で、前年よりも14人増加しており、火災による死者全体の4割を超えている（表1）。また、「たばこ」が原因

表1 火災による死者の状況（焼身自殺者を除く、数字は人数）

区分	年 別	合 計	主 な 出 火 原 因						
			たばこ	放火	ガステーブル等	電気ストーブ	ロウソク	差込みプラグその他	
合 計	平成14年	89	36	5	2	6	2	0	38
	平成13年	109	22	5	3	5	2	2	70
65歳以上	平成14年	50	20	3	0	3	2	0	22
	平成13年	31	8	2	3	4	2	0	12

の火災で最も多かった着火物は「ふとん類」の17件で全体の19.1%だった。死者89人の家族構成をみると、「一人暮らし」は38人で前年と比べると7人増加しており、また「高齢者世帯」が13人で前年に比べ11人増加している。

火災による死者のうち65歳以上の高齢者は50人で、前年に比べ19人増加した。これは、死者全体の56.2%となっている。その内、20人は「たばこ」が原因であり、高齢者が死者であった内の40%であった(表1)。

死者のうち高齢者の占める割合は、高い状況が続いており、今後、予想される高齢化社会の進展に伴い、寝たばこ火災の死者がますます増加することが懸念される。

以上のことから、本研究では、「たばこ」が原因の火災の中で、着火物として最も多かった「ふとん類」に着目し、実際にふとん類を燃焼し、燃焼時に発生する気体の濃度変化について研究を行なった。

2 寝たばこ火災 1) 2) 3) 4) 5)

平成14年中、東京消防庁管内で寝たばこ火災による負傷者は25人、死者は10人発生した。火災による全死者の内、11.2%が寝たばこ火災によって死亡した。また、ここ数年間の寝たばこ火災による死傷者の状況を表2に示す。

表2 寝たばこ火災による死傷者の状況(数字は人数)

年別	合計	寝たばこ火災による死者	寝たばこ火災による負傷者
平成14年	35	10	25
平成13年	68	11	57
平成12年	31	7	24
平成11年	42	12	30

死者の発生した火災を火災規模によってまとめたものが図2で、死者の発生した寝たばこ火災を同様にまとめたものが図3である。図2をみると死者は火災の規模が大きい場合に多く発生しているが、図3を見ると寝たばこ火災の場合には、部分焼火災やぼや火災などの比較的焼失面積の少ない火災の場合にでも死者が発生していることがわかる。

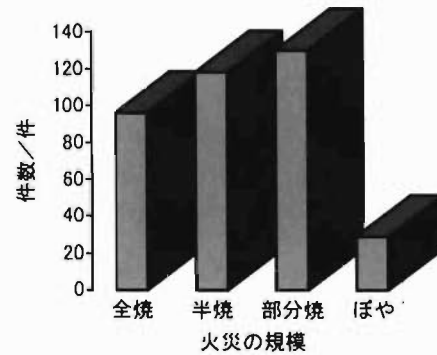


図2 死者の発生した火災の規模(平成10年から14年までの累計)

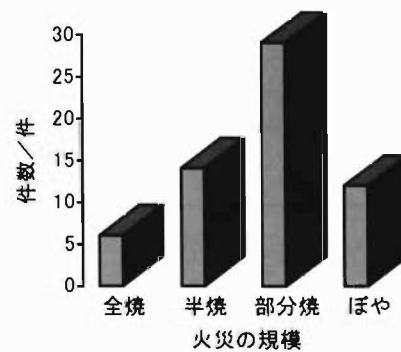


図3 死者の発生した寝たばこ火災の規模(平成10年から14年までの累計)

図4は寝たばこ火災による死者の発生原因で、焼死と一酸化炭素中毒死を合わせて85.5%を占めている。焼死は、火災の状況下での熱及び燃焼生成物(一酸化炭素など)による影響の両方が原因と考えられる場合である。

火災による死者の発生原因としては、発生した炎

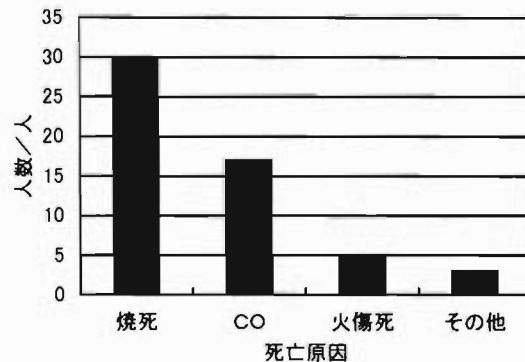


図4 寝たばこ火災による死者の発生原因(平成10年から14年までの累計)

や熱による熱傷、燃焼に伴って発生した有毒ガス、あるいは酸素欠乏が主にあげられる。それらは単独で、あるいは複合的に人体への影響を及ぼすと考えられている。⁶⁾

寝たばこ火災の場合は、焼失面積の少ない火災の場合にでも死者が発生していることから、火災により発生するガスによる中毒死の可能性が含まれると考えられる。



写真1 たばこの放置後10分の状態



写真2 たばこの放置後20分の状態



写真3 たばこの放置後30分の状態

そこで、市販されているふとんの上にたばこを放置した実大規模の実験を行った。実験材料は綿100%の枕と敷布団を使用し、それぞれ綿100%の枕

カバーとシーツを組み合わせた。実験方法は、着火源として「たばこ」を用い、ふとんと枕の間に放置し、燃焼する状態を観察した。写真1から写真3はたばこを放置して、それぞれ10分後、20分後、30分後の状態である。写真から、ふとんはゆっくりと時間をかけて無炎燃焼を継続していることがわかる。発生ガスは、マネキンの周囲を漂流しており、その状態は、発生ガスを吸引しやすい状態のため、人体にとって発生ガスの影響を受けやすいと考えられる。

このことから、寝たばこ火災時に発生する気体の成分について詳細に分析することは、死者発生の原因を探る上で重要な要素である。

本研究では、寝たばこ火災で発生する死者について詳細を解明するため、呼吸を妨げる要素である燃焼生成物のうち、 CO_2 とCOの濃度変化について解析した。

3 部材実験

(1) 実験目的

寝たばこ火災による死者の発生原因を明らかにするために、着火物である寝具類をコーンカロリメータを用いて燃焼し、燃焼生成物として発生する気体のうち、 O_2 、 CO_2 、COの濃度について時間的変化を解析することを目的とした。

(2) 実験装置

ISO5660、ASTM E1354、NFPA 264A、建築基準法の防火材料認定試験に準拠する、コーンカロリメータを用いた。装置の全体写真を写真4に装置の構成概略を図5に示す。装置は、試験部（試料に放射加熱する）、制御部（温度、発熱速度、煙濃度、ダクト流量などの表示、解析、制御等を行う）、分析部（燃焼ガスの O_2 、 CO_2 、COの分析を行う）、排出部（燃焼ガスを排気する）からなる。この装置は、試験しようとする材料に任意の放射熱を暴露し着火させ、その際に発生する気体の濃度変化や、発生熱量、燃焼速度、着火時間、煙濃度、すすの量などを測定する



写真4 実験装置の全体写真

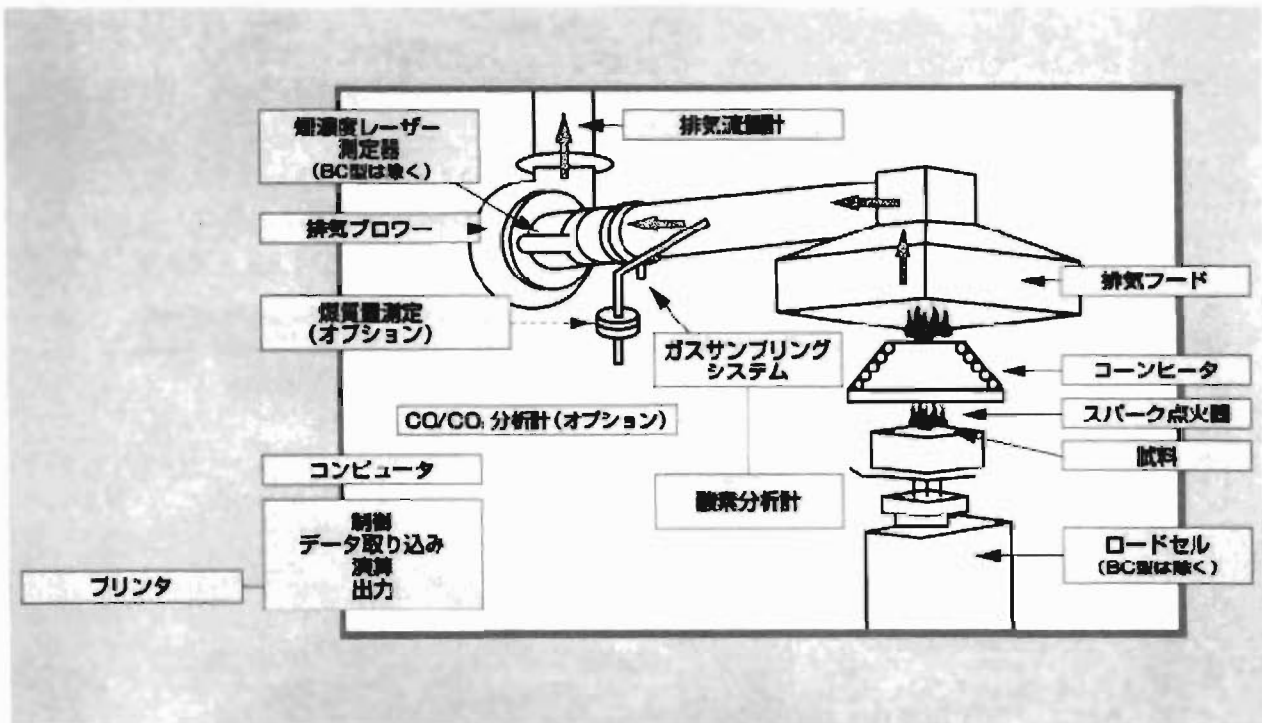


図5 実験装置の構成概略

ものである。寝たばこ火災の多くは、無炎燃焼により起こるので直接比較はできないが、各種材料が燃焼時に生成する気体の濃度変化を把握する目的で用いた。

(3) 実験方法

ア 実験手順

(7) 試料を約 100mm×100mm の大きさに切り、重量と厚さを計測した後、サンプルホルダにセットする。

(イ) 希望の輻射量に設定したコーン型ヒータの下部に、サンプルホルダを水平にセットする。

(ウ) 点火器による火花と同時に放射熱を加える。着火した時点で点火器を戻す(写真5)。

(エ) 火炎が無くなるまで燃やし続ける。

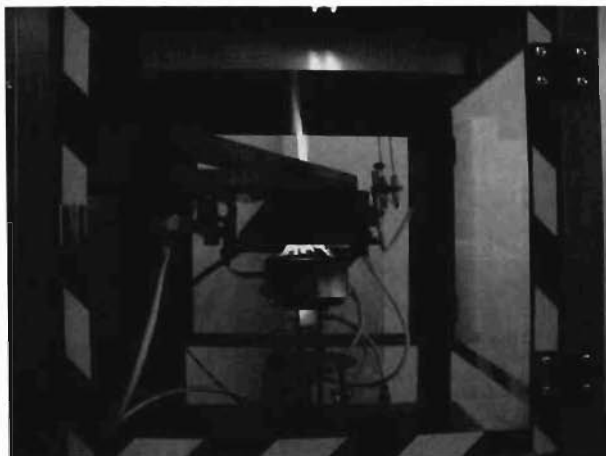


写真5 試料の着火状態

イ 試料の選定及び調整

実際の寝たばこ火災では、敷ふとんや枕にたばこが接触するケースが多いと考えられるので、敷ふとんと枕を用いることにした。また、各部材(ふとんの中

表3 実験材料

種別	試料	素材
枕	a	側地：ポリエステル 100% 中身：綿 100%
	b	側地：綿 100% 中袋：ポリエステル 100%、 中身：ポリプロピレン製パイプ 100%
	c	側地、中袋：綿 100% 中身：そば殻 100%
敷ふとん	d	側地：綿 100% 中身：ポリエステル 30%、 綿 70%
	e	側地：綿 100% 中身：綿 100%
	f	側地：綿 100% 中身：ポリエステル 50%、 毛 50% かたわた：ポリエステル 100%
シーツ		綿 100%
枕カバー		綿 100%

表4 材料の組み合わせ及び輻射量

実験の種別	単独		組み合わせ	
	試料	輻射量	試料	輻射量
枕	a	18kW/m ²	aと枕カバー	20kW/m ²
	b	20kW/m ²	bと枕カバー	25kW/m ²
	c	18kW/m ²	cと枕カバー	20kW/m ²
敷ふとん	d	18kW/m ²	dとシーツ	18kW/m ²
	e	18kW/m ²	eとシーツ	18kW/m ²
	f	20kW/m ²	fとシーツ	25kW/m ²

わた、側地等)のみを燃焼させて比較するよりも、実際に流通している製品の状態で燃焼させる方がより現実の火災に近いと考え、市販の寝具類の中から表3に示すものについて燃焼実験を行った。

通常寝具類を使用する場合には、カバーやシーツ等と組み合わせる。そこで、使用状態での着火を考えて、枕やふとんだけを燃焼させることに加えて、カバーやシーツを組み合わせた状態で燃焼させる実験も行った。実験を行った材料の組み合わせについては表4に示す。実際に使用されている状態にできるだけ近い状態でのふとんへの着火を考えたため、ふとん、枕の乾燥などの調整については行わなかった。

ウ 計測の条件

実験の目的を、寝具類が燃焼する際に発生する気体の成分と濃度の時間的変化を解析することに限定した。そこで、コーンカロリメータを使った燃焼実験を行う上で最も重要なコーンヒーターの輻射量は、材料に着火するのに過不足ない値に設定する必要があると考えた。

予め、市販されているふとんや枕を構成している綿わたと JIS 実験用添付白布⁷⁾を用いて行った実験において、材料が過不足なく燃焼する輻射量(18kW/m²)を基準にして、各寝具への輻射量を決定した(表4)。

エ 計測した気体

- 酸素 (O₂)
- 二酸化炭素 (CO₂)
- 一酸化炭素 (CO)

の3種類の濃度変化を計測した。

これらの気体は、単独でも濃度の変化によって人間の生死を決定するが、それぞれの相互作用による影響も考慮する必要がある。平成14年度火災学会講演討論会テキストによれば、「火災時に発生するCO₂は最大でも21%で、単独での死因とはなり得ない。ところが、CO₂濃度の上昇によって呼吸回数が増加する。このことで共存する気体成分を通常の呼吸時よ

りも多く体内に取り入れることになり、単独成分の濃度変化によるものとは異なった影響が生じる。例えば、5%のCO₂が共存する場合、O₂の致死濃度は5.4%から6.4%とより高い値となる。」⁸⁾と報告されている。

火災時において、目立った外傷がない死者であれば、死亡原因として呼吸を妨げる要素を考慮することは当然である。このことを考慮に入れ、上記の気体成分が燃焼時間と共にどのような濃度変化をしていくかに着目した。

4 実験結果

輻射量は表4で示したとおりに設定し、実験を行った。図6、図7はそれぞれ特徴的な気体の濃度変化を示した燃焼実験の結果である。表5は各実験試料におけるO₂濃度の最小値、CO₂濃度及びCO濃度の最大値である。写真6から写真11は、それぞれ試料aから試料fの燃焼後の状態である。

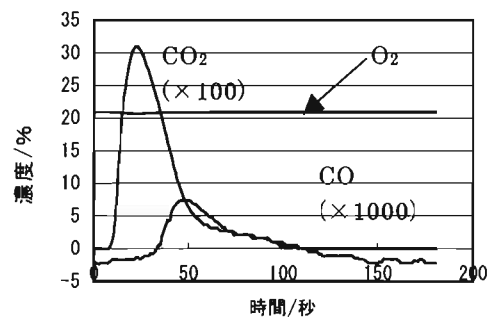


図6 試料eの燃焼

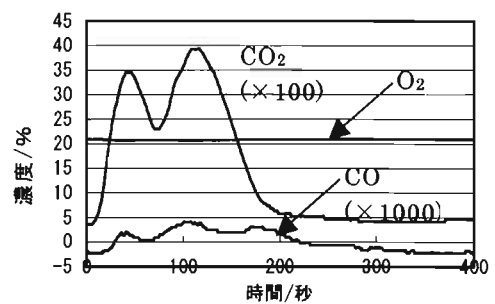


図7 試料fの燃焼

(1) 単独(ふとん、枕)での燃焼

ア 試料a

着火直後からO₂濃度が減少し、10秒後に20.67%になった。CO₂濃度はO₂濃度の減少とほぼ同時に上昇が始まり、同じく10秒後に最高濃度である0.3791%に達した。CO濃度は数秒遅れて上昇を開始し

表5 O₂濃度の最小値、CO₂濃度及びCO濃度の最大値

	試料	O ₂ 濃度の 最小値 (%)	CO ₂ 濃度の 最大値 (%)	CO濃度の 最大値 (%)
単 独	a	20.67	0.3791	0.0126
	b	20.26	0.5869	0.0068
	c	20.60	0.4706	0.0089
	d	20.54	0.4606	0.0095
	e	20.68	0.3098	0.0074
	f	20.65	0.3931	0.0041
組 み 合 わ せ	aと枕カバー	20.62	0.4509	0.0104
	bと枕カバー	20.47	0.4261	0.0041
	cと枕カバー	20.57	0.5278	0.0083
	dとシーツ	20.67	0.3120	0.0100
	eとシーツ	20.62	0.3866	0.0121
	fとシーツ	20.60	0.5036	0.0068

45秒後で0.0126%に達した。

イ 試料 b

試料 a の結果とは異なり、各気体の濃度変化は同時に変化はするものの、ピークが2つ現れた。1つ目のピークは、O₂とCO₂が着火から13秒後、CO濃度は25秒後で現れ、濃度はO₂が20.77%、CO₂が0.2145%、COが0.0009%になった。2つ目のピークは、O₂、CO₂、COが着火してから230秒後で現れ濃度がそれぞれ、O₂が20.26%、CO₂が0.5869%、COが0.0068%になった。

ウ 試料 c

試料 a と同様、着火直後からO₂濃度が減少し、10秒後で20.60%になり、CO₂濃度の変化も試料 a の場合と同様で、O₂濃度の減少とほぼ同時に上昇がはじまり、10秒後で最高濃度である0.4706%に達した。CO濃度は数秒ほど遅れて上昇を開始し、45秒後で0.0089%まで達した。

エ 試料 d

試料 b と同様、各気体の濃度変化は同時に変化はするものの、ピークが2つ現れた。1つ目のピークは、O₂が着火から5秒後、CO₂が着火から10秒後、CO濃度が20秒後で現れ、濃度はO₂が20.69%、CO₂が0.2591%、COが0.0042%になった。2つ目のピークは、O₂、CO₂、COが着火してから70秒ほどで現れ濃度がそれぞれ、O₂が20.54%、CO₂が0.4606%、COが0.0095%になった。

オ 試料 e

試料 a と同様、着火直後からO₂濃度が減少し、16秒後で20.68%になり、CO₂濃度の変化も a の場合と同様で、O₂濃度の減少とほぼ同時に上昇がはじまり、16秒後で最高濃度である0.3098%に達した。CO濃

度は25秒ほど遅れて上昇を開始し、42秒後で0.0074%まで達した。

カ 試料 f

試料 b と同様、各気体の濃度変化は同時に変化し、ピークが2つ現れた。1つ目のピークは、O₂とCO₂、CO濃度は着火から30秒ほどで現れ、濃度はO₂が20.69%、CO₂が0.3456%、COが0.0019%になった。2つ目のピークは、O₂、CO₂、COが着火してから100秒ほどで現れ濃度がそれぞれ、O₂が20.65%、CO₂が0.3931%、COが0.0041%になった。

図6のような結果は、表3の試料 a、試料 c、試料 e で得られ、図7のような結果は、表3の試料 b、試料 d、試料 f で得られた。この結果から素材での差がはっきりと現れた。



写真6 試料 a の燃焼後 写真7 試料 b の燃焼後

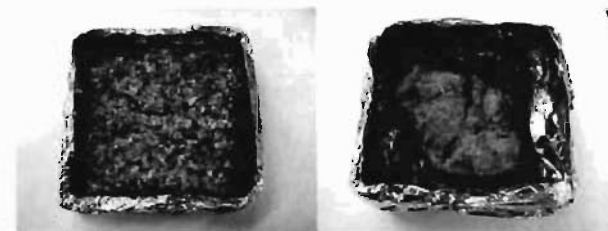


写真8 試料 c の燃焼後 写真9 試料 d の燃焼後



写真10 試料 e の燃焼後 写真11 試料 f の燃焼後

(2) 組み合わせた燃焼

図8は試料 e とシーツを組み合わせた燃焼を示し、図8の傾向は表3の試料 a、試料 c と枕カバーを組み合わせた場合で得られた。図9は試料 f とシーツを組み合わせた燃焼を示し、図9の傾向は、表3の試料 b と枕カバーを試料 d とシーツを組み合わせた場合で得られた。

組み合わせた燃焼で得られた図8・図9と単独

(ふとん、枕)での燃焼で得られた図6・図7を比較すると、濃度に若干の差が見られるが濃度変化の様子については、単独燃焼の場合と同様の傾向を示した。

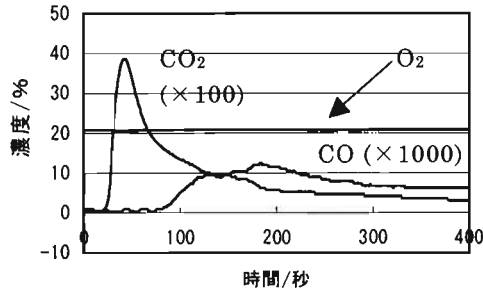


図8 試料eとシーツを組み合わせた燃焼

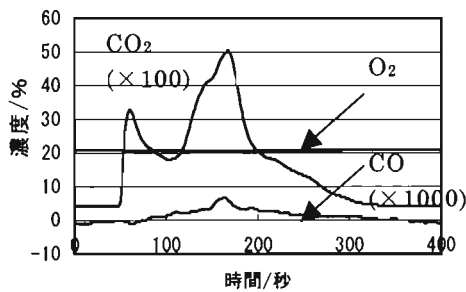


図9 試料fとシーツを組み合わせた燃焼

5 考察

(1) 部材実験で発生したO₂、CO₂、COの濃度における致死量及び人体への影響について考察する。

O₂濃度は、試料bのときに最小濃度20.26%を示したが、この濃度低下は、人体に影響を与えるほどではないと考えられる。

CO₂の致死量は25%、COは0.5%⁹⁾であるが、今回の実験ではCO₂の最高濃度は試料bで0.5869%を示し、COの最高濃度は試料aで0.0126%を示したが、共に致死量には至らなかった。

また、CO₂、COを吸引した際、人体に危険な影響を与える濃度について考えると、「CO₂濃度が9%を越える場合、呼吸困難、意識喪失を起し死亡する可能性があり、CO濃度が0.2%の場合も1時間暴露すると死亡する可能性がある。」⁹⁾とされているが今回の実験で得たCO₂及びCOの最高濃度は、共にこれらの濃度には至らなかった。

(2) 部材実験の結果から、素材の違いによって図6、図7の2種類の結果が得られたことについて考察する。

図6のような結果は、そば殻若しくは、綿100%の素材を用いている試料a、試料c、試料eについて得られ、図7のような結果は、ポリエステル若しくは、ポリプロピレン製パイプの素材を用いている試料b、試料d、試料fについて得られた。このことから図7のような発生ガスの濃度変化を示す要因の一つとして、素材の中に、ポリエステル若しくは、ポリプロピレン製パイプといった合成繊維が含まれていることが考えられる。

6 まとめ

- (1) CO₂、COの濃度は共に致死量に至らなかった。
- (2) O₂、CO₂、COの濃度変化について、素材(綿、ポリエステル等)による差が明確に現れた。
- (3) 枕とカバー、ふとんとシーツを組み合わせた燃焼においてO₂、CO₂、COの濃度変化については、単独で燃焼させた場合と同様の結果を得た。

7 おわりに

今回の研究では有炎燃焼における各部材からの発生ガス濃度について検証したが、寝たばこ火災の多くは無炎燃焼により起こると考えられることから、無炎燃焼時の各部材からの発生ガス濃度についても今後検証していく必要がある。

また、発生ガスの中でもO₂、CO₂、COに注目したが死者発生の原因としては、この3種類以外の有毒ガス発生も考えられることから、その他の発生ガス濃度についても検証していく必要がある。

[参考文献]

- 1)「平成11年版 火災の実態」 東京消防庁調査課 p.6, p.103
- 2)「平成12年版 火災の実態」 東京消防庁調査課 p.6, p.82, p.25
- 3)「平成13年版 火災の実態」 東京消防庁調査課 p.6, p.87, p.27
- 4)「平成14年版 火災の実態」 東京消防庁調査課 p.6, p.87, p.28
- 5)「平成15年版 火災の実態」 東京消防庁調査課 p.1-2, p.4-5, p.8-9, p.23, p.80-83
- 6) 消防研究所報告 第51号 p.p.25-33 1981年3月
- 7) JISハンドブック 31 繊維 2002 日本規格協会 p.323
- 8) 平成14年度火災学会講演討論会テキスト p.p.22-27
- 9) ユージンメーヤー 危険物の化学 海文堂 p.171-178

A STUDY OF THE RELATIONSHIP BETWEEN DEATHS AND FUMES FROM FIRES CAUSED BY FALLING ASLEEP WHILE SMOKING

Kiyoharu KIDA*, Yuji SETO**, Tamiko INOUE*

Abstract

Of the fires in the Tokyo Fire Department's jurisdiction in 2002 for which there were deaths (not including suicides), the most common cause was "cigarettes," accounting for nearly 40% of the total. There were 36 deaths from cigarette-related fires, the highest figure in the past five years. Of those deaths, 10 occurred in situations related to getting up or going to bed, where smoking in or on one's bed led to the ignition of bedding from cigarette ashes.

For fires from smoking in bed, there have been deaths even in cases of partial or small-scale fires damaging only small areas. One possible cause for these deaths are the gases generated by the fire. We conducted research, focused on bedding as the flammable material, to measure the density of gases emitted by burning bedding and how the density changes with the amount of time spent for burning.

We identified the following trends:

1. CO₂ and CO densities did not reach lethal levels.
2. There were clear changes in O₂, CO₂, and CO densities depending on the burning materials (cotton, polyethylene).
3. The same results were obtained for paired burning of "pillow and pillow cover", and "bed spread and sheets" as for the independent burning of each.

*Second Laboratory **Human Resources Section