室内環境汚染に関する研究 —第1報—

嵐谷奎一¹⁾, 松井康人²⁾, 戸次加奈江^{3)*}

¹⁾産業医科大学 〒807-8555 福岡県北九州市八幡西区医生ヶ丘1-1

²⁾京都大学大学院 工学研究科都市環境工学専攻 〒606-8501 京都市左京区吉田本町

³⁾国立保健医療科学院 生活環境研究部 〒351-0197 埼玉県和光市南2-3-6

Study of indoor air pollution -1st report-

Keiichi ARASHIDANI¹⁾, Yasuto MATSUI²⁾ and Kanae BEKKI³⁾

¹⁾University of Occupational and Environmental Health, Japan, 1-1 Iseigaoka, Yahata-nishi ku, Kitakyushu, Fukuoka 807-8555, Japan

²⁾Department of Environmental Engineering, Kyoto University, Yoshida Honmachi, Sakyo-ku, Kyoto 606-8501, Japan

³⁾Department of Environmental Health, National Institute of Public Health, 2-3-6 Minami, Wako-shi, Saitama 351-0197, Japan

要 旨

モデルルーム(面積: 20 m², 容積: 45 m³)において, 6種の異なる暖房器具(3種の石油系暖房器具, 都市ガス及びプロパンガスヒーター, 電気ストーブ)および喫煙により発生する汚染物質の計測を行った。換気条件は, 以下に示す4種類の方法により実施した。1: 換気操作を行わない(Fan off, Door closed), 2, 3: ドアの開閉により換気を行う(Fan off, Door 45°-openまたはFan off, Door 10°-open), 4: 機械換気を行う(Fan on, Door closed)。なお, 暖房時間と喫煙時間は, いずれも3時間と設定した。これらの結果から, 電気ストーブを除く暖房器具の使用により, NOおよびNO₂の発生が確認され, その濃度は機種により異なることが確認された。また, CO, CO₂およびホルムアルデヒドは, 電気ストーブを除く全ての暖房器具から発生することが確認され, 粉じんと多環芳香族炭化水素(PAH)は石油系暖房器具からの発生が認められた。一方で, 喫煙による影響を評価した結果からは, NO, COおよびCO₂, ホルムアルデヒド, 粉じん, PAHの濃度の上昇が認められた。これらの汚染物質は, いずれも換気操作を行うことによって濃度の低減が確認され, 暖房器具の使用時や喫煙時には, 換気を行うことが室内汚染物質除去への対処策として効果を示すことが確認された。

Abstract

We investigated on the indoor pollution generated from six different heating appliances (three kerosene heaters of different types, town and propane gas heaters and an electric heater) and smoking in the model room (area: 20 m², capacity: 45 m³). Each experiment was conducted under the different 4 type of ventilation conditions described below. 1: Fan off, Door closed, 2: Fan off, Door 45 °-open, 3: Fan off, Door 10 °-open and 4: Fan on, Door closed. Each heater and smoking were run in the model room for 3 hours, and the concentration of each pollutant was measured for 9 and 6 hours. We measured NO, NO₂, CO, CO₂, HCHO, suspended particulate matter and polycyclic aromatic hydrocarbons (PAH) as indoor pollutants of this study. From these results, we obtained relatively high concentration of N O₂, CO₂, and HCHO from using all heaters without electric heater under the non-ventilation condition. The concentrations of suspended particulate matter and PAH also increased using kerosene- fueled heater. In case of smoking, the concentration of NO, CO, CO₂, HCHO, suspended particulate matter and PAH are increased under the non-ventilation condition. On the other hand, the concentration of these chemicals significantly decreased under the ventilation condition. From these results, ventilating operations were shown to be an effective operation for the decreasing of indoor pollution.

Key words: 室内汚染(Indoor air pollution), モデルルーム(Model room), 暖房器具(Heaters), 喫煙(Smoking), 換気(Ventilation)

1. はじめに

戦後復興期を経て, 1950年代からの急速な工業化と経済の高度成長の進展の中で, 大気質, 水質等の

環境状態の悪化が生じ, 公害という言葉で大きな社会問題を呈した。特に大気汚染による公害への対処としては, 多くの研究者により汚染の実態把握を目

*Corresponding author (責任著者) Email: bekkik.aa@niph.go.jp, Tel: 048-458-6258

受付日: 2019年6月19日 (Received: 19 June 2019)

受理日: 2019年6月27日 (Accepted: 27 June 2019)

的とした環境調査や生体影響などの疫学的調査が進められ、その調査を通して、各種の工学的、化学的な技術的対策の実施と法的な規制がなされてきた。

こうした対応によって、今日、全国に設置された一般大気測定局で測定された十種類の測定成分濃度は、大気汚染に係る基準値のほとんど下回り、1960～1970年代に比べ大幅に低下し、工場地帯や都市部等の大気環境は著しい改善がなされた。その一方で、炭酸ガスなどの温室効果ガスによる温暖化や酸性雨などの地球規模の問題、また、我が国は特に、近隣の中国における急速な工業化に伴う大気汚染物質や、PM_{2.5}等の越境汚染による生態系への対応に迫られている。

1960年代に入り高度経済成長期を迎え、わが国の生活様式は、全般に渡り大きく変化した。特に住環境が、開放型の日本家屋から閉鎖型の欧米型に変化したことや、日常生活の80～90%を住宅やビルなどの建築物内で過ごす生活スタイルに変わり^{1,2)}、室内汚染による健康障害の問題が注目されてきた。室内環境汚染と健康影響について注目すべきは、1976年に米フィラデルフィア市で開催されたアメリカ在郷軍人の集会でホテルに宿泊した3,683名中225名が、高熱や下痢、腹痛、急性肺炎などに掛かり、34名が死亡した事故である。これはホテルの空調用の冷房用冷却塔の水に、増殖したレジオネラ菌が外気取り口から混入し、室内空気へ供給されて生じた惨事であった。この様な室内環境での健康障害の発生により、1980年代頃より、欧米や日本などでは、一般家屋などの建材や家具などから発生する揮発性有機化合物やアルデヒド類などの化学物質を原因とするシックビルディング症候群や化学物質過敏症による健康障害が社会問題となった。このとき国内では、厚生労働省により、ホルムアルデヒドを含む13種の規制化学物質に関する指針値が策定され、国土交通省からは、2003年にシックハウス症候群の原因と考えられる化学物質を含む建材の使用を規定する建築基準法の改定が行われた。この様な種々の規制と室内環境における健康障害に対する理解により、室内環境汚染による健康障害は低減された。一方、各種の新建材の利用による未規制物質の発生や、各種冷暖房器具の使用による室内環境汚染はいまだ顕在化している。

こうした時代の流れの中で生じた環境問題の中で、我々は、1980年中頃より、公害健康被害補償予防協

会を始め、文部科学省、厚生労働省などの研究助成により室内環境調査研究に取り組んできた。本論文では「生活環境中における慢性閉塞性肺疾患発症因子の解明に関する研究、研究代表者：児玉泰、1988年」で行われた成果を記述する。

2. 2000年以前の室内環境研究

2000年頃の日常生活の中で、室内汚染の発生源は喫煙と暖房器具が主であり、汚染の発生現状について調査を実施した。その調査は、まずモデルルームを設定し、各種暖房器具からの汚染物質の発生状況と喫煙により発生した汚染物質の挙動についても観察した³⁾。

2.1 モデルルームでの暖房器具使用による室内汚染の調査

産業医科大学研究棟7階の一室を室内汚染調査のためのモデルルームとした(Fig. 1)。部屋の気積は約45 m³(幅2.8 m, 奥行き6.6 m, 高さ2.6 m)で、その室内に窒素酸化物濃度自動測定装置、一酸化炭素濃度測定器、二酸化炭素濃度計測器、パーティクル

Fig. 1 Schematic diagram of the model room³⁾.

1: Nitrogen oxides analyzer 2: Low volume air sampler 3: Gas collector 4: CO-CO₂ meter 5: Thermometer 6: Hygrometer 7: Digital dust indicator 8: Particle counter 9: Glove thermometer

カウンター、ローボリュームエアサンプラー、P-5H型デジタル粉塵計、小型ガス吸収管(ホルムアルデヒド測定用)、自記温湿度計、黒球温度計を設置して、各条件下で汚染指標の変化をモニターした。なお、入りのドアの下方は6 cm程開いており、換気を行わない場合(Fan off, Door closed)は、この部分が唯一の換気口となる。

使用した暖房器具は、対流式石油ストーブ、反射式石油ストーブ、石油ファンストーブ、都市ガスストーブ、プロパンガスストーブ、電気ストーブの6種を用いた。燃焼時間は3時間とし、暖房中および消火後の3時間をモニターした。モデルルームの換気は、換気操作を行わない場合(Fan off, Door closed)換気回数は0.3~1.4回/hrであり、ドアの開閉による換気を行った場合(Fan off, Door 45°-open)は1.4~4.4回/hr、そしてドアをしめた状態で機械換気を行った場合(Fan on, Door closed)は2.7~5.7回/hrの3条件で行った。

① 窒素酸化物(NO , NO_2 , NO_x)

1970年以降の室内汚染に関しては、新田ら⁴⁾、柳沢ら⁵⁾が開発した NO_2 個人サンプラーを用いることで、室内外の NO_2 濃度と NO_2 に関する個人曝露濃度を簡易に計測する事ができるようになり、室内汚染との関係等多くの報告がなされていた。そこで、我々はモデルルームを用いて、種々の暖房器具による NO_x 発生に関する詳細な研究を行った。

はじめに、換気操作を行わない条件(Fan off, Door closed, 換気回数: 0.3~1.4回/hr)で各種暖房器具から発生する NO , NO_2 , NO_x 濃度の経時変動について

Fig. 2 Changes of 1 hour values of NO_2 and NO concentrations in the model room by the kerosene-fan heater (Fan off, door closed)³⁾.

調べた結果をFig. 2に示す。プロパンガスストーブ、都市ガスストーブでは NO に比べ NO_2 濃度が高値を示したが、石油を用いる機種では機種によりそのパターンに異なる傾向が認められ、対流式石油ストーブ、石油ファンヒーターでは NO が高値であった。暖房時における NO_x ($\text{NO}+\text{NO}_2$)濃度は、対流式石油ストーブ、石油ファンヒーター>反射式石油ストーブ、プロパンガスストーブ>ガスストーブ>電気ストーブの濃度順で長谷川ら⁶⁾の測定結果と同程度の濃度レベルであった。なお、この換気条件における暖房時の NO_2 , NO 濃度に関する1時間平均濃度をFig. 3に示す。 NO_2 の一般環境基準は、“1時間値の1日平均値は0.04~0.06 ppmゾーン内、またはそれ以下”とされている。この値を用いて暖房中の測定値を評価すると、この基準値を超えているのは対流式石油ストーブ、反射式石油ストーブ、石油ファンヒーター、プロパンガスヒーター、都市ガスストーブで電気ストーブを除く5種のストーブ全てであった。

Fig. 3 Concentrations of NO & NO_2 in the model room by heating (Fan off, Door closed).

A: Convection kerosene heater B: Reflection kerosene heater C: Kerosene-fan heater D: Town gas heater E: Propane gas heater F: Electric heater

一方、ドアの開閉による換気(Fan off, Door 45°-open, 換気回数: 1.4~4.4回/hr)と機械換気(Fan on, Door closed, 換気回数: 2.7~5.7回/hr)を行った場合の NO_2 濃度は、換気操作を行わない場合に比べて低値で、反射式石油ストーブ、プロパンガスストーブ、都市ガスストーブでは環境基準値以下であったが、対流式石油ストーブと石油ファンヒーターでは環境基準値を下回ることにはなかった(Fig. 4)。この結果は、 NO_2 による生体影響を考える場合、十分に留意すべき問題であると考えられた。

Fig. 4 Comparison of NO_2 concentration and ventilating conditions. A: Convection kerosene heater B: Reflection kerosene heater C: Kerosene-fan heater D: Town gas heater E: Propane gas heater

② 燃焼温度と NO 、 NO_2 濃度

使用した5種の暖房器具で、暖房器具の種類により NO 、 NO_2 の発生量に違いが認められたため、対流式石油ストーブと反射式石油ストーブの2種を用いて、ストーブの芯の状態による NO および NO_2 濃度への影響について調べた(Fig. 5)。

Fig. 5-A Relationship between combustion temperature and NO & NO_2 concentrations (Convection oil heater) Median and range of temperatures are represented.

Fig. 5-B Relationship between combustion temperatures and NO & NO_2 concentrations (Reflection oil heater) Median and range of temperatures are represented.

フレイム(炎)の温度は、対流式石油ストーブでは炎の中の温度を、レッドフレイムから炎が高く赤味を帯びた状態の5段階で測定した。また、反射式石油ストーブでは炎によって加熱された金具の周辺温度を計測した。対流式石油ストーブの炎の温度、レッドフレイム(最高温度 598°C)で発生するものはほとんどが NO_2 であるが、芯の長さが長くなる(炎中温度も上昇)に従い NO 濃度が増加する傾向が認められた(Fig. 5-A)。すなわち、芯を最大にした状態(最高温度: 937°C)では、 NO が NO_2 より高濃度となった。反射式石油ストーブにおいて(Fig. 5-B)も同様の傾向が認められたが、 NO 濃度が NO_2 濃度より高くなることはなかった。これらの結果から、ストーブの熱放射の違いにより、発生する NO および NO_2 濃度に変化があることが認められた。

③ ホルムアルデヒド

換気操作を行わない場合(Fan off, Door closed)、暖房器具の種類により、ホルムアルデヒドの室内濃度には相違が認められた (Fig. 6)。プロパンガスストーブを用いた場合が 65.2 ppb で最も高値であり、電気ストーブが最も低値 9.9 ppb であった。なお、ホルムアルデヒドの室外とモデルーム内のバックグラウンド濃度はそれぞれ、 $1.5\sim 2.1 \text{ ppb}$ 、 $3.9\sim 4.6 \text{ ppb}$ であったため、暖房器具を使用することでホルムアルデヒドの発生が上昇したものと考えられた。なお、換気操作を行った場合、いずれの暖房器具を使用しても、ホルムアルデヒド濃度は低減した。また、室内のホルムアルデヒドは暖房器具の使用ばかりでなく、室内に使用されている建材、敷物類などからの

Fig. 6 Concentration of HCHO in the model room by the heaters (Fan off, Door closed).

A: Convection kerosene heater, B: Reflexion kerosene heater, C: Kerosene fan-heater, D: Town gas heater, E: Propane gas heater, F: Electric heater

放散の影響が考えられる。特に、暖房を行った場合には、室内の温度が上昇し、建材等からのアルデヒド類の放散量が増加すると考えられる。従って、ホルムアルデヒドによる室内汚染は、暖房器具のみでなく建材や他の環境要因の影響なども含めた検討が必要と考えられた。

④ 一酸化炭素および二酸化炭素

CO、CO₂濃度とも暖房器具の使用と同時に濃度が上昇し、約1時間後にほぼ定常状態となった。また、換気操作を行わない条件(Fan off, Door closed)下でのCOの最大濃度レベルは(Fig. 7)、反射式石油ストーブ、都市ガスストーブ、プロパンガスストーブが高値で、特に反射式石油ストーブ、都市ガスストーブ

Fig. 7 Maximal CO and CO₂ concentrations in the model room by heating (Fan off, Door closed).

A: Convection kerosene heater B: Reflection kerosene heater
C: Kerosene-fan heater D: Town gas heater E: Propane gas heater F: Electric heater

Fig. 8 Dust concentrations in the model room by the heaters (Fan off, Door closed).

A: Convection kerosene heater, B: Reflexion kerosene heater, C: Kerosene fan-heater, D: Town gas heater, E: Propane gas heater, E: Electric heater, BKG: Background

ではビル衛生管理基準(10 ppm)を越えた。しかしながら、ドアの開閉による換気を行った条件(Fan off, Door 45°-openまたはFan on, Door closed)でのCO濃度は、どの機種でも換気操作を行わない状態よりすべて低値であった。

CO₂濃度の最大レベルは、換気操作を行わない条件(Fan off, Door closed)で電気ストーブを除くすべての暖房器具でビル衛生管理基準(1000 ppm)を大きく上回っていた(Fig. 8)。しかし一方で、ドアの開閉または機械換気を行った条件(Fan off, Door 45°-openまたはFan on, Door closed)のCO₂濃度は換気操作を行わない条件に比べて、すべての暖房器具において低値であった。なお、CO、CO₂濃度ともに消火後3時間では通常の濃度レベルに達した。

⑤ 浮遊粉じん

・粒子の特性

室内浮遊粉じん粒子は極めて微細な粒子で、室外由来の固体の粉碎による不整形のものや、タバコ煙等に由来する球形を保っている粒子が認められている⁷⁾。そこで、暖房器具の使用により発生する粒子をニュークリポアフィルター上に捕集し、走査型電子顕微鏡で観察した。石油およびガス燃料を使用して得られた粒子は、いずれもほとんどが5 μm以下の粒子径もので、微細な球形と不整形の粒子が混在して観察された。

・相対濃度

P-5H型デジタル粉塵計により計測した相対濃度の範囲は、暖房中が7~39 cpm、暖房後が6~35 cpmであり、暖房器具、換気操作の違いによる明らかな相違は認められなかった。一方、パーティクルカウンターを用いて暖房使用時に発生する粒子数を計測した結果、暖房時に粒子数が増加する傾向が認められた。しかし、暖房器具、燃料の違いによる明らかな粒子数の相違は認められなかった。特徴として、0.3~0.5 μmの大きさの粒子数をもっとも多く、10万個/Lを超していた。ついで、0.5~1.0 μm、1.0~2.0 μm、2.0~5.0 μmの順で、5.0 μm以上の粒子は僅かであった。なお、0.3~0.5 μmの粒子は全体の90%程度を占めていた。この結果は電子顕微鏡による観察の結果とも一致していた。

・重量濃度

換気操作を行わない条件(Fan off, Door closed)下において、暖房器具を使用した際の粉じん濃度は、対流式および反射式石油ストーブで他の暖房および

非暖房時に比べて高値である傾向が見られた(Fig. 8)。この結果をビル衛生管理基準 0.15 mg/m^3 と比較すると、全ての暖房器具において、この基準以下となり、一般大気中の粉じん濃度と比較しても低値であった。

⑥ 多環芳香族炭化水素(PAHs)

換気操作を行わない条件(Fan off, Door closed)における暖房器具使用時のBaP, BghiP濃度は石油系暖房器具した時に若干高い傾向があったものの、暖房器具の種類の違いによる明らかな差は見いだせなかった (Fig. 9)。

Fig. 9 PAH concentrations in the model room by the heaters (Fan off, Door closed).

A: Convection kerosene heater, B: Reflexion kerosene heater, C: Kerosene fan-heater, D: Town gas heater, E: Propane gas heater, F: Electric heater, BKG: Background

2.2 タバコ煙による汚染調査

暖房器具の使用により発生する化学物質の調査と同じモデルルーム(暖房なし、室温)内で、健康で喫煙の習慣がある男子大学生(2人)が喫煙することにより、発生する化学物質をモニターした。

喫煙方法は20分に一本の定期喫煙(1本/20分/人×2人)と任意喫煙する場合(14本/3時間/2人, 20本/3時間/2人)で行った。なお、喫煙時間は3時間、このとき使用したタバコの銘柄はマイルドセブンであった。化学物質のモニターは、喫煙中の3時間と喫煙後の3時間行い、換気条件と測定項目は暖房器具の使用時と同じ条件下で実施した。

① 窒素酸化物

NO_2 はいずれの実験条件(換気条件、喫煙方法)とも、喫煙による濃度変動はほとんど認められなかったが、 NO 濃度は喫煙による濃度上昇が確認された(

Fig. 10)。この結果は、松木ら⁹⁾が示す、 NO_2 個人曝露量と能動・受動喫煙本数との間にはほとんど関連性がない報告や、たばこの主流煙中には NO_2 は極めて少ないことが示される既往研究(U.S. Dep. Health Educ., 1979)の結果⁹⁾ともよく一致した結果であることが確認された。なお、喫煙時の窒素酸化物濃度を連続的に測定すると、喫煙開始と同時に NO と NO_2 濃度が逆転し、喫煙終了後には再逆転することが分かった(Fig. 11)。なお、濃度変動の特徴として、 NO と NO_2 は喫煙者の喫煙間隔と同様な間隔で濃度変動が認められた。

② ホルムアルデヒド

定期喫煙(1本/20分/人×2人×3時間)環境下でのホルムアルデヒド濃度は、 29.1 ppb および 13.8 ppb であり、バックグラウンドレベル($3.9 \sim 4.6 \text{ ppb}$)と比較して濃度の増加が認められた。また、任意喫煙(14本/3時間/2人)の場合は 31.5 ppb および 29.2 ppb (20本/3時間/2人)であった。松村ら¹⁰⁾によると、喫煙はホルムアルデヒドの発生源であることが報告されていることから、本調査結果においても同様のことが確認された。

③ 一酸化炭素および二酸化炭素

定期喫煙による CO および CO_2 濃度変動をFig. 12、任意喫煙の結果をFig. 13にそれぞれ示す。両喫煙条件下での CO および CO_2 濃度は、いずれも喫煙開始と共に増加したが、その濃度は喫煙方法や換気状態の違いによって変動が見られた。また、定期喫煙条件下における CO および CO_2 濃度の最高値は、それぞれ 7.5 ppm と 1950 ppm であった(Fig. 12)。一方、任意喫煙条件下では、それぞれ 13.0 ppm と 2400 ppm (Fig. 13)で、 CO_2 濃度はいずれもビル衛生管理基準(1000 ppm)を上回る傾向が見られた。 CO の最高濃度は任意喫煙の場合のみビル衛生管理基準(10 ppm)を上回った。一方、換気操作を行う条件下での喫煙は CO および CO_2 濃度ともに換気操作を行わない条件に比べて40～60%低減することが認められた。

④ 浮流粉じん

・相対濃度

粉じんの相対濃度は、定期および任意喫煙ともに差違は認められなかったが、換気操作を行わない場合、他の二つの換気操作に比べて高値であった。粉じん濃度の経時変化は喫煙間隔と同様な間隔で変動パターンを示し(Fig. 14)、換気扇を作動させることで濃度の減衰が見られた。

Fig. 10 NO & NO₂ Concentrations in the Smoking Environment.

Fig. 11 Variations of nitrogen oxides concentration in the model room at periodic smoking (1 cigarette/20min/person x 3 hrs x 2 persons).

Fig. 12 CO & CO₂ concentrations in the model room at periodic smokings. (1 cigarette/20 min/person x 3 hrs x 2 persons)

Fig. 13 CO & CO₂ concentrations in the model room at free smoking.

Fig. 14 Variations of dust concentrations in the model room at periodic smoking.
(1 cigarette/20 min/person x 3 hrs x 2 persons)

・重量濃度

各換気条件下において、定期喫煙と任意喫煙を行った結果、浮遊粉じんの重量濃度は、喫煙中が喫煙終了後に比べて明らかに高値であった(Fig. 15)。換気操作を行わない場合(Fan off, Door closed)、喫煙に

Fig. 15 Dust concentrations in the model room at periodic and free smoking.

よる粉じん濃度は、他の二つの換気条件下に比べて約2～3倍高値であった。また粉じん濃度は、ビル衛生管理基準(0.15 mg/m³)を上回り、一般環境中の粉じん濃度よりも高値であった。

⑤ 多環芳香族炭化水素(PAHs)

各換気条件下で、喫煙時のPAHs(Benzo[a]pyrene: BaP, Benzo[ghi]perylene:BghiP)濃度を計測した結果、いずれの喫煙法においても、粉じん濃度の挙動と同様に喫煙中のPAHs濃度が喫煙後に比べて高値(Fig. 16)であり、換気操作を行わない場合(Fan off, door closed)のBaPおよびBghiP濃度は定期喫煙ではおよそ7.5 ng/m³、任意喫煙ではおよそ10 ng/m³となり、喫煙後のそのPAHs濃度に比べ半減し、喫煙により明らかにPAHsの発生が認められ、室内濃度への影響が認められた。なお、換気操作を行った場合(Fan on, Door closed, Fan off, Door 10°-open)のPAHs濃度は換気操作を行わない場合のPAHsに比べて半減し、換気操作を行うことで明らかな汚染物質濃度の低減が確認された。なお、田辺ら¹¹⁾による計測結果

Fig. 16 PAH concentrations in the model room at periodic & free smoking.

によると、喫煙時の室内BaP濃度は、約2.5 ng/m³であったと報告されている。

3. まとめ

本研究では、モデルルームを使用し、各種暖房器具の使用により発生する化学成分の違いについて、換気等の建築学的要因を含めた詳細な検証を行った。窒素酸化物濃度に関する検証の結果からは、電気ストーブを除く石油系およびガス系ヒーターの使用時に、明らかにNOとNO₂が発生し、NOとNO₂濃度は機種により濃度差が認められた。また、換気を行うことで、NO_x濃度は低減したものの、使用時の対流式石油ストーブと石油ファンヒーターにおいて、ビル衛生管理基準を上回る傾向が見られた。また、ホルムアルデヒドについては、暖房器具の使用によって、濃度が上昇する傾向が見られ、さらに、喫煙によっても、明らかにホルムアルデヒドの発生が認められた。COおよびCO₂は、ともに喫煙と共に濃度が上昇

し、CO濃度は反射式石油ストーブと石油ファンヒーター、CO₂濃度は電気ストーブを除くすべてのストーブでビル衛生管理基準を上回り、換気操作や暖房器具の消火により通常の濃度レベルに達することが確認された。浮遊粉じんおよびPAHsの濃度は、いずれも石油系暖房器具を使用した際に気中濃度が高くなる傾向が認められたものの、浮遊粉じん濃度については、暖房器具との関連性は見られず、どの機種においてもビル衛生管理基準値以下であることが確認された。

1988年以降に我々が取り組んできた、上記の様な基礎的な室内汚染に関する調査・研究は、今日の室内環境研究へと繋がる初期の基礎研究であり、良好な室内環境を維持・管理していく上での多くの知見が得られた。また2000年以降の取り組みは、各種住宅をはじめ、特定建築物や化学物質過敏症の調査、喫煙による汚染など多岐に渡っている。今回は、最も初期に行った室内汚染に関する基礎研究から得られた成果を報告した。また次回以降、室内環境調査などについて記述したい。

4. 謝辞

本調査の実施にあたり、ご協力頂きました皆様に心より感謝致します。また、平成29年室内環境学会学術大会(佐賀大会)での名誉会員推戴を契機に、総説の執筆にあたりご配慮頂きました、室内環境学会出版委員会の諸氏に深く感謝申し上げます。

引用文献

- 1) 日本放送協会放送世論調査所編：昭和55年国民生活時間調査 (引用：松村額：室内空気汚染に関する研究, 1986), 大気汚染学会誌, 21, 236-252 (1986).
- 2) Repace J. L.: Indoor air pollution, Environ. Internat., 8, 21-36 (1982).
- 3) Arashidani K., Yoshikawa M., Kawamoto T., Matsuno K., Kayama F. and Kodama K.: Indoor pollution from heating, Industrial Health, 34, 205-215 (1996).
- 4) 新田裕史, 前田利甫：室内におけるガス器具の使用時間と窒素酸化物暴露濃度との関連に関する研究, 大気汚染学会誌, 14, 317-323 (1979).
- 5) 柳沢幸雄, 西村肇, 松木秀明 他：年平均NO₂個人被曝濃度の短期間結果からからの推定, 大

- 気汚染学会誌, 19, 292-299 (1984).
- 6) 長谷川利雄, 城戸勝義, 小猿和雄: 住居内の空気汚染に関する研究－室内の窒素酸化物濃度を中心にして－, 公害と対策, 12, 1192-1202 (1976).
 - 7) 本間克典: オフィスにおける労働衛生管理－オフィスの粉じん (ダスト) －, 産業医学ジャーナル, 19 (4), 14-22 (1987).
 - 8) 松木秀明, 春日斉, 逢坂文夫 他; 喫煙および二酸化窒素による室内汚染の影響に関する冬期と夏季の比較研究, 日本公衆衛生雑誌, 32, 549-559 (1985).
 - 9) U.S. Dept. Health Educ.: Smoking and health, U.S. Dept. Health Educ. Welf. (U.S.A.), 11(3), 11-40 (1978).
 - 10) 松村年郎, 松村守, 樋口英二: 室内空気中のホルムアルデヒドの測定法, 挙動, 有害性並びに窒素酸化物による室内空気汚染について, PPM, 303-308 (1982).
 - 11) 田辺絜, 郭錦堂, 今宮駿一郎 他: カラム濃縮－高速液体クロマトグラフィー－分光蛍光法による極微量空気粒子中のPAHの分析, 大気汚染学会誌, 22(5), 245-339 (1987).