

# 家屋内外 PM<sub>2.5</sub> の質量および無機元素成分濃度の測定について

## Concentration and inorganic composition of PM<sub>2.5</sub> inside and outside residences

○牧木 涼輔 (会員)<sup>1)</sup>、奥田 知明 (非会員)<sup>2)</sup>、萩野 浩之 (非会員)<sup>3)</sup>、福崎 有希子 (非会員)<sup>4)</sup>、馬場 優介 (非会員)<sup>1)</sup>、中井 里史 (会員)<sup>1)</sup>

1) 横浜国立大学、2) 慶應義塾大学、3) 日本自動車研究所、4) 横浜市環境科学研究所

○Ryosuke MAKIGI<sup>1)</sup>, Tomoaki OKUDA<sup>2)</sup>, Hiroyuki HAGINO<sup>3)</sup>, Yukiko FUKUSAKI<sup>4)</sup>, Yusuke BABA<sup>1)</sup>, Satoshi NAKAI<sup>1)</sup>

1) Yokohama National Univ., 2) Keio Univ., 3) Japan Automobile Research Inst.,

4) Yokohama Environmental Science Research Inst.

**Abstract:** Indoor and outdoor PM<sub>2.5</sub> mass concentrations and their time variations were measured at 3 residences in Yokohama, for 10 days during the winter and summer in 2017. Inorganic elements were analyzed by ICP-MS and EDXRF. The measurement results in the winter are shown in this manuscript. Indoor and outdoor concentrations in all residences were lower than the 24hr environmental standards (35µg/m<sup>3</sup>). Although elevation of Indoor concentrations attributed to incense sticks was not observed, smoking and cooking contributed to indoor PM<sub>2.5</sub> concentrations. I/O concentration ratios of inorganic elements were lower than 1 except Cd at the home with a smoker.

キーワード：屋内外濃度、無機元素成分、生活行動、発生源推定

## 1. 緒言

PM<sub>2.5</sub>による個人曝露実態を把握し、健康影響・リスク評価を検討するためには、曝露時間の多くを占める屋内のPM<sub>2.5</sub>濃度実態を明らかにする必要がある。だが我が国は海外と比べて屋内、特に家屋内PM<sub>2.5</sub>の質量濃度測定に関する報告は少ない。また濃度や曝露量を低減するには発生源管理が必要であるが、PM<sub>2.5</sub>発生源推定に必要な成分の測定事例は殆ど無いのが現状である。

本研究では、家屋内外PM<sub>2.5</sub>濃度実態を把握すると共に、屋内濃度に影響を与える発生源を推定することを目的として、家屋内外で捕集したPM<sub>2.5</sub>の質量および無機元素成分濃度を測定した。

## 2. 方法

### 2. 1. 捕集対象家屋

本研究は横浜市を対象に、日常的に線香を使用する家屋No.1、24時間換気装置が稼働している家屋No.2、喫煙者が居住する家屋No.3を選択した。

### 2. 2. PM<sub>2.5</sub>の捕集および質量濃度測定

冬季と夏季に捕集を行った。各家屋の捕集期間を

Table1に示す。

Table1 Sampling area and period		
Area	Sampling period	
No.1	1/27~2/6	8/21~8/31
No.2	2/7~2/17	9/11~9/21
No.3	2/18~2/28	8/3~8/13

PTFE フィルターを装着した ATPS-20H (柴田科学社製) ホルダーを吸引流量 1.5L/min のミニポンプ MP-Σ300 (柴田科学社製) を用い、5日連続 (10日間/軒) の捕集を行った。質量濃度は、捕集前後のフィルターを横浜市環境科学研究所の恒温チャンバー内 (温度 21.5±1.5°C, 湿度 35±5%) に24時間以上放置後、電子天秤 MS5A 型 (メトラ社製) で秤量して算出した。各家屋外濃度は家屋No.2 のバルコニーで測定した値を用いた。

### 2. 3. 質量濃度の経時変化

PM<sub>2.5</sub>連続測定器 LD-5 (柴田科学社製) で30分間隔の濃度測定を行い、経時変化を調べた。あわせて、捕集中の調理時間や喫煙等の生活行動を調査票により把握した。なお、フィルター法との並行測定から得た K 値 (質量濃度変換係数) により測定値の補正を行った。

## 2. 4. 無機元素成分濃度

無機元素成分は、EDXRF(リガク社製 EDXL300)でFP(ファンダメンタルパラメータ)法により測定すると共に、ICP-MS(Agilent社製 7700x)で内標準法により測定した。ICP-MS分析前処理の酸分解には、マイクロウェーブ分解装置(Milestone社製 ETHOS UP)を用いた。分解後は汚染防止の為、直接超純水で希釈したものを試料溶液とした。解析対象成分は計17元素とし、Mg, Al, V, Cr, Mn, Fe, Cu, Zn, As, Cd, Sn, PbはICP-MS測定値を、Si, S, Cl, K, Ca, TiはEDXRF測定値を用いた。

## 2. 5. 解析方法

PM<sub>2.5</sub>質量および無機元素成分濃度より屋内外の濃度実態を把握すると共に、生活行動調査票の内容を考慮し、生活行動と家屋内PM<sub>2.5</sub>濃度の関連を検討する。

## 3. 結果および考察

フィルター法により得た5日間の平均質量濃度の結果(冬季)をFig.1aに示す。静岡県的一般家屋(20軒)を対象にしたOhuraら<sup>1)</sup>では、屋内濃度範囲は4.2~77 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ となっており、それと比べても総じて低く、環境基準も下回っており、いずれも屋外濃度が屋内濃度よりも高かった。

続いてPM<sub>2.5</sub>連続測定の結果の一部をFig.1b, 1c, 1dに示す。なお、K値は0.84 $\mu\text{g}/\text{m}^3/\text{cpm}$ だった。

Fig.1bは家屋No.1の経時変化である。測定期間中、毎朝線香の使用の記録があったが、屋内PM<sub>2.5</sub>への影響は確認されなかった。これは、線香を使用する部屋と測定機器を設置した部屋が別であったため、機器が線香の影響を受けにくかったことが原因と考えられる。調理の行われた20時頃には、瞬間的に屋内で135.2 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ を示した。しかし調理内容までは調べていないため、調理内容による寄与の大きさは判らない。

Fig.2dは家屋No.2の経時変化であり、調理時(#)<sup>1)</sup>は常に他家屋と同様に屋内濃度の上昇が観察された。

Fig.1cは家屋No.3の経時変化である。喫煙行為(\*)中に、屋内濃度の上昇が観察された。居住者の喫煙頻度は1本/回だが、喫煙時の屋内濃度は一定で無いことを示した。これは、喫煙時間が均一でないことが原因と考えられる。加えて、No.1と

異なり測定機器設置場所と喫煙場所が近かったことも考えられる。調理中についても屋内濃度上昇が観察された。

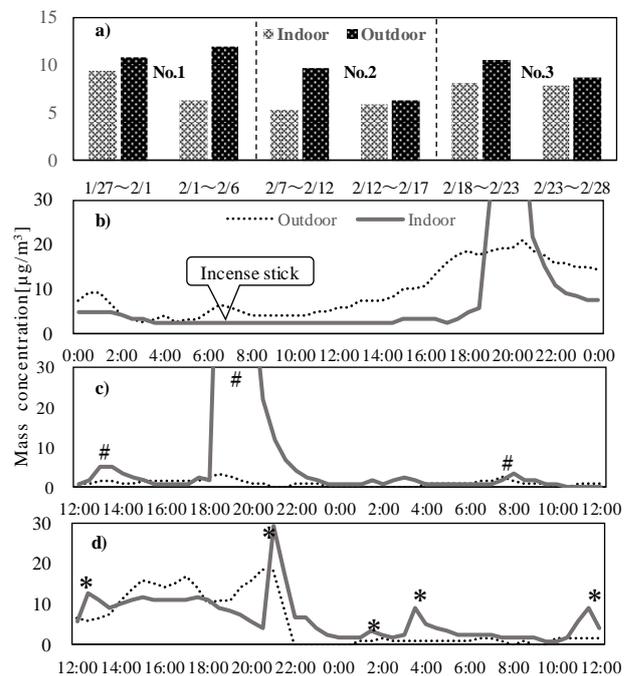


Fig.1 a) Average concentration of PM<sub>2.5</sub> in winter, b) Time variation of PM<sub>2.5</sub> concentration in residence No.1 (1/29), c) in residence No.2 (2/13), d) in residence No.3 (2/21)

無機元素成分は全家屋内においてFeが最高濃度を示し、濃度範囲は9.7~30.1 $\text{ng}/\text{m}^3$ だった。ただ屋外濃度範囲は56.8~154.2 $\text{ng}/\text{m}^3$ で、いずれも屋外濃度が屋内を上回っていた。一方Cd(No.3: 2/18~23)は、屋内濃度0.29 $\text{ng}/\text{m}^3$ に対し、屋外濃度は0.14 $\text{ng}/\text{m}^3$ を示していた。全成分のI/O比を求めたところ、殆どが1を下回っていたが、Cd(No.3)は1.56となり、EF値も558.1と10を超えたため、Cdの喫煙由来の可能性が示された。その他、明らかに屋内濃度が屋外濃度を上回る無機成分は観察されず、今回測定対象とした無機成分濃度への調理等の寄与は判らなかった。

## 4. 今後の予定

夏季の測定結果も併せ、屋内外PM<sub>2.5</sub>の質量および無機元素成分濃度の実態を把握すると共に、発生源を調べて、今後のPM<sub>2.5</sub>関連研究に資するデータの集積を進める。

## 5. 参考文献

1) Ohura et al.: *Atomos Environment* **38**, 2045-2054(2004).