

一酸化炭素中毒事故に関する検証

金子 公平*, 飯田 明彦*, 田沼 宏志**

概 要

近年、節電の影響により、暖房や灯りをとるために密閉された居室内で七輪や発動発電機を使用し、一酸化炭素中毒が発生する事案が散見されている。そこで本検証では、実験居室内において、七輪や発動発電機を使用した際に発生する一酸化炭素の濃度変化や拡散状況を測定した。その結果、密閉された6畳程度の居室内で七輪や発動発電機を使用した場合には、35分から50分で一酸化炭素濃度が「3～4時間吸入すると意識障害が起こる濃度」である700ppmに達することがわかった。

1 はじめに

近年、一般住宅の高気密化により、居室内で七輪などの燃焼機器を使用した場合に、一酸化炭素中毒が発生する事案が散見されている。また、平成23年3月11日に発生した東日本大震災の後には、暖房や照明用電源として、密閉された居室内で七輪や発動発電機を使用したことにより一酸化炭素中毒事故が発生した(表1参照)。さらに、節電意識の向上や電力供給不足により、こういった事案が増加することが危惧される。

本検証では、七輪や発動発電機を居室内で使用した際に発生する一酸化炭素の危険性を都民に対して明示するために、密閉された実験居室内で七輪または発動発電機を使用し、一酸化炭素の濃度変化や拡散状況を測定した。

表1 近年の一酸化炭素中毒事故事例

発生場所	概 要
居室 ¹⁾	火鉢に木炭を入れて暖をとり、就寝前に灰をかけて消火したつもりでいたが、完全に消えておらず一酸化炭素が発生し、窓をすべて閉め切っていたため、家族4名(中等症4名)が中毒症状を起こしたもの。
茶室 ¹⁾	7名が、茶室で部屋を閉め切った状態で茶道教室を開いていたところ、囲炉裏内の木炭の不完全燃焼により一酸化炭素が発生し、全員(重症2名、中等症4名、軽症4名)が中毒症状を起こしたもの。
居室 ²⁾	東日本大震災後の計画停電中、室内で発動発電機を使用し受傷(死亡)。帰宅した息子が発見し通報したもの。

2 一酸化炭素の危険性

一酸化炭素は、無色、無臭で水に溶けにくい性質を有している。気体比重は0.97、引火点-191℃、発火点608.9℃、爆発限界12.5～74.2%である。

その毒性は、大気中の一酸化炭素濃度が700～1,000ppm(吸入時間3～4時間)になると、血中一酸化炭素ヘモグロビン濃度は40～50%になり、頻脈、呼吸数増加、やがて意識障害を起こしてしまう(表2参照)。

一酸化炭素の含有率を定める規制としては、建築物の衛生的な環境の確保を目的とした、「建築物における衛生的環境の確保に関する法律」(昭和四十五年四月十四日法律第二十号)第四条第1項において、居室内の一酸化炭素が10ppm(厚生労働省令で定める特別の事情がある建築物にあつては、厚生労働省令で定める数値)以下となるよう居室の空気を浄化することが定められている。

表2 急性一酸化炭素中毒症状³⁾

CO濃度 (ppm)	吸入 時間	CO-Hb (%)	影 響
100～ 200	—	10～ 20	比較的強度の筋肉労働 時間呼吸促迫、時に軽い 頭痛
200～ 300	5～6 時間	20～ 30	頭痛、耳鳴り、眼失閃発
300～ 600	4～5 時間	30～ 40	激しい頭痛、悪心、嘔吐、 外表の鮮紅色、やがて運 動能力を失う
700～ 1,000	3～4 時間	40～ 50	頻脈、呼吸数増加、やが て意識障害

* 装備安全課 ** 国分寺消防署

3 検証方法等

(1) 検証方法

実験は、幅 3.3m×奥行き 3.6m×高さ 2.1m の約 6 畳に相当する広さの実験室で実施した。一酸化炭素の濃度は、1,000ppm まで測定できる一酸化炭素濃度計測器（以下、「低濃度測定用 CO 計」という。）を 32 個と、100,000ppm まで測定できる一酸化炭素濃度計測器（以下、「高濃度測定用 CO 計」という。）2 台を図 1 に示す位置に分布させて、それぞれ測定を行った。実験で使用した七輪および発動発電機は、(3)に示すとおりである。なお、室内温度は K 型熱電対を図 2 に示す位置に配置して測定した。さらに、高濃度測定用 CO 計では同時に酸素濃度も測定した。

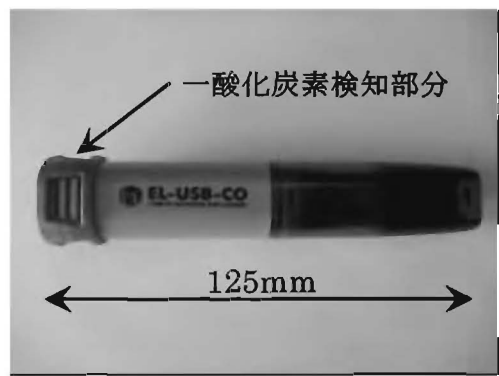
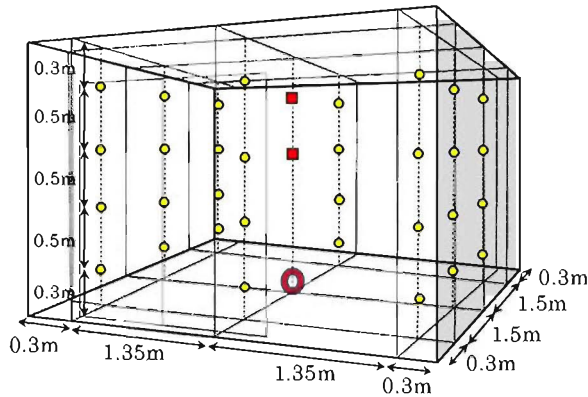
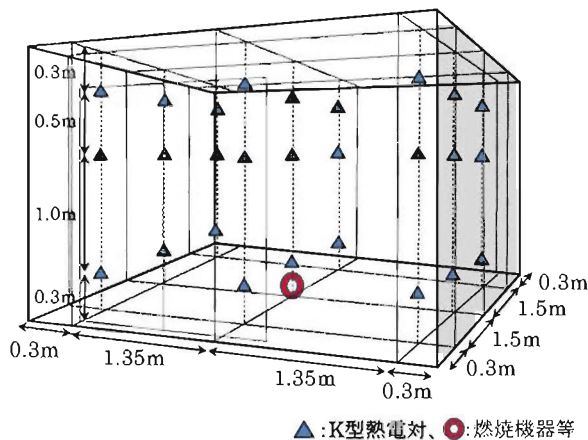


図 3 低濃度測定用一酸化炭素測定器



● : 低濃度測定用 CO 計、■ : 高濃度測定用 CO 計、● : 燃焼機器等
図 1 低・高濃度測定用 CO 計の設定位置



▲ : K 型熱電対、● : 燃焼機器等
図 2 K 型熱電対の設定位置

(2) 一酸化炭素濃度計測器

ア 低濃度測定用 CO 計

低濃度測定用 CO 計は、図 3 に示す Lascar Electronics Inc. 製、データロガー EL-USB を使用した。なお、仕様については表 3 のとおりである。

表 3 低濃度測定用 CO 計の仕様

計測ガス	一酸化炭素
測定範囲	0～1,000ppm
精度	±0.6%
分解能	0.5ppm
測定間隔	10 秒、30 秒、1 分、4 分 (実験は 10 秒間隔で測定)

イ 高濃度測定用 CO 計

高濃度測定用 CO 計は、図 4 に示す富士電機システムズ株式会社製、赤外線ガス分析計 ZKJ-3 を使用した。なお、仕様については表 4 のとおりである。



図 4 高濃度測定用 CO 計

表 4 高濃度測定用 CO 計の仕様

計測ガス	酸素、一酸化炭素
測定範囲	O ₂ : 最小レンジ 0-5vol%、 最大レンジ 0-25vol% CO: 最小レンジ 0-5,000ppm、 最大レンジ 0-100,000ppm
再現性	±0.5%以内
分解能	0.01vol%
測定間隔	1 秒
応答時間	30 秒

(3) 燃焼機器等

ア 七輪

実験に使用した七輪と木炭は図5のとおりである。なお、木炭1個の重さは約85gであり、実験では10個使用した。



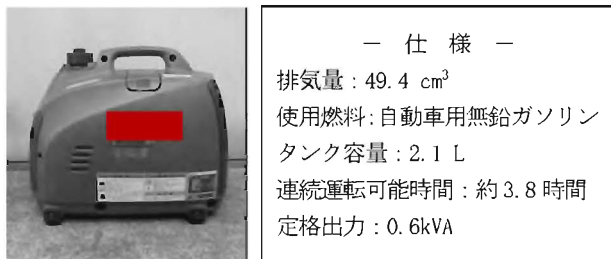
七輪

木炭

図5 実験に使用した七輪と木炭

イ 発動発電機

実験に使用した発動発電機については、図6のとおりである。



— 仕様 —
排気量：49.4 cm³
使用燃料：自動車用無鉛ガソリン
タンク容量：2.1 L
連続運転可能時間：約3.8時間
定格出力：0.6kVA

図6 発動発電機の外観と仕様

4 実験結果

実験居室の空間内における一酸化炭素等の濃度の測定に使用した低濃度測定用CO計および高濃度測定用CO計、K型熱電対の設置位置の差異を表す識別番号は、図7および図8のとおりである。以下に記す(1)及び(2)の実験結果は、この番号で表記する。

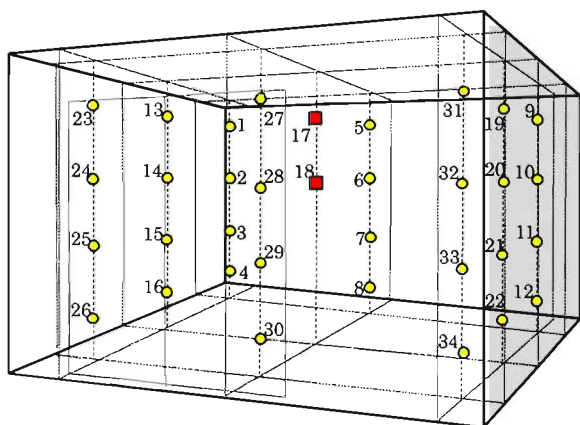


図7 低・高濃度測定用CO計の識別番号

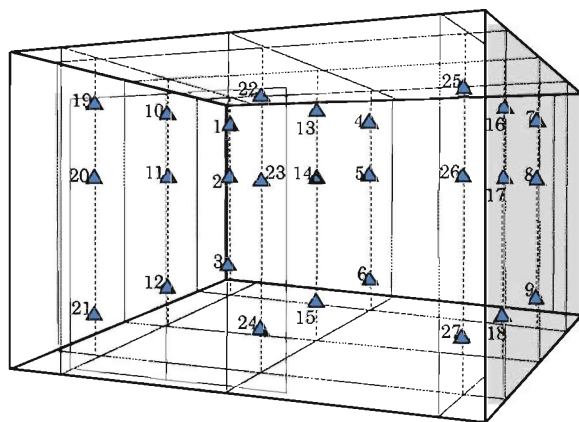


図8 K型熱電対の識別番号

(1) 七輪を使用した場合

実験居室内で七輪を使用した時の一酸化炭素の濃度変化を垂直位置ごとに表示したグラフを図9、水平位置ごとに表示したグラフを図10に示す。図11は実験居室内の一酸化炭素の濃度変化をカースケールで表示したものである。また、実験居室内の温度変化を図12、酸素の濃度変化を図13に示す。

実験は、七輪を実験居室内で使用を開始してから、一酸化炭素の濃度が安定した後、緩やかな減少傾向を示すまでの100分間実施した。その後、七輪を使用したまま実験居室の扉を10分間開放し、自然換気を実施してから七輪を消火した。

図9の結果から、実験居室内で七輪を使用した場合における垂直位置の一酸化炭素の濃度変化は、床から天井に向かって高濃度となっていくことがわかる。また、図10の水平位置ごとの一酸化炭素の濃度変化のグラフでは、各曲線が重なっており一酸化炭素の濃度変化にほとんど差異がないことから、実験居室内の水平位置の一酸化炭素濃度はほぼ均一であるといえる。図9及び図10の結果を視覚的に明示したものが図11である。図11から、七輪の直上は他の測定箇所と比べて若干一酸化炭素の濃度が高くなっているが、概ね前記のとおりである。天井付近の一酸化炭素の濃度は、実験を開始してから約50分後に、3~4時間で意識障害が起こる値である700ppmに達した。また、実験開始から100分後に七輪を使用したまま、実験居室の扉を開放すると、一酸化炭素の濃度は急降下したが、建築物環境衛生管理基準に抵触しない空気環境である10ppm以下にはならなかった。

図12に示す実験室内の温度変化の結果からは、七輪の直近及び直上に設置したNo.15、No.16を除き、実験居室内の温度が一酸化炭素の拡散状況と同様に、床から天井に向かって高くなっていることがわかる。また、図13の酸素の濃度変化の結果では、実験開始から酸素濃度は減少し、約50分後に酸素濃度19.6%で安定した。低酸素症の症状は16%以下⁴⁾でみられるため、本検証では人体に症状が発現しない濃度であった。

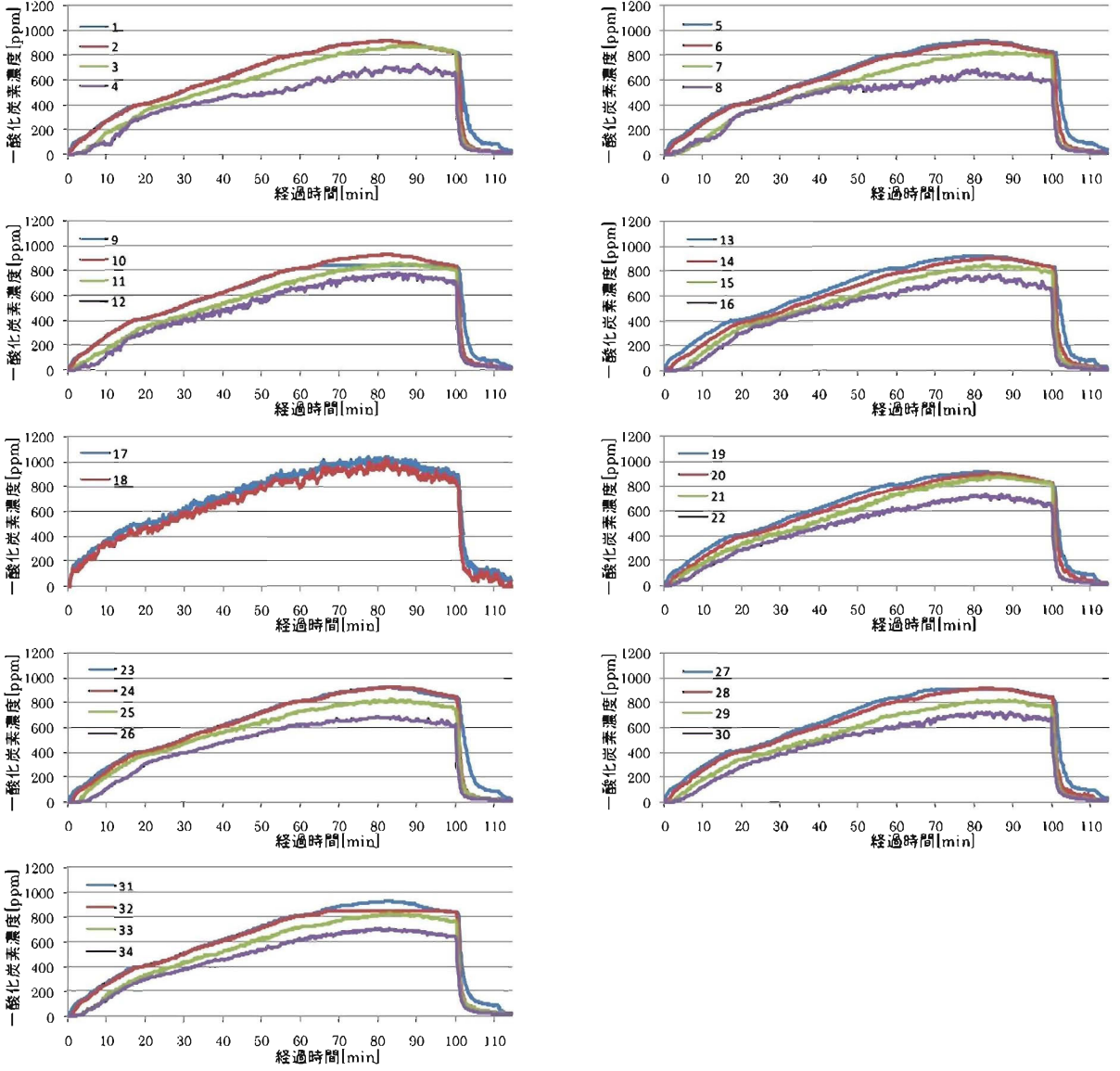


図9 七輪使用時における実験居室内の垂直位置ごとの一酸化炭素濃度変化

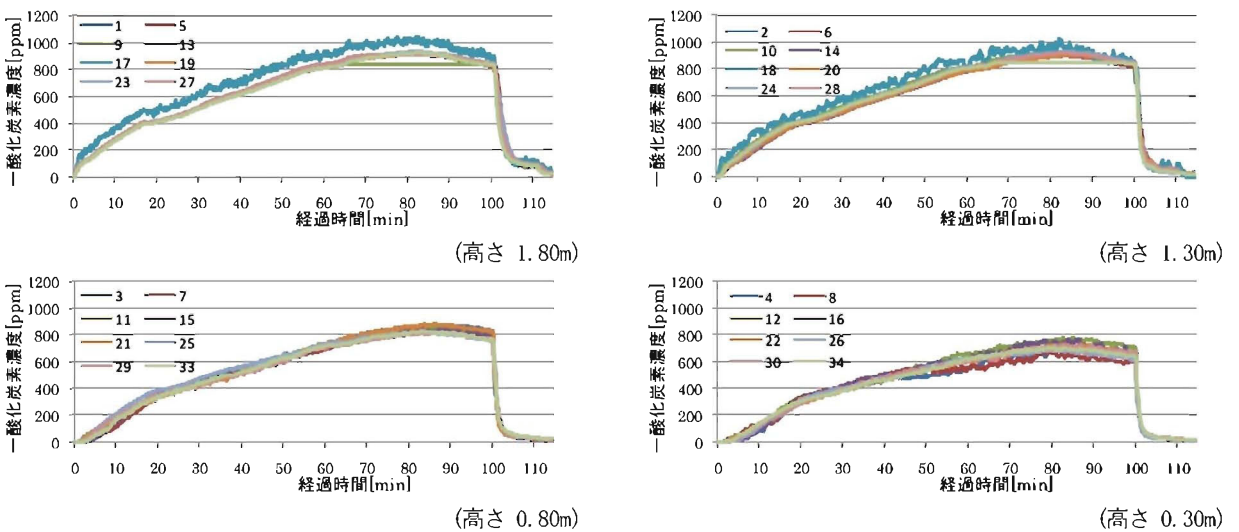
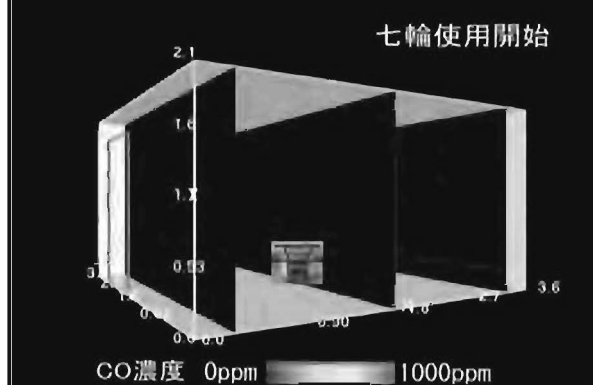
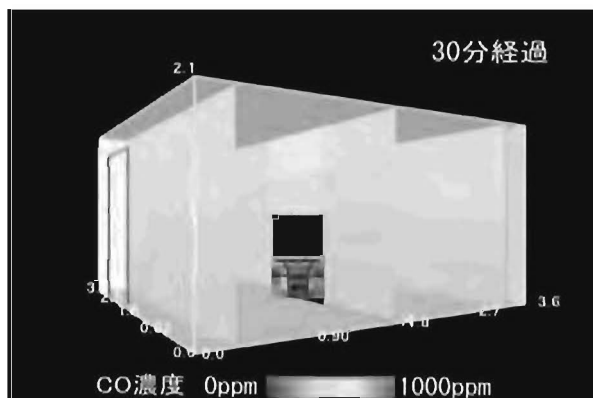


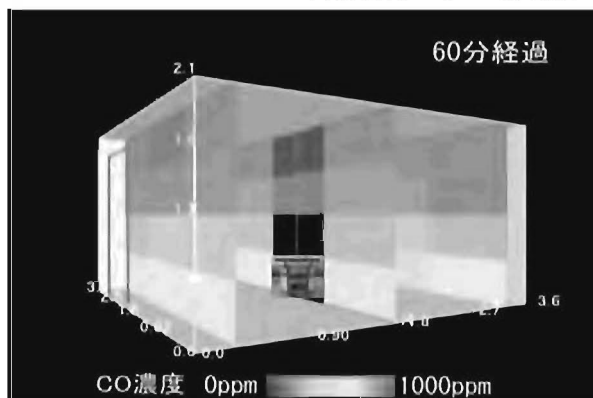
図10 七輪使用時における実験居室内の水平位置ごとの一酸化炭素濃度変化



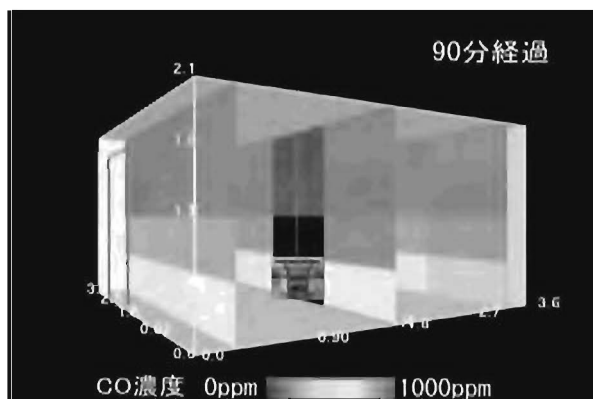
実験開始直後



実験開始から30分経過



実験開始から60分経過



実験開始から90分経過

図11 七輪使用時の居室内一酸化炭素濃度変化

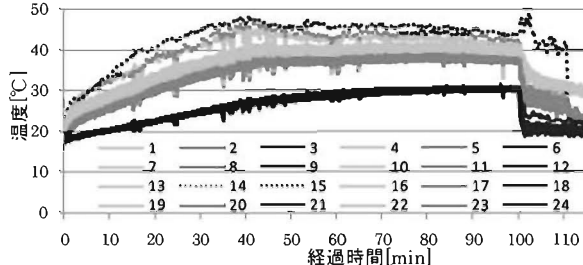


図12 七輪使用時の実験居室内の温度変化

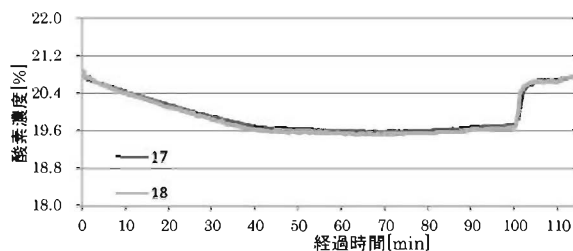


図13 七輪使用時の実験居室内の酸素濃度変化

(2) 発動発電機を使用した場合

実験居室内で、発動発電機を使用した時の一酸化炭素の濃度変化を垂直位置ごとに表示したグラフを図14に、水平位置ごとに表示したグラフを図15に示す。図16は実験居室内の一酸化炭素の濃度変化をカラースケールで表示したものである。また、実験居室内の温度変化を図17、酸素の濃度変化を図18に示す。

実験は、実験居室内で発動発電機を始動させてから70分間実施し、その後、発動発電機を作動させたまま実験居室の扉を10分間開放して自然換気を実施した。

図14及び図15の結果から、実験居室内の垂直位置及び水平位置の一酸化炭素の濃度変化はほとんど差異がないことがわかる。また、図16は図14と図15の結果を視覚的に明示したものであるが、実験居室内で発動発電機を使用した場合には、居室内において一様に一酸化炭素濃度が高くなっていく様子がわかる。

一酸化炭素の濃度は、実験を開始してから約35分後に吸入時間3~4時間で、意識障害が起こる値である700ppmに達した。自然換気を実施する直前には、高濃度測定用CO計であるNo.17において、1.5~3時間で意識消失を起こしてしまう値である1,100ppmまで上昇した。また、実験開始から70分後に発動発電機を作動させたまま、実験居室の扉を開放させ、自然換気を実施すると、一酸化炭素の濃度は急降下したが、10分経過しても、建築物環境衛生管理基準に抵触しない空気環境である10ppm以下には至らなかった。

図17に示す実験室内の温度変化の結果からは、一酸化炭素の拡散状況と同様に、実験居室内において一様に温度上昇がおきていることがわかる。また、図18から酸素の濃度は19.8%まで低下したが、本実験では人体に低酸素症の症状が発現する値には至らなかった。

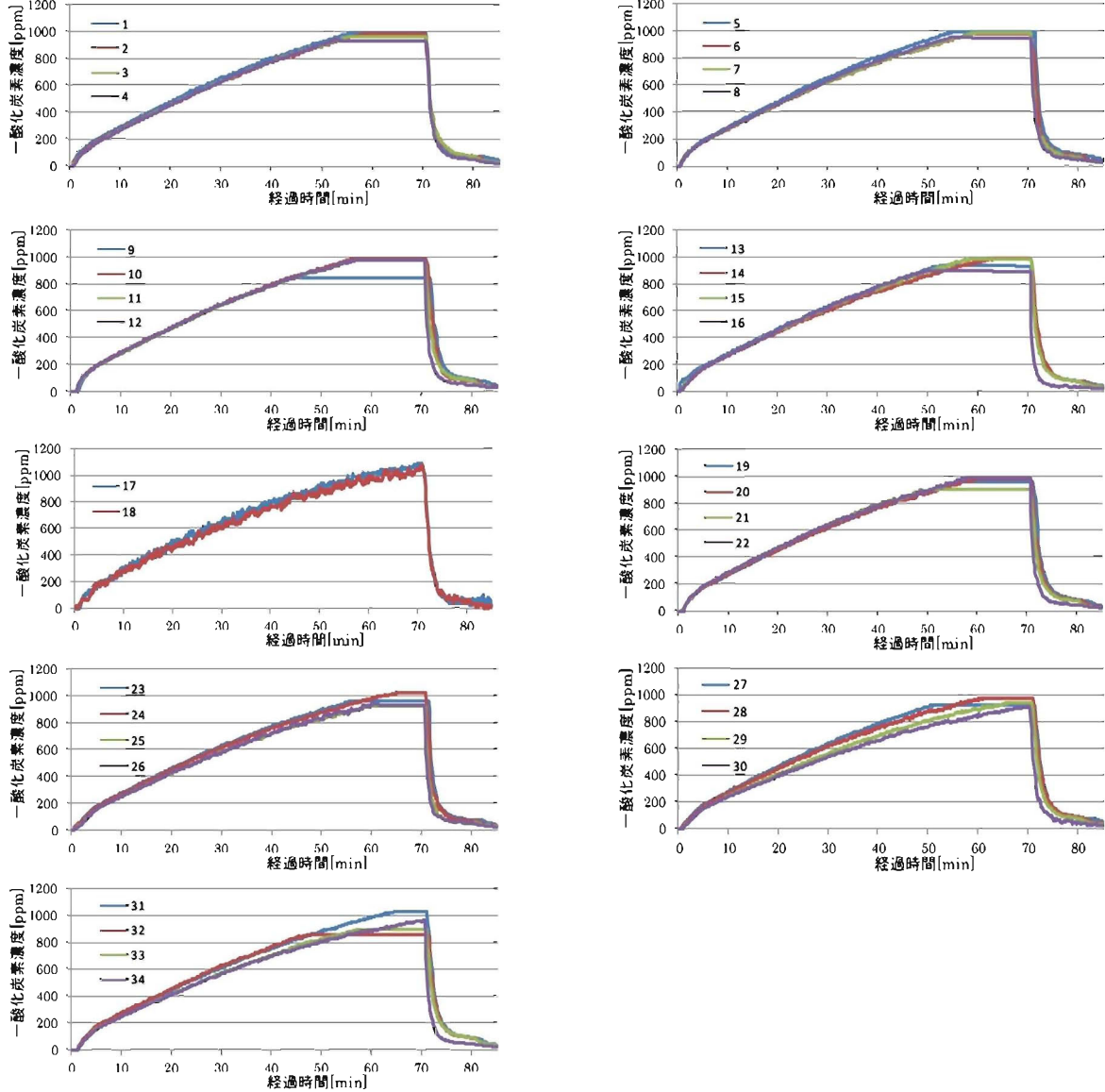


図 14 発動発電機使用時における実験居室内の垂直位置ごとの一酸化炭素濃度変化

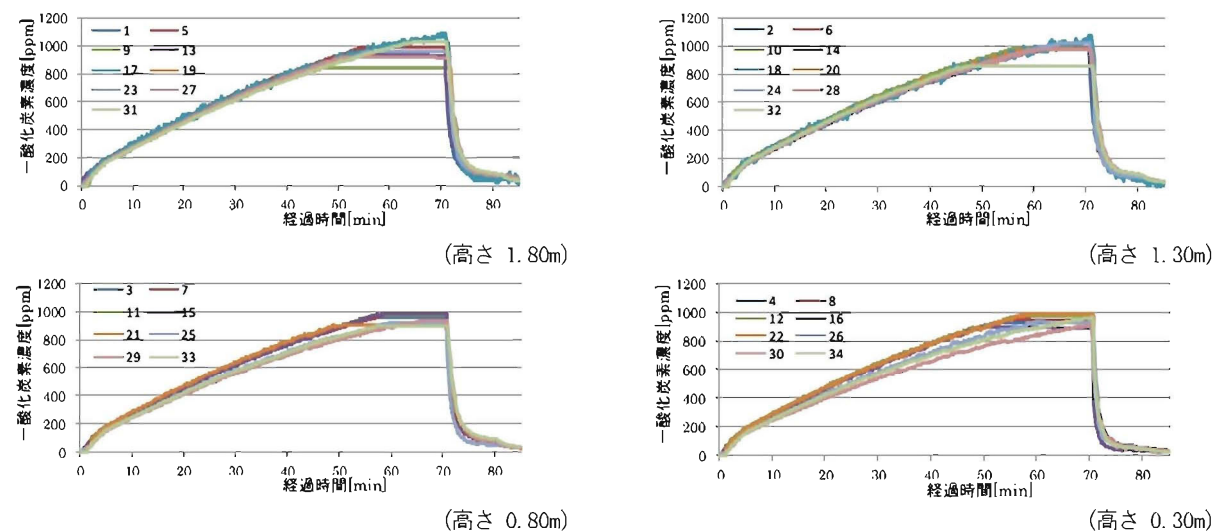
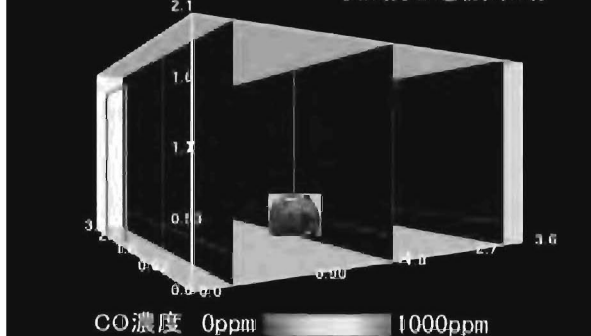


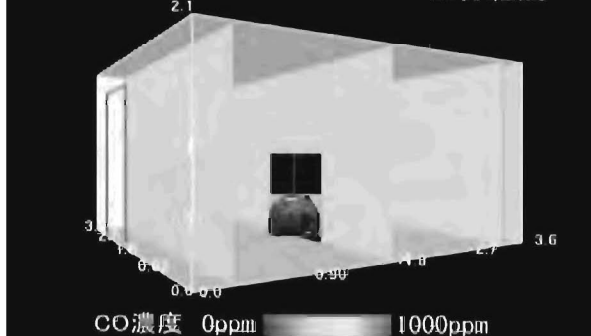
図 15 発動発電機使用時における実験居室内の水平位置ごとの一酸化炭素濃度変化

発動発電機始動



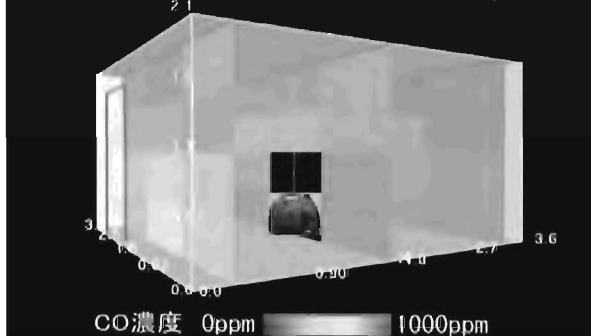
実験開始直後

20分経過



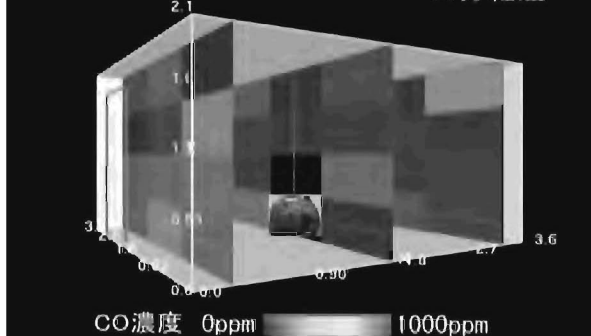
実験開始から 20 分経過

40分経過



実験開始から 40 分経過

60分経過



実験開始から 60 分経過

図 16 発動発電機使用時の居室内一酸化炭素濃度変化

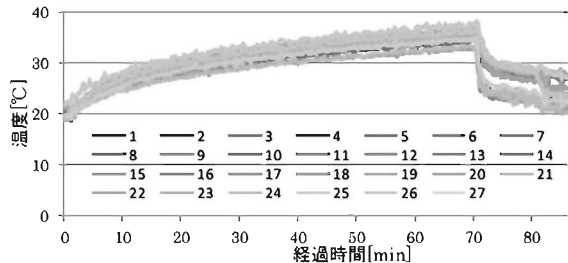


図 17 発動発電機使用時の実験居室内の温度変化

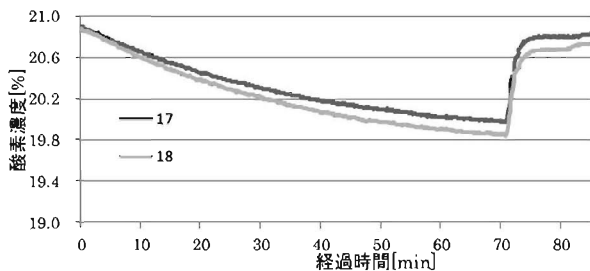


図 18 発動発電機使用時の実験居室内の酸素濃度変化

5 まとめ

(1) 七輪を用いた場合

密閉された約 6 畳の広さの居室内で七輪を使用した際の一酸化炭素濃度は、居室の温度分布と同様に天井付近から上昇し、使用開始後約 50 分で「人体がこの状況下に 3~4 時間居た場合に意識障害が起こる値」である 700ppm に達した。

(2) 発動発電機を用いた場合

密閉された約 6 畳の広さの居室内で発動発電機を使用した際の一酸化炭素濃度は、居室の温度分布と同様に居室内において一様に上昇し、使用開始後約 35 分で「人体がこの状況下に 3~4 時間居た場合に意識障害が起こる値」である 700ppm に達した。

[参考文献]

- 1) 東京消防庁 HP 「一酸化炭素中毒事故を防ごう」
<http://www.tfd.metro.tokyo.jp/>
- 2) 東京消防庁 HP 報道発表資料 「計画停電に伴う一酸化炭素中毒事故及びエレベーターの閉じ込めに注意！」
<http://www.tfd.metro.tokyo.jp/>
- 3) 火災便覧第 3 版、編者 日本火災学会(1997)、発行 共立出版(株)
- 4) 人間の許容限界ハンドブック、編者 関邦博 坂本和義 山崎昌廣、発行 (株) 朝倉書店