

資料

## 居住環境における二酸化窒素の挙動

奥平純子<sup>1</sup>, 田中恒雄

[受付 2004. 3. 21] [受理 2004. 11. 4]

## Behavior of Nitrogen Dioxide in the Indoor Environment

Junko OKUDAIRA and Tsuneo TANAKA

[Received Mar 21, 2004] [Accepted Nov 4, 2004]

## 要旨

実生活の場において、一戸の住宅の屋内、屋外環境における多くのデータを長期間集めることにより、二酸化窒素 (NO<sub>2</sub>) の動向を把握した。

電気による暖房器具を使用した場合でも、12月と1月には60 ppbを超える日が4日連続して記録される場合のあることが、長期にわたる測定により明らかになった。環境基準の上限値60 ppbを超える日は屋内において調査日全体の32%を占めた。

高濃度になる原因を検討した結果、本調査を行った住宅の場合冬期から初春の時期は、調理のためにガスコンロを使用する時間が長かった上に、天候や気温に影響され窓を開け放す日が少なかった。台所のNO<sub>2</sub>濃度とガス湯沸し器、およびガスコンロ使用時間との間には、正の相関関係が認められた。

## Abstract

We investigated nitrogen dioxide (NO<sub>2</sub>) concentrations in the indoor and outdoor air of a home from March 2000 to January 2001.

NO<sub>2</sub> concentrations in the indoor environment, where non-combustion, electrical heating systems were used, exceed 60 ppb during four consecutive days in both December and January. Overall, indoor NO<sub>2</sub> concentrations exceeded the upper limit of Japan's Environmental Quality Standards on 32% of the measurement days.

From winter to early spring gas equipment for cooking was used for many hours, but windows were seldom opened. A positive correlation was found between the NO<sub>2</sub> concentrations in the kitchen and the consumed amount of city gas.

**Key words:** NO<sub>2</sub>, indoor environment, consecutive days, kitchen, city gas

## 1. はじめに

二酸化窒素 (NO<sub>2</sub>) は呼吸によって直接肺に取り込まれるため、粘膜細胞を刺激して様々な呼吸器疾患を引き起こす有害物質である<sup>1)</sup>。動物を用いた実験では、15 ppbのNO<sub>2</sub>に2日間曝露した場合、大気汚染物質の気道上皮の透過性は有意に増加することが示されている<sup>2)</sup>。また学童の呼吸器症状と大気汚染との関係について、NO<sub>2</sub>濃度をもとに地域を4区分(10 ppb以下, 11~20 ppb, 21~30 ppb, 31 ppb以上)し

て比較し、最も高い地域で呼吸器発症率が高いという結果が報告されている<sup>3)</sup>。

わが国のNO<sub>2</sub>濃度の環境基準値は、屋外において「1時間値の1日の平均値が0.04 ppmから0.06 ppmまでのゾーン内またはそれ以下であること」と1978年に定められ<sup>4)</sup>、行政による大気汚染常時監視が行われている。しかしNO<sub>2</sub>は、自動車のエンジン、ボイラー、工場、暖房器具などを使用する際の燃焼時に空気中の窒素が酸化されて人為的に発生する場合が多

いたため、その発生源は広範囲に渡る。したがって、全国の測定局における定点の濃度測定だけでは、屋内環境やその建物周辺のNO<sub>2</sub>濃度を知るには不十分である。

また、これまで居住環境におけるNO<sub>2</sub>濃度の調査は1日ないしは2日という短期間で行われることが多く<sup>5)</sup>、数ヶ月にわたる調査を行った報告は少ない。そのため居住環境におけるNO<sub>2</sub>濃度の挙動と居住者の生活スタイルとの関係が十分明らかにされているとは言い難い。居住地で1年間測定した報告<sup>6)</sup>は、測定場所が生活空間ではあるがベランダ等の屋外となっている。居住環境は人々の休養の場であるとともに、害を受けやすい乳幼児や高齢者が生活し、主婦が長時間過ごす場でもある。健康へのリスクを考慮し悪影響を防ぐには、居住条件などにより住宅ごとに異なる汚染状況について、生活中的様々な条件を記録しながら、日々の汚染物質濃度レベルおよびその動向と発生源との関係を詳しく知ることが重要である。特に環境基準上限値の60 ppbを超える日が何日続き実生活とどのような関係があるのかを知ることは健康管理に大切である。

居住環境の測定には、小型軽量で場所をとらず、しかも動力を必要としない簡便な分析装置が適しており、携帯型の分子拡散型サンプラー等が使用されることが多い<sup>7)</sup>。

本研究では、燃焼排気の無い暖房器具使用の居住環境におけるNO<sub>2</sub>汚染状況および原因について、実生活における様々な条件下、長期の調査検討を試みた。調査には、生活者自身の手で捕集、測定できるよう安価で取り扱いの容易な簡易分析器と専用拡散型サンプラー(天谷式新捕集管)を用いた。

## 2. 実験

### 2.1 装置, 試薬

NO<sub>2</sub>の捕集には拡散タイプのサンプラーである天谷式新捕集管(容積5 ml, 直径1.3 cm)を使用した。このサンプラーは、ろ紙設置部から上部方向2 mmに部分的に遮光が施され、ろ紙押さえも遮光を兼ねた黒いスポンジで覆われている。NO<sub>2</sub>を含んだ空気はまずフィルターを通る。その際、粉じん等は厚膜のテフロンフィルターで除かれ、捕集液含浸ろ紙にNO<sub>2</sub>が吸収される。NO<sub>2</sub>の分析には、本サンプラー専用の簡易分析器(筑波総合研究所製エコアナライザー)を用いた。エコアナライザーは、スポイト部分に内蔵され

た緑色発光ダイオードおよび受光素子が内蔵されており、吸光度から大気中濃度へ変換される。

捕集液含浸ろ紙は、市販品(筑波総合研究所製)を使用した。このろ紙はNO<sub>2</sub>捕集用のトリエタノールアミン20%とオキシダント除去のためのギ酸ナトリウム2%を含有している。

ザルツマン溶液(筑波総合研究所製)は、I液(1 L中にスルファニル酸5 g, 酒石酸30 g, 蒸留水)とII液(1 L中に*N*-1-ナフチルエチレンジアミン二塩酸塩0.6 g, リン酸1 ml, 蒸留水)の混合溶液からなる。分析直前にI液5 mlに対してII液2滴を混合しザルツマン溶液をつくり使用した。

### 2.2 NO<sub>2</sub>の測定方法

サンプラーは、ゴムキャップをはずし、ろ紙が下になるように測定場所にガムテープを使い設置した。サンプラーを24時間曝露した後回収し、以下の手順で分析した。サンプラーのネジ蓋を開け、中のろ紙抑えを取り出し、ザルツマン溶液を5 ml注ぎ軽く混ぜ、15分静置した。発色完了までの間に、エコアナライザーのゼロ点調整を純水で行った。発色完了後、エコアナライザーのスポイト(センサ部分)で発色液を吸い込み、大気中濃度で表示されるNO<sub>2</sub>値を読んだ。

### 2.3 測定の信頼性

測定値はスポイトの吸い込み具合により多少変動する場合があるので、5回測定し平均値を記録した。送付された捕集液含浸ろ紙について、汚染の有無確認のため、現場で開封しろ紙を捕集管に設置直後に分析した未使用サンプラーは0 ppbを示した。

トラベルブランク測定のため、測定用サンプラーの横にゴムキャップをつけたままの空試験用サンプラー5個を設置した。本測定法において標準偏差の3倍を検出限界、10倍を定量限界として求めたところ、それぞれ3 ppb, 9 ppbであった。なお、回収後の検体は測定対象住宅内において分析した。

本測定法の信頼性確認のため、他の拡散サンプラーを測定時に同時に設置し24時間の捕集を行った。他のサンプラーは入手しやすいADVANTEC製Filter Badge NO<sub>2</sub>, 柴田科学製Passive Gas Tube, およびDSD-TEA<sup>8)</sup>を使用した。比較結果をFig. 1に示す。本サンプラーは他の3種のサンプラーと相関係数が0.9以上の良い関係にあった。

また捕集管の精度確認のため居間の濃度測定時に、

複数の捕集管を同位置に並べて2回測定した。それぞれの測定に用いた捕集管の数は4本と2本である。その標準偏差は1 ppbと1.4 ppbであった。

## 2.4 調査方法

調査は、2000年3月と2000年9月から2001年1月までの間の毎月、約2週間ずつ連続して行った。屋内の測定は、築30年鉄筋コンクリート4階建て集合住宅2階の1戸で行った。測定地点の概要をFig. 2に示す。サンプラーは、屋内台所ではガスコンロおよび床から1.5 mの位置(A)、台所以外の室内では北窓の内側(B)の床から高さ1.5 mの位置に設置した。屋外では、北窓の外側すなわち北窓内側の対象位置(C)及び集合住宅南側にある片側2車線の道路に面した木の地上1.5 mの位置(D)に設置した。

測定日の屋外環境については、天気、雷の有無、風向き、おおまかな風の強さ、気温を記録した。屋内については、窓の開閉時間、換気扇使用時間、ガス機器(ガスコンロ・ガス湯沸し器・風呂・風呂の種火)の使用時間およびガスメーターの値(全ガス機器のガス使用量)を記録した。NO<sub>2</sub>濃度の変動を正確に求めるため<sup>9)</sup>、調査期間中は毎月約2週間ずつ連続して測定および記録を行った。

さらにガスコンロ使用によるNO<sub>2</sub>濃度への影響を知るため、サンプラーを屋内に設置すると同時に、室内空気を45 L充填したポリエチレン袋内にも設置し

た。袋内に設置したサンプラーで、ガスコンロ使用前と使用後の空気を入れた時のそれぞれのNO<sub>2</sub>濃度を比較した。

## 3. 結果と考察

### 3.1 NO<sub>2</sub>濃度の季節変動

Fig. 3は2000年3月から2001年1月までの屋内(Fig. 2のA, B地点)と屋外(Fig. 2のC, D地点)におけるNO<sub>2</sub>濃度の測定結果である。ここで示したNO<sub>2</sub>濃度は、各月の平均値である。屋内と屋外濃度の変動はほぼ一致した。秋期の9月、10月、11月と1月は屋内外共に環境基準値内だったが、春期の3月と冬期の12月は屋内外共に高く、3月は屋内濃度が基準値を超え、12月は屋内外ともに環境基準値を超えるという季節的な変動が認められた。

各月の平均値について屋内と屋外の相関係数は、0.88であった。この値から調査を行った住宅は、屋内環境のNO<sub>2</sub>濃度が屋外の影響を受けていると考えられる。またNO<sub>2</sub>濃度の屋内屋外間の相関は高いという報告<sup>10)</sup>と一致した。

屋内と屋外のNO<sub>2</sub>濃度の比較では、10月、11月は屋内の方が屋外より低かった。屋外濃度よりも低くなったのは、NO<sub>2</sub>の室内での沈着や分解が考えられるが、さらに検討が必要である。一方、Fig. 3に示すように春期と冬期(3月、12月、1月)は、屋内NO<sub>2</sub>濃度が屋外より明らかに高くなった。Chaoら<sup>11)</sup>は

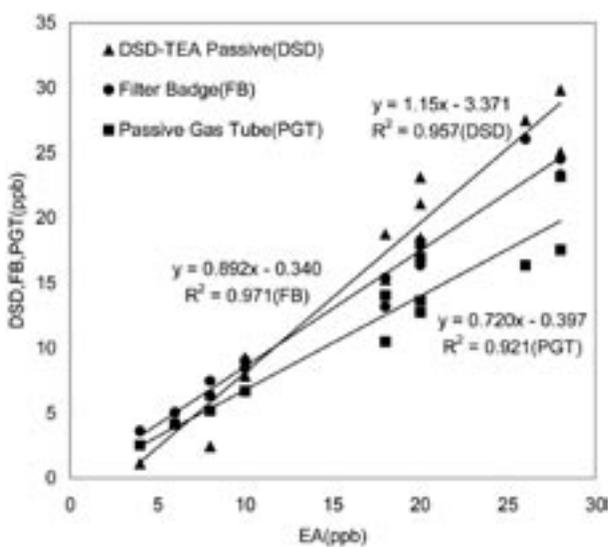


Fig. 1 Correlation between NO<sub>2</sub> concentrations measured by an ECO analyzer and those by a DSD-TEA passive sampler, a filter badge, and a passive gas tube sampler



Fig. 2 Sampling locations

換気扇使用時間や窓の開閉時間によってNO<sub>2</sub>濃度が影響されるという結果を報告している。本調査の場合も冬期は窓を開けた時間が他の時期の3分の1以下だったため、換気との関係も考慮に入れる必要がある。

次に、屋内外のNO<sub>2</sub>の特性を知るために、濃度分布を求めた。Fig. 4は台所 (Fig. 2のA地点) と屋外 (Fig. 2のC地点) におけるNO<sub>2</sub>濃度のヒストグラムである。3月は、台所が60 ppb から100 ppb の間に、屋外が20 ppb から60 ppb の間に多くの測定値が集中した。一方9月は、台所も屋外も60 ppb 以下に分布が集中した。12月は3月、9月のどちらとも異なり、台所、屋外ともにNO<sub>2</sub>濃度が低濃度域から高濃度域まで広範囲にわたる分布が見られた。特に12月、台所の測定値には、Fig. 4に示すように屋外では測定されなかったことのない220 ppbという高濃度の値が認められた。暖房器具はすべて電気によるものであ

たことから、暖房器具の燃焼排気による影響は考え難い。この住宅では12月は年末年始用や来客のための

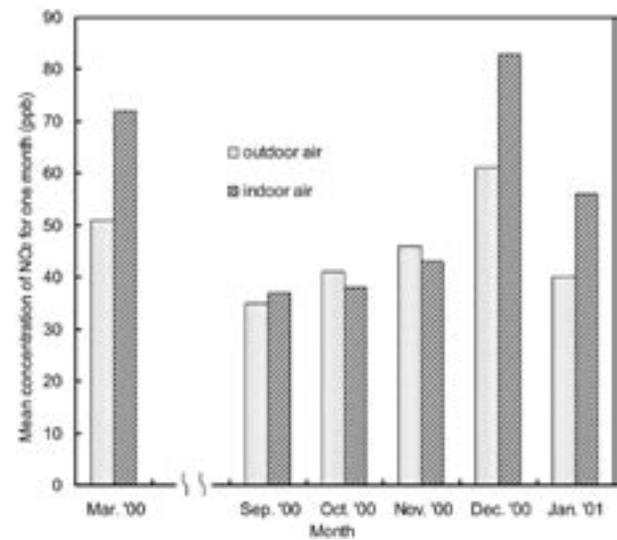


Fig. 3 Seasonal variation of NO<sub>2</sub> concentration in outdoor and indoor air

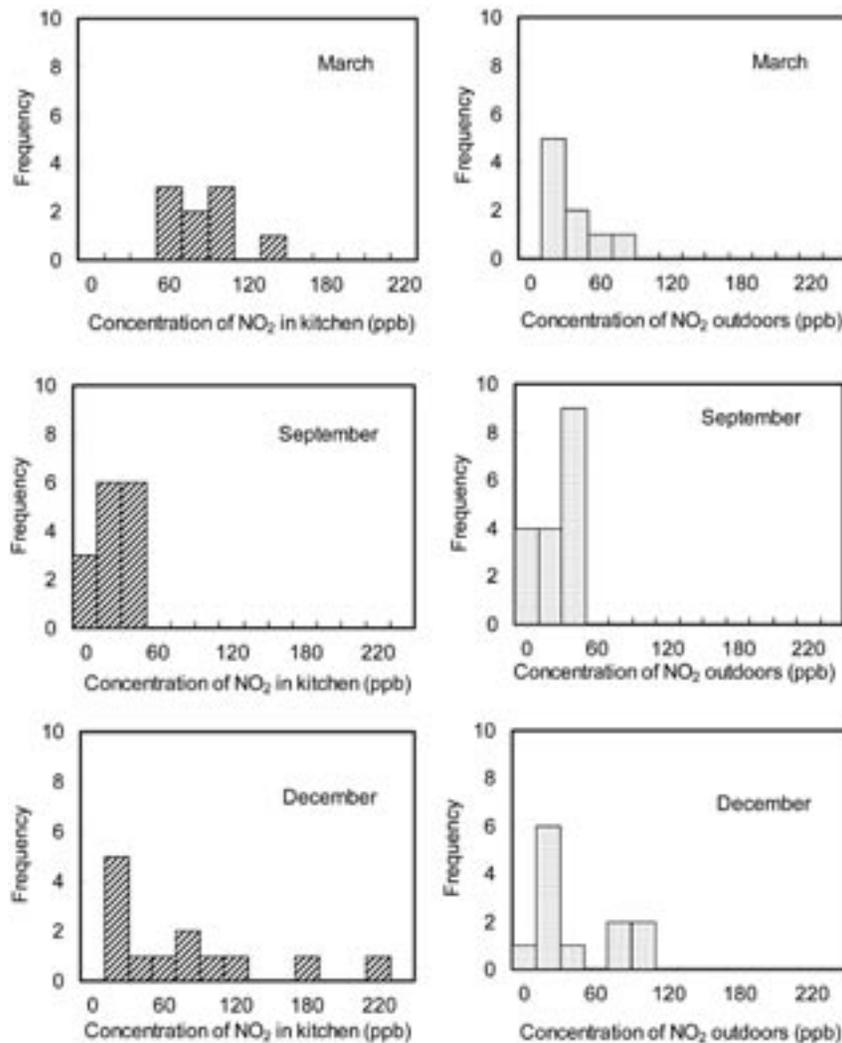


Fig. 4 Concentration distributions of NO<sub>2</sub> in kitchen and outdoor air

料理および寒い季節のため煮込み料理が多かった。料理内容の違いによるガスコンロ使用時間増大の影響が出た可能性が考えられる。

台所 NO<sub>2</sub> 濃度が環境基準値上限の 60 ppb を超えた日は、全体の 32 % であった。15 ppb の NO<sub>2</sub> に 2 日間曝露した場合、動物を用いた実験では、大気汚染物質の気道上皮の透過性は有意に増加することが示されている<sup>2)</sup>。人への有害性を考慮して 2 日以上連続して 60 ppb を超えた日を Table 1 に示した。特に 3 月は 3 日連続して超える日が、また 12 月と 1 月は 4 日連続して 60 ppb を超える日があった。環境基準を上回る日が連続して検出されたことは健康上大きな問題である。

Fig. 3 に示したように 3 月および 12 月、1 月は屋内の NO<sub>2</sub> 濃度が高い結果を示した。そこで燃焼器具を使用した部屋との濃度の相違を知るため、台所と居間の測定値について比較検討した。Table 2 は、Fig. 2 の測定点 A (台所) と約 5 m 離れた屋内の測定点 B (居間) の NO<sub>2</sub> 濃度の月平均を比較した結果である。屋内の NO<sub>2</sub> 濃度が高い 2000 年 3 月、12 月および 2001 年 1 月では、Table 2 に示すように居間より台所の NO<sub>2</sub> 濃度が高いことが認められた。中でも冬期において A と B との差は、12 ppb (12 月) および 14 ppb (1 月)

Table 1 Consecutive dates with a high NO<sub>2</sub> concentration in kitchen air

Date	Concentration of NO <sub>2</sub> (ppb)
Mar. 1 (Weds.)	85
Mar. 2 (Thur.)	130
Mar. 3 (Fri.)	73
Mar. 5 (Sun.)	71
Mar. 6 (Mon.)	81
Nov. 24 (Fri.)	83
Nov. 25 (Sat.)	110
Dec. 2 (Sat.)	75
Dec. 3 (Sun.)	130
Dec. 25 (Mon.)	83
Dec. 26 (Tues.)	200
Dec. 27 (Weds.)	99
Dec. 28 (Thur.)	230
Jan. 4 (Thur.)	65
Jan. 5 (Fri.)	110
Jan. 6 (Sat.)	83
Jan. 7 (Sun.)	63

を示し、台所の濃度の高さが際立っている。台所では燃焼器具として、ガス湯沸かし器とガスコンロを使用していた。また暖房器具はすべて電気器具により、喫煙もなかった。ガス機器が室内 NO<sub>2</sub> の有力な発生源であることが報告<sup>12)</sup>されていることから、本調査の 12 月、1 月における台所 NO<sub>2</sub> 濃度の高さは、ガス湯沸かし器とガスコンロによる可能性が高い。

### 3.2 台所の NO<sub>2</sub> 濃度とガス器機使用の影響

NO<sub>2</sub> 濃度の高さはガス機器使用による影響が示されることから、その関係をさらに明確にするため、この家庭で使用した全ガス使用量との関係を調べた。Fig. 5 は台所の NO<sub>2</sub> 濃度 (Fig. 1 の台所 A 地点の NO<sub>2</sub> 濃度から屋外 C 地点の NO<sub>2</sub> 濃度を差し引いた値、 $\Delta\text{NO}_2$ ) と各月の平均ガス使用量との相関関係を示す図である。ガス使用量と  $\Delta\text{NO}_2$  との間には正の相関関係があり、相関係数は 0.60 だった。ここでのガス使用量は、調査した住宅で使用した全ガス器具の総使用量であり、個々のガス機器の使用量はモニターできない。

Table 2 NO<sub>2</sub> concentration difference between locations A and B (ppb)

Month	A (kitchen)	B (indoor)	NO <sub>2</sub> (A-B)
Mar. '00	76	68	8
Sept. '00	35	37	-2
Oct. '00	40	37	3
Nov. '00	50	44	6
Dec. '00	89	77	12
Jan. '01	63	49	14

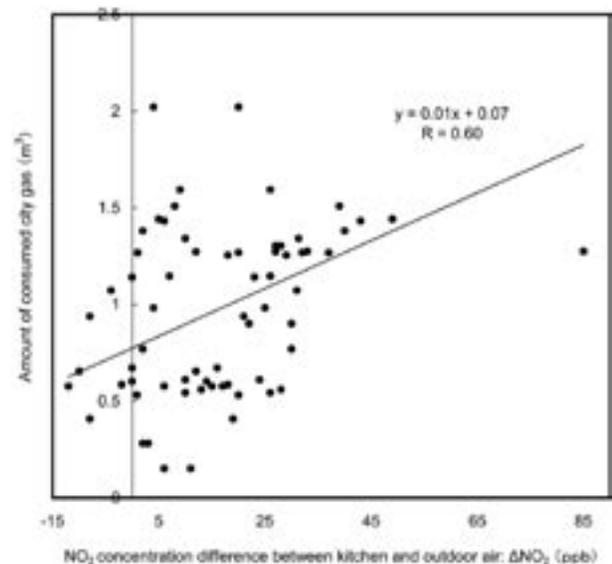


Fig. 5 Relationship between consumption of city gas and the concentration difference of NO<sub>2</sub> (kitchen concentration - outdoor concentration)

したがって、燃焼排気が屋内に拡散しない風呂釜使用時のガス使用量も含まれている。

どのガス機器による影響が大きいのか知るため、各ガス機器の使用時間を記録した。この住宅で使用した燃焼排気を伴う器具は、台所のガス湯沸し器とガスコンロである。ガス湯沸かし器使用時間と台所のNO<sub>2</sub>濃度との相関係数は0.76であり、比較的高い相関を示した。同様に、ガスコンロ使用時間と台所のNO<sub>2</sub>濃度との相関係数は0.32であり低い相関となった。火力調整によるガス使用量変化の記録は含まれていないが、ガス湯沸し器の方がガスコンロよりNO<sub>2</sub>濃度との相関が高い値となった。ガス湯沸かし器は火力が強くガスの消費が激しいためと考えられる。

しかし一般に、調理用ガス器具の使用により室内のNO<sub>2</sub>濃度が高くなる<sup>13)</sup>ことが知られている。そこでガスコンロの影響を調べた。ガス湯沸し器は使用せずに、ガスコンロ使用前と使用后との台所の空気を比較した。ガスコンロ使用前と使用後のNO<sub>2</sub>濃度をTable 3に示す。表中のbは、ガスコンロ使用前の台所の空気をポリエチレン袋に捕集し、その中にサンプラーを24時間設置した時のNO<sub>2</sub>濃度を示す。表中aは、bの捕集を終えた後、2口ガスコンロのうち一方の栓を最大限開け1時間使用后、台所の空気を同様に捕集し、その中にサンプラーを24時間設置した時のNO<sub>2</sub>濃度を示す。Table 3に示すように、測定した4回ともガスコンロ使用後は全てNO<sub>2</sub>濃度が高かった。袋内の閉鎖空間でNO<sub>2</sub>捕集を行うため、部屋のNO<sub>2</sub>濃度と同等には考えにくいこと、袋がポリエチレンのため、NO<sub>2</sub>吸着の可能性があることを考慮しても、この結果からガスコンロが台所におけるNO<sub>2</sub>の発生源になると推察される。

### 3.3 台所NO<sub>2</sub>濃度と換気時間

調査対象住宅では台所の燃焼器具がNO<sub>2</sub>発生源と考えられたが、ガスコンロ使用時間とNO<sub>2</sub>濃度との相関係数は0.32と低く、使用時間以外の影響が示唆された。家屋内では、壁取り付け型換気扇(ファン径15 cm)の使用と窓の開閉が行われた。そこで台所のNO<sub>2</sub>濃度と換気時間の影響を検討した。

Fig. 6はガスコンロおよびガス湯沸かし器の使用時間と台所NO<sub>2</sub>濃度(Fig. 2の屋外C地点のNO<sub>2</sub>濃度を引いた値)と、窓開放時間および台所の換気扇使用時間を示した図である。窓開放時間の長い日やNO<sub>2</sub>濃度の高い日など特徴のある日を図示した。

Table 3 Concentration change in kitchen air after using a gas stove (ppb)

Date	a (After use)	b (Before use)
Dec. 26, '00	75	65
Dec. 27, '00	130	67
Jan. 4, '01	32	18
Jan. 6, '01	48	20

窓の開放時間が長い8月29日、30日はNO<sub>2</sub>濃度が38 ppb、32 ppbと低く、開放時間が0分の12月7日は、環境基準を超える高さ(120 ppb)であった。8月30日と12月7日は両日とも換気扇を使用しておらず、ガス使用時間は12月7日149分、8月30日61分と12月7日の方が倍以上長かった。12月7日は長時間ガスを使用し窓を閉めきっていたためNO<sub>2</sub>濃度に影響したと推察される。しかし11月26日は、12月7日のガス使用時間(149分)とほぼ同じ145分であり、しかも窓開放時間は12月7日と同じ0分であったにもかかわらず56 ppbとなり、環境基準値内の濃度となった。この日は換気扇を100分間使用しており前日は窓を660分間開けたため長時間の換気が行われている。これらのことから換気扇の使用および十分な窓の開放はNO<sub>2</sub>濃度低減に有効と考えられる。また11月24日から11月27日は、窓開放時間が12月より長い日が多かった。そのため環境基準を超えるような極端な高濃度には至っていない。

したがってNO<sub>2</sub>濃度を低く保つには、毎日窓の開放を行うことに加えこまめな換気扇使用が有効と考えられる。本研究では換気量の測定は行っておらず、燃焼の強さも測定することは困難であった。NO<sub>2</sub>濃度と換気の相関関係を明確にできなかった一因と考えられる。

### 3.4 屋内NO<sub>2</sub>濃度と気象

屋外NO<sub>2</sub>濃度は気象要因による変動が大きいと報告されており<sup>14)</sup>、3.1で示したように屋内が屋外NO<sub>2</sub>濃度の影響を受けると推定できた。また屋外の風雨などの気象条件は、窓の開閉など人の生活様式に大きな影響を与える。そこで屋外天候と屋内NO<sub>2</sub>濃度との関係を調べた。

風については、全39日の測定期間中35日北よりの風が吹き、その中で29日(83%)は屋内のNO<sub>2</sub>濃度が屋外より高かった。南よりの風は11日吹き、その中で7日(64%)は屋内のNO<sub>2</sub>濃度の方が高かった。特に樹木の小枝が激しく揺れるほどの強風の日

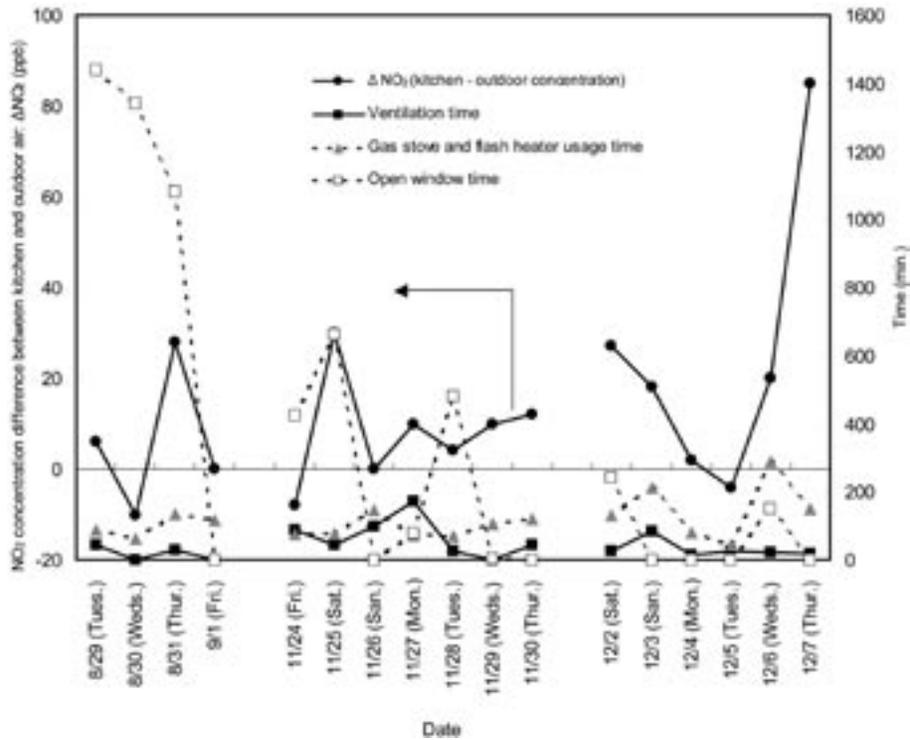


Fig. 6 Relationship between NO<sub>2</sub> concentration in kitchen and ventilation time, open window time, and gas stove and flash heater usage time

は屋内外の NO<sub>2</sub> 濃度差が大きく、屋内の方が高かった。風が強いため窓を閉めきりガスコンロを使用したことで屋内の濃度が上がったと推察される。

雷や雨天の日については、雷雨のあった4日のうち3日は前日より屋内外ともに NO<sub>2</sub> 濃度が上昇した。このことは稲光にともなう放電時に空気中の窒素が酸化されて NO<sub>2</sub> が発生し、濃度に影響を与えたと推測される。雷のあった日を除いた雨の日13日のうち5日は前日より屋内外ともに NO<sub>2</sub> 濃度が 10 ppb 以上下がり、3日は屋内外ともに上昇した。雨天に屋内外の NO<sub>2</sub> 濃度が下がったことについては、NO<sub>2</sub> が雨水に溶け地上に落下することで屋外濃度が下がり、これにより屋内濃度も下がったと考えられる。屋内濃度が屋外の影響を受けていることがこのことから推定できる。また雨の日にもかかわらず前日より屋内濃度のみ上がった日は5日あり、屋外濃度のみ上がった日はなかった。屋内濃度の下がった5日と比較すると、屋内濃度のみ上がった日は、ガスコンロ 20 分、湯沸し器 12 分平均使用時間が長く、また窓開放平均時間は 65 分短かった。すなわち換気時間が短かったため、屋内の発生源による影響を受け屋内濃度のみ上がったと考えられる。

#### 4. まとめ

健康に与える影響の大きい NO<sub>2</sub> 濃度の挙動を実生活の状態の中で把握するため、一戸の住宅の屋内、屋外環境において、長期間測定を行った。住宅ごとに異なる条件を持った環境の汚染状況を知るには、長期にわたる連続測定によりその住宅の汚染傾向を把握することが必要である。測定は 2000 年 3 月と 2000 年 9 月から 2001 年 1 月までの間の各月、約 2 週間ずつ連続して行った。比較的長期間の調査を行うため、簡便にそして安価に測定できる拡散サンプラーと簡易分析器を使用した。さらに対象住宅内外の窓の開閉時間、ガス機器および換気扇使用時間、天気、気温等の関連データを多く集めることにより、NO<sub>2</sub> 濃度との関係を考察した。

屋内と屋外の濃度を比較すると、NO<sub>2</sub> 濃度の変動は屋内屋外ともにほぼ一致し、また季節的な特徴が観測された。冬期には屋内環境の NO<sub>2</sub> 濃度分布は、屋外と比べ高めに偏った。

台所の濃度は他の部屋より際立って高く、燃焼排気をとともなう暖房器具の使用がなかったにもかかわらず、環境基準の上限値 60 ppb を超えた日が調査日全体の 32 % を占めた。特に 12 月と 1 月には 60 ppb を超える日が 4 日連続して記録された。この原因を検

討した結果、台所のNO<sub>2</sub>濃度とガス瞬間湯沸かし器およびガスコンロ使用時間との間に正の相関関係が認められた。冬期から春期の時期は、ガスコンロを長時間使用するような調理内容が多かった上に、天気や気温に影響され窓を開け放す日が少なかった。このような場合、環境基準値を超える高濃度の日が続くことがわかった。

NO<sub>2</sub>濃度を低く保つには、毎日窓の開放を行うことに加えこまめな換気扇使用が有効と考えられる。

室内環境における汚染状況は、居住条件、生活様式などにより異なるため、今後他の住宅においても、実生活下における多くのデータや個人曝露濃度を合わせたよりきめ細かな調査および考察が必要と考えられる。

## 謝 辞

本研究を行うにあたり、国立医薬品食品衛生研究所の内山茂久先生、千葉大学工学部の青柳象平先生他、多くの諸先生方に有益なアドバイスを頂いたことを深謝致します。

## 文 献

- 1) 鈴木静夫：大気の世界科学，内田老鶴圃，p.158 (1996) .
- 2) V. Ranga, J. Kleinerman, M. P. C. Ip, and A. M. Collins: The effect of nitrogen dioxide on tracheal uptake and transport of horseradish peroxidase in the guinea pig. *Am. Rev. Respir. Dis.*, 122, 483-490 (1980) .
- 3) S. Takafuji, S. Suzuki, K. Koizumi, K. Tadokoro, T. Miyamoto, R. Ikemori, and M. Muranaka: Diesel-exhaust particulates inoculated by the intranasal route have an adjuvant activity for IgE production in mice. *J. Allergy Clin. Immunol.* 79 (4) , 639-645 (1987) .
- 4) 千葉県窒素酸化物対策専門委員会：二酸化窒素に係る環境目標値の設定，千葉県窒素酸化物対策専門委員会報告書4月，p.5 (1981) .
- 5) C.Y.H.Christopher: Comparison between indoor and outdoor air contaminant levels in residential buildings from passive sampler study. *Building and Environment*, 36, 999-1007 (2001) .
- 6) 後藤隆雄：TEA 捕集管を用いた居住地 14 地点で一年間測定した二酸化窒素濃度の特徴，大気環境学会誌，35 (4), 250-261 (2000) .
- 7) 平野耕一郎：室内環境汚染物質の測定法，環境技術，28 (3) , 22-27 (1999) .
- 8) 奥平純子，内山茂久，青柳象平，安藤正典：拡散サンプラー DSD-TEA による二酸化窒素の測定，第 43 回大気環境学会年会講演要旨集，P13, 483 (2002)
- 9) 吉門洋，水野建樹：一定周期の間欠的測定結果から算定される年平均濃度の特徴 (NO<sub>2</sub> に関して)，大気環境学会誌，35 (6), 368-376 (2000) .
- 10) 島正之，仁田善雄，安達元明：主要幹線道路沿道部に位置する家庭の室内二酸化窒素濃度とそれに影響を及ぼす要因についての検討，大気環境学会誌，29 (3), 123-132 (1994) .
- 11) C.Y.H. Christopher, Anthony Law: A study of personal exposure to nitrogen dioxide using passive samplers. *Building and Environment*, 35, 545-553, (2000) .
- 12) J. Spengler and K. Sexton: Indoor air pollution, A public health perspective. *Science*, 221, 4605, 9-16 (1983) .
- 13) J.I.Levy, K.Lee, J.D.Spengler, Y.Yanagisawa et al: Impact of residential nitrogen dioxide exposure on personal exposure: An international study, *J. Air & Waste Management Association*, 48, 736-742 (1998) .
- 14) 松本幸雄，新藤純子，田村憲治，安藤満，伊藤政志：幹線道路を含む領域における二酸化窒素濃度の変動構造—東京都世田谷区役所周辺における 1989 年 3 月の調査—，大気汚染学会誌，29 (2), 41-45 (1994) .