

簡易測定法による大気環境／

室内二酸化窒素 (NO₂) 濃度測定を試み

—東北公益文科大学における冬季調査例—

大歳恒彦、阿部 勉

1. はじめに

二酸化窒素は主に物が燃焼した際の一酸化窒素が空気中で酸化された結果生じる有害なガスで、慢性影響による呼吸器疾患の原因となることから、大気の汚染に係る環境基準として1時間値の1日平均値が0.04ppm(40ppb)以下と定められている。二酸化窒素は自動車排ガスや工場及び家庭の暖房などが排出源であり、浮遊粒子状物質とならび、特に都市部では環境基準の達成率が低いことが問題となっている。ここでは二酸化窒素濃度の測定を簡単に行うことの出来る方法を用い「計測法入門」の授業のなかで、学生の身の回りの環境または室内などにおける測定を行った。このような簡易測定法による環境濃度の測定は、個々のデータについて高い精度は保証できないが、多点同時の環境調査や、個人の生活環境調査などを行う際に有効な方法である。

2. 測定方法の概要

二酸化窒素の簡易測定法の概要を次に示す。

原理：大気中の二酸化窒素 (NO₂) をトリエタノールアミンを含浸させたフィルターに吸収させ、吸収した二酸化窒素の量を吸光度法により測定し、次式よりNO₂濃度を求める。ここで、時間とはフィルターをおさめたカプセルの蓋をはずしてフィルターを大気に暴露させた時間（1～7日間程度）であり、係数はカプセルの形状などにより定まる値である。

$$\text{NO}_2 \text{ 吸収量} = \text{係数} \times \text{NO}_2 \text{ 濃度} \times \text{時間}$$

分析：吸収フィルターをカプセル（筑波総合科学研究所製）から取り出し、発色液（スルファニル酸 5 g、N-1-ナフチルエチレンジアミン二塩酸塩 50mg、酢酸 30ml をイオン交換水に溶かして 1 リットルにしたもの）10ml を加えて静かにかき混ぜる。20 ～ 40 分後に波長 545nm の吸光度を測定する。未使用の吸収フィルターも同様に分析してブランク値として差し引いた。亜硝酸ナトリウム (NaNO_2) をイオン交換水に溶解させた標準液により検量線を作成して濃度の基準とした。

計算：濃度の計算はカプセル製造メーカーの推奨する NO_2 0.1ppm(100ppb) で 24 時間あたり NO_2 2.48 μg が吸収されるとして計算した。フィルターの NO_2 ブランク値は約 0.18 μg （24 時間あたり約 0.007ppm に相当）であった。

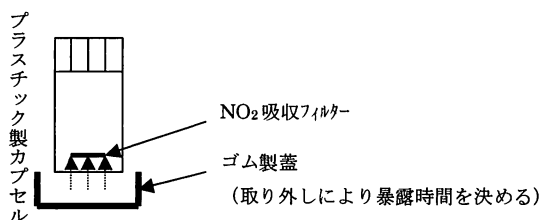


図 1 二酸化窒素用カプセル（直径 2 cm × 高さ 4.5cm の円筒型、筑波総合科学研究所製）

3. 調査の実施及び結果

「計測法入門」の授業を受講する 1 年生約 100 名にそれぞれカプセル 1 個を持ち帰ってもらい、自分の身の回りの任意の場所にカプセルを置いた後、次の週の授業時間に提出してもらった。調査時期は 2001 年 12 月初旬であり、暴露時間は数日から 1 週間のものが多かった。回収して分析したカプセル数は 95 個であり、その内暴露時間が短かいため吸収量が少なく、誤差が大きいと思われるもの（暴露が数時間未満）を除いた 92 個について NO_2 濃度を得た。

測定した場所は屋外が5ヶ所、屋内が81ヶ所と圧倒的に屋内の測定が多く、学生の感心が屋内環境に集中していることが実感された。また、この他自動車内で測定したものが6例あった。

測定結果の概要は表1に示すように、平均値でみると屋外濃度が16ppbであるのに対して室内濃度は約3倍の49ppbであった。調査数が大きく異なるために、この比較にはあまり意味がないが、特に室内では高濃度の事例がいくつか見られ、平均濃度を高くしていた。一方、自動車車内の濃度はこれらに比べて一律に低い4.3ppbであった。

表1 簡易測定法によるNO₂濃度測定結果

測定場所	測定数	NO ₂ 濃度(ppb*)	
		平均値	範囲
屋外(庄内地域)	5	16	1.1～40
自動車車内	6	4.3	0.5～6.7
室内	81	49	1.7～680
公益大学研修寮の居室	(33)	6.8	2.5～20
寮以外の居室(自宅、アパート)	(32)	98	1.7～680
その他室内(台所、玄関等)	(16)	37	3.0～190

注) *1ppm=1,000ppb

4. 考 察

4. 1 簡易測定法の正確さ

簡易測定法の正確さを検証するために、酒田市で常時監視を行っている大気環境測定局における窒素酸化物自動測定器の空気採取口にカプセル4個を6日間設置して、測定結果を比較した。表2に示すように、簡易測定法による平均濃度は自動測定器の値と比較しても数パーセント以内におさまっており、また、同時に設置したカプセル間のばらつき（最大値と最小値の差）も10パーセント以内であったことから、簡易測定法による結果としては許容されるものと考えられた。より正確な値を求めるためには同じ地点において複数のカプセルを同時に用いることなどが必要と考えられる。

表 2 自動測定器と簡易測定法の比較
(酒田市錦町測定局、2001 年 11 月 30 日～12 月 6 日)

方 法	NO ₂ 濃度(ppb*)	
	平均値	濃度範囲
窒素酸化物自動測定器	11.1	-
簡易測定法 (n=4)	10.5	9.9～10.8



写真 1 酒田市錦町測定局における簡易測定法と自動測定器の比較
(左上の大気採取口付近にカプセルを設置した)

4. 2 環境及び室内の濃度の特徴

大学の立地する庄内は山形県内でも大気環境の清浄な地域であり、二酸化窒素の濃度は県が庄内に設置している測定局の全平均値として0.007ppm(7ppb)、また 6 測定局の範囲として0.003～0.011ppm(3～11ppb)¹⁾である。調査を実施した時期は暖房の影響などが考えられる冬季の比較的濃度の高い時期であったこと、及び測定した場所が日交通量約 1 万 5 千台以上の国道 7 号線²⁾の沿線を含むことなどから、測定結果の平均値は16ppbとなった。この測定結果は試料数が非常に少ないことから、環境濃度の把握のためには、今後より組織的に計画した調査が必要であるが、地域の濃度レベルの一例と考えられる。

室内濃度の測定例が最も多かったのは、すでに冬季に入り屋外でのカプセルの

設置が強風などのために難しかったことを差し引いても学生の興味が身近な室内環境に向けられていることを示すと考えられる。全国的な調査によっても、活動的と考えられる学生の在宅時間は1日のうち14時間以上³⁾といわれ、主婦や高齢者の場合にはそれ以上の時間を室内において過ごすことが一般的であり、室内環境をよりよくすることが健康を考慮した時に重要である。室内濃度の全平均値は49ppbであったが、これをより細かく分類してみると公益大学研修寮の居室である個室やリビングルームでの濃度が最も低く、33ヶ所の平均で6.8ppb、寮以外の自宅やアパートの自室やリビングルームでの濃度が32ヶ所で98ppbと高くなっている。図2に示すように、研修寮では20ppbを超えるような高い濃度が見られないのに対して、自宅やアパートでは20ppb以下の分布とともに40ppbを超えて100ppb以上にピークがあることが特徴的であり、室内における暖房器具などの発生源の影響を受けているものと考えられた。居室以外の室内には台所や玄関などが含まれていたが、平均値は37ppbであり、全体にばらつきが大きく多様な生活条件を反映しているものと思われる。

自動車車内の測定を行った5例はいずれも濃度が低く、平均値が4.3ppbとなった。自動車そのものはNO₂の主な発生源であることは間違いなく、自動車道路周辺の窒素酸化物濃度も高いが、この調査では自動車を運転している時間が他の生活時間に比べて短かったことと、車体の密閉性が汚れた外気の車内への侵入を防ぐ役割を果たしたために低い平均濃度が得られたものと考えられた。

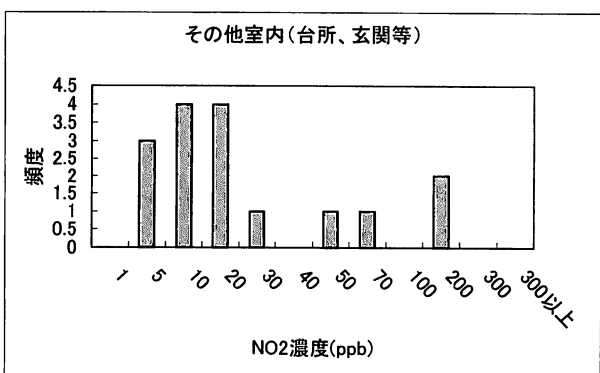
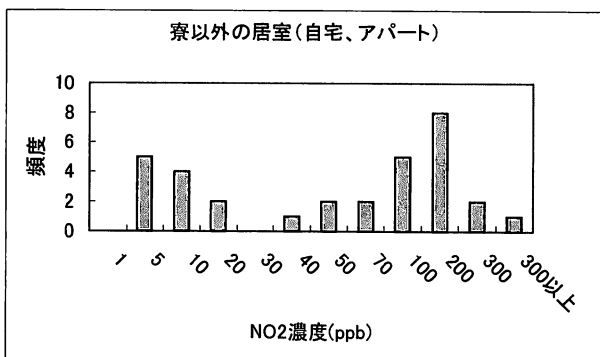
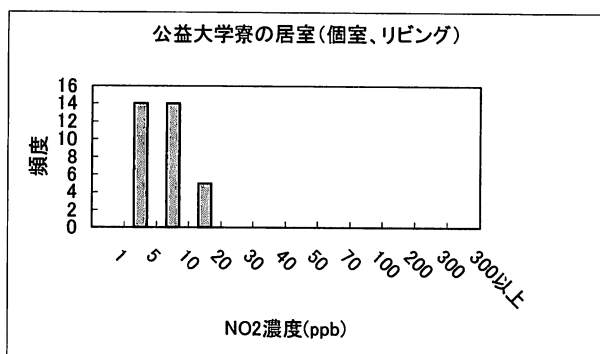


図2 室内NO₂濃度のヒストグラム

4. 3 公益大学研修寮について

東北公益文科大学では開学にあわせて15棟の学生研修寮（ドミトリ）を建設して、初年度は1年生の約半数の学生がこのなかで生活してきたが、この調査でドミトリの居室における NO_2 濃度が安定して低く抑えられていたのは、次のような理由によるものと考えられる。ドミトリは写真2に示す木造2階建てで、高気密・高断熱の省エネ対策を施すとともに、ホルムアルデヒドによる室内環境汚染対策のために建材の材質に配慮している。具体的には、気密性を保つことにより計画的な換気回数(0.5回/時)を保つように、建物全体の気密性を上げ、24時間換気システムを採用するとともに、エアコン及び温水床暖房などの非排気型暖房の採用によって室内空気の汚染を最低限に抑えている。また、このような冷暖房の効果を高めるための高断熱材料として、屋根面及び外壁面にウレタンフォーム(30mm厚)を使用している。高気密住宅でありながら、有害な排気を出さない暖房システムを採用し、また計画的な換気を行ったことで、冬季でも室内の NO_2 濃度が低く保たれていたものと考えられる。この調査では室内環境の面から見て、はからずもドミトリの健康住宅としての一面を実証することになった。

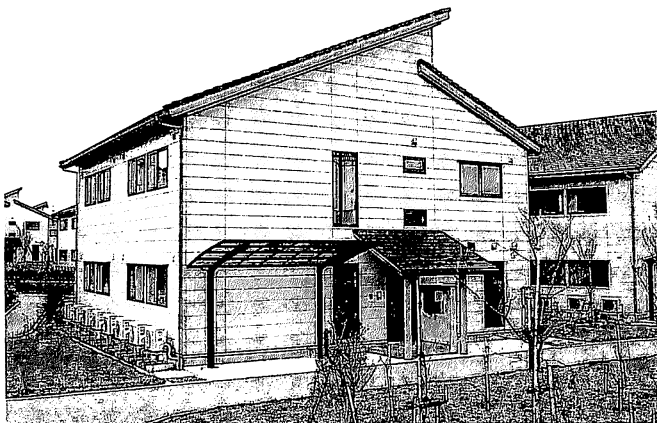


写真2 健康住宅を指向した公益大学研修寮（ドミトリ）

4. 4 高濃度の原因と考えられる対策など

室内での高濃度 NO_2 の原因として、一般的にはガスや石油を用いた調理、暖房

器具の排気の影響が最も大きく、特に冬季には近年の家屋の密閉性の向上ともあいまって、他の季節と比べて室内濃度が上昇する傾向があるとされている。⁴⁾ また、暖房器具でもいわゆるFF型と呼ばれている排気を強制的に屋外に導くタイプでは、排気を室内に留めてしまうタイプと比べて室内濃度が低く抑えられるとされるが、最もNO₂濃度が高くなる機種としては、石油ファンヒータがあげられている。⁵⁾ 本調査においても室内で最高濃度となった例では石油ファンヒータによる暖房を行っており、石油ストーブによって室内濃度が高くなる例もあった。室内の濃度レベルは直ちに健康に影響の出るような濃度ではないが、このような室内で生活している者は知らぬうちに慢性呼吸器疾患などのリスクにさらされていることになる。暖房器具メーカーによれば、石油ファンヒータも最近の機種は昔のものとは比べると窒素酸化物濃度を低くするように工夫されているものの、基本的には燃料の消費量の増大にともなう量の汚染物質が排出されることになり、特に石油ファンヒータでは灯油消費量が多いことが高濃度NO₂の一因となっている。一方、調理器具や喫煙による影響も無視できないが、台所では調理時に日常的に換気扇を使用する習慣が定着しており、またいわゆる喫煙室での測定結果も換気の効果のためか、高い濃度とはなっていなかった。このようなことを考えると、石油ファンヒータなど室内に排気を放出する暖房器具の使用にあたっては室内のNO₂などの汚染物質濃度が高くなる可能性があることに留意し、定期的に部屋の換気を行い、適正な温度設定で過剰な燃料使用を避けるとともに、室内空気を汚染しないタイプの暖房器具の併用など室内環境への配慮が重要である。また、今回用いた簡易測定法のように、個人レベルで手軽に汚染物質のモニターができる手法を種々の生活環境のチェックに活用することが望ましい。

5. まとめと今後の課題

本調査によってあきらかになったことと今後の課題としてつぎのようなことがあげられる。

- ・簡易測定法により、公益文科大学生が生活する周辺の冬季の大気環境及び室内の二酸化窒素（NO₂）濃度を測定した結果、①大気環境濃度は一般的な地域の

濃度レベルであり、②室内濃度は石油ファンヒータ等の暖房器具の使用により高濃度となることがあったが、③公益文科大学研修寮のように室内環境への配慮をしている住宅では低い濃度となっていた。

今後、二酸化窒素（NO₂）簡易測定法を地域の環境調査や個人の生活環境調査へ応用するとともに、最近話題になっているホルムアルデヒドなど化学物質の簡易測定法の開発が重要と考えられる。

謝 辞

本調査の実施にあたり、酒田市市民生活部環境衛生課の粕谷充課長、高橋弘係長をはじめ皆様のご指導ご協力をいただいた。ここに記して心より感謝申し上げます。

文 献

- 1) 平成13年版山形県環境白書：山形県文化環境部・環境政策推進室・環境企画課（2002）.
- 2) 庄内地域の概況：山形県庄内総合支庁（2001）.
- 3) 国民生活時間調査 2000 データブック（全国版）：NHK出版.
- 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) 松村年郎、長田英二、小嶋茂雄：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）.