

令和 2 年 6 月 15 日現在

機関番号：12608
研究種目：基盤研究(B)（一般）
研究期間：2017～2019
課題番号：17H03352
研究課題名（和文）室内における動的挙動と相互作用を考慮した粒子汚染履歴の解明及び健康リスク評価

研究課題名（英文）Indoor particulate matter and health risk assessment by dynamic behavior and interactions

研究代表者
鍵 直樹（Kagi, Naoki）

東京工業大学・環境・社会理工学院・准教授

研究者番号：20345383
交付決定額（研究期間全体）：（直接経費） 12,900,000円

研究成果の概要（和文）：居住環境における浮遊粉じん濃度については、室内での喫煙の減少などから、低い濃度に維持されており、室内汚染物質としては注目されなくなったとも言える。近年中国からの越境汚染として冬期に飛来する微小粒子となるPM2.5については、日本において大気環境基準も制定されたこともあり、室内でも注目されることになった。

そこで本研究では、実態調査、実験、数値解析の手法を用いて、超微粒子、PM2.5、粗大粒子など浮遊及び堆積粒子の挙動と相互関係を考慮した室内での粒子の実態を把握した。また、このような物理挙動から、健康リスク評価を行うことで、健康を考慮した建物用途ごとの曝露濃度評価方法を提案した。

研究成果の学術的意義や社会的意義

居住環境における浮遊粉じんの実態について、実態調査、実験、数値解析の手法を用いて、それぞれの用途ごとの室内浮遊微粒子濃度（PM2.5）について予測することを検討し、健康を考慮した建物用途ごとの曝露濃度評価方法を提案した。さらに、PM2.5の個人曝露量を検討するために、建築物においては空調分類ごと、オフィスや住宅など建物の種類ごとに、様々な世代における個人曝露濃度が予測方法について検討を行った。そして、様々な行動による個人曝露量の算出方法について提案し、例えば滞在している建築が空調設備の分類で、中央方式の方が個別方式よりも曝露濃度が2-3 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ 程度低くなることを示した。

研究成果の概要（英文）：The concentrations of suspended particulate matter in indoor environments have been maintained at low levels due to the non smoking indoors and other factors. However, in recent years, PM2.5, which is a fine particle that comes from China in the winter season, has become a major contaminants in indoor environments.

In this study, we have conducted field surveys, experiments and numerical analysis to investigate the actual situation and behavior for ultra fine particles, PM2.5, and coarse particles in indoor environments. In addition, from these physical behaviors in indoor environments and a health risk assessment, the method for evaluating exposure concentrations was proposed.

研究分野：建築環境工学

キーワード：室内空気質 浮遊粒子 ダスト 曝露評価

様式 C - 19、F - 19 - 1、Z - 19 (共通)

1. 研究開始当初の背景

居住環境における浮遊粉じん濃度については、室内での喫煙の減少などから、低い濃度に維持されており、室内汚染物質としては注目されなくなったとも言える。一方、シックハウス症候群に端を発した揮発性有機化合物(VOCs)、ダンプビルによる浮遊微生物やアレルゲンによる室内環境の悪化などについては、現在も盛んに研究が行われているところである。しかしながら、近年中国からの越境汚染として冬期に飛来する微小粒子となるPM_{2.5}については、日本において大気環境基準も制定されたこともあり、室内でも注目されることになった。

室内における浮遊粒子の特徴は申請者による事務所建築物を測定では、個数濃度としては粒径100 nm以下の超微粒子が、質量濃度としてPM_{2.5}の主ピークの粒径0.2 μm、及び粒径10 μmの粗大粒子が多くを占めていた。このような広範囲の粒径に渡る粒子は、拡散、移流、沈着・沈降、換気・フィルタへの捕集、再飛散など、粒径により全く異なる挙動を示す。粒子の発生源も、大気からの侵入に加え、室内では居住者の行動、燃焼器具、プリンタなどの情報機器、芳香剤とオゾンによる超微粒子の生成など、粒径や組成の特性が全く異なる。更に粒子による呼吸器系への直接的な健康影響だけではなく、準揮発性有機化合物(SVOC)が浮遊粒子や床に堆積したハウスダストに吸着し、これに含まれるSVOC濃度と子どもの喘息への影響についての疫学的知見が得られている。また、微生物が他の粒子に付着している可能性が示唆されている。このように、他の汚染物質との相互作用も含め、粒子の空間中での挙動は実に複雑である。

2. 研究の目的

本研究では、室内空気質の中でも粒子状物質の汚染メカニズムの解明として、室内環境における粒子の一生涯に着目し、粒子の発生、浮遊・移流・沈着・再飛散する動的挙動を把握、そして浮遊又は堆積している際の他の汚染物質同士の相互作用、これによる健康への影響及び対策について検討する。

粒子が空間中に浮遊及び床などに堆積するなど複雑な挙動を示し、VOCや微生物が混合して存在している。SVOCや微生物は粒子に付着・凝集することで、自身の特性が変わり、人体への曝露形態も異なってくるのが想定される。

そこで本研究では、実態調査、実験、数値解析の手法を用いて、超微粒子、PM_{2.5}、粗大粒子など浮遊及び堆積粒子の挙動と相互関係を考慮した室内での粒子の履歴を把握することとする。また、このような物理挙動から、健康リスク評価を行うことで、健康を考慮した建物用途ごとの曝露濃度評価方法を提案することとする。

3. 研究の方法

本研究では、滞在空間の違いを考慮したPM_{2.5}の個人曝露量を検討するために、滞在時間の長い各種建築物の特性を考慮した室内PM_{2.5}について、粒径別に実態を把握するとともに、室内PM_{2.5}濃度予測を行うことにより、様々な行動による個人曝露量の算出方法について提案することを目的とする。

4. 研究成果

4.1 事務所建築物における実測調査

建築物における室内PM_{2.5}の実態を把握するため、事務所建築物において実測調査を行った。各建物の空気調和方式については、外調機を有する中央方式と、ビルマル及び全熱交換器による個別方式に分類した。各室と外気において15~30分程度、連続測定を行い、その平均値で評価した。PM_{2.5}の質量濃度の測定には、可搬型のPM_{2.5}計(TSI DustTrak DRX 8533)を用いた。更に粒径別に詳細に検討するため、粒径別個数濃度の測定には、ナノ粒子の測定にPAMS(日本カノマックス, 3310)、粒径0.3 μm以上の粒子の測定にOPS(TSI 3330)を使用した。以降の実験でも同様の測定機器を使用した。

各建築物の室内及び外気のPM_{2.5}濃度とI/O比(室内/屋外の濃度比)を図-1に示す。なお、同一の建築物で複数箇所にわたり測定している場合は、概ね同程度となったため平均値として表した。室内PM_{2.5}濃度は、大気環境基準の1日平均値の35 μg/m³を下回っており、I/O比も概ね1を下回っていた。従って、室内に支配的な粒子発生源がない場合、室内PM_{2.5}濃度には、主に外気からの侵入の影響が考えられる。

図-1に示した結果を中央方式と個別方式に分類し、図-2に示す室内PM_{2.5}濃度及びI/O比を箱ひげ図で比較した。室内PM_{2.5}濃度及びI/O比は、中央方式の方が個別方式よりも低い値となった。また、粒径区分ごとに同様にI/O比を空調方式別に比較しても、同様に中央方式の方が各粒径で低い値となった。これらの差が現れた要因は、中央方式で利用されている空調機フィルタが、個別空調方式のものと比較してより効率的に外気粉じんを除去しているためと考えられる。

さらに中間期に多い、窓開け換気時の室内粒子濃度の状況について検討を行った。オフィスと同様の仕様となっている大学居室と実住宅を対象として、窓開け30分後の室内濃度を定常状態とし、30分間粒径別個数濃度を測定し、外気濃度と比較した。大学居室での機械換気風量条件として、off, low, highで比較した。なお窓開け時には、7回/hの換気回数を有していた。住宅では、換気装置を稼働させず、窓開けによる換気のみで測定を行った。

粒径別のI/O比の結果を図-3に示す。機械換気風量条件のoff, low, highで比較すると、300~2500 nmの粒径では3条件ともI/O比は概ね0.8で、機械換気条件による差は小さかった。一

方, 300 nm 以下の微小粒径では条件による差が大きかった。これは, 外気濃度の変動の影響をこの範囲の粒子が特に受けたためと考えられる。窓開けによる換気時の粒径別の I/O 比の平均値を本学居室と住宅と比較すると, 窓開け時の換気量が両者とも多いことから変わりがなく, 室内での粒子沈着があることから, I/O 比は粒径 2.5 μm 以下では概ね 0.7~0.9 の値となった。

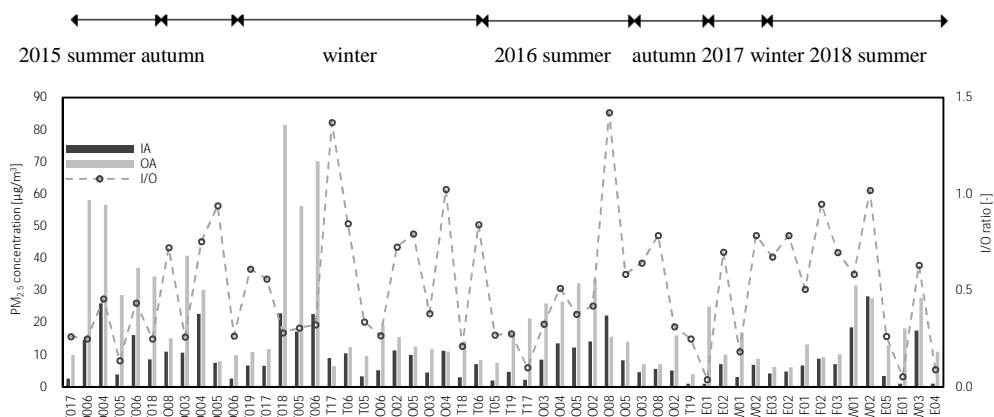


図-1 各建築物の PM_{2.5} 濃度及び I/O 比

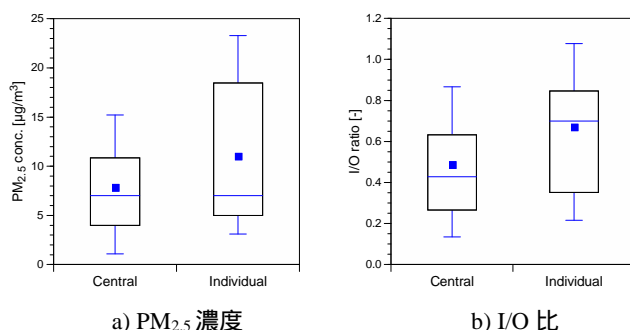


図-2 空調方式別の PM_{2.5} 濃度と I/O 比

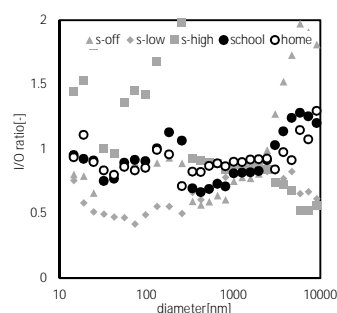


図-3 窓開け換気時の I/O 比

4.2 室内粒子の濃度予測と各係数の検討

建築物の特徴と室内 PM_{2.5} 濃度の関係を把握するため, 表-1 に示した室内粒子の物質収支式を用いることとし, 各係数を検討した。なお, 粒子の発生量, 沈着などは全て粒径別に検討することとなる。それぞれの係数について, 今回検討する建築物及び住宅における条件で検討した。

外気からの粒子の侵入の割合には, 換気装置エアフィルタ η_d 及び漏気 p_d によるものがある。粗じんフィルタ, 中性能フィルタを対象に超微粒子を含めた粒径別の捕集率の実験を行った。一定流量で大気じんを試験ダクトに導入し, 各フィルタの通過前後での粒子濃度を比較することで, 粒径別の捕集率 η_d を算出した。結果を図-4 に示す。 η_d は, 粒径 300 nm 付近で低く, 全ての粒径で中性能フィルタが粗じんフィルタより高いことが分かった。侵入率 p_d は, 漏気に伴い粒子が室内へ侵入する割合である。本研究では, 既往研究¹⁾を参考に粒径別に値を設定した。

各室の換気量 Q は, 各建物において表-1(2)式に示した CO₂ 減衰法から実験的に算出した。なお, 機械換気されていない状態の換気量を漏気量 Q_L とし, 機械換気されている状態の換気量と漏気量の差を機械換気量 Q_S とした。

対象としたモデル事務所建築, 住宅の換気回数を表-3 に示す。なお対象とした建築物として, 事務所建築物には, 個別方式を 2 種類(I1, I2)と中央方式を 1 種類(C1)設定し, 住宅建築には, 自然換気みの住宅 1 種類(H-leakage)と 24 時間換気システムが導入された住宅を対象として, 窓閉め時(H-close)と窓開け時(H-open)を設定し, 換気回数を設定した。実測値がない場合は, 文献値^{2,3)}を参考に設定した。

物体表面への沈着現象には, (3)式に示す沈着率 β_d と沈着速度 v_d として表されるのが一般的である。 v_d は, 粒子の粒径や沈着する内装材の面によって異なる。粒径 300 nm 以下の微小粒子と壁材, 天井材に沈着する粒子は拡散運動が支配的であり, 床材に沈着する 300 nm 以上の粒子は重力沈降が支配的となる。

沈着率 β_d と室の大きさ(床・壁・天井の比率)の関係性を(3)式から検討したところ, 室の大きさが異なっても β_d の値に違いが少ないことが分かった。以降の予測には, 建物固有の値であるが, 既往値⁴⁾を用いることとする。

表-1 室内粒子の物質収支式

$$C_{in-d} = \frac{\{Q_s(1 - \eta_d) + Q_L p_d\}C_{out-d} + M_d}{Q + \beta_d V + Q_F \eta_d} \quad (1)$$

C_{in-d} : indoor concentration for particle distribution [mg/m³] Q_s : mechanical ventilation [m³/h]
 C_{out-d} : outdoor concentration for particle distribution [mg/m³] Q_L : infiltration or leakage flow [m³/h]
 M_d : emission indoor concentration for particle distribution [mg/m³] *6 Q : ventilation volume ($Q_s + Q_L$) [m³/h]
 β_d : deposition rate for particle size [-/h] p_d : penetration ratio [-] Q_F : circulating volume [m³/h]
 η_d : collection ratio for particle size [-] V : room volume [m³] *6 : 本研究では $M_d = 0$ の条件で検討を行った。

表-2 室内粒子の物質収支と各係数の検討で用いた計算式

$$C - C_0 = (C_i - C_0) \exp(-nt) \quad (2)$$

$$\beta_d = v_d \cdot \frac{\sum A_s}{V} \quad (3)$$

$$n'_d = \beta_d + \frac{Q_L}{V} \cdot (1 - p_d) \quad (4)$$

C : indoor concentration in time "t" [ppm] or [mg/m³] t : time [-/h]
 C_0 : outdoor concentration [ppm] or [mg/m³] n : ventilation frequency [-/h]
 C_i : initial indoor concentration [ppm] or [mg/m³] n'_d : n for particle distribution [-/h]
 A_s : exposure surface area [m²] v_d : deposition velocity [m/h]

表-3 モデル建物の換気回数の実測値と設定値

building	office building			residential building		
	ventilation	individual air conditioning	central	only leakage	window-close	window-open
ID	I ₁	I ₂	C ₁	H _{leakage}	H _{close} *10	H _{open} *11
Q/V	-/h	0.98	1.24	3.28	0.25	0.50*10
Q _s /V	-/h	0.71	0.96	3.00	-	0.25*10
Q _L /V	-/h	0.27	0.28	0.28*9	0.25	0.25*9
V	m ³	138	42	194	72	72
surface*height	(6.4*8) × 2.7	(2.6*6) × 2.7	(6.4*8) × 2.7	(5*6) × 2.7	(5*6) × 2.7	(5*6) × 2.7

*9 : その他の建築物の実測値を参考に設定した。 *10 : 既往研究*9)を参考に設定した。 *11 : 24時間換気システム

4.3 PM_{2.5} 濃度と曝露の予測

室内粒子濃度の推定のため、前述の各係数を建築物の特性を考慮した上で (1)式に代入し、粒子の粒径を考慮した I/O 比を検討した。

1) 事務所建築

事務所建築は、空調方式の違いから中央方式と個別方式に分類した。室内粒子の侵入、除去の観点から、フィルタと空気経路の違いがある。フィルタは中央方式では粗じんフィルタに中性能フィルタが併用されているのに対して、個別方式では粗じんフィルタのみである。また、供給空気は、中央方式では外気と室内還気の混合空気であるのに対して、個別方式では外気のみである ($Q_F=0$)。ここで、中央方式の混合空気は在室人数や空調機の風量により建物により異なる値であるが、単純化のため本研究では、既往研究を参考に循環量を 80% と設定した ($Q_F=0.8 \cdot Q_S$)。

β_d , Q , p_d には、前章で考察した値を代入した。 η_d には、中央方式には図-4 の中性能フィルタの値を、個別方式には粗じんフィルタの値を用いた。外気濃度には、建築物の実測で得られた粒径別の外気濃度を参考に、設定した。

各空調方式での粒径別濃度分布を式(1)から算出した結果を図-4 a)に示す。外気濃度よりも各粒径で室内は低い傾向となり、個別方式よりも中央式の方が比較的微小粒子側で低い値となった。外気からの侵入がフィルタの性能によって違いが出たものである。

2) 住宅建築

住宅建築は、換気にフィルタを介さない住宅 ($\eta_d = 0$) を想定し、表-5 の H-leakage, H-close, H-open で検討を行った。住宅建築での粒径別室内質量濃度の予測をした結果を図-4 b)に示す。粒子沈降の影響の大きい粗大粒子側が外気よりも減少している傾向が確認できるが、微小粒径側は外気との違いは室内の拡散沈着のみであるため、濃度が外気とは変わらない傾向となった。なお実際の住宅においては、事務所建築と比較すると、調理等の室内発生源による影響が大きいものと考えられる。

個人曝露濃度は、室内外の活動を考慮して、外気と外気による各建築物の室内濃度を滞在場所の滞在時間で重み付けした 1 日の平均曝露濃度から評価することとする (表-4)。1 日の滞在場所の滞在時間比は、生活時間調査⁵⁾を参考に設定した。予測では、home は”住宅建築 (24 時間換気システム)”, school/office と other は”事務所建築”, vehicle と outdoor は”外気”として、平均的な学生、社会人、主婦の曝露濃度を算出した。但し、この割合を変更することで様々な条件の曝露濃度も算出できる。

各建物における I/O 比 k_{i-d} と設定した滞在時間比から、(6)式の外気濃度に対する曝露濃度比 E_d 値を算出した結果を図-5 に示す。同じ行動スタイルであっても滞在している建築物の特性により E_d 値が粒径によっても異なることが分かった。建築物で比較すると、滞在している事務所建

築が中央方式の場合の E_d 値が最も低く、中央方式の優位性が示された。ここで、終日の外気濃度を図-4 に示した粒径分布と仮定し、(5)式から質量濃度を算出した結果を図-6 に、PM_{2.5} の平均曝露濃度を算出した結果を表-5 に示す。事務所建築物への滞在時間が長い学生や社会人は、滞在している建築が中央方式の方が個別方式よりも曝露濃度が 2-3 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ 程度低くなること示された。

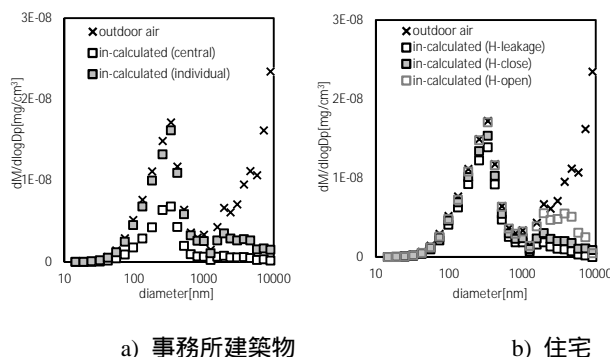


図-4 算出した粒径別質量濃度

表-4 個人曝露濃度モデル

$$C_{\text{exposure-d}} = E_d \cdot C_{\text{out-d}} \quad (5)$$

$$E_d = \frac{t_{\text{out}} + \sum k_{i-d} \cdot t_i}{t_{\text{total}}} \quad (6)$$

$C_{\text{exposure-d}}$: exposure concentration [mg/m^3] k_i : I/O ratio of $^{2.5}\mu\text{m}$ [-] t_i : staying time at i^{th} [h] t_i : staying out [h]
 $C_{\text{out-d}}$: outdoor concentration [mg/m^3] t_{total} : 1day,24[h] i : place to stay E_d : exposure ratio in relation to outdoor air [-]

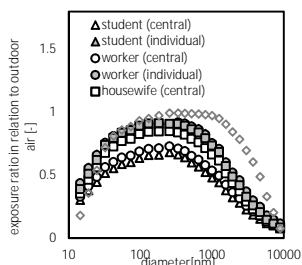


図-5 E_d の計算結果

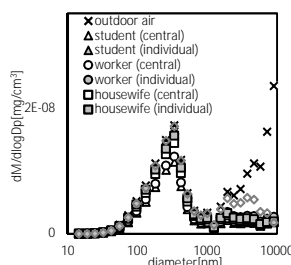


図-6 質量濃度 $C_{\text{exposure-d}}$

表-5 PM_{2.5} の平均曝露濃度 [$\mu\text{g}/\text{m}^3$]

PM _{2.5} concentration	student		worker		housewife		natural ventilation	outdoor
	central	individual	central	individual	central	individual		
	7.1	10.0	7.7	10.0	9.1	9.9	11.4	11.9

参考文献

- 1) Liu, D.L. and Nazaroff, W.W.: Modeling pollutant penetration across building envelopes, Atmospheric Environment, 35, pp. 4451-4462, 2001
- 2) 建築基準法(令 129 条), 住宅等の必要換気量
- 3) 池田耕一: 我国住宅の換気量の実態値の推定, 人間と生活環境, 2(1), pp. 82-91, 1995
- 4) Nazaroff, W. W.: Indoor particle dynamics, Indoor Air, 14, Issues 7, pp. 175-183, 2004
- 5) NHK 放送文化研究所 世論調査部: 国民生活時間調査報告書, pp. 1-72, 2015

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計7件（うち査読付論文 7件 / うち国際共著 1件 / うちオープンアクセス 1件）

1. 著者名 金勲, 柳宇, 鍵直樹, 東賢一, 林基哉, 大澤元毅	4. 巻 83
2. 論文標題 空気中エンドトキシン濃度と浮遊細菌濃度に関する基礎的研究	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 日本建築学会環境系論文集	6. 最初と最後の頁 528-537
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) https://doi.org/10.1002/2475-8876.12052	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

1. 著者名 近藤恒佑, 鍵直樹, 並木則和	4. 巻 83
2. 論文標題 室内浮遊粒子へのDEHP吸着に及ぼす滞留時間と比表面積の影響評価及び予測モデルの構築	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 日本建築学会環境系論文集	6. 最初と最後の頁 761-768
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) http://doi.org/10.3130/aije.83.761	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

1. 著者名 Kosuke Kondo, Naoki Kagi, Norikazu Namiki	4. 巻 1
2. 論文標題 Study on the mechanism of SVOC adsorption onto airborne particles in indoor air	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 Japan Architectural Review	6. 最初と最後の頁 528-537
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) https://doi.org/10.1002/2475-8876.12052	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている（また、その予定である）	国際共著 該当する

1. 著者名 近藤 恒佑、鍵 直樹、並木 則和	4. 巻 82
2. 論文標題 室内空气中浮遊粒子へのSVOC吸着挙動に関する基礎的研究	5. 発行年 2017年
3. 雑誌名 日本建築学会環境系論文集	6. 最初と最後の頁 663 ~ 672
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) https://doi.org/10.3130/aije.82.663	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

1. 著者名 Kenichi Azuma, Koichi Ikeda, Naoki Kagi, U Yanagi and Haruki Osawa	4. 巻 22
2. 論文標題 Evaluating prevalence and risk factors of building-related symptoms among office workers: Seasonal characteristics of symptoms and psychosocial and physical environmental factors	5. 発行年 2017年
3. 雑誌名 Environmental Health and Preventive Medicine	6. 最初と最後の頁 22-38
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) DOI 10.1186/s12199-017-0645-4	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

1. 著者名 Kenichi Azuma, Koichi Ikeda, Naoki Kagi, U Yanagi, Haruki Osawa	4. 巻 616-617
2. 論文標題 Physicochemical risk factors for building-related symptoms in air-conditioned office buildings: Ambient particles and combined exposure to indoor air pollutants	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 Science of The Total Environment	6. 最初と最後の頁 1649-1655
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2017.10.147	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

1. 著者名 KAGI Naoki、YANAGI U	4. 巻 84
2. 論文標題 EMISSION MECHANISMS OF VOC WITH GROWTH PROCESS OF FUNGUS AND EMISSION FROM HUMIDIFIER ELEMENT	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 Journal of Environmental Engineering (Transactions of AIJ)	6. 最初と最後の頁 1003 ~ 1010
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) http://doi.org/10.3130/aije.84.1003	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

〔学会発表〕 計24件 (うち招待講演 0件 / うち国際学会 5件)

1. 発表者名 小松礼奈, 鍵直樹, 柳宇, 東賢一, 金勲, 林基哉, 開原典子, 大澤元毅
2. 発表標題 事務所建築物室内における室内PM2.5の特性評価
3. 学会等名 第45回建築物環境衛生管理全国大会
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 鍵直樹, 柳宇, 東賢一, 金勲, 林基哉, 開原典子, 大澤元毅, 小松礼奈
2. 発表標題 建築物における室内PM2.5と空調機の関係
3. 学会等名 第52回空気調和・冷凍連合講演会
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 前田奈穂, 鍵直樹
2. 発表標題 住宅におけるハウスダストの特性とオゾンによる変質の検討
3. 学会等名 第35回空気清浄とコンタミネーションコントロール研究大会予稿集
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 古谷めぶき, 鍵直樹
2. 発表標題 住宅室内における超微粒子の実態と調理による影響評価
3. 学会等名 第35回空気清浄とコンタミネーションコントロール研究大会予稿集
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 前田奈穂, 鍵直樹
2. 発表標題 住宅におけるハウスダストのオゾンによる変質
3. 学会等名 日本建築学会学術講演梗概集
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 小松礼奈, 鍵直樹
2. 発表標題 室内PM2.5による曝露評価
3. 学会等名 平成30年室内環境学会学術大会講演要旨集
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 前田奈穂, 鍵直樹, 柳宇
2. 発表標題 ハウスダストの特性とオゾンによる変質の検討
3. 学会等名 平成30年室内環境学会学術大会講演要旨集
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 Nao Maeta, Naoki Kagi
2. 発表標題 SVOC adsorption and ozone reaction of house dust in residences
3. 学会等名 International Conference on Energy and Environment of Residential Buildings (ICEERB) 2018 (国際学会)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 Naoki Kagi, Mebuki Furutani
2. 発表標題 Field measurements of ultrafine particles by cooking activities in residential houses
3. 学会等名 International Conference on Energy and Environment of Residential Buildings (ICEERB) 2018 (国際学会)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 小松礼奈, 鍵直樹, 柳宇, 東賢一, 金勲, 林基哉, 開原典子, 大澤元毅
2. 発表標題 事務所建築物室内における室内 PM2.5 の粒径別評価
3. 学会等名 空気清浄とコンタミネーションコントロール研究大会
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 鍵直樹, 野村佳緒里
2. 発表標題 住宅室内におけるガス及びハウスダスト中のDEHP濃度の関係
3. 学会等名 日本臨床環境医学会学術集会
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 鍵直樹, 並木則和, 諏訪好英
2. 発表標題 実大空間におけるオゾンとリモネンの粒子生成実験
3. 学会等名 日本建築学会学術講演
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 野村佳緒里, 鍵直樹, 篠原直秀, 並木則和
2. 発表標題 室内における動態を考慮したハウスダストへの SVOC 吸着予測
3. 学会等名 日本建築学会学術講演
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 鍵直樹, 並木則和, 諏訪好英
2. 発表標題 リモンとオゾンの二次生成粒子の組成解析による空気質に与える影響評価
3. 学会等名 空気調和・衛生工学会大会
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 小松礼奈, 鍵直樹, 柳宇, 東賢一, 金勲, 林基哉, 開原典子, 大澤元毅
2. 発表標題 建築物における粒径分布を考慮した室内粒子濃度の予測
3. 学会等名 室内環境学会学術大会講演
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 原田隼彰, 鍵直樹
2. 発表標題 オゾンの室内材料への沈着に及ぼす湿度の影響
3. 学会等名 室内環境学会学術大会講演
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 小松礼奈, 鍵直樹, 柳宇, 東賢一, 金勲, 林基哉, 開原典子, 大澤元毅
2. 発表標題 事務所建築物室内における室内PM2.5の特性評価
3. 学会等名 建築物環境衛生管理全国大会
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 Naoki Kagi, Mio Arai, Norikazu Namiki, Yoshihide Suwa
2. 発表標題 Experimental study for secondary organic aerosol in real scale indoor environment
3. 学会等名 Healthy Buildings 2017 Asia (国際学会)
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 Rena Komatsu, Naoki Kagi, U Yanagi, Kenichi Azuma, Hoon Kim, Motoya Hayashi, Noriko Kaihara, Haruki Osawa
2. 発表標題 Field measurement of PM2.5 and particle size distribution in office buildings
3. 学会等名 Healthy Buildings 2017 Asia (国際学会)
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 綿寛子, 鍵直樹, 柳宇, 東賢一, 金勲, 田村一
2. 発表標題 事務所建築物における室内PM2.5 濃度と対策
3. 学会等名 第36回空気清浄とコンタミネーションコントロール研究大会予稿集
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 綿寛子, 鍵直樹, 柳宇, 東賢一, 金勲
2. 発表標題 事務所建築物の室内PM2.5と空気清浄機の導入効果の検討
3. 学会等名 日本建築学会学術講演梗概集
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 鍵直樹, 柳宇, 東賢一, 金勲
2. 発表標題 建物空調設備の特性を考慮したPM2.5の個人曝露量の算出
3. 学会等名 令和元年度空気調和・衛生工学会大会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 綿寛子, 鍵直樹, 柳宇, 東賢一, 金勲
2. 発表標題 事務所室内における浮遊微粒子の実態調査と低減対策の検討
3. 学会等名 2019年室内環境学会学術大会講演要旨集
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Naaki Kagi, U Yanagi, Kenichi Azuma and Hoon Kim
2. 発表標題 Field measurement of PM2.5 concentration
3. 学会等名 CLIMA2019 (国際学会)
4. 発表年 2019年

〔図書〕 計0件

〔産業財産権〕

〔その他〕

-

6. 研究組織

	氏名 (ローマ字氏名) (研究者番号)	所属研究機関・部局・職 (機関番号)	備考
研究 分担者	諏訪 好英 (Suwa Yoshihide) (10416836)	芝浦工業大学・工学部・教授 (32619)	

6. 研究組織（つづき）

	氏名 (研究者番号)	所属研究機関・部局・職 (機関番号)	備考
研究分担者	柳 宇 (Yanagi U) (50370945)	工学院大学・建築学部（公私立大学の部局等）・教授 (32613)	
研究分担者	並木 則和 (Namiki Norikazu) (40262555)	工学院大学・先進工学部・教授 (32613)	
研究分担者	金 勲 (Kim Hoon) (00454033)	国立保健医療科学院・その他部局等・主任研究官 (82602)	
研究分担者	東 賢一 (Azuma Kenichi) (80469246)	近畿大学・医学部・准教授 (34419)	