

寺院本堂の空気環境の特性に関する研究

A study on the characteristic of air environment in the main hall of temples

J07028-2 亀山 大介

Abstract

Recently, numbers of funerals are performed more than one million during year. At that time, a lot of people stay for a long time in the main hall of the temple. However, the deterioration of the air environment is expected with the incense stick in the main hall of the temple. Then, the purpose of this research is to examine the influence of the air environment by the funeral. Therefore, this study was measured in the main hall of the temple. And, it was examined whether there was a problem. We measured the temperature, humidity, CO, CO₂ and the particle number in this study. As a result, the air environment in the main hall of the temple had some factors that exceeded the standard of building hygiene method.

Keywords 葬儀 (funeral) 寺院本堂 (the main hall of the temple) 空気環境 (air environment)
線香 (incense stick) 建築物衛生法 (building hygiene method)

1. 背景・目的

近年、日本では年間 100 万件以上の葬儀が行われている。その際寺院本堂にて、子供から高齢者まで幅広い年代の人が長時間滞在することが余儀なくされる。しかし寺院本堂は葬儀・法事以外にあまり使用されていないこと、大空間のため清掃が行き届かない場所が多々あること、葬儀等には線香や焼香など発煙物質を用いることなどの理由により寺院本堂内では空気環境の悪化が予想される。このことから人体にも何らかの悪影響を及ぼす可能性がある。

本研究では、寺院本堂の空気環境を法事を行っている時と通常時に分け実測調査を行い、法事の際に発生する線香等からの発煙が空気環境にどういった影響を与えるのか比較検討することを目的とする。実測の項目として「建築物における衛生的環境の確保に関する法律（通称、建築物衛生法）」（1970 年施行）を参考に温度、相対湿度、浮遊粉じん、一酸化炭素（以下 CO）、二酸化炭素（以下 CO₂）の 5 項目を実測対象とする。ただし本研究における測定対象は特定建築物には含まれないため基準値を参考にして比較検討を行う形をとる。

2. 実測概要

2. 1 測定概要

測定は 2010 年 9 月 21 日～10 月 29 日に 2 寺院を条件に変化をつけ 4 回ずつ、計 8 回行った。表 1 に測定概要を示す。測定・調査項目と測定機器は温度・相対湿度・CO・CO₂については IAQ モニター、浮遊粉じんについてはレーザーパーティクルカウンター（LPC）とデジタル粉じん計を用いる。浮遊粒子状物質の粒径別個数濃度（2.83L（=1 分間）を連続 150 回）、浮遊粒子状物質の質量濃度、寺院本堂の形態を調べる。また、本研究で比較対象とした建築物衛生法管理基準を表 2 に示す。

表 1 測定概要

実測名	寺院名	測定日	測定時間	天気	法事	空調
a	A	2010/9/21	9:30-12:15	晴	無	ON
b		2010/10/21	9:30-11:30	雨	有	OFF
c		2010/10/23	10:30-13:00	晴	有	OFF
d		2010/10/25	9:30-12:00	曇	無	OFF
e	B	2010/10/16	10:00-12:00	晴	有	OFF
f		2010/10/17	10:30-12:30	曇	有	OFF
g		2010/10/28	9:30-12:00	雨	無	OFF
h		2010/10/29	9:30-12:05	曇	無	ON

表 2 建築物衛生法管理基準

項目	基準値
浮遊粉じん	概ね 10 μ m 以下の粒子が 0.15mg/m ³ 以下
一酸化炭素含有率	10ppm
二酸化炭素含有率	1000ppm
温度	17 $^{\circ}$ C～28 $^{\circ}$ C
相対湿度	40%～70%
気流	0.5m/s
ホルムアルデヒド	0.1mg/m ³ 以下

表 3 寺院データ

寺院 A		
天井高	測定点	4200[mm]
	最高値	4200[mm]
	最低値	4000[mm]
容積		1221.68[m ³]
寺院 B		
天井高	測定点	3900[mm]
	最高値	2600[mm]
	最低値	3900[mm]
容積		463.4[m ³]

2. 2 測定手法

都内の寺院において測定を行った。測定は寺院本堂において測定機器を持ち込み、条件を変えて測定を行う。測定時間は午前中とした。この時間帯に設定した理由は法事は午前中に行われることが多いことを考慮したためである。

「建築物衛生法」では測定点の高さを床上 750mm 以上 1500mm 以下の同一の高さと規定されている。これは人が卓上で作業をするときの顔の高さ（呼吸域）に相当している。しかし法事の際、大半の人は正座等床に直接座するため、通常の呼吸域より低くなる。そのため測定機器は床上 700mm 以上 1000mm 以下の高さとなるようにし、祭壇（線香発煙場所）より 2m 以内とした。

3. 測定結果・考察

今回実測 e を中心に、場所比較の対象として実測 b、法事を行っている時と通常時との比較対象に実測 g の 3 件を代表例として考察を記す。図 1～図 9 には測定結果を、表 3 には各寺院のデータを示す。

3. 1 実測 e

温度は法事が始まると急激に上昇している。これは外気の上昇と共に人体からの発熱の影響を受けたためと思われる。CO は法事開始時に急上昇し、終わると急下降、その後緩やかに下降している。これは線香等の発煙の影響で上昇し、線香等の鎮火と開口部が開かれたことにより換気量が増え急下降、その後開口部が閉められたことにより換気量も下がり緩やかになったと思われる。CO₂ も法事開始時から上昇、終了時から下降している。浮遊粉じんは粒径別個数濃度、質量濃度も粒径 0.3–0.5μm を除き、CO と同様に法事開始時に急上昇し、終わると急下降、その後緩やかに下降している。理由も同様と思われる。粒径別個数濃度、質量濃度の方が線香、焼香の点火時からの影響が顕著に見られる。

3. 2 実測 b

温度は 20°C 内を保ち大きな変化がない。湿度は建築物衛生法管理基準値の 70% を超えている。これは雨の影響を受けたものと思われる。CO は一切検出されなかった。CO₂ は法事が行われていた時は開口部が開いていたため線香、焼香の焚き始めは数値が少し上昇してはいるものの大きな変化はない。しかし法事終了後開口部を閉めたことにより CO₂ が本堂内にたまり、数値が上昇したと思われる。浮遊粉じんは粒径別個数濃度、質量濃度を見ると全体的に 10:15 頃から 10:20 頃まで急激に上がり、その後一度下がりまた上昇している。これは線香、焼香を焚いたことにより一度上昇し、開口部の開閉の影響によりその後の数値に影響が出たと思われる。

実測 e と比較して寺院 A の方が気積が大きいこともあり線香等からの影響が少ない。しかし寺院 B より外気の影響を受けやすく、寺院 A の方が気密性が低いことが分かる。

3. 3 実測 g

温度は 14°C 内を保ち大きな変化はない。湿度が測定開始

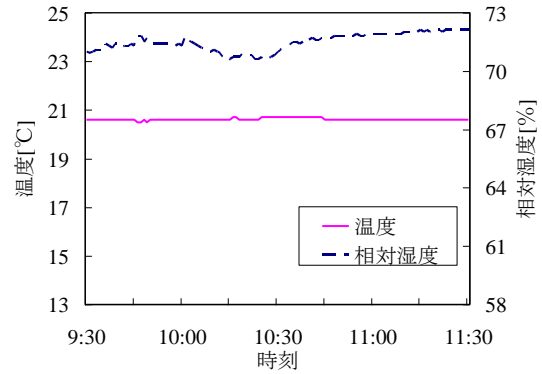


図 1 実測 b 温度・相対湿度の経時変化

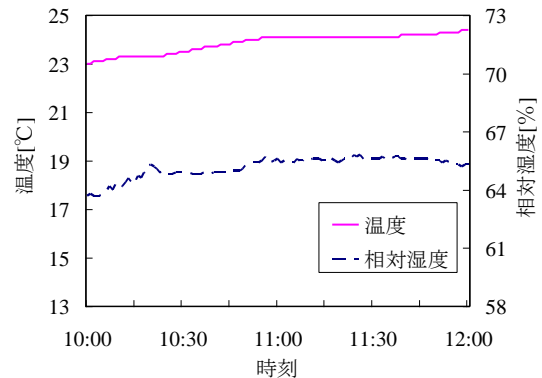


図 2 実測 e 温度・相対湿度の経時変化

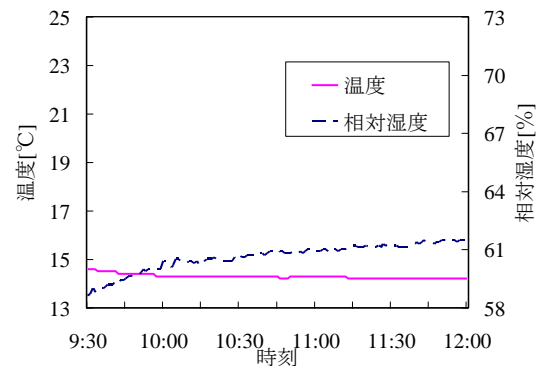


図 3 実測 g 温度・相対湿度の経時変化

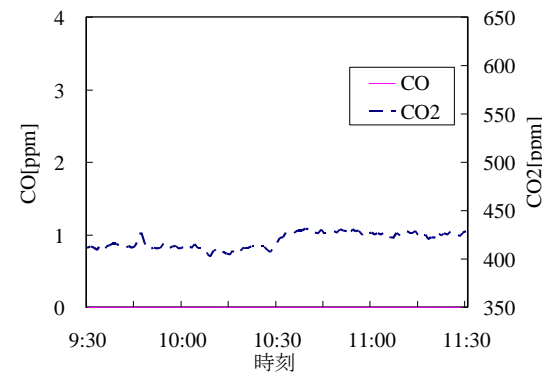


図 4 実測 b CO・CO₂の経時変化

時から増え続けているのは雨が降っていたことによる影響だと思われる。COは1度だけ0.1ppm 検出されているが、現実にはほとんど影響が無いものと思われる。CO₂は線香の点火・鎮火に影響をほぼ受けることなく均一的に上昇し続けている。浮遊粉じんは粒径別個数濃度に関して、粒径0.3-0.5 μm は線香の影響を受け点火時から上昇し、鎮火後下降する一般的なデータを示した。粒径0.5-0.7 μm 並びに質量濃度は線香点火時から鎮火時まで数値に変化は見られず点火前、鎮火後は下がり続けている。これは線香からの発煙による影響と換気量がほぼ同等であったためと思われる。

実測 e と比較して法事の方が全データにおいて高い数値を示した。しかし両実測とも外気と温湿度との差が少なく、法事による影響が大きいのはCO・CO₂・浮遊粉じんである。特に浮遊粉じんの影響は著しく、焼香の影響と思われる。

4. 建築物衛生法との比較・検証

各店舗の実測結果から温度、湿度、CO濃度、CO₂濃度、浮遊粉じんの質量濃度（DDCによる測定値）の平均値、最大値、最小値を表4に示す。以下に各項目について、建築物衛生法から見た評価を行う。また建築物衛生法に関しての不適率も評価対象とする。不適率とは実測対象とした建築物において基準値が指定されている項目を実測し、その実測結果の平均から基準値を超えた建築物の割合である。東京都福祉保険局ビル衛生検査班で実施した、過去の立ち入り検査結果からみた不適率の経年変化を、空気環境管理個目ごとに図10に示す。

4. 1 CO

COの基準値は10ppm以下である。今回の実測結果では全実測で基準値を超えることはなく、不適率は0%である。寺院Aでは法事でもほとんど検出されなかったが、寺院Bの法事を行っているときでは、基準値内ではあるものの比較的高い数値を示した。これは容積の違いによる影響だと思われる。

4. 2 CO₂

CO₂の基準値は1000ppm以下である。今回の実測結果では全実測で基準値を超えることはなく、不適率は0%である。COと同様に寺院Aより寺院Bの方が高い数値を示し、容積の違いが影響したためと思われる。法事を行っているときは参加者の人数が多い時の方が高い数値を示している。そのためCO₂は人体からの影響が大きく、発煙体の影響はあまり受けないことがわかる。実測hでは暖房機器にガストーブを利用したためCO₂が多く検出されたと思われる。

4. 3 温度

温度の基準値は17℃~28℃である。今回の実測の結果、不適率は25%であった。基準値外だったものは実測gと実測hだが、全実測で外気温と同様の波形、近似した数値を示している。そのため温度は外気との関係性が高く、寺院の気密性があまり高くはないことがわかる。また測定を行った時間では大きな変化は全実測を通して見られなかった。

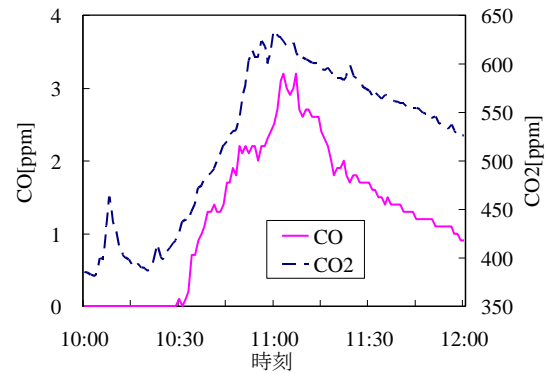


図5 実測 e CO・CO₂の経時変化

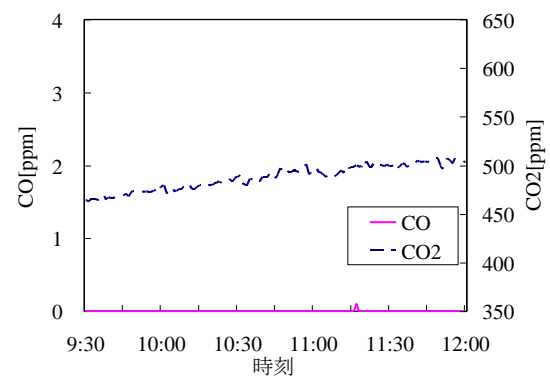


図6 実測 g CO・CO₂の経時変化

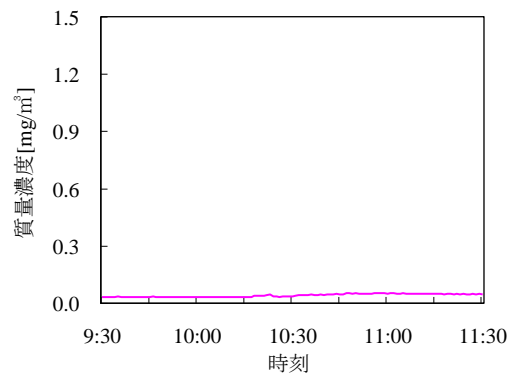


図7 実測 b 質量濃度の経時変化

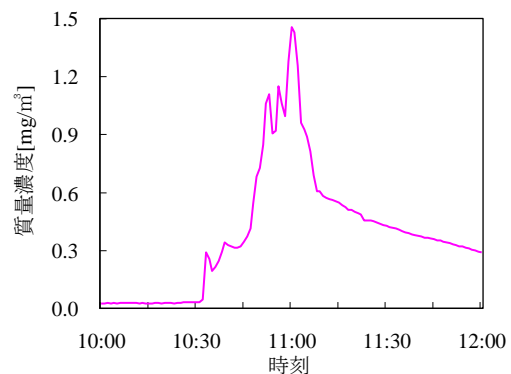


図8 実測 e 質量濃度の経時変化

4. 4 湿度

湿度の基準値は40～70%である。今回の実測の結果、不適率は25%である。寺院Aが高い数値を示し、寺院Aでは70%前後、寺院Bでは60%～65%となり安定していた。また法事との関係性はあまり見られなかった。

4. 5 浮遊粉じん

浮遊粉じんの基準値は概ね10 μm 以下の粒子が0.15mg/m³以下である。この基準値はDDCを実測対象機器としているため、今回はDDCの実測結果から比較・検証を行う。今回の実測の結果、不適率は25%である。特に実測e、実測fは基準値を大幅に上回る結果を示した。法事を行っているときの方が高い数値を示し、線香、焼香からの発煙の影響が大きく出ていることがわかる。また容積の関係から、寺院Bの方が高い数値が検出されている。

5. まとめ

本研究は2寺院で条件を変えて4回ずつ、計8回実測を行い、測定結果を示し、それぞれの実測における比較や実測時間や建築物衛生法の基準値と比較・検証を行った。以下に総括した検証を行う。今回の寺院本堂における実測の結果、建築物衛生法の測定項目5点全て基準値内に収まった実測は2件、残りの実測は4点が基準値内に収まる結果となった。全実測データを見てみてもCO、CO₂、浮遊粉じん量に関して、法事の時の方が高い数値を示している。これは線香・焼香からの発煙と人間が影響を及ぼしていると思われる。またこの3点において寺院Bの方が寺院Aより高いことから、容積による影響が大きいことがわかる。CO₂に関しては人間の数の影響も受けている。温度、相対湿度に関して寺院本堂においては、人間、空調機器からの影響は小さく、外気の影響を受けていることが示されている。よって以上の実測結果、比較・検証をふまえると空気環境に影響を及ぼす主な要因は線香・焼香からの発煙、人間、寺院の容積、外気の4点が考えられる。

6. 今後の課題

本研究では2寺院で計8回の測定を行った。条件別で比較を行うことを考えるならば、測定対象の寺院数も増やし、条件に変化をつけてさらに多くの測定が必要であった。実測の結果、温度、相対湿度は外気の影響を受けやすいため、温度、相対湿度に関しては寺院の外も同時に測定を行う必要がある。また線香・焼香の影響を受けている項目があるため線香・焼香からでる影響の詳細なデータを測定する必要がある。

【参考文献】

- 1) 建築物の環境衛生管理編集委員会：「建築物の環境衛生管理 上巻」平成18年3月31日発行
- 2) 「建築物における衛生的環境の確保に関する法律」—厚生労働省、1970年4月14日施行
- 3) 水村圭介：ネットカフェにおける空気環境に関する研究、芝浦工業大学、2010年
- 4) 伊藤大史：ネットカフェにおける環境タバコ煙の実態調査、芝浦工業大学、2010年

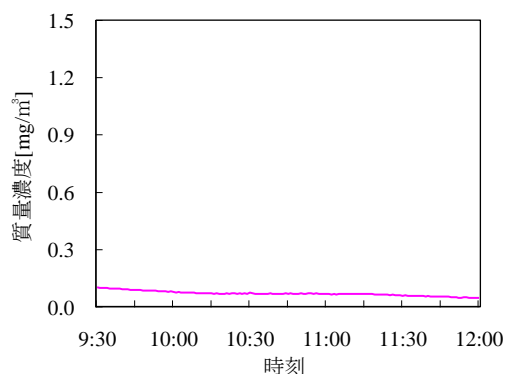


図9 実測g 質量濃度の経時変化

表4 各実測結果（平均値・最大値・最小値）

実測a	CO [ppm]	CO ₂ [ppm]	温度 [°C]	湿度 [%]	質量濃度 [mg/m ³]
平均値	0.2	433.2	27.0	69.9	0.0350
最大値	0.3	454.0	27.3	72.3	0.0403
最小値	0.1	414.0	26.3	68.0	0.0273

実測b	CO [ppm]	CO ₂ [ppm]	温度 [°C]	湿度 [%]	質量濃度 [mg/m ³]
平均値	0.0	418.7	20.6	71.5	0.0400
最大値	0.0	431.0	20.7	72.1	0.0520
最小値	0.0	402.0	20.5	70.5	0.0299

実測c	CO [ppm]	CO ₂ [ppm]	温度 [°C]	湿度 [%]	質量濃度 [mg/m ³]
平均値	0.2	465.1	20.0	68.0	0.0584
最大値	0.3	502.0	20.2	69.9	0.1248
最小値	0.1	435.0	19.7	66.6	0.0169

実測d	CO [ppm]	CO ₂ [ppm]	温度 [°C]	湿度 [%]	質量濃度 [mg/m ³]
平均値	0.0	408.4	19.2	68.9	0.0238
最大値	0.0	422.0	19.4	69.4	0.0299
最小値	0.0	390.0	19.1	68.0	0.0195

実測e	CO [ppm]	CO ₂ [ppm]	温度 [°C]	湿度 [%]	質量濃度 [mg/m ³]
平均値	1.3	519.6	23.9	65.2	0.3920
最大値	3.2	634.0	24.4	65.8	1.4560
最小値	0.0	381.0	23.0	63.7	0.0234

実測f	CO [ppm]	CO ₂ [ppm]	温度 [°C]	湿度 [%]	質量濃度 [mg/m ³]
平均値	2.3	599.7	23.6	63.4	0.5646
最大値	4.8	834.0	24.0	64.2	3.0186
最小値	0.3	415.0	23.1	61.8	0.0325

実測g	CO [ppm]	CO ₂ [ppm]	温度 [°C]	湿度 [%]	質量濃度 [mg/m ³]
平均値	0.0	487.6	14.3	60.6	0.0682
最大値	0.1	507.0	14.6	61.5	0.1001
最小値	0.0	463.0	14.2	58.6	0.0442

実測h	CO [ppm]	CO ₂ [ppm]	温度 [°C]	湿度 [%]	質量濃度 [mg/m ³]
平均値	0.3	777.6	15.8	61.5	0.0327
最大値	0.9	863.0	16.6	63.6	0.0949
最小値	0.1	649.0	15.0	60.5	0.0130

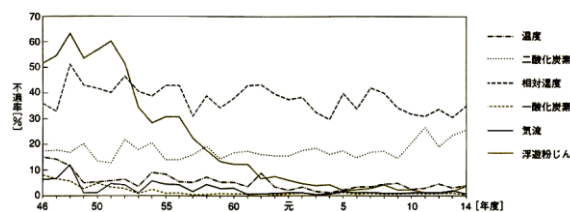


図10 不適率の経年変化