

居住空間内収容物の燃焼生成ガスに関する検証

宮島 敏光*, 森 充弘*

概 要

火災による死者は主に住宅火災で発生しており、その中には一酸化炭素中毒による死者（放火自殺者を除く）も含まれている。そこで、室内の収容物について火災規模の違いで発生する熱量や一酸化炭素濃度と人体への影響について検証した。

結果、紙類、衣類、ゴミ袋、畳等の室内収容物については、輻射熱量が小さい場合、一酸化炭素が発生するまで数十分の時間を要し、ゆっくりと室内に蓄積されることから、室内の状況の変化に気が付かないまま一酸化炭素中毒により死に至る可能性があることが確認できた。

1 はじめに

近年、焼損床面積等が減少しているにもかかわらず、住宅で発生する火災の死者数は増加傾向にある。死者数が増加しているのは、住宅火災による死者数の発生要因が、火災による熱傷だけではなく燃焼生成ガス(CO)にもあることを示している。昭和62、63年度では、寝たばこの火が布団に着火した無炎火災の再現実験及び布団等の複数の燃焼物量の差異による燃焼実験が実施された。これらの実験結果を踏まえ、今回は寝具類を除いた紙類、衣類等の可燃物ごとに火災規模に応じた一定の輻射熱量を継続的に与えて発生したCOとCO中毒死の関係について検証を行った。

2 検証に使用する試料の選定

平成13年から平成17年までの死者が発生した火災で焼損床面積2㎡以下（自損行為や焼死は除く）の中から、CO中毒死の火災事例について火災調査書の内容から分析し発火源と燃焼物を分類した。火災事例の着火物から、CO中毒の可能性のある可燃物を選定し燃焼物とした。ただし、過去に検証済のため発火源がたばこで着火物が布団の場合を除いた。

その結果、発火源と着火物が不明である火災の1件を除く11件の火災事例から発火源がたばこ、こんろ、ストーブの場合の燃焼物を分類すると表1のとおりである。

3 検証方法等

検証の試料は調査結果から畳、ゴミ収集袋、再生紙、

表1 発火源と燃焼物

| 発火源 | | 燃焼物 |
|----------|------------|--------------|
| たばこ | | マット類（畳、ゴザ） |
| | | ごみくず（ゴミ袋、紙類） |
| | | 衣類 |
| | | 繊維製品（布製バッグ） |
| こんろ | 電気 | 紙類 |
| | | 衣類 |
| | ガス | 紙類 |
| | | 動植物油（牡蠣フライ） |
| | 七輪 （炭火） | ダンボール |
| | | ビニール系タイル |
| | | 畳 |
| | | ふすま |
| ストーブ（ガス） | タオルケット（綿製） | |
| | 座布団 | |

発泡スチロール、シャツ（ポリエステル100%）、布地A（綿100%）、布地B（ポリエステル61%、綿39%）とした。コーンカロリメータにより試料とする可燃物に火災規模に応じた一定の輻射熱量をコーンヒータによって継続的に与えた。

(1) 試料の養生

試料を10cm×10cmの大きさに切り出し、厚さ15mmにして湿度50±5%環境下で24時間以上放置した。

(2) 試料の質量等

試料の種類と設定放射熱量等を表2に示す。

(3) 放射熱量

試料(再生紙)の設定放射熱量を25, 18, 15, 12, 10kW/m²とし、再生紙以外の試料の設定放射熱量を18kW/m²として加熱した。

(4) 加熱時間

60分間加熱し、データ取得間隔は1秒とした。

(5) 検証回数

再生紙の試料は、各設定放射熱量ごとに3回実施し、再生紙以外の試料は、各試料2回実施した。

表2 試料の種類と設定放射熱量等

| 試料 | 放射熱量 | 質量(g) | 室温(°C) | 湿度(%) |
|----------------------------|---------------------|--------|--------|-------|
| 再生紙 | 10kW/m ² | 113.14 | 12.3 | 49 |
| | | 112.58 | 13.6 | 49 |
| | | 113.26 | 13.2 | 63 |
| | 12kW/m ² | 113.8 | 13.7 | 54 |
| | | 113.48 | 13.5 | 59 |
| | | 113.31 | 13.1 | 62 |
| | 15kW/m ² | 113.01 | 12.1 | 50 |
| | | 113.22 | 12.4 | 51.5 |
| | | 114.47 | 15.1 | 50 |
| | 18kW/m ² | 113.24 | 10.9 | 72 |
| | | 112.78 | 12.5 | 78 |
| | | 113.26 | 12.5 | 79 |
| 25kW/m ² | 114.84 | 15.9 | 62.5 | |
| | 115.28 | 11.7 | 45.5 | |
| ごみ収集袋 | 18kW/m ² | 131.46 | 11.8 | 52 |
| | | 135.12 | 10.9 | 62 |
| 布地A (綿100%) | 18kW/m ² | 76.26 | 12.9 | 66 |
| | | 79.16 | 13 | 64 |
| 布地B (ポリエステル61% 綿39%) | 18kW/m ² | 54.39 | 12 | 66 |
| | | 55.51 | 11.1 | 65.5 |
| 畳 | 18kW/m ² | 33.99 | 12.9 | 50 |
| | | 36.43 | 14.9 | 37 |
| シャツ (ポリエステル100%) | 18kW/m ² | 39.31 | 11.9 | 41 |
| | | 40.45 | 11.8 | 41.5 |
| 発泡スチロール | 18kW/m ² | 6.55 | 14.3 | 54 |
| | | 6.64 | 14.4 | 53 |

表3 再生紙に放射熱量を与えた検証中のCO、CO₂、O₂濃度の範囲

| 放射熱量 (kW/m ²) | CO濃度範囲 (ppm) | | CO ₂ 濃度範囲(%) | | O ₂ 濃度範囲(%) | |
|------------------------------|-----------------|-----|-------------------------|-----|------------------------|-----|
| | 1回目 | 2回目 | 1回目 | 2回目 | 1回目 | 2回目 |
| 10 | 0~69 | 1回目 | 0.0209~0.0374 | 1回目 | 20.929~20.953 | |
| | 0~79 | 2回目 | 0.0264~0.0535 | 2回目 | 20.925~20.947 | |
| | 0~12 | 3回目 | 0.0154~0.0477 | 3回目 | 20.936~20.952 | |
| 12 | 0~116 | 1回目 | 0.0262~0.0535 | 1回目 | 20.923~20.946 | |
| | 0~100 | 2回目 | 0.0208~0.0427 | 2回目 | 20.925~20.948 | |
| | 0~100 | 3回目 | 0.0209~0.0480 | 3回目 | 20.924~20.945 | |
| 15 | 0~137 | 1回目 | 0.0209~0.0424 | 1回目 | 20.927~20.949 | |
| | 0~148 | 2回目 | 0.0262~0.0480 | 2回目 | 20.924~20.946 | |
| | 0~137 | 3回目 | 0.0262~0.0482 | 3回目 | 20.917~20.941 | |
| 18 | 0~137 | 1回目 | 0.0424~0.0643 | 1回目 | 20.924~20.949 | |
| | 0~153 | 2回目 | 0.0424~0.0643 | 2回目 | 20.919~20.946 | |
| | 0~113 | 3回目 | 0.0370~0.0588 | 3回目 | 20.921~20.946 | |
| 35 | 0~174 | 1回目 | 0.0211~0.0537 | 1回目 | 20.926~20.952 | |
| | 0~185 | 2回目 | 0.0156~0.0429 | 2回目 | 20.916~20.943 | |
| | 0~158 | 3回目 | 0.0209~0.0482 | 3回目 | 20.902~20.938 | |

試料の可燃物に放射熱量18kW/m²を与えた時のCO発生濃度変化を図2に示す。CO、CO₂、O₂濃度範囲を表4に示す。

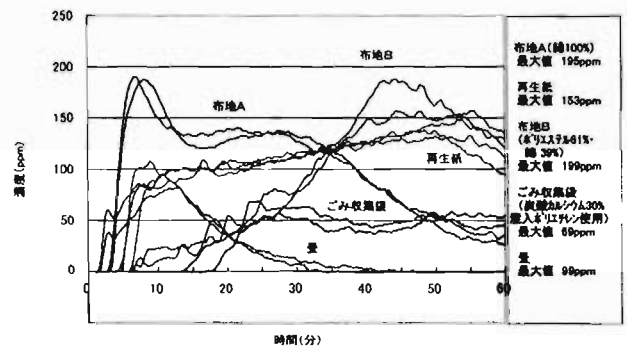


図2 燃焼物の違いによるCO発生濃度(放射熱量18kW/m²、60区間移動平均)

4 検証結果

再生紙に放射熱量(25, 18, 15, 12, 10kW/m²)を与えた時のCO発生の濃度変化を図1に示す。CO、CO₂、O₂濃度範囲を表3に示す。

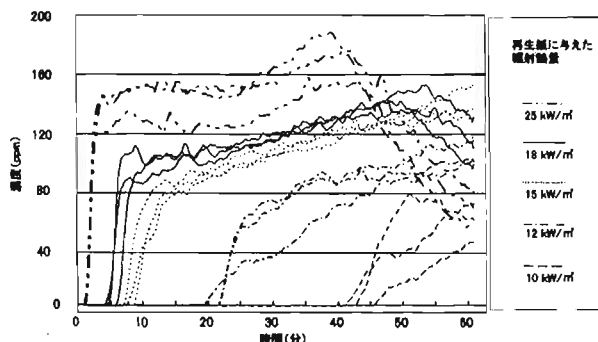


図1 放射熱量の違いによるCO発生濃度(再生紙、60区間移動平均)

表4 再生紙以外の試料に放射熱量を与えた検証中のCO、CO₂、O₂濃度の範囲

| 再生紙以外の試料 | CO濃度範囲 (ppm) | | CO ₂ 濃度範囲(%) | | O ₂ 濃度範囲(%) | |
|----------------------------|-----------------|-----|-------------------------|-----|------------------------|-----|
| | 1回目 | 2回目 | 1回目 | 2回目 | 1回目 | 2回目 |
| ごみ収集袋 | 0~69 | 1回目 | 0.0739~0.1063 | 1回目 | 20.883~20.933 | |
| | 0~63 | 2回目 | 0.0103~0.0372 | 2回目 | 20.909~20.953 | |
| 布地A (綿100%) | 0~195 | 1回目 | 0.0532~0.0911 | 1回目 | 20.911~20.948 | |
| | 0~190 | 2回目 | 0.0587~0.1019 | 2回目 | 20.898~20.935 | |
| 布地B (ポリエステル61% 綿39%) | 0~199 | 1回目 | 0.0316~0.0480 | 1回目 | 20.907~20.943 | |
| | 0~164 | 2回目 | 0.0316~0.0533 | 2回目 | 20.910~20.933 | |
| 畳 | 0~98 | 1回目 | 0.0585~0.1015 | 1回目 | 20.909~20.941 | |
| | 0~84 | 2回目 | 0.0261~0.0748 | 2回目 | 20.916~20.943 | |
| シャツ (ポリエステル100%) | 0~15 | 1回目 | 0.0100~0.0317 | 1回目 | 20.937~20.950 | |
| | 0~10 | 2回目 | 0.0100~0.0317 | 2回目 | 20.922~20.941 | |
| 発泡スチロール | 0 | 1回目 | 0.0640~0.0805 | 1回目 | 20.924~20.936 | |
| | 0 | 2回目 | 0.0585~0.0801 | 2回目 | 20.922~20.938 | |

5 考察

(1) 再生紙に輻射熱量を与えた検証

輻射熱量が 10, 12, 15, 18, 25 k W/m²では CO の発生時間は加熱開始からそれぞれ 41 分, 20 分, 7 分, 5 分, 1 分経過後と、輻射熱量が大きくなるにつれて CO の発生開始が早く、急激に増加している。輻射熱量が 25 k W/m²の時、加熱から約 40 分経過して CO の発生濃度が急激に減少しているのは燃焼して試料が焼失するためと思われる。輻射熱量が 15, 12, 10 k W/m²の時、CO の発生開始が遅く、60 分経過しても燃焼が継続中で CO 濃度は増加の途中である。本検証は開放空間であるため試料の厚さ 15mm では輻射熱量を変えても CO の濃度は 200ppm に達しなかったが、閉鎖空間でこのような火災が発生すればゆっくりと室内に蓄積されて濃度が増加するために火災に気が付く前に失神あるいは死に至ることが考えられる。

CO₂ 濃度が 3~5%の時、めまいや呼吸困難など人体に影響を与える。¹⁾ 今回の実験で再生紙に輻射熱量を与えた時の CO₂ の発生濃度の推移は 0.01%~0.07%であり、CO₂ 濃度が 3~5%の時と比較すれば人体にあまり影響しないと考えられる。

O₂ 濃度は 12%以下になると窒息する²⁾が、今回の実験から最も低下した場合でも空気中に含まれている濃度 (21%前後) より小さくなることはなかったため人体には影響しないと考えられる。

(2) 再生紙以外の試料に輻射熱量を与えた検証

ごみ収集袋、布地 A (綿 100%)、布地 B (ポリエステル 61%、綿 39%)、畳では加熱 13 分 31 秒、2 分 40 秒、5 分 48 秒、1 分 16 秒経過後に発生しており、輻射熱量が同じでも試料によって CO の発生時間が異なっている。

また、綿 100%の布地 A では CO の発生開始から急激に最大値に達し、その後、一端急激に減少したのち緩やかに減少しており、綿にポリエステル 61%が含まれた布地 B では CO の発生開始から緩やかに増加し加熱 50 分前後で最大になっている。再生紙では CO が急激に発生し、濃度 100ppm 辺りから徐々に増加した。ごみ収集袋は試料の中で最も CO 発生が遅く、濃度が約 50ppm に達してから小さな増減を繰り返している。畳では綿 100%の布地 A と同様、CO 濃度は勢いよく最大値に達し、緩やかに減少していった。ポリエステル 100%のシャツは CO 発生は微量であり最大 15ppm で、発泡スチロールは全く発生しなかった。

布地 A 及び布地 B の場合で CO 濃度の最大値が約 200ppm であるので 1 時間接触した場合、頭痛がする可能性がある程度であるが (表 5 参照²⁾)、ポリエステル 61%、綿 39%の布地 B のように徐々に CO が発生していき、数十分経てから最大値に達する場合、閉鎖空間であればゆっくりと室内に蓄積されていくので CO の発生に気がつかず CO 中毒になる可能性がある。(過去の実験からも 4 畳半という小さな部屋の場合は、わずか 450g の綿でも 50 分前後で 0.1%を超え、70 分で最高濃度 0.18%を示し、CO は生命に危険な CO 濃度になるという結果が出ている。³⁾)

表 5 CO 濃度と人体の症状

| CO 濃度 (ppm) | 接触時間および症状 |
|-------------|-----------------------------|
| 200 | 1~2 時間で前頭痛 |
| 400 | 1~2 時間で前頭痛、吐気、25~35 時間で後頭痛 |
| 800 | 45 分で頭痛、めまい、吐気、けいれん、2 時間で失神 |
| 1600 | 20 分で頭痛、めまい、吐気、2 時間で致死 |
| 3200 | 5~10 分で頭痛、めまい、30 分で致死 |
| 9400 | 1~2 分で頭痛、めまい、10~15 分で致死 |
| 12800 | 1~3 分で致死 |

表 6 CO₂ 濃度と人体の症状

| 二酸化炭素濃度 (%) | 接触時間および症状 |
|-------------|---------------------------------|
| 3~5 | めまい、呼吸困難、錯乱 |
| 9 | 5 分で最小致死濃度 |
| 10 | 視覚障害、耳鳴り、ふるえ、1 分で意識消失あるいは最小致死濃度 |
| 30 | ほとんど即時に意識消失 |

今回の実験で試料に輻射熱量を与えた時の CO₂ の発生濃度の推移は 0.01%~0.11%であり、めまいや呼吸困難など人体に影響を与える CO₂ 濃度が 3~5%の時と比較すれば人体にあまり影響しないと考えられる。

O₂ 濃度は今回の実験で最も低下した場合でも空気中に含まれている濃度 (21%前後) より小さくなることはなかったことから燃焼に消費される O₂ は少なく、さらに窒息する 12%までにはかなりの時間が必要であることから大きく人体には影響しないと考えられる。

6 結論

- 再生紙に与える輻射熱量の値が大きくなるにつれて CO の発生開始が早くなり、急激に発生する。
- 輻射熱量が小さい場合、CO の発生時間が遅くなりゆっくりと室内に蓄積されるので、CO の発生に気がつかないまま CO 中毒により死に至る可能性がある。
- 輻射熱量が同じでも試料によって CO の発生時間、CO 発生量の時間変化が異なっている。
- ポリエステル 61%、綿 39%の布地 B のように徐々に CO が発生していき、数十分経てから最大値に達する場合、ゆっくりと室内に蓄積されていくので CO の発生に気がつかず CO 中毒になる可能性がある。

[参考文献等]

- 1) 中毒百科 p183、内藤裕史著、南江堂
- 2) 中毒症-基礎と臨床-p. p. 281-282、池田良雄、長谷川弥人、岩田和夫編集、朝倉書店
- 3) 消防科学研究所報第 24 号、1987 p. 6, 9

Experiment on Combustion Gases of Living Space Objects

Toshimitsu MIYAJIMA*, Mitsuhiro MORI*

Abstract

Most fire deaths are caused by residential fires, some persons of deaths by CO poisoning are included in that (excluding fire suicides). For these reasons, we compared the CO concentration and the amount of heat generated from room objects in various fire sizes and examined their effects on the human body.

The results showed that, when the amount of radiation heat is small, room objects including papers, clothes, garbage bags and straw mats require several tens of minutes to generate CO, which slowly accumulates in the room. The findings indicate that occupants in the room may die from CO poisoning without noticing the change in room conditions.