

# 寺院の本堂における空気環境の実態調査

## Investigation of Air Environment in The Main Hall of Temple

J07045-6 佐藤 真

### Abstract

Investigation of air environment in the temple has not been carried out. In fact, air environment in the temple is not well known. Therefore, In this study, we measured air environment in the main hall which is used by ordinary people in the temple, to investigate air environment in the main hall of temple. In this study, the object substances for measurement are temperature, humidity, Carbon monoxide (CO), Carbon dioxide, and air-borne dust, and we measured them in ten Temples in Tokyo. As a result, it was guessed the air environment in the main hall of the temples is not so bad.

Keywords 寺院 (Temple) 空気環境 (air environment) 実測調査 (actual condition survey)  
建築物衛生法 (building hygiene method) 浮遊粉じん (suspending dust)

### 1. 背景・目的

今日、我が国ではたばこの煙、言わば副流煙を防止するための動きが活発になっている。分煙が推し進められており、多くの人をたばこの煙にさらさないようになってきている。しかし、たばこばかりが発煙体なわけではない。法事や祭事などで使用される線香や焼香も発煙体である。そしてそれらが使用される事が事だけに、長い時間その煙に晒されることになる。特に、寺院の本堂では法事や祭事などで線香、焼香などの発煙体を使用するため、本堂内には煙が充満するであろうことが容易に想像出来る。また、法事は連続して行われることがあり、そのため未使用の状態にある寺院の本堂の空気環境、及び換気能力が十分かどうかを調べる必要がある。また、寺院の空気環境及び建物特性についての研究はほとんど行われていない。

本研究では寺院の本堂における空気環境の時間的推移を通常時と線香点火時と線香鎮火後の3パターンを連続で実測調査を行う。線香の空気環境への関連性と本堂における換気の状態を調査し、寺院ごとの比較・検討をする。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、浮遊粉じん、一酸化炭素 (以下 CO)、二酸化炭素 (以下 CO<sub>2</sub>) の4項目を実測対象とする。寺院自体は対象外ではあるが、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、都内の寺院10カ所を対象に行った。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・CO<sub>2</sub>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、実測中の状況、空調関係を調

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。

#### 2. 2 測定手法

都内の寺院の本堂において測定を行った。測定は寺院の本堂において機材を持ち込み、まず30分何もせずに測定し、30分後に線香を2本点火、線香点火後30分後に線香を2本点火し追加する。そして追加した線香が完全に鎮火してから1時間の計2時間半程の測定を行う。測定開始時間は9:30～12:00前後とした。この時間帯に設定した理由は、寺院の本堂の空気環境を出来る限り未使用な状態から測定を開始したかったからである。

なお測定機器の高さは建築物衛生法に準じた形となっている。

表1 測定概要

測定寺院	所在地	測定日	測定時間	当日の天気	空調機	換気扇
寺A	東京	9/21	9:30～12:15	晴れ	有	無
		10/25	9:30～12:05	曇り		
寺B	東京	10/4	9:30～12:05	曇り時々雨	無	無
寺C	東京	10/5	9:40～12:15	曇りのち晴れ	無	有
寺D	東京	10/6	9:30～12:10	晴れ	無	無
寺E	東京	10/7	9:30～12:10	晴れ	無	無
寺F	東京	10/12	9:30～12:10	曇り	無	無
寺G	東京	10/15	9:30～12:10	曇り	無	無
寺H	東京	10/19	9:30～12:05	曇り	有	有
寺I	東京	10/22	9:30～12:10	曇り	無	無
		10/28	9:30～12:05	雨		
寺J	東京	10/29	9:30～12:10	曇り	無	無

表2 建築物衛生法管理基準

項目	基準値
浮遊粉じん	概ね10μm以下の粒子が0.15mg/m <sup>3</sup> 以下
一酸化炭素含有率	10ppm
二酸化炭素含有率	1000ppm
温度	17℃～28℃
相対湿度	40%～70%
気流	0.15m/s
ホルムアルデヒド	0.1mg/m <sup>3</sup> 以下

### 3. 測定結果・考察

今回都内の寺院 10ヶ所において実測を行い、換気扇があった寺Cと寺Cと容積がほぼ等しかった寺Eを代表例として(寺C、寺E共に容積はおよそ455.6 m<sup>3</sup>)表3、4、図1～図6に示し、以下に測定結果および考察を記す。

#### 3. 1 寺C

この寺院の本堂には換気扇があったため、換気扇を稼働させて実測を行ったことを改めて明記しておく。

実測時の状況としては、9:40 に実測を開始、10:10 に線香を2本点火、10:40 に追加分の線香を2本点火、11:15 に線香は完全に鎮火し、12:15 に測定を終了した。

温湿度は気温の変化と湿度の変化が綺麗に反比例する形をとっていることから、温度のみに変化が起こったと考えられる。CO濃度とCO<sub>2</sub>濃度はCO濃度においては検出されず、CO<sub>2</sub>濃度も測定開始直後に急激な変化があるが、それ以降は非常に安定しており、平均して430ppmと基準値を大きく下回る結果が出た。

浮遊粉じん質量濃度と粒径別個数濃度においては、基準値内ではあるものの、質量濃度と個数濃度双方とも激しい変化が起こっている。この理由として、発煙体である線香と測定機の位置が近く、換気扇の場所が測定機の上にあったことから、線香から出た煙(浮遊粉じん)が換気扇によって出来た気流(主流)に乗り、その気流が測定機の吸引口を通ったためと考えられる。激しい変化をしているのは、その気流(主流)が複数存在するため、このような結果が出たものと考えられる。

#### 3. 2 寺E

実測時の状況としては、9:30 に測定を開始、10:00 に線香を2本点火、10:30 に追加分の線香を2本点火、11:05 に線香は完全に鎮火し、12:10 に測定を終了した。

温度、湿度共に平均値が基準値内におさまり、最大値も基準値を超えることはなく、最小値も基準値を下回ることにはなかった。

CO濃度、CO<sub>2</sub>濃度においては、CO濃度が常に検出されている上に、浮遊粉じん質量濃度と粒径別個数濃度のグラフと同じ様な形をしている。ゆえに、CO濃度の原因は線香の可能性が高い。また、CO<sub>2</sub>濃度が最大値、平均値ともに基準値内ではあるものの、実測開始から実測終了まで常に上昇をしていること、発生源が実測者2名のみであったことから、換気量不足であるのではないかと考えられる。

浮遊粉じん質量濃度と粒径別個数濃度を見ると、浮遊粉じん質量濃度は最大値、平均値共に基準値内に収まっている。粒径別個数濃度は粒径0.3-2.0umのグラフは質量濃度とだいたい同じ時間に上昇し、だいたい同じ時間に低下している。10:30頃に見られる急激な上昇は実測者2名が測定機に接近したことによって舞上がった粉じんだと言えるだろう。また、先も述べた通り、質量濃度の動きとCO濃度の動きが似ていること、CO<sub>2</sub>濃度が常に上昇しているため、本堂が換気量不足状態であると言えるので、CO濃

度の上昇分は線香のものであると断定できる。元から存在していたCO濃度についてはおそらく外気からである。

### 4. 建築物衛生法との比較・検証及び全体の傾向

まず実測日の外気の状態を表3に示す。各店舗の実測結果から温度、湿度、CO濃度、CO<sub>2</sub>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とともに、各項目についての傾向も考察していく。

#### 4. 1 温湿度

温度は寺J両日ともを除き基準値内、湿度は寺D、寺Iを除き基準値内に収まった。

傾向としては、各実測日において空調機を使った場合を除き、寺の温度、湿度が安定しておらず、温度は上昇傾向、湿度は減少傾向にあることから、寺の本堂の温度、湿度は外気温の影響を大きく受けるだろうと考えられる。

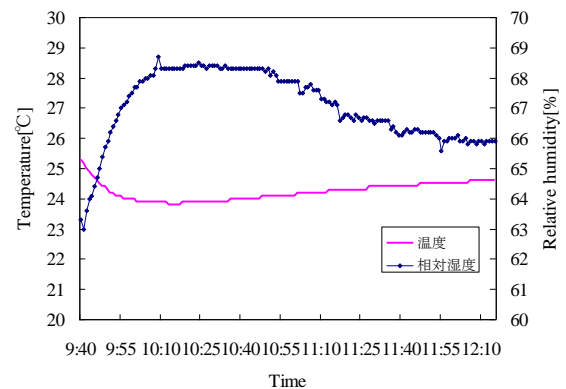


図1 寺C 温度・湿度の経時変化

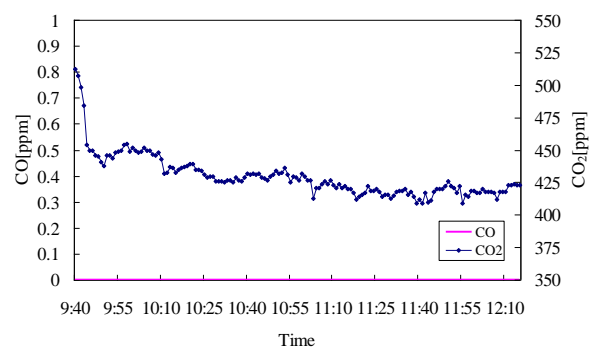


図2 寺C CO・CO<sub>2</sub>濃度の経時変化

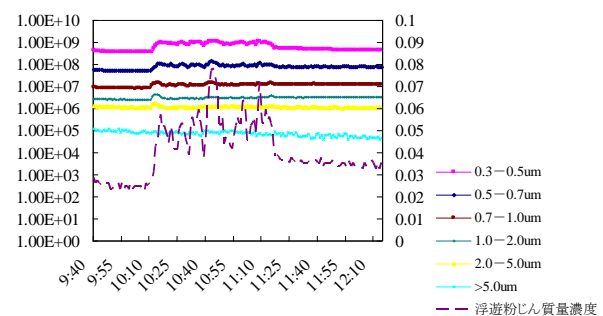


図3 寺C 粒径別個数濃度・質量濃度の経時変化

#### 4. 2 CO

CO はどの寺院でも平均値、及び最大値が基準値を超えなかったものの、常に微量のCOが検出されているもの、線香を点火すると同時に増加していくもの、まったく出なかったものと3パターンの結果が出た。

#### 4. 3 CO<sub>2</sub>

CO<sub>2</sub> はどの寺院でも平均値、及び最大値が基準値を超えることはなかっただけでなく、大半の寺院では基準値の半分にも達していないことから、寺院の本堂の空気環境は良好であると言える。また、大半の寺院では時間経過と共にCO<sub>2</sub>が徐々に減少していているため、換気も出来ていると言える。しかし、いくつかの寺院で本堂にいる人間が実測者2名にも関わらず、徐々に上昇していったことも事実である。

#### 4. 4 浮遊粉じん質量濃度

浮遊粉じん質量濃度は寺Fと寺Gで最大値が基準値を超えたもの、平均値は全ての寺院が基準値内に収まっていた。浮遊粉じんは線香や人の挙動が大きく影響を与えており、元々の本堂の空気はかなり綺麗であると言える。影響の度合いだが、線香は比較的緩やかに、主に小さい粒径の物に影響を与え、人の挙動の影響によるものは急激に変化し、主として粒径の大きいものに影響を与える。

#### 5. 換気扇の有無の比較

今回は実測の都合上、換気扇があった寺Cとその本堂と容積がほとんど一緒であった寺Eで比較を行う。比較対象はCO<sub>2</sub>と浮遊粉じん質量濃度である。

CO<sub>2</sub>については寺Cの方は実測開始時こそ500ppmを越えていたものの、しばらく経つと420ppm前後で安定した。寺Eの方は、実測開始時の500ppm程度から上昇を続け、実測終了時には600ppmまで上昇した。

浮遊粉じん質量濃度についてだが、実測開始時には寺C、寺E共に0.025mg/m<sup>3</sup>程度であった。寺Eに比べて換気扇を作動させた寺Cは上昇、減少共に急激である。換気扇有の寺Cの方が激しい変化をし、最大値も寺Eに比べて大きい。これは先の考察でも述べた通り、換気扇によって生じた主流に線香の煙が乗り、測定機の吸引口に直接入ったためである。減少速度、いわば換気の手速で言うならば換気扇を使用していた寺Cの方が断然速いが、十分に換気が行われ、安定してくると、寺C、寺E共に0.035mg/m<sup>3</sup>前後で落ち着く。

以上のことから、今回のケースでは換気扇有と無を比べると、換気扇がある場合は当然のことながら一定の換気能力があるため、空気環境を一定に保ちやすいと言える。CO<sub>2</sub>ではそれが顕著に出たように感じる。しかし、浮遊粉じん質量濃度だけに着目すると、換気扇有の機械換気、換気扇無の自然換気どちらも換気が十分に行われるまでの時間差こそあったものの最終的な質量濃度はほとんど同じになった。

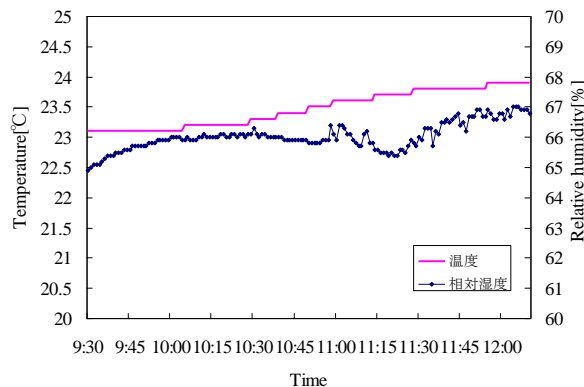


図4 寺E 温度・湿度の経時変化

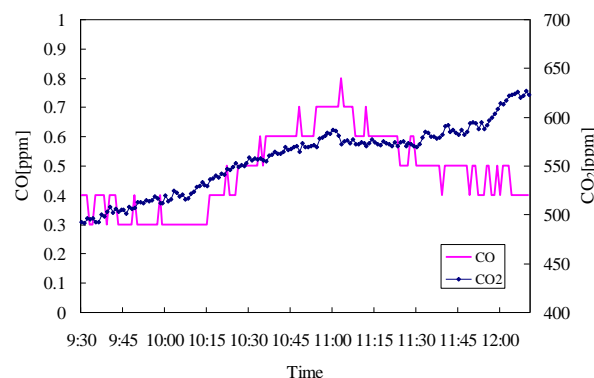


図5 寺E CO・CO<sub>2</sub>濃度の経時変化

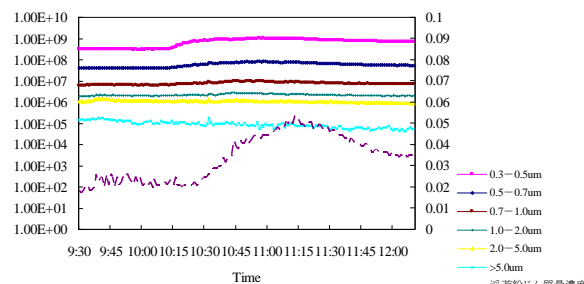


図6 寺E 粒径別個数濃度・質量濃度の経時変化

表3 実測時の外気の状況

測定寺院	測定日	気温[°C]	湿度[%]	風速[m/s]
寺A	9/21	29.1	61.3	1.7
	10/25	17.5	76.0	1.8
寺B	10/4	20.5	79.8	1.5
寺C	10/5	24.2	60.3	3.2
寺D	10/6	23.7	53.0	2.4
寺E	10/7	22.7	59.5	3.2
寺F	10/12	23.0	73.3	1.6
寺G	10/15	21.5	66.8	1.5
寺H	10/19	19.1	59.5	3.2
寺I	10/22	18.4	61.0	3.5
寺J	10/28	9.6	74.5	4.3
	10/29	15.1	58.5	3.9

## 6. 全体を通しての考察

今回の実測において、都内 10ヶ所の寺院で空気環境の測定を 12 回行った。

結果としては、寺 D、寺 I において湿度の最大値、最小値、平均値全てが基準値を超えた以外は全て建築物環境衛生管理基準の基準値内に収まっていた。

傾向としては、温度と湿度は外気の影響を大きく受ける。温度は空調機を稼働させた 9 月 21 日の寺 A を除き、基本的に徐々に上昇していくが、測定時間を考えれば外気温の上昇に影響を受けていると考えるのが自然だと思われる。湿度については温度の上昇に反比例して減少していくところもあれば、細かく上下しながら一定のところなどで安定するところ、または上昇を続けるところなど様々だった。

CO と CO<sub>2</sub> については、CO 濃度と CO<sub>2</sub> 濃度共に最大値も平均値も基準値を超えることはなかった。CO に関して言えば、寺 D、寺 F、寺 G に検出された CO は時間を見る限り、線香が原因の可能性がある。9 月 21 日の寺 A、寺 E、寺 H、寺 I、10 月 29 日の寺 J においては線香の状況に関係なく一酸化炭素が常に検出されているが原因は不明である。

CO<sub>2</sub> に関して言えば、基本的には減少していつているのだが、10 月 25 日の寺 A、寺 B、寺 E、寺 G、寺 H、10 月 28 日の寺 J と実測した寺院の半数で実測開始から終了まで上昇を続けており、換気量不足である可能性がある。しかしながら、寺 A と寺 J については、もう一方のデータでは減少し続けているため、本堂内ではなく、本堂の外、寺院周りの交通からの影響も考えられる。

CO も検出されたところであっても、微量と言ってもいい量である。CO<sub>2</sub> も増加しているところでもその増加幅は最大でも 100ppm であり、多くの寺院で実測開始直後の CO<sub>2</sub> 濃度は 400~600ppm の間であったことから、本堂の空気環境は良い状態が保たれていると言える。

浮遊粉じんについては、線香の煙や人の挙動の影響によるところが大きい。しかし、寺 F と寺 G で最大値こそ基準値を超えてしまったものの、それでも全ての寺院で平均値は超えることはなかった。また線香も焚いておらず、人が動いていないと言える実測開始直後では、特殊な状況下であった事が推測される 10 月 28 日の寺 J を除くと、大体の寺院が 0.02~0.03mg/m<sup>3</sup>、一番高いところで 0.06mg/m<sup>3</sup>程と低い数値を示した。

全体としてみると、寺院の本堂の空気環境は安定しており、概ね良好であると言える。

## 7. 今後の課題

本研究では都内の寺院 10ヶ所で測定を行った。本研究では空気環境について比較・検証する際、主に測定項目の結果、実測時の状況や外気の状況を参考に考察を行った。しかし、実際に外気の温湿度、風速などは気象庁の情報を参考にしているため、実際に外気の状況についても測定をするべきだったと思われる。

表4 各寺院の実測結果(平均値・最大値・最小値)

寺A(9/21)	最大値	最小値	平均値	基準値
温度	27.3℃	26.3℃	27.0℃	17℃以上28℃以下
湿度	72.3%	68.0%	69.9%	40%以上70%以下
CO	0.30ppm	0.10ppm	0.17ppm	10ppm以下
CO <sub>2</sub>	454ppm	414ppm	433ppm	1000ppm以下
浮遊粉じん質量濃度	0.040mg/m <sup>3</sup>	0.027mg/m <sup>3</sup>	0.034mg/m <sup>3</sup>	0.15mg/m <sup>3</sup> 以下

寺A(10/25)	最大値	最小値	平均値	基準値
温度	19.4℃	19.1℃	19.2℃	17℃以上28℃以下
湿度	69.4%	68.0%	68.9%	40%以上70%以下
CO	0ppm	0ppm	0ppm	10ppm以下
CO <sub>2</sub>	422ppm	390ppm	408ppm	1000ppm以下
浮遊粉じん質量濃度	0.0299mg/m <sup>3</sup>	0.0195mg/m <sup>3</sup>	0.0238mg/m <sup>3</sup>	0.15mg/m <sup>3</sup> 以下

寺B	最大値	最小値	平均値	基準値
温度	24.5℃	23.6℃	23.9℃	17℃以上28℃以下
湿度	64.3%	62.3%	63.3%	40%以上70%以下
CO	0ppm	0ppm	0ppm	10ppm以下
CO <sub>2</sub>	419ppm	393ppm	403ppm	1000ppm以下
浮遊粉じん質量濃度	0.047mg/m <sup>3</sup>	0.017mg/m <sup>3</sup>	0.028mg/m <sup>3</sup>	0.15mg/m <sup>3</sup> 以下

寺C	最大値	最小値	平均値	基準値
温度	25.3℃	23.8℃	24.2℃	17℃以上28℃以下
湿度	68.7%	63.0%	67.1%	40%以上70%以下
CO	0ppm	0ppm	0ppm	10ppm以下
CO <sub>2</sub>	512ppm	409ppm	430ppm	1000ppm以下
浮遊粉じん質量濃度	0.078mg/m <sup>3</sup>	0.022mg/m <sup>3</sup>	0.040mg/m <sup>3</sup>	0.15mg/m <sup>3</sup> 以下

寺D	最大値	最小値	平均値	基準値
温度	22.8℃	21.3℃	22.1℃	17℃以上28℃以下
湿度	75.9%	72.6%	74.5%	40%以上70%以下
CO	0.1ppm	0ppm	0.002ppm	10ppm以下
CO <sub>2</sub>	520ppm	474ppm	496ppm	1000ppm以下
浮遊粉じん質量濃度	0.104mg/m <sup>3</sup>	0.025mg/m <sup>3</sup>	0.053mg/m <sup>3</sup>	0.15mg/m <sup>3</sup> 以下

寺E	最大値	最小値	平均値	基準値
温度	23.9℃	23.1℃	23.5℃	17℃以上28℃以下
湿度	67.0%	64.9%	66.0%	40%以上70%以下
CO	0.8ppm	0.3ppm	0.5ppm	10ppm以下
CO <sub>2</sub>	627ppm	492ppm	558ppm	1000ppm以下
浮遊粉じん質量濃度	0.0533mg/m <sup>3</sup>	0.0195mg/m <sup>3</sup>	0.0348mg/m <sup>3</sup>	0.15mg/m <sup>3</sup> 以下

寺F	最大値	最小値	平均値	基準値
温度	24.1℃	23.8℃	24.0℃	17℃以上28℃以下
湿度	70.3%	67.9%	69.1%	40%以上70%以下
CO	1.50ppm	0.00ppm	0.06ppm	10ppm以下
CO <sub>2</sub>	503ppm	454ppm	478ppm	1000ppm以下
浮遊粉じん質量濃度	0.39mg/m <sup>3</sup>	0.02mg/m <sup>3</sup>	0.06mg/m <sup>3</sup>	0.15mg/m <sup>3</sup> 以下

寺G	最大値	最小値	平均値	基準値
温度	23.6℃	23.2℃	23.4℃	17℃以上28℃以下
湿度	69.4%	66.8%	69.1%	40%以上70%以下
CO	0.8ppm	0.0ppm	0.2ppm	10ppm以下
CO <sub>2</sub>	636ppm	545ppm	593ppm	1000ppm以下
浮遊粉じん質量濃度	0.161mg/m <sup>3</sup>	0.055mg/m <sup>3</sup>	0.097mg/m <sup>3</sup>	0.15mg/m <sup>3</sup> 以下

寺H	最大値	最小値	平均値	基準値
温度	22.5℃	21.7℃	22.0℃	17℃以上28℃以下
湿度	60.2%	56.6%	59.7%	40%以上70%以下
CO	1.1ppm	0.7ppm	0.9ppm	10ppm以下
CO <sub>2</sub>	481ppm	437ppm	461ppm	1000ppm以下
浮遊粉じん質量濃度	0.056mg/m <sup>3</sup>	0.017mg/m <sup>3</sup>	0.031mg/m <sup>3</sup>	0.15mg/m <sup>3</sup> 以下

寺I	最大値	最小値	平均値	基準値
温度	18.8℃	18.6℃	18.7℃	17℃以上28℃以下
湿度	72.5%	71.4%	72.2%	40%以上70%以下
CO	0.90ppm	0.80ppm	0.82ppm	10ppm以下
CO <sub>2</sub>	427ppm	410ppm	418ppm	1000ppm以下
浮遊粉じん質量濃度	0.0260mg/m <sup>3</sup>	0.0195mg/m <sup>3</sup>	0.0228mg/m <sup>3</sup>	0.15mg/m <sup>3</sup> 以下

寺J(10/28)	最大値	最小値	平均値	基準値
温度	14.6℃	14.2℃	14.3℃	17℃以上28℃以下
湿度	61.5%	58.6%	60.6%	40%以上70%以下
CO	0.100ppm	0.000ppm	0.001ppm	10ppm以下
CO <sub>2</sub>	507ppm	463ppm	488ppm	1000ppm以下
浮遊粉じん質量濃度	0.100mg/m <sup>3</sup>	0.044mg/m <sup>3</sup>	0.068mg/m <sup>3</sup>	0.15mg/m <sup>3</sup> 以下

寺J(10/29)	最大値	最小値	平均値	基準値
温度	16.6℃	15.0℃	15.9℃	17℃以上28℃以下
湿度	63.6%	60.2%	61.4%	40%以上70%以下
CO	0.9ppm	0.1ppm	0.3ppm	10ppm以下
CO <sub>2</sub>	863ppm	649ppm	777ppm	1000ppm以下
浮遊粉じん質量濃度	0.095mg/m <sup>3</sup>	0.012mg/m <sup>3</sup>	0.032mg/m <sup>3</sup>	0.15mg/m <sup>3</sup> 以下

### 【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) 永吉敏行：医療・社会福祉施設における室内空気質に関する研究、芝浦工業大学 2009 年
- 4) 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