

原著論文

二酸化窒素とホルムアルデヒドの個人暴露濃度の測定結果について

松村年郎¹, 長田英二², 安藤正典¹

[受付 1998.7.27] [受理 1998.11.17]

Measurement Results of Personal Exposure Levels of Nitrogen Dioxide and FormaldehydeToshiro MATSUMURA¹, Eiji OSADA², Masanori ANDO¹

[Received July 27, 1998] [Accepted Nov. 17, 1998]

Abstract

The purposes of this study were to collect personal exposure data for nitrogen dioxide (NO₂) and formaldehyde (HCHO), and investigate the relationship among personal exposure and indoor, outdoor concentration and environmental factors (heating, ventilation, temperature and humidity) using a multiple regression analysis. The surveys were carried out three times at the apartment house during a period of 21 days each during the winter season of 1992-1993, and the autumn season of 1993. A kerosene space heater with diffuser fan and a radiant oil space heater were used as space heater during the period of the winter surveys.

Measurement of personal exposure to NO₂ and HCHO was made with a diffusion sampler.

Maxima of 24 hour average values of the NO₂ personal exposure doses were 105ppb (kerosene space heater with diffuser fan), 57ppb (radiant oil space heater) and 39ppb (non-heating).

Maxima of 24 hour average values of the HCHO personal exposure doses were 49ppb (kerosene space heater with diffuser fan), 45ppb (radiant oil space heater) and 26ppb (non-heating). A common result of the over-all measurement was the potential effect of using a kerosene space heater with diffuser fan to increase the NO₂ personal exposure, but HCHO personal exposure was not affected by the space heater.

A statistically significant correlation could be observed between the NO₂ and HCHO personal exposure doses and indoor concentration, and it also showed the highest contribution ratio for predicting exposure doses for NO₂ and HCHO using the multiple regression analysis. Linear multiple regression equations with an indoor concentration were used to predict the doses of the NO₂ and HCHO personal exposures, and the results were shown to be satisfactory.

Key word: nitrogen dioxide, formaldehyde, personal exposure, indoor air pollution, multiple regression analysis

要 旨

二酸化窒素(NO₂)及びホルムアルデヒド(HCHO)を同時測定できる拡散型サンブラを用いて1992年12月から1月の冬季(暖房器具使用期間)と1993年9月から10月の秋季(非暖房期間)に個人暴露濃度の測定を一般家庭の主婦を対象として実施した。測定に際しては、拡散型サンブラにより室内外濃度測定及び温湿度等の環境条件の測定も行った。また、暖房器具使用期間中は、石油ファンヒーターとオイル式放熱板ヒーター(クリーンヒーター)を一日交代で用いた。

測定結果の概要は、NO₂で石油ファンヒーター使用時の個人暴露濃度は、平均値で64ppbであった。また、調査期間21日のうち13日は、大気環境基準の上限値60ppbを超えていた。オイル式放熱板ヒーター使用時は、平均値で35ppbであった。また、非暖房期間は、平均値で26ppbであった。いずれの期間も60ppbを超える濃度は測定されなかった。一方、HCHOは、暖房期間において平均値33ppbで暖房器具による差は認められなかった。また、非暖房期間は、平均値19ppbであった。

環境条件の寄与は、室内濃度による寄与が、NO₂、HCHOとも大きく、NO₂については、外気濃度の寄与も認められた。HCHOについては、湿度の寄与が認められた。しかし、従来、寄与が認められていた温度については、今回の調査では、明確な寄与は認められなかった。NO₂とHCHOの個人暴露濃度の関係については、F検定の結果1%有意で関連性は認められなかった。この要因としては、主要な発生源が異なることが考えられる。重回帰分析による濃度予測の可能性については、F検定の結果、5%有意で室内濃度のみで可能であった。

- 1 国立医薬品食品衛生研究所 〒158-8501 東京都世田谷区上用賀 1-18-1
National Institute of Health Sciences 1-18-1, Kamiyoga, Setagaya-ku, Tokyo 158-8501 Japan
- 2 電気化学計器株式会社千葉営業所 〒290-0056 千葉県市原市五井 2907
DKK Corporation Chiba Business Office 2907, Goi, Ichihara-shi, Chiba, 290-0056 Japan

1. はじめに

近年、生活水準の向上或いは生活スタイルの変化により室内環境の快適さが求められてきており、建材や暖房器具或いは建築様式の多様化（高気密性・高断熱性住宅）等が進んでいる。一方、居住環境内には多種多様な化学物質が存在し、その室内外比（I/O）は、室内濃度が圧倒的に高いことが報告されている。^{1), 2)}したがって、呼吸器疾患に及ぼす化学物質暴露の寄与率を考えた場合に室内空気汚染物質に関する研究は、益々重要視^{3), 4)}されていかなければならない。

呼吸器疾患と汚染物質の個人暴露濃度との関連性を追求する試みがなされ始めており、その発症と個人暴露がどの様に関与しているかを明らかにする必要がある。

そこで、本研究においては、呼吸器疾患に関連性があるとされる二酸化窒素（以下、NO₂と略記）とホルムアルデヒド（以下、HCHOと略記）に注目し、その室内外濃度と調査対象建築物の主婦を対象とした個人暴露濃度を冬季（暖房期間）と秋季（非暖房期間）に分けて測定し、両物質間の関連性及び個人暴露濃度に及ぼす室内環境条件や生活行動時間の影響等を重回帰分析を用いて明らかにした。

2. 実験方法

2.1 測定方法

著者らが開発した拡散サンプラー⁵⁾を用いた。本サンプラーは、NO₂とHCHOの同時採取が可能である。分析方法は、NO₂は、ナフチルエチレンジアミン法による吸光光度法⁶⁾、HCHOは、AHMT法による吸光光度法⁶⁾を用いた。

2.2 調査方法

室内：測定対象室内（居間）の中央、床下約1.2 m地点にセットした。

外気：ベランダ部分の床上約1.2 m地点にセットした。

個人暴露濃度：測定対象者（主婦）の襟元にサンプラーを装着した。就寝中は、枕元に置いた。

いずれも、24時間で回収し分析までは、専用のアルミ製の保存袋に入れて冷暗所に保管した。また、各調査地点の温度湿度を温・湿度自動記録計（ヤマト科学製AY-21型）を使用して同時に記録した。

暖房器具：石油ファンヒーター：2600 Kcal/hr（新品）

オイル式放熱板ヒーター：1200 W（新品）

（ヒーターでオイルを加熱し、放熱板から

の輻射熱で室内を暖房する排ガスのでないクリーンヒーター）

2.3 調査期間

1992年12月7日～1993年1月17日（暖房期間）
1993年9月17日～1993年10月11日（非暖房期間）
同一室内において暖房器具を暖房期間中は、一日おきにそれぞれ21日間使用した。

2.4 調査対象住宅

建築後12年を経過した集合住宅⁷⁾で14階建ての6階部分、広さは、4LDK、床面積は、約70 m²、気積約160 m³である。測定対象室内は、床面積約24 m²、気積約56 m³である。Fig. 1に平面図を示す。

2.5 室内環境条件の測定

温・湿度については、2.2に示した装置を用いた。また、暖房器具等の使用時間調査については、調査対象住宅の主婦に依頼し、一日の積算時間として整理した。また、測定に先立ち測定対象室内の換気回数の測定を行った。方法は、二酸化炭素濃度の高い状態を暖

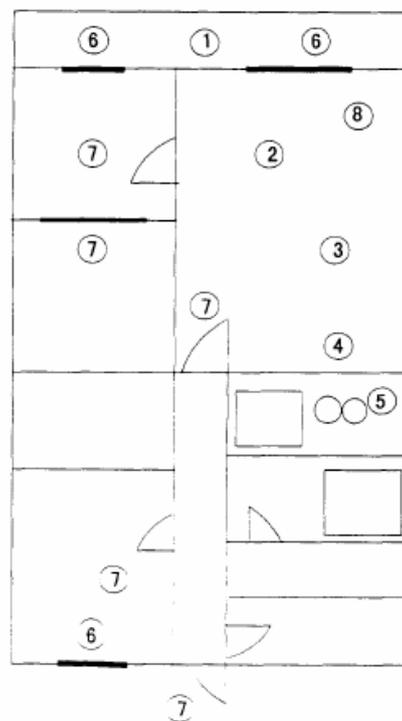


Fig.1 Floor plan of the measured house

- | | |
|-------------------------|---------------|
| ①Outdoor sampling point | ⑤Gas stove |
| ②Living room | ⑥Window |
| ③Indoor sampling point | ⑦Door |
| ④Kitchen | ⑧Space heater |

房器具で作り出し、その濃度変化から Seidel の式⁸⁾ から求めた。(ただし、二酸化炭素ガスの室内での吸着等は考慮していないので計算結果は、実際より多めの換気回数を算出する可能性がある) 結果は、扉や窓を閉じた状態で 1.2 回/h, 外気に面したベランダ側の窓を数 cm 程度開けた状態で 2 回/h 程度であった。(換気回数測定時の室内外の気温は、それぞれ 20°C, 5°C であった)

2.6 重回帰分析の方法^{9),10)}

目的変数を NO₂ 及び HCHO の個人暴露濃度として、説明変数を室内外の NO₂, HCHO 及び環境条件 (窓の開放時間, 換気扇の使用時間, 暖房器具の使用時間,

ガスレンジの使用時間, 温度, 湿度, 外出時間) として、また、説明変数が目的変数に対してどの程度影響を及ぼしているかを見るために標準回帰係数を算出した。この標準回帰係数は、平均を 0, 分散を 1 に変換してデータの標準化を行い、説明変数の個々の大きさに影響されない形で目的変数への寄与を見るのに役立つものである。

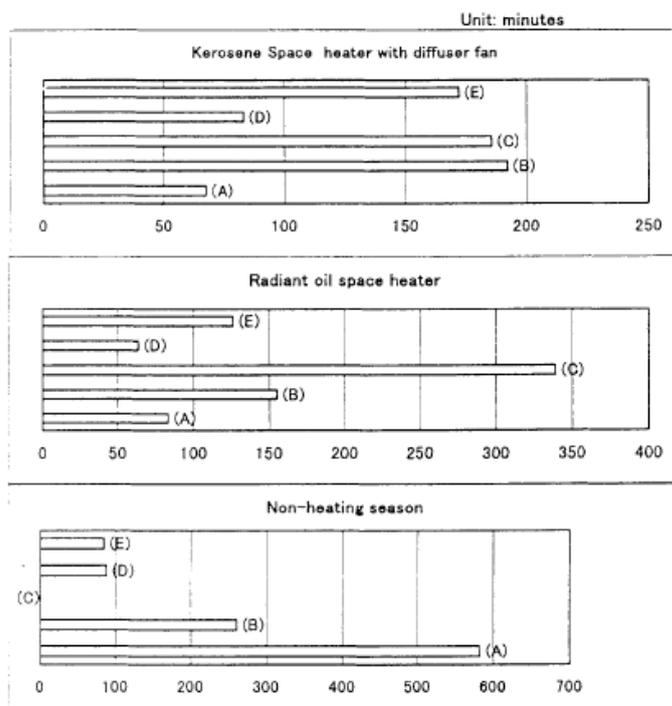
3. 結果及び考察

3.1 個人暴露及び室内外濃度測定結果の概要

Table 1 に NO₂ 及び HCHO の個人暴露及び室内外濃度測定結果の概要を示した。また、Fig. 2 に環境条件の測定結果を示した。

Table 1 Measurement results of personal exposure and indoor levels for NO₂ and HCHO

Type of heater	Measurement periods	Pollutants	Number of days	unit: ppb					
				Personal exposure		Indoor		Outdoor	
				range	average	range	average	range	average
Kerosene space heater with diffuser fan	Dec. 7, 1992	NO ₂	21	34 - 105	64	40 - 112	78	14 - 67	42
	~ Jan. 16, 1993	HCHO	21	21 - 49	35	9 - 49	35	3 - 23	12
Radiant oil space heater	Dec. 8, 1992	NO ₂	21	19 - 57	35	19 - 73	41	17 - 65	39
	~ Jan. 17, 1993	HCHO	21	17 - 45	31	18 - 44	31	7 - 20	12
Non-heating season	Sep. 19, 1993	NO ₂	20	12 - 39	26	13 - 40	26	15 - 51	29
	~ Oct. 11, 1993	HCHO	20	12 - 26	19	8 - 24	18	3 - 8	6



- (A): Average of time while the windows remained open
- (B): Average of time while the ventilation was used
- (C): Average of time while the heater was used
- (D): Average of time while the gas stove was used
- (E): Average of time while spent away from home

Fig.2 Measurement results of environmental conditions in apartments

暖房時のHCHO 個人暴露濃度は、室内と同じレベルで31ppbであった。また、外気濃度は12ppbで室内濃度の約1/3程度であった。一方、非暖房時も室内と個人暴露濃度は、ほぼ同じレベルで18ppbであった。暖房器具による差は、認められなかった。Fig. 3, Fig. 4に暖房期間中の暖房器具別室内濃度及び暴露濃度の変化を示した。

今回の結果では、非暖房時と暖房時の濃度差は、暖房器具の使用よりも室内の密閉状況（環境条件の集計から）が影響しているという結果であった。

さらに、HCHOについては、建築後3年目に測定した同じ室内濃度⁷⁾と比較して大きな差が認められなかった。調査建築物の室内状況が、建築後3年目と大きな変化がないこと、大きな家具の入れ替え等もないこと考えるとHCHOは、本調査建築物では、30ppb程度レベルで存在しているものと考えられる。

暖房時のNO₂個人暴露濃度は、室内濃度が個人暴露濃度より若干高い傾向を示した。特に、石油ファンヒーター使用時がオイル式放熱板ヒーター（以下、放熱板ヒーターと略記）使用時に比べて明らかに高い傾向

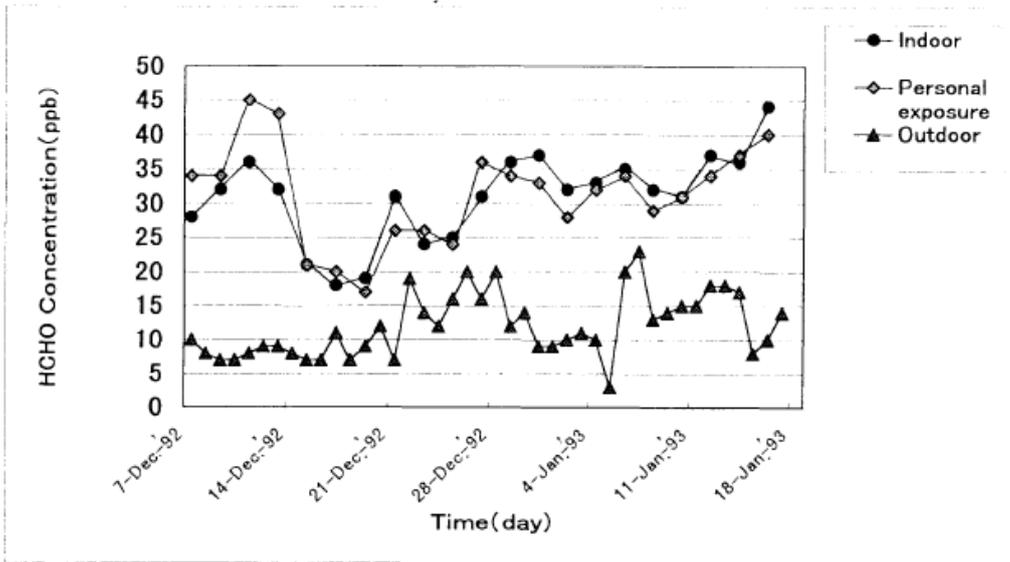


Fig.3 Measurement results of indoor, outdoor and personal exposure levels of HCHO in the room with Radiant oil space heater

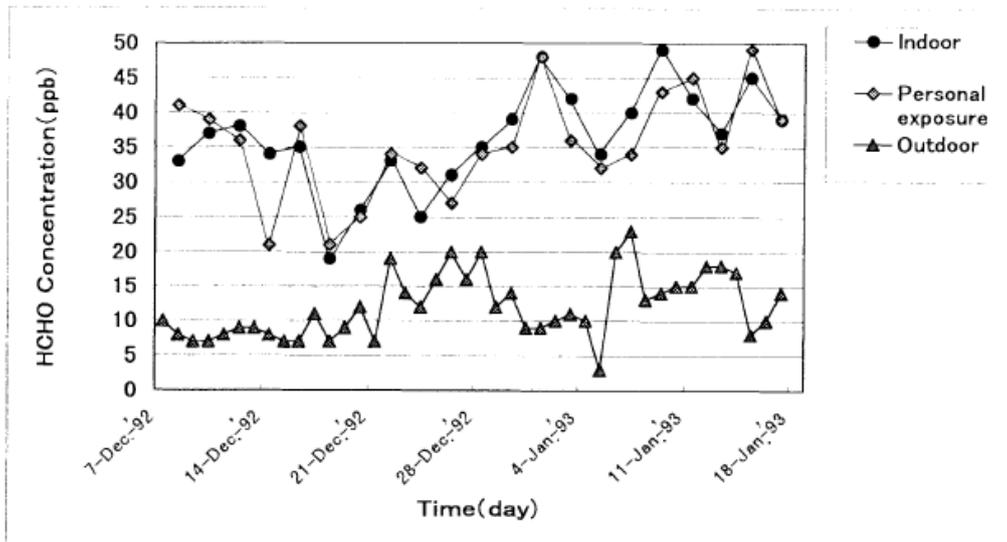


Fig.4 Measurement results of indoor, outdoor and personal exposure levels of HCHO in the room with kerosene space heater with diffuser fan

を示した。放熱板ヒーター使用時は、室内、外気及び個人暴露濃度ともそれほど大きな差は認められなかった。一方、石油ファンヒーター使用時は、室内濃度が最も高く平均値で78ppb、個人暴露濃度が64ppb、外気濃度が42ppbであった。また、大気環境基準（上限値60ppb）と比較すると、石油ファンヒーター使用時は、室内、個人暴露濃度及び外気濃度がそれぞれ18日（85.7%）、13日（61.9%）、4日（19.0%）、放熱板ヒーター使用時が室内濃度で2日（9.5%）、個人暴露濃度で0日（0%）、外気濃度で1日（4.8%）の割合で上

限値を超えていた。Fig. 5, Fig. 6に暖房器具使用期間中の室内濃度、暴露濃度の変化を示した。

冬季には、大気NO₂濃度が上昇する傾向にあり各種対策（車の走行台数の低減、工場での燃料消費抑制等）が取られている。こうした中で大気環境基準の上限値を上回る。外気濃度が本調査期間に観測され、室内あるいは個人暴露濃度測定値がより高い傾向にあったことは、暖房期間中の室内空気汚染問題に関心を持つ必要があることを示しているといえる。

一方、非暖房時は、室内外及び個人暴露濃度とも上

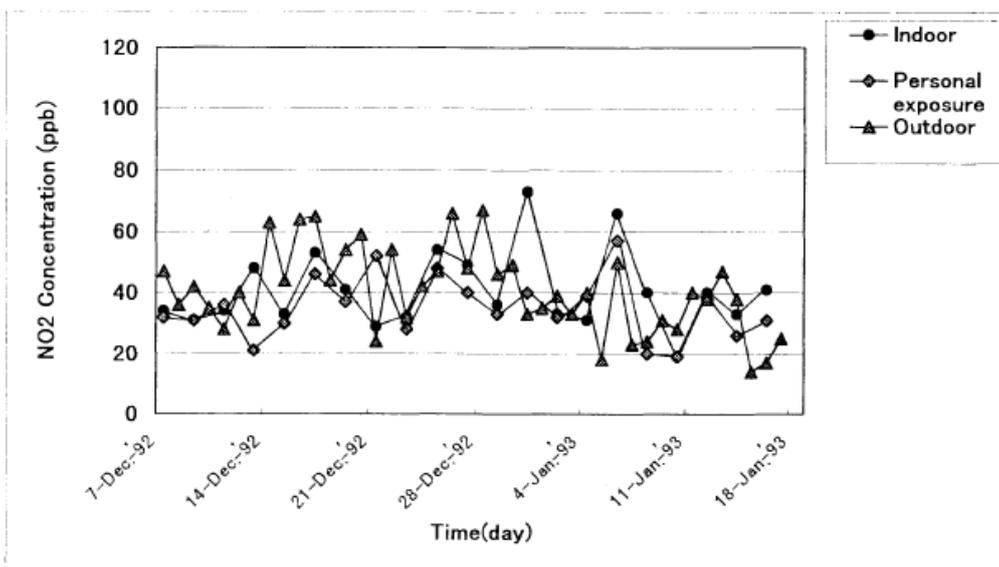


Fig.5 Measurement results of indoor, outdoor and personal exposure levels of NO₂ in the room with Radiant oil space heater

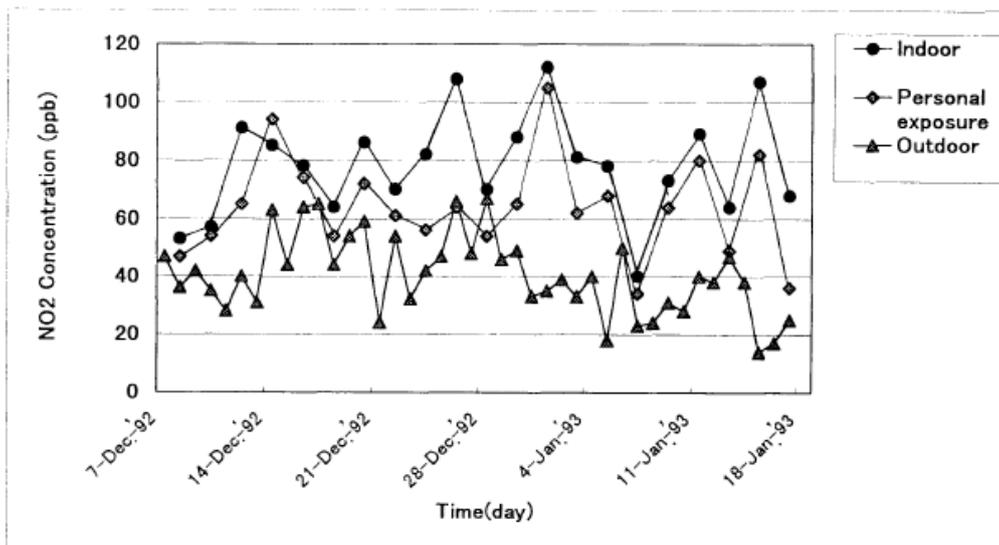


Fig.6 Measurement results of indoor, outdoor and personal exposure levels of NO₂ in the room with kerosene space heater with diffuser fan

限值を超えるデータはなかった。

個人暴露濃度は、非暖房時および放熱板ヒーター使用時は、室内濃度と同レベルの 26 ~ 35ppb であった。しかし、石油ファンヒーター使用時は、64ppb で非暖房時および放熱板ヒーター使用時と比べて明らかに高い値を示した。これは、測定対象者が主婦 1 名であったこと、石油ファンヒーター使用時は必ず在室し、換気もあまり行わない傾向にあったこと（環境条件の集計結果より）等が影響したものと考えられる。

3.2 室内環境条件の個人暴露濃度への寄与

暖房時及び非暖房時に個人暴露及び室内外濃度の測定を行ったが、室内環境条件が個人暴露濃度にどのような影響を与えているのかを検討するために主婦の外出時間や室内の環境条件等の調査も合わせて行った。

石油ファンヒーター使用時：測定期間中（平均値）の温度は、21.1℃ (20.3 ~ 22.3℃)、湿度は、46.8% (38 ~ 60%)、窓の開放時間は、67.5 分 (0 ~ 302 分)、換気扇の使用時間は、192.2 分 (35 ~ 656 分)、暖房器具の使用時間は、185.7 分 (98 ~ 293 分)、ガスレンジの使用時間は、83.1 分 (18 ~ 172 分)、主婦の外出時間は、172.2 分 (0 ~ 401 分) であった。

NO₂ の個人暴露濃度に対する寄与は、室内濃度が最も大きく (標準回帰係数 0.73)、ついで外気濃度 (0.34) の順であった。HCHO については、湿度の影響が最も大きく (0.53)、ついで室内濃度 (0.31) の順であった。放熱板ヒーター使用時：温度は、21.1℃ (20.4 ~ 21.9℃)、湿度は、46.2% (35 ~ 57%)、窓の開放時間は、83.2 分 (9 ~ 265 分)、換気扇の使用時間は、155.0 分 (42 ~ 323 分)、暖房器具の使用時間は、339.1 分 (168 ~ 697 分)、ガスレンジの使用時間は、63.6 分 (19 ~ 114 分)、主婦の外出時間は、126.1 分 (0 ~ 333 分) であった。

NO₂ の個人暴露濃度に対する寄与は、室内濃度が最も大きく (0.61)、ついでヒーター使用時間 (0.43) の順であった。HCHO については、室内濃度の寄与が最も大きく (0.64)、ついで湿度 (0.30) の順であった。非暖房時：窓の開放時間は、582.6 分 (0 ~ 1440 分)、換気扇の使用時間は、260.6 分 (48 ~ 485 分)、ガスレンジの使用時間は、88.0 分 (38 ~ 145 分)、主婦の外出時間は、84.8 分 (0 ~ 389 分) であった。なお、非暖房時の温湿度は、測定器の都合でデータが収集できなかった。

NO₂ 個人暴露濃度に対する寄与は、室内濃度が最も

大きく (0.68)、ついで外気濃度 (0.25) の順であった。HCHO については、室内濃度が圧倒的 (0.92) に大きかった。

個人暴露濃度に及ぼす因子を把握しておくことは重要なことと考える。今回の調査結果では、NO₂ については、いずれの場合でも室内濃度が最も寄与率が大きかった。このことは、今回の調査では、主婦を対象に個人暴露濃度を測定したため在室率が大きかったことが影響していると考えられる。HCHO については、室内濃度および湿度の寄与が大きかった。室内濃度については、NO₂ と同様に在室率の影響が考えられる。また、湿度の影響については、Godish¹¹⁾ や井上¹²⁾ がその影響について報告しており、著者らの調査結果⁷⁾ とも一致する。温度については、Meyer¹³⁾ がその影響について報告しており、著者らの調査結果⁷⁾ からも確認されている。今回の調査結果では、寄与を見出せなかった。これは、温度を日平均値として集計したため変化がほとんどなかったことが考えられる。今後の調査では、できるだけ細かなデータ収集を心がけることが必要と考える。

今回の測定結果から、個人暴露濃度を考えるにあたっては、NO₂ については、室内濃度を測定することが最も重要であることがわかった。このことについては、新田¹⁴⁾、平野¹⁵⁾ とも同様の報告をしておりこれと一致する。

HCHO についても、室内濃度を測定することが最も重要であることがわかった。このことについては、Dingle¹⁶⁾ らが同様の報告をしている。また、土井¹⁷⁾ らの調査でも発生源が室内に存在していると報告していることからもうかがえる。今回の解析の結果、湿度のモニターもあわせて行うことがデータ解析上必要であることが分かった。

3.3 重回帰分析による個人曝露濃度予測

室内濃度、外気濃度、窓の開放時間、換気扇の使用時間、ガスレンジの使用時間、ヒーター使用時間、温度、湿度及び外出時間を説明変数として目的変数である個人暴露濃度を重回帰分析で求めた。結果は、Table 2 に示した。

NO₂、HCHO とも室内濃度のみで解析を行った場合でも F 検定の結果、5%有意で個人暴露濃度を予測可能であった。

今回の調査のように在室率が比較的高い主婦などを対象として調査を行う場合は、室内濃度を用いて暴

Table 2 Linear multiple regression model for NO₂ and HCHO

Kerosene space heater with diffuser fan	NO ₂	$Y = -195.0 + 0.69X_1 + 0.37X_2 - 0.30X_3 + 0.001X_4 - 0.04X_5 + 0.10X_6 + 0.39X_7 + 8.10X_8 - 0.002X_9$ Mul.cor.coeff.(R): 0.779 Compute F-value: 29.356 F(1,19)=8.185($\alpha=0.01$)
	HCHO	$Y = -24.3 + 0.26X_1 + 0.13X_2 + 0.01X_3 + 0.001X_4 + 0.03X_5 + 0.04X_6 + 0.32X_7 + 0.74X_8 - 0.01X_9$ Mul.cor.coeff.(R): 0.544 Compute F-value: 8.002 F(1,19)=4.381($\alpha=0.05$)
Radiant oil space heater	NO ₂	$Y = 122.9 + 0.48X_1 + 0.21X_2 + 0.04X_3 + 0.02X_4 + 0.03X_5 - 0.13X_6 + 0.37X_7 - 6.70X_8 + 0.01X_9$ Mul.cor.coeff.(R): 0.517 Compute F-value: 6.927 F(1,19)=4.381($\alpha=0.05$)
	HCHO	$Y = -108.6 + 0.71X_1 + 0.31X_2 - 0.01X_3 + 0.03X_4 - 0.01X_5 - 0.05X_6 + 0.04X_7 + 5.56X_8 - 0.01X_9$ Mul.cor.coeff.(R): 0.808 Compute F-value: 35.795 F(1,19)=8.185($\alpha=0.01$)
Non-heating season	NO ₂	$Y = -2.9 + 0.71X_1 + 0.23X_2 - 0.001X_3 + 0.003X_4 + 0.01X_6 + 0.01X_9$ Mul.cor.coeff.(R): 0.938 Compute F-value: 132.47 F(1,19)=8.185($\alpha=0.01$)
	HCHO	$Y = -4.2 + 0.92X_1 - 0.08X_2 - 0.0003X_3 - 0.002X_4 + 0.004X_6 - 0.005X_9$ Mul.cor.coeff.(R): 0.912 Compute F-value: 89.216 F(1,19)=8.185($\alpha=0.01$)

X1: Indoor concentration (ppb)
 X2: Outdoor concentration (ppb)
 X3: Amount of time while the window remained open (minutes)
 X4: Amount of time while the ventilation was used (minutes)
 X5: Amount of time while the heater was used (minutes)
 X6: Amount of time while the gas stove was used (minutes)
 X7: Room temperature (°C)
 X8: Room humidity (R.H.%)
 X9: Amount of time while the going out (minutes)

露濃度を推定する事も可能と考える。

3.4 二酸化窒素とホルムアルデヒドの関係について

個人暴露濃度は、暖房時、非暖房時とも NO₂ と HCHO の間には、F 検定の結果 1% 有意で関連性は認められなかった。また、個人暴露濃度に対する室内外濃度の関連性についても同一成分 (NO₂ 個人暴露濃度に対する NO₂ 室内外濃度) については、5% 有意で関連性が認められるものの他成分 (NO₂ 個人暴露濃度に対する HCHO の室内外濃度あるいは HCHO 個人暴露濃度に対する NO₂ 室内外濃度) については、1% 有意で関連性は認められなかった。このことは、NO₂ と HCHO の主要な発生源が異なる事が大きな要因と考えられる。つまり、NO₂ の発生源は、暖房器具 (今回の調査では、厨房器具の使用は、換気扇の併用で室内への影響率が低かった) であり、測定対象者は、暖房器具使用時間は在室率が非常に高く、暴露量が増える傾向にあるのに対し、HCHO の発生源は、室内の家具などであるため常に一定レベルの濃度を保って大きな変化がなかったためと考える。

4. まとめ

本調査においては、冬季の暖房器具使用期間と秋季の非暖房期間において、NO₂、HCHO について主婦 1 名を対象として個人暴露濃度の経時的測定を行った。また、室内外の濃度さらには、各種環境条件を調査し、解析に用いた。その結果、以下に示す知見が得られた。
 1) NO₂ については、石油ファンヒーター使用時に個人暴露濃度が高く、測定日数 21 日のうち 13 日が、日平

均値で 60ppb を超えており調査期間の平均値で 64ppb (室内濃度 78ppb) であった。放熱板ヒーター使用時及び非暖房期間の平均値は、35ppb 及び 26ppb (室内濃度 41ppb 及び 26ppb) であった。HCHO については、個人暴露濃度は、石油ファンヒーター使用時、放熱板ヒーター使用時及び非暖房時が、それぞれ 35ppb、31ppb、19ppb (室内濃度 35ppb、31ppb、18ppb) であり 3 者とも室内濃度とほぼ同程度であった。

2) 個人暴露濃度に及ぼす環境条件の影響については、NO₂ については、室内濃度の寄与が最も大きかった。また、外気濃度やヒーターの使用も寄与していることがわかった。一方、HCHO については室内濃度や湿度の影響が寄与していたが、温度の寄与については、データの集計方法の関係で明確にはできなかった。

3) 個人暴露濃度の予測については、NO₂、HCHO とも F 検定の結果、5% 有意で室内濃度を用いる事ができるという結果であった。

4) NO₂ と HCHO の個人暴露濃度は、F 検定の結果 1% 有意で関連性は認められなかった。この要因としては、主要な発生源が異なることが考えられる。

参考文献

- 1) E. Lebrete, H.J. Van De Wiel, H.P. Bos, D. Noij, J.S.M. Boleij: Volatile Organic Compounds in Dutch Homes, Environment International, 12, 323-332 (1986).
- 2) M. De. bortoli, H. Knopple, E. Pecchio: Concentration of Selected Organic Pollutants in Indoor and Outdoor Air in Northern Italy, Environment International, 12,

- 343-350 (1986).
- 3) H. Knoppel: Organic Compounds in The Indoor Environment, CCMS Report No.18 55-88 (1989).
 - 4) 春日 斉, 松木秀明: 室内空気汚染と健康問題, 大気汚染学会誌, 27, A65-A73 (1992).
 - 5) E. Osada, T. Matsumura, S. Muramatsu: Development of A Passive Sampler of Formaldehyde and Its Application to Exposure Measurement, Proceedings of indoor Air '93, vol.2, 317-322 (1993).
 - 6) 松村年郎, 亀谷勝昭, 武田浩昭: 空気中の二酸化窒素及びホルムアルデヒドの簡易同時測定法の開発—二酸化窒素の個人暴露濃度の測定結果を中心に—, 日本公衛誌, 33, 754-760 (1987).
 - 7) 松村年郎, 長田英二, 小島茂雄: 冬季一般家庭における室内汚染について—暖房器具による影響を中心に—, 大気汚染学会誌, 28, 140-152 (1993).
 - 8) 日本薬学会編 衛生試験法・注解 (1990) 金原出版(株).
 - 9) 有馬 哲, 石村貞夫: 多変量解析のはなし, 東京図書 pp.1~78 (1987).
 - 10) 田中 豊, 垂水共之, 脇本和昌: パソコン統計解析ハンドブック多変量解析編, 共立出版 pp.1~48 (1989).
 - 11) T. Godish, J. Rouch: Mitigation of Residential Formaldehyde Concentration by Indoor Climate Control, Am. Ind. Hyg. Assoc. J., 47, 792-797 (1986).
 - 12) 井上明生: 合板から放散するホルムアルデヒドの経時変化, 模擬住環境における気中濃度の測定, 木材工業, 41, 21-24 (1986) .
 - 13) B. Meyer, K. Hermanns: Variations of Formaldehyde Exposure in Mobile Homes, J. Environ. Health, 48, 57-61 (1985).
 - 14) 新田裕史, 横山泰彦, 青木繁信, 前田和甫: 二酸化窒素の個人暴露濃度に関する研究, 日本公衛誌, 29, 343-353 (1982).
 - 15) 平野耕一郎, 前田裕行, 中村 貢, 米山悦夫: 生活環境のNO, NO₂と個人暴露量との関係, 横浜市公害研究所報, 6, 35-43 (1981).
 - 16) P. Dingle, S. Hu, F. Murray: Personal Exposure to Formaldehyde, Proceedings of indoor Air '93, vol.2. 293-298 (1993).
 - 17) 土井まつ子, 石黒彩子, 伊藤 泉, 鳥居新平, 柴田英治: 日常生活におけるホルムアルデヒド暴露, 公衆衛生, 55, 208-212 (1991).