

# 樹林へのNO<sub>2</sub>の乾性沈着と樹林生長量との関係

古明地 哲人 大橋 毅 菅 邦子 青木 一幸

## 要 旨

大気汚染物質の樹林への乾性沈着量を推定するためにNO<sub>2</sub>濃度測定を道路端から樹林、また樹林の林縁部から林央に向かい多地点で行った。その結果、樹林樹木の成長期である夏期に、冬期よりも乾性沈着速度が大きいことが認められた。この沈着速度は日射、風向、風速等の気象条件、また樹林の主要な構成樹種である落葉広葉樹の葉の密度に大きく影響されると推測された。

乾性沈着量と樹林樹木の生長量とはかなり密接な関係を有していると推測されるケースも認められた。これらの結果から夏期においては樹林への大気汚染物質の乾性沈着量はかなり大きく、樹林による大気汚染物質の除去効果が期待される。

キーワード：NO<sub>2</sub>、樹林、乾性沈着、道路、生長

## Relationship Between Dry Deposition Amount of NO<sub>2</sub> and Growth Rate of Forest

Tetsuhito Komeiji, Takeshi Oohashi, Kuniko Suga and Kazuyuki Aoki

### Summary

Series of measurements of NO<sub>2</sub> concentration in and out of forest were carried out to estimate drydeposition amount of air pollutants on foliage. It was observed that the dry deposition velocity in summer season was higher than that of winter.

It was possible to presume that the dry deposition velocity was influenced highly by meteorological conditions such as solar radiation, wind velocity, wind direction, foliage density, size and others.

Some results between dry deposition amount and forest growth showed strong correlation. It seems that sink of atmospheric gaseous components were more effective in summer than in winter.

Keywords : NO<sub>2</sub>, forest, dry deposition, road, growth

### 1 はじめに

大気汚染物質は大気中から様々な過程を経て除去されるが、その代表的な過程として乾性沈着が挙げられる。

乾性沈着は大気中から大気汚染物質を除去する役割を果たすが、結果として樹林は大気汚染物質を取り込むことになる。大気汚染の程度が高い場合、樹木はその影響によって生長量が低下したり、極端な場合は枯損に至る。

本報告では、NO<sub>2</sub>の樹林への乾性沈着による濃度変

化を樹林の林縁部から林央部に向かい距離別に測定すると共に、乾性沈着効果と樹林生長量との関係について若干の検討を行なったのでその結果を報告する。

### 2 調査方法

調査期間：1993年7月～1997年3月

調査地点：町田市国師小野路、国際キリスト教大学（三鷹市、以後ICUと略記）構内で実施、NO<sub>2</sub>の測定地

点の配置を図1, 2に示す。

NO<sub>2</sub>の測定：分子拡散法（ガスパック）<sup>1,2)</sup>、取付位置は約地上2.5m、暴露期間は約1カ月、暴露時期は夏期、冬期の2期

樹木生長量：胸高直径（幹回り周囲長、cm）

### 3 調査結果及び考察

#### (1) NO<sub>2</sub>の測定結果

##### ア 図師小野路

図師小野路における測定結果を図3、図4に示す。図3から夏期のNO<sub>2</sub>の道路から樹林への濃度分布は100m程度までは急激に濃度が低下した。道路から約200mの地点が樹林の縁にあたるがこの地点を変曲点として樹林内部に向かってさらにNO<sub>2</sub>濃度は低下傾向を示した。このNO<sub>2</sub>濃度の道路からの距離減衰のパターンから樹林へのNO<sub>2</sub>の乾性沈着が推測される<sup>3)</sup>。また、図3から夏期の4回の測定結果の間にはかなりの差異が認められる。これらの差異をもたらす主な原因は気象要因によると考えられる。

そこで、それぞれの調査期間中の気象条件を東京都気象月報<sup>4)</sup>（地点、東京）によって降水日数、平均風速、最も影響の大きい風向の出現日数で比較した。

4回の調査のうち、NO<sub>2</sub>濃度が最も高かった95年8月の調査期間中の気象条件をみると調査期間の12日間のうち晴天が多く、風速は2.74m/secと弱く、風向は南風が11日と多かった。

逆に最も濃度の低かった93年7月～8月の調査期間中の気象条件をみると晴天が6日と多く、降水量は18mmと少なく、風速は3.66m/secと強く、風向Sは6日間と最も少ない頻度であった。このようにみると夏期の小野路のNO<sub>2</sub>濃度は晴天が多く、風速が弱く、風向はS成分が多い時に高濃度になり易いことが認められ、この気象条件で高濃度に比例して乾性沈着量も多くなると推測される。

図4に冬期の調査結果を夏期と同様に示す。夏期と比較すると、全体的には冬期が高濃度の傾向であった。しかし、4回の調査結果から、冬期には高濃度と低濃度との差異が全体的に夏期よりもかなり大きかった。この理由として、NO<sub>2</sub>濃度に大きく影響する気象条件の変動が夏期よりも冬期において大きいことが推定される。

夏期と同様に冬期の気象条件をみると、高濃度が出現

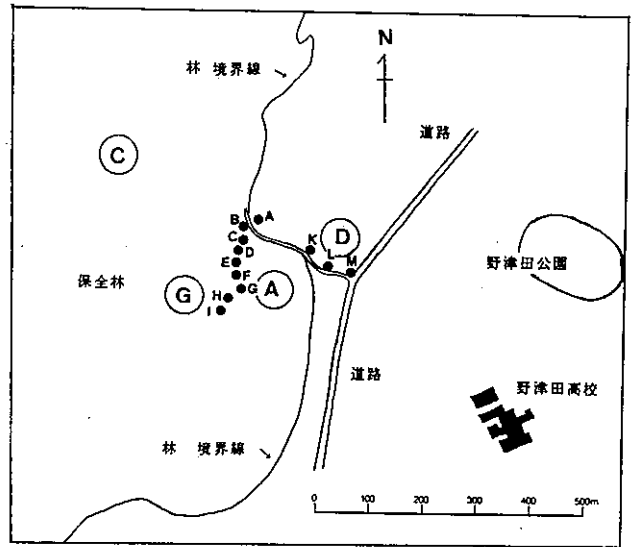


図1 小野路調査地点

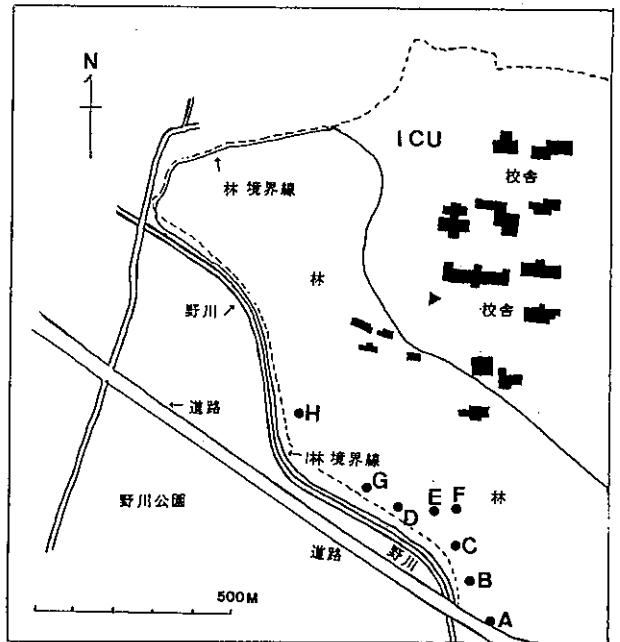


図2 ICU調査地点

した94年2月は平均風速3.0m/secと弱く、風向はS系が6日とこの時期としては多かった。逆に、全体的に濃度の低かった94年1月は風速3.9m/secと強く、ほとんどがN系の風であった。これらの結果から冬期の小野路のNO<sub>2</sub>濃度は風が弱く、かつS系の風系の時に高濃度になり易いことが認められた。

NO<sub>2</sub>濃度の道路端からの距離減衰をみると約50mで減衰傾向は殆どみられなくなり、樹林内でもほぼ一定の濃度であった。このことから、冬期においては樹林の乾性沈着による除去効果は殆どないことが認められた。

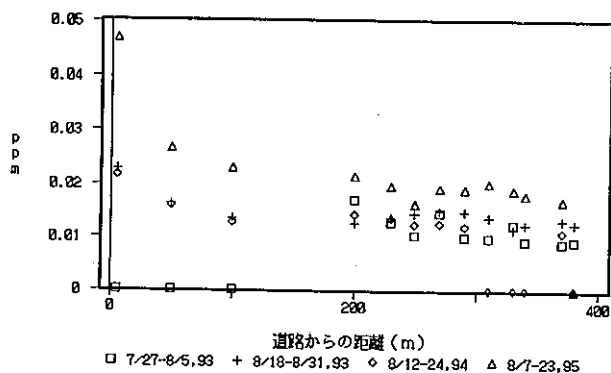


図3 NO<sub>2</sub>、小野路、夏、93-95

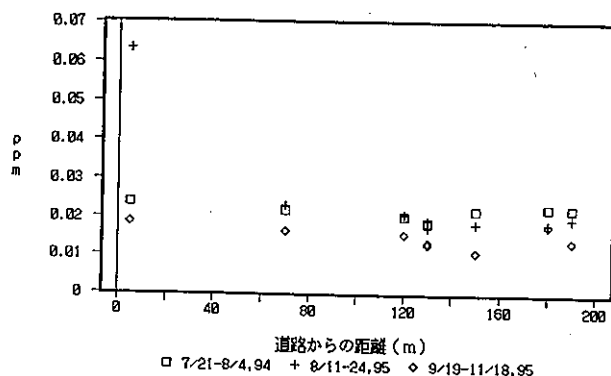


図5 NO<sub>2</sub>、ICU、夏、93-95

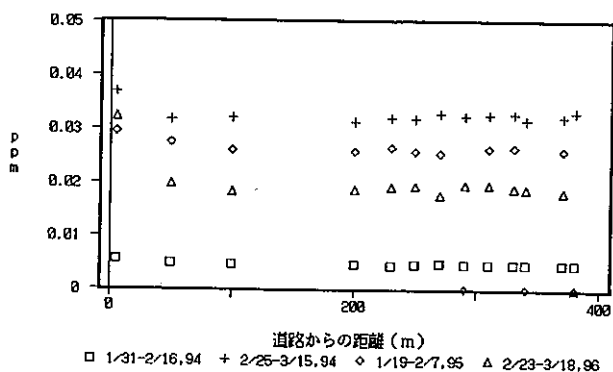


図4 NO<sub>2</sub>、小野路、冬、93-95

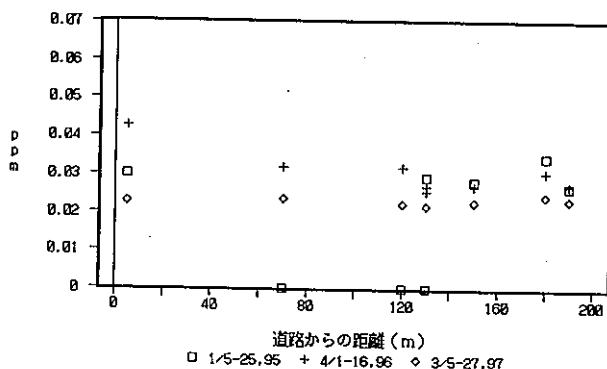


図6 NO<sub>2</sub>、ICU、冬、93-95

この主な理由として、冬期は落葉樹は落葉し、気孔を通してのガス交換が殆どないためと考えられる。

### イ ICU

ICUの調査結果を図5、6に示す。図5、6のICUのサンプリングポイントの道路からの距離は図2の道路からの最短距離で示している。この理由はICUの調査地の場合道路端まで緑地が接近しており、その緑地には樹木も多く植栽されているため、道路端を林縁部として取り扱っても差し支えないと考えられるからである。

図5から夏期のNO<sub>2</sub>濃度の林縁部から林央への濃度減衰もかなり明確に認められた。

図6から冬期のNO<sub>2</sub>濃度の林縁部から林央への距離減衰は殆ど認められず、ICUにおいても小野路と同様に冬期には樹木のNO<sub>2</sub>の乾性沈着による除去効果は殆ど認められなかった。

### (2) 回帰式による比較

上記3(1)では図によってNO<sub>2</sub>濃度の距離減衰について検討したが、ここでは回帰式による検討を行なった。

表1に各地点、調査時期毎に距離とNO<sub>2</sub>濃度の関係を回帰式で示した。降水量と距離の関係は基本的にこの様な方法で求められる場合が多い<sup>5)</sup>。表1から小野路の夏

期の回帰係数aは-0.000139~-0.00114であり、相関係数R<sup>2</sup>は0.059~0.913であった。冬期は回帰係数aの絶対値が夏期よりも小さく、かつ相関係数も小さい傾向であった。便宜上夏期、冬期の回帰式の回帰係数等の平均値を併せて示した。平均値でみると回帰係数、Y切片とも夏期が冬期よりも絶対値が大きく、夏期において高濃度から急激に樹林内で濃度低下することを示している。特に、回帰係数は夏期が冬期の10倍以上であり、夏期においていかに林内での濃度低下が大きいか分かる。また、回帰式の相関係数も夏期に冬期よりも高いことが認められた。

ICUの場合は小野路の場合よりもさらにこの傾向が強く、回帰係数の平均値の絶対値は小野路よりも大きく、林内でのNO<sub>2</sub>の除去能率が大きいことを示している。この回帰式と林内の横方向の平均風速とから乾性沈着速度が推定可能となる。しかし、本調査では林内の風速が得られていないため、林内の風速を推定する手段を考える必要がある。

### (3) 樹木生長速度の比較

本調査の目的の一つは大気汚染物質の乾性沈着量が樹木の生長量にどの程度影響しているかを定量的に評価す

表1 NO2濃度と距離の関係 - 冊式 -

時期 地点	期間	濃度 Y(ppm)	a	b	n	R2
夏期、 小野路	93 7/21-8/4	LogY	-0.00114	-1.851	9	0.56
	8/18-8/31		-0.000139	-1.862	9	0.06
	94 8/12-8/24		-0.000688	-1.868	6	0.91
	95 8/9-8/23		-0.000299	-1.704	9	0.28
	平均		-0.000566	-1.821	8.25	0.45
冬期、 小野路	94 1/31-2/15		-0.000058	-2.341	9	0.19
	2/25-3/15		-0.000053	-1.496	9	0.27
	95 1/19-2/7		0.000013	-1.584	7	0.01
	96 2/14-3/27		-0.00002	-1.722	9	0.01
	平均		-0.000029	-1.786	8.5	0.12
夏期、 ICU	94 7/21-8/4		-0.000151	-1.659	8	0.05
	95 8/11-8/24		-0.00262	-1.329	8	0.72
	96 9/19-11/18		-0.000639	-1.756	8	0.24
	平均		-0.001136	-1.581	8	0.34
	冬期、 ICU	95 1/5-1/24		-0.000025	-1.527	5
96 4/1-4/16			-0.000951	-1.406	8	0.64
97 3/5-3/18			0.000067	-1.651	8	0.07
平均			-0.000302	-1.528	7	0.24

表2 樹木生長量の比較 (cm/Year) - 3年間の平均値 -

地点	コナラ	クヌギ	イヌシデ	サクラ	スギ	ヒノキ	アカマツ
小野路	0.99 (9)	0.63 (3)					
C	1.1 (7)	1 (1)	1.1 (1)		0.9 (8)		
D	1.3 (6)	2.1 (3)		9 (1)			
G	1.5 (10)	1.3 (4)	1.3 (3)				1.2 (2)
ICU D					1 (15)	0.7 (15)	
E	0.3 (2)	0.7 (12)					
H	0.8 (12)	0.8 (4)					

ることである。この目的のために、小野路、ICUにおいて何地点かの樹木生長速度の測定を実施した。その結果を表2に示す。両地点で最も多い本数の樹木はコナラであり、次にクヌギであった。表2から小野路のコナラについて生長量の地点間の比較を行なうと生長速度の順位は G>D>C>A であった。G地点は林央部であり、

最も深い林の中に位置している。Dは比較的道路に近い小さな林であり、比較的よく手入れがされている。

Cは小野路の保全林の中でも最も標高の高い部分であり、強風にさらされる機会が多いと考えられる。Aは林縁部に近く、汚染気塊にさらされる機会が多いと推定される。これらの点を考慮すると、傾向としては汚染気塊

に多く暴露される地点において、樹木の生長量低下が推測された。クヌギ、イヌシデについても傾向としてはコナラと同様であった。

ICUについては大学の施設が多く存在する台地の上の樹林のコナラ、クヌギの生長量が台地下の樹林よりも小さく、この理由は大気汚染物質の影響だけではないと推測される。スギ、ヒノキは生育地点が局在するため、比較が困難であった。

#### 4 結論

- (1) NO<sub>2</sub>の樹林内での沈着効果は夏期に大きく、冬期には殆ど認められなかった。この理由は、落葉広葉樹林での乾性沈着が主に葉を介して行なわれるためと考えられる。
- (2) NO<sub>2</sub>の大気中濃度、乾性沈着効果は風速、風向、降水等の気象要素に大きく影響される。
- (3) 大気汚染物質の乾性沈着効果と樹木の生長量の低下とはかなりp接な関係にあることが推測された。

#### 引用文献

- 1) 青木一幸：分子拡散を利用したサンプリング法(1)－NO<sub>2</sub>の測定－, 大気汚染学会誌, **20**, p.394-399(1985) .
- 2) 古明地哲人ら：分子拡散法による大気中NO<sub>2</sub>, NH<sub>3</sub>の測定、東京都環境科学研究所年報1988、p.75-78 (1988) .
- 3) Mats, E.R. *et al* : Dry deposition and concentration of marine aerosols in a coastal area, SW Sweden, *Atmos. Environ.*, **30**, 977-989(1996) .
- 4) 東京管区気象台：東京都気象月報、1992-1996. (1992-1996)
- 5) Franzen, L.G. : Transport, deposition and distribution of marine aerosols over southern Sweden during dry westerly storms, *AMBIO*, **19**, 180-188 (1990) .