



Title	苫小牧演習林の大気汚染(Ⅳ)：簡易型サンプラーによる高速道路周辺の二酸化窒素の測定
Author(s)	太田, 路一; OTA, Michikazu; 石崎, 健二 他
Citation	北海道大學農學部 演習林研究報告, 44(2), 739-748
Issue Date	1987-07
Doc URL	<a href="https://hdl.handle.net/2115/21230">https://hdl.handle.net/2115/21230</a>
Type	departmental bulletin paper
File Information	44(2)_P739-748.pdf



## 苫小牧演習林の大気汚染 (IV)

—簡易型サンプラーによる高速道路周辺の  
二酸化窒素の測定—

太田路一\* 石崎健二\*\* 川瀬 清\*\*\*

Air Pollution in the Tomakomai Experiment Forest (IV)  
—Measurement of Atmospheric Nitrogen Dioxide around  
the Highway with Simple Samplers—

By

Michikazu Ota\*, Kenji ISHIZAKI\*\*  
and Kiyoshi KAWASE\*\*\*

### 要 旨

都市部に隣接する森林の内部に建設中の高速道路周辺に調査区 (300×300 m) を設け、二酸化窒素の汚染分布を詳細に明らかにするために、フィルターバジ法およびトリエタノールアミン濾紙法を使用し、23カ所の測定点でNO<sub>2</sub>の相対濃度および汚染度の測定を行なった。

NO<sub>2</sub>の相対濃度および汚染度は都市部に隣接する森林の南端から森林の内部に向かって漸減するが、南寄りの風が卓越する時は高速道路の北側の林縁部で相対濃度および汚染度のピークがみられ、これは高速道路の建設により都市部の汚染空気に直接暴露されることによるものと考えた。

キーワード： 森林、高速道路建設、NO<sub>2</sub>分布、フィルターバジ法、トリエタノールアミン濾紙法。

### 緒 言

前報の調査研究<sup>1)</sup>の主な目的の一つとして、苫小牧演習林の全域の森林大気汚染状況を調査することが挙げられた。このために、4カ所に自動測定器によるモニタリングステーション

---

1987年2月7日受理 Received February 7, 1987.

\* 岩手大学農学部林学科  
Faculty of Agriculture, Iwate University.

\*\* 北海道大学工学部工業力学第二講座  
Faculty of Technology, Hokkaido University.

\*\*\* 元北海道大学演習林  
Formerly, College Experiment Forest, Hokkaido University.

ンを設置し、さらに森林の全域をカバーする測定点を設け簡易型サンプラーによる測定を実施して、森林大気汚染状況についての基礎的理解をえた<sup>2),3),4)</sup>。二酸化窒素の簡易型サンプラーによる測定法として、アルカリ濾紙法<sup>5)</sup>、トリエタノールアミン濾紙法<sup>6),7)</sup> (TEA法)、ナイトレーションプレート法<sup>6),8)</sup>を使用した。これらの簡易測定法は費用、重量、field suitabilityの点で“廉価である”、“軽い”、“小さくて取り扱いが容易である”という利点を有しているが、吸収媒体に吸収される二酸化窒素の量が風速によって影響を受けることが明らかになっている<sup>9),10)</sup>。得られる測定値はある程度のバラツキを持っているが、数多くのデータを用い、風速等の気象因子を考慮して解析に供すれば、広大な森林大気汚染分布を相対濃度あるいは汚染度として明らかにする手段として簡易測定法は有効な方法であると考えられる。

本稿では最近開発された風速の影響を受けることが少ない“フィルターバッグ法”およびTEA濾紙法による高速道路周辺の二酸化窒素の測定結果について報告する。

## I. 調査方法

### 1. 調査場所

調査場所は前報で述べた<sup>2)</sup>。測定地点は図-1に示すように、高速道路周辺の約300×300mの広さの調査区内に合計23点設けた。このうち、8地点 (No. 17, 18, 19, 20, 21, 23, 25, 27) は道路端から森林の内部までの汚染度の分布を明らかにするために、高速道路の北側の林縁部から40mまでは10m間隔で、それ以遠は20m間隔で設けた。

ST-IIIとST-IVの両局には窒素酸化物の自動測定装置 (電気化学計器GPH-74, ザルツマン法) が設置されている。両局設置点の高さはほぼ等しく、海拔高34m, 両局附近の高速道

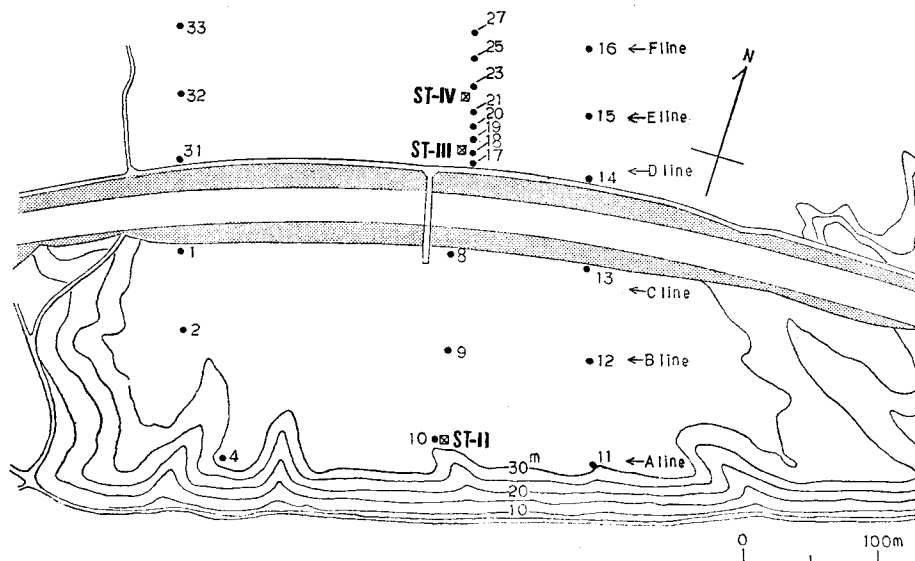


図-1 高速道路周辺のNO<sub>2</sub>測定点配置図

路の路面は海拔高約 23 m で測定局とは 11 m の差がある。また、林縁部から道路の切土法面上端までの距離は約 14 m である。ST-III 局は高速道路の北側の林縁部から約 10 m 森林内に入ったところにあり、ST-IV 局は ST-III 局の北側 40 m の所にある。調査場所の森林は樹高約 8 m の広葉樹二次林である。

## 2. 測定方法

### A. 気象観測

風向風速については前報で述べた<sup>2)</sup>。温湿度および雨量は ST-IV 局で測定し、データはテレメータで送信し観測塔で集録整理した記録を利用した。

### B. 二酸化窒素の濃度および汚染度

二酸化窒素の濃度は自動測定装置により 1 時間値として測定した。相対濃度および汚染度の測定はフィルターバッジ法およびトリエタノールアミン濾紙法 (TEA 法) の両法により行なった。

#### B-1. フィルターバッジ法

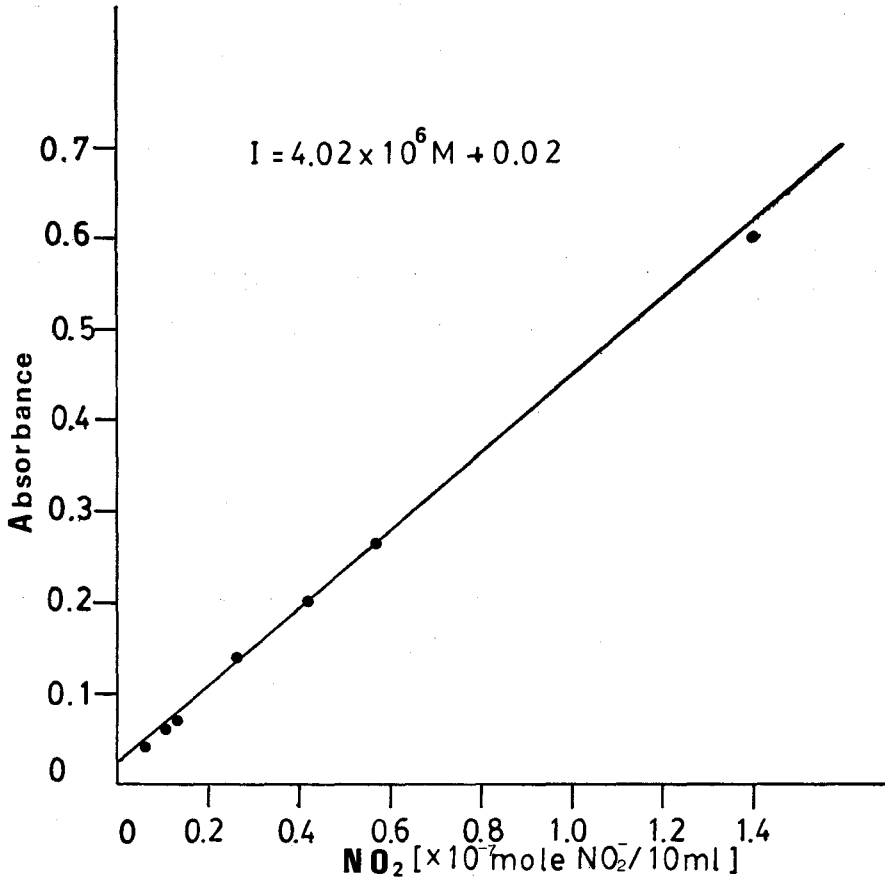
東洋濾紙 No. 50 を 42×30 mm の大きさに切り、105°C の乾燥器中で 24 時間乾燥する。次に、トリエタノールアミンの 20 vol % 溶液を 0.2 ml 濾紙の中央に滴下し、乾燥剤の入っていないデシケーター中で 40 分間放置後、水銀柱 3~5 mm Hg 程度の減圧状態で 40 分間乾燥する。次に、放射線管理用フィルムバッジホルダに吸収濾紙、プレフィルター (東洋濾紙 PF 1, 厚さ 1 mm, 孔径 5 μ, 空隙率 72%) を装着し、ポリエチレン袋中に密封後、気密なプラスチックケースに保存し、測定時にこのケースを携行した。このバッジホルダは各測定地点の地上約 1.5 m の高さの樹幹に両面テープを用いて固定し、24 時間暴露させた後、ビニール袋に入れ回収、分析に供した。

調査は 1980 年 6 月 17~21 日、7 月 14~19 日、および 8 月 19~23 日に実施した。フィルターバッジ法による測定値 (ppb) と自動測定装置 (ザルツマン法) による測定値 (ppb) との比較のため次の調査を実施した。すなわち、ST-III 局と ST-IV 局の両窒素酸化物自動測定装置の吸引孔の側にフィルターバッジを 5 個ずつ設置し 24 時間暴露させた。測定期間は ST-III 局では 1980 年 6 月 16~21 日、7 月 14~19 日、8 月 19~23 日、ST-IV 局では 8 月 19~23 日である。

#### B-1-1. 回収したフィルターバッジの分析および濃度の算出

バッジを開け、濾紙を共栓付試験管 (16.5×105 mm, 10 ml) に移し、発色液 (スルフェニル酸 5 g, リン酸 60 ml, 0.1 wt % N-(1-ナフチル)-エチレンジアミン二塩酸塩溶液 50 ml を混合し 1 l としたものを 10 ml 加え、時々静かに上下に攪拌しながら 40 分間室温に放置後、発色液を対照液とし、10 mm の吸収セルを用いて波長 545 nm で吸光度を測定した。

濃度の算出は西村等<sup>9)</sup>の求めた (1) 式および図-2 から求めた検量線の (2) 式より日平均濃度  $f_{NO_2}$  (ppb) の (3) 式を求めることにより行なった。

図-2 NO<sub>2</sub> 検量線

$$m = 4.97 \times 10^{-9} f_{\text{NO}_2} \dots\dots\dots (1)$$

ここで、 $m$  (mol) は吸収濾紙の面積 9.88 (cm<sup>2</sup>) の時、86,400 秒 (24 時間) 暴露後の NO<sub>2</sub> の吸収量で、 $f_{\text{NO}_2}$  は ppb 単位で表わした NO<sub>2</sub> 濃度である。

$$I - I_0 = 4.02 \times 10^6 C \dots\dots\dots (2)$$

ここで、 $I$ ,  $I_0$  は暴露後およびブランクの吸光度で、 $C$  は NO<sub>2</sub> 濃度 (mol/10 ml) である。

$$f_{\text{NO}_2}(20^\circ\text{C}) = 50(I - I_0) \dots\dots\dots (3)$$

#### B-2. トリエタノールアミン濾紙法

東洋濾紙 No. 526 を 33×40 mm の大きさに切り、さらに長辺方向に切り口を入れ、0.5 M トリエタノールアミン水溶液に浸漬後、70~80°C の乾燥器中で乾燥し、十字形に 2 枚 1 組にしてプラスチック棒瓶 (内径 35 mm, 深さ 68 mm) にセットしふたをした後、気密なプラスチックケースに保存し、測定時にこのケースを携行した。各測定地点でこのプラスチック棒瓶のふたをとり、地上約 1.5 m の高さの樹幹にガムテープを用いて固定し、24 時間大気に暴露させた

後、再びふたをして回収し、分析に供した。

調査時期はフィルターバッジ法による測定の場合と同じであった。

B-2-1. 回収した TEA 濾紙の分析と汚染度の算出

回収した棒瓶およびブランク濾紙の入った棒瓶に前述の発色液 10 ml と水 40 ml の混合液を 50 ml 加えふたをして振とう器にセットし数分間振とう後、約 30 分静置した。この両液の吸光度は発色液を対照液として 545 nm で測定した。

汚染度の算出は次式によって行なった。

$$W(\text{NO}_2 \mu\text{g}/100\text{cm}^2/\text{day}) = N(A - A_0) \times 100/52.8$$

ここで、 $W$  は濾紙 100 cm<sup>2</sup> 面積当りの NO<sub>2</sub> 吸収量、 $N$  は検量線の勾配、 $A$  および  $A_0$  は試料溶液およびブランク濾紙溶液の吸光度である。52.8 は濾紙の表裏の面積 (3.3×4×4) である。

II. 結果と考察

フィルターバッジ法とザルツマン法自動測定装置による測定値の比較を図-3 に示した。両方の測定値の間にはおおそ比例関係がみられたが、フィルターバッジ法の方が低くなる傾向がみられた。環境濃度が数 ppb という低い値にもかかわらず両法間に比例関係がみられたことから、風速、温湿度等の気象条件、また測定地点の周囲状況 (樹木の有無あるいはその密度、二酸化窒素の固定・移動発生源の有無、多寡、距離、方向) 等を考慮して使用すれば、高速道路周辺の詳細な二酸化窒素の相対濃度あるいは汚染度の分布が明らかになると考えた。

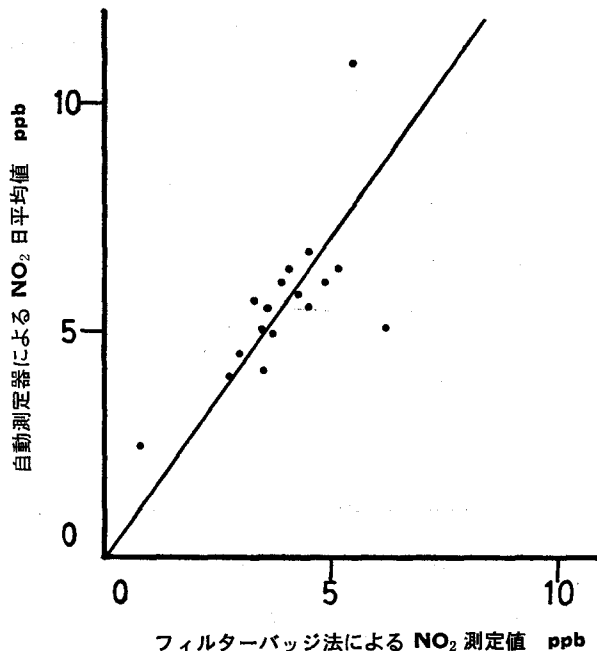


図-3 自動測定器 (ザルツマン法) とフィルターバッジ法の比較

図-4 および表-1 は、調査区をほぼ南北に向って A~F の調査線に区分し (図-1)、それぞれの調査線上で測定地点 (3 地点) の測定値を合計し、さらに測定日数分の合計値を集約して表わしたものである。これによると、フィルターバッジ法による相対濃度の分布は森林の南端の A 調査線から森林の内部の F 調査線に向って減少していく傾向がみられ、1980 年 7 月では高速道路の北側の D 調査線でピークを示した。このピークは調査時期が高速道路の供用開始前であり、また舗装工事がほぼ完了し建設車両の往来がほとんどなくなった時であるので、高速道路上の自動車の排気ガスによるものとは考えられない。この 7 月の風は、全測定日にわたり、表-1 に示したように最多風向が WSW~SSE の南よりの風であったので (図-5)、森林内部での高速道路建設により都市部の汚染空気が樹木等の植物による汚染物質の吸収、吸着、附着等を受けずに侵入した所に、フィルターバッジを暴露したことによるものと考えの方が妥当であ

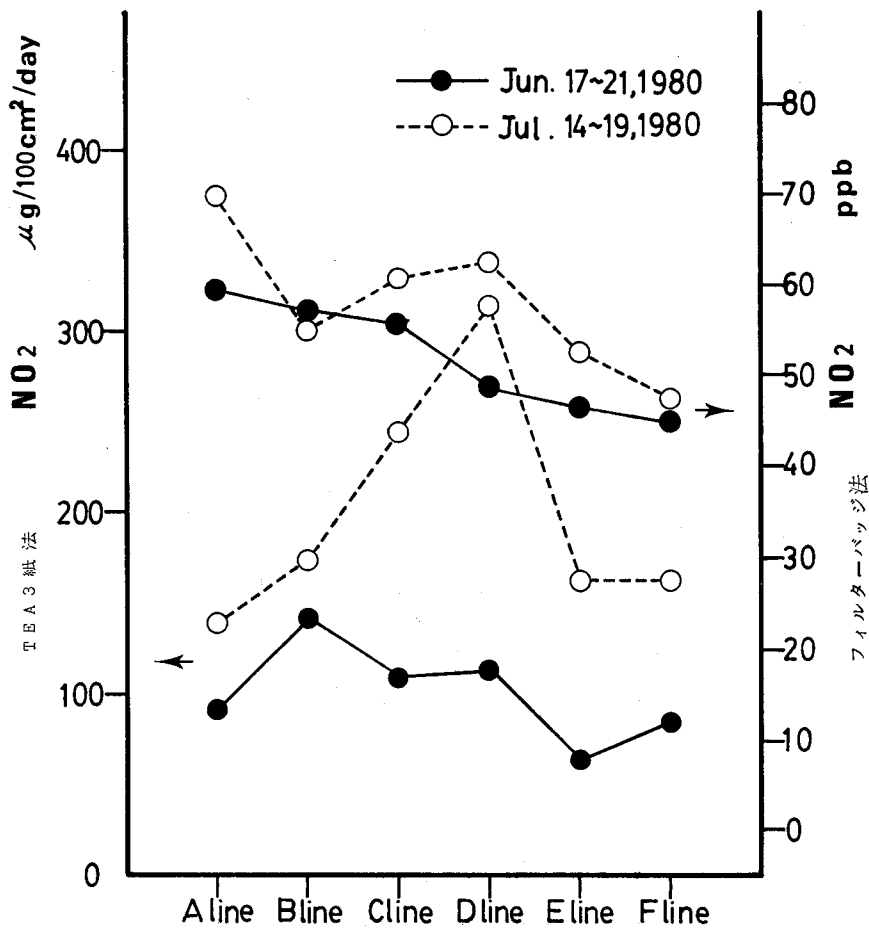


図-4 高速道路周辺の  $\text{NO}_2$  相対濃度 (フィルターバッジ法) と  $\text{NO}_2$  汚染度 (TEA 濾紙法) の分布 (A~F line, 図-1)

表-1 自動測定器とフィルターバジジ法による二酸化窒素の測定値

測定局	測定日	気		象			測定方法	
		気温 (°C)	湿度 (%)	風速 (m/s)	最多 風向	日総雨量 (mm)	自動 測定器 (ppb)*	フィルター バジジ法 (ppb)**
ST-III	6/16	16.4	93	1.8	NNE	1.5	10.9	5.5
	17	14.8	100	3.8	SE	69.0	—	—
	18	10.9	99	4.5	N	9.0	2.5	0.8
	19	12.1	69	3.9	N	0	5.1	6.2
	20	10.8	88	2.5	S	0	6.1	3.9
	21	13.2	82	2.3	SSW	0		
	7/14	18.0	88	2.2	WSW	0	6.3	5.1
	15	17.5	87	3.5	WSW	0	5.6	4.5
	16	13.5	90	3.9	SW	0.5	5.0	3.7
	17	14.3	84	2.8	SSW	0	4.0	2.8
	18	13.9	79	3.6	SSW	0	6.4	4.1
	19	15.6	98	3.8	SSE	14.0		
	8/19	17.4	100	2.6	SSE	21.5	6.7	4.5
	20	18.8	91	1.8	NNE	3.0	5.7	3.3
	21	18.6	85	2.5	N	0	5.5	3.6
	22	18.0	90	2.2	SSW	0	5.8	4.2
23	17.9	93	2.5	SSW	2			
ST-IV	8/19	17.4	100	2.6	SSE	21.5	6.1	4.9
	20	18.8	91	1.8	NNE	3.0	5.0	3.5
	21	18.6	85	2.5	N	0	4.1	3.5
	22	18.0	90	2.2	SSW	0	4.5	3.0
	23	17.9	93	2.5	SSW	2		

\* NO<sub>2</sub> 1時間値の日平均値 (10時~9時)

\*\* 24時間 (10時~10時) 暴露の測定値

ろう。なお、1980年6月の測定結果にこのピークが見られないのは、表-1の様に最多風向が北よりの傾向を示した測定日が3日あった事によるものと考えられる。トリエタノールアミン濾紙法による測定結果をみると、同じように1980年7月にD調査線上に大きなピークがみられるが、A調査線上と比べると約2.2倍大きい値を示した。これは、A調査線上の各測定点でプラスチック棒瓶を固定した所は周囲が樹木に囲まれている樹冠下であり、一方D調査線上の各測定点の南側には樹木がないことにより、汚染気塊の暴露量に差が生じたためと考えられる。なお、同年6月にはこのピークがみられないが、これは前述のフィルターバジジ法の場合と同じ理由によるものと考えられる。

次に、高速道路の北側の林縁から森林内部への汚染度の分布を図-6に示した。これによると、フィルターバジジ法では森林の内部に向かって汚染度が漸減し、トリエタノールアミン濾紙法では林縁より20mの地点で急減し、以降漸減の傾向を示している。

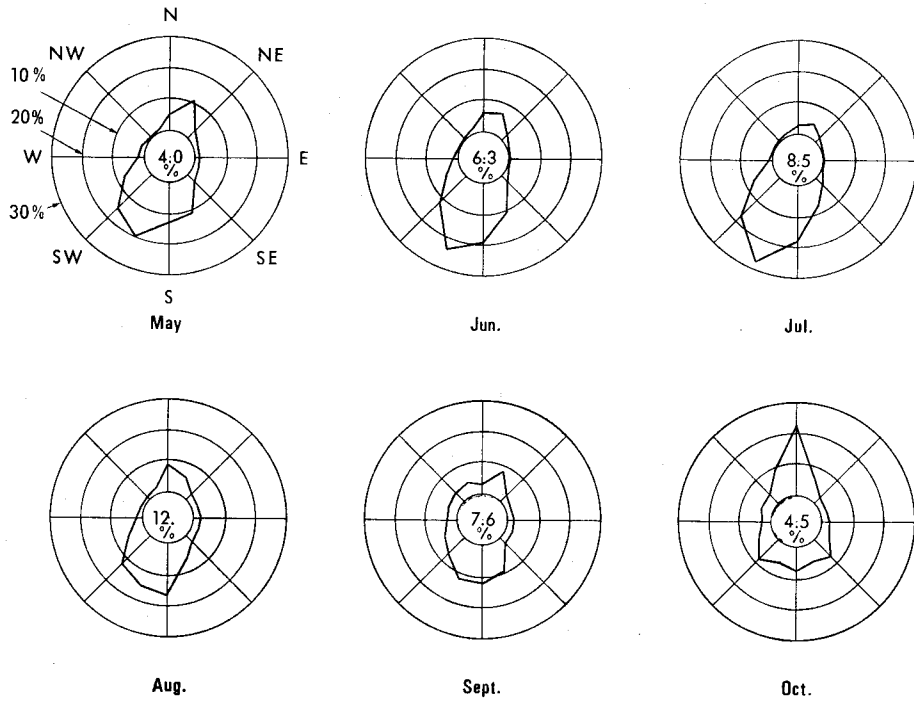


図-5 ST-IVにおける風配図(1980年)

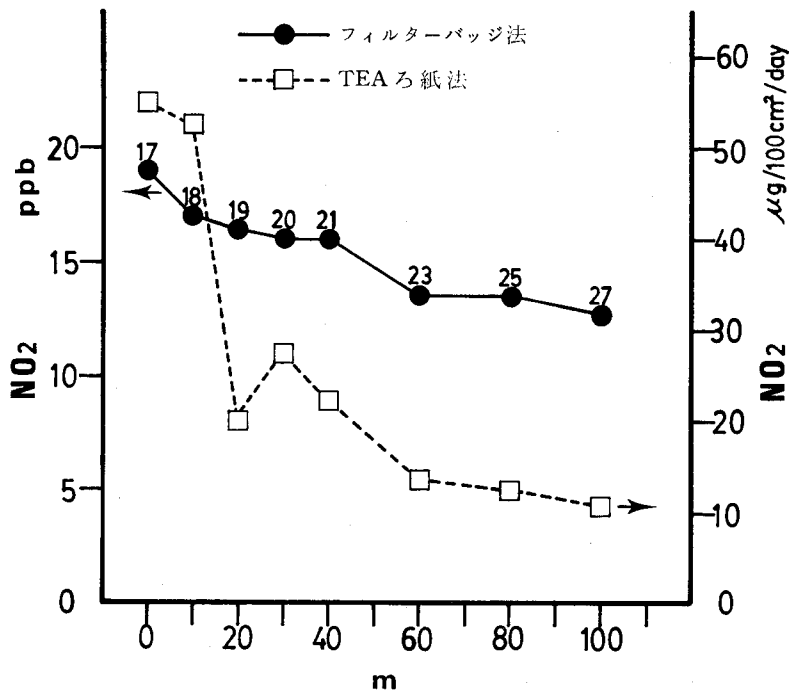


図-6 高速道路路肩附近の林縁部から森林内部90メートルまでのNO<sub>2</sub>相対濃度(フィルターバッグ法)と汚染度(TEA濾紙法)の分布(8月19日~23日)(No. 17~27, 図-1)

以上のことから、フィルターバジ法による測定値は、時間的および空間的にいくつかの測定値を平均すれば、風の影響を受けずにはば大気中の二酸化窒素濃度を反映しているとみてよい。また、トリエタノールアミン濾紙法は、風による二酸化窒素輸送量としての汚染度の目安を得るのには適していると思われる。

## 結 言

フィルターバジ法およびトリエタノールアミン濾紙法の両簡易型サンプラーにより、森林内に建設中の高速道路周辺における二酸化窒素の汚染分布調査を行ない、次のことが明らかになった。

1. 都市部に隣接する森林の南端から森林の内部に向かって相対濃度或いは汚染度が漸減する傾向がみられた。
2. 南寄りの風の時に高速道路の北側の林縁部において相対濃度のピークがみられ、これは高速道路の建設により都市部の汚染空気に直接暴露されたことによるものと考えられた。
3. フィルターバジ法は、ほぼ大気中の二酸化窒素濃度を反映しているものと考えてよい。
4. トリエタノールアミン濾紙法は風による二酸化窒素輸送量としての汚染度の目安を得るのに適していると思われる。

## 参 考 文 献

- 1) 太田路一・川瀬 清・石崎健二：北海道における道路計画と森林環境の保全に関する調査研究（その1～6）．北大演習林，(1977-1981)．
- 2) 太田路一・川瀬 清・石崎健二・前田 豊：北海道大学苦小牧地方演習林の大気汚染．北大演習報，37(1)，287-306 (1980)．
- 3) 太田路一・川瀬 清・石崎健二・前田 豊：北海道大学苦小牧地方演習林の大気汚染 (II)．北大演習報，40(3)，491-528 (1983)．
- 4) 太田路一：北海道大学苦小牧地方演習林の大気汚染 (III)．北大演習報，41(2)，483-492 (1984)．
- 5) 大気汚染研究全国協議会第二小委員会：大気汚染ハンドブック (1)，147-149，コロナ社，(1971)．
- 6) 窒素酸化物簡易測定法研究会：昭和51年度環境における大気汚染物質の分布量に関する研究（窒素酸化物相対濃度測定法に関する研究），(1972)．
- 7) 嶺村和則・他4名：トリエタノールアミン濾紙法によるNO<sub>2</sub>の測定—第1報．仙台市衛生試験所所報，第8号，308-317 (1978)．
- 8) 松原広志・他4名：神奈川県臨海地区における窒素酸化物の分布について (III)—ナイトレーション・プレート法．大気汚染学会誌，13，104 (1978)．
- 9) 柳沢幸雄・西村 肇：生活環境中濃度測定用NO<sub>2</sub>パーソナルサンプラー．大気汚染学会誌，15(8)，316-323 (1980)．
- 10) 柳沢幸雄・西村 肇：簡易二酸化窒素測定法の検定．大気汚染研究 (第17回大会号)，11，78 (1976)．

### Summary

The distributions of atmospheric  $\text{NO}_2$  concentration were examined in the forest where the highway was under construction. At 23 measuring points, relative concentrations of  $\text{NO}_2$  were measured by the Filter badge method and collected amounts of  $\text{NO}_2$  were measured by the Triethanolamine filter method.

It was shown that the relative concentrations and collected amounts of  $\text{NO}_2$  decreased gradually with the distance from the southern end, which faced Tomakomai city, of the forest to the measuring points. At the forest edge facing the highway, the peak point of relative concentration and collected amount of  $\text{NO}_2$  was found when most winds blew from the directions between SSE and WSW. The latter result suggested that polluted air in the city came flowing along the highway and over the southern part of the forest.