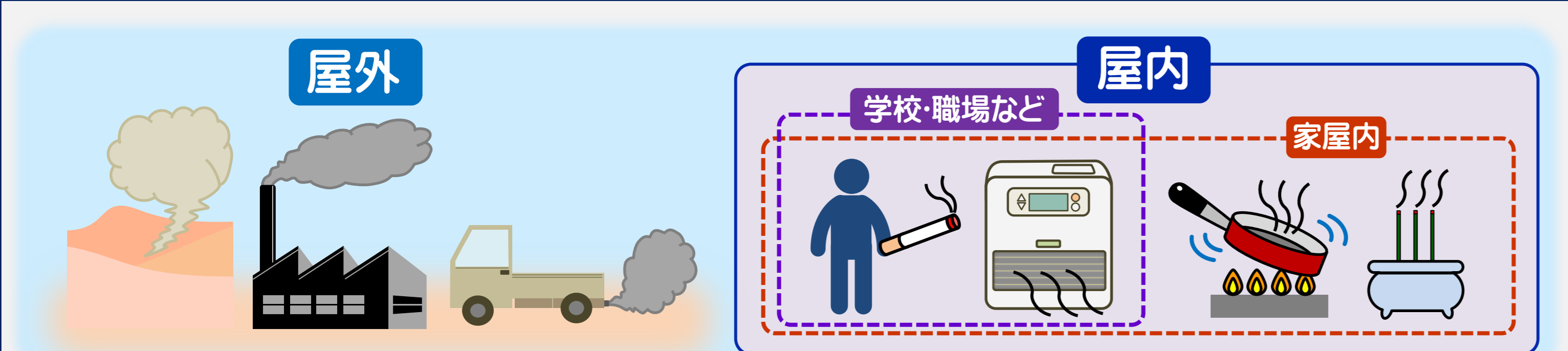


家屋内外のPM_{2.5}濃度と発生源に関する研究

Indoor and outdoor PM_{2.5} concentrations and their emission sources

○馬場 優介(学生会員)¹ 福崎 有希子(非会員)² 奥田 知明(非会員)³ 中井 里史(会員)¹
¹横浜国立大学 ²横浜市環境科学研究所 ³慶應義塾大学

1. 背景・目的



PM_{2.5}環境基準の制定を受け、現在大気中PM_{2.5}濃度の常時観測が行われている。しかし、人のPM_{2.5}曝露実態を把握するためには、PM_{2.5}曝露時間の多くを占める屋内におけるPM_{2.5}濃度実態も明らかにする必要がある。特に家屋内は人の滞在時間が長いだけでなく、調理・喫煙・暖房などのPM_{2.5}発生源が存在するため、家屋内PM_{2.5}濃度は大気中濃度とは異なる可能性がある。しかし、家屋内での質量濃度測定に関する報告はわが国ではわずかしかなく、発生源推定や健康影響評価に必要な成分分析の実施例は殆ど無い。本研究では人の住む家屋を対象とし、季節変化を考慮して夏季および秋季に家屋内外でPM_{2.5}を捕集し、質量濃度および無機元素成分濃度の測定を行った。

- 目的**
- ・家屋内PM_{2.5}質量濃度および無機元素成分濃度実態の把握
 - ・家屋内PM_{2.5}濃度の季節変動の調査
 - ・家屋内PM_{2.5}濃度に影響を与える発生源の考察

3. 結果と考察

夏季の測定結果

表.1 質問票により得られた各家屋の特徴および住人の生活行動《夏季》

捕集期間	家屋No.	自然換気 [h/week]	機械換気 [h/week]	加熱調理 [h/week]	喫煙本数 [本/week]	線香の使用 [本/week]	ペットの飼育
1週目 7/20~7/27	1	8	7	7	-	-	-
	2	143	14	14	-	-	-
	3	7	-	1	-	有(蚊取り)	-
	4	40	14	12	-	有(仏壇*・蚊取り)	-
2週目 7/28~8/4	5	56	8	8	-	有(蚊取り*)	-
	6	50	7	7	-	有(蚊取り*)	-
	7	18.7	1.3	4.7	100	有(仏壇*)	-
	8	160	8	8	-	-	-
3週目 8/5~8/12	9	7.5	5	5	15	-	猫1匹
	10	1.2	4.2	5.7	153	(2階上の部屋)	-
	11	1.3	168	7.3	-	-	中型犬4匹
	12	50	-	-	-	-	-
4週目 8/17~8/24	13	107	16.5	15.5	-	-	中型犬1匹
	14	42	5	5	-	有(仏壇)	-
	15	4.5	2.5	3.5	-	有(お香)	-
	16	70	-	-	-	有(蚊取り*)	-
平均値	48.5	16.2	6.4	-	-	-	

家屋の特徴《夏季》

換気
窓を長時間開けていた家が多い(週平均48.5時間)。

喫煙
家屋7,10は週に100本以上、家屋9は週に15本喫煙。

線香・蚊取り線香の使用
仏壇の線香に加え、夏季のため蚊取り線香の使用が見られた。

線香・蚊取り線香の使用の有無
●測定機を置いた部屋で使用 ○別の部屋で使用

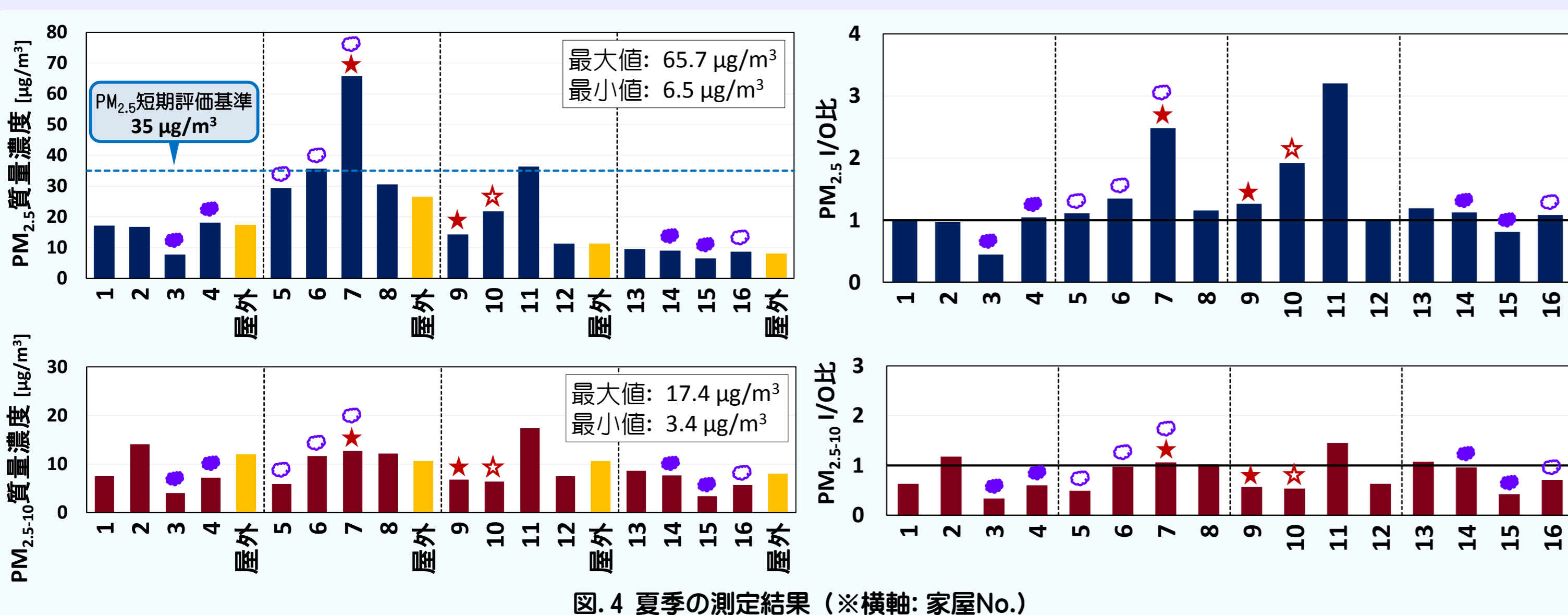


図.4 夏季の測定結果 (※横軸:家屋No.)

室内PM_{2.5}質量濃度は6.5~65.7µg/m³となり、屋外での短期評価基準(日平均値:35µg/m³)を超えた家屋は3軒(家屋6,7,11)であった。5軒(家屋3,6,7,10,11)を除く11軒における屋内外濃度差は、4.1µg/m³以下となり、屋内外濃度は概ね変わらなかった。

週100本以上の喫煙家屋(家屋7,10)の室内PM_{2.5}濃度は屋外よりも10-40µg/m³高かった。しかし、週15本の喫煙家屋(家屋9)における屋内外PM_{2.5}濃度差は4.1µg/m³であり、調理や線香・蚊取り線香使用の有無による濃度差も判別できなかった。

PM_{2.5}無機元素成分について、本発表では夏季のEDXRF測定結果のみを示す(図.5)。S,K,Ca,Fe,Zn,Pbの屋内濃度分布は家屋毎に異なった。一部の家でS,K,Ca,Znの屋内濃度が屋外濃度を上回った。特に喫煙や線香の指標とされるK濃度について、喫煙家屋では家屋9(週15本) < 家屋10(2階上で週153本) < 家屋7(週100本)の順で濃度が上昇し、線香を使用した家屋14でも屋外濃度を超えた。しかしその他の元素濃度と家屋の特徴を関連付けることはできなかった。

図.5 PM_{2.5}無機元素成分濃度《夏季》

2. 実験方法

対象家屋	夏季	秋季
測定場所	東京都北区の家屋	
測定期間	2015/7/20~8/24	2015/11/8~11/23
測定件数	16軒	9軒(16軒の一部)
測定頻度	4軒/週	5軒/週
調査票の使用	住人の生活や家屋の特徴を調査した。	

試料の捕集	
サンプラー	柴田科学社製個人サンプラー(ATPS-20H)
ポンプ	柴田科学社製ミニポンプ(MP-Σ300)
吸引流量	1.5 L/min
捕集時間	1週間(168時間)の連続捕集
フィルタ	PTFE製(PM _{2.5} 捕集用:φ1.9cm, PM _{2.5-10} 捕集用:φ0.9cm)

質量濃度および無機元素成分濃度の測定	
質量濃度	横浜市環境科学研究所の恒温チャンバー(温度21.5±1.5°C,湿度35±5%)にてコンディショニング後、精密電子天秤(メトラー社製MSSA型)でフィルタを秤量し、質量濃度を算出した。
無機元素成分濃度	1. EDXRF(リガク社製EXCL300)による分析 ※X線照射径(φ2.0cm)よりフィルタ径(φ1.9cm)が小さいため便宜的に次式で換算: 大気中濃度[ug/m ³] = 測定値[ug/cm ²] × X線照射径(1×1×π)[cm ²] ÷ 吸引流量[m ³] 2. ICP-MS(Agilent社製7700x)による分析(未実施)

秋季の測定結果

表.2 質問票により得られた各家屋の特徴および住人の生活行動《秋季》

捕集期間	家屋No.	自然換気 [h/week]	機械換気 [h/week]	暖房の使用 [h/week]	加熱調理 [h/week]	喫煙本数 [本/week]	線香の使用 [本/week]	ペットの飼育
1週目 11/8~11/15	7	10	1.5	23*	5.7	116	有(仏壇*)	-
	9	-	7	2**	7	8	-	猫1匹
	10	0.2	6.3	31	6.8	110	-	中型犬4匹
	11	1.2	168	-	5	-	-	-
2週目 11/16~11/23	12	-	2.7	-	3.1	-	-	-
	3	10	-	7*	19*	-	-	-
	4	3.5	17.5	-	15.5	-	有(仏壇*)	-
	6	31	9	2.5	8.5	-	-	-
14	1	2.5	21.5*	9.5*	11	-	有(仏壇)	
平均値	6.3	23.9	暖房時間の平均:15.1	7.0	-	-	-	-

家屋の特徴《秋季》

換気
窓の開放時間は夏季よりも短い(週平均6.3時間)。

線香の使用 → 蚊取り線香無し

燃焼系暖房の使用
11月中旬のため、使用時間はわずか(週9.5-19時間)であった。

燃焼系暖房器具の使用
★ガス暖房の使用 ☆石油暖房の使用

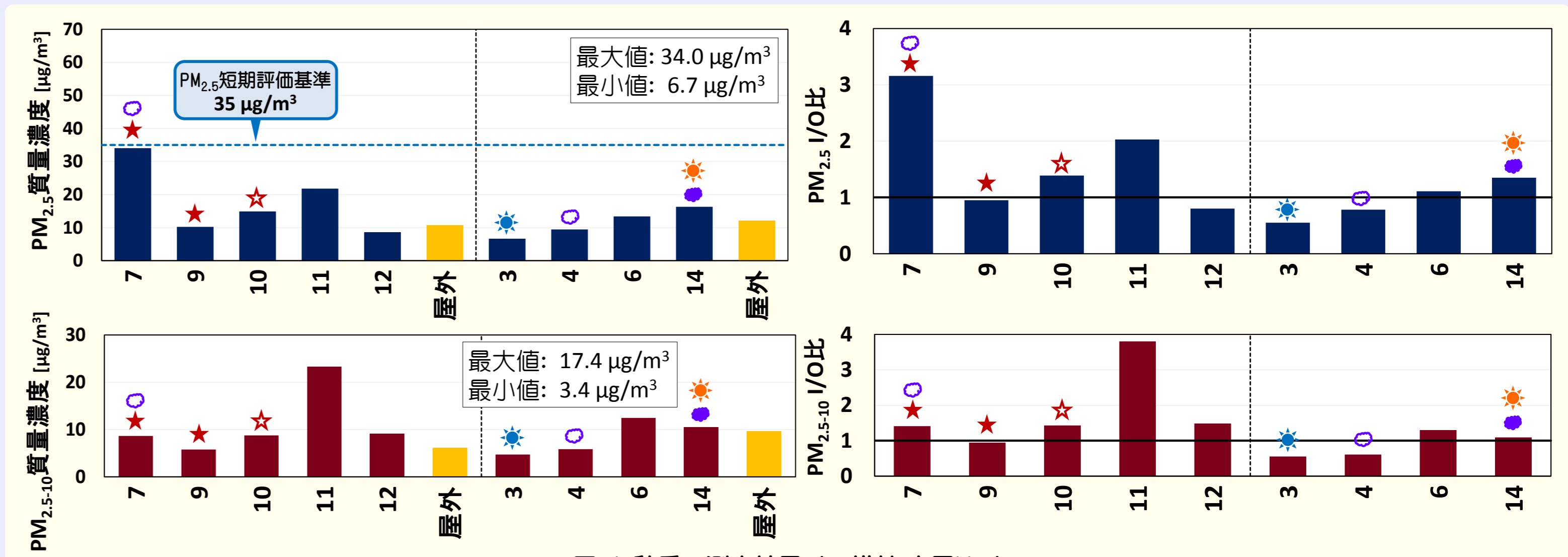


図.6 秋季の測定結果 (※横軸:家屋No.)

室内PM_{2.5}質量濃度は6.7~34.0µg/m³となり、夏季よりも低い値となった。二週とも屋外濃度が10µg/m³程度と低かったことも一因であると考えられる。5軒(家屋4,6,9,10,12,14)の屋内外濃度差は4.2µg/m³以下であった。特に、家屋4,9,12のI/O比(PM_{2.5})は1を下回り、夏季よりもやや低い値となった。換気が少なくなり屋外からの粒子の侵入が減ったためと考えられる。

週116本の喫煙家屋(家屋7)の室内PM_{2.5}濃度は屋外よりも23µg/m³高くなったが、これは夏季の半分程度であった。一方で家屋10における週110本の喫煙(2階上の部屋)による室内濃度への影響は確認できなかった。夏季と同様に、週15本の喫煙(家屋9)や調理・線香使用の有無による影響は確認できず、また、暖房使用の有無による影響も見られなかった。

夏季・秋季ともに、家屋3の室内PM_{2.5}濃度が最も低くなった。家屋3は、夏季は蚊取り線香、秋季はガス暖房を使用していたが、換気やその他の生活行動が比較的少ない家屋である。一方で、家屋11は、喫煙・線香の使用は無く、換気扇を常時運転していたが、夏季・秋季ともにPM_{2.5}およびPM_{2.5-10}のI/O比が高くなった。これは中型犬4匹の室内飼育による影響と考えられる。

常時監視局との比較

表.4 PM _{2.5} 実測値と常時観測値《夏季》	[週平均値, 単位: µg/m ³]			
	PM _{2.5} 実測値(家屋4屋外)	北本通り王子(自排局)	板橋区本町(一般局)	足立区西新井(一般局)
一週目	17.4	19.5	18.6	16.9
二週目	26.5	30.3	28.2	27.5
三週目	11.3	14.8	13.6	12.3
四週目	8.0	11.0	10.7	9.2

表.5 PM _{2.5} 実測値と常時観測値《秋季》	[週平均値, 単位: µg/m ³]			
	PM _{2.5} 実測値(家屋4屋外)	北本通り王子(自排局)	板橋区本町(一般局)	足立区西新井(一般局)
一週目	10.5	11.5	10.4	10.4
二週目	12.1	13.8	12.5	13.0



図.8 常時監視局の位置

各地点での濃度差は最大でも4µg/m³程度であるため、本測定地域における屋外PM_{2.5}濃度は、広範囲で同様の濃度レベルであると考えられる。

4. まとめ

家屋内のPM_{2.5}質量濃度は、夏季が6.5~65.7µg/m³、秋季が6.7~34.0µg/m³となった。一部の喫煙家屋、および室内犬を飼育していた家屋の室内PM_{2.5}濃度が36.3~65.7µg/m³と高かった一方で、夏季・秋季ともに屋外PM_{2.5}濃度(8.0~26.5µg/m³)との間に差の見られない家屋が多く存在した。夏季のPM_{2.5}無機元素成分濃度は、S,K,Ca,Fe,Zn,Pbの屋内濃度分布が家屋毎に異なった。週平均濃度で見ると、「週に百本以上の喫煙」を除く他の発生源(数本の喫煙、線香・蚊取り線香の使用、調理、暖房の使用など)による室内PM_{2.5}質量濃度への影響は確認できなかった。

謝辞 本研究は室内環境学会調査研究助成(柴田科学2015年度調査研究助成)を受けて実施いたしました。