

住宅用火災警報器に関する研究 (第2報)

宮島 敏光*, 森 充弘*, 菅原 洋一*

概 要

平成14年の消防白書によると、住宅で発生した火災は、建物火災の約6割を占めており、建物火災による死者のうち、住宅火災による死者は、82.5%にも上る。とりわけ高齢者が多く、住宅火災による死者の55.4%を65歳以上の高齢者で占めている。さらに、火災による死者の多くは逃げ遅れによるものであり、火災の早期発見が重要視されている。

第1報の寝たばこによる燻焼火災実験においては、煙式住宅用火災警報器が最後に作動してから発炎までの約7分間が避難可能時間であった。本研究は、住宅火災における熱式住宅用火災警報器の有効性を確認するため、就寝中の電気ストーブからの出火を想定して燃焼実験を実施した。その結果、床から高さ30cmの範囲では熱式住宅用火災警報器が作動してから約2分間の避難可能時間があり安全に避難できると言えた。

1 はじめに

平成15年中の東京消防庁管内の火災による死者は151人であり、このうち住宅火災(住宅・共同住宅等から出火した火災)による死者が124人発生し、過去10年間で最も多い発生となっている。また、住宅火災による死者の割合をみても、平成15年は平成7年の84.3%について多い82.1%になっている。主な出火原因のたばこについては第1報の燻焼火災実験で取り上げた。主な出火原因の第5位は「電気ストーブ」であり、その経過については、寝返りを打った際に布団が接触するなどの「可燃物が接触する」が52件(54.7%)と最も多く、半数以上を占めている。住宅火災による死者のうち約4割が「発見の遅れ」によるものであり、火災の発生を早く知るために、住宅用火災警報器の設置が望まれる。

2 実験日時等

(1) 実験日

平成15年12月10日(水)、12月11日(金)

(2) 実験場所

消防科学研究所 燃焼実験室 移動実験室

3 測定方法及び実験方法等

(1) 実験概要

一般的な居室内(8畳程度)における住宅用火災警報器(以下、「住警器」という。)の設置効果について、1本のカートリッジヒーターを使用して電気ストーブから

寝具に着火した火災を想定した燃焼実験を実施した。住警器を寝具の直上または寝具から水平距離50cmの天井面に合計8個設置した。住警器の発報時間を、避難限界と判断される時の温度、ガス濃度(O_2 、 CO 、 CO_2)及び視界状況と比較することで、住警器の有効性について検証した。

(2) 測定項目

ア 各メーカーの煙、熱式住警器を実験室(3.3m×3.6m、天井高さ2.14m)天井中央に設置し、ヒーターへの寝具接触から発報までの時間を測定する。測定方法については、住警器の移報端子から耐火電線により移報検出ユニットに接続し、ユニット上のLED及びブザー等により発報信号を検出、ストップウォッチで測定する。

イ 可燃物の周囲の温度を、熱電対により測定する。

ウ 可燃物の周囲の O_2 、 CO 、 CO_2 濃度をガス分析計により測定する。

エ 室内の状況をCCDカメラ(室内4ヶ所)で撮影、記録する。

オ 各測定器等の配置は、実験方法の項で示す。

(3) 実験に使用した測定器等

ア データロガー (KEYENCE THERMO PRO 3000)

イ 熱電対 (アルメルクロメル熱電対)

ウ ガス分析計 (富士電機システムズ㈱ 赤外線ガス分析計)

エ カメラ (小型CCDカメラ×4)

* 第三研究室

オ 移報検出ユニット

(第三研究室自作、8入力、ブザー及びLED表示付)

カ 温度・湿度計

(4) 実験に使用した寝具及びヒーター

掛布団 (中入り綿: ポリエステル 50%、綿 50%) 綿 100%のカバーをするものとする。

大きさ: 750×1000 mm 重量: 625g

カートリッジヒーター (坂口電熱機製 500W 870℃常用)

(5) 実験に使用した住警器

実験に使用した住警器を表1に示す。

(6) 実験方法 (詳細は表2のとおり)

移動実験室内床中央に設置した寝具に、通電したカートリッジヒーターを接触させ着火させた場合の住警器の発報時間、周囲温度、ガス濃度について測定する。発報後も避難限界と判断されるまで継続して測定する。また、寝具の位置を横 (奥側) 方向に 50cm 水平移動させて着火させた場合についても同様とする。なお、実験時、開口部は閉鎖した。測定器等の配置を図1・2に、設定状況を写真1～4に示す。

表1 実験に使用した住警器

メーカー	熱・煙	方式	電源	住警器番号
A社	煙式	光電式2種	単4乾電池×4	①
	熱式	定温式	〃	②
B社	煙式	光電式2種	9V乾電池×1	③
	熱式	定温式	〃	④
C社 ※ (移報 接点無し)	煙式	光電式3種	AC100V	⑤
	熱式	差動式	〃	⑥
D社	煙式	光電式2種	9V乾電池×1	⑦
E社 (ガス、CO 複合型)	熱式	定温式	AC100V	⑧

※ C社製住警器は、移報できるように改造したが、C社製以外は移報接点がある。

表2 実験詳細

実験	測定器等配置	実験日	気温 湿度	可燃物	実験内容
実験 1-1	図1	12月10日	16℃ 53%	掛布団	カートリッジヒーターに掛布団をかける。(掛布団には綿100%のカバーをかける。)
実験 1-2	図1	12月11日	11℃ 67%	掛布団	同上
実験 2-1	図2	12月11日	8℃ 83%	掛布団	実験 1-1, 1-2 と同内容であるが火源の位置を 50cm 横 (奥側) 方向に水平移動させる。
実験 2-2	図2	12月11日	8℃ 85%	掛布団	同上

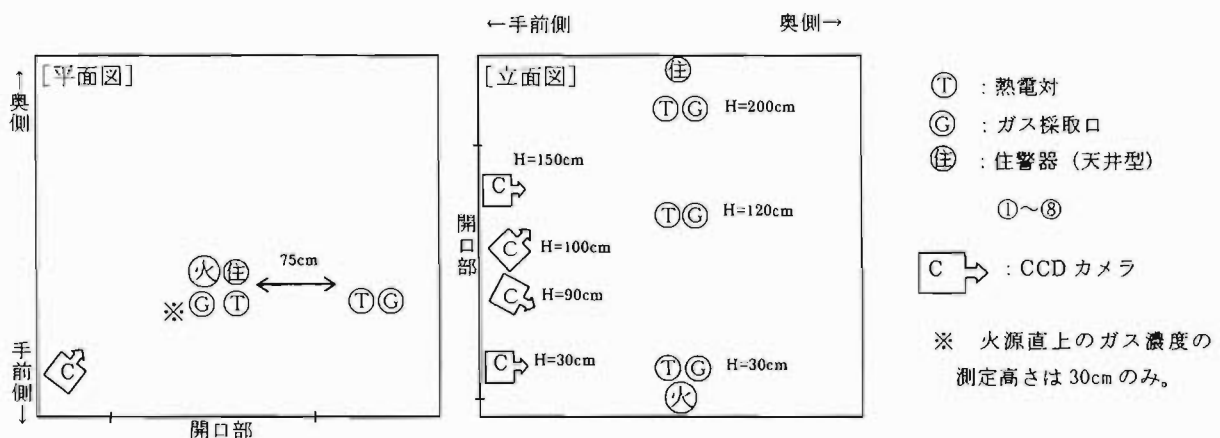


図1 測定器等配置 (実験 1-1・1-2)

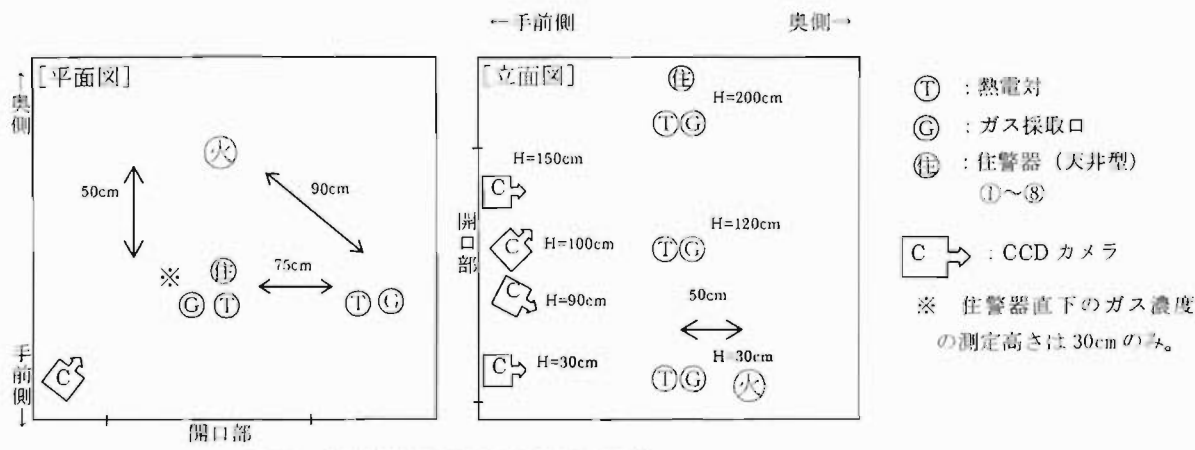


図2 測定器等配置 (実験 2-1・2-2)

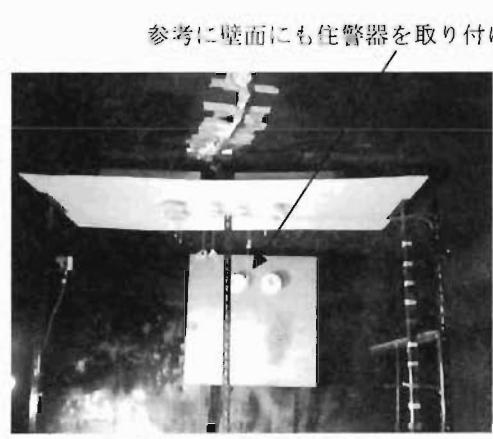


写真1 住警器設定状況

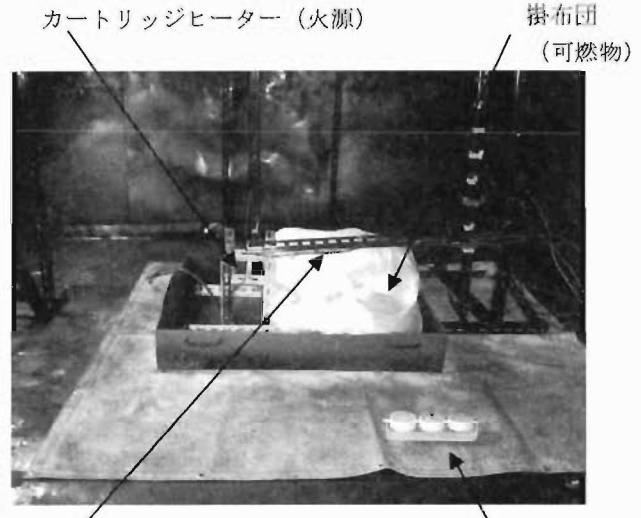


写真4 火源と可燃物



写真2 測定装置

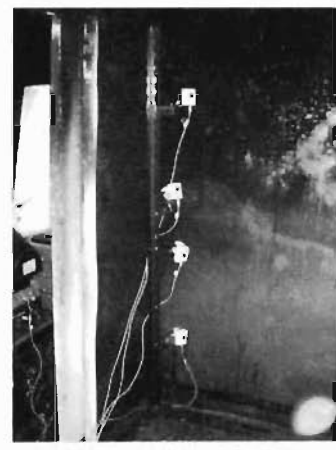


写真3 CCDカメラ位置

ガス採取管、熱電対

温湿度計

4 実験結果

(1) 実験 1-1

ア 住警器発報時間

住警器の発報時間について表3に示す。

表3 住警器発報時間

住警器番号	①	⑦	③	⑤
作動時間	0' 42''	0' 52''	0' 58''	0' 58''
	⑥	④	⑧	②
	1' 04''	1' 07''	1' 31''	1' 33''

イ 温度変化

実験 1-1 の火点横 75cm での温度変化について図 3-1 に示す。火点横 75cm の測定点で煙式住警器作動時の温度は、17~36℃であり 45℃以下であった。また、熱式住警器作動時の温度は、18~38℃であり、全て 45℃以下であった。

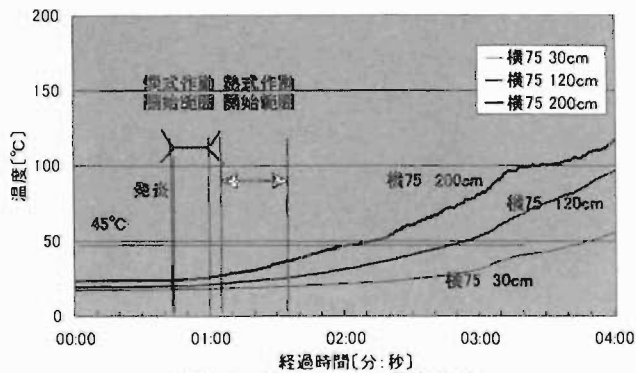


図 3-1 実験 1-1 の温度変化

ウ ガス濃度変化

実験 1-1 の火点横 75cm・高さ 200cm の測定点のガス濃度変化について図 3-2 に示す。煙式住警器作動時のガス濃度は、 O_2 は 21.2%、 CO_2 は 0.1%、CO は 20~59ppm であった。一方、熱式住警器作動時のガス濃度は、 O_2 は 21.2~21.0%、 CO_2 は 0.2~0.3%、CO は 70~160ppm であった。

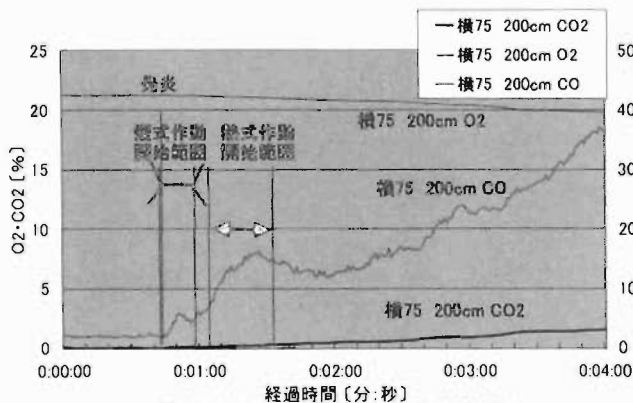


図 3-2 実験 1-1 のガス濃度変化

エ 居室の状況

実験 1-1 の煙の状況について住警器作動時の最初と最後の状況を写真 5-1 及び写真 5-2 に示す。4 分割の写真については、左上は CCD カメラを高さ 150cm の位置からの水平状況を、左下は高さ 30cm の位置からの水平状況を、右上は高さ 100cm の位置から、天井に設置された住警器を撮影した状況を、右下は高さ 90cm から撮影した火点の状況の映像である（以下同じ）。煙は薄いので視界が確保されており避難可能である。

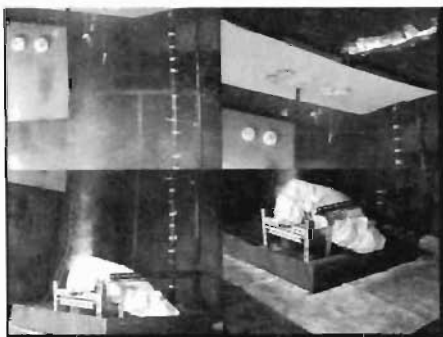


写真 5-1 実験 1-1①作動時 (42 秒)

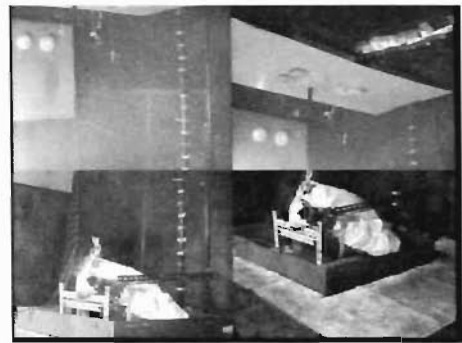


写真 5-2 実験 1-1②作動時 (1 分 33 秒)

(2) 実験 1-2

ア 住警器発報時間

住警器の発報時間について表 4 に示す。

表 4 住警器発報時間

住警器番号	⑦	⑤	①	③
作動時間	0' 51''	0' 56''	1' 00''	1' 03''
	⑥	④	⑧	②
	1' 04''	1' 37''	1' 44''	1' 50''

イ 温度変化

実験 1-2 の火点横 75cm の温度変化について図 4-1 に示す。煙式住警器作動時の温度は、火点横 75cm・高さ 200cm で 18~20℃であり、全て 45℃以下であった。また、熱式住警器作動時の温度は、火点横 75cm・高さ 200cm で 20~38℃であり、同様に全て 45℃以下であった。

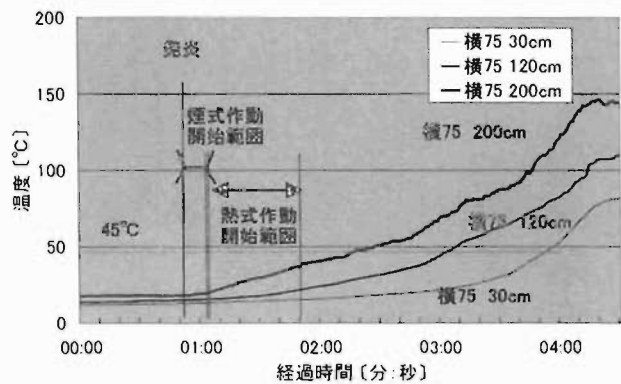


図 4-1 実験 1-2 の温度変化

ウ ガス濃度変化

実験 1-2 の火点横 75cm・高さ 200cm のガス濃度変化について図 4-2 に示す。各煙式住警器作動時のガス濃度は、火点横 75cm・高さ 200cm では、 O_2 は約 21%、 CO_2 は 0.1~0.2%、CO は 20~80ppm であった。一方、熱式住警器作動時のガス濃度は、火点横 75cm・高さ 200cm では、 O_2

は 21.0~20.6%、CO₂ は 0.2~0.5%、CO は 70~80ppm であった。

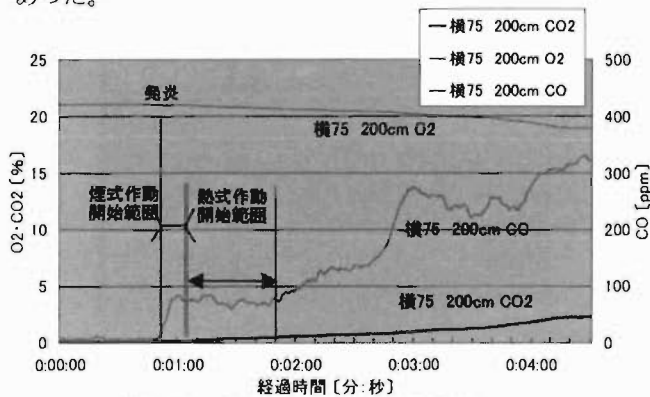


図 4-2 実験 1-2 のガス濃度変化

エ 居室の状況

実験 1-2 の煙の状況について住警器作動時の最初と最後の状況を写真 6-1 及び写真 6-2 に示す。煙は薄いので視界が確保されており避難可能である。



写真 6-1 実験 1-2⑦作動時 (51 秒後)



写真 6-2 実験 1-2②作動時 (1 分 50 秒後)

(3) 実験 2-1

ア 住警器発報時間

住警器の発報時間について表 5 に示す。

表 5 住警器発報時間

住警器番号	①	③	⑤	⑦
作動時間	0' 48''	1' 23''	1' 29''	1' 42''
	⑥	②	④	⑧
	1' 47''	2' 08''	2' 11''	2' 15''

イ 温度変化

実験 2-1 の温度変化について図 5-1 と図 5-2 に示す。煙式住警器作動時の温度は、高さ 200cm で 20~35℃、高さ 120cm で 15~25℃、高さ 30cm で 13~17℃であった。また、熱式住警器作動時の温度は、高さ 200cm で 35~50℃、高さ 120cm で 27~34℃、高さ 30cm で 15~20℃であった。

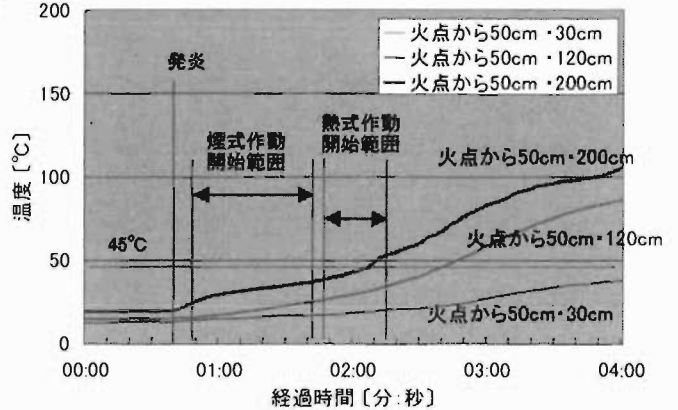


図 5-1 実験 2-1 の温度変化 (火点側方 50cm)

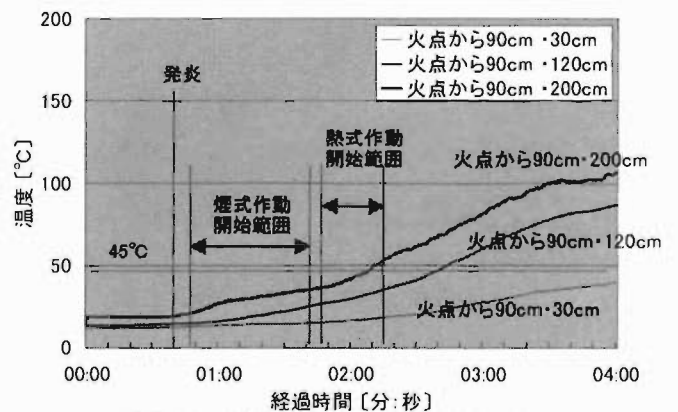


図 5-2 実験 2-1 の温度変化 (火点側方 90cm)

ウ ガス濃度変化

実験 2-1 について火点から 50cm 離れた高さ 30cm のガス濃度及び火点から 90cm 離れた高さ 200cm のガス濃度について図 6-1 及び図 6-2 に示す。

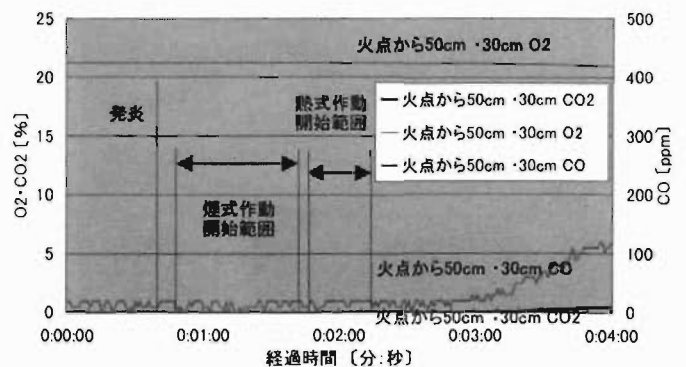


図 6-1 実験 2-1 のガス濃度変化 (火点側方 50cm)

煙式住警器作動時のガス濃度は、火点から 90cm・高さ 200cm で、 O_2 は 21.0~20.7%、 CO_2 は 0.2~0.4%、CO は 50~120ppm であった。一方、熱式住警器作動時のガス濃度は、 O_2 は 20.7~20.6%、 CO_2 は約 0.5~0.6%、CO は 120~150ppm であった。

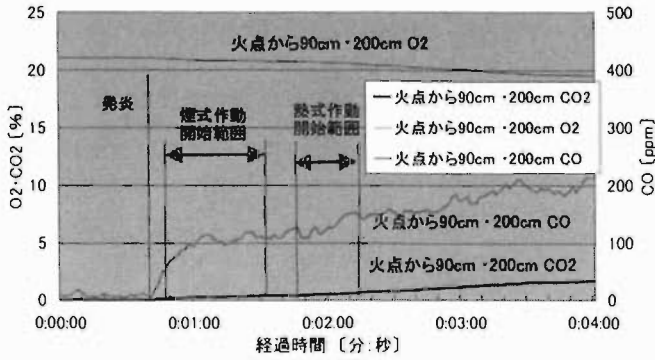


図 6-2 実験 2-1 のガス濃度変化 (火点側方 90cm)

エ 居室の状況

実験 2-1 の煙の状況について住警器作動時の最初と最後の状況を写真 7-1 及び写真 7-2 に示す。煙は薄いので視界が確保されており避難可能である。

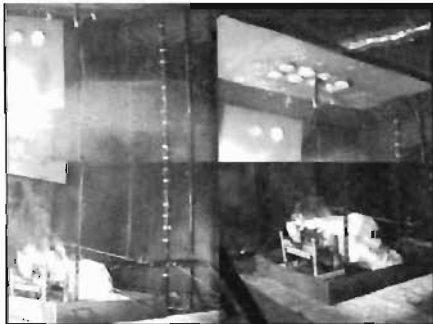


写真 7-1 実験 2-1①作動時(48 秒後)

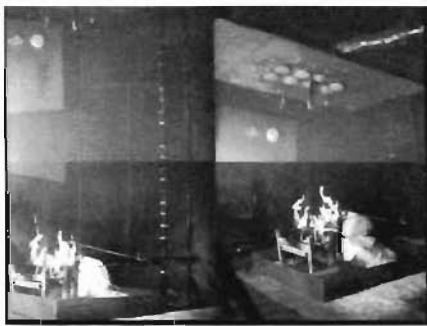


写真 7-2 実験 2-1⑧作動時(2 分 15 秒後)

(4) 実験 2-2

ア 住警器発報時間

住警器の発報時間について表 6 に示す。

表 6 住警器発報時間

住警器番号	③	①	⑤	⑦
作動時間	0' 41''	0' 51''	1' 04''	1' 12''
	⑥	④	②	⑧
	1' 24''	1' 47''	2' 03''	2' 03''

イ 温度変化

実験 2-2 について、火点から 50cm の温度変化と火点から 90cm の温度変化を図 7-1 及び図 7-2 に示す。

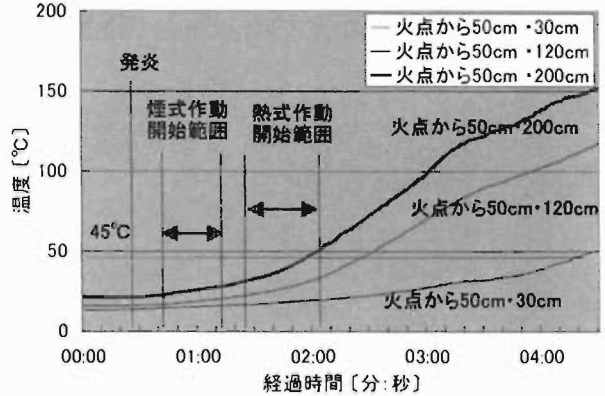


図 7-1 実験 2-2 の温度変化 (火点側方 50cm)

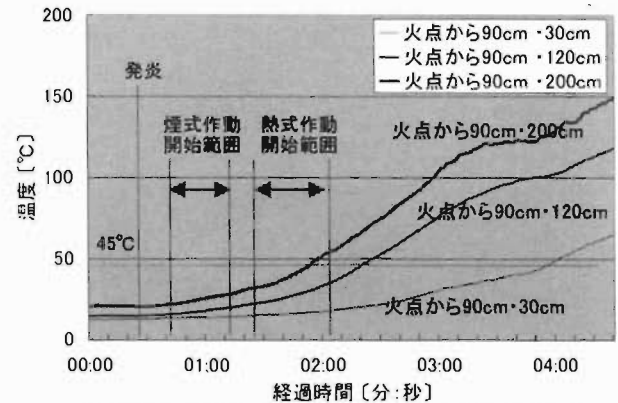


図 7-2 実験 2-2 の温度変化 (火点側方 90cm)

ウ ガス濃度変化

実験 2-2 について火点から 50cm 離れた高さ 30cm のガス濃度、90cm 離れた高さ 200cm のガス濃度について図 8-1 及び図 8-2 に示す。煙式住警器作動時のガス濃度は、火点から 90cm・高さ 200cm で、 O_2 は 20.9~20.8%、 CO_2 は 0.2~0.4%、CO は 45~140ppm であった。一方、熱式住警器作動時のガス濃度は、 O_2 は 20.6~20.4%、 CO_2 は約 0.5~0.8%、CO は 180~210ppm であった。

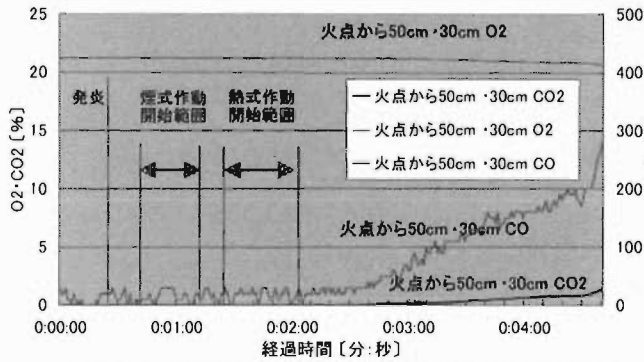


図 8-1 実験 2-2 のガス濃度変化 (火点側方 50cm)

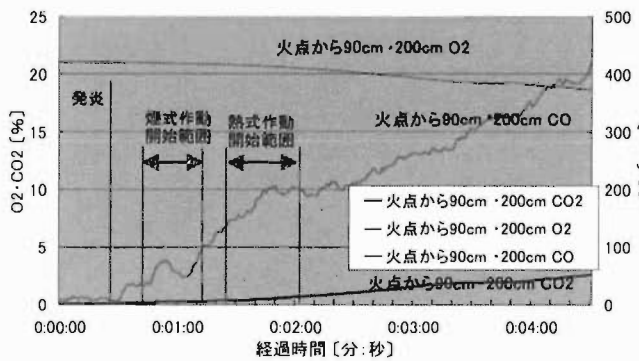


図 8-2 実験 2-2 のガス濃度変化 (火点側方 90cm)

エ 居室の状況

実験 2-2 の煙の状況について住警器作動時の最初と最後の状況を写真 8-1 及び写真 8-2 に示す。煙は薄いので視界が確保されており避難可能である。



写真 8-1 実験 2-2③作動時 (41 秒後)



写真 8-2 実験 2-2⑧作動時 (2 分 3 秒後)

5 考察

(1) 熱について

周囲温度で避難限界を定義することは、その時の湿度、避難者の服装、個人の熱感受性等によって大きな差異が生じるので、非常に難しい。今回の実験では、皮膚温度と周囲温度を直接結び付けて考えるのは少々乱暴ではあるが、火傷が現れる皮膚表面 45℃²⁾を目安として、避難可能な温度を周囲温度 45℃として考えた。

実験 1-1・1-2 を温度の観点から考察すると、寝具直上の天井部に設置された住警器の場合、高さ 120cm の測定点において避難可能時間は約 1 分であり、高さ 30cm の測定点において避難可能時間は約 2 分であった。しかし、実験 2-1・2-2 のような火点から離れた天井に熱式住警器が取り付けられている場合は、高さ 120cm の測定点において避難可能時間は約 20 秒で、高さ 30cm の測定点において避難可能時間は約 2 分である。高さ 120cm の測定点において、住警器の真下に火源がある場合は、離れている場合に比べ早く発報するため、避難可能時間に 50 秒程の差が生じたものと考えられる。十分な視界を得ることができれば、熱式住警器が鳴動してから 2 分以内に床を這って居室から避難することは充分可能である。ただし、ここでは介助が必要な身障者等の避難は考慮しないことにする。

(2) ガスについて

意識感覚的に人体に影響が表れるガス濃度は、O₂ は 15%前後、CO₂ は 5%前後、CO は 0.1%前後である²⁾。そこで、それらの濃度を避難限界と仮定して検討する。今回の実験 (実験 1-1～実験 2-2) においては、床上 30cm 以外では、避難限界 (O₂ 15%以下、CO₂ 5%以上、CO 0.1%以上) を超えることがなく、最高でも O₂ 18.6%、CO₂ 2.6%、CO 420ppm (火点から 90cm・高さ 200cm) であり安全に避難できるといえる状態であった。熱式住警器作動時のガス濃度 (火点から 90cm・高さ 200cm) は、最高でも O₂ は 20.4%、CO₂ は 0.75%、CO は 200ppm であった。

(3) 煙について

住警器作動時の状況から煙による刺激を受けずに避難できるか検討するために、住警器すべての作動時において、高さ 30cm で水平に火点から 2.7m 離れた位置から見た状況を写真 9-1 から写真 9-4 に示す。熱式住警器作動時においては実験 1-1 及び実験 1-2 については見通しのきく状況であり、避難可能である。実験 2-1 及び実験 2-2 については薄い煙ではあるが下層付近まで降下してきているがまだ見通しのきく状況であり、低い姿勢ならば避難は可能であると思われる。

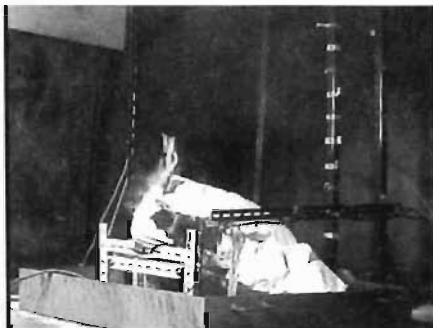


写真 9-1 実験 1-1 (1分33秒後)

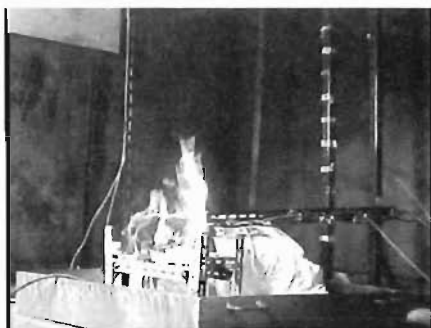


写真 9-2 実験 1-2 (1分50秒後)

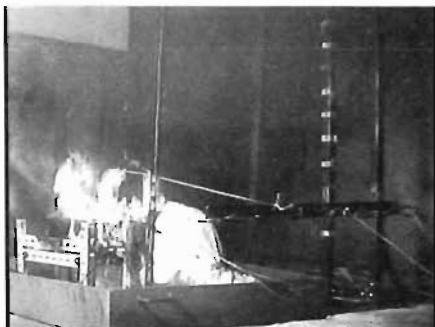


写真 9-3 実験 2-1 (2分15秒後)

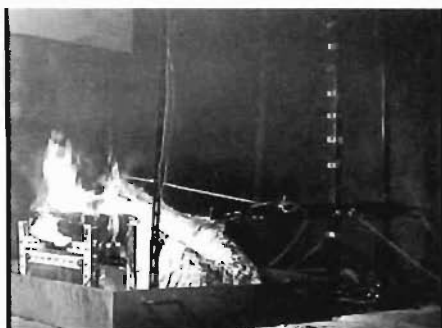


写真 9-4 実験 2-2 (2分3秒後)

6 まとめ

今回の実験と同様の設定を行っても、火災の性状は多様であり、住警器の作動時間も異なってくるため、限られた条件(火源・可燃物)での燃焼実験結果といえるが、住警器の設置は早期避難に有効と考えられる。暖房器具

に掛布団が接触し出火した場合、熱式住警器作動後の約2分間が避難可能時間である。住警器を設置し、より早期に火災を発見し避難できることで、住宅火災による死者の軽減を図ることができる。

平成15年中、当庁管内において住宅火災は2,299件発生し、前年に比べ、他の用途の建物火災が概ね減少しているにもかかわらず、100件の増加となり、住宅火災による死者も前年に比べ31人増加している。

今後の高齢社会の到来に備え、住宅火災件数及び住宅火災による死者数の抑制を図るためにも、今回得られたデータ及び映像資料を活用した住警器の設置効果の周知により普及促進が望まれる。

[参考文献]

- 1) 長谷見雄二:「火事場のサイエンス」井上書院(1988)
- 2) 東京消防庁消防科学研究所監修:「火と煙と有毒ガス」東京法令出版(1986)

A STUDY OF RESIDENTIAL FIRE ALARMS (SECOND REPORT)

Toshimitsu MIYAJIMA*, Mitsuhiro MORI*, Yoichi SUGAWARA*

Abstract

According to the 2002 Fire Department White Paper, the fires originating in residential areas accounted for about 60% of all building fires, while the deaths from residential fires accounted for as much as 82.5% of all building fire deaths. Elderly victims are particularly common, with 55.4% of all residential fire deaths being 65 and older. Many of those who fell victim to fires had failed to escape in time, thus making early detection of fires a primary objective.

According to the first report, in the tests performed to simulate the fires caused by smoking in bed, there were about seven minutes for evacuation from the time a smoke alarm was triggered to the outbreak of a fire.

In this research, a combustion test was carried out on the scenario of the outbreak of an electric heater fire during a sleeping time in order to check the validity of a thermal type fire-detector alarm in a residential fire.

Our results indicate that there will be approximately 2 minutes to evacuate after the alarm is triggered with a height of 30cm from the floor being safe for evacuation.

* Third Laboratory