

用した合板製家具は、名古屋では76%の住宅で使用されていたが、ウブサラでは皆無であった。測定期間における調査室内での喫煙は、名古屋では41%の住宅であったが、ウブサラでは皆無であった。

名古屋では37戸中11戸は密閉型暖房器具（エアコンディショナーや電気ストーブ）を、残り26戸は開放型暖房器具を使用していた。セントラルヒーティングを使用していた住宅はなかった。一方、ウブサラでは調査住宅全部で地域暖房システムによる温水を利用したセントラルヒーティングを使用していた。

*p*-ジクロロベンゼンを含む衣類防虫剤は、名古屋では43%の住宅で使用していたが、ウブサラでは皆無であった。

## 2. 空気中濃度

表3は、名古屋とウブサラでのホルムアルデヒド、二酸化窒素および塩素系揮発性有機化合物の空気中濃度をまとめたものである。屋内空気中濃度の幾何平均値は、調査物質8物質全部で名古屋がウブサラより有意に高かった ( $p<0.01$ )。ホルムアルデヒドならびに二酸化窒素の最高値は、名古屋ではそれぞれ  $73\mu\text{g}/\text{m}^3$  と  $369\mu\text{g}/\text{m}^3$  であったのに対して、ウブサラでは  $19\mu\text{g}/\text{m}^3$  と  $11\mu\text{g}/\text{m}^3$  であった。さらに、ホルムアルデヒド、二酸化窒素ならびに四塩化炭素以外の塩素系揮発性有機化合物の屋外濃度の幾何平均値は、名古屋がウブサラより有意に高かった ( $p<0.01$ )。名古屋では、調査物質全部で屋内濃度が屋外濃度より有意に高かった ( $p<0.01$ )。ウブサラでは、ホルムアルデヒド、1,1,1-トリクロロエタン、テトラクロロエチレンならびに *p*-ジクロロベンゼンの屋内濃度の幾何平均値が、屋外濃度より有意に高かった ( $p<0.01$ 、テトラクロロエチレン： $p<0.05$ )。塩素系以外の揮発性有機化合物は、活性炭を充填した拡散型サンプラー (ORSA 5、Dräger) を使用してサンプリングして、スウェーデンでガスクロマトグラフ-質量分析計で分析した。この結果は、別の機会に報告する予定である。

## 3. ホルムアルデヒドの屋内濃度と屋内環境要因の関連

表4は、屋内環境要因とホルムアルデヒド濃度の間の関連をまとめたものである。名古屋では、非木造住宅の屋内濃度の幾何平均値は木造住宅より有意に高く ( $p<0.01$ )、築後10年未満の住宅の屋内濃度の幾何平均値は10年以上の住宅より有意に高かった ( $p<0.01$ )。一方、ウブサラでは、戸建住宅の屋内濃度の幾何平均値は集合住宅より有意に高かった ( $p<0.05$ )。名古屋でのホルムアルデヒド濃度の最高値は  $73\mu\text{g}/\text{m}^3$  で、

開放型の石油ストーブを使用していた築後2年の鉄筋コンクリート造の戸建住宅でみられた。ウブサラでの最高値は  $19\mu\text{g}/\text{m}^3$  で、築後24年の木造の戸建住宅でみられた。

図2は、名古屋におけるホルムアルデヒド屋内濃度（対数変換値）と築後年数の関係を示したもので、両者の間には有意な負の相関関係があった ( $r=-0.44$ ,  $p<0.01$ )。ウブサラでは、ホルムアルデヒド屋内濃度（対数変換値）と築後年数の間には有意な相関関係はなかった ( $r=0.19$ )。

## 4. 二酸化窒素の屋内濃度と屋内環境要因の関連

表5は、屋内環境要因と二酸化窒素濃度の間の関連をまとめたものである。開放型暖房器具を使用していた住宅での二酸化窒素濃度の幾何平均値は、密閉型暖房器具を使用していた住宅より有意に高かった ( $p<0.05$ )。さらに、非木造住宅の二酸化窒素濃度は木造住宅より有意に高く ( $p<0.01$ )、築後10年未満の新しい住宅は築後11年以上の古い住宅より有意に高かった ( $p<0.01$ )。名古屋での二酸化窒素濃度の最高値は  $369\mu\text{g}/\text{m}^3$  で、開放型の石油ストーブを使用していた築後8年の鉄筋コンクリート造の戸建住宅でみられた。ウブサラでの最高値は  $11.4\mu\text{g}/\text{m}^3$  で、幹線道路近くの築後75年の石造の戸建住宅でみられた。両都市で密閉型暖房器具を使用していた住宅の間で二酸化窒素濃度を比較すると、名古屋はウブサラより有意に高濃度であった ( $70.5$  vs.  $6.7\mu\text{g}/\text{m}^3$ ) ( $p<0.01$ )。ウブサラでは二酸化窒素濃度と他の屋内環境要因の間に有意な関係はなかった。

## 5. *p*-ジクロロベンゼンの屋内濃度と屋内環境要因の関連

表6は、屋内環境要因と *p*-ジクロロベンゼン濃度の間の関連をまとめたものである。名古屋では、*p*-ジクロロベンゼンを含む衣類防虫剤を使用していた住宅の屋内濃度の幾何平均値はそうでない住宅より有意に高かった ( $p<0.01$ )。 *p*-ジクロロベンゼンを含む衣類防虫剤を使用していた住宅での屋内濃度の幾何平均値は  $85.9\mu\text{g}/\text{m}^3$  であり、その範囲は  $9.9\sim 3460\mu\text{g}/\text{m}^3$  であった。一方、名古屋で、*p*-ジクロロベンゼンを含む衣類防虫剤を使用していなかった住宅での屋内濃度の幾何平均値は  $5.1\mu\text{g}/\text{m}^3$  であり、その範囲は  $3.9\sim 7.6\mu\text{g}/\text{m}^3$  であった。ウブサラでは、*p*-ジクロロベンゼンを含む衣類防虫剤を使用していた住宅は皆無で、その屋内濃度 ( $0.4\sim 3.0\mu\text{g}/\text{m}^3$ ) は屋外濃度 ( $0.4\sim 2.2\mu\text{g}/\text{m}^3$ ) と同程度で、名古屋より非常に低濃度であった。

名古屋およびウプサラともに、*p*-ジクロロベンゼン以外の塩素系揮発性有機化合物の各濃度と屋内環境要因の間には有意な関係はなかった。

## D. 考 察

### 1. 空気中ホルムアルデヒド濃度

ホルムアルデヒドを含む建材や家具がホルムアルデヒドの主な屋内発生源であることはよく知られている (Pickreil et al., 1983; Matthews et al., 1986)。日本全国の住宅322戸を対象としたホルムアルデヒドの屋内および屋外濃度の中央値は、それぞれ  $52.5 \mu\text{g}/\text{m}^3$  と  $7.3 \mu\text{g}/\text{m}^3$  であったと報告されている (National Institute of Health Sciences of Japan, 1998)。今回、名古屋での屋内濃度の幾何平均値は  $17.6 \mu\text{g}/\text{m}^3$  で、全国調査と比較すると低濃度であったが、屋外濃度は  $5.8 \mu\text{g}/\text{m}^3$  で同程度であった。また、ホルムアルデヒドの屋内濃度は築後年数に比例して減少することが知られているが、今回の調査での同様な結果が示された。また、ホルムアルデヒドの屋内濃度は、気温と湿度の影響を受けており、夏に高く、冬に低くなるという季節的な変動があるとされている (Saito et al., 1999)。築後半年未満の住宅の調査住宅に占める割合は、前述の全国調査では67%であったが、今回の調査では3%にすぎなかった。また、前述の全国調査は年間を通して行われていたが、今回は主に冬季に限られていた。今回の調査結果と前述の全国調査結果との違いは、新築住宅の割合と調査時期の違いが関係している可能性が考えられる。

ウプサラの屋内および屋外濃度は、いずれも名古屋より有意に低かった。今回の共同研究者である Norbäck (1995a) は、別の調査でのウプサラの住宅内のホルムアルデヒド濃度の平均値は  $19 \mu\text{g}/\text{m}^3$  であったと報告しており、今回の結果より多少高濃度であった。屋内濃度と屋外濃度の差は、名古屋では  $9.3 \mu\text{g}/\text{m}^3$  であったのに対して、ウプサラでは  $4.5 \mu\text{g}/\text{m}^3$  であった。これは、住宅の築後年数や発生源の違い、換気率の違いに起因していると考えられた。

今回の調査で、ホルムアルデヒドの屋外濃度も、名古屋がウプサラより有意に高いことが示された。これは、両都市での大気汚染の違いを反映していると考えられた。名古屋は日本でも有数の大都市であるので、ホルムアルデヒドによる大気汚染の程度もウプサラより名古屋が著しいことが考えられる。屋外での高濃度のホルムアルデヒド濃度は、ホルムアルデヒドを含む

建材の使用に加えて、屋内濃度に影響を及ぼしている可能性がある。

### 2. 空気中二酸化窒素濃度

Levy ら (1998) は、13ヶ国17都市の住宅における二酸化窒素の屋内濃度を調査した結果、屋内濃度の平均値は都市によって大きく異なっており、最小値はフィンランドの Kuopio の  $10.3 \mu\text{g}/\text{m}^3$ 、最大値は韓国のソウルの  $80.6 \mu\text{g}/\text{m}^3$  であった。今回の調査で、屋内濃度の幾何平均値は、名古屋 ( $98.3 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ) とウプサラ ( $6.7 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ) の間で大きな違いがあった。この結果は、国によって二酸化窒素の屋内濃度が大きく異なっていたとする前述の報告と一致していた。

屋内の二酸化窒素は、屋外の発生源（自動車の排気ガスや工場からの排煙）と屋内の発生源（各種の燃焼ガス）に由来している。名古屋の屋外濃度は、ウプサラのそれと比較して8倍高濃度であったことは、名古屋での二酸化窒素による大気汚染はウプサラより著しいことを示唆している。このことは、名古屋がウプサラよりも規模が大きいため自動車排気ガスなどによる屋外での二酸化窒素発生量が多いことで説明できる。日本での燃焼型暖房器具は二酸化窒素を発生することが報告されている (Yamanaka et al., 1979)。名古屋における開放型暖房器具の使用が、二酸化窒素の屋内濃度の著しい増加に関係していることを示された。ガスオーブンは二酸化窒素の主要な屋内発生源のひとつである。スウェーデンでは調理には電気オーブンが使用されるのに対して、日本ではガスオーブンが主な調理器具である。名古屋で密閉型暖房器具を使用していた住宅での屋内濃度と屋外濃度の差は  $13.4 \mu\text{g}/\text{m}^3$  であったのに対して、ウプサラでは屋内濃度と屋外濃度の間にはほとんど違いがなかった。このことは、ウプサラの住宅では屋内に二酸化窒素の大きな発生源がないことを示しており、今回調査したウプサラの住宅ではガス調理器具や開放型暖房器具が使用されておらず、屋内での喫煙もないことと一致していた。名古屋で二酸化窒素濃度が高かったことは、開放型暖房器具やガス調理器具の使用、著しい大気汚染によって説明できる。

### 3. 空気中塩素系揮発性有機化合物濃度

表7は、塩素系揮発性有機化合物の空気中濃度の報告をまとめたものである。屋内ならびに屋外濃度は国や地域によって著しい違いがみられた。名古屋は高濃度グループに属していたのに対して、ウプサラは低濃度グループに属していた。両都市ともに塩素系揮発性

有機化合物の屋内濃度は屋外濃度を上回っており、屋内に塩素系揮発性有機化合物の発生源があることを示した報告(Pellizzari et al., 1986; Wallace, 1987; Harwell et al., 1992; Tamakawa et al., 1993; Olansandan et al., 1998; Ministry of Health and Welfare, 1999)と一致していた。

日本では、1992年に染料や農薬、消臭剤などとして27,630トンの*p*-ジクロロベンゼンが生産された(Kagaku-Kogyo-Nippo, 1994)。神奈川県下の住宅内での*p*-ジクロロベンゼン濃度は、264から12,000  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ で、*p*-ジクロロベンゼン濃度が他の塩素系クロロベンゼンより高濃度であった。その原因として、*p*-ジクロロベンゼンを含む衣類防虫剤を推定していた(Suzuki et al., 1986)。今回、名古屋で*p*-ジクロロベンゼンを含む衣類防虫剤を使用していた住宅の屋内濃度の幾何平均値はそうでない住宅の約17倍であったのに対して、*p*-ジクロロベンゼンを含む衣類防虫剤を使用していなかったウブサラでの屋内濃度の幾何平均値は非常に低く、屋外濃度と同程度であった。今回の結果は、*p*-ジクロロベンゼンを含む衣類防虫剤が名古屋での住宅の主要な発生源であることを明らかにした。

四塩化炭素以外の塩素系揮発性有機化合物の屋内濃度ならびに屋外濃度は、いずれも名古屋とウブサラの間で有意な濃度の違いがみられたが、両都市ともに内部発生源を見出すことはできなかった。名古屋のような人口が多くかつ高度に工業化した都市では、工場や住宅から大量の塩素系揮発性有機化合物が放散されていることが予想される。今回の結果は、塩素系揮発性有機化合物の屋外濃度が室内空気質に影響を与える可能性があることを示している。

#### 4. 今回の研究の限界

今回、住宅の室内空気汚染の特徴が名古屋とウブサラの間で顕著な違いがあることを示したが、結果の解釈には制約がある。この調査では住宅は無作為に選択されていないことや調査住宅数が少ないことから、今回の結果を両都市での住宅全体の平均的な汚染状況とすることはできない。また、調査した住宅は、化学物質による健康影響が疑われたり、室内空気汚染の状況に基づいて選択されていないだけでなく、ホルムアルデヒドや二酸化窒素、塩素系揮発性有機化合物の屋内外での発生源は、国や地域、社会経済条件によって異なっていることが考えられる。このような制約にもかかわらず、合板製家具や開放型暖房器具、*p*-ジクロ

ロベンゼンを含む衣類防虫剤が屋内空気汚染に影響を及ぼしていたことのように、この研究で得られた知見は他の多くの報告と一致している。同時に日本とスウェーデンの間では、都市部の住宅でのホルムアルデヒドや二酸化窒素、塩素系揮発性有機化合物の屋内および屋外濃度に著しい違いがあることを明らかにした。

## E. 結 論

本研究は従来報告されてきた、合板からのホルムアルデヒドの発生、非清浄型暖房の使用にともなう二酸化窒素の発生、パラジクロロベンゼン含有防虫剤使用による室内パラジクロロベンゼン濃度の上昇など日本の住宅の室内空気の特徴をあらためて明らかにするとともに、日本、スウェーデン両国の都市部の室内外のホルムアルデヒド、二酸化窒素、塩素系揮発性化学物質濃度の違いを明らかにした。

## 文 献

Brinke, J. T., Selvin, S., Hodgson, A. T., Fick, W. J., Mendell, M. J., Koshland, C. P., and Daisey, J. M. (1998). Development of new volatile organic compound (VOC) exposure metrics and their relationship to "sick building syndrome" symptoms. *Indoor Air* 8, 140-152.

Craighhead, J. E. (1995). Indoor air quality and pollution. In "Pathology of Environmental and Occupational Disease" pp. 29-39 Mosby-Year Book, St. Louis.

Engvall, K., Norrby, C., and Norbäck, D. (2001). Sick building syndrome in the relation to building dampness in multi-family residential buildings in Stockholm. *Arch. Occup. Environ. Health* 74, 270-278.

Hartwell, T. D., Perritt, R. L., Pellizzari, E. D., and Michael, L. C. (1992). Results from the 1987 total exposure assessment methodology (team) study in Southern California. *Atmos. Environ.* 26A, 1519-1527.

Hodgson, M. (1992). Field studies on the sick building syndrome. *Ann. N.Y. Acad. Sci.* 641, 21-36.

The International Study of Asthma and Allergies

- in Childhood (ISAAC) Steering Committee (1998). Worldwide variation on prevalence of symptoms of asthma, allergic rhinoconjunctivitis, and atopic eczema: ISAAC. *Lancet* 351, 1225-1232.
- Janson, C., Anto, J., Burney, P., Chinn, S., de Marco, R., Heinrich, J., Jarvis, D., Kuenzli, N., Leynaert, B., Luczynska, C., Neukirch, F., Svanes, C., Sunyer, J., and Wjst, M. (2001). The European community respiratory health survey: what are the main results so far? *Eur. Respir. J.* 18, 598-611.
- The Japan Society for Occupational Health (2002). Recommendation of occupational exposure limits (2002-2003). *J. Occup. Health* 44, 267-282.
- Kagaku-Kogyo-Nippo (The Chemical Daily Co.). (1994). Handbook on 12394 chemical products. pp. 747-748. Kagaku-Kogyo-Nippo. Tokyo. (in Japanese)
- Kamijima, M., Sakai, K., Shibata, E., Yamada, T., Itohara, S., Ohno, H., Hayakaw, R., Sugiura, M., Yamaki, K., and Takeuchi, Y. (2002). 2-Ethyl-1-hexanol in indoor air as possible cause of sick building symptoms. *J. Occup. Health* 44, 186-191.
- Levy, J. I., Lee, K., Spengler, J. D., and Yanagisawa, Y. (1998). Impact of residential nitrogen dioxide exposure on personal exposure: An international study. *J. Air & Waste Manage. Assoc.* 48, 553-560.
- Matsumura, T. (1996). Indoor air pollution by chemical substances: VOC and formaldehyde. *Journal of Japan Society for Atmospheric Environment* 31, A154-A164. (in Japanese)
- Matthews, T. G., Tromberg, B. J., and Ear, H. (1986). Surface emission monitoring of pressed-wood products containing urea-formaldehyde resins. *Environ. Int.* 12, 301-309.
- The Ministry of Health and Welfare of Japan. (1999). Report of indoor air pollution by volatile organic compounds in dwellings in Japan. (in Japanese)
- The National Institute of Health Sciences of Japan. (1998). Estimation of formaldehyde exposure in dwellings in Japan. (in Japanese)
- Norbäck, D., Michel, I., and Widström, J. (1990a). Indoor air quality and personal factors related to the sick building syndrome. *Scand. J. Work Environ. Health* 16, 121-128.
- Norbäck, D., Torgen, M., and Edling, C. (1990b). Volatile organic compounds, respirable dust, and personal factors related to prevalence and incidence of sick building syndrome in primary schools. *Br. J. Ind. Med.* 47, 733-741.
- Norbäck, D., and Edling, C. (1991). Environmental, occupational, and personal factors related to the prevalence of sick building syndrome in the general population. *Br. J. Ind. Med.* 48, 451-462.
- Olansandan, Amagai, T., and Matsushita, H. (1998). Exposure assessment study for volatile organohalogen compounds: Personal exposures, indoor and outdoor air concentrations in Shizuoka, Japan. *Journal of Environmental Chemistry* 8, 47-62. (in Japanese)
- Otson, R., Fellin, P., and Tran, Q. (1994). VOCs in representative Canadian residences. *Atmos. Environ.* 28, 3563-3569.
- Pellizzari, E. D., Hartwell, T. D., Perritt, R. L., Sparacino, C. M., Sheldon, L. S., Zelon, H. S., and Whitmore, R. W. (1986). Comparison of indoor and outdoor residential levels of volatile organic chemicals in five U.S. geographical areas. *Environ. Int.* 12, 619-623.
- Pickreil, J. A., Mokier, B. V., and Griffis, L. C. (1983). Formaldehyde release rate coefficients from selected consumer products. *Environ. Sci. Technol.* 17, 753-757.
- Saito, I., Seto, H., Tada, T., Nagashima, C., Takeuchi, M., and Tsuchiya, Y. (1999). The relationship between concentration of indoor air chemicals and the age of homes. *Annual Report of*

Tokyo Metropolitan Research Laboratory of Public Health 50, 235-239. (in Japanese)

Suzuki, S., Nagano, S., and Satoh, S. (1986). Measurement of chlorobenzenes concentration in outdoor and indoor air at Kanagawa prefecture. *Journal of Japan Society for Atmospheric Environment* 21, 419-427. (in Japanese)

Tamakawa, K., Kuchida, K., Tohkai, K., Chiba, M., Katoh, T., and Seki, T. (1993). Estimation of respiratory personal exposure of volatile halogenated compounds by passive gas tube method. *Journal of Environmental Chemistry* 3, 709-716. (in Japanese)

Wallace, L. A. (1987). The TEAM study: Personal exposures to toxic substances in air, drinking water, and breath of 400 residents of New jersey, North Carolina, and North Dakota. *Environ. Res.* 43, 290-307.

Yamanaka, S., Hirose, H., and Takada, S. (1979). Nitrogen oxides emissions from domestic kerosene-fired and gas-fired appliances. *Atmos. Environ.* 13, 407-412

## F. 健康危険情報

なし

## G. 研究発表

### 1. 論文発表

Kamijima M, Sakai K, Shibata E, et al. 2-Ethyl-1-hexanol in indoor air as a possible cause of sick building symptoms. *J Occup Health* 44:186-191, 2002

Shibata E, Johanson G, Löf A, Ernstgård L, Gullstrand E, Sivardsson K. Changes in n-hexane toxicokinetics in short-term single exposure due to co-exposure to methyl ethyl ketone in volunteers. *Int Arch Occup Environ Health* 75: 399-405, 2002

Sakai K, Norbäck D, Mi Y, Shibata E, Kamijima M, Yamada T, Takeuchi Y. A comparison of indoor air pollutants in Japan and Sweden: formaldehyde, nitrogen dioxide, and chlorinated volatile organic compounds. *Environ Res* 2004 94:75-85

### 2. 学会発表

柴田英治、上島通浩、酒井潔、大野浩之、竹内康浩、那須民江 室内環境中の 2-エチル-1-ヘキサノール 室内環境学会誌・2002 年・第 5 巻第 2 号(142-143)

酒井潔、上島通浩、柴田英治、大野浩之、市原学、山田哲也、糸原誠一郎、竹内康浩、那須民江・2-エチル-1-ヘキサノールによる室内空気汚染 第 1 報 室内濃度と発生源の推定・日本衛生学雑誌・2003 年・第 58 巻第 1 号(185)

柴田英治、上島通浩、酒井潔、大野浩之、市原学、山田哲也、糸原誠一郎、竹内康浩、那須民江 2-エチル-1-ヘキサノールによる室内空気汚染 第 2 報 換気による濃度変化・日本衛生学雑誌・2003 年・第 58 巻第 1 号(186)

上島通浩、柴田英治、酒井潔、大野浩之、石原伸哉、安藤かおり、池田優子、山田哲也、市原学、那須民江 2-エチル-1-ヘキサノールによる室内空気汚染 第 3 報 季節による濃度変化と自覚症状・日本衛生学雑誌・2003 年・第 58 巻第 1 号(186)

上島通浩、柴田英治、酒井潔、大野浩之、那須民江 ビル建築の空气中 2-エチル-1-ヘキサノールの発生源に関する検討 室内環境学会誌・2003 年・第 6 巻第 2 号 (160-163)

表 1. 拡散型サンプラーの堅守限界、再現性、保存安定性

化学物質	検出限界	再現性	14 日間の保存安定性
ホルムアルデヒド	2	5.5	1.01
二酸化窒素	5	3.6	1.00
クロロホルム	0.03	8.4	0.94
1,1,1-トリクロロエタン	0.03	8.3	1.03
四塩化炭素	0.02	7.0	1.07
トリクロロエチレン	0.03	5.3	1.10
テトラクロロエチレン	0.02	6.0	1.07
パラジクロロベンゼン	0.21	6.4	1.09

厚生労働科学研究補助金（健康科学総合研究事業）  
分担研究報告書

表 2. 調査対象となった住宅の特徴

形 態		名古屋(N=37)		ウブサラ(N=27)	
		名	ウ	名	ウ
形 態	戸建て	29	(78%)	22	(81%)
	集 合	8	(22%)	5	(19%)
木造・非木造の別	木 造	22	(59%)	16	(59%)
	非木造	15	(41%)	11	(41%)
建築年	1990 以降	6	(16%)	0	(0%)
	1980-1989	9	(25%)	4	(15%)
	1970-1979	6	(16%)	13	(48%)
	1960-1969	6	(16%)	3	(11%)
	1959 以前	10	(27%)	7	(26%)
サンプリングした部屋	居 間	32	(86%)	0	(0%)
	寢 室	4	(11%)	27	(100%)
	台 所	1	(3%)	0	(0%)
部屋の面積(m <sup>2</sup> )	10 以下	12	(32%)	10	(37%)
	11 以上	25	(68%)	17	(63%)
床 材	木	13	(35%)	8	(30%)
	畳	23	(62%)	0	(0%)
	その他	1	(3%)	19	(70%)
カーペット	有	20	(54%)	4	(15%)
	無	17	(46%)	23	(85%)
合板製の家具	有	28	(76%)	0	(0%)
	無	9	(24%)	27	(100%)
室内での喫煙	有	15	(41%)	0	(0%)
	無	22	(59%)	27	(100%)
暖房のタイプ	清浄型	11	(30%)	27	(100%)
	非清浄型	26	(70%)	0	(0%)
パラジクロロベンゼン含有防虫剤使用	有	16	(43%)	0	(0%)
	無	21	(57%)	27	(100%)

表 3. 各化学物質の幾何平均値(幾何標準偏差)

	濃 度			
	室 内		屋 外	
	名古屋(N=37)	ウブサラ(N=27)	名古屋(N=37)	ウブサラ(N=27)
ホルムアルデヒド	17.6(1.8)	8.3(1.5)	5.8(1.5)	1.3(1.8)
二酸化窒素	98.3(2.0)	6.7(1.6)	57.6(1.4)	6.8(1.9)
クロロホルム	0.43(2.1)	0.03(4.3)	0.19(3.7)	0.02(2.8)
1,1,1-トリクロロロエタン	4.39(3.3)	0.67(3.6)	1.74(3.4)	0.29(2.3)
四塩化炭素	2.22(3.2)	0.83(2.8)	0.79(2.7)	0.67(2.1)
トリクロロエチレン	4.96(4.7)	0.16(9.0)	1.79(3.2)	0.10(6.2)
テトラクロロエチレン	3.72(7.3)	0.10(2.2)	1.40(2.6)	0.04(1.5)
パラジクロロベンゼン	40.0(7.3)	1.03(2.2)	5.69(2.6)	0.51(1.5)

表 4. 住宅の特徴別ホルムアルデヒド濃度(幾何平均±幾何標準偏差)

		サンプル数		ホルムアルデヒド濃度(μg/m <sup>3</sup> )			
		名古屋	ウブサラ	室 内		屋 外	
				名古屋	ウブサラ	名古屋	ウブサラ
形 態	戸建て	29	23	18.4(1.8)	8.9(1.5)	5.6(1.5)	1.3(1.9)
	集 合	8	4	14.9(1.9)	5.5(1.2)	6.5(1.2)	1.3(1.4)
木造・非木造の別	木 造	22	16	13.6(1.7)	9.2(1.5)	5.1(1.5)	1.2(1.9)
	非木造	15	11	25.7(1.6)	7.1(1.5)	6.9(1.3)	1.5(1.7)
建築年	10 以下	11	0	27.5(1.7)	—	6.7(1.4)	—
	11 以上	26	27	14.6(1.7)	6.3(1.5)	5.4(1.4)	1.3(1.8)
サンプリングした部屋	居 間	32	0	17.5(1.9)	—	5.8(1.5)	—
	寢 室	4	27	17.6(1.9)	8.5(1.5)	5.3(1.4)	1.3(1.8)
	台 所	1	0	23	—	8	—
部屋の面積(m <sup>2</sup> )	10 以下	12	10	19.1(1.5)	7.5(1.5)	5.9(1.5)	1.1(1.8)
	11 以上	25	17	16.9(2.0)	8.8(1.5)	5.7(1.5)	1.5(1.8)
床 材	木	13	8	18.2(2.3)	7.8(1.6)	5.5(1.5)	1.4(1.8)
	畳	23	0	17.1(1.6)	—	5.9(1.4)	—
	その他	1	19	23	8.5(1.5)	8	1.3(1.8)
カーペット	有	20	4	17.9(1.7)	9.8(1.3)	5.5(1.4)	1.0(2.0)
	無	17	23	17.3(2.0)	8.1(1.5)	6.2(1.4)	1.4(1.8)
合板製の家具	有	28	0	16.9(1.8)	—	5.3(1.4)	—
	無	9	27	20.2(2.0)	8.3(1.5)	7.7(1.3)	1.3(1.8)
室内での喫煙	有	15	0	20.4(1.5)	—	6.0(1.4)	—
	無	22	27	15.9(2.0)	8.3(1.5)	5.6(1.5)	1.3(1.8)
暖房のタイプ	密閉型	11	27	16.0(1.7)	8.3(1.5)	6.4(1.3)	1.3(1.8)
	開放型	26	0	18.3(1.9)	—	5.5(1.5)	—

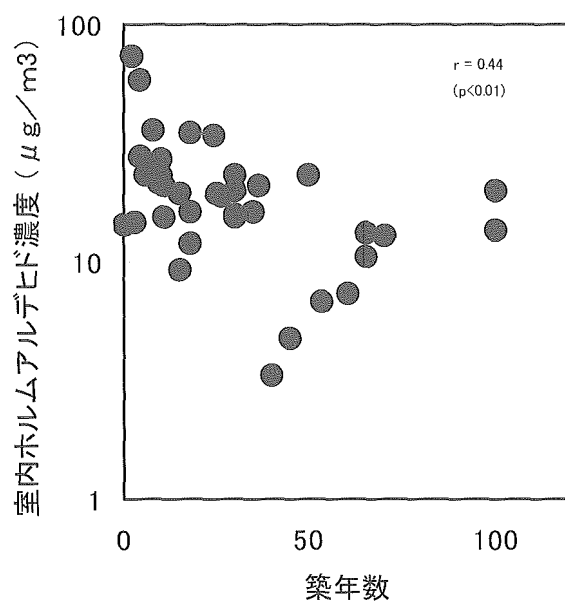


図2. 調査した名古屋の住宅の築年数と室内ホルムアルデヒド濃度（対数変換）の相関

表5. 住宅の特徴別二酸化窒素濃度(幾何平均±幾何標準偏差)

		サンプル数		二酸化窒素濃度(μg/m³)			
				室内		屋外	
		名古屋	ウブサラ	名古屋	ウブサラ	名古屋	ウブサラ
形態	戸建て	29	23	104.1(2.0)	6.9(1.6)	56.4(1.4)	6.9(1.9)
	集合	8	4	80.2(2.0)	5.6(1.4)	56.5(1.4)	6.2(2.0)
木造・非木造の別	木造	22	16	77.3(1.8)	6.8(1.8)	57.6(1.4)	6.2(1.7)
	非木造	15	11	139.9(2.0)	6.7(1.4)	56.2(1.4)	7.6(2.1)
建築年	10以下	11	0	170.7(1.8)	—	60.7(1.3)	—
	11以上	26	27	77.9(1.8)	6.7(1.6)	56.4(1.4)	6.8(1.9)
サンプリングした部屋	居間	32	0	99.6(2.0)	—	58.2(1.4)	—
	寝室	4	27	72.4(2.0)	6.7(1.6)	50.7(1.4)	6.8(1.9)
	台所	1	0	224	—	70	—
部屋の面積(m²)	10以下	12	10	92.6(1.7)	5.6(1.7)	60.6(1.5)	6.7(1.9)
	11以上	25	17	101.3(2.2)	7.5(1.5)	56.2(1.3)	6.9(1.9)
床材	木	13	8	111.0(2.3)	6.1(1.8)	58.8(1.3)	7.1(2.4)
	畳	23	0	88.6(1.8)	—	56.5(1.4)	—
	その他	1	19	224	7.0(1.5)	70	6.7(1.7)
室内での喫煙	有	15	0	118.5(1.8)	—	62.4(1.4)	—
	無	22	27	86.7(2.1)	6.7(1.6)	54.5(1.3)	6.8(1.9)
暖房のタイプ	密閉型	11	27	70.5(1.9)	6.7(1.6)	57.1(1.3)	6.8(1.9)
	開放型	26	0	113.2(2.0)	—	57.9(1.4)	—

表6. 住宅の特徴別二酸化窒素濃度(幾何平均±幾何標準偏差)

		サンプル数		パラジクロロベンゼン濃度( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )			
				室内		屋外	
		名古屋	ウプサラ	名古屋	ウプサラ	名古屋	ウプサラ
形態	戸建て	29	23	40.3(5.9)	0.9(2.1)	5.0(2.4)	0.5(1.5)
	集合	8	4	39.1(15.6)	1.9(1.6)	8.9(2.8)	0.6(1.5)
木造・非木造の別	木造	22	16	36.5(5.9)	0.9(2.0)	4.7(2.0)	0.5(1.7)
	非木造	15	11	45.9(10.2)	1.4(2.2)	7.0(3.3)	0.5(1.3)
建築年	10以下	11	0	68.8(13.2)	—	7.7(3.6)	—
	11以上	26	27	32.2(5.4)	1.0(2.2)	5.0(2.1)	0.5(1.5)
サンプリングした部屋	居間	32	0	45.9(7.4)	—	5.6(2.7)	—
	寝室	4	27	21.9(10.9)	1.0(2.2)	6.5(1.7)	0.5(1.5)
	台所	1	0	5.5	—	6.9	—
部屋の面積( $\text{m}^2$ )	10以下	12	10	68.6(7.2)	0.9(2.2)	6.6(2.4)	0.5(1.5)
	11以上	25	17	30.9(7.2)	1.1(2.1)	5.3(2.7)	0.5(1.6)
室内での喫煙	有	15	0	33.2(7.5)	—	5.8(2.6)	—
	無	22	27	45.5(7.3)	1.0(2.2)	5.6(2.6)	0.5(1.5)
暖房のタイプ	密閉型	11	27	60.8(10.3)	1.0(2.2)	7.7(2.2)	0.5(1.5)
	開放型	26	0	33.6(6.3)	—	5.0(2.7)	—
パラジクロロベンゼン含有防虫剤の使用	有	27	0	85.9(6.0)	—	6.7(2.7)	—
	無	10	27	5.1(1.3)	1.0(2.2)	3.7(1.9)	0.5(1.5)

表7 名古屋、ウプサラの塩素系揮発性化学物質濃度と他都市との比較

都市 (国)	測定した 季節	調査 住居数	屋内外 の別	濃度( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )						代表値	報告者
				クロロホルム	1,1,1-トリクロロエタン	四塩化炭素	トリクロロエチレン	テトラクロロエチレン	パラジクロロベンゼン		
名古屋 (日本)	冬	37	屋内	0.43	4.39	2.22	4.96	3.72	40.0	幾何平均値	著者ら
			屋外	0.19	1.74	0.79	1.79	0.40	5.69		
ウプサラ (スウェーデン)	冬	27	屋内	0.03	0.67	0.83	0.16	0.10	1.03	算術平均値	Tamakawaら (1993)
			屋外	0.02	0.29	0.67	0.10	0.04	0.51		
仙台 (日本)	冬	14	屋内	0.769	1.87	0.434	0.259	0.388	—	幾何平均値	Olansandanら (1998)
			屋外	0.270	1.93	0.434	0.243	0.184	—		
静岡 (日本)	秋	25	屋内	2.02	2.87	0.748	0.422	0.549	46.3	算術平均値	Yoshidaら (1998)
			屋外	1.77	3.27	0.875	0.501	0.457	47.2		
大阪 (日本)	秋/ 冬	5	屋内	1.92	2.87	0.58	2.52	1.88	18.7	算術平均値	厚生省(日本) (1999)
			屋外	1.00	2.03	0.64	2.23	1.77	5.34		
諸都市 (日本)	夏/ 冬	200	屋内	1.0	3.0	1.5	2.4	1.9	123.3	中央値	Pellizzariら (1986)
			屋外	0.4	0.5	1.0	1.1	0.7	4.9		
バトンルージュ/ ガイスマー(米国)	冬	27	屋内	0.008	1.5	0.075	0.075	0.40	2.1 <sup>1)</sup>	算術平均値	Wallace (1987)
			屋外	0.005	0.06	0.15	0.015	0.015	0.06 <sup>1)</sup>		
ロス・アンゼルス (米国)	冬	25	屋内	1.6	24	0.64	8.9	1.2	2.8 <sup>2)</sup>	中央値	Hartwellら (1992)
			屋外	0.65	29	0.65	7.4	0.69	1.8 <sup>2)</sup>		
ニュージャージー (米国)	冬	48	個人	2.2	22	—	1.6	8.2	5.0	算術平均値	Kostiainen (1995)
			8 屋外	0.06	1.4	—	0.35	4.6	0.68		
ロス・アンゼルス (米国)	冬	50	屋内	—	12.6	—	—	4.38	1.59	中央値	—
			屋外	—	5.91	—	—	2.72	0.72		
— (フィンランド)	—	50	屋内	—	1.55	—	—	0.46	0.65	算術平均値	—

<sup>1)</sup>ジクロロベンゼンとして <sup>2)</sup>m,p-dichlorobenzeneとして