

## 安置所における室内二酸化炭素と PM<sub>2.5</sub> 濃度に関する実態調査

研究分担者 鍵 直樹 東京科学大学環境・社会理工学院建築学系 教授

### 研究要旨

本報告では、安置所におけるドライアイスからの二酸化炭素が室内環境に与える影響について、葬儀場の安置所などにおいて、二酸化炭素濃度と線香からの粉じんの発生による影響を検討するため、PM<sub>2.5</sub> の濃度の実測調査を行った。二酸化炭素濃度については、安置所に使用している空間においては、平均濃度で 5,000 ppm を超過するところもあったが、式場などについては、人の滞在、棺の設置により短時間に 1,000 ppm を超過する時間帯があった。これはドライアイスの入った棺から漏出したものが要因であるが、棺の数、室内の換気状態によって室内の CO<sub>2</sub> 濃度をここまで高くするため、使用状況によっては換気に注意する必要がある。PM<sub>2.5</sub> 濃度については、平均濃度として 10 µg/m<sup>3</sup> 以下であるが、線香を使用した時間帯においては高濃度になる時間帯があった。

### A. 研究背景および目的

遺体安置においては、遺体安置室に冷蔵機能がない場合には、棺内にドライアイスを入れてご遺体を冷却することが多い。ドライアイスは、固体二酸化炭素の商品名であるが、常圧環境下においては液体とならず、気体に昇華する。よって、空間内の二酸化炭素濃度を上昇させることとなる。一般的な建築空間においてはある程度換気が行われているため、中毒を起こすほどの高濃度となることは稀であるが、葬儀の現場で棺の中に顔を入れて二酸化炭素中毒による死亡事例が報告されており、消費者庁では注意を呼びかけていた<sup>1)</sup>。二酸化炭素の健康影響については、ヒトが吸入する二酸化炭素の上昇に伴い、血中 pH が低下し、ヘモグロビンからの酸素が離れやすくなるため、吸入する二酸化炭素濃度が 10,000 ppm を超えるとその上昇に伴って、呼吸数の増加、頭痛、錯乱、記憶喪失、呼吸困難等のリスクが高くなる。また、低濃度の二酸化炭素によるヒトの健康影響についても、二酸化炭素の室内外濃度差 450 ppm 以上または室内濃度 850 ppm 以上ではシックビルディング症候群が増加

するとしている。ただし、低濃度領域における二酸化炭素濃度とシックビル症候群の症状については、他の室内汚染物質の濃度上昇が関与している可能性もあるため、二酸化炭素の直接的な因果関係ではない可能性はある<sup>2)</sup>。

本報告では、二酸化炭素と浮遊粉じんの健康影響に関する文献調査、葬儀場の安置所及び式場における二酸化炭素と PM<sub>2.5</sub> 濃度の実態調査を行った結果について報告する。

### B. 研究方法

#### B.1 二酸化炭素と浮遊粉じんの健康影響

安置所においてはドライアイスの利用による二酸化炭素の発生、式場で線香の利用による浮遊粉じんの上昇が想定されるため、これらの物質による健康影響について、文献調査を行った。

#### B.2 安置所における実態調査

本調査において、表 1 に示す 5 件の葬儀場における安置所及び式場において、二酸化炭素濃度および PM<sub>2.5</sub> 濃度の測定を行った。いずれも、ドライアイスが使用され、線香の利用も想定さ

れるため、粉じん濃度の上昇も想定される。

二酸化炭素濃度、PM<sub>2.5</sub>濃度の測定には、表 2 に示す PM<sub>2.5</sub>・CO<sub>2</sub> モニター測定器（SIBATA 製、PCX-1）を用いた。各測定場所に床上または机上に設置して、2 週間以上の計測を行った。PM<sub>2.5</sub>濃度については、この測定器の係数値を 1.3 とした。

表 1 安置所における実態調査の概要

ID	A	B	C	D	E
地域	市川市	江東区	目黒区	秋田市	横浜市
日時	2024/9/15-	2024/9/14-	2024/11/6-	2024/11/7	2025/3/12
測定場所	会場	2Fホール 4F安置場	1F法要室 2F式場	月 風	3F葬儀室 地下安置室
室容積		2F：(B_1) 6.4x7.8x2.8 m 4F：(B_2) 4.85x3.6x2.5 m	1F：(C_1) 3.4x4.9x3.8 m 2F：(C_2) 11x7.2x3.8 m	月：(D_1) 4.4x8.1x2.6 m 風：(D_2) 4.4x8.1x2.6 m	3F：(E_1) 5.58x10.6x2. 35m 地下：(E_2) 4.1x7.0x2.4 m
備考		エコドライ (CO2発生 なし)も使 用	ドライアイ スを使用し た時刻メモ あり		葬儀、ドラ イアイス交 換メモあり

表 2 測定器の測定範囲

測定項目	測定範囲
粉じん	10～600 μg/m <sup>3</sup> 検出粒子 0.3 μm以上
二酸化炭素	60～4,000ppm
温度	-10～60 ℃
相対湿度	10～95 %rh

## C.研究結果

### C.1 二酸化炭素と浮遊粉じんの健康影響

幾つの研究は、CO<sub>2</sub>濃度が高くなる場合、人は低酸素欠乏症ではなく、二酸化炭素中毒で死亡する恐れがあることを指摘していた<sup>3)</sup>。高濃度の CO<sub>2</sub> 条件下で低酸素状態となると CO 中毒を増強することを示唆している<sup>4)</sup>。

高濃度の二酸化炭素による二酸化炭素中毒に注意すべき一方で、低濃度下で二酸化炭素の濃度が人の健康・生産性に及ぼす影響にも注意する必要がある。CO<sub>2</sub> 低濃度条件下（5000 ppm 以下）の健康指標に与えた影響に関しては、心拍数、頭痛、目の刺激や上気道症状、喉の乾燥、疲労感、めまいなどの症状が CO<sub>2</sub> 濃度に関連していることを

示唆している<sup>5)</sup>。また、CO<sub>2</sub>濃度が有意に生産性に関連を示す研究<sup>6,7)</sup>があり、生産性に影響を与えないことを示す研究<sup>8,9)</sup>もあるため、一定の結論は得られてはいないため、今後も検討が必要である。

線香から発生する汚染物質は、粒子状物質のほか、ガス汚染物質となる CO、CO<sub>2</sub>、NO<sub>x</sub>、CH<sub>4</sub>、ホルムアルデヒド、アセトアルデヒド、メチルクロライド、ベンゼン、トルエンなどがある。粒子状物質については、PM<sub>2.5</sub>が平均で 197 mg/h で排出されたこと<sup>10)</sup>、また寺院による実測により平均 PM<sub>2.5</sub>/PM<sub>10</sub> 比は約 82% であったことから微小粒子が大部分を占めていた<sup>11)</sup>。

### C.2 安置所における実態調査

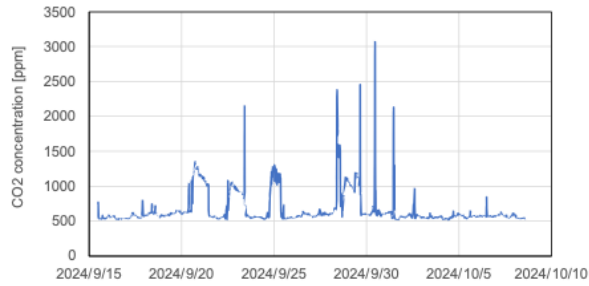
各測定場所における測定期間における CO<sub>2</sub> 濃度の概要を表 3 に示す。今回使用した測定器は、測定範囲が 4000 ppm までであるが、測定値としては 9999 ppm までは表示させるが、今回はそれ以上の濃度となっている。平均値としても、1000 ppm を超過する箇所が複数存在すること、建物 E の地下安置所においては、平均濃度としても、5000 ppm を超過していた。

表 3 二酸化炭素濃度の結果概要（単位：ppm）

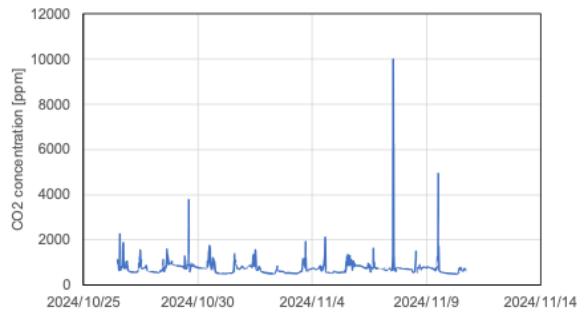
	Max.	Mean	Min.
A	3079	665	510
B_1	9999	726	483
B_2	9999	1941	407
C_1	2557	522	403
C_2	1951	593	474
D_1	8512	1190	280
D_2	9999	1464	438
E_1	5024	721	476
E_2	9999	5186	636

図 1 に、各測定箇所における CO<sub>2</sub> 濃度の経時変化を示す。式場に使用される A、B\_1、C\_1、C\_2、E\_1 の空間においては、1000 ppm を超過する時間帯があるものの、低い濃度で推移していた。こ

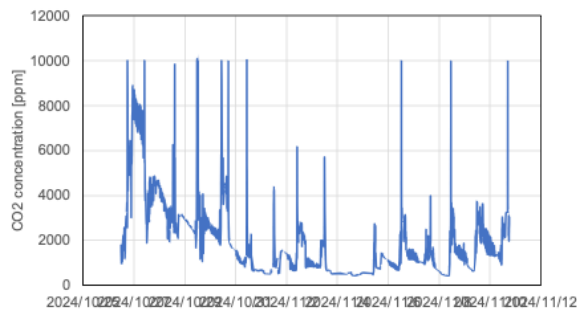
れは人からの発生とともに、葬儀の時に設置される棺のドライアイスが発生源となっていると考えられる。一方、安置所となっている B\_2、E\_2 においては、高濃度となっている時間帯が長く、常時ドライアイスの発生が原因である。施設 E については、棺が設置される時間帯のみ、高濃度となっているものである。



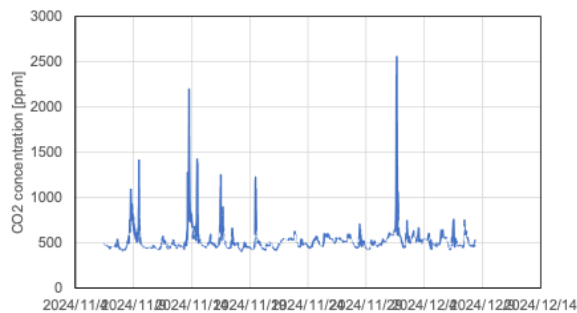
A



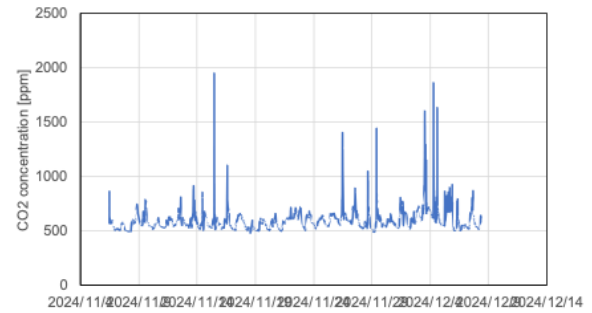
B\_1



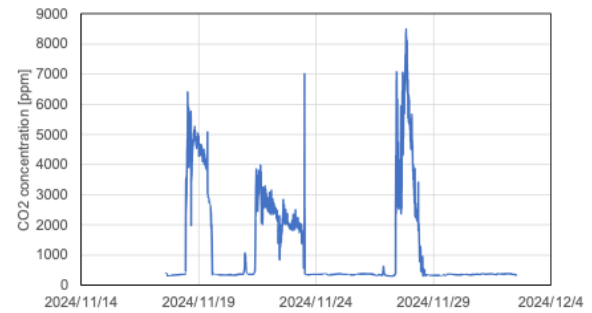
B\_2



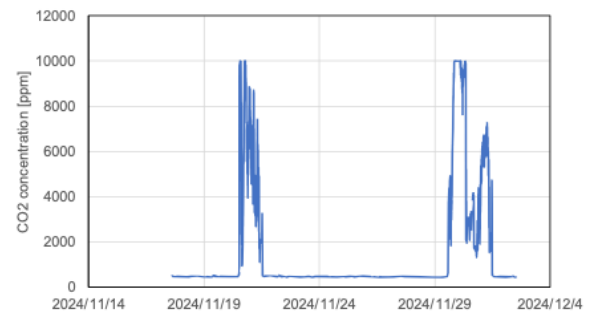
C\_1



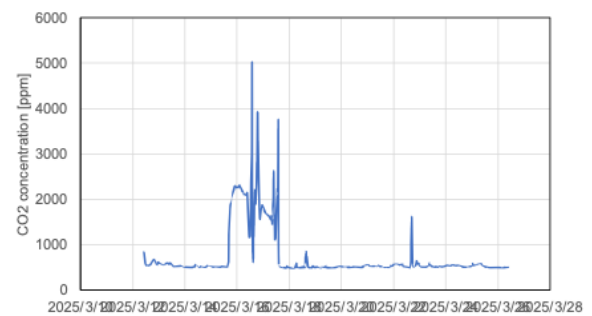
C\_2



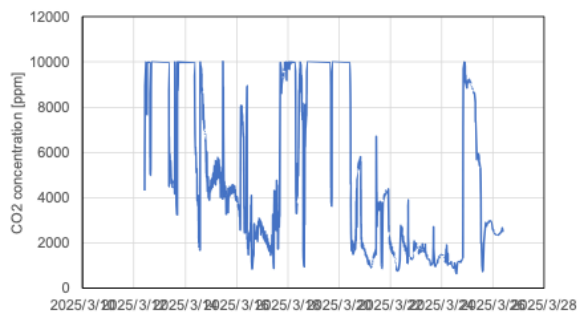
D\_1



D\_2



E\_1



E\_2

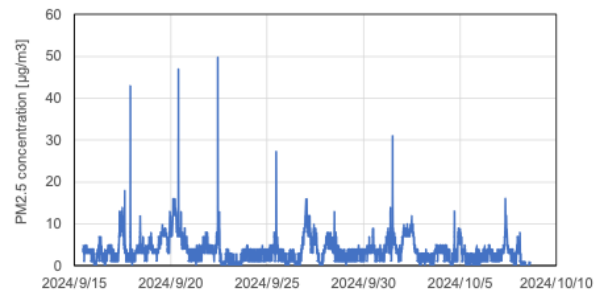
図 1 二酸化炭素濃度の経時変化

各測定場所における  $\text{PM}_{2.5}$  濃度の概要を表 4 に示す。各施設平均濃度は  $10\mu\text{g}/\text{m}^3$  以下であり、通常の室内環境と相違はないが、最大値が  $400\mu\text{g}/\text{m}^3$  を超過するところも確認できた。特に線香を使用する空間で高い値となっており、一方線香を使用しない安置所については低い濃度の傾向であった。

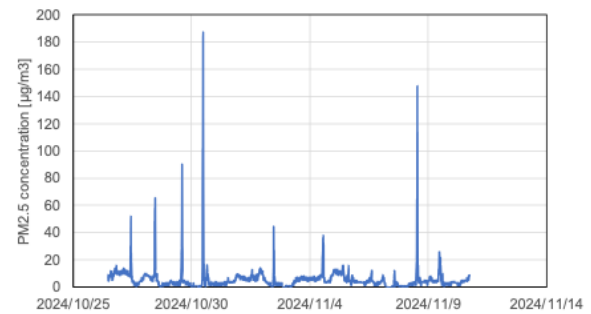
表 4  $\text{PM}_{2.5}$  濃度の結果概要（単位： $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ）

	Max.	Mean	Min.
A	49	4	0
B_1	186	5	0
B_2	361	4	0
C_1	458	4	0
C_2	251	3	0
D_1	61	3	0
D_2	47	1	0
E_1	211	8	0
E_2	27	6	0

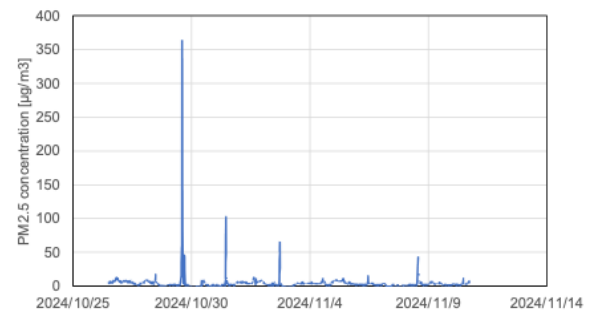
図 2 に、各測定箇所における  $\text{PM}_{2.5}$  濃度の経時変化を示す。常時濃度の高い施設は見られず、線香を使用したタイミングで濃度が短時間、高濃度となっている。よって、 $\text{PM}_{2.5}$  濃度の発生源は、線香となっており、使用時に一時的に高濃度になっているものである。



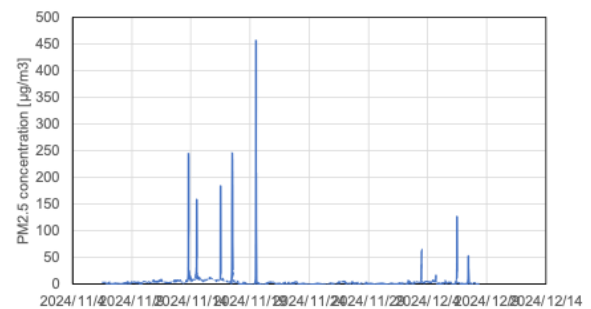
A



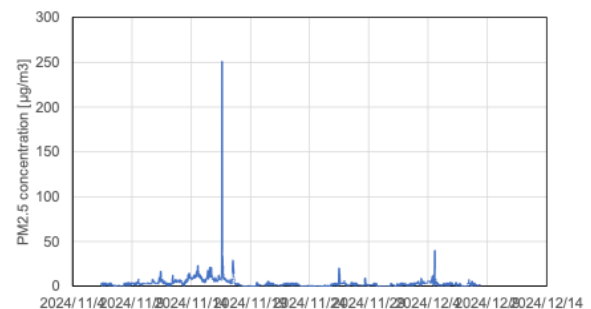
B\_1



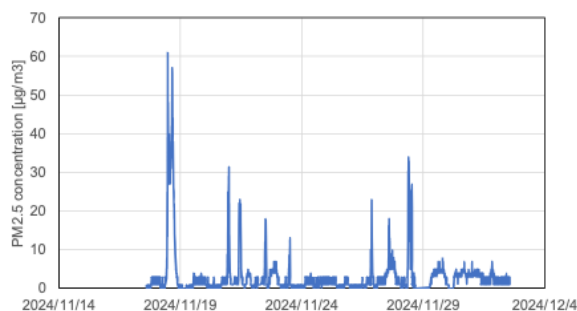
B\_2



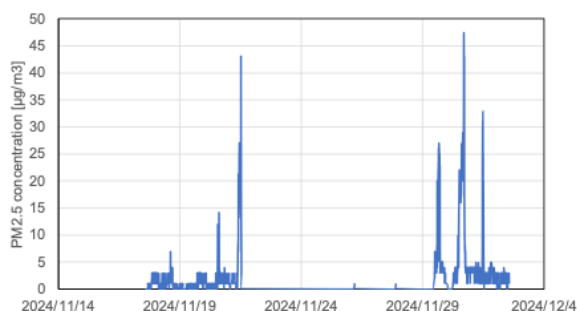
C\_1



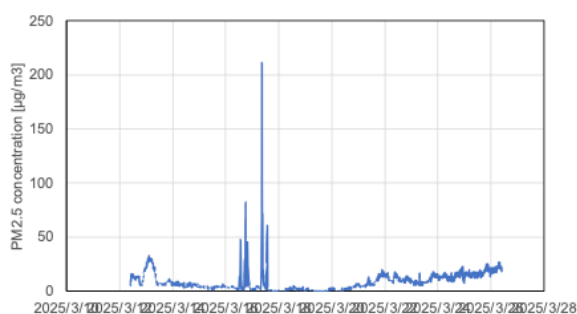
C\_2



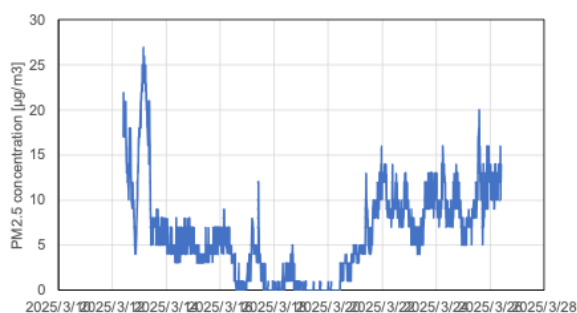
D\_1



D\_2



E\_1



E\_2

図 2 PM<sub>2.5</sub> 濃度の経時変化

#### D. 考察

葬儀場において実態調査を行った結果、CO<sub>2</sub> 濃度については、式場においては使用時において 1000 ppm を超過することがあるものの、比較的

濃度の低い状態であったが、安置所として使用される空間においては、常時高い濃度となっており、平均濃度として 5000 ppm を超過している安置所もあった。これはドライアイスの入った棺から漏出したものが要因であるが、棺が複数設置されていたこと、室内の換気状態によって室内の CO<sub>2</sub> 濃度をここまで高くすることが判明したため、使用状況によっては換気に注意する必要がある。

PM<sub>2.5</sub> 濃度については、平均濃度として 10 μg/m<sup>3</sup> 以下であるが、線香を使用した時間帯においては極端に高濃度になる時間帯があった。線香の使用も考慮して、ある程度の換気は必要であると考えられる。

#### E. 結論

本報告では、葬儀施設において CO<sub>2</sub> 濃度と PM<sub>2.5</sub> 濃度の実測調査を行い、式場などについては、人の滞在、棺の設置により短時間に 1000 ppm を超過する時間帯があった。これはドライアイスの入った棺から漏出したものが要因であるが、棺の数、室内の換気状態によって室内の CO<sub>2</sub> 濃度をここまで高くするため、使用状況によっては換気に注意する必要がある。PM<sub>2.5</sub> 濃度については、平均濃度として 10 μg/m<sup>3</sup> 以下であるが、線香を使用した時間帯においては高濃度になる時間帯があった。線香の使用を想定して、ある程度の換気は必要であると考えられる。

#### 参考文献

- 1) 消費者庁：棺内のドライアイスによる二酸化炭素中毒に注意，  
[https://www.caa.go.jp/policies/policy/consumer\\_safety/caution/caution\\_071/](https://www.caa.go.jp/policies/policy/consumer_safety/caution/caution_071/)，2024 年 5 月 1 日
- 2) 換気設備委員会・室内空気質小委員会：委員会成果報告書 室内空気質のための必要換気量，公益社団法人空気調和・衛生工学会，2016.10
- 3) 佐藤暢，飯野守男：二酸化炭素中毒について，

- 麻酔・集中治療とテクノロジー, 99-106, 2022
- 4) K. Harafuji, T. Uchiyama: Potentiation by carbon dioxide of carbon monoxide-induced death in the hypoxic condition. *Nihon Hoigaku Zasshi*. 46(3):198-211, 1992.
  - 5) Kenichi Azuma, Naoki Kagi, U Yanagi, Haruki Osawa: Effects of low-level inhalation exposure to carbon dioxide in indoor environments: A short review on human health and psychomotor performance, *Environment International*, 121, 51-56, 2018.
  - 6) Satish, U., Mendell, M.J., Shekhar, K., Hotchi, T., Sullivan, D., Streufert, S., Fisk, W.J.: Is CO<sub>2</sub> an indoor pollutant? Direct effects of low-to-moderate CO<sub>2</sub> concentrations on human decisionmaking performance. *Environ. Health Perspect*, 120, 1671–1677, 2012.
  - 7) Allen, J.G., MacNaughton, P., Satish, U., Santanam, S., Vallarino, J., Spengler, J.D.: Associations of cognitive function scores with carbon dioxide, ventilation, and volatile organic compound exposures in office workers: A controlled exposure study of green and conventional office environments, *Environ. Health Perspect*, 124, 805–812, 2016.
  - 8) Zhang, X., Wargocki, P., Lian, Z., Tyregod, C.: Effects of exposure to carbon dioxide and bioeffluents on perceived air quality, self-assessed acute health symptoms, and cognitive performance, *Indoor Air*, 27, 47–64, 2017.
  - 9) Liu, W., Zhong, W., Wargocki, P.: Performance, acute health symptoms and physiological responses during exposure to high air temperature and carbon dioxide concentration. *Build. Environ*, 114, 96–105, 2017.
  - 10) Ongwandee, M., Pipithakul, W.: Air Pollutant Emissions from the Burning of Incense, Mosquito Coils, and Candles in a Small Experimental Chamber. *Applied Environmental Research*, 32(1), 69–79, 2013.
  - 11) B. Wang, S.C. Lee, K.F. Ho, Y.M. Kang.: Characteristics of emissions of air pollutants from burning of incense in temples, Hong Kong. *Science of The Total Environment*, 377(1), 52-60, 2007.