

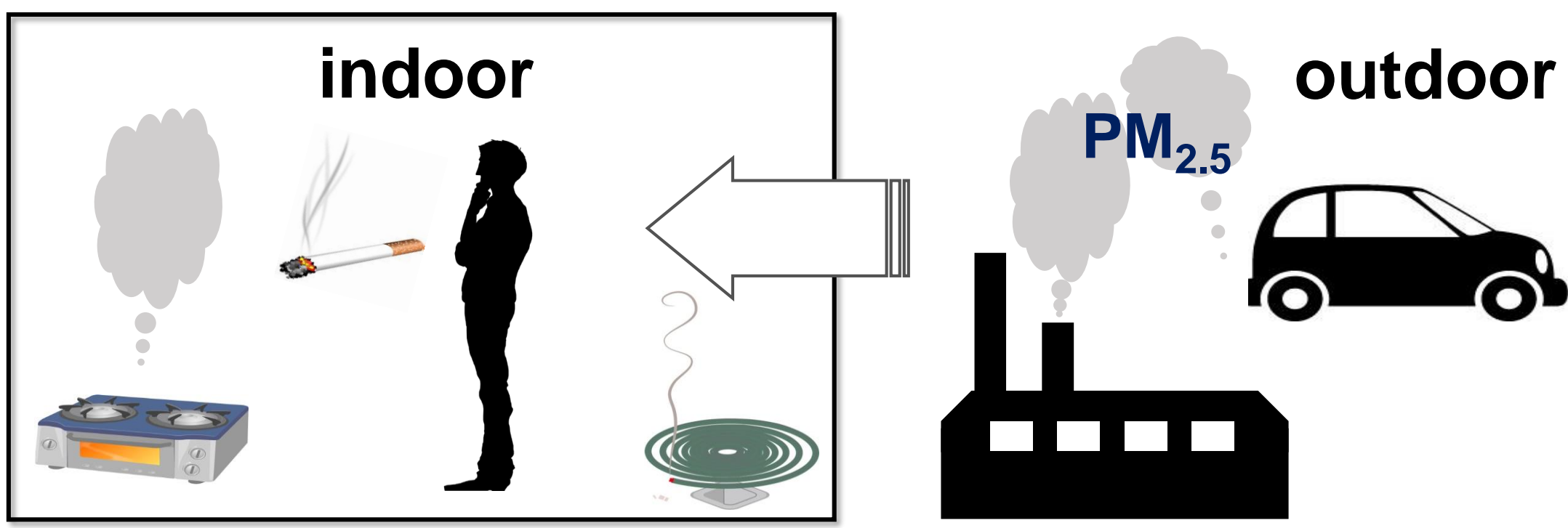
家屋内外PM_{2.5}の質量および無機元素成分濃度の測定について

Concentration and inorganic composition of PM_{2.5} inside and outside residences

○牧木涼輔(学生会員)¹, 奥田知明(非会員)², 萩野浩之(非会員)³, 福崎有希子(非会員)⁴, 馬場優介(非会員)¹, 中井里史(会員)¹

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

緒言



- 屋外に加え、家屋内は調理・喫煙等のPM_{2.5}発生源が存在する可能性があり、換気によって屋外発生源の影響も受ける為、**家屋内と大気中のPM_{2.5}の実態は異なる**と考えられる
- PM_{2.5}に関する健康影響評価や疫学研究を行う際には、曝露時間の長い屋内環境(特に家屋内)のPM_{2.5}の情報が重要
- 海外と比べ、日本は家屋内PM_{2.5}の質量濃度の測定事例は僅かであり、特に家屋内外PM_{2.5}の成分の比較を行った研究は殆ど無いのが現状

研究目的 家屋内外PM_{2.5}の実態把握, 屋内に影響を与える要因推定, 今後のPM_{2.5}関連の研究に対し定量的情報を資すること

方法

捕集対象家屋について

家屋	捕集期間		居住者数	備考
	冬	夏		
No.1	1/27~2/6	8/21~8/31	2	線香の使用
No.2	2/7~2/17	9/11~9/21	4	24時間換気
No.3	2/18~2/28	8/3~8/13	1	喫煙者が居住

- 季節変化を考慮し、冬と夏に分けて捕集を実施
- 小型サンプラーとミニポンプ(1.5 L/min)を用いPTFE製ろ紙上に家屋内外PM_{2.5}を捕集
- 5日間の連続捕集を各家屋で2回ずつ実施
- 生活行動の屋内PM_{2.5}への寄与を確認するため、居住者に生活行動調査票の記録を依頼
- 各家屋外濃度は、No.2のバルコニーで測定



Fig.1 屋内測定の様子(家屋No.2)

質量濃度測定

- フィルタ法により各家屋の**5日間平均濃度**[μg/m³]を算出、横浜市環境科学研究所の恒温チャンバー(21.5±1.5, 35±5%)で秤量を実施
- 生活行動の屋内への影響を確認するため、PM_{2.5}連続測定器で**30分間隔の濃度測定**を実施
- 質量濃度変換係数(K値)は、フィルタ法での秤量結果から算出し、連続測定値[cpm]を質量濃度[μg/m³]へ補正

Fig. 2 a) 小型サンプラー ATPS-20H, b) ミニポンプ MP-Σ300, c) PM_{2.5}連続測定器 LD-5 (柴田科学社製)

無機元素成分分析

- より多くの成分情報を得るため、EDXRFとICP-MSの両測定機による分析を試みた

測定法	EDXRF-FP法	酸分解/ICP-MS法
機器	EDXL300 (リガク社製)	前処理: ETHOS UP (Milestone社製) 分析: 7700x (Agilent社製)
標準試料	SRM2783 (NIST)	CRM No.28 (NIES)
測定成分	Al, Si, S, Cl, K, Ca, Ti, Mn, Fe, Ni, Cu, Zn	Mg, Al, Ca, Ti, V, Cr, Mn, Fe, Ni, Cu, Zn, As, Cd, Pb

- 両法で検出された一部の元素については、回収率が高い方の測定値を用いた

結果・考察

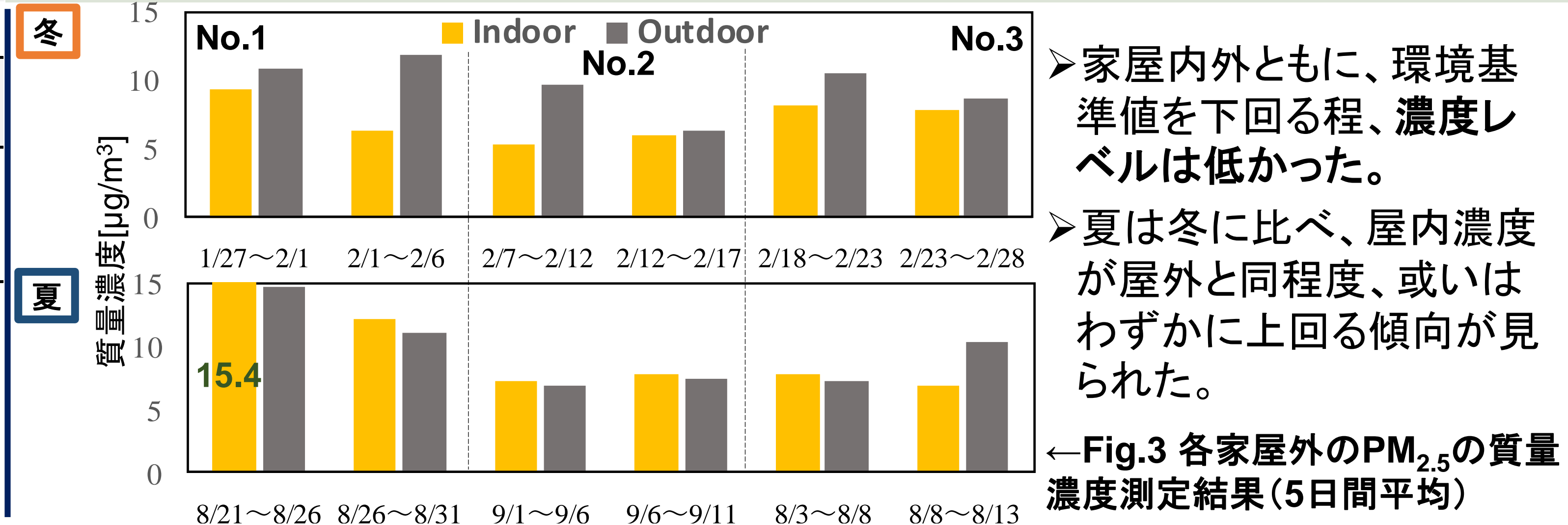
① 捕集期間中の生活行動記録について(10日間合計値)

Table1 各家屋における生活行動記録のまとめ(冬:左, 夏:右)

家屋	冬				夏				家屋情報
	換気時間[h]	ガス調理時間[h]	開窓時間[h]	喫煙本数	換気時間[h]	ガス調理時間[h]	開窓時間[h]	喫煙本数	
No.1	11.0	11.0	0	-	11.6	9.6	80.9	-	戸建て, 1階80m ²
No.2	19.0	18.0	3.0	-	12.9	12.9	36.5	-	マンション4階, 110m ²
No.3	5.2	3.2	1.0	25	1.7	1.0	41.0	11	アパート1階, 20m ²

- No.1では毎朝6時ごろからの線香の使用の報告があった。
- No.3では、換気扇付近で2,3本/日の頻度での喫煙の報告があった。
- 3家屋とも開窓時間に季節間の違いが見られ、特にNo.1では夏の開窓時間が80時間を超えていた。

② フィルタ法による質量濃度測定結果



- 家屋内外ともに、環境基準値を下回る程、濃度レベルは低かった。
- 夏は冬に比べ、屋内濃度が屋外と同程度、或いはわずかに上回る傾向が見られた。

←Fig.3 各家屋外のPM_{2.5}の質量濃度測定結果(5日間平均)

③ 質量濃度の経時変化(30分間隔)

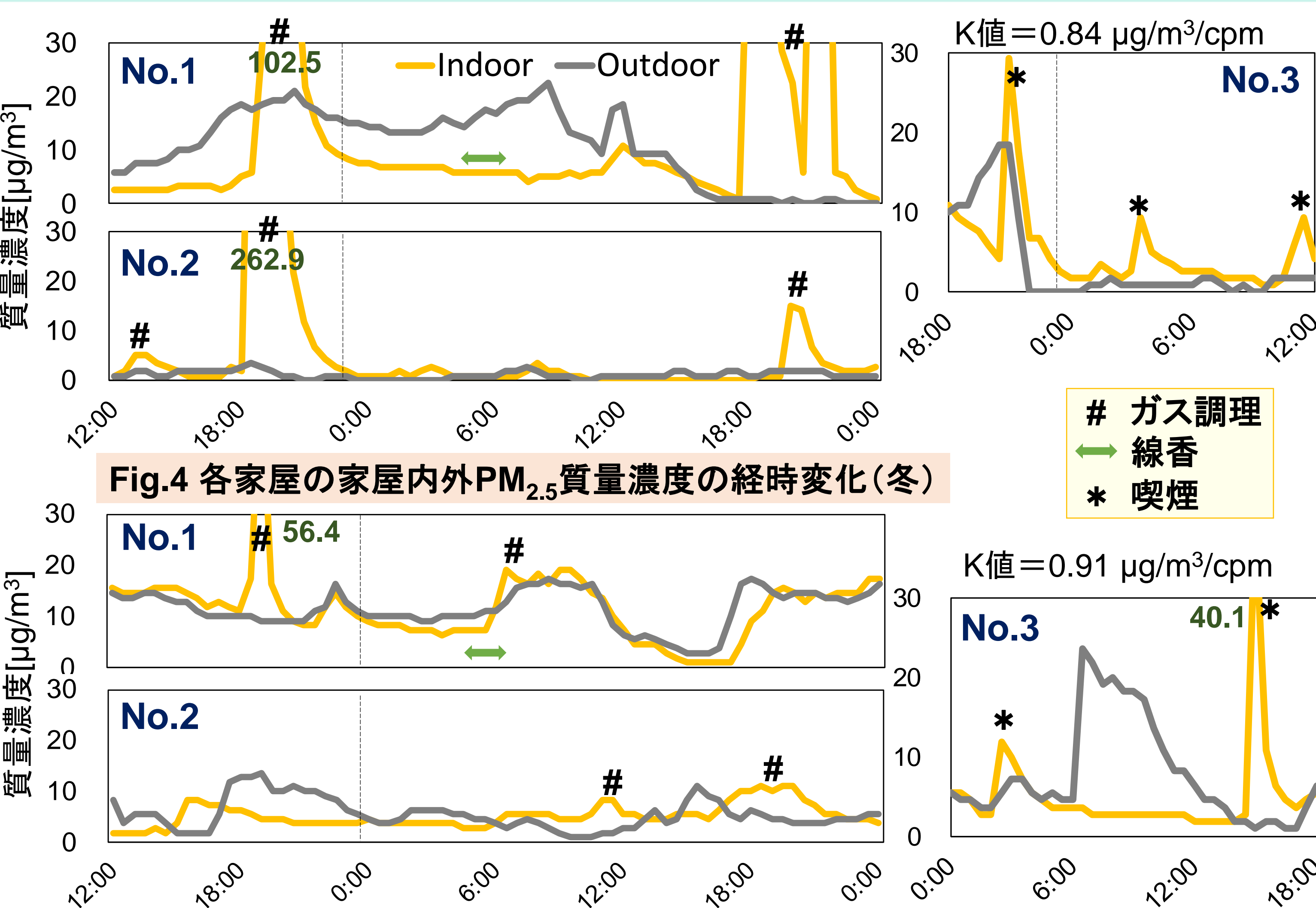


Fig.4 各家屋の家屋内外PM_{2.5}質量濃度の経時変化(冬)

Fig.5 各家屋の家屋内外PM_{2.5}質量濃度の経時変化(夏)

- 線香による屋内濃度上昇は観察されなかった。これは、機器を設置した部屋と線香を使った部屋が別で、機器が影響を受けにくかったことが原因と考える。
- 全家屋で調理時の屋内濃度上昇を観察した。冬季では瞬間的に屋内濃度が100μg/m³以上を示すこともあったが、夏季は56.4μg/m³(No.2)が調理時の最高濃度だった。これは、換気率の違いが原因と考える。また調理時の屋内濃度が一定ではないが、調理場所や内容(品目や調理法)が関連する可能性がある。
- No.3では全ての喫煙中に屋内濃度の上昇が観察された。ただ、居住者は常に1本/回の喫煙頻度だったが、喫煙時の屋内濃度は一定では無かった。原因として、喫煙時間が不均一さ、測定器と喫煙者の距離の違いなどが考えられる。

④ 無機元素成分の分析結果(10日間平均値)

Table2 EDXRF測定結果(冬:左, 夏:右) [μg/cm²]*

No.	In/Out	冬					夏						
		Si	S	Cl	K	Ca	Ti	Si	S	Cl	K	Ca	Ti
No.1	In	0.018	0.08	0.006	0.06	0.05	0.007	0.056	0.026	0.13	0.12	0.025	
	Out	0.16	0.16	0.085	0.12	0.20	0.030	0.068	0.56	0.041	0.13	0.028	
No.2	In	0.038	0.14	0.019	0.052	0.06	0.005	0.047	0.22	0.021	0.057	0.020	
	Out	0.13	0.16	0.027	0.068	0.15	0.021	0.049	0.25	0.046	0.079	0.025	
No.3	In	0.047	0.08	0.026	0.060	0.084	0.003	0.014	0.26	0.083	0.075	0.077	
	Out	0.19	0.18	0.035	0.078	0.18	0.033	0.046	0.52	0.052	0.093	0.11	0.030

Table3 ICP-MS測定結果(冬:上, 夏:下) [ng/m³]

No.	In/Out	冬										夏													
		Mg	Al	V	Cr	Mn	Fe	Cu	Zn	As	Cd	Pb	Mg	V	Cr	Mn	Fe	Ni	Cu	Zn	As	Cd	Pb		
No.1	In	2.8	5.4	0.2	-	0.8	25.5	1.4	6.2	0.3	0.04	2.1	8.9	5.5	1.1	2.7	40.4	1.3	3.6	11.8	1.2	0.05	2.7		
	Out	11.9	51.4	1.7	0.7	2.7	98.5	4.6	12.3	0.4	0.08	4.6	14.0	5.6	2.9	3.4	69.8	1.6	4.1	13.9	0.9	0.06	3.4		
No.2	In	4.6	6.7	0.6	0.4	0.7	26.6	3.4	4.2	0.05	0.03	2.1	12.2	2.7	0.8	2.1	44.6	0.6	2.5	10.4	0.3	0.04	2.3		
	Out	10.0	44.9	1.2	0.8	1.7	71.5	3.5	6.3	0.1	0.05	3.0	12.2	3.1	0.9	2.8	63.2	0.7	3.6	13.0	0.6	0.06	3.2		
No.3	In	1.7	1.0	0.7	0.5	0.2	13.5	0.7	1.3	0.04	0.19	0.7	5.9	3.7	1.2	0.7	16.8	0.7	2.3	3.7	1.3	0.08	0.5		
	Out	18.7	105.6	1.5	1.2	3.4	129.8	3.6	9.6	0.4	0.11	4.0	22.2	5.0	1.1	2.5	61.0	1.4	2.8	12.0	0.4	0.07	2.4		

- 全家屋において、季節間で濃度に明確な違いがあったのはSで、夏の屋内外PM_{2.5}の測定値は冬の約2~3倍高かった。
- 夏と冬共に、屋内外のFe濃度は他成分に比べ高い濃度レベルを示していた。
- No.1で、線香使用による成分への影響は、Fig.4, 5と同様に確認することはできなかった。
- タバコとの関連が示唆されているKについては、両季節とも喫煙家屋であるNo.3では、屋内<屋外で、影響の有無を判別することはできなかった。
- 本測定では、濃度レベルは小さいが人体への毒性が認められているAsやCd等の成分も屋内PM_{2.5}から検出された。

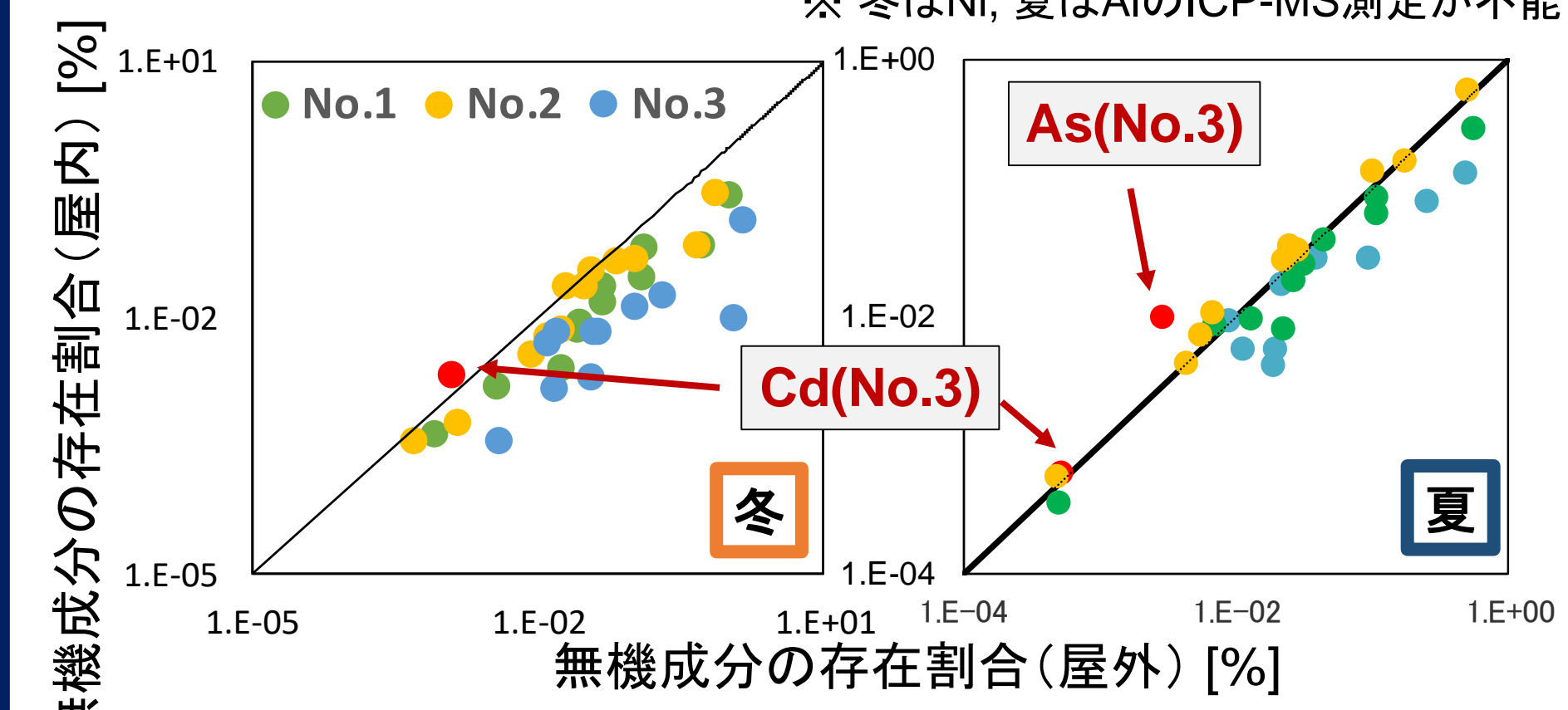


Fig.6 質量に対する無機成分存在割合のI/O

- 殆どの成分がI/O ≤ 1で、屋外発生源の屋内への寄与割合の高さが示唆された。
- No.3で冬のCd, 夏のCdとAsはI/Oが1より大きく、屋内発生源の存在が示唆された。両季節でI/O > 1のCdは、Fig.4, 5よりタバコの影響が考えられるが、冬のAsはI/O < 1なので、本結果からAsとタバコの関連を言及することは困難である。

結論

家屋内外PM_{2.5}の質量濃度(5日間平均)は、日平均基準(35μg/m³)を下回った。濃度の連続観測では、調理や喫煙由来の屋内濃度上昇が観察された一方、線香による屋内への影響は観察されなかった。無機成分の多くは屋内濃度<屋外濃度で、調理・線香の寄与は判らなかつたが、喫煙家屋ではAsとCdの屋内濃度が屋外を上回り、特にCdはタバコとの関連が示唆された。ただ、家屋数が3軒のみであること等から、発生源指標に関する一般論を導き出すのは本検討では難しい。個々の発生源の寄与を探る場合には、対象家屋数を更に増やし、時間分解能を上げて成分濃度把握をすることが今後の関連研究の為に重要だと考える。