

土 木 研 究 所 資 料

環境施設帯の大気浄化機能に関する研究

平成 3 年 3 月

建設省土木研究所
道路部交通環境研究室

Copyright © (1991) by P.W.R.I.

All rights reserved. No part of this book may be reproduced by any means, nor transmitted, nor translated into a machine language without the written permission of the Director General of P.W.R.I.

この報告書は、土木研究所長の承認を得て刊行したものである。したがって、本報告書の全部又は一部の転載、複製は、土木研究所長の文書による承認を得ずしてこれを行ってはならない。

環境施設帯の大気浄化機能に関する研究

交通環境研究室 室 長 中 島 威 夫
主任研究員 山 田 治
玉 置 栄

要 旨

本報告書は、道路環境対策として整備される環境施設帯の有する大気汚染物質浄化機能を定量的に把握するため、植物の吸収効果、緑地帯の拡散効果に着目して実施した実験・実測結果を報告するものである。

植物のNO_x吸収効果については、ガス・チャンバーを用いた植物個体へのNO_x室内暴露実験を行い、その結果より、植物のNO_x吸収効果を把握し、緑地帯のNO_x拡散効果については、道路沿道で野外大気実測調査を行い、その結果より、拡散特性を把握した。

キーワード：環境施設帯，大気汚染，浄化機能，沿道対策，植物，緑地帯，吸収効果，拡散効果，

NO_x

ま え が き

自動車交通の急速な増大、都市の過密化、スプロール化に起因する道路沿道地域の居住環境問題の1つとして自動車排出ガスによる大気汚染がある。新たに大規模幹線道路を整備する場合、沿道環境対策として環境施設帯を設置する例が増えている。環境施設帯の構成要素としての緑地帯は、自動車排出ガス特に窒素酸化物（本文では以下「NO_x」）の吸収、吸着、拡散効果等を有していると考えられる。しかし、植物のNO_x吸収効果および拡散効果に関する研究は一般に定性的な段階にとどまっている。そこで、環境対策として緑地帯を整備した場合の効果を定量的に検討するため、植物のNO_x吸収効果については、ガス・チャンバーを用いたNO_x室内暴露実験を行い、植物のNO_x吸収効果の比較・検討を行った。また、緑地帯のNO_x拡散効果については、道路沿道での野外大気実測調査を行い、緑地帯を整備した場合の大気拡散効果の評価を行った。

室内暴露実験風景

場所:建設省土木研究所構内



写真-1 ガス・チャンバー全景



写真-2 NO_x暴露状況(暴露区ガス・チャンバー正面)



写真-3 NO_x暴露状況(暴露区ガス・チャンバー側面)

室内暴露実験制御装置

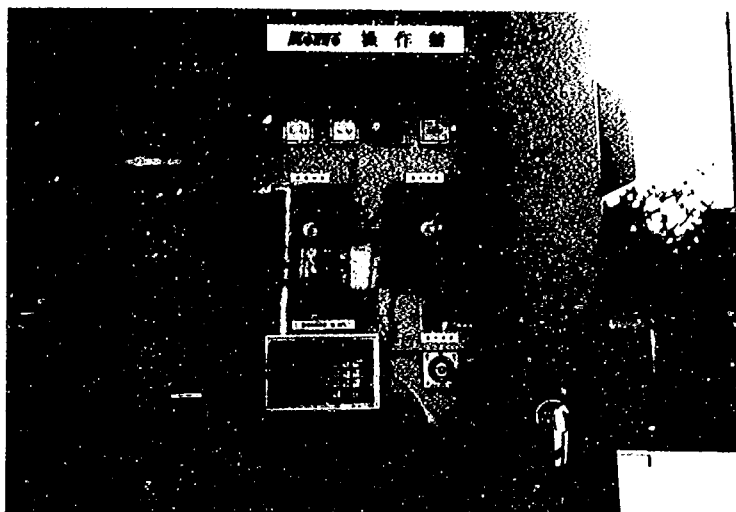


写真-4 ガス・チャンバー操作盤

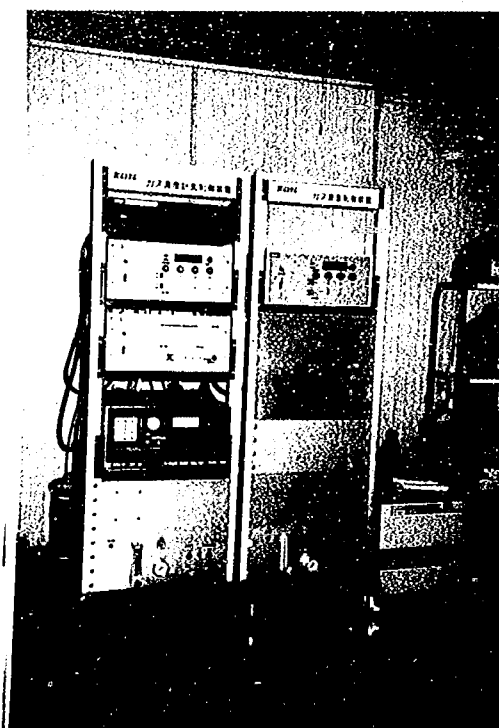


写真-5 ガス濃度計測制御装置

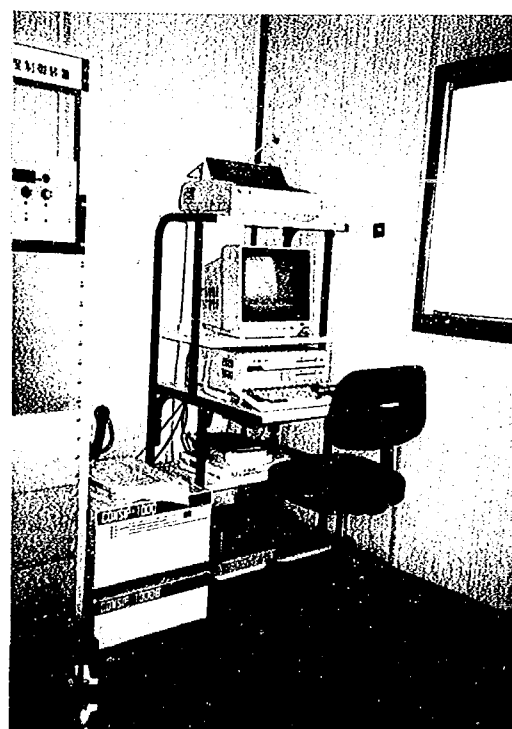


写真-6 各装置をコントロールする
コンピューター

全窒素分析



写真-7 粉砕サンプル

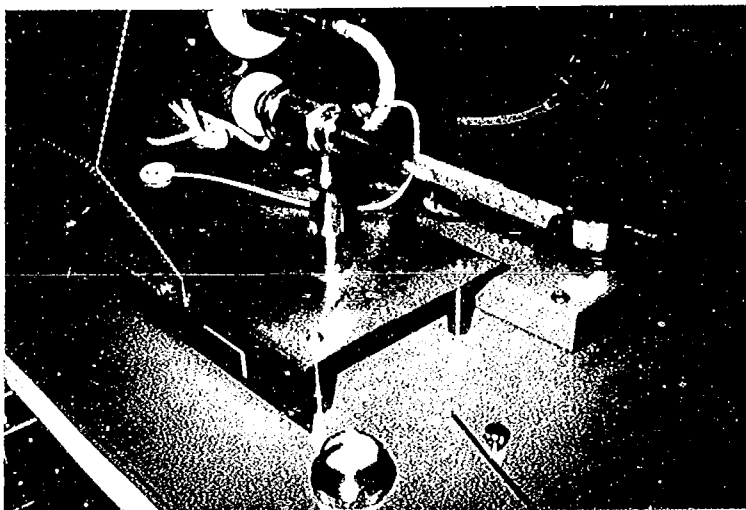


写真-8 フラッシュヒーター



写真-9 分析装置CHNコード

同位体窒素分析

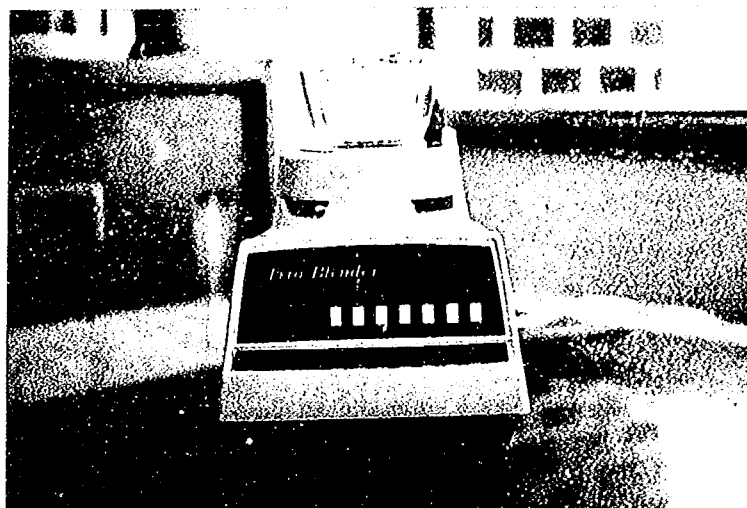


写真-10 粉碎装置



写真-11 粉碎サンプル

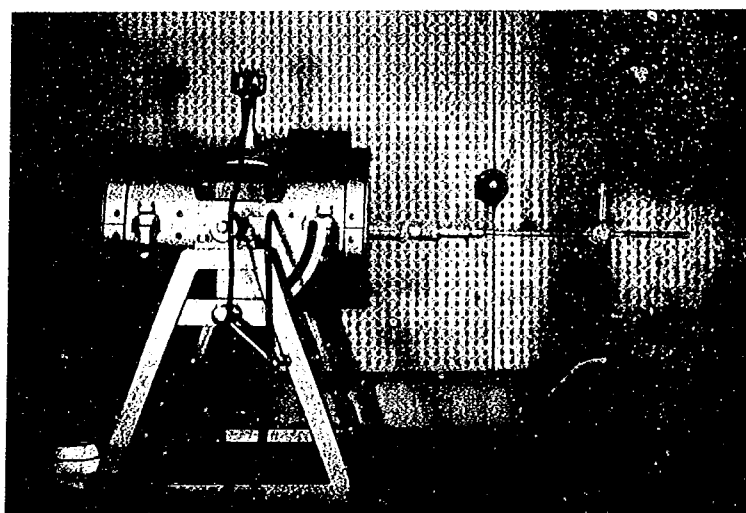


写真-12 電気炉

同位体窒素分析

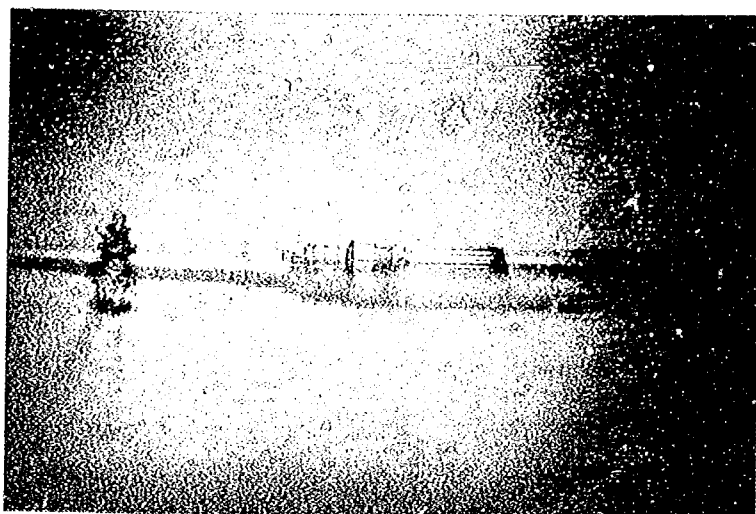


写真-13 試料燃焼管

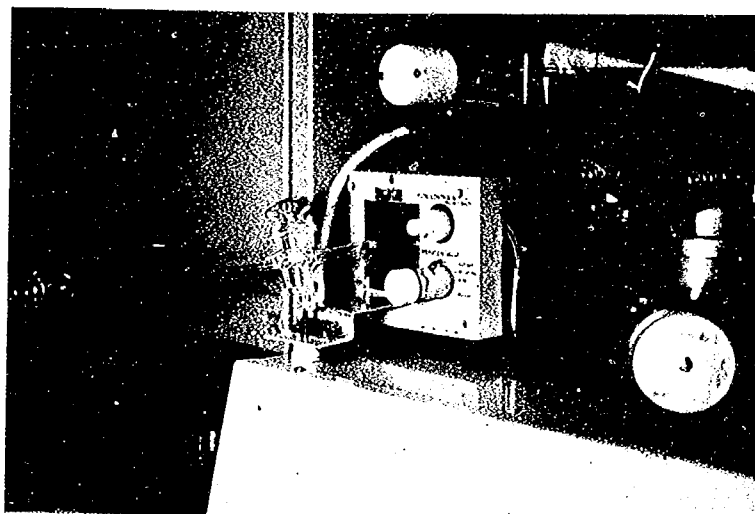


写真-14 燃焼ガス導入部

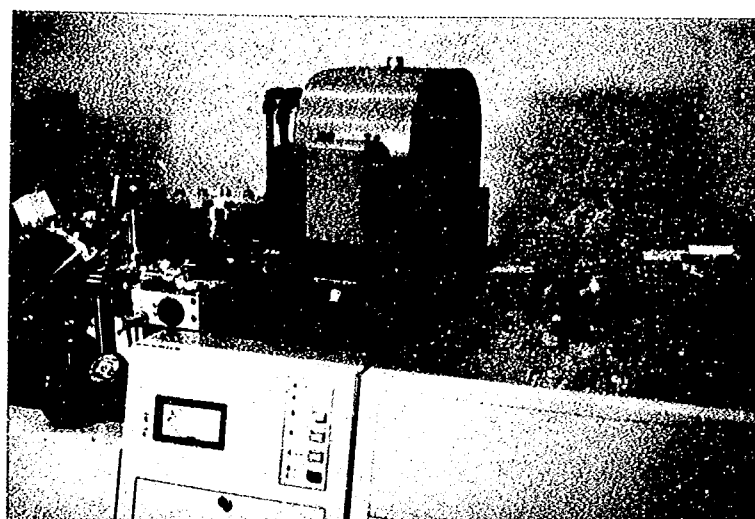


写真-15 分析装置質量分析計

現存量調査

場所: 東京都調布市深大寺地先植木畑内



クスノキ
高さ 8.1m
葉張り 5.2m
胸高直径 19.5cm

写真-16 クスノキ(大) 全景

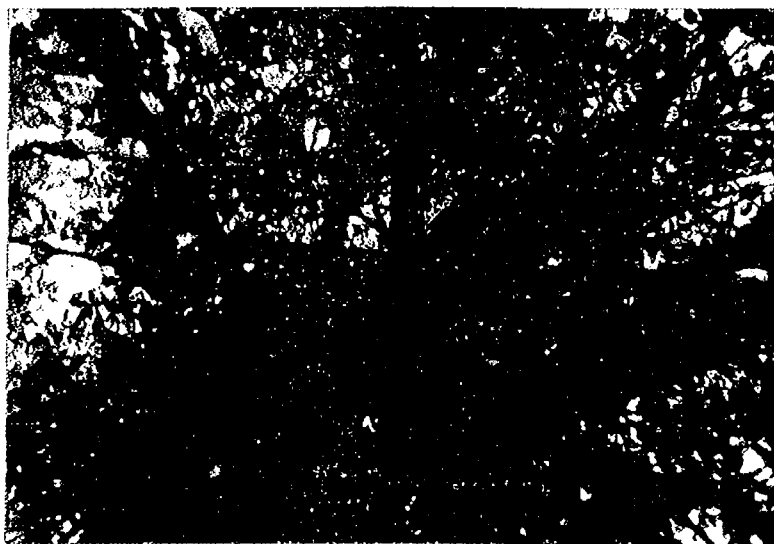


写真-17 クスノキ(大) 地上部の成育状況



写真-18 緑地帯前面測定状況 (横浜方向)



写真-19 緑地帯前面測定状況 (千葉方向)

野外大気実測風景

場所:東京都港区台場および江東区青海1丁目地先

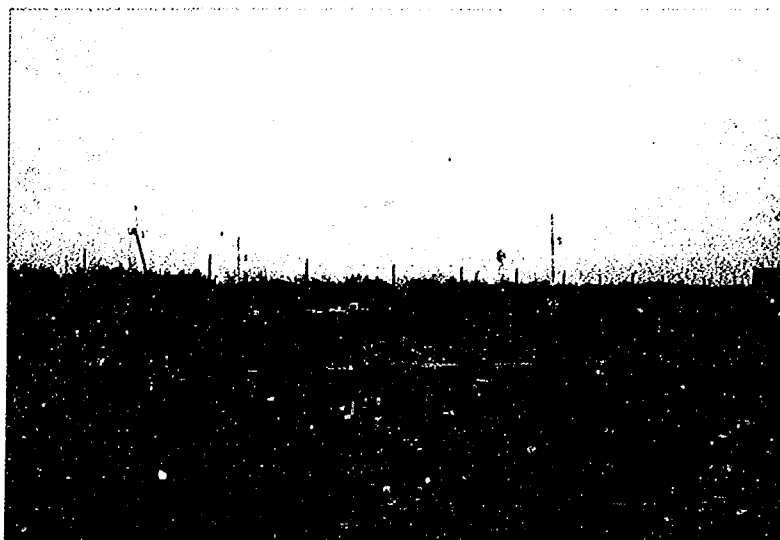


写真-20 緑地帯背後測定状況(横浜方向)

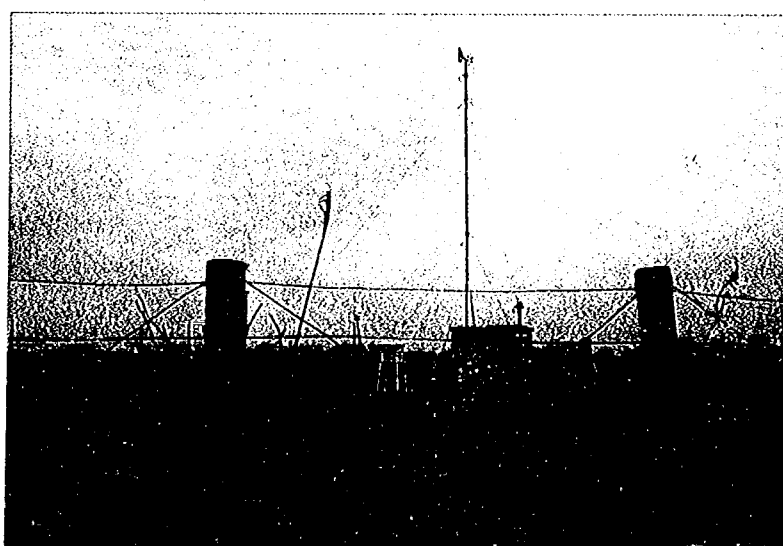


写真-21 バックグラウンド測定状況(お台場海浜公園方向)

目 次

まえがき

1. 研究の意義と目的	1
1.1 環境施設帯の概念	1
1.2 研究の目的	2
1.3 研究の概要	3
1.3.1 植物のNO _x 吸収効果把握	3
1.3.2 緑地帯の大気拡散効果把握	4
2. 植物のNO _x 吸収効果に関する研究	7
2.1 概説	7
2.2 植物の大気汚染物質吸収能力に関する既往の研究	9
2.3 NO _x 吸収効果の把握	16
2.3.1 実験施設	16
2.3.2 実験方法概説	17
2.3.3 差引法（化学分析・データ整理法）	19
2.3.4 ¹⁵ N法（化学分析・データ整理法）	20
2.4 実験計画	23
2.4.1 実験の基本的考え方	23
2.4.2 実験の進め方	23
2.4.3 実験結果の整理方法	25
2.5 暴露実験結果	25
2.5.1 植物葉のN蓄積量の概要	25
2.5.2 暴露NO _x 濃度の差によるNO _x 吸収能力の比較	33
2.5.3 樹種の差によるNO _x 吸収能力の比較	34
2.5.4 季節の差によるNO _x 吸収能力の比較	38
2.5.5 差引法実験値と ¹⁵ N法実験値の比較	40
2.5.6 植物個体の器官別NO _x 吸収能力の比較	42
2.6 植物のNO _x 吸収効果の評価	43
2.6.1 植物個体の器官別現存量調査	43
(1) 現存量の実測	43
(2) 現存量の測定結果	44
(3) 胸高直径と各器官現存量の関係	47

2.6.2 樹木1本当たりのNOx吸収量	48
(1) 植物葉のNOx吸収量	48
(2) 植物1個体当たりのNOx吸収量	49
2.6.3 緑地帯としてのNOx吸収量	51
(1) 緑地帯のモデル設定	51
(2) 緑地帯のNOx吸収量	53
(3) 自動車からのNOx排出量	56
(4) 緑地帯のNOx吸収効果の評価	56
参考資料	59
3. 緑地帯の大気拡散効果に関する研究	69
3.1 概説	69
3.2 既往の研究	73
3.3 緑地帯周辺の大気汚染濃度分布の実測	74
3.3.1 実測計画	74
3.3.2 実測方法	75
3.3.3 実測結果	79
3.4 緑地帯の大気拡散実測結果についての考察	101
3.4.1 緑地帯背後の濃度分布の特性	101
3.4.2 鉛直方向拡散幅の検討	101
3.4.3 排出源高さの検討	106
3.5 緑地帯の大気拡散効果の評価	109
参考資料	111
4. 環境施設帯の大気浄化機能についての考察	125
あとかき	126
参考文献	127

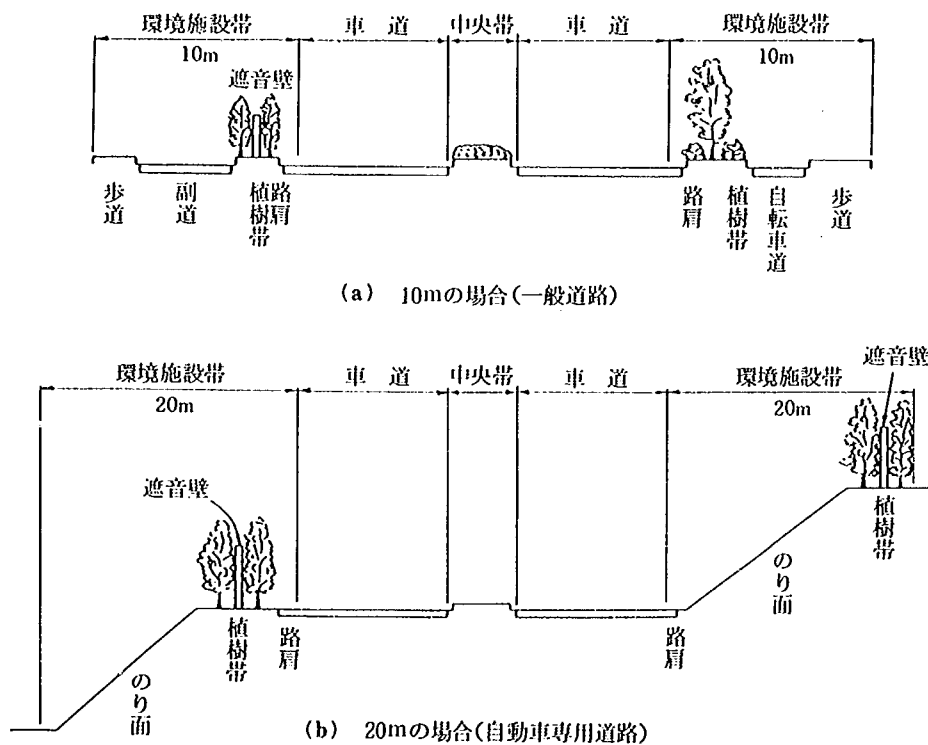
研究の意義と目的

1. 研究の意義と目的

1.1 環境施設帯の概念

環境施設帯とは、「道路環境保全のための道路用地の取得及び管理に関する基準について」（昭和49年4月10日都市局長・道路局長通達）に基づいて設けられるもので、幹線道路の沿道の生活環境を保全するために確保される道路の部分（歩道、路肩、植樹帯、副道、副道等を組み合わせたもの¹⁾）を総称したものである。環境施設帯は第1種住居専用地域、第2種住居専用地域等良好な住居環境を保全する必要があると認められる区域内を通過する4車線以上の幹線道路を対象に、車道端から10mあるいは20mの幅員を確保して設置される。

環境施設帯を設置することによる環境保全効果としては、騒音・振動の距離減衰効果、大気汚染に対する拡散・浄化効果があげられる。また、日照の確保や道路景観の向上・周囲との調和といった効果にも期待でき、沿道の生活環境を保全するうえで有効な対策である。環境施設帯の例を図－1・1に示す。



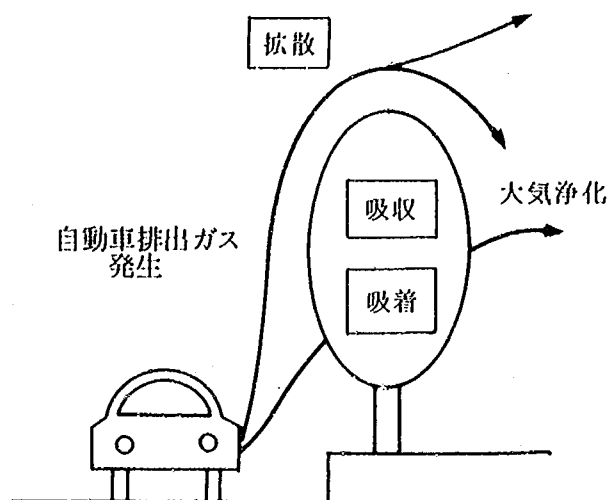
図－1・1 環境施設帯の例¹⁾

1.2 研究の目的

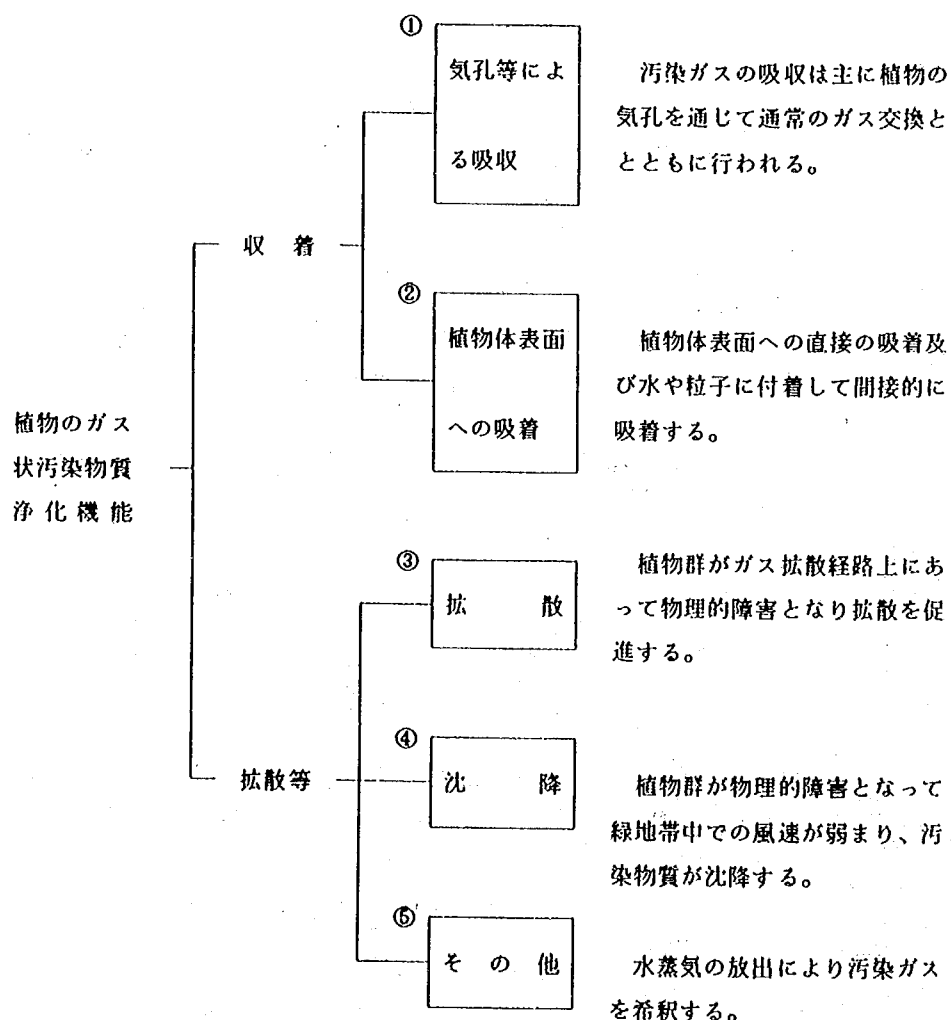
環境施設帯は、幹線道路の沿道の生活環境を保全するために確保される道路の部分であり、植樹帯、路肩、歩道、副道、遮音壁等を組み合わせたものであるが、そのなかでも植樹帯（本文では以下「緑地帯」）は、自動車から排出される大気汚染物質である一酸化炭素、炭化水素、窒素酸化物等の吸収、吸着、拡散効果を有すると考えられる。

本研究では、環境施設帯の構成要素である緑地帯を対象とし、植物及び緑地帯の有する、大気を浄化する機能・効果について実験・実測調査を行い検討し、緑地帯の大気浄化効果について把握することを目的とする。植物の大気浄化機能について、模式化、分類したものを図－1・2～1・3に示す。

本研究では図－1・3のうち、①気孔等による汚染ガスの吸収、③緑地帯による大気汚染物質の拡散を主な研究の対象としている。



図－1・2 沿道での植物の大気汚染物質浄化機能



図－1・3 植物の大気浄化機能

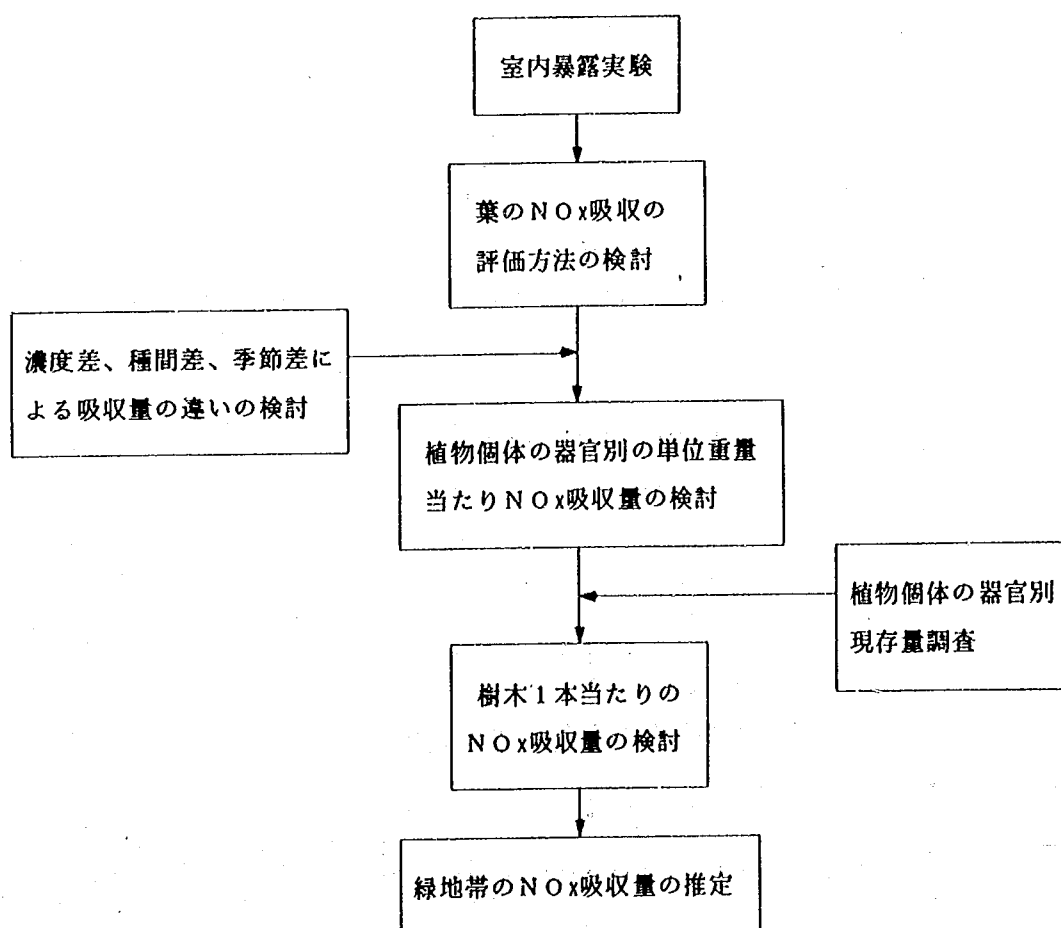
1.3 研究の概要

本研究は、植物の NO_x 吸収効果の把握と緑地帯の大気拡散効果の把握から構成される。道路周辺での植物の大気汚染物質浄化機能は、収着と拡散等に分けて考えられる。収着(sorption)は吸収(absorption)と吸着(adsorption)に分けられ、大気中の汚染物質の量を減らす効果があるといわれている。拡散(diffusion)については緑地帯が半障壁物となり、汚染物質を上空へ拡散させ、汚染物質濃度を薄める効果がある。

以下に本研究の手順等を説明する。

1.3.1 植物の NO_x 吸収効果把握

植物の大気汚染物質吸収効果を把握するため、二酸化窒素(本文では以下「 NO_2 」)ガスを用いたほぼ33日間の室内暴露実験を行った。実験に用いた植物は緑化材料として使用されている造園木や草本である。実験終了後、化学分析により暴露期間中に樹木が吸収した窒素(本文では以下「 N 」)量を求め、植物個体の吸収能力より緑地帯としての NO_x 吸収効果の評価を試みた。図—1・4に緑地帯の NO_x 吸収量推定手順を示す。

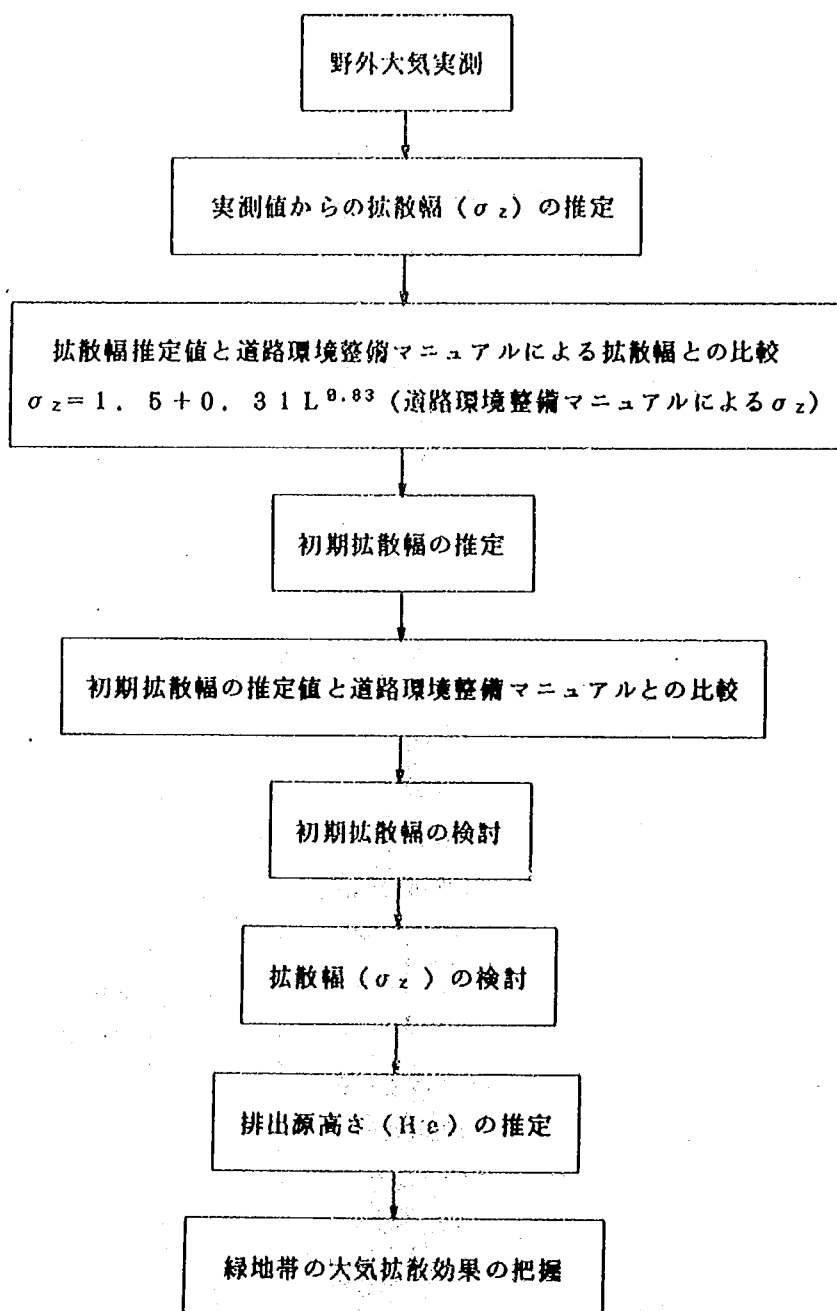


図—1・4 緑地帯の NO_x 吸収量推定手順

1.3.2 緑地帯の大気拡散効果把握

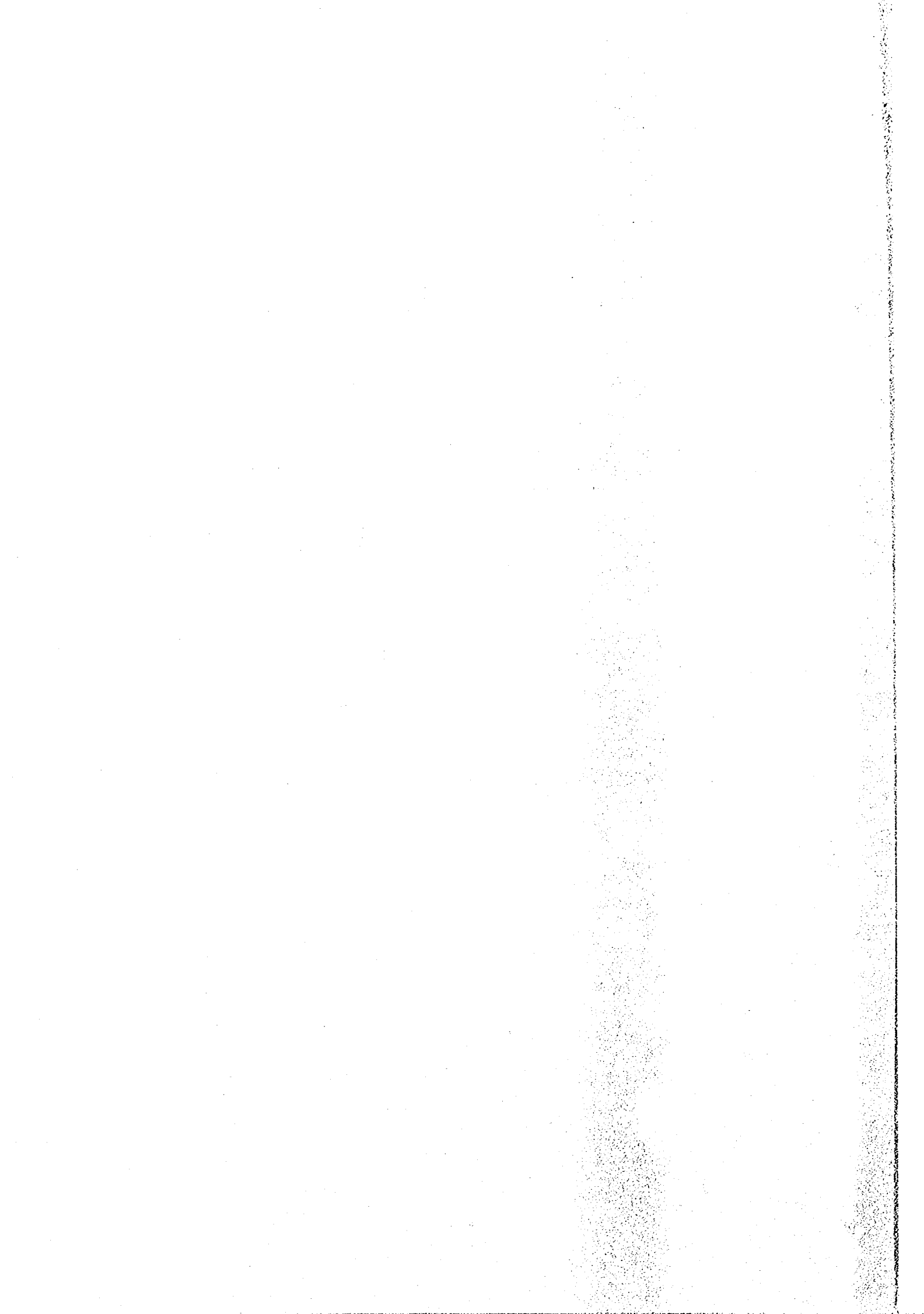
緑地帯の大気拡散効果を把握するため、幹線道路沿道において7日間の野外大気実測調査を行い NO_x ($\text{NO} + \text{NO}_2$) 濃度分布を測定した。調査データは風向別に分類し、緑地帯背後(宅地側)が風下となる直角風データを主に用いて解析を行った。道路端地上1.5mの NO_x 濃度を基準としたときの各測定点での濃度比を求め、等濃度比分布図を作成して大気拡散の主軸高さの傾向を検討し、鉛直方向拡散幅(σ_z)と排出源高さ(H_e)を解析することによって緑地帯の大気拡散効果についての検討を行った。

なお、図—1・5に緑地帯の大気拡散効果推定手順を示す。



図—1・5 緑地帯の大気拡散効果推定手順

植物のNO_x吸収効果に関する研究



2. 植物のNO_x吸収効果に関する研究

2.1 概説

植物の大気浄化機能のうち、大気汚染物質吸収メカニズムを気孔等による吸収メカニズムと植物体表面への吸着メカニズムに分けて説明する。

(1) 気孔等による吸収メカニズム

植物は主に気孔を通じて、光合成、呼吸、蒸散を行っている。これらにともなうガス（CO₂、O₂、H₂O）の交換と同時に大気中の汚染物質を吸収するもので、他の方法では除去できない植物特有の大気浄化作用である。大気中の汚染物質が植物葉に吸収される過程は次のように説明されている。

水蒸気、CO₂、汚染ガスの大気から植物葉への吸収量あるいはその逆の放出量をフラックス量¹⁾で表わすが、その量は次式のように葉内組織と大気との間のガス濃度差と拡散抵抗により支配される。

$$\text{フラックス} = \text{ガス濃度差} / \text{拡散抵抗}$$

自然環境下では、接地気層から地表面の間に植物群落が存在し、群落内葉間気層—葉面境界層—気孔（表皮）—気孔底—組織の経路を経てガス交換されるが、ガスの流れの方向は、ガスの種類や状態により異なる。図-2・1に、これらの経路を経て行われるガス拡散に関する抵抗モデルを示す。この抵抗モデルにおいて、植物組織におけるガスの代謝あるいは移動等の生理現象は、気孔底界面のガス濃度に

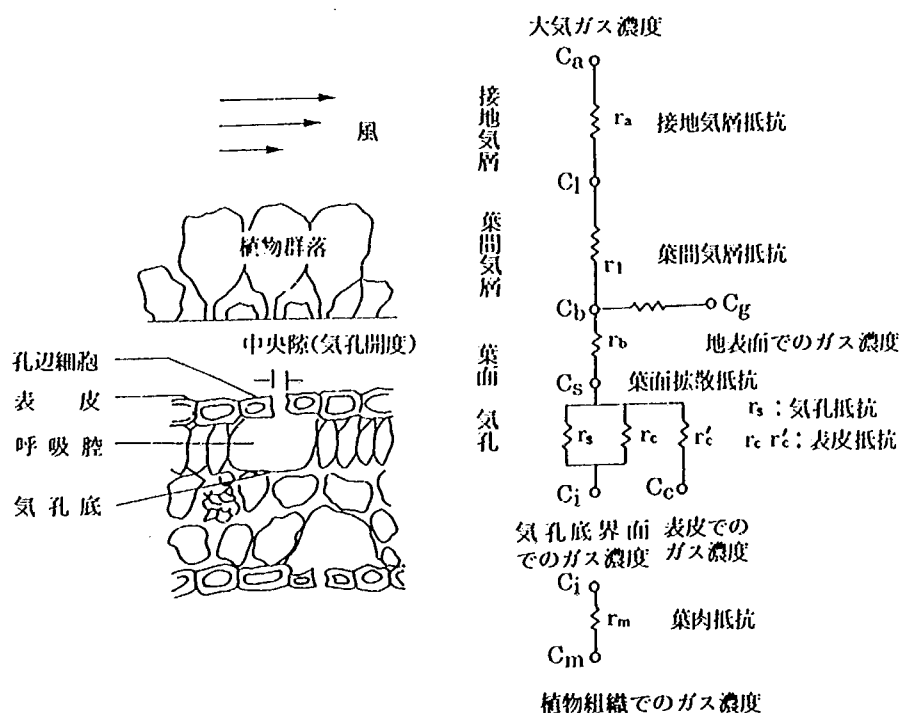


図-2・1 植物群落のガス拡散抵抗モデル²⁾

支配される。植物組織に至るまでのモデルを考えるならば、葉肉抵抗を付加してもよい。大気から気孔底界面に至る拡散抵抗は、水蒸気、 CO_2 、汚染ガス等のガスの種類に関わらず、ガス状物質の拡散の考え方に基づいて取り扱うことができるが、経路上の各過程の特性によりその値は異なる。

注) フラックス (flux) とは、ある面を通して単位時間に通過する物理量 (放射量、運動量、熱量、水蒸気など) をいう。

(2) 植物体表面への吸着メカニズム

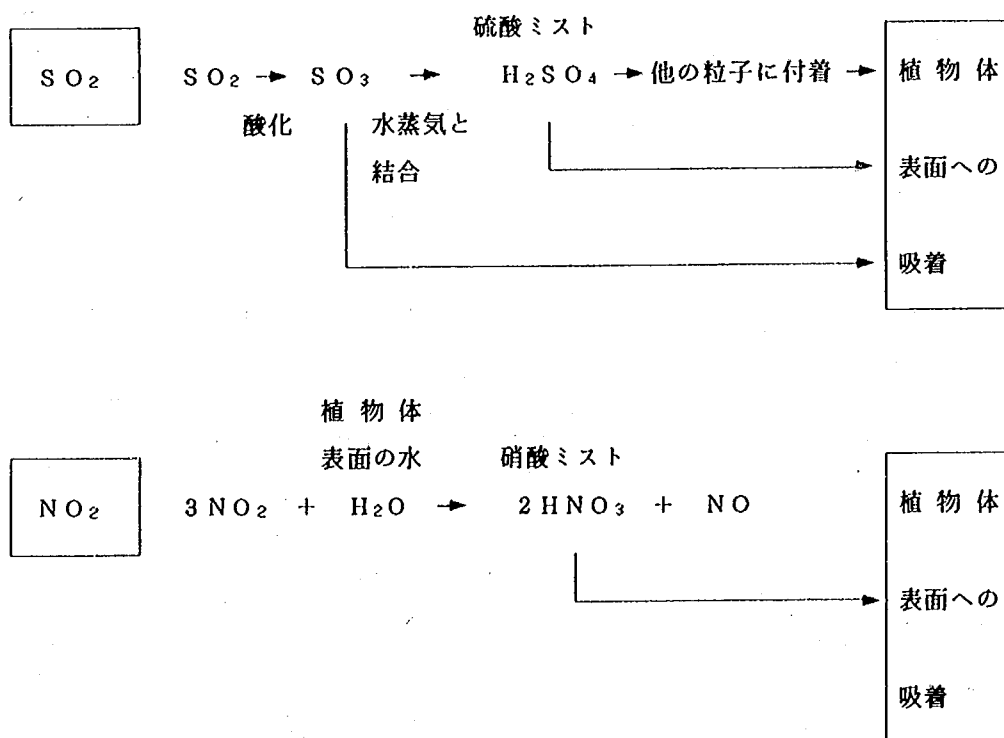
汚染物質は植物体表面へ直接吸着したり、他の物体に付着溶解して間接的に吸着する。

a 直接的吸着

汚染物質が葉の表面や幹、枝の表皮に直接付着することが知られている。

b 間接的吸着

汚染物質が植物体表面の水や他の粒子に付着して間接的に植物が吸着することが知られている。その植物表面への吸着例を図一 2・2 に示す。



図一 2・2 SO_2 、 NO_2 の植物体表面への間接的吸着例

2.2 植物の大気汚染物質吸収能力に関する既往の研究

2.2.1 植物の大気汚染物質吸収の速度（単位面積あたりの吸収量）、容積、植物種による比較

既往の研究によれば、植物の汚染物質吸収能力は暴露するガスの種類や濃度によって左右されることが知られている。吸収能力は単位面積当たり単位時間当たりの吸収速度で表現されている。これまでの二酸化窒素(NO_2)ガスについての調査研究は、米山ら^{3) 4)}, Hill⁵⁾, Sirvastova⁶⁾, 戸塚ら^{7) 8)}, Thompson⁹⁾, 山添ら¹⁰⁾, 松丸ら¹¹⁾によって行われており、その結果を表—2・1～2・2に示す。また、二酸化窒素(NO_2)ガスの吸収速度と暴露濃度との関係を整理した結果を図—2・3～2・4に示す。ちなみに二酸化硫黄(SO_2)についてもRoberts¹²⁾, Winnerら¹³⁾, Hill⁵⁾, 門田¹⁴⁾, 井上¹⁵⁾, 高安ら¹⁶⁾, 松島ら¹⁷⁾, 松岡ら¹⁸⁾, 青木ら¹⁹⁾, 近藤²⁰⁾により同様な研究がなされている。図—2・3～2・4は温度、湿度、光などのほか、暴露時間など測定条件が異なるものを同一の図上に表わしているため、厳密な吸収速度の検討としては問題があるが、これらの結果から植物の吸収速度の一応の目安を得ることができる。なお、光合成速度から推定される NO_2 の吸収速度も示した。以下に既往の研究より得られている成果の概要を示す。

- SO_2 , NO_2 ともに光合成速度からの推定範囲におさまるものが多いが、中にはそれを上回る吸収速度を示すものがある。
- SO_2 , NO_2 の汚染物質間の吸収速度を比較すると、サンプル数が大きく異なるため明確ではないものの両者とも概ね同程度の値を示している。このことは、Hill, A. C.⁵⁾, 安保ら²¹⁾の報告とも一致している。
- 植物の生活形のちがいと吸収速度の関係には以下の傾向が認められる。
 - * 草本植物>落葉広葉樹>常緑広葉樹>針葉樹
 - * 落葉広葉樹は全般的に吸収速度が速いが、セイヨウナシ、セイヨウリンゴのような果樹は速度が遅い(SO_2 0.8ppm 97hで全て落葉)。
 - * 常緑広葉樹は光合成速度からの推定値の範囲内及びそれを上回る吸収速度のものが見られる。
 - * 針葉樹は大部分が光合成速度からの推定値の範囲内の吸収速度であるが、イチヨウ、スギなどは低濃度域で吸収速度が速い。
 - * 低濃度域(0.1ppm以下)では実験例は少なく、 NO_2 の実験例はないが、木本植物の SO_2 吸収速度では光合成速度とほぼ対応している。草本植物については、 SO_2 , NO_2 とも C_4 植物¹³⁾であるトウモロコシでは光合成速度からの推定値よりやや低め、アルファルファではやや高めにでている。これは、アルファルファは SO_2 に対して最も感受性の高い植物として知られており、 NO_2 に対してもそれに準ずる性質を有するためと考えられる。

注) C_4 植物：光合成の生化学的過程が C_4 ジカルボン酸サイクルの反応系によって行われている植物。暖地系のイネ科の牧草、熱帯原産の特定の植物でこれまでに数百種が確認されている。 C_4 植物は他の植物(C_3 植物)に比べて光合成能力が高い。

表-2・1 NO₂吸収速度 (1) 葉面積あたり

分類	植 物	測 定 条 件	吸 収 速 度		文 献
			測 定 値	換算値 NO ₂ mg/dm ² ・h ^{注)}	
木 本 植 物	サ ク ラ ト ウ カ エ デ ブ ラ タ ナ ス キ ョ ウ チ ク ト ウ	① 1.0 ppm	0.9 NO ₂ mg/dm ² ・day	0.16	3) 米山 1978
		② 360h (12h/日の場合)	0.6 "	0.05	
		③ 25℃	0.2 "	0.017	
		④ 自然光	0.05 "	0.004	
草 本 植 物	アルファルファ	① 0.05 ppm	57 NO ₂ μg/m ² ・min (キャノピー)	0.117 (LAI=9.5の場合)	5) Hill 1971
		② 1~2 h			
		③ 74~76 °F			
		④ 40~45 K lux			
	Bush Bean	① 3.0 ppm	280~326 μg/dm ² ・h	0.23~0.326	6) Sirvastova 1975
		②			
		③ 25℃			
		④ 2×10 ⁵ erg・cm ⁻² ・S ⁻¹			
	ヒ マ ワ リ ホ ウ レ ン ソ ウ ト ウ モ ロ コ シ ア サ ガ オ	① 1.0 ppm	0.3 NO ₂ mg/dm ² ・day	0.025	8) 戸塚 1978
		② 196h	2.6 "	0.217	
		③ 25℃	0.3 "	0.025	
		④ 30~35 K lux	0.9 "	0.075	

注) 測定値をもとに単位を統一した。

注) d m²=100cm², L A I = 葉面積指数

表-2・2 NO₂吸収速度 (2) 葉乾燥重量あたり

分類	植 物	測 定 条 件	吸 収 速 度		文 献
			測 定 値	換算値 ^(b) mgNO ₂ /d wg・h	
木 本 植 物	キョウチクトウ イチロウ 西洋ネズ クロマツ プラタナス トウカエデ	① 1.0 ppm ② 196h ③ 25℃ ④ 30～35 K lux	0.29 N%/d w 0.38 " 0.10 " 0.12 " 0.29 " 0.38 "	0.026 0.035 0.009 0.011 0.026 0.035	3) 米山ら 1978
	ネーブル	① 0.5 ppm ② 432h (12h/日の場合) ③ ④ 自然光 ① 1.0 ppm ② 432h (12h/日の場合) ③ ④ 自然光	0.32 " 0.42 "	0.023 0.036	9) Thompson 1970
草 本 植 物	トマト ヒマワリ トウモロコシ	① 0.3 ppm ② 168h (12h/日の場合) ③ 25℃ ④ 自然光	0.90 Nmg/d wg・day 0.83 " 0.25 "	0.246 0.227 0.068	4) 米山ら 1978
	キュウリ イネ	① 0.5 ppm ② 72h (12h/日の場合) ③ 25℃ ④ 自然光	0.11 N%/d w 0.17 "	0.050 0.078	10) 山添ら 1978
	ヒマワリ	① 0.1 ppm ② 336h (14h/日) ③ 25℃ ④ 30～35 K lux	1.34 "	0.131	7) 戸塚ら 1978
		① 0.5 ppm ② 336h (14h/日) ③ 25℃ ④ 30～35 K lux	1.35 "	0.132	
		① 1.0 ppm ② 336h (14h/日) ③ 25℃ ④ 30～35 K lux	2.46 "	0.241	
		① 4.0 ppm ② 48h ③ 25℃ ④ 30～35 K lux	1.10 "	0.753	
		① 8.0 ppm ② 48h ③ 25℃ ④ 30～35 K lux	2.02 "	1.383	
		① 0.3 ppm ② 168h (12h/日の場合) ③ 25℃ ④ 自然光	1.0 Nmg /d wg・day 1.2 " 0.4 "	0.274 0.329 0.110	
	トマト ヒマワリ トウモロコシ	① 0.3 ppm ② 168h (12h/日の場合) ③ 25℃ ④ 自然光	1.0 Nmg /d wg・day 1.2 " 0.4 "	0.274 0.329 0.110	11) 松丸ら 1979

注) 測定値をもとに単位を統一した。

注) dwg: 乾燥重量 g

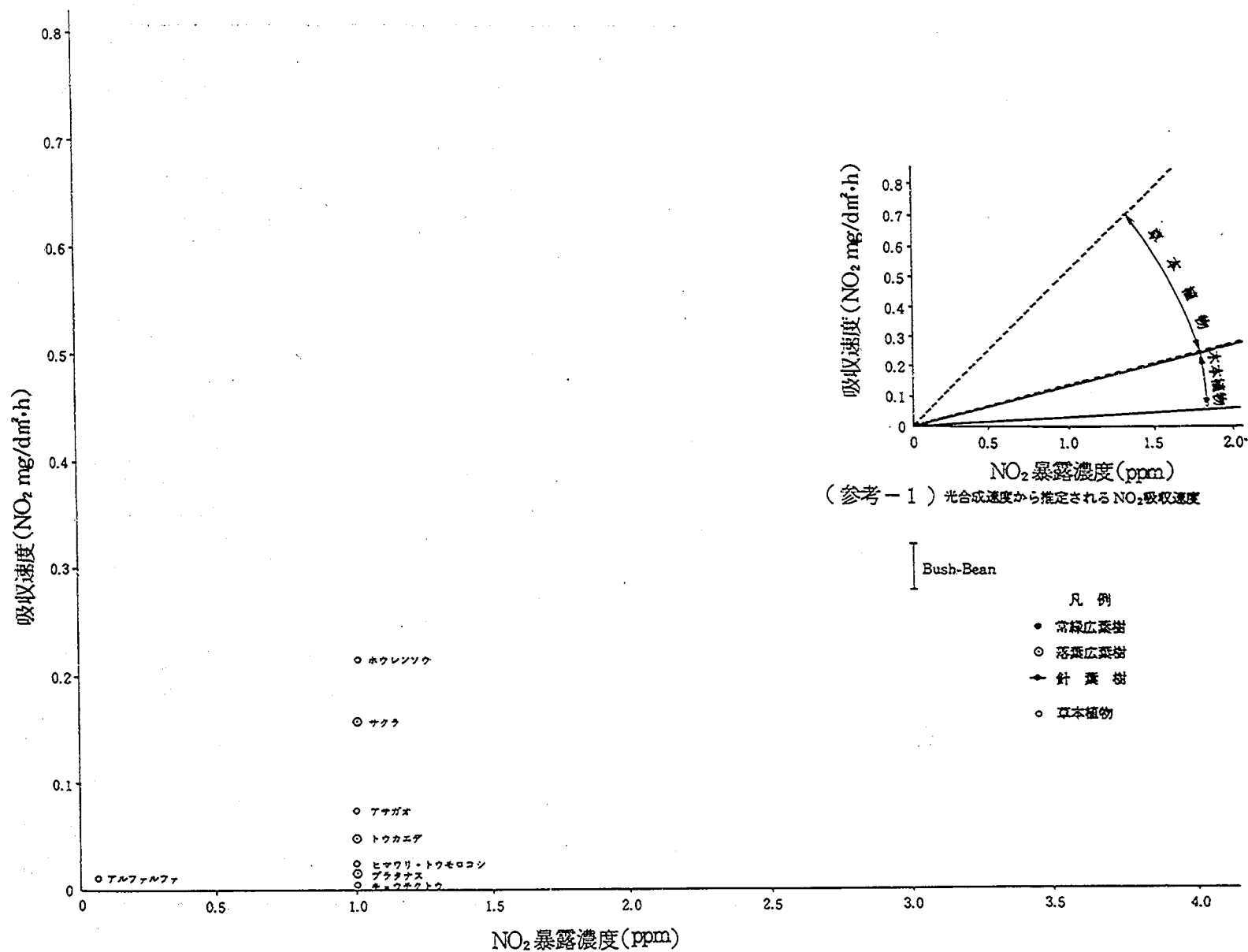


図-2・3 NO₂ 吸収速度 その1 葉面積あたり

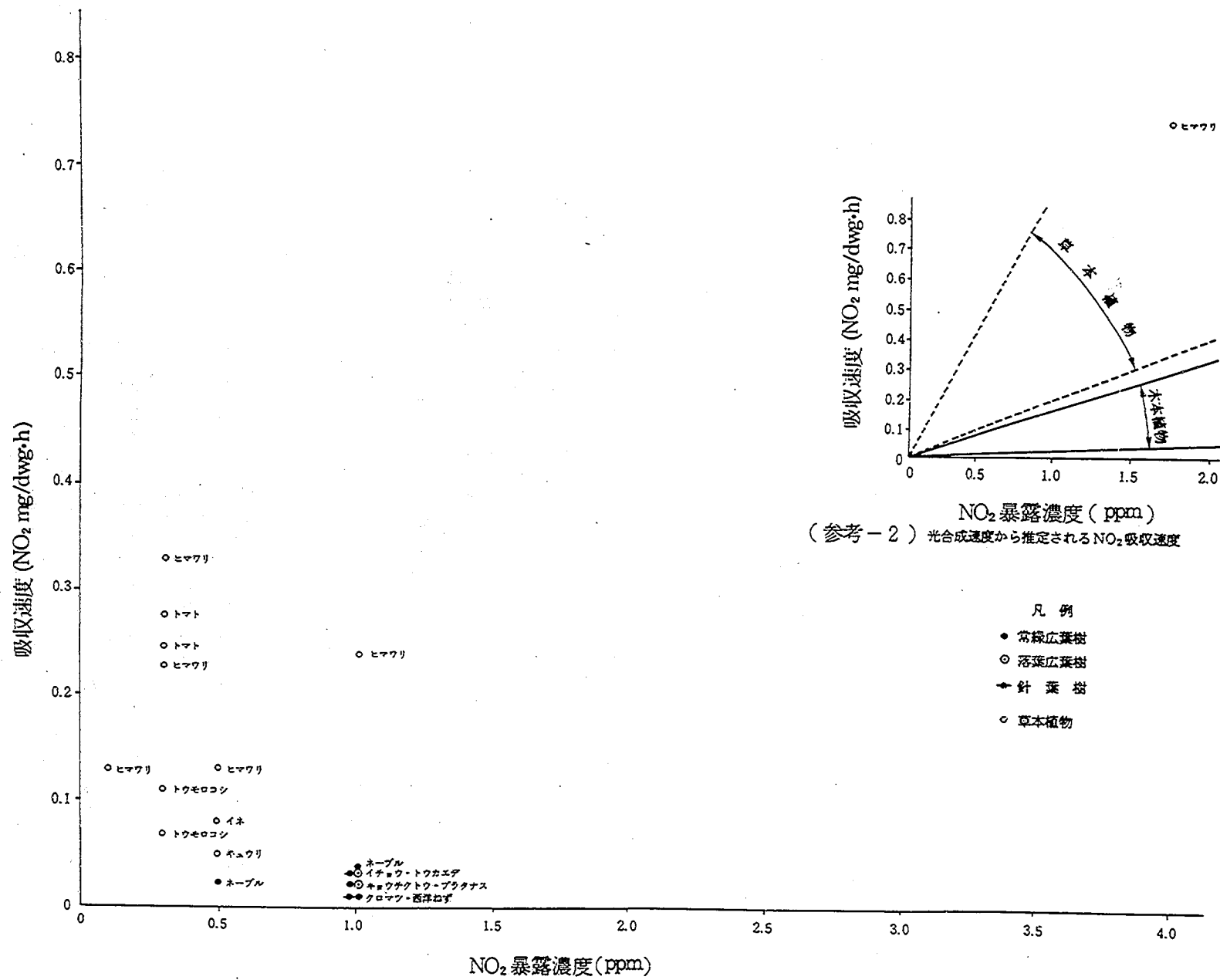


図-2・4 NO₂吸収速度 その2 葉乾燥重量あたり

以上を総合すると、植物の汚染物質吸収速度は基本的には光合成速度に対応する（ガス濃度に比例する）と考えられる。ただし、植物の種類や汚染ガスの種類などにより若干の差異が生じる。表—2・3に汚染濃度1ppmの場合の吸収速度の実験値及び光合成速度からの推定値を参考に示す。

表—2・3 植物の生活型ごとの吸収速度（ガス濃度1ppmの場合）

ガス	単 位	生 活 型	ガス濃度 ppm	吸 収 速 度 ^{注)}	
				実 験 値	光合成速度からの推定値
SO ₂	葉面積あたり	木本植物	1.0	0.044~0.208	0.013~0.088
	mg/dm ² ・h	草本植物	——	——	0.088~0.353
	葉面積あたり	木本植物	0.8~0.9	0.003~0.173	0.011~0.09 0.012~0.1
	mg/dwg・h	草本植物	——	——	0.132~0.617
NO ₂	葉面積あたり	木本植物	1.0	0.004~0.16	0.01~0.063
	mg/dm ² ・h	草本植物	1.0	0.025~0.217	0.063~0.253
	葉面積あたり	木本植物	1.0	0.009~0.036	0.01~0.079
	mg/dwg・h	草本植物	1.0	0.241	0.095~0.444

注) dm² = 100cm²

dwg : 乾燥重量g

注) 実験値については図—2・3~2・4より読み取った値を、光合成速度からの推定値については、表—2・4の光合成速度（CO₂吸収速度）とガス吸収速度が等しいと仮定し、濃度比を用いて換算した値を使用した。なお、図—2・3~2・5の各図の右側に示した光合成速度から推定されるSO₂、NO₂吸収速度も同様の手法で求めた。

表-2:4 各種陸上植物の光合成能力

区 分	光 合 成 速 度	
	CO ₂ mg/葉面積dm ² ・時	CO ₂ mg/葉乾重g ・時
草本植物		60~140
C ₄ 植物	50~80	30~ 60
農作物	20~40	30~ 80
陽性植物	20~50	10~ 30
陰性植物	4~20	2~ 8
砂ばく植物	4~12	
多肉植物		0.3~ 2
CAM植物(光)	3~20	1~1.5
(暗固定)	10~15	
木本植物		15~ 25
落葉広葉樹 陽葉	10~20	
" 陰葉	5~10	10~ 25
常緑広葉樹 陽葉	8~20	
" 陰葉	3~6	3~ 10
硬葉樹	5~14	3~ 18
常緑針葉樹	4~15	

2.3 NO_x 吸収効果の把握

2.3.1 実験施設

NO_x 暴露実験に使用したガス・チャンバーの概要を表-2・5, および図-2・6に示す。(巻頭写真-1~6参照)

表-2・5 ガス・チャンバーの概要

項 目	概 要
ガス・チャンバーの基数	3基
ガス・チャンバーの形状	床面 2.0m×2.0m 高さ 2.0m (最大)
暴 露 ガ ス 制 御	チャンバー内のガス濃度は、NO _x 濃度を制御。植物の吸収等によりガス濃度が低下するとNO ₂ ガスが自動的に補給される。
環 境 条 件 の 制 御	温 度 自動制御 湿 度 " (除湿はできない) 日射量 自然光 灌 水 自動灌水

<ガス・チャンバー配置>

<ガス・チャンバー形状>

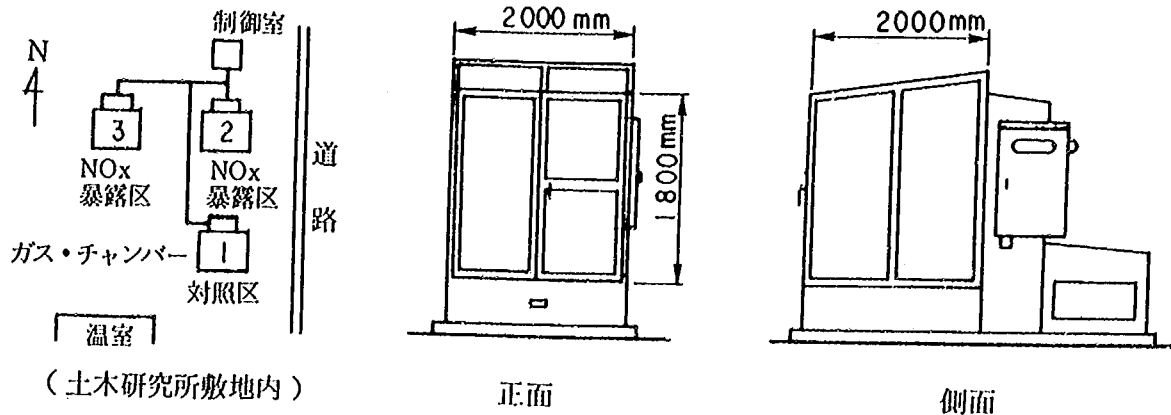


図-2・6 ガス・チャンバーの配置と形状

2.3.2 実験方法概説

室内暴露実験はガス・チャンバーに供試植物を入れ、 NO_x ガスを33日間暴露し、その間のN蓄積量を測定することにより行った。

- a. 供試材料・・・緑化材料として使用されている落葉樹、常緑樹を含めて代表的な造園木および草本を用いた。数量、形状は以下のとおりである。また、実験回ごとの数値および供試植物を記録する。

なお、供試材料は土木研究所が購入し養生しているものの中から形状・葉態などができるだけ均等で活力の良いものを選択する。個体ごとの形状寸法は下記を基準にし、各々測定する。＊形状は各回の暴露直前に測定する。供試材料配置の例を図-2・7に示す。

・数量

数量 各3個(鉢)以上

・形状

樹木 高さ0.5～1.5m程度

草本 高さ0.1～0.3m程度

- b. 暴露条件・・・道路沿道における実際の汚染濃度に近い低濃度での長期暴露実験を行う。暴露ガス制御はガス・チャンバー内 NO_x 濃度を測定し、 NO_x 濃度を0.025ppm～0.8ppmの段階に分け、ガス・チャンバー内には NO_2 ガスと新鮮空気を供給する。季節は春季(5月～6月)、夏季(6月～9月)、秋期(10月～11月)、及び冬季(12月～2月)の計4季節実施する。

- c. 吸収量の測定・・・(差引法)：全窒素分析

暴露区における NO_x ガス暴露後の植物(葉)中の窒素(N)含有量と、対照区における新鮮空気(自然界の空気)暴露後の植物(葉)中の窒素(N)含有量とを比較することにより、暴露期間中に植物が蓄積した窒素(N)含有量

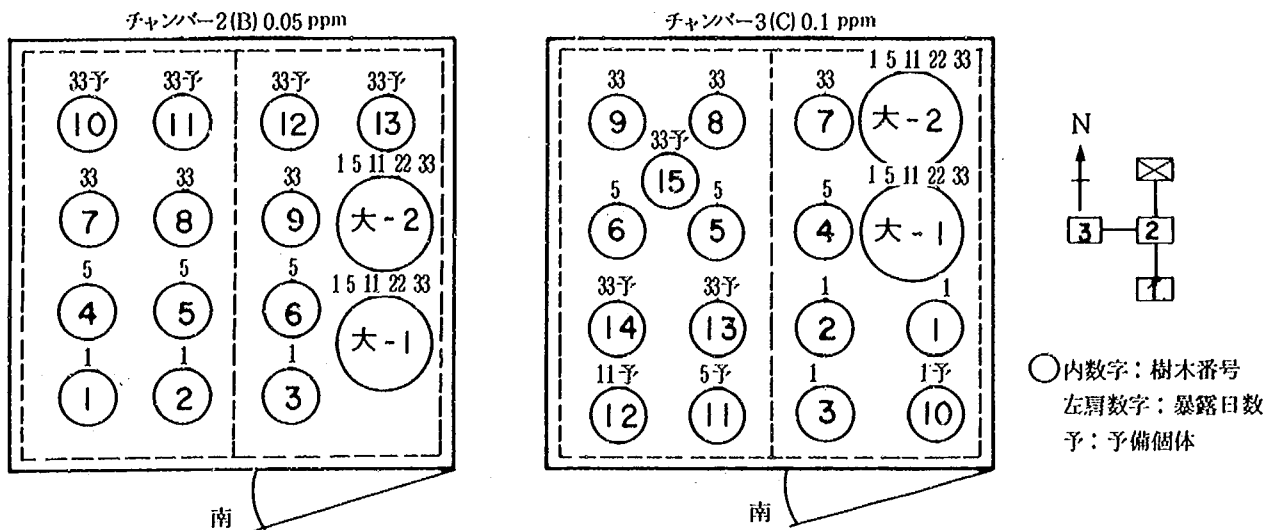
を吸収量とする。

(^{15}N 法)：同位体窒素分析および全窒素分析

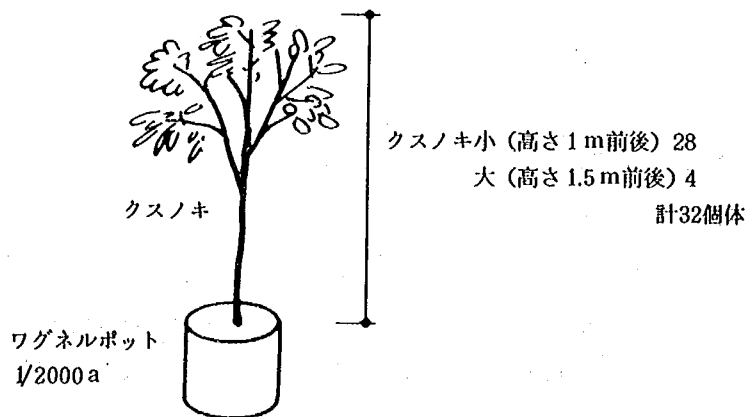
^{15}N (同位体窒素) で標識した $\text{NO} \times$ ガス暴露後、植物中の ^{15}N 含有量を測定し、暴露期間中に植物が吸収した全窒素量を求める。

d. 実験項目・・・・・・各年度の実験項目等実験条件は、後述2.4.2実験の進め方の表—2・10のとおりである。

<チャンバー内樹木配置例>



<供試植物の形状例>



図—2・7 供試材料配置の例

2.3.3 差引法（化学分析・データ整理法）

(1) 化学分析

①全窒素分析方法（巻頭写真—7～9 参照）

・前処理

採取した植物のサンプルについて生重量を測定した。これを細分したあと90℃、48時間通風乾燥させ、乾重量を測定した。これをワイレー粉砕器または乳ばちを用いて40メッシュ以下の粉末¹⁾に調整した。粉末資料を85℃、24時間乾燥させ、供試材料を作成した。なお、採取した葉は葉面を水洗せず前処理を行った。

・窒素含有量測定

CHNコーダーにより全窒素含有量を測定した。測定は同一試料について3回くり返し、平均値を求め、測定値にふれがないことを確認した。

全窒素分析方法を表わしたものを表—2・6に示す。

注) 40メッシュ以下の粉末とは、ふるいにかけてその径が約0.5mm以下にした粉末。

表—2・6 全窒素分析方法

測定項目	操 作 法
試料の前処理	試 料 ↓ (90℃ 48時間乾燥) 恒量とする ↓ (粉砕) 約40メッシュ以下 ↓ (85℃ 24時間乾燥) ↓ 供 試
窒素(N) 炭素(C) の測定	標準試料測定 ① 馬尿酸 60, 40, 20mgを性格に秤量 ② 助燃財 (酸化銅粉末 7g) 秤量 ①、②をニッケルボート上にのせ、ボート上でよくまぜる ↓ CHNコーダーにより、N、Cを測定 (3点分析) 未知試料測定 ③ 試料約60mgを性格に秤量 ④ 助燃財 (酸化銅粉末 7g) 秤量 ③、④をニッケルボート上にのせ、ボート上でよくまぜる ↓ CHNコーダーにより、N、Cを測定 同一試料 3回分析 N、C共 定量下限値 0.01%

(2) データ整理

全窒素分析方法で得られた暴露区と対照区の供試植物葉中窒素 (N) 含有量 (葉中N蓄積量) データを用いて、暴露期間中の供試植物の葉中N蓄積量を求めた。ここで、各実験条件毎には、同種の供試植物3個体ずつを用いているので、3個体の平均値を用いて、暴露区データ平均値から対照区データ平均値を差し引くことにより算出した。

2.3.4 ^{15}N 法 (化学分析・データ整理法)

(1) 化学分析

①同位体窒素分析方法 (巻頭写真—10~15参照)

a. 前処理

・生重量の測定

採取した植物を葉部、枝部・幹部、及び根部の各器官に分け、葉部については生重量及び葉面積、他の器官については生重量を測定した。

・乾燥

試料は、乾燥操作直前まで -25°C の冷凍庫に保存した。試料の乾燥は 50°C の自然対流式乾燥機内に約10時間放置することにより行った。

・乾燥重量の測定、粉碎

乾燥重量は、乾燥処理後直ちに秤量することにより求めた。さらに、すべての試料は、粉碎機を用いて粉碎した。

b. 試料中の全窒素量の測定

乾燥試料中の窒素量の測定はCHNコーダーを用いて行った。表—2・7に測定条件を示す。

表—2・7 CHNコーダー測定条件

装 置：柳本製作所CHNコーダーMT—3型

燃焼条件：試料分解炉； $900\sim 950^{\circ}\text{C}$

酸 化 炉； 850°C

還 元 炉； 550°C

ヘリウム流量； $200\text{ml}/\text{min}$

酸 素 流 量； $15\text{ml}/\text{min}$

試料秤量： $1\sim 3.5\text{mg}$ (超微量天秤)

c. 試料中の同位体窒素量の測定

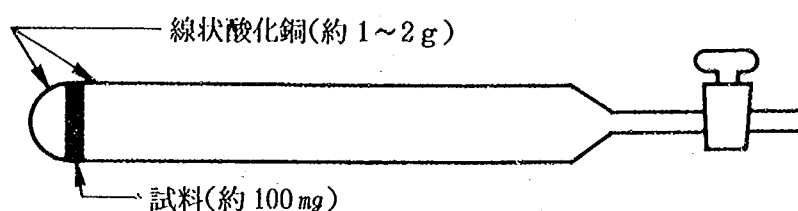
・燃焼

乾燥粉末試料は石英の燃料管に線状酸化銅（0.4mmφ，キシダ化学製）とともに詰め、次いで、真空ポンプを用いて管内の空気をできるだけ除去した。

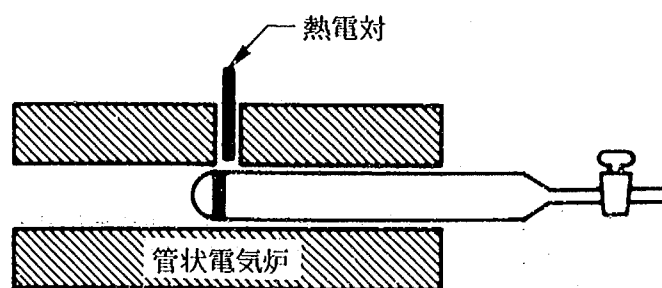
試料の燃焼は、燃焼管（図－2・8・1）を800° Cに温度設定した管状電気炉に挿入し、約10分間加熱することにより行った。（図－2・8・2）。

・ $^{15}\text{N}/^{14}\text{N}$ の測定

試料中の $^{15}\text{N}/^{14}\text{N}$ は、燃焼ガスを直接質量分析計に導入し、積算モードでスペクトルの測定を行った。 $^{14}\text{NO}_2$ （ $m/z = 46$ ）と $^{15}\text{NO}_2$ （ $m/z = 47$ ）の各ピークの面積比を求め、 $^{15}\text{N}/^{14}\text{N}$ を算出した。質量分析計の測定条件を表－2・8に示す。



図－2・8・1 試料燃焼管模式図



図－2・8・2 燃焼方法模式図

表－2・8 質量スペクトル測定条件

装	置	日本電子 JMS DX-303 質量分析計
		日本電子 JMA DA-5000 データ処理システム
イオン化方式		電子衝撃型
走査範囲		$m/z = 45 \sim 47$ (45～50)
イオン化電流		300 μA
電子加速電圧		70 V
イオン源温度		250°C
イオン加速電圧		3.0 kV
多段電子増倍管電圧		1.0～1.1 kV
測定モード		積算モード (18～25回)
		(10～15回)

(2) データ整理

①植物中の NO_2 吸収量の算出方法

植物中の NO_2 吸収量は、 ^{14}N と ^{15}N の天然界における存在割合が、それぞれ99.635%と0.365%であること、さらに暴露した NO_2 ガス中の ^{15}N の割合が6.5%(元年度実験)であることを考慮に入れて算出した。

② ^{15}N 分析データの説明

^{15}N 分析法による暴露由来N量の算出は図-2・9のように行った。

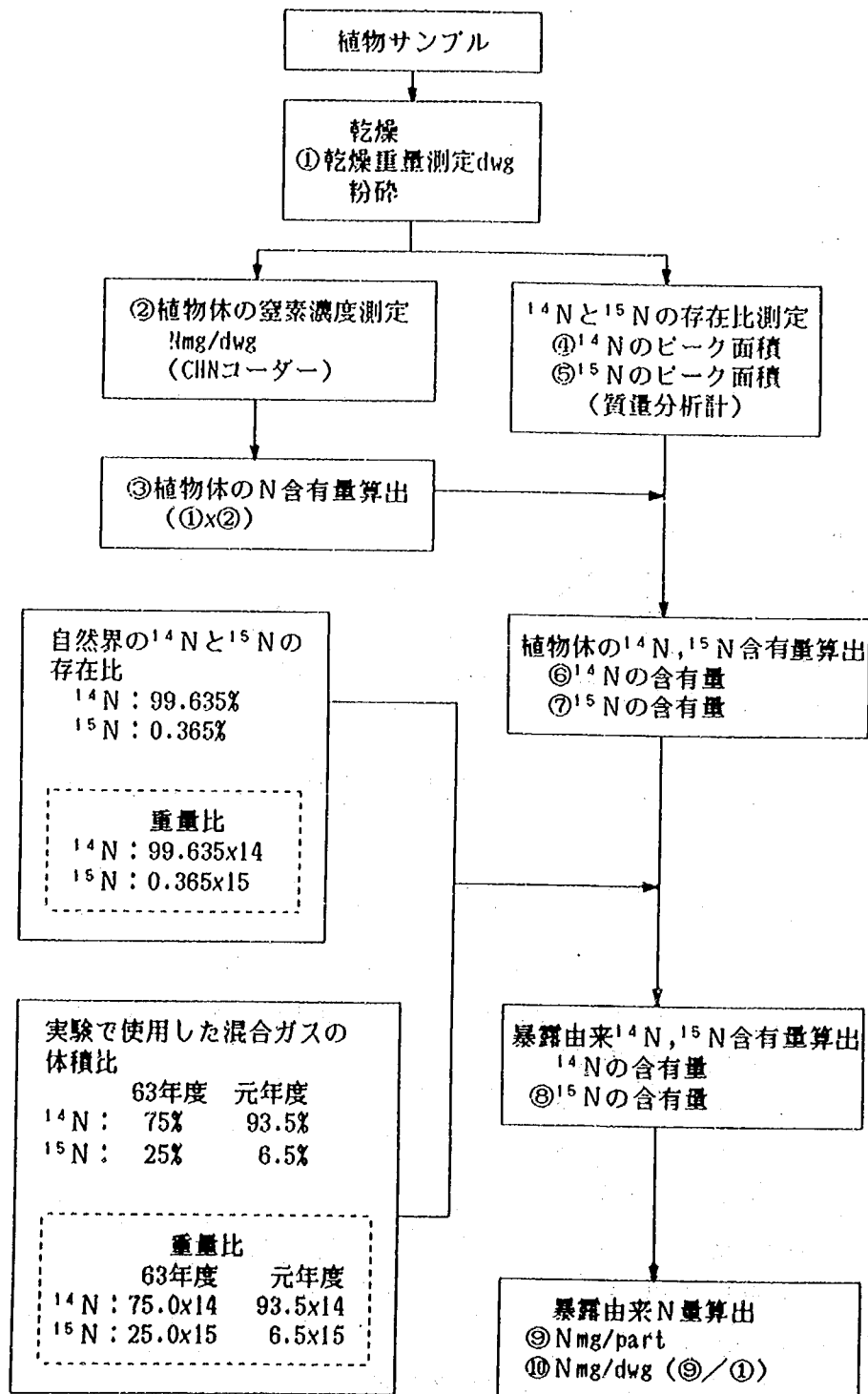


図-2・9 暴露由来N量の算出手順

2.4 実験計画

2.4.1 実験の基本的考え方

本研究では、実際の道路沿道のガス濃度に近い低濃度域において、植物が NO_x (NO_2) ガスを吸収し、大気を浄化する能力があるか、また、その能力がどの程度なのかという観点から、できるだけ実現象に近い実験条件で実験を行うこととした。

2.4.2 実験の進め方

また、実験は5か年実施し、植物が暴露 NO_x (NO_2) ガスを吸収し、体内で蓄積することを確認することから始め、以下の表—2・9のとおり各年度毎に実験内容を変えて研究を進めた。なお、本実験において採光は自然光を用いたため、季節による日照条件の差は自然条件に従った。

各年度毎の実験計画を表—2・10の実験条件一覧に示す。

表—2・9 各年度の実験概要

年 度	実験の主な内容	分析法
S 60年度	NO_x ガス吸収を確認する	差引法
S 61年度	暴露濃度差による NO_x ガス吸収の違い確認する	差引法
S 62年度	種間差、季節差による NO_x ガス吸収の違い確認する	差引法
S 63年度	植物体内への器官別の NO_x ガス吸収を把握し、分析法を比較する	^{15}N 法、差引法
H 元年度	植物体内への器官別の NO_x ガス吸収を把握する	^{15}N 法

表-2・10 各年度の実験条件一覧

年度及び 季節		S60年度				S61年度				S62年度						S63年度				H元年度			
区分		春	夏	秋	冬	春	夏	秋	冬	春	夏 -1	夏 -2	夏 -3	秋	冬	春	夏	秋	冬	春	夏	秋	冬
植 物 材 料	種 類 数	5種 カイズカイブキ クスノキ イチョウ サンゴジュ ノシバ				5種 カイズカイブキ クスノキ ケヤキ サンゴジュ ノシバ				19種 カイズカイブキアメリカナミズキ クロマツ シダコブシ クスノキ サンゴジュ マテバシイ オトメツバキ ヤマモモ ウバメガシ シラカシ オオムラサキツツジ イチョウ シャリンバイ サクラ ドウダンツツジ ニセアカシア アイビー K31フェスク						9種 カイズカイブキ クロマツ クスノキ マテバシイ ケヤキ サンゴジュ オオムラサキツツジ ドウダンツツジ ノシバ				1種 クスノキ			
		0.025ppm								⑤													
		0.05 //				②														⑫*			
		0.1 //				②														⑫*			
		0.2 //				①				③ ④ ⑤ ⑥ ⑦ ⑧						⑩* ⑩* ⑪							
		0.4 //								④						⑨							
		0.6 //														⑨							
		0.8 //								⑥													
環 境 条 件	温度	夏 25℃				夏 25℃				春 18℃ 夏 25℃ 秋 16℃ 冬 5℃						夏 25℃ 秋 16℃ 冬 5℃				夏 25℃			
	湿度	75%				70%				春 70% 夏 70% 秋 70% 冬 50%						夏 70% 秋 70% 冬 50%				70%			
	光	自然光				自然光				自然光						自然光				自然光			
鉢	灌水					夏 300mm/月				春 150mm/月 夏 160mm/月 秋 180mm/月 冬 50mm/月						夏 160mm/月 秋 180mm/月 冬 50mm/月				夏 160mm/月			

注1) ①~⑫ 実験回

2) *印は¹⁵N使用

2.4.3 実験結果の整理方法

実験結果の整理に当たっては、以下の5項目について検討を行った。

- (1) 暴露NO_x濃度の差によるNO_x吸収能力の比較
- (2) 樹種の差によるNO_x吸収能力の比較
- (3) 季節の差によるNO_x吸収能力の比較
- (4) 差引法実験値と¹⁵N法実験値の比較
- (5) 植物個体の器官別NO_x吸収能力の比較

2.5 暴露実験結果

2.5.1 植物葉のN蓄積量の概要

5ヶ年間にわたるNO_x暴露実験の結果から、約33日間NO_x暴露による葉中窒素の蓄積量を、植物の種類別、暴露濃度別に一覧にしたものを表—2・11・1～2・11・2、及び図—2・10～2・11に示す。

葉中の窒素分析値は、植物種、季節、暴露濃度、個体等により違いが見られるが、5ヶ年の実験で得た90データの総平均で見ると以下のものであった。

暴露区植物葉の窒素含有率	15.5	Nmg/葉dwg
対照区	13.4	〃
蓄積量	2.1	Nmg/葉dwg・33日

ただし、この値には、21種の植物、春・夏・秋・冬の実験季節、NO_x暴露濃度0.025～0.8ppmの7段階の実験結果が含まれている。今回の実験値は差引法によるものが多いが、¹⁵N法による結果ともよく符合し、また他の実験値と比較しても、実験条件（植物、環境）がことなるが、概ね妥当な結果が得られたと考えられる。

表-2・11・1 NOx33日暴露後の葉中窒素含有率と蓄積量

単位: Nmg/dwg

季節 設定温度 暴露濃度 NOxppm		春 18℃	夏 25℃						秋 16℃	冬 5℃	平均	比		
		0.2	0.025	0.05	0.1	0.2	0.4	0.6	0.8	0.2	0.2			
針葉樹	a カイズカイブキ	③ 4.8 15.2-10.4 (3) (3)		② 0.5 13.7-13.2 (3) (3)	② 2.3 15.5-13.2 (3) (3)	① 4.1 19.3-15.2 (3) (3)	⑤ 3.3 16.9-13.6 (3) (3)	⑤ 3.5 17.1-13.6 (3) (3)		⑦ 0.3 11.7-11.4 (3) (3)	⑧ 0.1 9.4- 9.3 (3) (3)	2.3 14.4-12.1	1.19	
	b クロマツ					④ 3.1 14.1-11.0 (1) (1)					⑩ 0.3 10.7-10.4 (3) (3)			
						⑤ 1.7 11.8-10.1 (3) (3)					⑧ 0.4 9.3- 8.9 (3) (3)	1.2 10.2- 9.0	1.13	
											⑪ 1.4 9.5- 8.1 (3) (3)			
高木 常緑広葉樹	c クスノキ	③ 3.6 20.2-16.6 (3) (3)	⑤ -0.1 14.1-14.2 (8) (1)	② 1.2 9.6- 8.4 (3) (3)	② 2.0 10.4- 8.4 (3) (3)	① 2.3 16.6-14.3 (3) (3)	④ 6.5 20.7-14.2 (8) (1)		⑥ 4.2 18.4-14.2 (8) (1)	⑦ 1.4 13.0-11.6 (3) (3)	⑧ 1.3 14.9-13.6 (3) (3)	2.7 16.0-13.3	1.20	
				② 1.9 *10.6- 8.7 (1) (1)	② 2.2 * 9.5- 7.3 (1) (1)	⑤ 1.3 16.1-14.8 (1) (1)				⑩ 2.1 14.7-12.6 (3) (3)	⑪ 1.8 13.3-11.5 (3) (3)			
				② 2.2 *10.3- 8.1 (1) (1)	② 4.1 *11.0- 6.9 (1) (1)					⑩ 2.6 *14.0-11.4 (1) (1)				
				② 1.6 * 9.9- 8.3 (1) (1)	② 1.8 * 8.5- 6.7 (1) (1)					⑩ 1.7 *20.0-18.3 (1) (1)				
				② 1.3 *11.6-10.3 (1) (1)	② 3.0 *12.6- 9.6 (1) (1)					⑩ 2.5 *19.0-16.5 (1) (1)				
	d マテバシイ	③ 0.2 14.0-13.8 (3) (3)				④ 1.8 11.9-10.1 (3) (3)				⑦ 1.6 10.4- 8.8 (3) (3)	⑧ 0.8 12.2-11.4 (3) (3)	1.1 10.8- 9.7	1.11	
										⑩ 0.9 13.0-12.1 (3) (3)	⑪ 0.7 10.2- 9.5 (3) (3)			
										⑩ 0.9 * 8.0- 7.1 (1) (1)				
										⑩ 1.4 * 9.9- 8.5 (1) (1)				
										⑩ 1.7 * 7.8- 6.1 (1) (1)				
	e ヤマモモ					⑤ 0.4 19.3-18.9 (3) (3)						0.4 19.3-18.9	1.02	
	f シラカシ					⑤ 1.9 14.9-13.0 (3) (3)						1.9 14.9-13.0	1.15	
	g イチョウ	③ 4.4 28.8-24.4 (3) (3)	⑤ -2.4 15.7-18.1 (8) (1)			④ 4.0 17.4-13.4 (3) (3)	④ 7.3 25.4-18.1 (8) (1)		⑥ 1.4 19.5-18.1 (8) (1)	⑦ 0.8 12.7-11.9 (3) (3)		3.1 19.9-16.8	1.18	
						⑤ 6.2 19.7-13.5 (1) (1)								

上段: 左側①~⑧は実験回、右側は33日暴露によるN蓄積量
 中段: 左側はNOx暴露植物葉のN含有率、右側は対照植物葉のN含有率
 下段: () は植物個体数
 *: 同位素分析による

表-2・11・2 NO_x33日暴露後の葉中窒素含有率と蓄積量

		単位: Nmg/dwg										平均	比
季節 設定温度 暴露濃度 NO _x ppm		春 18℃	夏 25℃							秋 16℃	冬 5℃		
		0.2	0.025	0.05	0.1	0.2	0.4	0.6	0.8	0.2	0.2		
落葉広葉樹	h ケヤキ			② 1.4 19.8-18.4 (3) (3)	② 2.3 20.0-18.4 (3) (3)		⑤ 1.4 27.5-26.1 (3) (3)	⑤ 1.3 27.4-26.1 (3) (3)				1.4 23.7-22.3	1.06
	i サクラ	③ 3.6 32.2-28.6 (3) (3)				⑤ 3.9 20.2-16.3 (3) (3)				⑦ 1.8 16.9-15.1 (3) (3)		3.1 23.1-20.0	1.16
	j ニセアカシア					⑤ 5.7 36.5-30.8 (3) (3)						5.7 36.5-30.8	1.19
中木	k アメリカハナミズキ					⑤ 2.8 17.8-15.0 (3) (3)						2.8 17.8-15.0	1.19
	l シデコブシ					⑤ 2.1 19.4-17.3 (3) (3)						2.1 19.4-17.3	1.12
	常緑広葉樹			② 0.3 8.1-7.8 (3) (3)	② 1.6 9.4-7.8 (3) (3)	① 2.5 12.4-9.9 (3) (3)	⑤ 3.2 16.3-13.1 (3) (3)	⑤ 2.7 15.8-13.1 (3) (3)		⑩ 1.5 16.4-14.9 (3) (3)	④ 1.7 11.7-10.0 (3) (3)	1.8 13.4-11.6	1.16
										⑩ 2.0 *15.0-13.0 (1) (1)			
										⑩ 1.7 *16.0-14.3 (1) (1)			
										⑩ 1.4 *13.0-11.6 (1) (1)			
	n オトメツバキ					⑤ 1.9 16.3-14.4 (3) (3)						1.9 16.3-14.4	1.13
低木	常緑広葉樹					⑤ 0.8 14.9-14.1 (3) (3)						0.8 14.9-14.1	1.06
						⑤ 1.3 9.9-8.1 (3) (3)	⑤ 0.6 13.4-12.8 (3) (3)	⑤ 1.7 14.5-12.8 (3) (3)				1.4 12.6-11.2	1.13
						④ 0.6 12.5-11.9 (3) (3)						0.6 12.5-11.9	1.05
	落葉広葉樹					④ 0.2 15.9-15.7 (3) (3)	⑤ 0.9 28.6-26.7 (3) (3)	⑤ 4.7 32.4-27.7 (3) (3)				1.9 25.6-23.7	1.08
地被 植物	s ノシバ			② 2.4 10.6-8.2 (3) (3)	② 3.2 11.4-8.2 (3) (3)	① 3.3 16.0-12.7 (3) (3)	⑤ 2.3 14.9-12.6 (3) (3)	⑤ 0.8 13.4-12.6 (3) (3)				2.4 13.3-10.9	1.22
	t アイビー					④ 5.1 20.9-15.8 (3) (3)						5.1 20.9-15.8	1.32
	u K31フェスク					④ 2.6 12.7-10.1 (3) (3)						2.6 12.7-10.1	1.26
計		3.3 22.1-18.8	-1.3 14.9-16.2	1.4 11.6-10.2	2.5 12.1-9.6	2.6 16.8-14.2	3.2 20.5-17.3	2.4 20.1-17.7	2.8 19.0-16.2	1.5 13.6-12.1	0.9 11.2-10.3	2.1 15.5-13.4	1.16

上段: 左側①~④は実験回、右側は33日暴露によるN蓄積量
 中段: 左側はNO_x暴露植物葉のN含有率、右側は対照植物葉のN含有率
 下段: ()は植物個体数
 *: 同位窒素分析による

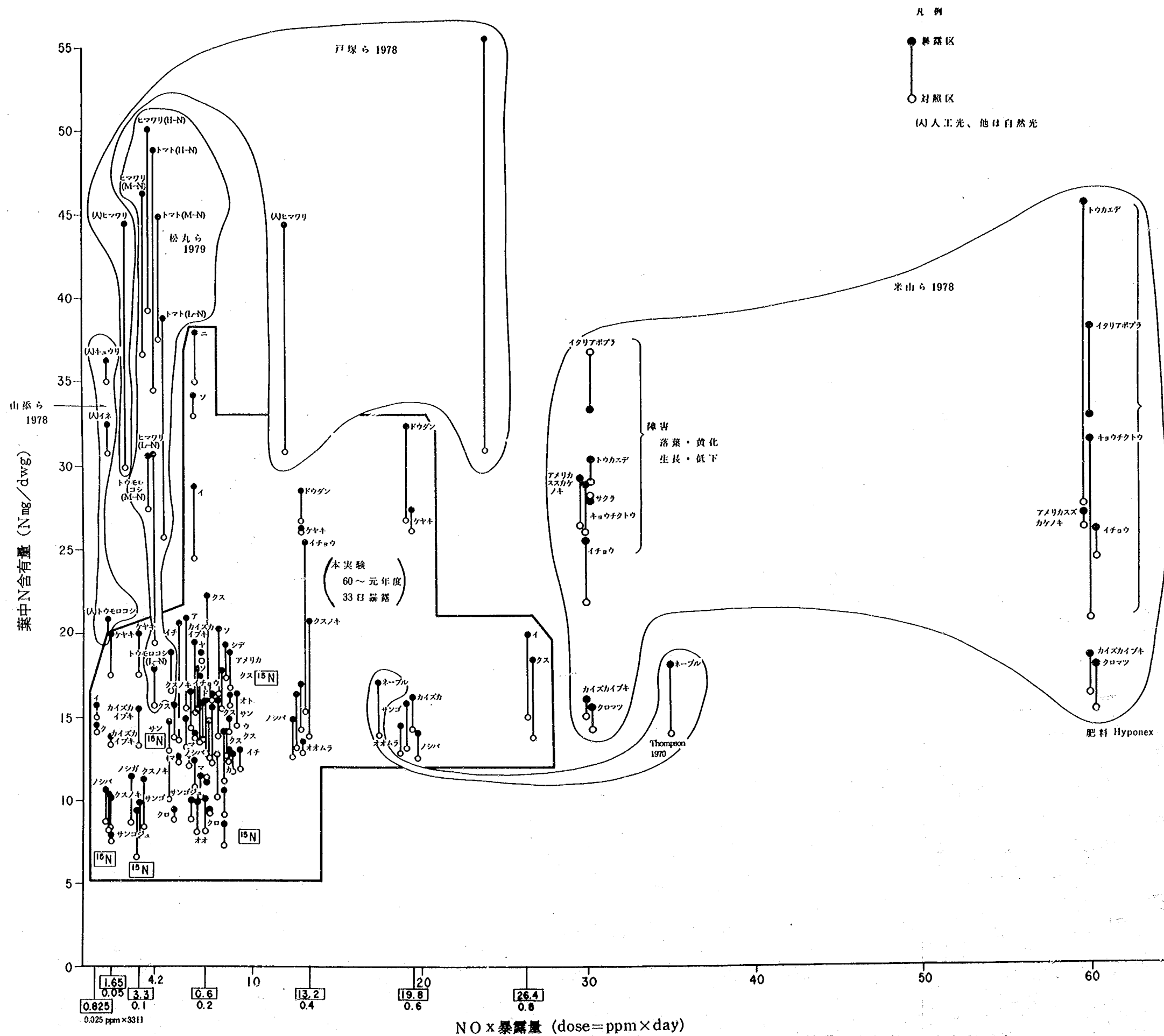
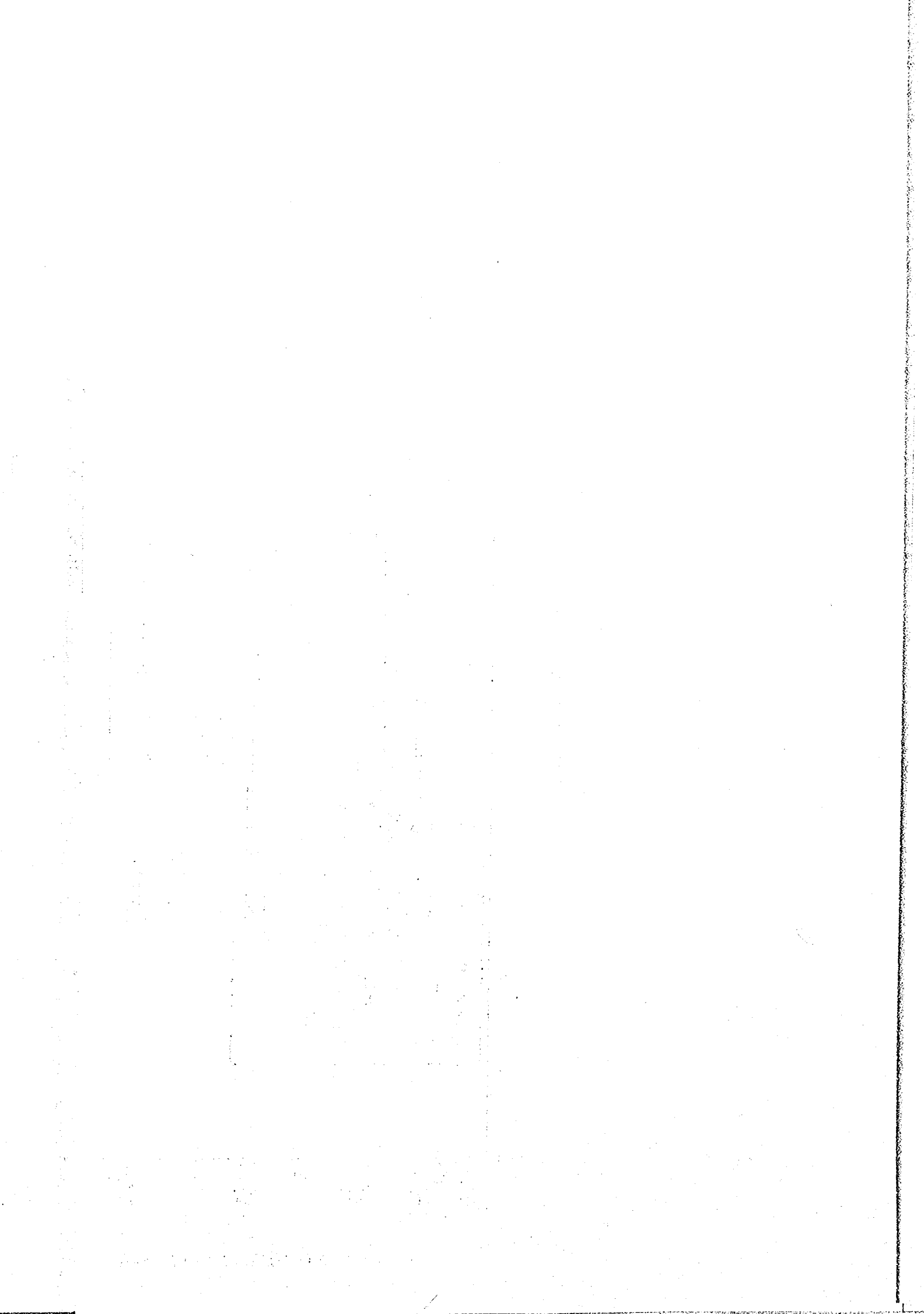


図-2・11 NO x 暴露量ごとの葉中窒素含有量



2.5.2 暴露NO_x濃度の差によるNO_x吸収能力の比較

植物の活性が高いといわれる夏季の暴露実験結果を用いて、暴露NO_x濃度0.05, 0.1, 0.2ppm（設定）の実験値（表—2・12）より、低濃度での植物葉のN蓄積量の暴露濃度による違いを把握した。

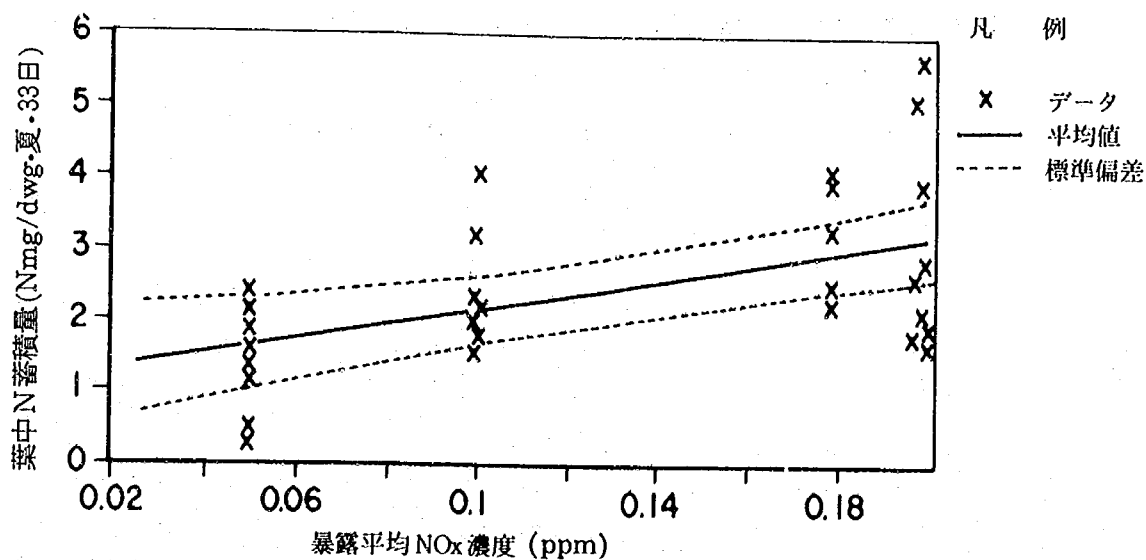
結果は図—2・12に示すとおりで、植物の葉中N蓄積量は、暴露したNO_xガスの濃度が高いほど増加する傾向にあることが確認された。実験結果から実際の沿道に近い濃度領域での各種植物の夏季1ヶ月の葉1g当たりのN蓄積量は以下のように把握された。

NO_x濃度0.2 ppmの場合のN吸収量 $3.2 \pm 0.6 \text{ Nmg/dwg} \cdot 33\text{日}$

〃 0.1 ppm 〃 2.2 ± 0.4 〃
 〃 0.05ppm 〃 1.7 ± 0.6 〃

表—2・12 実験値

区分 濃度ppm	高木 落葉樹	草本	高木 針葉樹	中木 落葉樹	中木 常緑樹	高木 常緑樹
0.050	1.4	2.4	0.5	—	0.3	1.2 1.9 2.2 1.6
0.099	2.3	3.2	2.3	—	1.6	2.0
0.100						2.2 4.1 1.8
0.179	4.0	—	4.1	—	2.5	2.3
0.200	3.9 5.7	3.3 5.1 2.6	1.7	2.8 2.1	1.9	1.8 1.9



図—2・12 暴露NO_x濃度と葉中N蓄積量

2.5.3 樹種の差によるNO_x吸収能力の比較

(1) 植物種と葉中N蓄積量

N蓄積量の種間差を検討するために、表—2・13のデータの多い夏季、NO_x暴露濃度0.2ppmの実験値を用いると、N蓄積量は0.2~5.7Nmg/dwg・33日に分布している。そのN蓄積量の差は植物の活性度合いが影響していると考えられ、生活形（高さ、常緑、落葉）で7区分に分類してその差異をみた（図—2・13）。

この7区分の平均N蓄積量を大きい順にならべると以下のとおりである。

高木落葉樹 > 草本類 > 高木針葉樹 > 中木落葉樹 > 中木常緑樹 > 高木常緑樹 > 低木
4.5 3.7 2.9 2.5 2.2 1.6 0.9

注) 数字は葉中N蓄積量 mg/dwg・33日、各区分の平均値

(2) 植物種とN蓄積能力によるNO_x吸収能力の検討

N蓄積能力別に区分された7区分の植物群の蓄積能力が各区分毎に統計的に有意な差があるかどうかをF検定を用いて確かめた。この結果からは各植物群間には有意な差は認められなかった。そこでN蓄積能力を大、中、小の3段階に区分（表—2・14）し、この3区分の間で検定を行った結果、この3区分の間には有意な差が認められた。

以上により、葉中の窒素蓄積量は植物の種類によって違いが見られた。夏季、NO_x0.2ppm暴露実験の結果から、植物の樹種の差によるNO_x吸収能力は概ね以下のような分類に整理された。

NO_x吸収能力

葉中N蓄積量

大（高木落葉樹、草本類）	: 4.1±1.1 Nmg/dwg・33日
中（高木針葉樹・高木常緑樹） （中木常緑樹・中木落葉樹）	: 2.2±0.9 Nmg/dwg・33日
小（低木）	: 0.9±0.7 Nmg/dwg・33日

表-2・13 NO_x33日暴露による葉中窒素増加量

単位: Nmg/dwg

単位: Nmg/dwg

			季節	春 18℃	夏 25℃						秋 16℃	冬 5℃		
			暴露濃度	0.200	0.025	0.050	0.100	0.200	0.400	0.600	0.800	0.200	0.200	
種類	高木	針葉樹	a カイズカイブキ	4.8		0.5	2.3	4.1 <3.1>	3.3	3.5		0.3	0.1 0.3 0.4 1.4	
			b クロマツ					1.7						
		常緑広葉樹	c クスノキ	3.6	(-0.1)	1.2 * 1.9 * 2.2 * 1.6 * <1.3>	2.0 * 2.2 * 4.1 * 1.8 * <3.0>	2.3 <1.3>	(6.5)		(4.2)	1.4 2.1 * 2.6 * 1.7 * 2.5	1.3 1.8	
			d マテバシイ	0.2				1.8				1.6 0.9 * 0.9 * 1.4 * 1.7	0.8 0.7	
			e ヤマモモ					0.4						
			f シラカシ					1.9						
			落葉広葉樹	g イチョウ	4.4	(-2.4)			4.0 <6.2>	(7.3)		(1.4)	0.8	
				h ケヤキ			1.4	2.3		1.4	1.3			
		中木	落葉広葉樹	i サクラ	3.6				3.9				1.8	
				j ニセアカシア					5.7					
	常緑広葉樹		k アメリカハナミズキ					2.8						
			l シデコブシ					2.1						
			m サンゴジュ			0.3	1.6	2.5	3.2	2.7		1.5 * 2.0 * 1.7 * 1.4	1.7	
			n オトメツバキ					1.9						
	低木		常緑広葉樹	o ウバメガシ					0.8					
				p オオムラサキツツジ					1.8	0.6	1.7			
		q シャリンバイ						0.6						
	地被植物	落葉広葉樹	r ドウダンツツジ					0.2	0.9	4.7				
s ノシバ					2.4	3.2	3.3	2.3	0.8					
t アイビー							5.1							
u k31フェスク							2.6							

* 表中の値は以下のとおり

・差引法(無印) : (暴露区3個体の平均) - (対照区3個体の平均) 但し、不良個体、はずれ個体は除いてある。

< >は経時変化追跡個体で1個体の葉の一部を採取し分析したもの(他は個体の全葉を採取し分析した)

()は個体差確認のためのもの(8個体)で、対照がないため、その年度の他の実験回の対照区の同一樹種の値を用いて差引した。

・¹⁵N分析法(*印) : 各1個体の分析結果

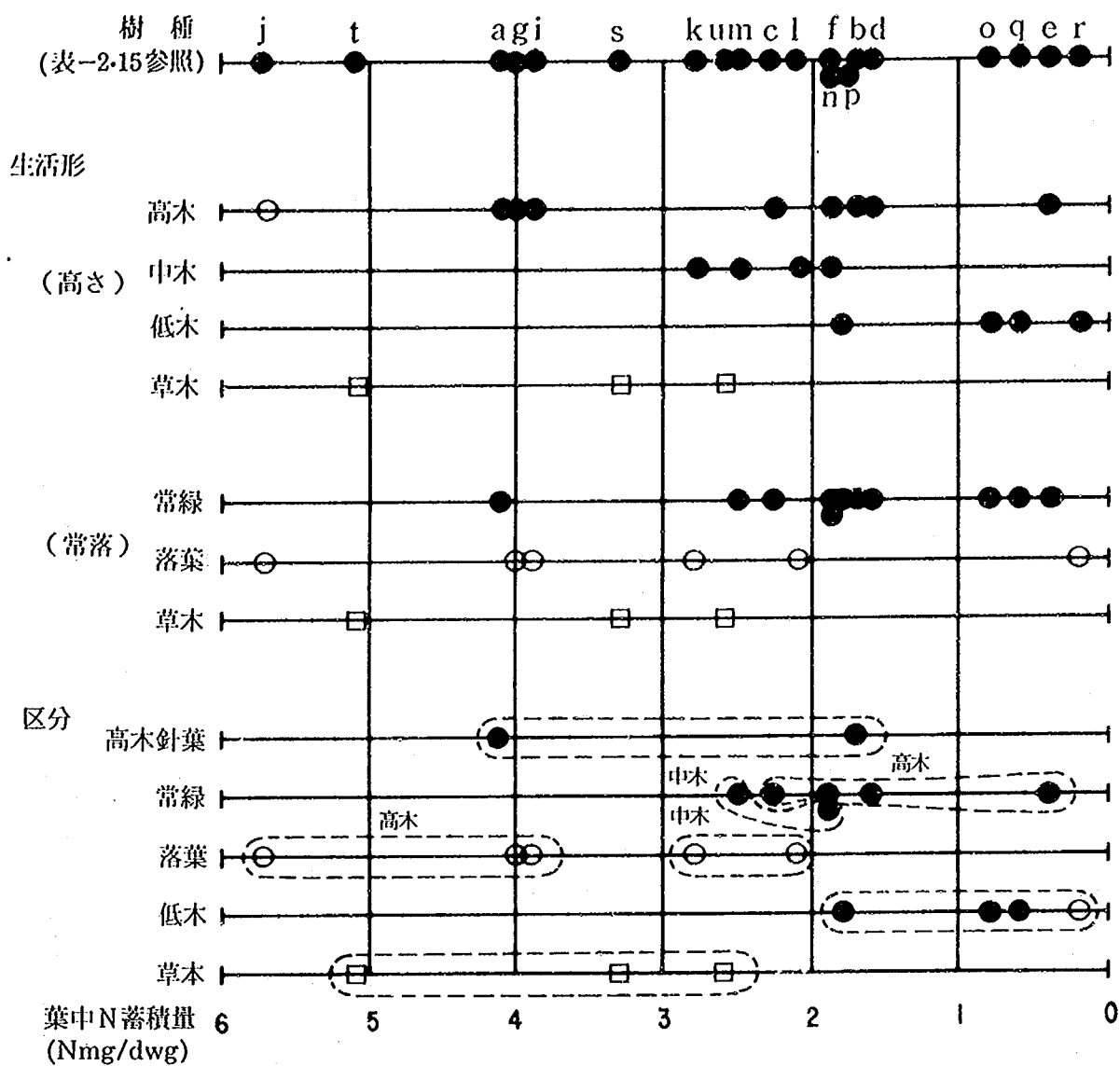


図-2・13 種間差の検討

表-2・14 葉中N蓄積能力による区分 夏0.2ppm

N蓄積能力	大		中				小
7区分	高木 落葉樹	草本類	高木 針葉樹	中木 落葉樹	中木 常緑樹	高木 常緑樹	低木
NO _x 濃度 0.2ppmの時 のN吸収量 (実験値)	4.0 3.9 5.7	3.3 5.1 2.6	4.1 1.7	2.8 2.1	2.5 1.9	2.3 1.8 0.4 1.9	0.8 1.8 0.6 0.2
$\bar{x}$	4.5	3.7	2.9	2.5	2.2	1.6	0.9
$\bar{x}$ s	4.10 1.14		2.15 0.94				0.85 0.68

表-2・15 実験に用いた植物の分類と名称

高木	針葉樹	a カイズカイブキ	中木	落葉広葉樹	k アメリカハナミズキ
		b クロマツ			l シデコブシ
		c クスノキ		常緑広葉樹	m サンゴジュ
	常緑広葉樹	d マテバシイ			n オトメツバキ
	e ヤマモモ	低木		常緑広葉樹	o ウバメガシ
	f シラカシ		p オオムラサキツツジ		
	落葉広葉樹		g イチョウ		q シャリンバイ
			h ケヤキ	落葉広葉樹	r ドウダンツツジ
		i サクラ	地被 植物		s ノシバ
		j ニセアカシア		t アイビー	
					u K31フェスク

2.5.4 季節の差によるNOx吸収能力の比較

冬季においてデータが得られた暴露濃度0.2ppmの実験結果を用い、季節の違いによる植物葉のN蓄積量の差の把握をした。温度によるN蓄積量の変化でみると表—2・16、及び図—2・14のとおりとなる。春と秋では温度が似かよっているものの、日射量や季節の違いによる植物の活力の差によりN蓄積量による差がみられた。

高木落葉樹は夏季に、高木針葉樹、高木常緑樹は春季に、N蓄積量が大きく、樹種により若干の差が見られたが、ここでは季節感の傾向を把握するため各季節の平均値を用い、N蓄積量が一番大きい季節を1とし、各季節の割合を求めた（表—2・17）。

なお、データが欠落している樹林区分については、同じ傾向の植物区分値との比から推定するものとし、低木、草本類については全体の平均から求めた各季節の割合から推定した。

以上により、植物のN蓄積量は季節によって違いがみられ、実験で用いた21種の植物全数の葉乾燥重量当たりの平均でみると季節間の比は以下のようであった。

季節	春	夏	秋	冬
比	1.0	0.7	0.3	0.2

注) 春は5月10日～6月10日の実験値にもとづく。

表—2・16 各季節の葉中N蓄積量 (NOx0.2ppmの実験値より, Nmg/dwg・33日)

区分 季節	高木 落葉樹		草本類		高木 針葉樹		中木 落葉樹		中木 常緑樹		高木 常緑樹		低木		平 均 (標準偏差)
夏 25°C	4.0		3.3		4.1		2.8		2.5		2.3		0.8		
	3.9	4.5	5.1	3.7	1.7	2.9	2.1	2.5	1.9	2.2	1.8	2.0	1.8		2.6
	5.7	(1.0)	2.6	(1.3)		(1.7)		(0.5)		(0.4)	1.9	(0.3)	0.6	0.9	(1.5)
													0.2	(0.7)	
春 18°C	4.4				4.8						3.6				4.1
	3.6	4.0	—				—		—				—		(0.6)
		(0.6)													
秋 16°C	0.8	1.3			0.3				1.5	1.6	*1.8				
	1.8	(0.7)	—				—		(1.7)	(0.1)	*1.3	1.7	—		1.4
											(2.3)	(0.5)			(0.6)
											(1.3)				
冬 5°C					*0.2				1.7		*1.6				1.0
	—		—		*0.9	0.6	—				*0.8	1.2	—		(0.6)
						(0.5)						(0.6)			

注) *左欄は測定値, 右欄は各平均と標準偏差

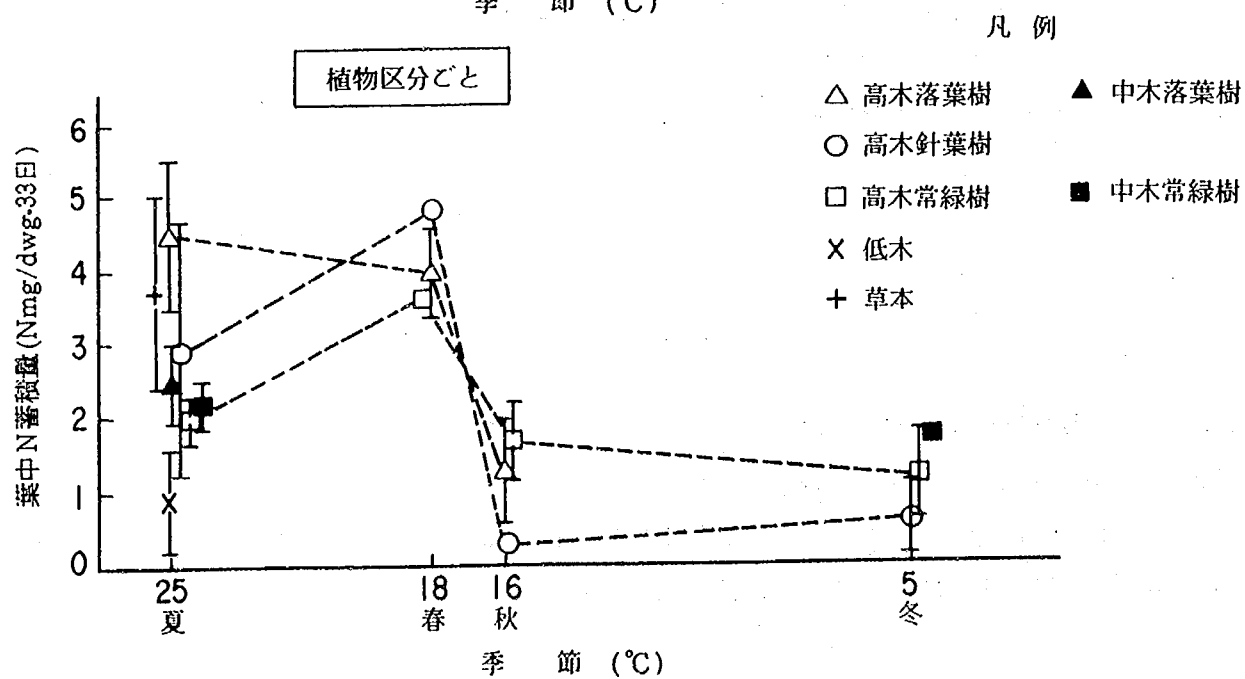
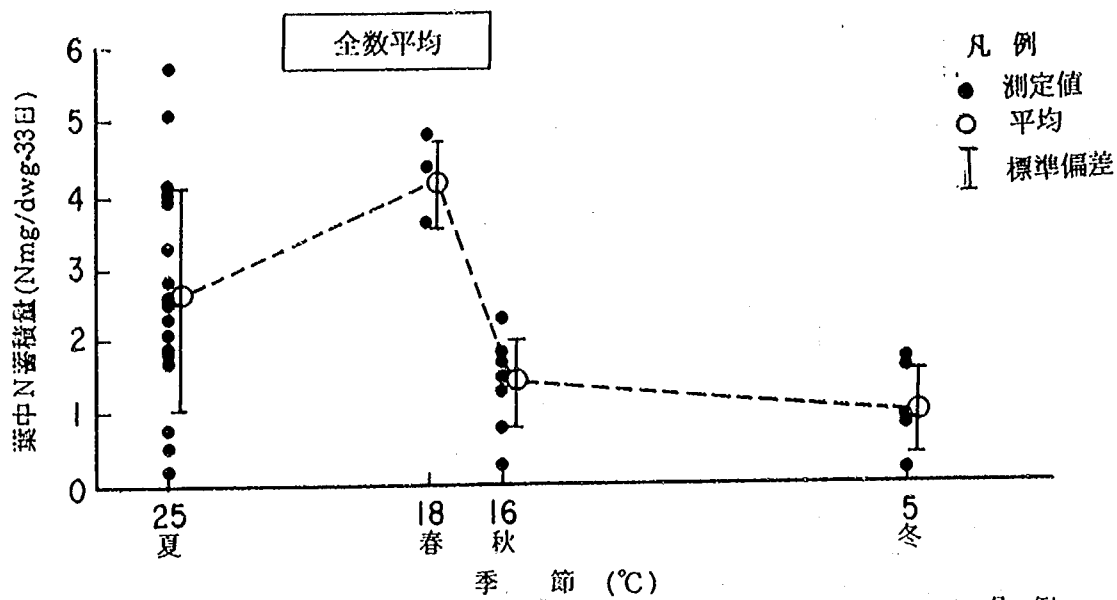


図-2・14 各季節の葉中N蓄積量

注) 暴露NO_x濃度0.2ppmの実験値より

表-2・17 葉中N蓄積量の季節差

区分 \ 季節			春	夏	秋	冬
高木	落葉樹	平均値	4.0	4.5	1.3	0
		蓄積比	0.89	1.00	0.29	0
	針葉樹	平均値	4.8	2.1	0.3	0.6
		蓄積比	1.00	0.60	0.06	0.13
	常緑樹	平均値	3.6	2.0	1.7	1.2
		蓄積比	1.00	0.56	0.47	0.33
中木	落葉樹	平均値	(2.2)	2.5	(0.7)	0
	常緑樹	平均値	(3.9)	2.2	1.6	1.7
平均			3.7	2.7	1.1	0.7
比			1.00	0.73	0.30	0.19
低木			(1.2)	0.9	(0.4)	(0.2)
草本類			(5.1)	3.7	(1.5)	(i.0)

注) () は推定値

注) 中木落葉樹の季節別蓄積量平均値は高木落葉樹の蓄積比を用いた。

注) 中木常緑樹の季節別蓄積量平均値は高木常緑樹の蓄積比を用いた。

注) 蓄積比は蓄積量最大の季節を1としてそれに対する各季節の蓄積量の比で求めた。

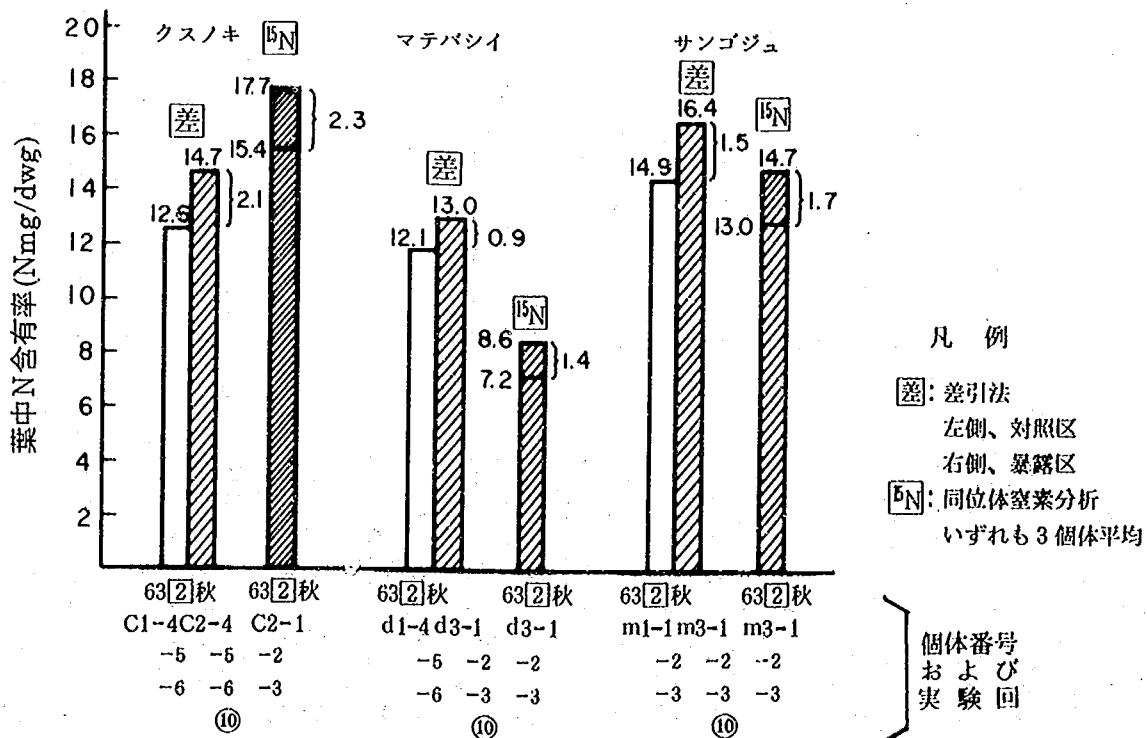
2.5.5 差引法実験値と¹⁵N法実験値の比較

¹⁵N使用実験の結果と、差引法実験の結果の中から同一条件下(同時に実験したもの)での結果を比較したものを表-2・18, 図-2・15に示す。葉中N含有率は実験毎に若干の差異がみられるものの、¹⁵N法、差引法の両法の結果の間には大きな差異は見られなかった。

表-2・18 差引法実験値と ^{15}N 実験値の比較 (葉中N)単位: Nmg/dwg

	分 析 法		差 引 法			^{15}N 分析	
	植物の種類	$\text{NO} \times$ 暴露濃度	増加量	暴露区	対照区	増加量	暴露区
秋 16°C	クスノキ	0.2 ppm		15.2		2.6	14.0
				14.3		1.7	20.0
				14.6		2.5	19.0
		平均	2.1	14.7	12.6	2.3	17.7
	マテバシイ	0.2 ppm		12.4		0.9	8.0
				14.3		1.4	9.9
				12.2		1.7	7.8
		平均	0.9	13.0	12.1	1.4	8.6
	サングジュ	0.2 ppm		15.8		2.0	15.0
				16.4		1.7	16.0
				17.0		1.4	13.0
		平均	1.5	16.4	14.9	1.7	14.7

注) 5ヶ年の実験のうち、同一条件下での結果のみを取り上げた。
いずれの実験値 (葉中N) も $\text{NO} \times 33$ 日暴露である。

図-2・15 ^{15}N 暴露実験値と差引法実験値の比較 ($\text{NO} \times 0.2\text{ppm}$ 33日暴露)

2.5.6 植物個体の器官別NO_x吸収能力の比較

植物個体の器官別NO_x吸収量を把握するため、¹⁵N法によって求めた各器官別のN蓄積量の比較検討を行った。結果を表-2・19、図-2・16に示す。暴露由来Nは各器官に蓄積されているが、全体としては葉と根に多く蓄積されている。63年度と元年度の結果で根と葉の蓄積量の割合が大きく異なるのは実験季節、個体の大きさが影響しているものと思われる。33日の暴露由来Nの器官別配分をみると、63年度のは葉とそれ以外の器官の比が1:1であるのに対し、元年度のものは根に多く配分され、葉とそれ以外の器官の比が1:2.6である。これらの結果より、後の項では葉1に対しそれ以外の器官の蓄積比が1であるということを使用する。

表-2・19 暴露由来N含有量の変動（別個体追跡、各器官）

区分	暴露日数	1日		5日		11日		22日		33日	
元年度 夏 0.05ppm	個体番号	c2-1, c2-4		c2-4, -5, -6						c2-7, -8, -9	
		$\bar{X}$	S	$\bar{X}$	S					$\bar{X}$	S
	葉	37.57	5.83	83.64	20.80					34.32	2.80
	枝 幹										
	根										
	全器官										
元年度 夏 0.1ppm	個体番号	c3-1, c3-4		c3-4, -5, -6						c3-7, -8, -9	
		$\bar{X}$	S	$\bar{X}$	S					$\bar{X}$	S
	葉	21.56	22.58	20.05	20.88					43.29	5.24
	枝 幹									29.05	22.27
	根	71.74	28.23	71.06	49.39					85.58	53.14
	全器官									157.92	73.23
63年度 秋 0.2ppm	個体番号			c3-1, -2, -3		c3-4, -5, -6		c3-10, -11, -12		c2-1, -2, -3	
				$\bar{X}$	S	$\bar{X}$	S	$\bar{X}$	S	$\bar{X}$	S
	葉			23.82	4.43	23.53	6.62	12.52	4.96	17.82	2.45
	枝 幹			5.64	0.72	4.40	2.55	4.37	1.78	6.02	1.56
	根			11.80	2.00	10.10	4.04	8.63	1.88	13.26	5.14
	全器官			41.26	2.45	38.02	10.74	25.52	7.32	37.10	5.83

注) 参考資料 表-5, 6より作成, $\bar{X}$: 平均, S: 標準偏差 (各3個体)

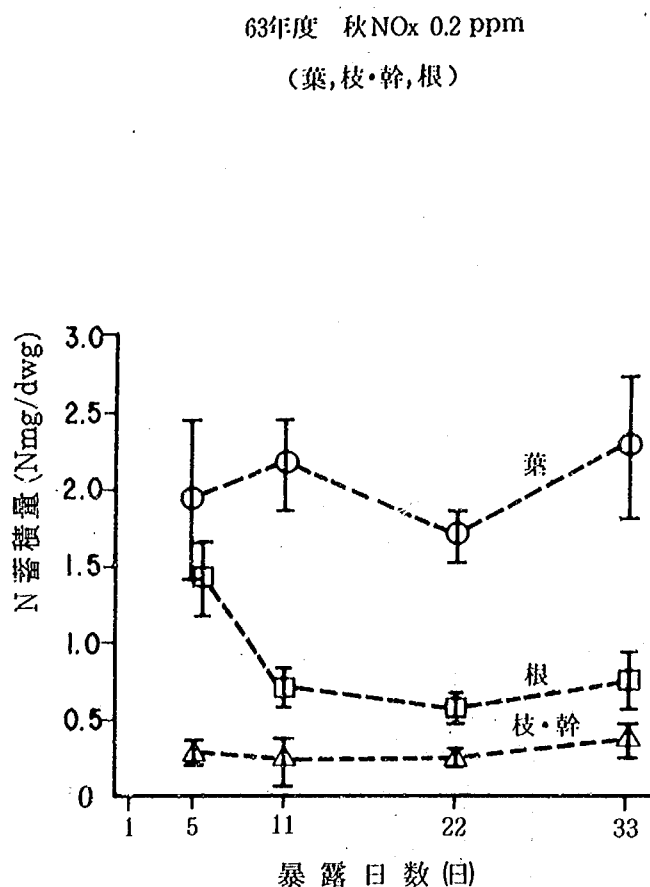
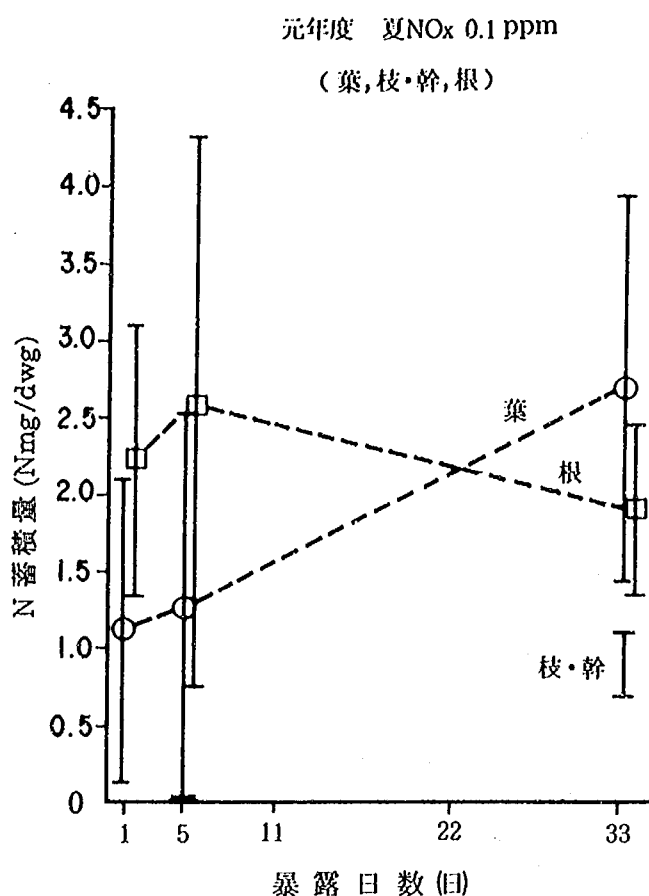


図-2・16 各器官別のN蓄積量

2.6 植物のNO_x吸収効果の評価

2.6.1 植物個体の器官別現存量調査

(1) 現存量の実測

実大の樹木のNO_x吸収能力を推定する資料を得るために、窒素の貯蔵庫としての植栽樹木の各器官別現存量を実測した。

ア) 実測準備

調査木として常緑樹で緑化に多く使用され、NO_x吸収量(葉中N蓄積量)も中程度と確認されたクスノキを選定した。

- ・対象樹木 クスノキ大, 中, 小の各1本

(移植後年数が経過し自然に近いもの)

- ・採取場所 東京都調布市深大寺の植木畑地先(巻頭写真-16~17参照)

イ) 実測

3個体の調査木について、以下の実測を行った(図-2・17)。

採取時期

平成元年11月17, 18日

測定項目

- ・樹木形状の測定 高さ (H)
葉張り (W)
胸高直径 (DBH)

・植物体重量の測定

- (地上部) 葉 生重量 乾燥重量
枝 生重量 乾燥重量
幹 生重量 乾燥重量
(地下部) 根 生重量 乾燥重量

・葉面積

葉面積は一部の試料について測定した。

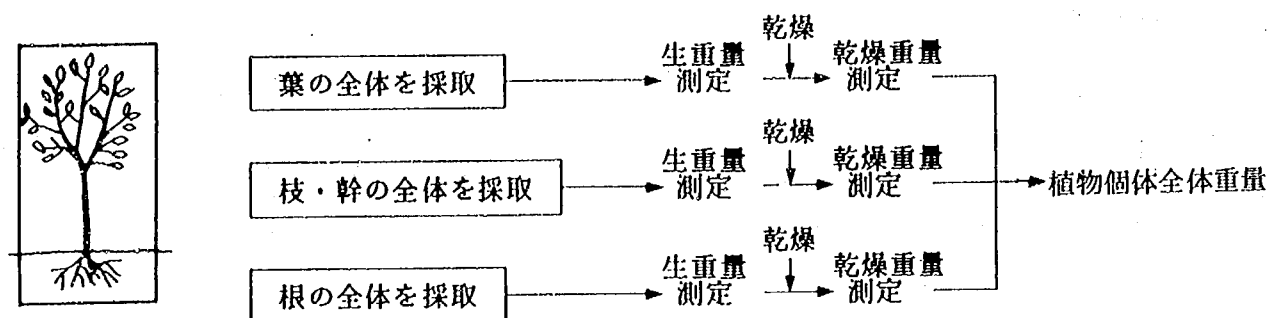


図-2・17 現存量の実測

ウ) データの整理

現存量の測定結果を図表に整理した。

(2) 現存量の測定結果

ア) 樹木形状

調査木の形状は表-2・20のとおりであった。高さは約5m~8m, 胸高直径は約7cm, 10cm, 20cmである。

表-2・20 調査木の形状

区分 分類	高さ m	周囲 (胸高直径) cm (DBH) cm	葉張り (樹冠投影面積) m m ²
クスノキ 大	8.1	61.2 (19.5)	5.2 (37.7)
クスノキ 中	5.4	33.0 (10.5)	2.9 (6.6)
クスノキ 小	4.8	22.8 (7.3)	2.6 (5.3)

イ) 植物体重量 (地上部, 地下部)

測定結果を表-2・21, 及び図-2・18に示す。

表-2・21 調査木の植物体重量

分 類	区 分	生重量 g		乾燥重量 g		含 水 率
クスノキ (大) φ19.5cm	葉	27,139 (9.1%)		10,231 (7.3%)		0.623
	枝	62,931 (21.1%)	182,281 (61.2%)	29,326 (21.0%)	96,043 (68.8%)	0.534
	幹	119,350 (40.1%)		66,717 (47.8%)		0.441
	根	88,285 (29.7%)		33,372 (23.9%)		0.622
	計	297,705 (100.0%)		139,646 (100.0%)		0.531
クスノキ (中) φ10.5cm	葉	5,700 (7.8%)		2,081 (6.1%)		0.635
	枝	10,767 (14.6%)	43,673 (59.2%)	4,781 (14.1%)	21,826 (64.3%)	0.556
	幹	32,906 (44.6%)		17,045 (50.4%)		0.482
	根	24,156 (32.9%)		9,976 (29.4%)		0.587
	計	73,529 (100.0%)		33,883 (100.0%)		0.539
クスノキ (小) φ7.3cm	葉	8,112 (20.4%)		2,904 (17.5%)		0.642
	枝	9,344 (23.5%)	24,528 (61.5%)	3,831 (23.1%)	10,876 (65.6%)	0.59
	幹	15,184 (38.0%)		7,045 (42.5%)		0.536
	根	7,205 (18.1%)		2,810 (16.9%)		0.61
	計	39,845 (100.0%)		16,590 (100.0%)		0.584

注) 含水率 = (生重量 - 乾燥重量) / 生重量

①総重量（乾燥重量）

地上部、地下部の合計乾燥重量は以下のものであった。

クスノキ	大	139.6kg
〃	中	33.9kg
〃	小	16.6kg

②各器官の重量

いずれの調査木も乾燥重量でみると、幹の占める割合が最も高く40～50%であった。また、幹と枝を合わせると60～70%を占め、木が大きいほど幹、枝の割合が大きい傾向がみられた。

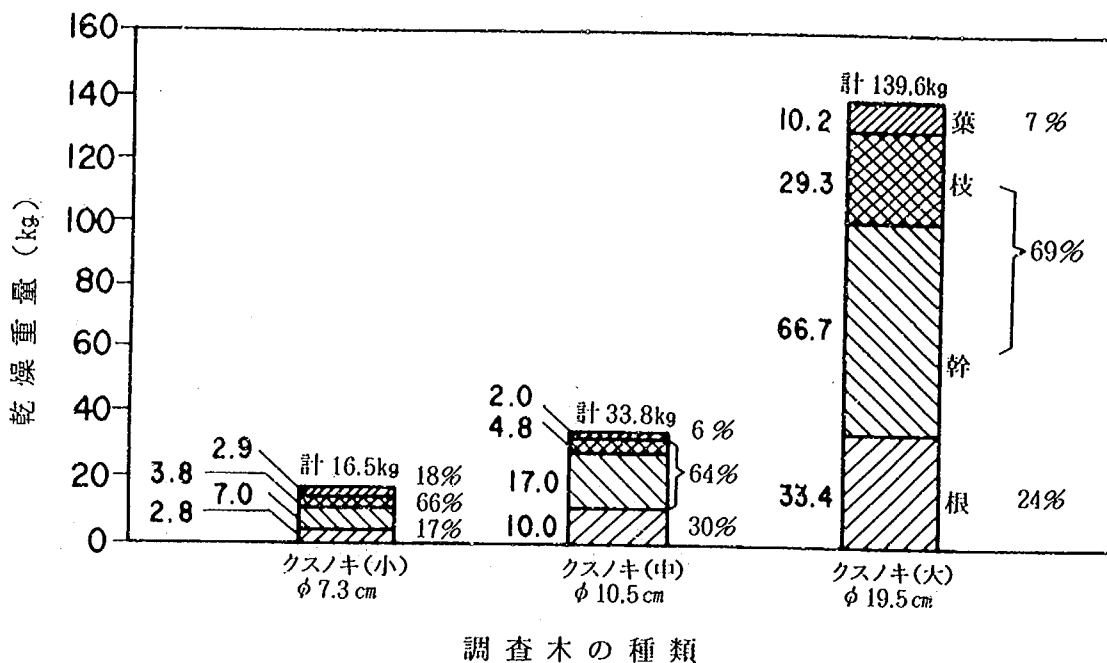


図-2・18 調査木の現存量 注) 各器官ごとの乾燥重量kgで示す

ウ) 葉面積

各調査木の葉の乾燥重量と葉面積を測定し、乾燥重量当たりの葉面積を求め、調査木の葉の乾燥重量から樹木全体の葉面積、及び葉面積指数を推定した（表-2・22）。推定結果はクスノキ（大）の総葉面積は164m²、（中）は33m²、（小）は47m²であり、葉面積指数は（大）、（中）は4～5、（小）は8.8であった。なお（小）は高い値となっているが、これは下枝が多いためこのような結果となった。

表-2・22 葉の測定値

区 分 分 類	測定値			推定値	
	葉の総乾燥重量 Wdwg	乾燥重量1g 当たり葉面積 som/g	樹冠投影面積 S m ²	総葉面積 A m ²	葉面積指数 L A I
クスノキ (大)	10,231	160.63	37.7	164.34	4.4
〃 (中)	2,081	〃	6.6	33.43	5.1
〃 (小)	2,904	〃	5.3	46.65	8.8

$$A = W \times s$$

$$L A I = A / S$$

(3) 胸高直径と各器官別現存量の関係

3本のクスノキの測定結果により、胸高直径と植物個体乾燥重量の関係をみた。その結果を表-2・23、図-2・19に示す。また、器官別にみた場合においてもどの器官の乾燥重量も胸高直径との相関が高いことを確認した。

表-2・23 クスノキの胸高直径と全重量

分 類	現存量調査木		分 類	実 験 木	
	胸高直径 ϕ cm	全重量 dwg		胸高直径 ϕ cm	全重量 dwg
クスノキ (大)	19.5	139,646	クスノキ c 2-1	0.9	38
			-2	0.8	53
			-3	0.9	36
クスノキ (中)	10.5	33,883	c 3-1	0.7	43
			-2	0.7	32
			-3	1.0	48
クスノキ (小)	7.3	16,590	-4	0.8	37
			-5	0.8	45
			-6	0.8	47
			-10	1.1	52
			-11	0.6	28
			-12	0.9	36
			c 3-7	1.1	85
			-8	0.8	58
			-9	0.9	130
			平 均	8.5	51

注1) 今回の調査で測定したもの

注2) 全重量は葉、枝・幹、根の合計

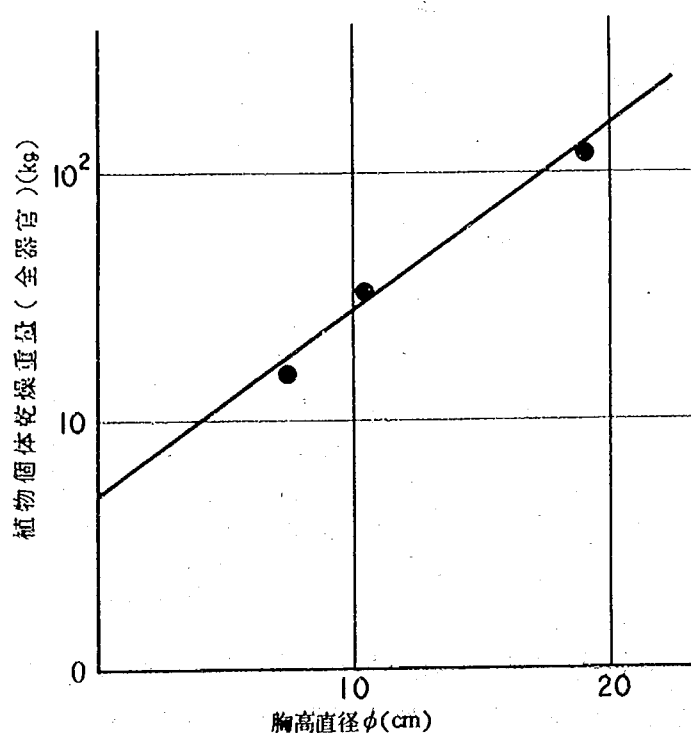


図-2・19 クスノキの胸高直径と乾燥重量

注) 現存量調査より

2.6.2 樹木1本当たりのNO_x吸収量

緑地帯に使用される植物のNO_x吸収効果を評価するために、まず、一般環境中での暴露条件下で植物葉がNO_xをどれだけ吸収するかを試算し、次に、樹木1本当たりではどれだけのNO_xを吸収するかを試算した。

(1) 植物葉のNO_x吸収量

これまでの実験結果より暴露濃度差、樹種、季節が植物のNO_x吸収量に影響を及ぼすことが分かっている。そこで、これまでの実験結果を用い、以下の条件を与えた時の植物群毎（NO_x吸収量大、中、小：表—2・15参照）の植物葉のNO_x吸収量を求める。

〈試算条件〉 ・大気中のNO_x濃度の設定 0.05ppm

自動車排出ガスの継続測定局22局の年平均値の単純平均値はNO₂ 0.042ppm、NO 0.075ppmであり、NO_x濃度では0.117ppmとなっている（63年度）。沿道の緑地帯では車道から離れるに従い、NO_x濃度は低下することから、植物周辺のNO_x濃度を約0.05ppmと設定した。

・季節 …………… 夏季

・期間 …………… 約1ヶ月

実験結果よりNO_x濃度0.05ppmの場合の植物群（3分類）毎の植物葉のN蓄積能力を予測するため、これまでの実験結果（表—2・14）を用い、数量化I類による分析を行った（参考資料参照）。

分析結果を用い、NO_x濃度0.05ppm、夏季の場合の植物群（3分類）毎のN蓄積量の予測を行った結果を表—2・24に示す。

表—2・24 植物のN蓄積量の予測結果（NO_x濃度0.05ppm、夏季、約1ヶ月、Nmg/dwg）

能力 7区分	大		中				小
	高木 落葉樹	草本類	高木 落葉樹	高木 常緑樹	中木 落葉樹	中木 常緑樹	低木
各樹木別 予測値	1.6	2.1	1.0	1.5	1.1	1.0	-0.9
	1.4	3.4	0.6	0.4	0.4	0.2	0.1
	1.7	0.9		-1.3			-1.1
	4.0			0.2			-1.5
平均	2.16		0.83				0.1
標準偏差	1.13		0.52				

このようにして予測されたN蓄積量をもとに、植物葉のNO_x吸収量を試算した。ここでNO_xの吸収量試算にはNO₂の分子量を用いた。すなわち、Nの分子量は14でありNO₂の分子量は46であることから、N蓄積量の46/14倍のNO_xが植物量に吸収されたこととした。結果を表—2・25に示す。

なお、この試算は植物葉に蓄積されていたNから求めてきたもので、枝・幹、根等への転流は含まれていない。

表-2・25 植物葉のNO_x吸収量の推定（NO_x0.05ppm，夏季，約1ヶ月）

NO _x 吸収能力	植物群	N蓄積量 mg/dwg・夏・1ヶ月	NO _x 吸収量 mg/dwg・夏・1ヶ月
(大)	高木 落葉樹 草本類	2.2	7.2
(中)	高木 針葉樹 常緑樹 中木 落葉樹 常緑樹	0.8	2.6
(小)	低木	0.1	0.3

*注) NからNO_xへの換算は分子量N=14、NO_x=46（NO₂分子量）。

(2) 植物1個体のNO_x吸収量

前項で把握した植物葉乾燥重量1g当たりのNO_x吸収能力をもとに、現存量調査の結果より得られた植物1個体当たりの乾燥重量を重ね合わせ、植物1個体当たりのNO_x吸収量を試算した。試算条件は以下のとおりである。

〈試算条件〉

- ・ NO_x濃度 ——— 0.05ppm
- ・ 季節 ————— 夏季
- ・ 期間 ————— 約1ヶ月

①植物葉のNO_x吸収量

試算条件下での植物葉の単位乾燥重量当たりのNO_x吸収量は前項の算出結果より以下のとおりである。

NO _x 吸収能力	大	7.2	NO _x mg/dwg	夏1ヶ月
〃	中	2.6	〃	〃
〃	小	0.3	〃	〃

②植物1個体当たりの乾燥重量

成木の1個体当たりの乾燥重量は現存量調査結果より求めた図-2・19を用いて求める。計算例を以下に示す。

・ 成木の1個体当たりの乾燥重量（例）

（全乾燥重量）

胸高直径	20cm	156	kg
〃	10cm	28	kg
〃	5cm	12	kg

成木の1個体の全乾燥重量に対する葉の乾燥重量の割合は表—2・21よりクスノキ（大），（中），（小）の平均を求めると約10%となるので葉の占める割合（存在比）を10%と仮定した。

$$\text{葉の乾燥重量} = 1 \text{ 個体当たりの全乾燥重量} \times 0.10 \dots\dots\dots (2 \cdot 1) \\ \text{(存在比)}$$

③成木1個体当たりのNO_x吸収量

成木のNO_x吸収量を次式によって求めた。2・5・5で検討したように植物個体の器官別蓄積状況は少なくとも葉と同量のNが根及び枝・幹に蓄積されることが確認されている。そこで，葉のNO_x吸収量に対する成木1個体当たりのNO_x吸収量（蓄積比）を2倍として試算を行った。試算結果を表—2・26に示す。

$$\text{成木の個体当たり} \begin{array}{l} \text{のNO}_x\text{吸収量} \end{array} = \begin{array}{l} \text{葉の単位乾燥重量当たりの} \\ \text{NO}_x\text{吸収量 (前項の推定値)} \end{array} \times \begin{array}{l} \text{葉の乾燥重量} \times 2 \\ \text{(蓄積比)} \end{array} \dots\dots\dots (2 \cdot 2)$$

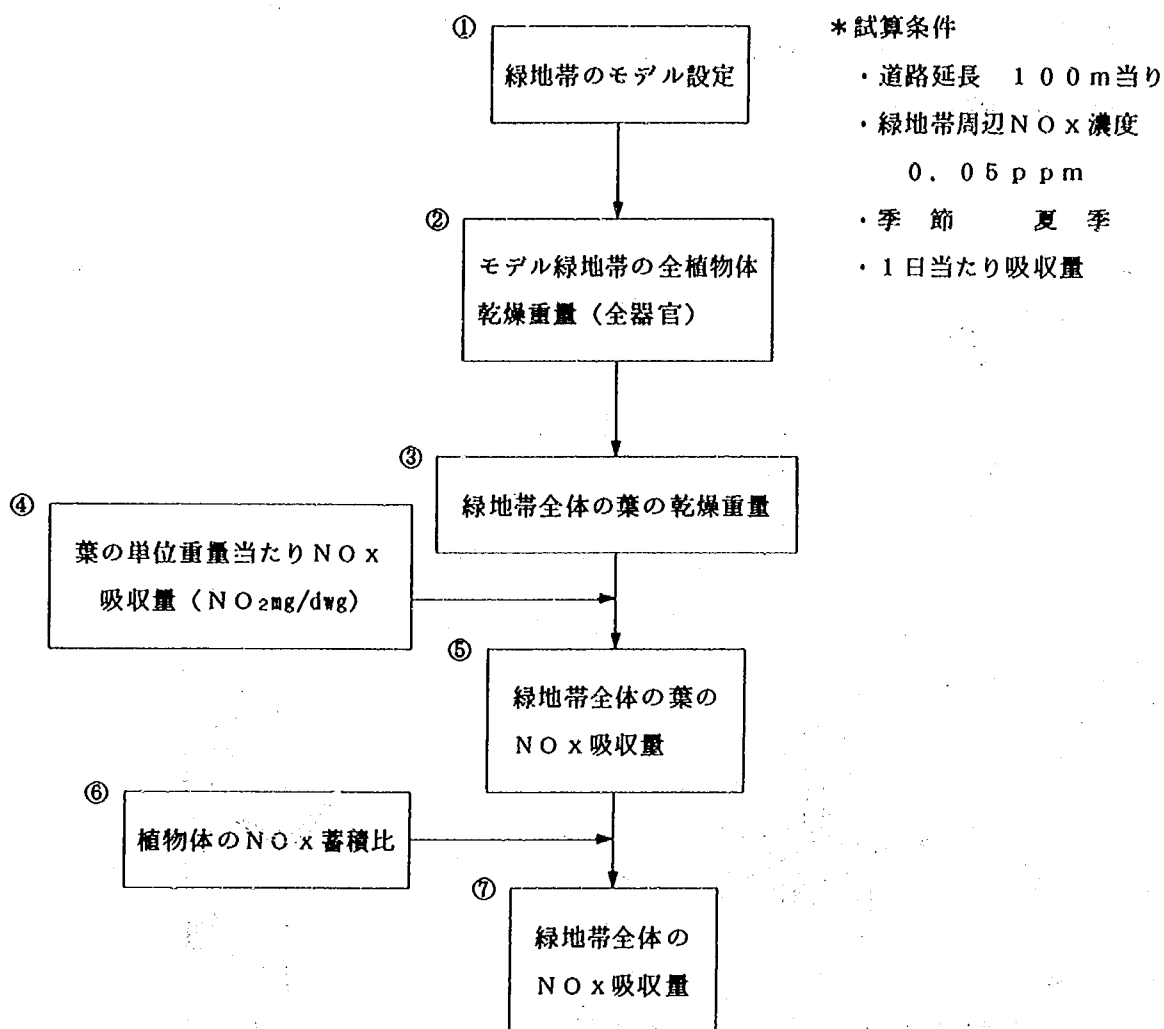
表—2・26 植物1個体当たりのNO_x吸収量¹⁾(NO_x濃度0.05ppm暴露)

単位：NO_xg/夏1ヶ月

区分 分類	胸高直径		
	20cm	10cm	5cm
NO _x 吸収能力（大）高木落葉樹 草本類	225	40	17
" (中) 高木常緑樹 " 常緑樹 中木落葉樹 " 常緑樹 15 6 	—	15	6
" (小) 低木	—	—	1

2.6.3 緑地帯としてのNO_x吸収量

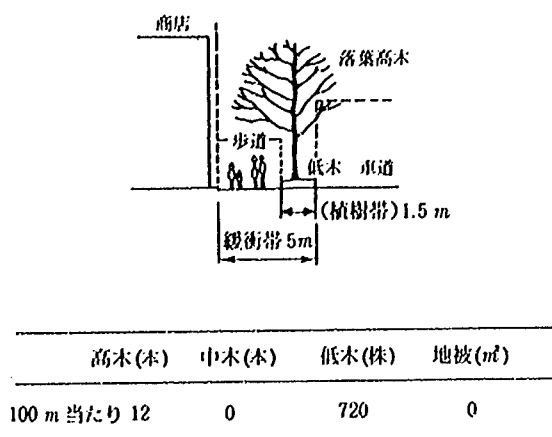
道路沿道に設置された緑地帯が自動車から排出されるNO_xガスをどれほど吸収するかを把握するため、緑地帯のモデルを設定し、緑地帯の幅員と交通量の組み合わせでのNO_x吸収量を試算した。手順を図一2・20に示す。



図一2・20 NO_x吸収量推定手順

(1) 緑地帯のモデル設定

緑地帯のモデルの設定にあたっては、「沿道地域の居住環境整備に関する総合技術の開発報告書²³⁾」より、図一2・21・1～2・21・3に示す3種（A，B，C）のモデル緑地帯を設定し、樹種を高木・中木・低木・草本（つる植物・地被植物）に分類し、100m当たりの存在量を仮定した。



緑地帯 1.5 m

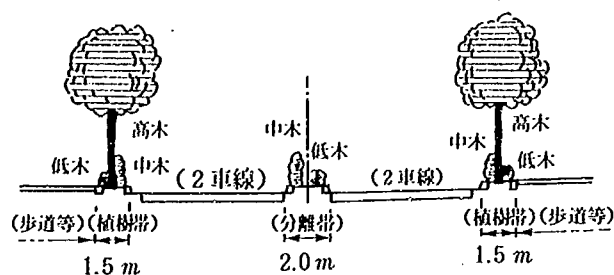
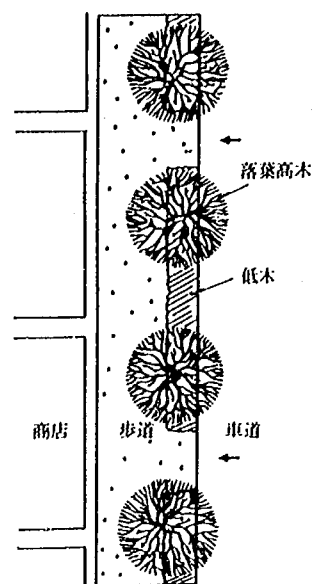
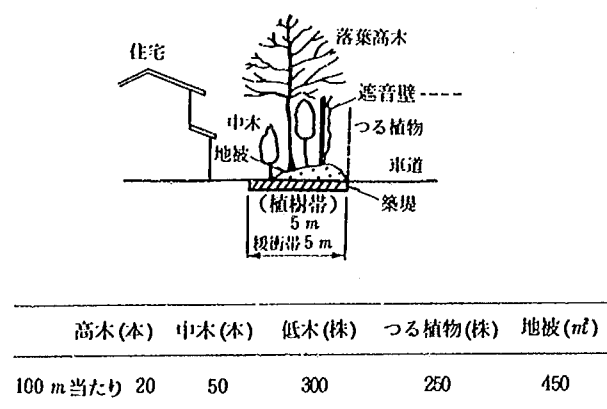


図-2.21.1 対象緑地帯モデル^{22) 23) 24)} (A)



緑地帯 3.0 m

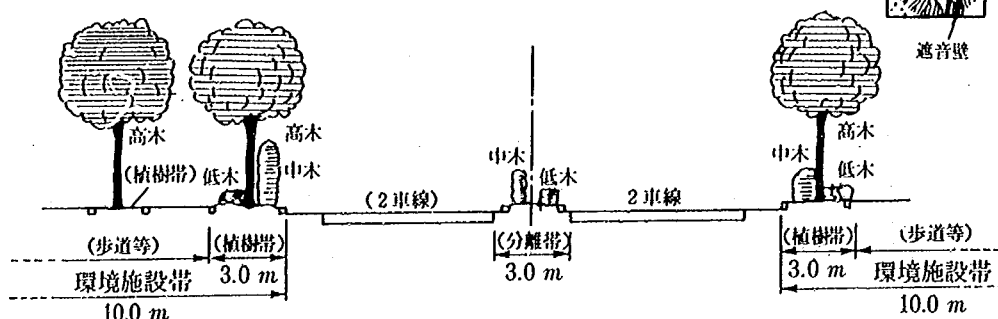
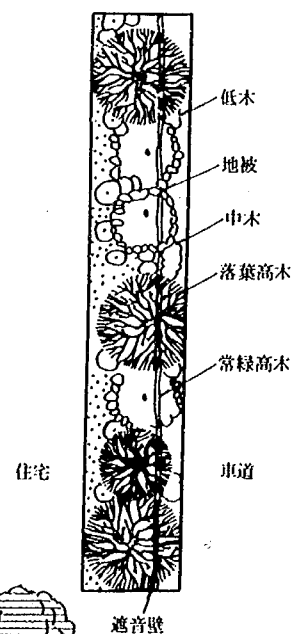
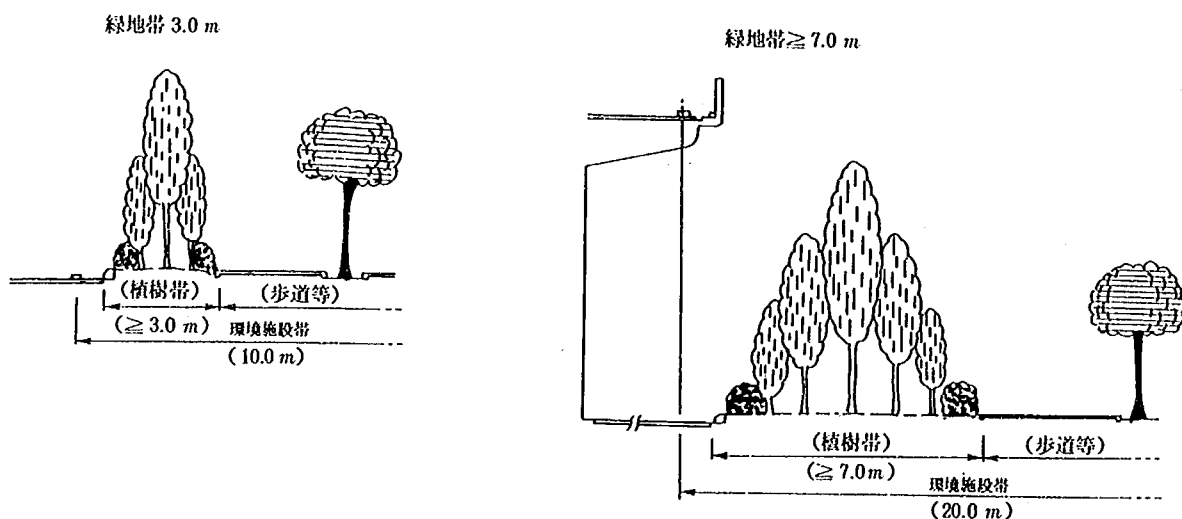
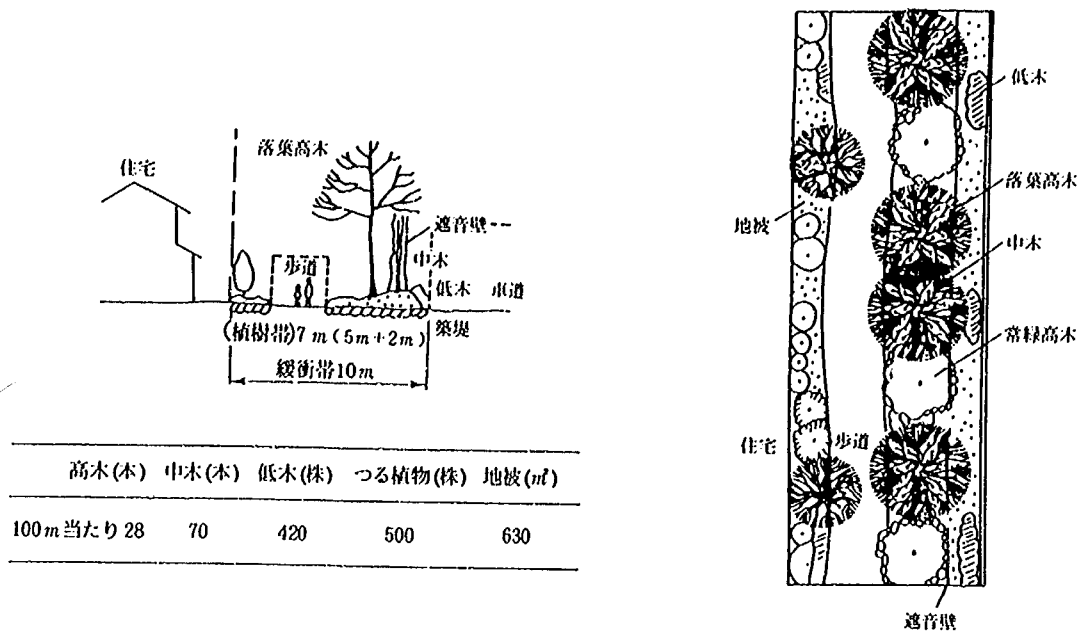


図-2.21.2 対象緑地帯モデル^{22) 23) 24)} (B)



図—2・21・3 対象緑地帯モデル^{22) 23) 24)} (C)

(2) 緑地帯のNO_x吸収量

①モデル緑地帯の全植物体乾燥重量(全器官)の算出

(1)で設定したモデル緑地帯3種(A, B, C)毎の高木, 中木, 低木, 草本の構成から, 道路延長100m当たりの全植物体の乾燥重量を試算した。高木は胸高直径18cm, 中木は7cmとして図—2・19より1本当たりの乾燥重量を求め, 低木は1株当たり乾燥重量を0.31kgとし, 草本は1m²当たりの乾燥重量を2kgとした。また, 高木については, 落葉樹と常緑樹の比率が1:2として, NO_x吸収能力大のものと中のものを1:2とおき, NO_x吸収能力別乾燥重量を試算した。試算結果を表—2・27に示す。

表-2・27 モデル緑地帯の植物量 道路延長100m当たり

モデル の種類	区分	数 量 (本, 株)	乾 燥 重 量
モデルA 緑地帯幅 1.5m×2 (300m ²)	高 木	12×2=24本 (平均φ18cm)	能力 大 8×110=880 " 中 16×" =1,760
	中 木	-	
	低 木	720×2=1,440株	能力 小 1,440×0.3=432
	草 本	-	
	計		能力 大 880kg (293kg/100m) " 中 1,760" (587 ") " 小 432" (144 ")
モデルB 緑地帯幅 3.0m×2 (600m ²)	高 木	15×2=30本 (平均φ18cm)	能力 大 10×110=1,100 " 中 20×" =2,200
	中 木	20×2=40本 (平均φ7cm)	能力 中 40×7=680
	低 木	200×2=400株	能力 小 400×0.3=120
	草 本	100×2=200m ²	能力 大 200×2=400
	計		能力 大 1,500kg (250kg/100m) " 中 2,800" (480 ") " 小 120" (20 ")
モデルC 緑地帯幅 7.0m×2 (1400m ²)	高 木	20×2=40本 (平均φ18cm)	能力 大 12×110=1,320 " 中 28×" =3,080
	中 木	70×2=140本 (平均φ7cm)	能力 中 140×17=2,380
	低 木	420×2=840株	能力 小 840×0.3=252
	草 本	350×2=700m ²	能力 大 700×2=1,400
	計		能力 大 2,720kg (194kg/100m) " 中 5,460" (390 ") " 小 252" (18 ")

注) 乾燥重量は図-2・19より求めた。

草本(シバ)は実験植物より(44g/鉢/1,000)×(10,000cm²/500cm²/鉢)×2.3(全器官)=2kg/m²を用いた。

②緑地帯のNOx吸収量の設定

2.6.2の算出方法を用い、①で試算したモデル緑地帯3種(A, B, C)毎の全植物体乾燥重量より1日当たりの緑地帯のNOx吸収量を下式により算出した。算出結果を以下に示す。

(緑地帯のNOx吸収量) =

(緑地帯の乾燥重量) × (葉の存在比=0.10) × (葉単位乾燥重量当たりのNOx吸収量)
× (植物体のN蓄積比=2) ÷ (33日) (2・3)

ここで葉のNOx吸収量はNOx吸収能力毎に以下の値を用いる。

NOx吸収能力	(大)	7.2	NOx	mg/dwg	夏1ヶ月
〃	(中)	2.6	〃		
〃	(小)	0.3	〃		

・緑地帯のNOx吸収量

モデルA (幅1.5m 両側100m当たり)

能力 大 $88 \times 7.2 \times 2 \div 33 = 38.4$

〃 中 $176 \times 2.6 \times 2 \div 33 = 27.7$

〃 小 $43 \times 0.3 \times 2 \div 33 = 0.8$ 計 70NOx g/100・m/day

モデルB (幅3.0m 両側100m当たり)

能力 大 $150 \times 7.2 \times 2 \div 33 = 65.5$

〃 中 $288 \times 2.6 \times 2 \div 33 = 45.4$

〃 小 $12 \times 0.3 \times 2 \div 33 = 0.2$ 計 110NOx g/100・m/day

モデルC (幅7.0m 両側100m当たり)

能力 大 $272 \times 7.2 \times 2 \div 33 = 118.7$

〃 中 $546 \times 2.6 \times 2 \div 33 = 86.0$

〃 小 $25 \times 0.3 \times 2 \div 33 = 0.5$ 計 200NOx g/100・m/day

・道路延長100m当たり

・NOx濃度0.05ppm

・夏季

・1日当たり

(3) NO_x排出量

検討対象とする道路の交通量を3段階設定し（3万台／日～10万台／日），大型車混入率40％として，自動車からのNO_x排出量を設定した。

設定にあたり，1台当たりのNO_x排出量は走行速度を大型車80km／h，小型車100km／hとし，環境影響評価に用いている次の値を用いた。

小型車 0.44 NO_x g／km・台

大型車 2.2 NO_x g／km・台

この条件下でNO_x排出量を算定すると道路延長100m，一日当たりは以下ようになる。

交通量3万台／日

$$\{ (0.44 \times 18,000) + (2.2 \times 12,000) \} \times 1 / 10 = 3,432 \text{ g} / 100\text{m} / \text{day}$$

交通量5万台／日

$$\{ (0.44 \times 30,000) + (2.2 \times 20,000) \} \times 1 / 10 = 5,720 \text{ g} / 100\text{m} / \text{day}$$

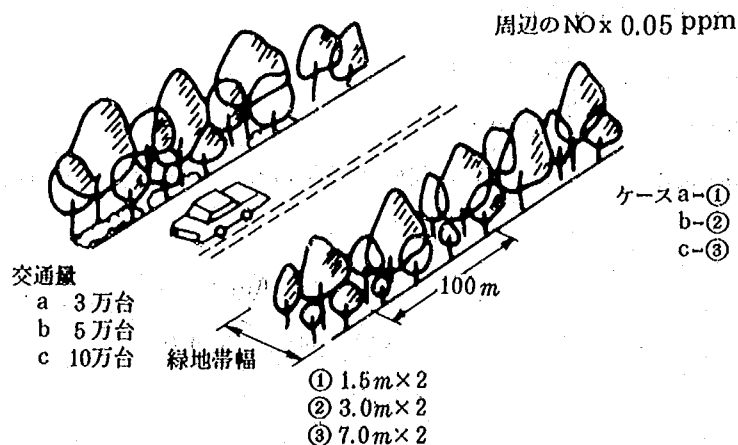
交通量10万台／日

$$\{ (0.44 \times 60,000) + (2.2 \times 40,000) \} \times 1 / 10 = 11,440 \text{ g} / 100\text{m} / \text{day}$$

(4) 緑地帯のNO_x吸収効果の評価

道路での緑地帯が自動車から排出されるNO_xガスを吸収する効果について，緑地帯の幅員の組み合わせでの試算を行った。結果は以下のである。

この排出量算定結果を用い，(3)で試算したモデル緑地帯のNO_x吸収量とを比較すると表－2・28のようになり緑地帯のNO_x吸収効果は概ね排出量の数％のオーダーであることが算出された（図－2・22，表－2・28）。



図－2・22 道路でのNO_x発生量との比較

表-2・28 緑地帯のNOx吸収効果(夏季) (%)

緑地帯幅 及び NOx吸収量 交通量 及び NOx排出量	A ①1.5m×2(両側) 70 NOx g/100m/day	B ②3.0m×2(両側) 110 NOx g/100m/day	C ③7.0m×2(両側) 200 NOx g/100m/day
a 3万台 4,000 NOx g/100m/day	1.8	2.8	5.0
b 5万台 6,000 NOx g/100m/day	1.2	1.8	3.3
c 10万台 12,000 NOx g/100m/day	0.6	0.9	1.7

注) 自動車から排出されるNOx量と緑地帯で吸収すると試算されたNOx量とを対比させてある。

参 考 資 料

—数量化Ⅰ類による検討—

予測は数量化Ⅰ類により，表－１の夏季のデータを使用した，結果は以下のとおりである。

・サンプルスコア

植物葉のN蓄積能力を決める要因として 樹種＞季節＞濃度の順位で影響している。

表－１ サンプルスコア表（決定係数）

順 位	ア イ テ ム 名	レ ン ジ
1 位	ジュシュ	5.5000
2 位	キセツ4クブン	2.0119
3 位	ノウドスウリョウカ	1.7200

・カテゴリースコア，レンジ

樹種，季節，濃度の各カテゴリースコア，レンジを表－２に示す。

・予測

$NO \times 0.05ppm$ ，夏季の場合の植物群ごとの予測結果を表－３に示す。

予測値の算出については表－４に示す。

表-2 数量化I類 カテゴリースコア・レンジ表

1.ジュシュ			レンジ	5.5000	平均	1.9687	(x 1)	
カテゴリー名	n	カテゴリースコア	-3.0	-1.0	0	1.0	3.0	5.0
1.C-1	7	-0.049			I			
2.C-2	3	-0.495			*****I			
3.C-3	17	0.477			I*****			
4.C-4	9	-0.646			*****I			
5.C-5	1	-2.368			*****I			
6.C-6	1	-0.868			*****I			
7.C-7	3	0.590			I*****			
8.C-8	2	0.302			I***			
9.C-9	3	0.623			I*****			
10.C-10	1	2.932			I*****			
11.C-11	1	0.032			I			
12.C-12	1	-0.668			*****I			
13.C-13	8	-0.055			I			
14.C-14	1	-0.868			*****I			
15.C-15	1	-1.968			*****I			
16.C-16	1	-0.968			*****I			
17.C-17	1	-2.168			*****I			
18.C-18	1	-2.568			*****I			
19.C-19	3	1.012			I*****			
20.C-20	1	2.332			I*****			
21.C-21	1	-0.168			*I			

2.キセツ4クアーン			レンジ	2.0119	平均	1.9687	(x 1)
カテゴリー名	n	カテゴリースコア	-2.0	-1.0	0	1.0	2.0
1.C-1	5	0.861				I*****	
2.C-2	36	0.508				I*****	
3.C-3	17	-0.719			*****I		
4.C-4	9	-1.151			*****I		

3.ノウトスウリョウカ			レンジ	1.7200	平均	1.9687	(x 1)
カテゴリー名	n	カテゴリースコア	-2.0	-1.0	0	1.0	
1.C-1	8	-1.429			*****I		
2.C-2	8	-0.429			*****I		
3.C-3	51	0.291			I*****		

表-3 植物葉のN蓄積量の予測結果 (NO × 0.05ppm, 夏季, 約1ヶ月, Nmg/dwg)

能力	大		中				小
7 区 分	高木 落葉樹	草本類	高木 針葉樹	高木 常緑樹	中木 落葉樹	中木 常緑樹	低木
予 測 値	1.6 1.4 1.7 4.0	2.1 3.4 0.9	1.0 0.6	1.5 0.4 -1.3 0.2	1.1 0.4	1.0 0.2	-0.9 0.1 -1.1 -1.5
平均標準偏差	2.16 1.13		0.83 0.52				0.1

表-4 予測値の算出

区 分		種 名	カテゴリースコア				予測値
			樹 種	季節 (夏)	濃 度 (0.05ppm)	平 均	
高 木	針 葉 樹	a カイズカイブキ	-0.049	0.508	-1.429	1.9687	0.999
		b クロマツ	-0.495	0.508	-1.429	1.9687	0.553
	常緑広葉樹	c クスノキ	0.477	0.508	-1.429	1.9687	1.525
		d マテバシイ	-0.646	0.508	-1.429	1.9687	0.402
		e ヤマモモ	-2.368	0.508	-1.429	1.9687	-1.320
		f シラカン	-0.868	0.508	-1.429	1.9687	0.180
	落葉広葉樹	g イチョウ	0.590	0.508	-1.429	1.9687	1.638
		h ケヤキ	0.302	0.508	-1.429	1.9687	1.350
		i サクラ	0.623	0.508	-1.429	1.9687	1.671
		j ニセアカシア	2.932	0.508	-1.429	1.9687	3.980
中 木	落葉広葉樹	k アメリカハナミズキ	0.032	0.508	-1.429	1.9687	1.080
		l シデコブシ	-0.668	0.508	-1.429	1.9687	0.380
	常緑広葉樹	m サングジュ	-0.055	0.508	-1.429	1.9687	0.993
		n オトメツバキ	-0.868	0.508	-1.429	1.9687	0.180
		o ウバメガシ	-1.968	0.508	-1.429	1.9687	-0.920
低 木	常緑広葉樹	p オオムラサキツツジ	-0.968	0.508	-1.429	1.9687	0.080
		q シャリンバイ	-2.168	0.508	-1.429	1.9687	-1.120
	落葉広葉樹	r ドウダンツツジ	-2.568	0.508	-1.429	1.9687	-1.520
地 被 植 物		s ノシバ	1.012	0.508	-1.429	1.9687	2.060
		t アイビー	2.332	0.508	-1.429	1.9687	3.380
		u K31フェスク	-0.168	0.508	-1.429	1.9687	0.880

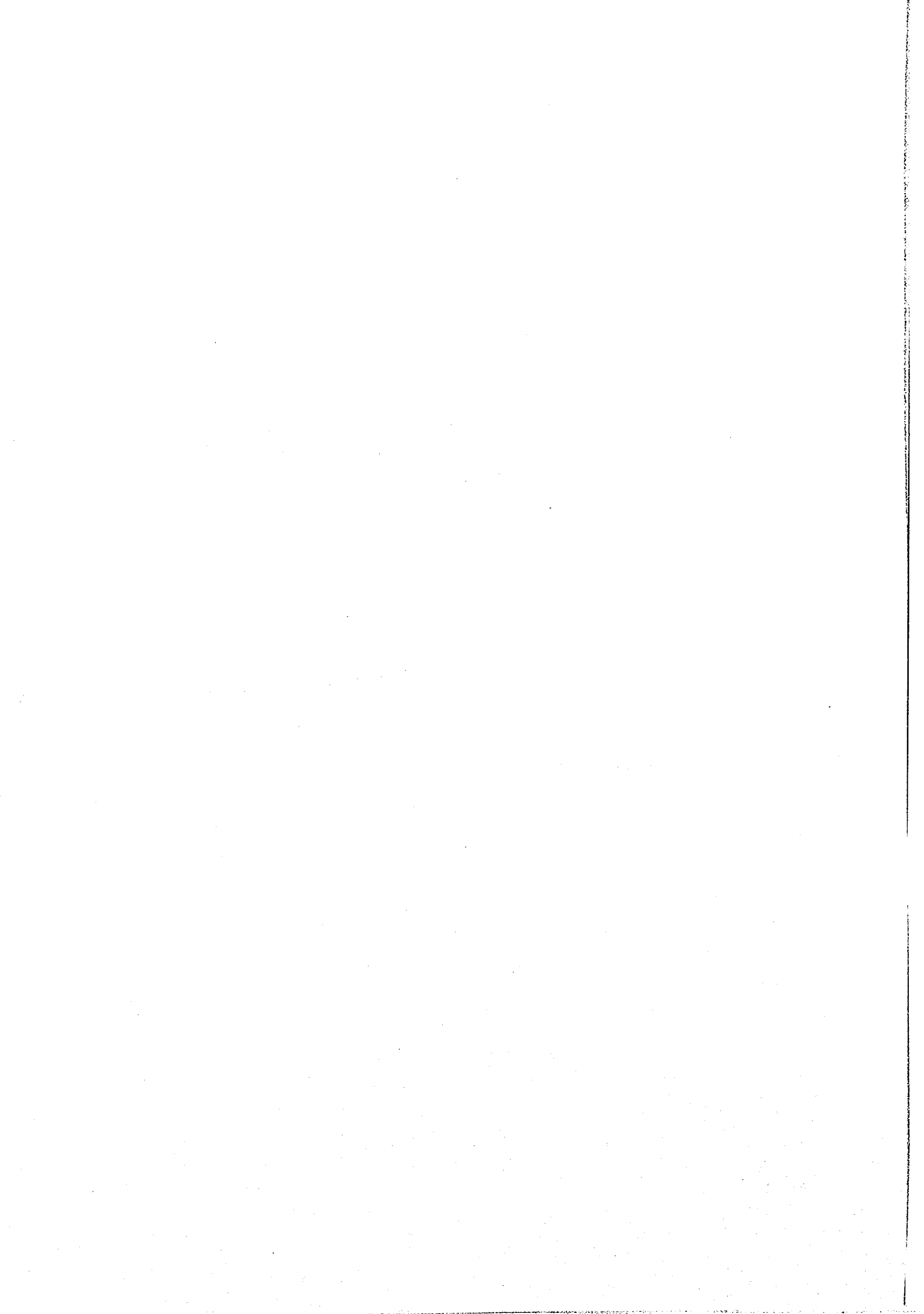
表-5 ^{15}N 分析結果 (元年度)

植物	NOx暴露		個体番号	葉						枝・幹					根					全器官							
	濃度	期間		乾重量		N濃度		N含量		暴露由来 N		乾重量		N濃度		N含量		暴露由来 N		乾重量		N濃度		N含量		暴露由来 N	
				dwg	mg/dwg	mg/part	mg/part	mg/dwg	mg/dwg	mg/part	mg/part	mg/dwg	dwg	mg/dwg	mg/part	mg/part	mg/dwg	dwg	mg/dwg	mg/part	mg/part	mg/dwg	dwg	mg/dwg	mg/part	mg/part	mg/dwg
c 7/14 別個体 追跡	0.05 ppm	1日	c2-1	16.60	9.3	154.4	32.65	1.97																			
			c2-2	13.20	11.7	154.4	36.05	2.73																			
			c2-3	16.90	9.0	152.1	44.00	2.60																			
			平均	15.57	10.0	153.6	37.57	2.43																			
		5日	c2-4	21.41	8.3	177.7	82.66	3.86																			
			c2-5	25.71	10.3	264.8	104.91	4.08																			
			c2-6	20.43	9.8	200.2	63.35	3.10																			
			平均	22.52	9.5	214.2	83.64	3.68																			
		33日	c2-7	19.85	10.6	210.4	36.62	1.85																			
			c2-8	16.23	10.3	167.2	35.14	2.16																			
			c2-9	19.49	9.9	193.0	31.21	1.60																			
			平均	18.52	10.3	190.2	34.32	1.87																			
c 7/14 (大) 同一個 体追跡		1日	c2-1-①	2.58	10.0	25.8	3.28	1.27																			
		5日	c2-1-②	2.43	13.0	31.6	4.64	1.91																			
		11日	c2-1-③	3.10	11.0	34.1	7.32	2.36																			
		22日	c2-1-④	3.63	12.2	44.3	10.29	2.84																			
		33日	c2-1-⑤	6.98	11.6	81.0	9.30	1.33																			
		平均		3.74	11.6	43.4	6.97	1.94																			
c 7/14 別個体 追跡	0.10 ppm	1日	c3-1	21.34	10.6	226.2	47.54	2.23							40.47	12.6	509.9	97.97	2.42								
			c3-2	12.84	12.9	165.6	10.39	0.81							32.69	8.9	290.9	41.87	1.28								
			c3-3	18.98	8.8	167.0	6.74	0.36							25.21	10.2	257.1	75.38	2.99								
			平均	17.72	10.8	186.3	21.56	1.13							32.79	10.6	352.6	71.74	2.23								
		5日	c3-4	14.18	10.2	144.6	14.50	1.02							22.36	7.5	167.7	56.45	2.53								
			c3-5	15.86	9.2	146.1	2.51	0.16							28.54	8.4	239.7	126.11	4.42								
			c3-6	16.37	10.4	170.2	43.14	2.64							38.28	7.9	302.4	30.63	0.80								
			平均	15.48	9.9	153.6	20.05	1.27							29.73	7.9	236.6	71.06	2.58								
		33日	c3-7	17.59	9.5	167.1	38.99	2.22	31.58	3.8	120.0	22.75	0.72	35.72	9.3	332.2	53.85	1.51	84.89	7.3	619.3	115.59	1.36				
			c3-8	11.95	11.0	131.5	49.13	4.11	12.36	3.7	45.7	10.60	0.86	33.42	10.1	337.5	55.95	1.67	57.73	8.9	514.7	115.69	2.00				
			c3-9	23.86	8.5	202.8	41.76	1.75	48.61	3.9	189.6	53.79	1.11	57.94	7.0	405.6	146.93	2.54	130.41	6.1	798.0	242.48	1.86				
			平均	17.80	9.7	167.1	43.29	2.69	30.85	3.8	118.4	29.05	0.90	42.36	8.8	358.4	85.58	1.91	91.01	7.4	644.0	157.92	1.74				
c 7/14 (大) 同一個 体追跡		1日	c3-1-①	3.48	10.6	36.9	7.57	2.18																			
		5日	c3-1-②	3.04	10.7	32.5	4.28	1.41																			
		11日	c3-1-③	1.45	11.4	16.5	1.69	1.17																			
		22日	c3-1-④	3.96	11.7	46.3	17.11	4.32																			
		33日	c3-1-⑤	12.87	12.6	162.2	38.44	2.99																			
		平均		4.96	11.4	58.9	13.82	2.41																			

表-6 ^{15}N 分析結果 (63年度)

植物	NOx暴露		個体番号	葉					枝・幹					根					全器官				
	濃度	期間		乾重量	N濃度	N含量	暴露由来 N		乾重量	N濃度	N含量	暴露由来 N		乾重量	N濃度	N含量	暴露由来 N		乾重量	N濃度	N含量	暴露由来 N	
							mg/part	mg/dwg				mg/part	mg/dwg				mg/part	mg/dwg				mg/part	mg/dwg
c カブ 別個体 追跡	0.2 ppm	5日	c3-1	11.40	12.0	136.8	20.72	1.82	22.31	3.9	87.5	6.29	0.28	9.62	14.0	134.7	11.70	1.22	43.33	8.29	359.0	38.71	0.89
			c3-2	11.60	15.0	174.0	28.89	2.49	13.35	4.3	56.9	4.86	0.36	7.37	18.0	132.7	9.85	1.34	32.32	11.25	363.6	43.59	1.35
			c3-3	14.70	11.0	161.7	21.85	1.49	24.73	3.1	76.7	5.78	0.23	8.18	14.0	114.5	13.85	1.69	47.61	7.41	352.9	41.48	0.87
			平均	12.57	12.7	157.5	23.82	1.93	20.13	3.8	73.7	5.64	0.29	8.39	15.3	127.3	11.80	1.42	41.09	8.98	358.5	41.26	1.04
		11日	c3-4	9.10	12.0	109.2	18.75	2.06	18.01	3.9	71.0	2.42	0.13	9.40	10.0	94.0	6.17	0.66	36.51	7.51	274.2	27.34	0.75
			c3-5	10.70	13.0	139.1	20.76	1.94	18.68	3.2	59.8	7.27	0.39	15.80	7.9	124.8	9.88	0.62	45.18	7.16	323.7	37.90	0.84
			c3-6	12.50	14.0	175.0	31.08	2.49	18.35	3.9	71.1	3.50	0.19	16.60	11.0	182.6	14.24	0.86	47.45	9.03	428.7	48.82	1.03
			平均	10.77	13.0	141.1	23.53	2.16	18.35	3.7	67.3	4.40	0.24	13.93	9.6	133.8	10.10	0.71	43.05	7.90	342.2	38.02	0.87
		22日	c3-10	9.40	15.0	141.0	14.67	1.56	19.93	4.3	84.9	6.36	0.32	22.30	7.7	171.7	10.80	0.48	51.63	7.70	397.6	31.83	0.62
			c3-11	4.20	11.0	46.2	6.85	1.63	11.65	3.8	44.3	2.92	0.25	12.60	12.0	151.2	7.72	0.61	28.45	8.50	241.7	17.49	0.61
			c3-12	8.60	14.0	120.4	16.05	1.87	16.23	4.5	72.9	3.82	0.24	11.10	12.0	133.2	7.38	0.66	35.92	9.09	326.5	27.24	0.76
			平均	7.40	13.3	102.5	12.52	1.69	15.94	4.2	67.4	4.37	0.27	15.33	10.6	152.0	8.63	0.58	38.67	8.43	321.9	25.52	0.66
		33日	c2-1	7.95	14.0	111.3	20.64	2.60	16.82	2.7	46.0	4.34	0.26	13.60	10.0	136.0	12.53	0.92	38.37	7.64	293.3	37.52	0.98
			c2-2	9.45	20.0	190.8	16.57	1.74	19.52	4.2	82.3	7.41	0.38	24.30	9.1	221.1	18.72	0.77	53.27	9.28	494.2	42.71	0.80
			c2-3	6.57	19.0	124.8	16.24	2.47	13.85	4.8	65.8	6.31	0.46	15.30	9.6	146.9	8.52	0.56	35.72	9.45	337.5	31.07	0.87
			平均	7.99	17.7	142.3	17.82	2.27	16.73	3.9	64.7	6.02	0.37	17.73	9.6	168.0	13.26	0.75	42.45	8.79	375.0	37.10	0.88
d マハシ		33日	d3-1	20.57	8.0	164.6	19.34	0.94															
			d3-2	29.56	9.9	292.6	42.06	1.42															
			d3-3	17.65	7.8	137.7	29.34	1.66															
			平均	22.59	8.6	198.3	30.25	1.34															
m カゴジエ		33日	m3-1	22.01	15.0	330.2	43.20	1.96															
			m3-2	21.19	16.0	339.0	36.61	1.73															
			m3-3	19.76	13.0	256.9	26.77	1.36															
			平均	20.99	14.7	308.7	35.53	1.68															

緑地帯の大気拡散効果に関する研究

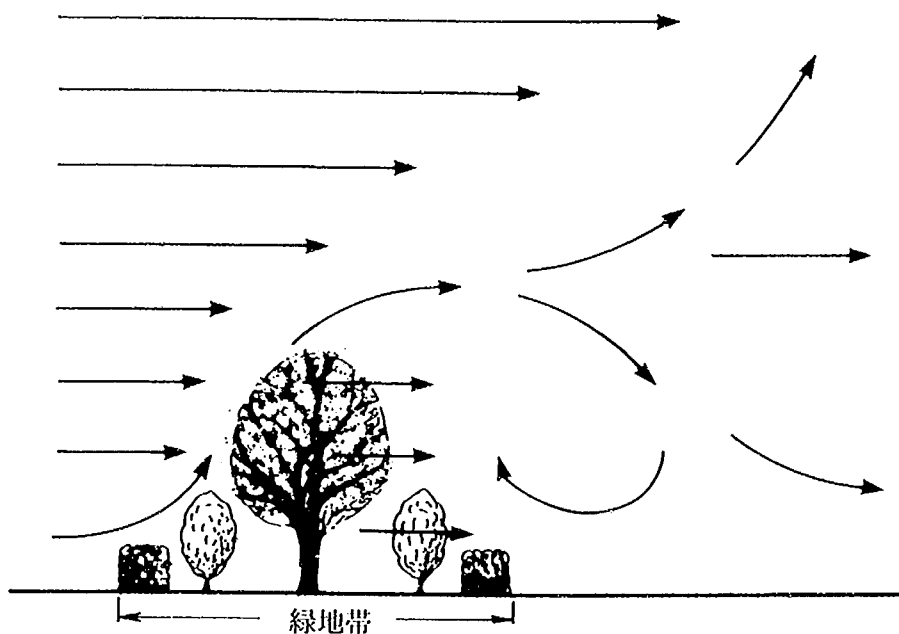


3. 緑地帯の大気拡散効果に関する研究

3.1 概説

(1) 緑地帯の大気拡散機能

緑地帯の有する汚染物質浄化機能としては、第2章で述べた吸収機能とともに拡散機能にも大きな効果が見出される。これは、緑地帯が不完全な障壁として機能し、通過する風を弱めるとともに、汚染物質を運ぶ主軸を持ち上げることによる効果であり、道路周辺に緑地帯を確保することにより自動車から排出される汚染物質の拡散を促進することが期待できる。図—3・1に緑地帯における大気拡散機能の模式図を示す。



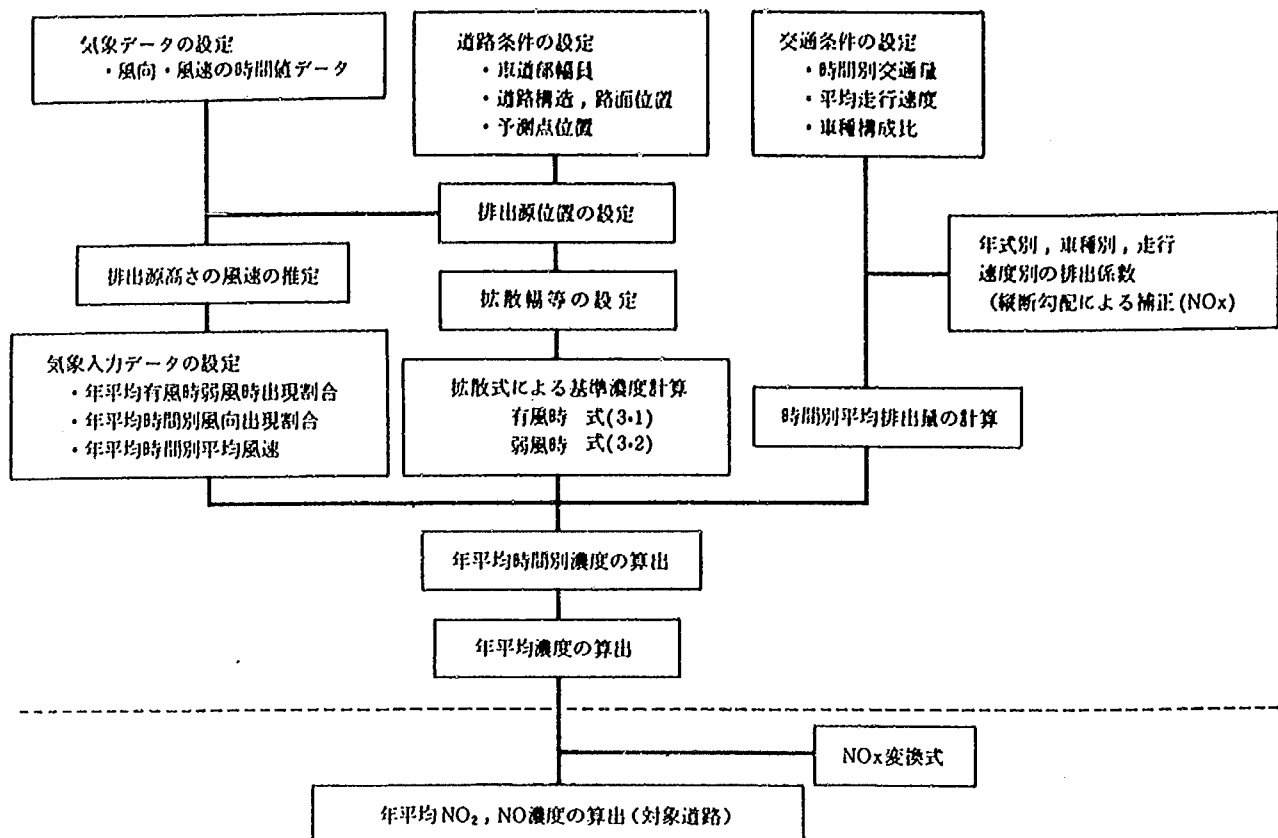
図—3・1 緑地帯における大気拡散機能

(2) 拡散予測方法

現在、環境影響評価を進めるうえで、環境施設帯を構成する緑地帯の大気拡散効果については考慮されていない。

現行の大気汚染の予測方法²⁵⁾では、まず気象条件・道路条件・交通条件を設定し、拡散式（正規型ブルーム式（風速 $> 1 \text{ m/s}$ ）及び簡易パフ式（風速 $\leq 1 \text{ m/s}$ ））を用いて、設定した交通条件における評価点での大気汚染物質濃度を算出することによって行われている（図—3・2）。

拡散式をそれぞれ式（3・1）、式（3・2）に示す。



図－ 3・2 予測計算の手順²⁵⁾

①ブルーム式・・・有風時（風速 1 m/s を越える場合）

$$C(x, y, z) = \frac{Q}{2\pi \cdot u \cdot \sigma_y \cdot \sigma_z} \exp\left(-\frac{y^2}{2\sigma_y^2}\right) \left[\exp\left\{-\frac{(z+H)^2}{2\sigma_z^2}\right\} + \exp\left\{-\frac{(z-H)^2}{2\sigma_z^2}\right\} \right] \quad \dots\dots\dots (3 \cdot 1)$$

ここで， $C(x, y, z)$ ： (x, y, z) 地点における濃度 (ppm)

Q ： 点煙源の排出量 (m l / s)

u ： 平均風速 (m / s)

H ： 排出源の高さ (m)

σ_y, σ_z ： 水平 (y)，鉛直 (z) の方向の拡散幅 (m)

x ： 風向に沿った風下距離 (m)

y ： x 軸に直角な水平距離 (m)

z ： x 軸に直角な鉛直距離 (m)

②パフ式・・・・・・無風時（風速 1 m/s 以下の場合）

$$C(x, y, z) = \frac{Q}{(2\pi)^{3/2} \cdot \alpha^2 \cdot \gamma} \left[\frac{1 - \exp\left(-\frac{l}{t_0^2}\right)}{2l} + \frac{1 - \exp\left(-\frac{m}{t_0^2}\right)}{2m} \right]$$

ここで

$$l = \frac{1}{2} \left[\frac{x^2 + y^2}{\alpha^2} + \frac{(z - H)^2}{\gamma^2} \right], m = \frac{1}{2} \left[\frac{x^2 + y^2}{\alpha^2} + \frac{(z + H)^2}{\gamma^2} \right] \dots\dots (3 \cdot 2)$$

t_0 : 初期拡散幅に相当する時間 (s)

α, γ : 拡散幅に関する係数

この拡散式に用いて解を求める場合「点煙源の排出量」, 「平均風速」, 「排出源の高さ」, 「拡散幅等」を与える必要がある。これらの値をのうち点煙源の排出量及び平均風速は道路構造には関係なく実測調査, 交通条件, 気象条件により与えられる。一方, 排出源の高さ, 拡散幅は道路構造毎に異なると予測されることから, 現行の予測方法においても, これまでの実測結果あるいは実験結果をもとに求められている。

排出源の高さについては平面道路, 高架道路, 盛土道路等について図—3・3～3・4のように排出源の位置²⁵⁾を設定している。

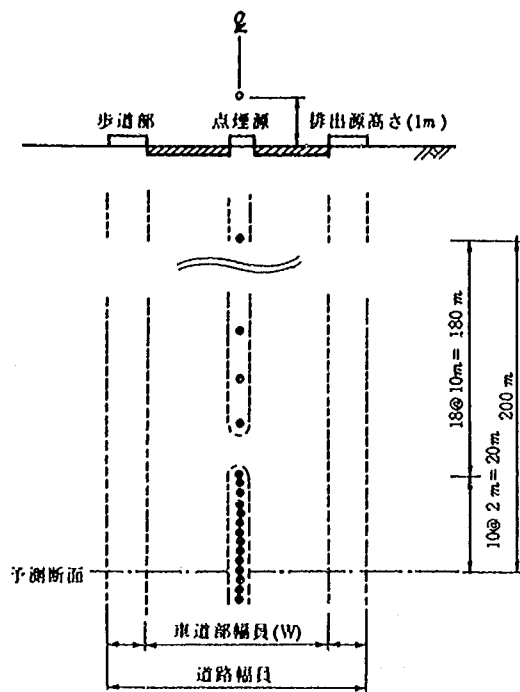


図-3・3 点煙源の配置²⁵⁾

平面, 高架: 路面位置+1m
 盛土: (路面高さ+1m) / 2
 切土: 仮想路面位置+1m

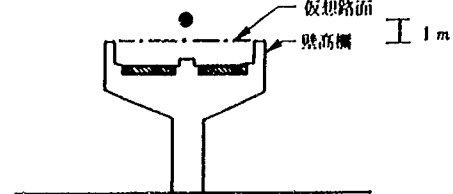
平面道路



平面道路(遮音壁のある場合)



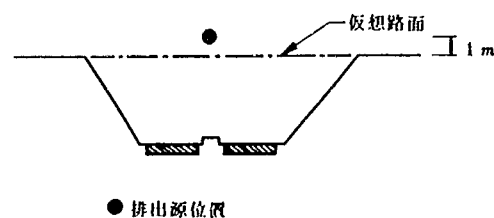
高架道路



盛土道路



切土道路



● 排出源位置

図-3・4 排出源位置の設定²⁵⁾

また, 拡散幅については有風時, 無風時の別に次の式で求められている。

(i)有風時 (式 (3・1)) に使用する拡散幅

(a)鉛直方向の拡散幅 (σ_z)

$$\sigma_z = 1.5 + 0.31 \cdot L^{0.83} \dots\dots\dots (3 \cdot 3)$$

ただし, L : 車道部端からの距離 ($L = x - W/2$) (m)

x : 風向に沿った風下距離 (m)

W : 車道部幅員 (m)

なお, $x < W/2$ の場合は $\sigma_z = 1.5$ とする。

(b)水平方向の拡散幅 (σ_y)

$$\sigma_y = W/2 + 0.46 \cdot L^{0.81} \dots\dots\dots (3 \cdot 4)$$

なお, $x < W/2$ の場合は $\sigma_y = W/2$ とする。

(c)弱風時 (式 (3・2)) に使用する拡散幅等

(a)初期拡散幅に相当する時間 (t_0)

$$t_0 = \frac{W}{2\alpha} \dots\dots\dots (3 \cdot 5)$$

ただし, W :車道幅員 (m)

α :以下に示す拡散幅に関する係数

(b)拡散幅に関する係数 ($\alpha \cdot \gamma$)

$$\alpha = 0.3$$

$$\gamma = \begin{cases} 0.18 \text{ (昼間)} \\ 0.09 \text{ (夜間)} \end{cases}$$

ただし, 昼間は午前7時から午後7時までを, 夜間は午後7時から午前7時までを原則とする。

以上の点を考慮し, 環境施設帯を有する幹線道路沿道の大気汚染濃度分布実測結果をもとに, 緑地帯の大気拡散効果を考慮した排出源の高さ及び拡散幅の検討を行うこととした。

3.2 既往の研究

緑地帯を対象とした拡散効果の研究はこれまであまり行われていないが, 沢田照夫ら²⁶⁾の「樹林による排ガスの拡散」の研究がある。

沢田ら²⁶⁾によれば汚染ガスは気流に乗って移動するため, 現象としては樹林の防風効果に準じて考えられるとされており, 拡散実験の結果, 樹林モデルによる拡散現象は次の3つの領域に分けて説明されている。(図—3・5)。

I. 林の前での上昇流による移動効果

Iの領域では林の密度が大きくなると上昇流が顕著になり, 拡散のようすは大きく変化する。すなわち, 林の入り口の流れの状態は以後の拡散状態を決定する初期条件的な役割を果たし極めて重要である。

II. 林の内部及び上面での乱れによる拡散効果

IIの領域では林の内部及び上面で乱れが大きく, 特にZの負の方向へのフラックスが増大する。

III. 林の後での下降流による移流効果ならびに強い乱れによる拡散効果

IIIの領域では強い乱れによってZおよびY方向のフラックスは共に増大するがZ方向に関しては下降流の移流効果のため, 見かけ上Zの正の方向には拡散がおさえられたようになり, 逆に, Y方向にはさらに拡散されるようになる。

また, 樹林密度と地上濃度に着目した実験(図—3・6)によれば, 樹林密度を大きくするに従い地表面濃度が減少する傾向にあることが報告されている。

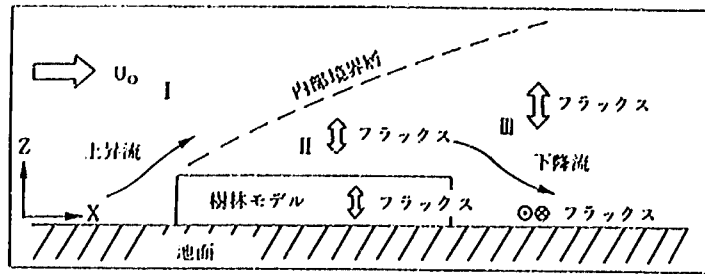


図-3・5 樹林による汚染物の拡散²⁶⁾

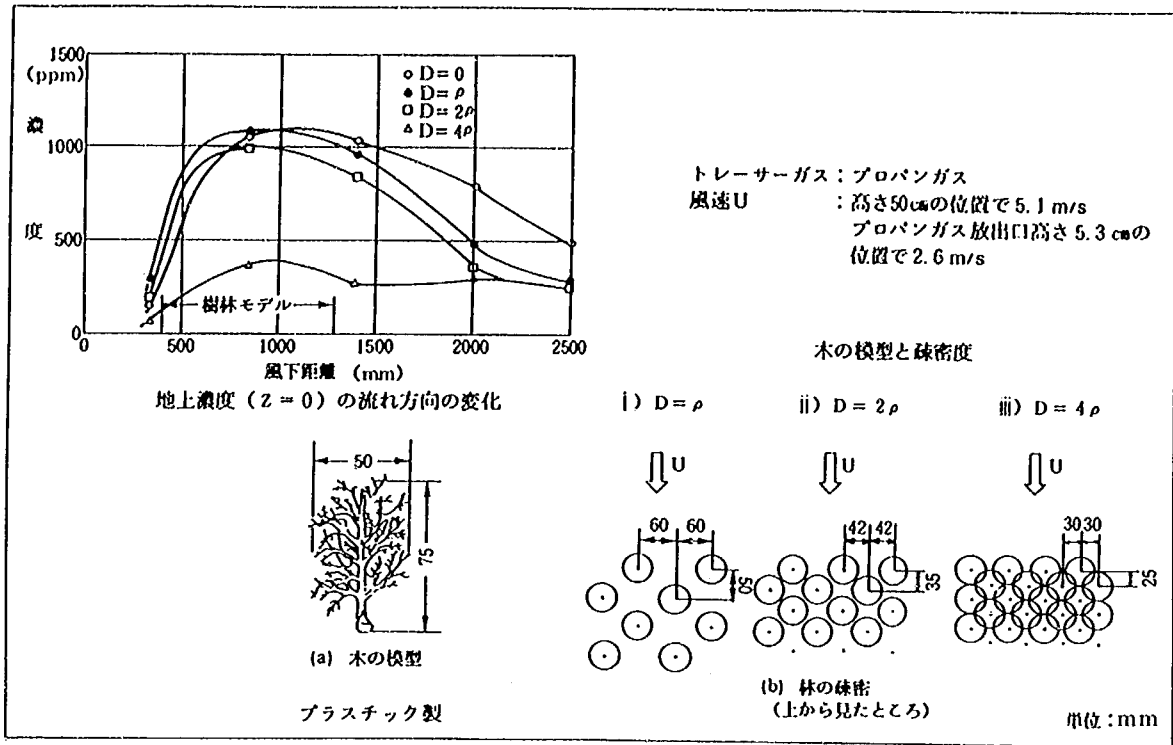


図-3・6 模型樹林による地上濃度の変化²⁶⁾

3.3 緑地帯周辺の大気汚染濃度分布の実測

3.3.1 実測計画

緑地帯の大気拡散効果を把握するために、環境施設帯を有する幹線道路沿いで、緑地帯周辺の大気汚染濃度を実測した。また、同時にトレーサーガス (SF_6) による実測についても行った。調査期間は冬期8日間、道路直角方向に測定断面を設けて大気質、気象等を測定することとし、 NO_x や風向等の実測値は1時間値を測定した。以下に調査項目を示す。

(1) 調査項目と測定方法

・窒素酸化物 (NO , NO_2 , NO_x)

化学発光法 1時間濃度値の連続測定

・オゾン (O_3)

紫外線吸収法 1時間濃度値の連続測定

・気象調査

風向・風速

超音波式およびプロペラ式 …………… 1時間値の連続測定

気温・湿度

バイメタル式・毛髪式 …………… 毎正時値（瞬間値の連続測定）

日射量

熱電対式 …………… 1時間積算値の連続測定

降水量

転倒マス式 …………… 1時間値の連続測定

・トレーサーガス（SF₆）濃度による調査

ECD付きガスクロマトグラフ式 …… 30分間濃度値の測定

・交通量調査

トラフィックカウンター法 …………… 1時間値の連続測定（車軸数）

目視法 …………… 時間値の全数計測 車種構成調査

・植生調査

樹種，数量，形状 …………… 目視及び実測

3.3.2 実測方法

実測は，昭和63年度に幹線道路沿道に緑地帯を有する地点として東京都港区台場（国道357号沿道）地先，バックグラウンド（B.G.）地点として東京都江東区青海1丁目地先で実施した（図—3・7～3・8，巻頭写真—18～21参照）。図—3・9に測定断面を示す。調査期間は平成元年2月10日（金）～2月17日（金）の延べ8日間である。なお，解析に用いるNO_x及び風向の実測値は1時間値であり，NO_x濃度についてはバックグラウンド濃度を除去したもの（道路寄与濃度）を解析に用いることとした。また，解析の対象となるデータは，道路から測定地点側に向かって風が吹いている時刻のデータである。

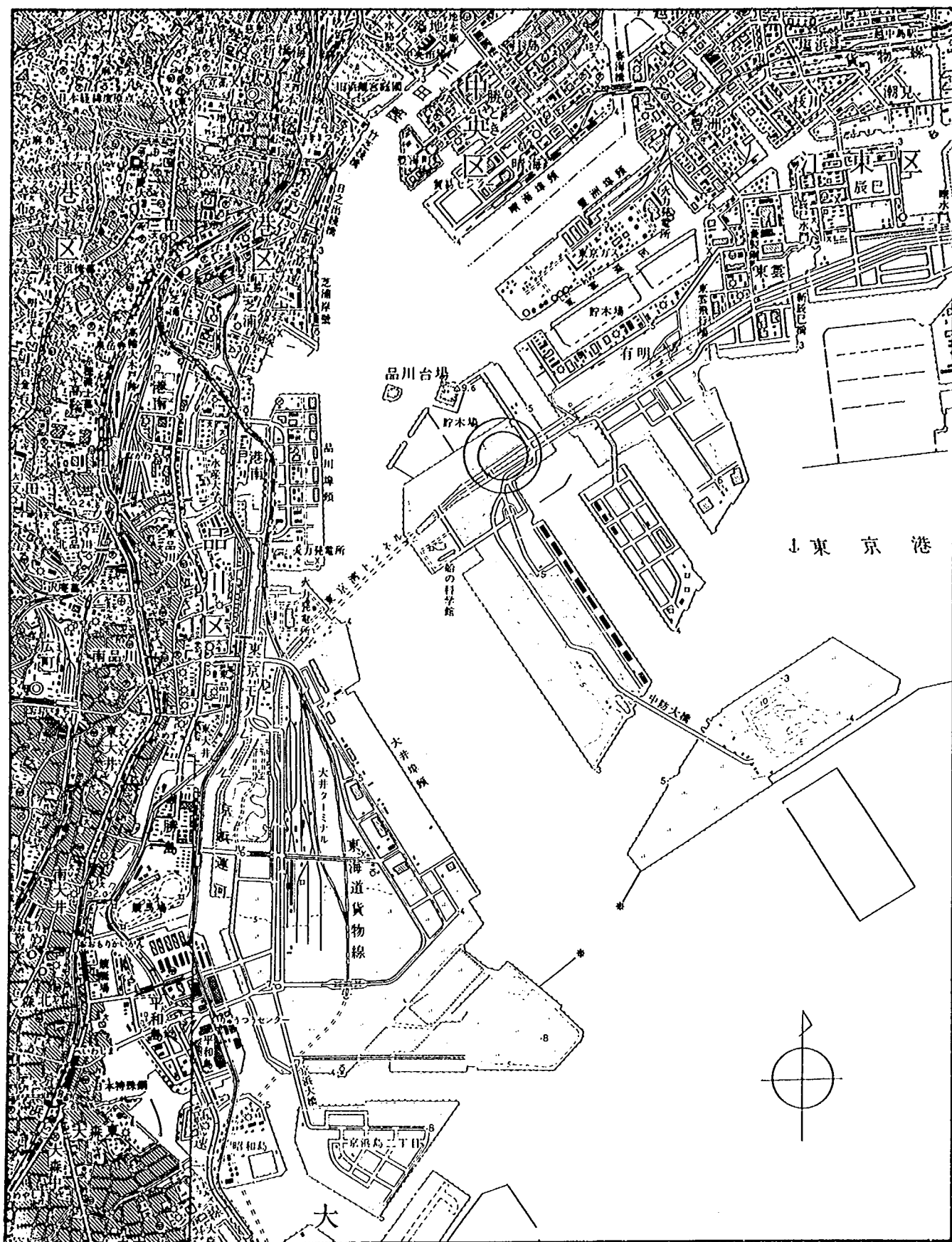


図-3・7 測定地点案内図

1:50,000

1000 m 0 1000 2000 3000

国土地理院 1:50,000 地形図

「東京東南部」「東京西南部」「東京東北部」
「東京西北部」を使用。

凡 例	
●	窒素酸化物サンプリング口
■	風向・風速(固定点)
□	風向・風速(高所作業車による観測点)
▲	オゾン濃度サンプリング口
○	日射量・放射収支計・降水量計・温度計

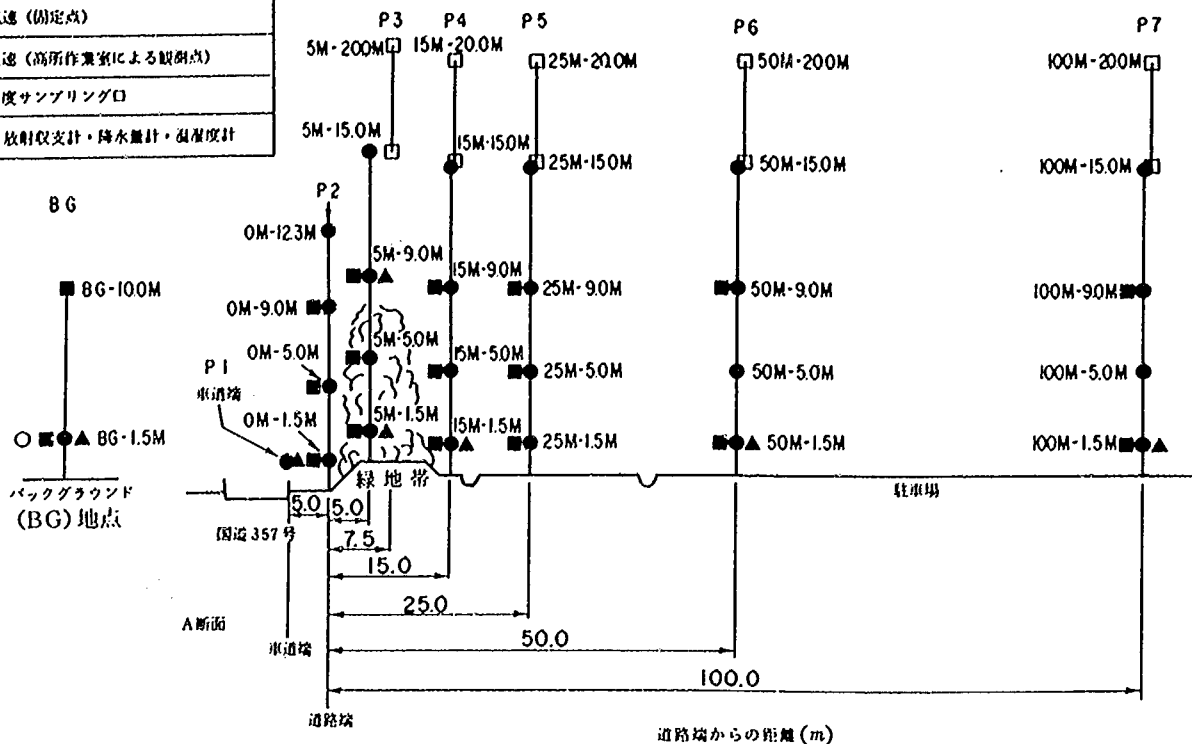


図-3・9 測定点配置図(国道357号 台場付近 昭和163年度測定)

なお、実測方法の概要は以下のとおりである。また、実測に使用した主要機器、実測方法は参考資料に示す。

(1) 測定点の配置および測定点数

測定点の配置を図-3・9に、測定項目と測定点数の関係を表-3・1に示す。

なお、補助測定点として、15および20mに、風向・風速の測定点を設定した。

(2) 窒素酸化物(NO_x)等の調査

窒素酸化物の観測は、図-3・9に示す測定点の配置で期間中連続に測定を行い、集中式10点同時採取装置と化学発光法による窒素酸化物自動測定器の組み合わせにより、濃度の調査を行った。オゾンの観測は、図-3・9に示す測定点の配置で期間中連続に窒素酸化物の観測と同様に紫外線吸収法によるオゾン分析計により、濃度の調査を行った。

(3) 気象調査

気象の観測は、図-3・9に示す測定点の配置で期間中連続に測定を行い、風向・風速、気温・湿度、日射量、降水量調査を行った。

(4) トレーサーガス(SF_6)による調査

トレーサーガスの観測は、窒素酸化物の測定と同様の地点について期間中4回行いECD付きガスクロマトグラフで分析し、濃度の調査を行った。

(5) 交通量調査

全調査期間にわたって、交通量観測装置で毎時の交通量を調査する。また期間中の1日を選定して、24時間の目視による3車種分類の時間交通量の調査を行った。

(6) 植生調査

図一3・8のA断面について調査を行う。調査範囲は道路端より20m、側線両側15mの20m×30mの範囲とし、その範囲の樹種・数量を測定した。なお、樹高と枝張りを目視、幹周は実測した。また、樹木の活力度についても調査した。

表一3・1 測定項目と測定点数の関係

調査	測定項目	A断面	B.G.地点	合計
大気	窒素酸化物濃度	25	1	26
	オゾン濃度	6	1	7
気象	風向・風速	18	2	20
	気温・湿度	0	1	1
	日射量	0	1	1
	放射収支量	0	1	1
	降水量	0	1	1
交通量	交通量(車軸数)	1	0	1
	交通量	1	0	1

注1) トレーサーガスの採取分析は、A断面の窒素酸化物測定地点と同じ25点で4回実施した。

注2) 植生調査は、A断面の30×20m四方について実施した。

3.3.3 実測結果

(1) 植生調査結果

植生調査した結果を図一3・10～3・11に、また、その調査樹木の活力度判定のための科学技術庁の樹木活力度の評価基準表²⁷⁾を表一3・2に示す。

調査地の植生は、常緑樹を中心にした植栽地であり、植栽樹種はサツキ、ツバキ、マテバシイ、クスノキ、モッコク、オオムラサキツツジ等である。緑地帯構造は、道路側全面は2m以下の低木層となっており、植栽中心部は高木層となっている。植栽密度は中心部の方がやや高くなっている。

樹木の活力度をみた場合、全体的に緑地帯内の植生は良好な生育状態を示しており、特に枯死したり、衰弱しているような個体はほとんど見られず健全な樹林であり、実測調査箇所としては適切であると判断した。

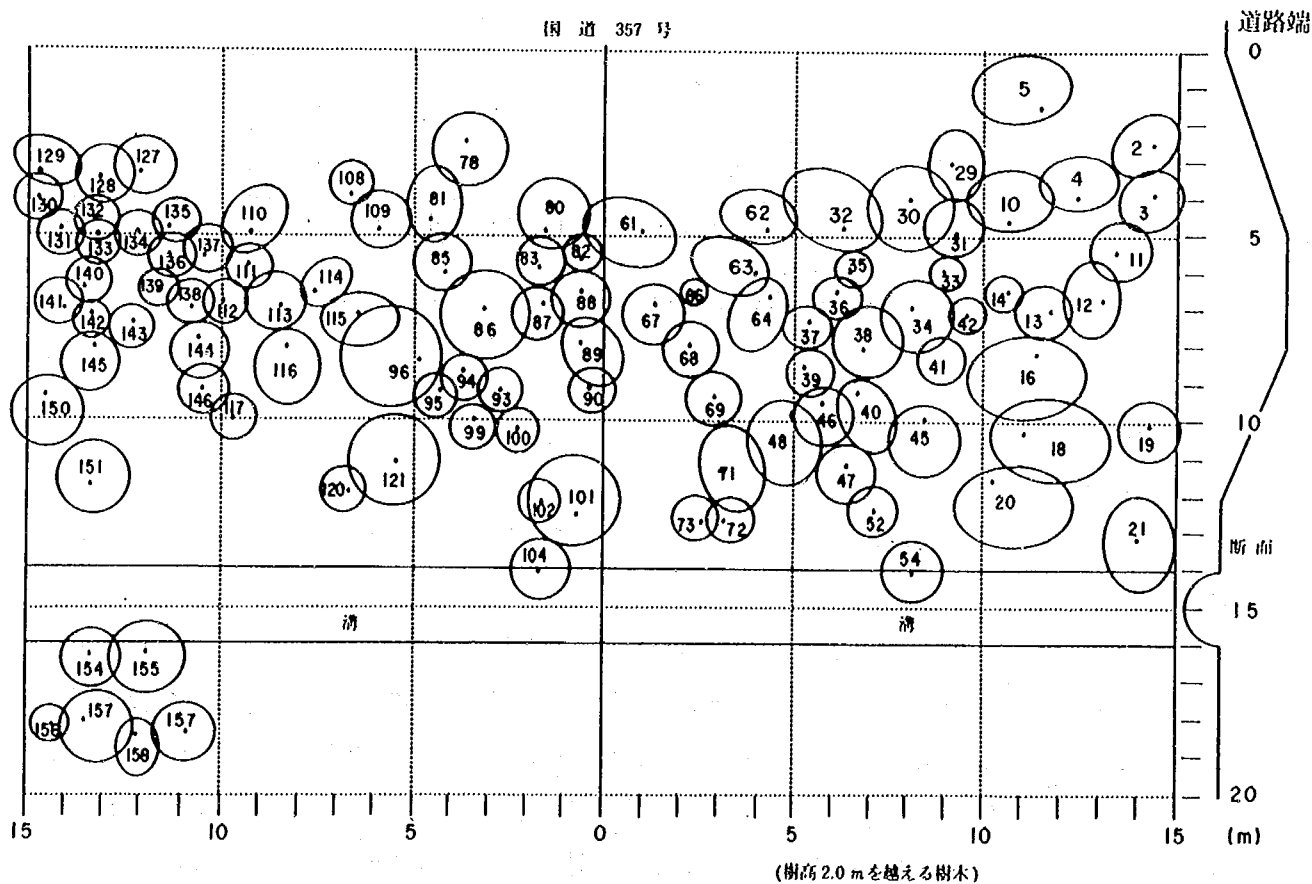
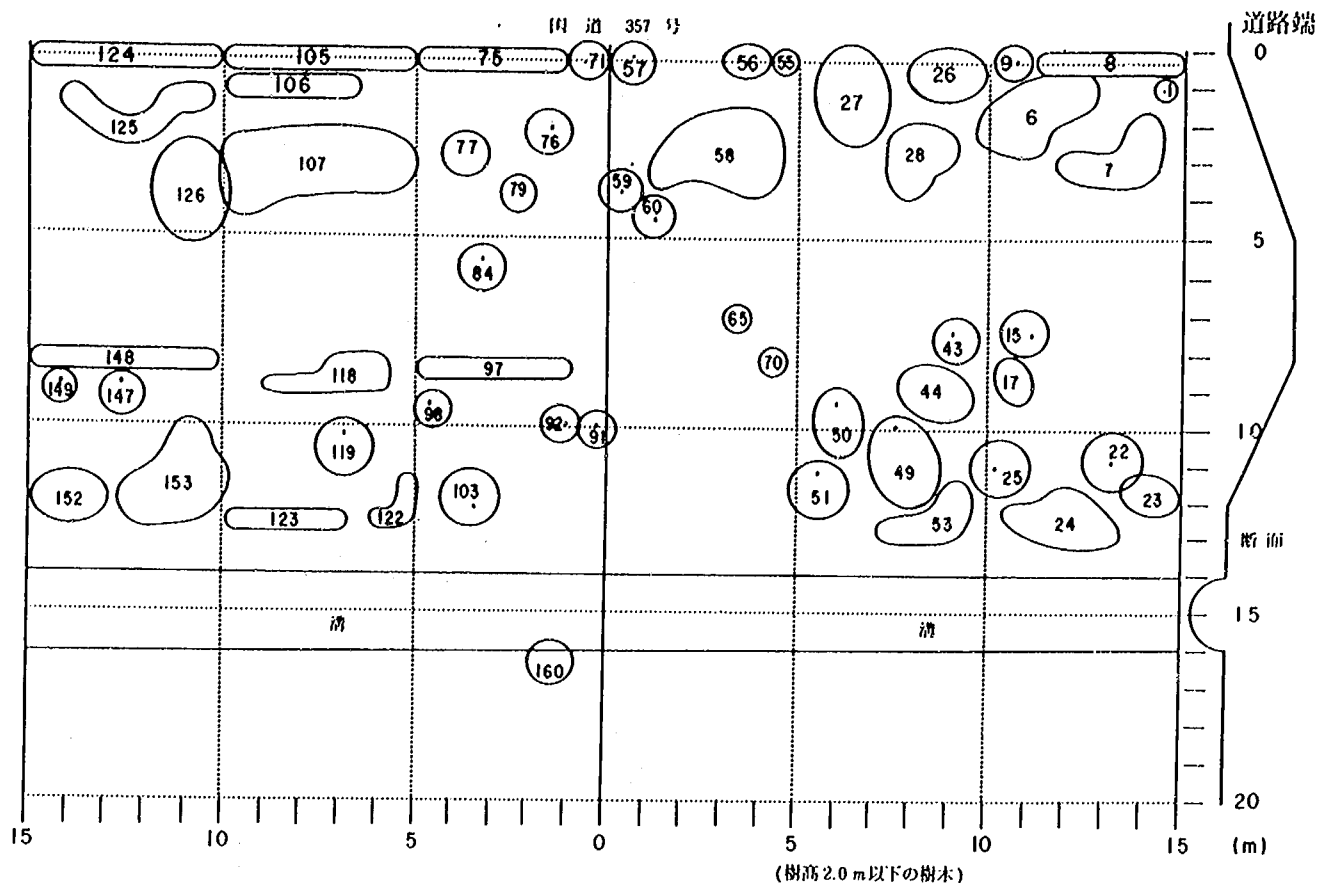


図-3・10 植生調査結果図

注) 図中の番号は複数本の樹木群番号。

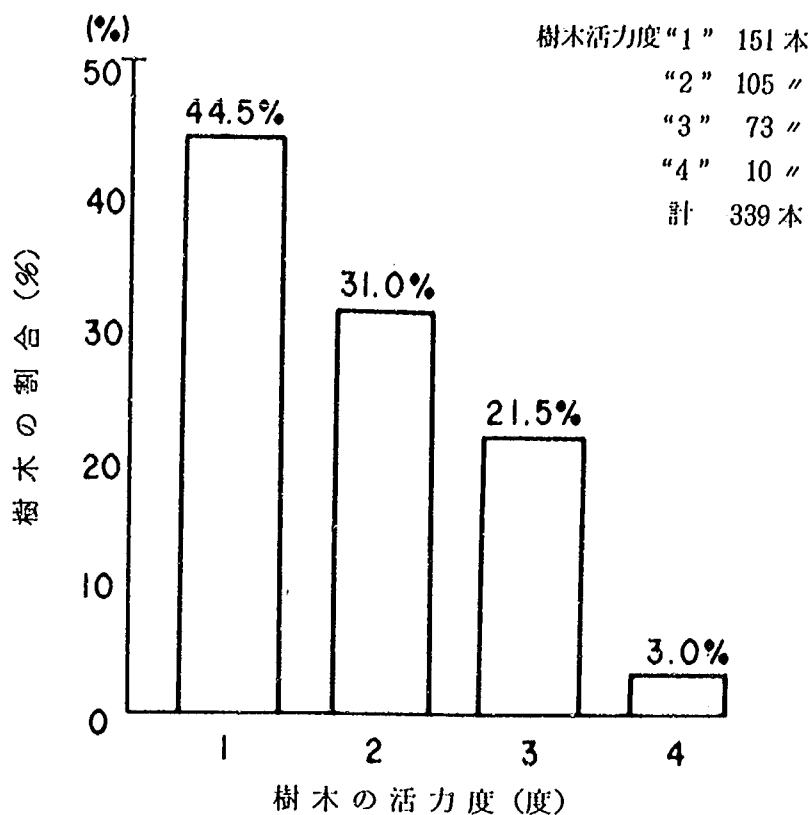


図-3・11 樹木活力度別の割合

表-3・2 科学技術庁の樹木活力度の評価基準表²⁷⁾

測定項目	評価基準			
	1	2	3	4
樹勢	旺盛な生育状態を示し、被害が全く見られない	幾分被害の影響を受けているがあまり目立たない	以上が明らかに認められる	生育状態が、劣悪で回復の見込みがない
樹形	自然樹形を保っている	若干の乱れはあるが、自然樹形に近い	自然樹形の崩壊がかなり進んでいる	自然樹形が完全に崩壊され、奇形化している
枝の伸長型	正常	幾分少ないが、それ程目立たない	枝は短小となり細い	枝は極度に短小し、しょうが状の節間がある
梢端の枯損	なし	少しあるが、あまり目立たない	かなり多い	著しく多い
枝葉の密度	正常、枝および葉の密度のバランスがとれている	普通、1に比してやや劣る	やや疎	枯枝が多く、葉の発生が少ない密度が著しく疎
葉形	正常	少し歪がある	変形が中程度	変形が著しい
葉の大きさ	正常	幾分小さい	中程度に小さい	著しく小さい
葉の色	正常	やや異常	かなり異常	著しく異常
ネクロシス	なし	わずかにある	かなり多い	著しく多い
萌芽期	普通	やや遅い	著しく遅い	
落葉状況	春または秋に正常な落葉をする (年1回)	正常なものに比してやや早い (年1回)	不時落葉する (年2回)	不時落葉する (年3回以上)
紅(黄)葉状況	正常	幾分色が悪い	葉が部分的に紅(黄)葉するが色が悪い	紅(黄)葉せず汚れた状態で落葉する
開花状況	良好	幾分少ない	わずかに咲く	咲かない

(2) 風向分類

実測データのうち、測定断面が道路の風下方向であるデータを解析対象として選択するため、風向についてのデータ整理を行った。

調査対象道路（一般国道357号、首都高速湾岸線）は、南北の方位軸に対して、右回り55°の角度にある。そこで、図一3・12に示すように風向分類し、全観測点の風向分布を観測した結果を図一3・13に示す。緑地帯上空の地点（5 m—9.0 m地点）に着目した風下風の出現状況を表一3・3に示した。風下風の出現時間は全体の24%であった。

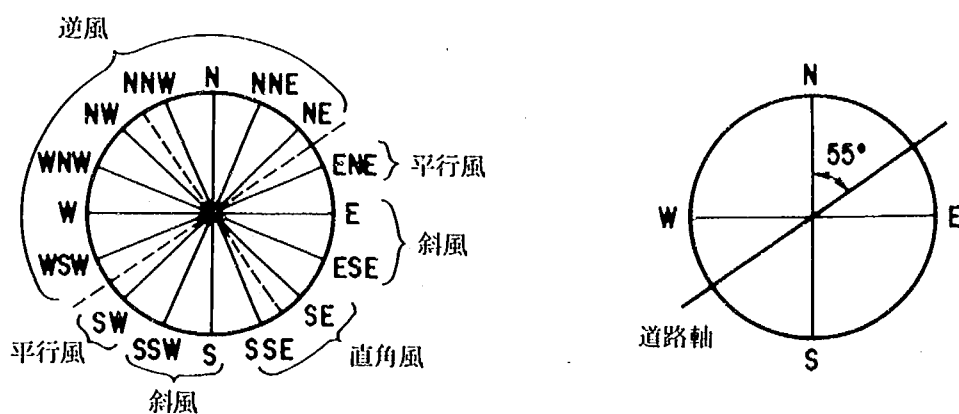
風速区分については、BG—10 m地点のデータ（地上10 mと1.5 m）からべき乗則により地上1 m地点の値を推定して用いた。

$$U = U_{10} (H/H_{10})^{\alpha} \quad \dots\dots\dots (3 \cdot 6)$$

ここで、べき乗数 α は0.2013(約1/5)であった（なお、通常のべき乗数1/3～1/7とされている）。

5 m—9.0 m地点で直角風が観測された時の他の地点での風向を図一3・14に示す。これからわかるようにどの地点でもほぼ直角風になっており、全体的には風向の逆転はほとんどみられない。緑地帯の後方（25 m—5 m）

で多少風向が変化し平行風の成分が高くなる傾向が見られるが、これは緑地帯の遮蔽による風のまわり込みの影響によると考えられる。



図一3・12 風向分類

表一3・3 風下風の出現状況

分 類	風 向 区 分	風 向 (方位)	出現時間数(h)	出現率 (%)
風 下 風	直 角 風	SE, SSE	7	3.9
	斜 風	E, ESE, S, SSW	29	16.4
	平 行 風	ENE, SW	5	2.8
	静 穏		1	0.6
風 上 風	逆 風	WSW～NE	135	76.3
	静 穏		0	0.0
合 計			177	100.0

注1) 風向は5 m—9.0 m地点により分類

注2) 風速はBG—10 m地点のデータから1 m高さの値を推定（べき乗数 $\alpha=0.2013$ ）

注3) 静穏時は風速0.5 m/s未満

CALM: 風速0.5m/s以下

(地上高さ)

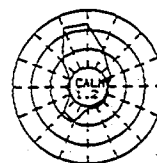
10.0m

POINT : 80
HEIGHT : 10.0m
MEAN WS: 0.7 m/s



1.5m

POINT : 80
HEIGHT : 1.5m
MEAN WS: 0.6 m/s

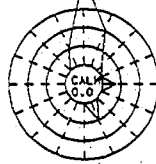


風上 (BG地点)

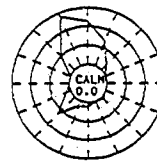
(地上高さ)

20.0m

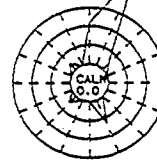
POINT : 5 M
HEIGHT : 20.0m
MEAN WS: 0.0 m/s



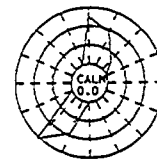
POINT : 15 M
HEIGHT : 20.0m
MEAN WS: 0.1 m/s



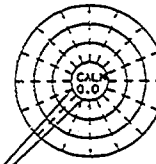
POINT : 25 M
HEIGHT : 20.0m
MEAN WS: 0.7 m/s



POINT : 50 M
HEIGHT : 20.0m
MEAN WS: 0.2 m/s

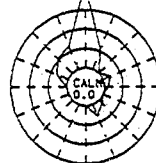


POINT : 100 M
HEIGHT : 20.0m
MEAN WS: 0.3 m/s

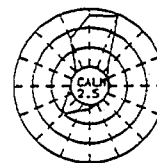


15.0m

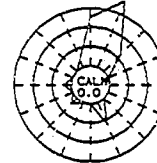
POINT : 5 M
HEIGHT : 15.0m
MEAN WS: 0.4 m/s



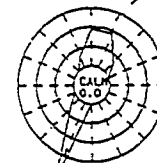
POINT : 15 M
HEIGHT : 15.0m
MEAN WS: 0.2 m/s



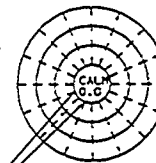
POINT : 25 M
HEIGHT : 15.0m
MEAN WS: 0.3 m/s



POINT : 50 M
HEIGHT : 15.0m
MEAN WS: 0.2 m/s



POINT : 100 M
HEIGHT : 15.0m
MEAN WS: 0.4 m/s

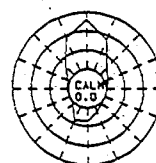


9.0m

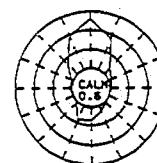
POINT : 0 M
HEIGHT : 9.0m
MEAN WS: 0.8 m/s



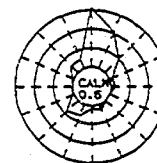
POINT : 5 M
HEIGHT : 9.0m
MEAN WS: 0.3 m/s



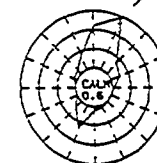
POINT : 15 M
HEIGHT : 9.0m
MEAN WS: 0.2 m/s



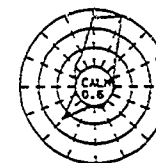
POINT : 25 M
HEIGHT : 9.0m
MEAN WS: 0.9 m/s



POINT : 50 M
HEIGHT : 9.0m
MEAN WS: 0.9 m/s



POINT : 100 M
HEIGHT : 9.0m
MEAN WS: 0.0 m/s



5.0m

POINT : 0 M
HEIGHT : 5.0m
MEAN WS: 1.3 m/s



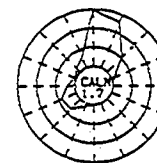
POINT : 5 M
HEIGHT : 5.0m
MEAN WS: 1.1 m/s



POINT : 15 M
HEIGHT : 5.0m
MEAN WS: 0.2 m/s



POINT : 25 M
HEIGHT : 5.0m
MEAN WS: 0.0 m/s



POINT : 50 M
HEIGHT : 5.0m
MEAN WS: 0.6 m/s

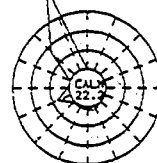


POINT : 100 M
HEIGHT : 5.0m
MEAN WS: 0.2 m/s



1.5m

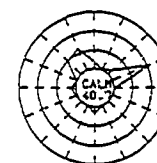
POINT : 0 M
HEIGHT : 1.5m
MEAN WS: 1.3 m/s



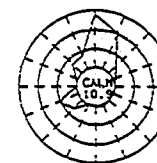
POINT : 5 M
HEIGHT : 1.5m
MEAN WS: 1.1 m/s



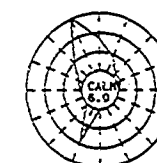
POINT : 15 M
HEIGHT : 1.5m
MEAN WS: 0.7 m/s



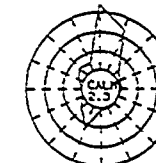
POINT : 25 M
HEIGHT : 1.5m
MEAN WS: 1.5 m/s



POINT : 50 M
HEIGHT : 1.5m
MEAN WS: 0.6 m/s



POINT : 100 M
HEIGHT : 1.5m
MEAN WS: 0.2 m/s



道路端

5m

15m

25m

50m

100m

(道路端からの距離)

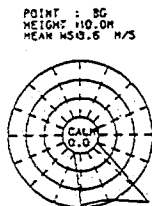
図-3.13 風配図 (全体)

CALM: 風速0.5m/s以下

5m-9.0m地点で風向分類

(地上高さ)

10.0m



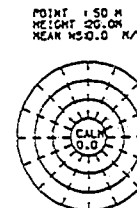
1.5m



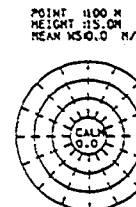
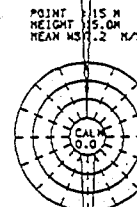
風上 (BG地点)

(地上高さ)

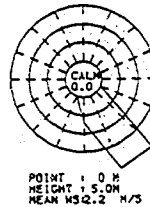
20.0m



15.0m



POINT : 0 M
HEIGHT : 9.0M
MEAN WS: 0.6 M/S



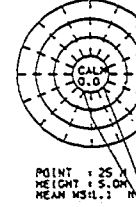
POINT : 5 M
HEIGHT : 9.0M
MEAN WS: 0.9 M/S



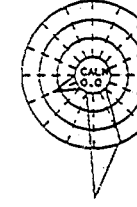
POINT : 15 M
HEIGHT : 9.0M
MEAN WS: 0.1 M/S



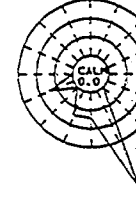
POINT : 25 M
HEIGHT : 9.0M
MEAN WS: 0.2 M/S



POINT : 50 M
HEIGHT : 9.0M
MEAN WS: 0.2 M/S

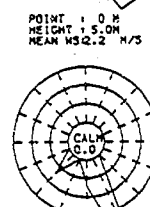


POINT : 100 M
HEIGHT : 9.0M
MEAN WS: 0.9 M/S



9.0m

5.0m



POINT : 0 M
HEIGHT : 1.5M
MEAN WS: 0.6 M/S



POINT : 5 M
HEIGHT : 1.5M
MEAN WS: 1.3 M/S



POINT : 15 M
HEIGHT : 1.5M
MEAN WS: 0.3 M/S



POINT : 25 M
HEIGHT : 1.5M
MEAN WS: 0.4 M/S



POINT : 50 M
HEIGHT : 1.5M
MEAN WS: 0.6 M/S



POINT : 100 M
HEIGHT : 1.5M
MEAN WS: 1.9 M/S



1.5m

道路端

5m

15m

25m

50m

100m

(道路端からの距離)

図-3-14 風配図 (5m-9.0m地点で直角風となる場合)

(3) 風速の鉛直分布

図一3・15に直角風，斜風，平行風時の風速の鉛直分布を示す。直角風，斜風，平行風となるに従い緑地帯の風速は小さくなり，緑地帯内への吹き込みが少なくなることがわかる。また，緑地帯背後では 1 m/s 前後の風速になり弱められていることがわかる。一方，緑地帯上空においては樹林の影響により風速がかなり大きくなり，上昇流による排出ガスの上空への拡散が生ずることが予測された。

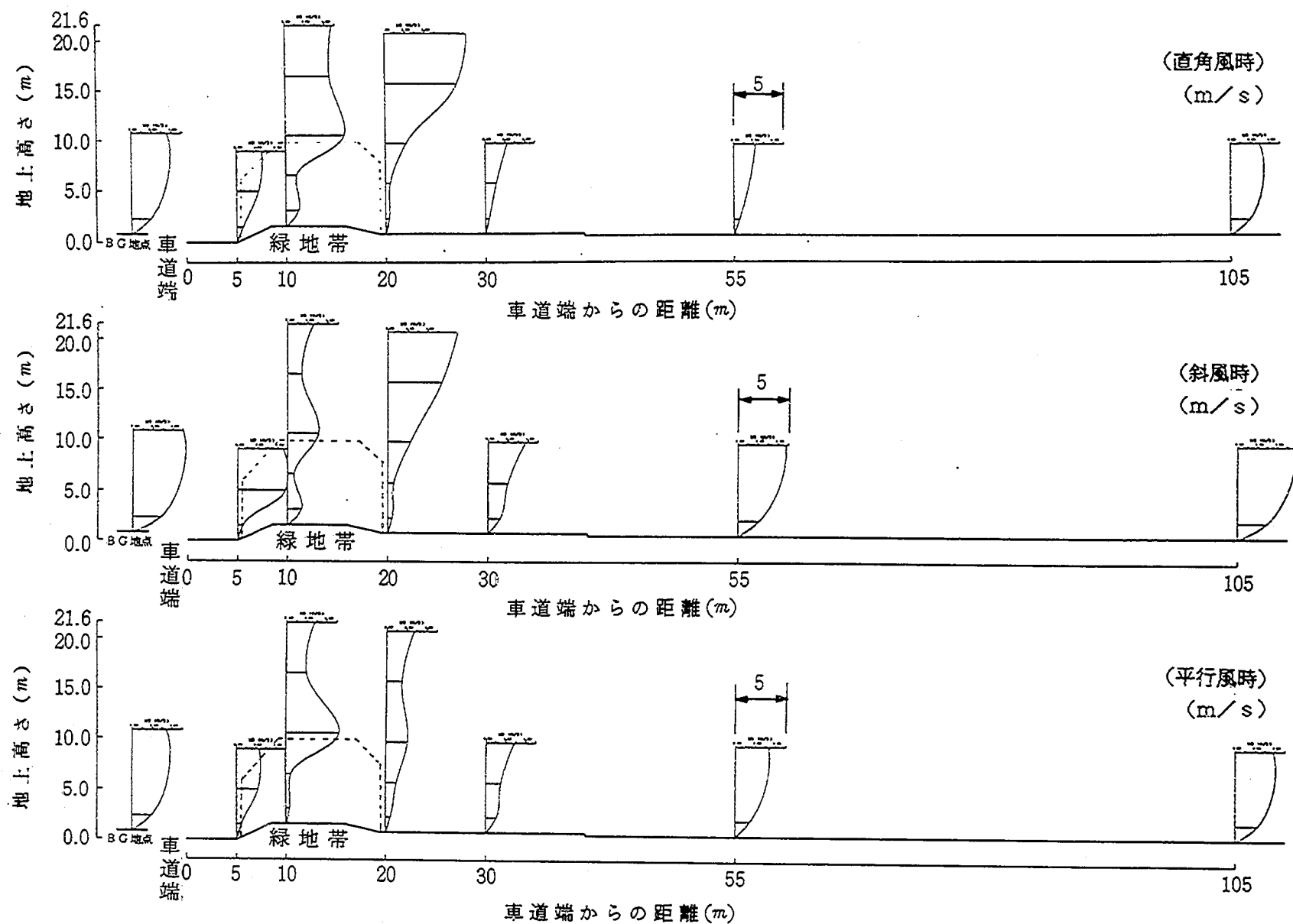


図-3・15 風速の鉛直分布

(4) NO_x濃度の検討

大気汚染濃度分布の実測結果から、道路のみの寄与分を出すために道路をはさんで風上側にバックグラウンド測定点を取り、バックグラウンド濃度を除去してデータ整理を行うこととした。図—3・16にバックグラウンド濃度の時間変動観測結果の例を示す。また、道路端、緑地帯内、緑地帯後方の地点におけるNO_x濃度について、バックグラウンド濃度を除去した値の直角風時の時間変動の例を図—3・17に示す。2月12日の16～18時、2月15日の11から14時（直角風時）において、道路端から離れるに従いNO_xが上空へ拡散し、後方ではかなり濃度が低くなっているのがわかる。

NO_x、NO、NO₂についてバックグラウンド濃度を除去し、直角風、斜風別に全時間平均した結果を図—3・18～3・20に濃度コンターで示す。

直角風時の場合、NO_x、NOとも濃度の変化が大きく、緑地帯による拡散効果により緑地帯後方ではかなり濃度が低下していることがわかる。しかし、車道端より55m以遠では濃度の変化はあまりみられず、この付近でバックグラウンド濃度に近づいているものと思われる。斜風時には緑地帯側に流れてくる量が少ないため、直角風時ほど大きな変化は見られないが、前述の傾向は見る事ができる。直角風時において、緑地帯内の地上高さ1.5m地点においては風速が小さくなるため、また、緑地帯背後の地上高さ5.0m地点では風のまわり込みのため、比較的濃度が高くなっていると考えられる。NO₂においては、上記の様な濃度の変化はあまりみられなかった。

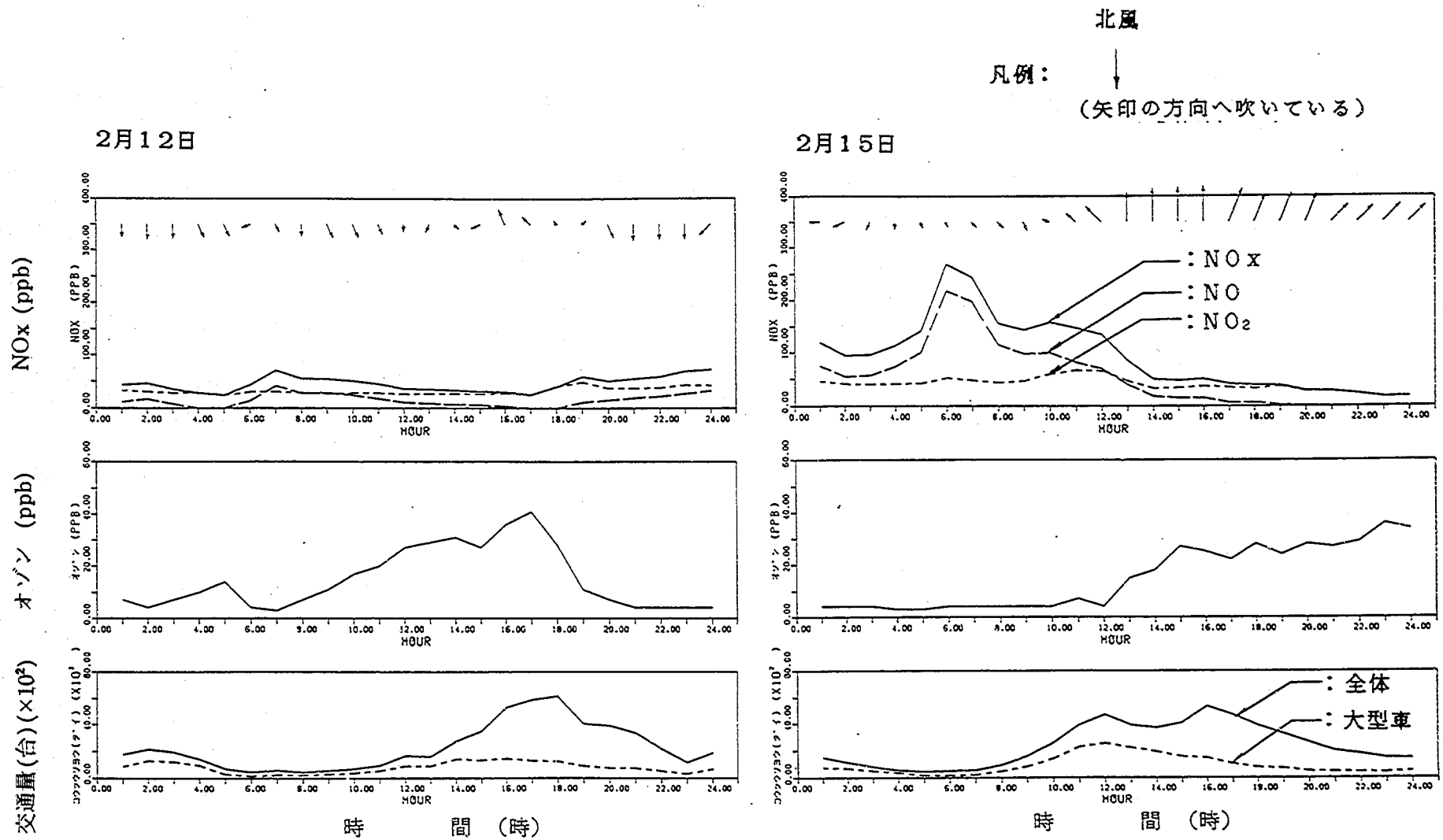


図-3・16 時間変動の例 (NO_x濃度, オゾン濃度, 交通量, 風向・風速) ※BG地点

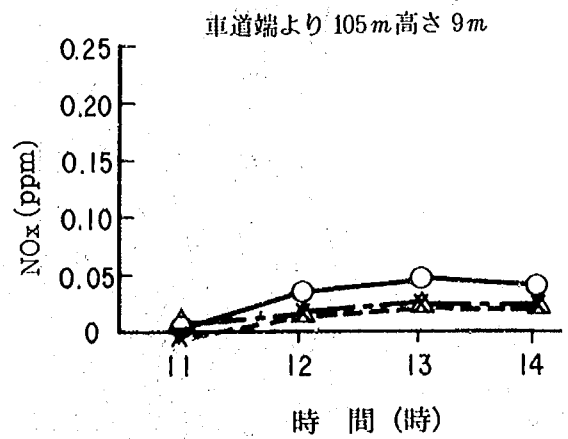
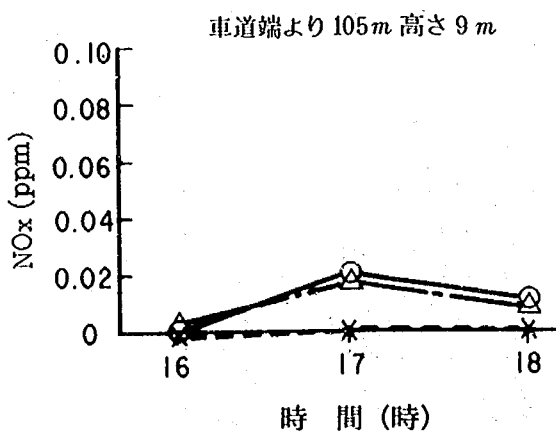
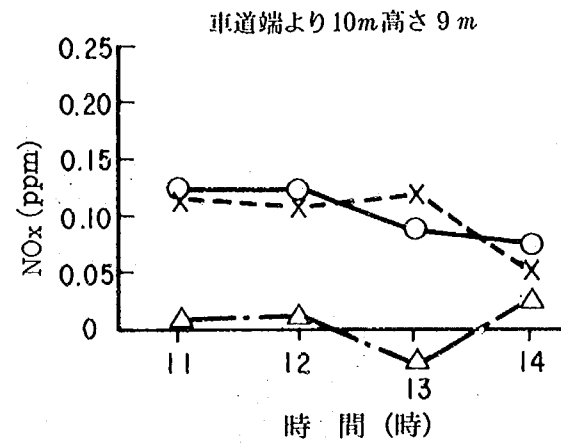
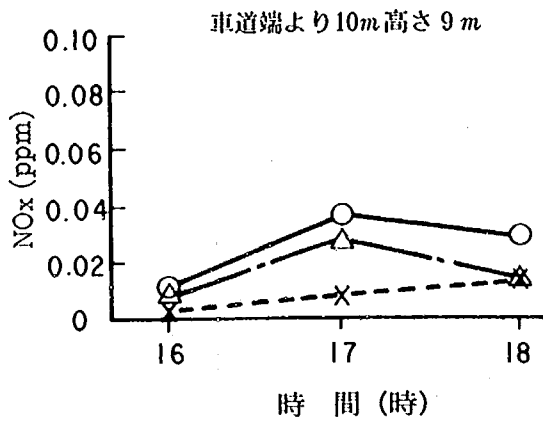
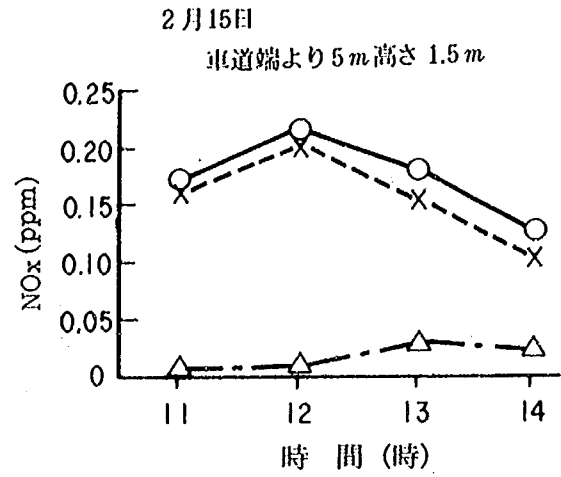
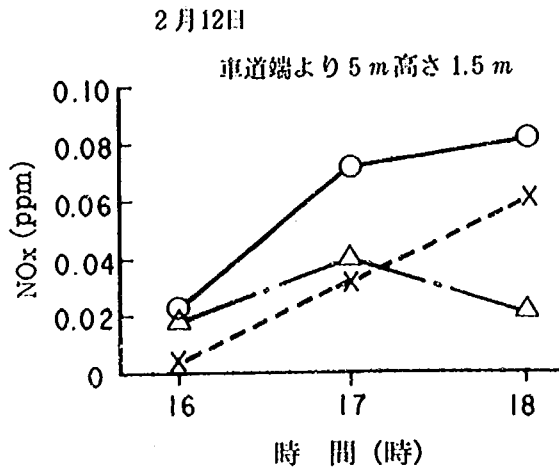
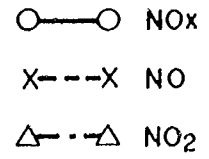


図-3・17 各地点での時間変動の例 (NO_x濃度, バックグラウンド濃度除去, 直角風時)

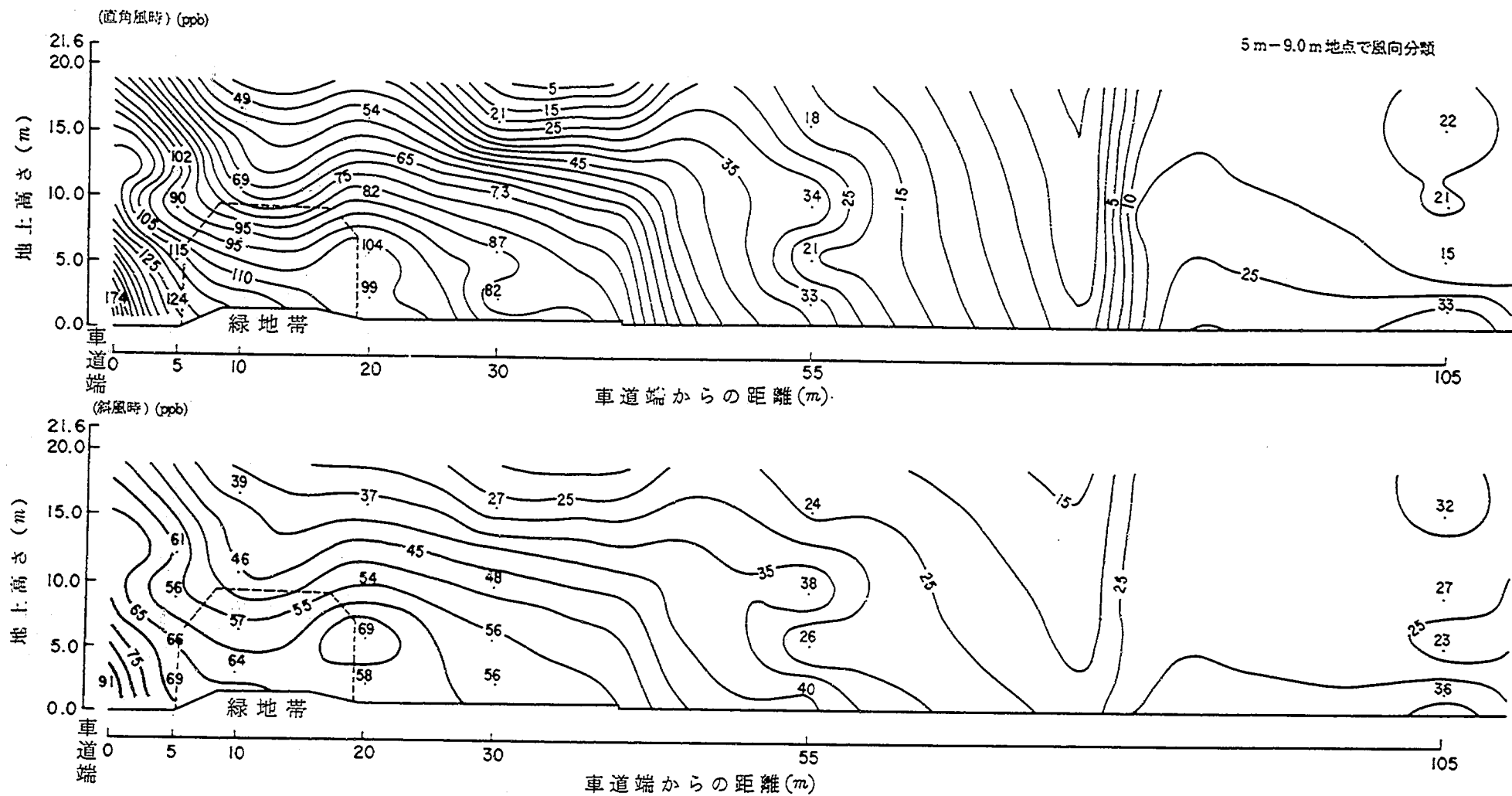


図-3・18 NO_x濃度コンター (バックグラウンド濃度除去)

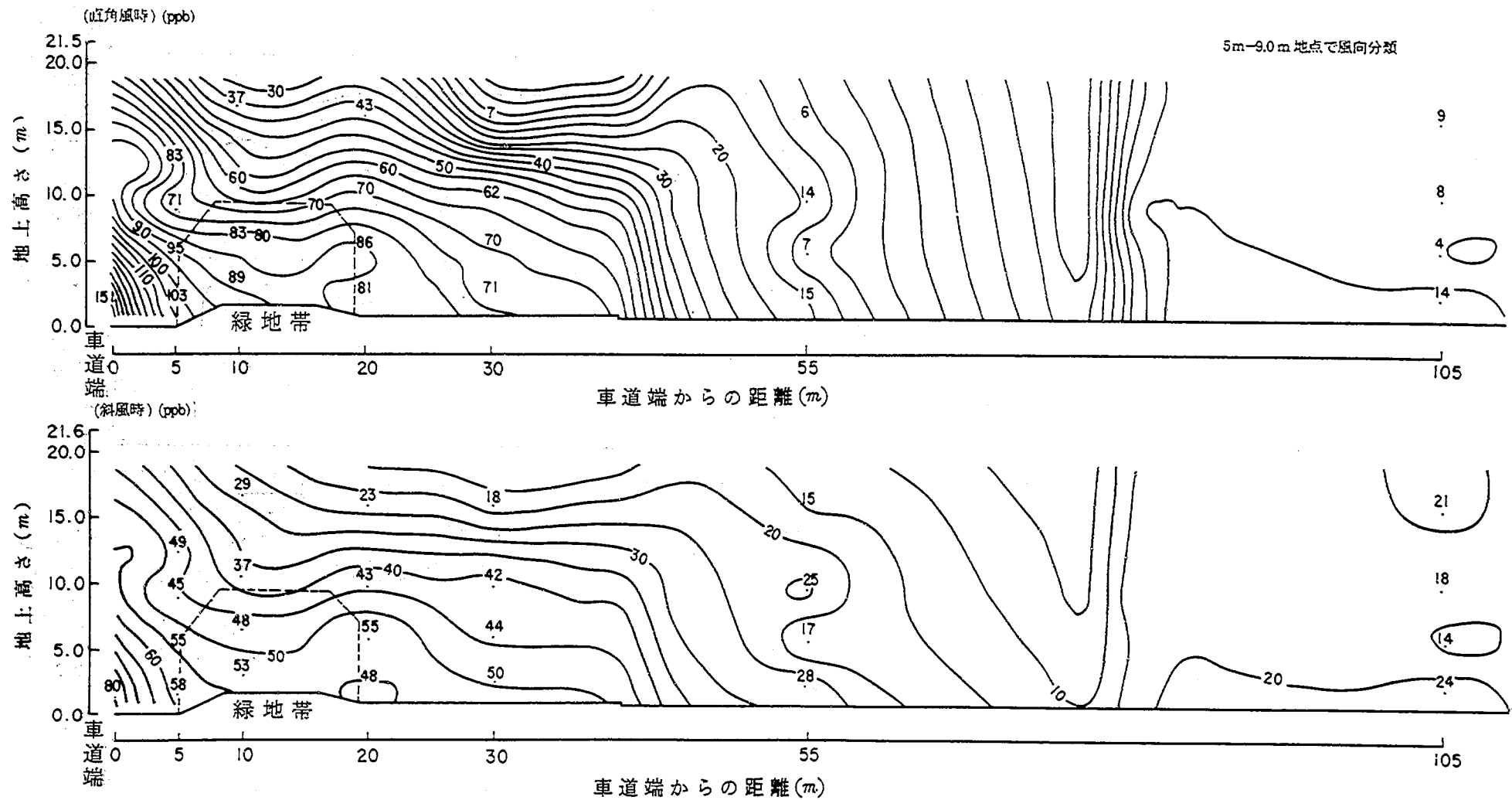


図-3・19 NO濃度コンター (バックグラウンド濃度除去)

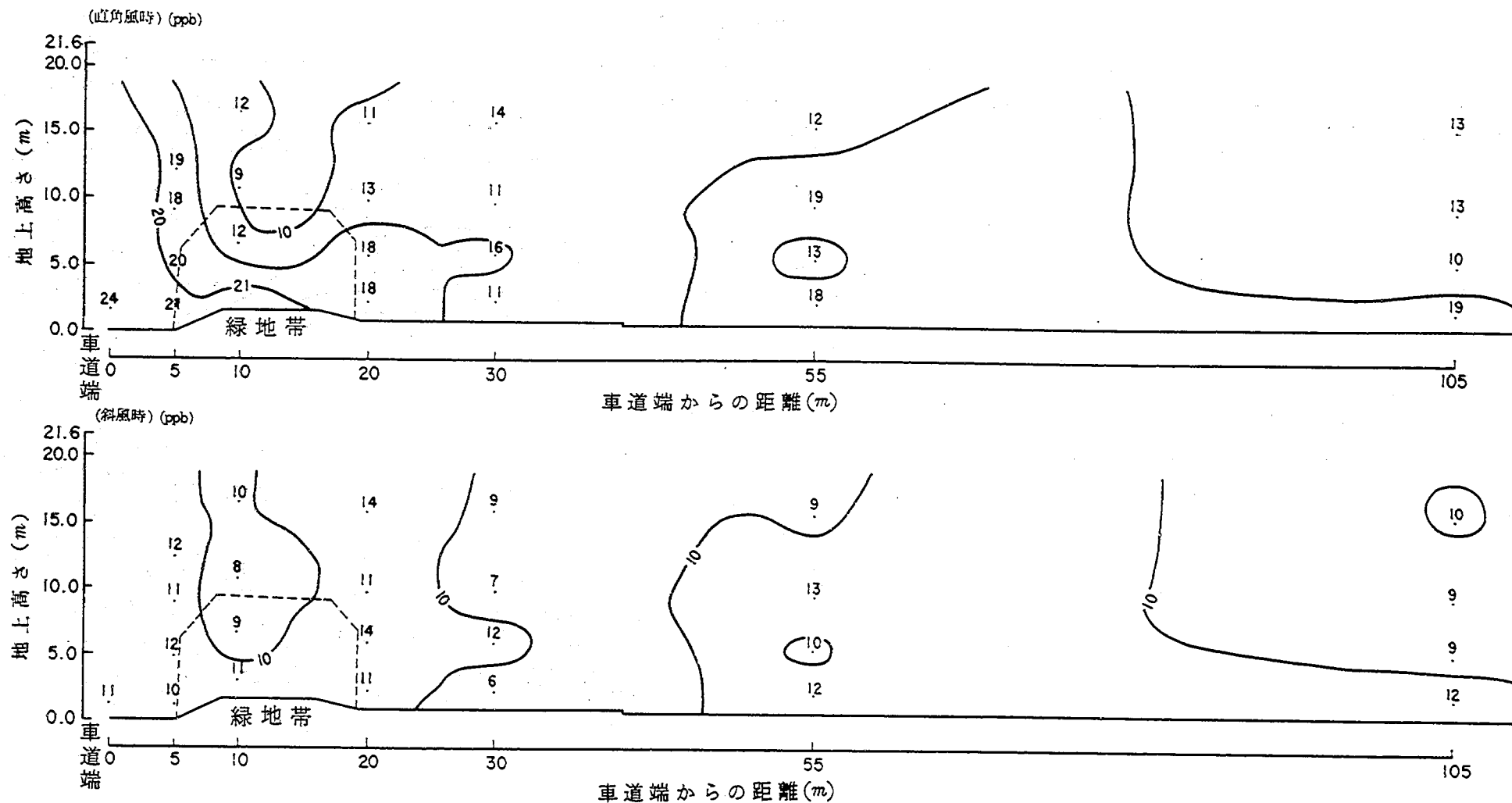


図-3・20 NO₂濃度コンター (バックグラウンド濃度除去)

直角風時の地上高さ1.5m, 9.0mの濃度値より求めた距離減衰の傾向をそれぞれ図一3・21, 図一3・22に示す。図一3・22において車道端より10m~20mにかけて濃度の上昇が見られるが、これは緑地帯により上空への上昇流が生じ、緑地帯前面の高濃度のNO_xが上昇した結果現れたものと考えられる。

次に単位時間当たりのNO_x輸送量を把握するためにNO_x濃度×風速を検討した。

図一3・23に直角風, 斜風について, (NO_x濃度×風速) コンターを示す。この図より緑地帯前面から上空にかけてNO_x濃度×風速の値が高くなっていることから、緑地帯によりNO_xの上方拡散が確認できる。図一3・23における各地点の値を鉛直分布で示したものが図一3・24である。図の直角風時において、緑地帯上空では緑地帯内部と比較した場合、値が大きくなっており、緑地帯上空のNO_x輸送量が多いことがわかる。緑地帯内(地上1.5m地点)で値が多少高くなっているのは、緑地帯内に吹き込まれた汚染物質が滞留しているためと考えられ、緑地帯内へ沈降することが考えられる。

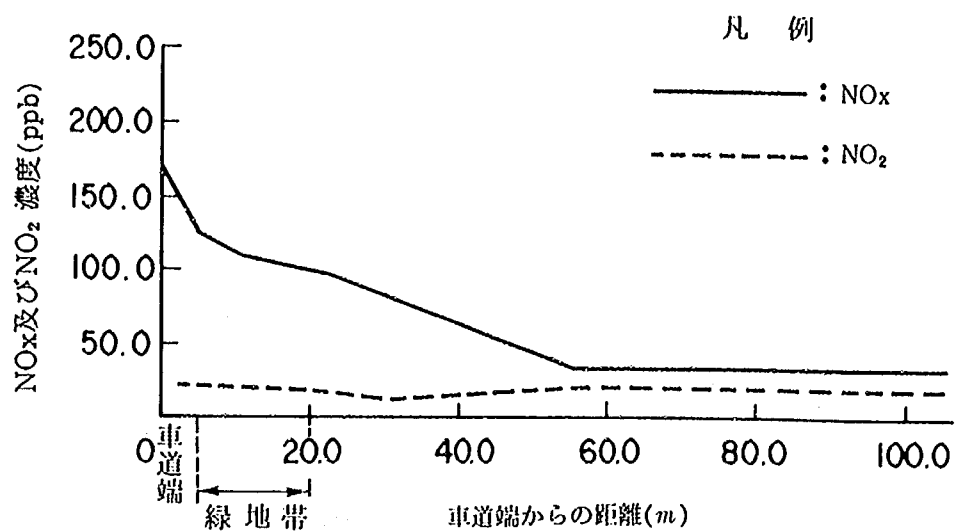


図-3・21 距離減衰図 (直角風時, 地上高さ1.5m)

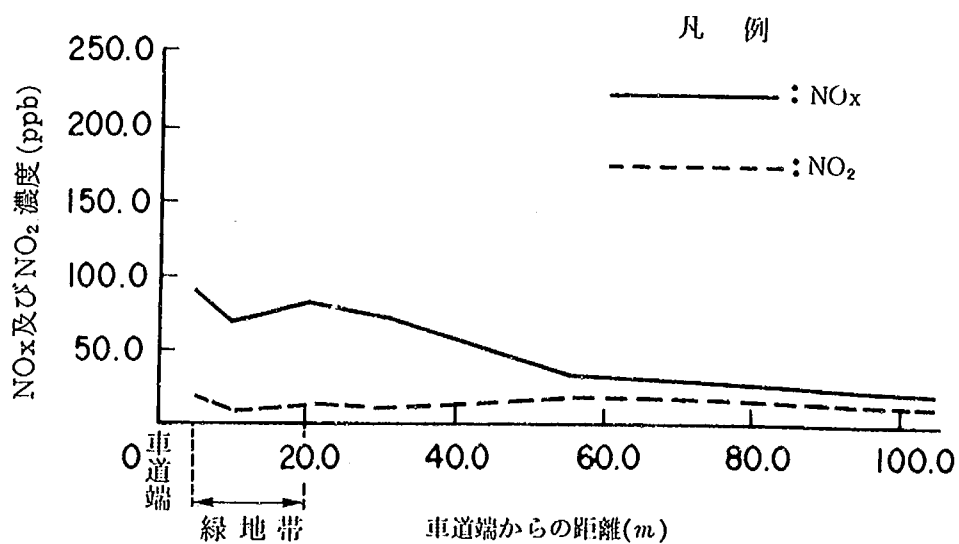


図-3・22 距離減衰図 (直角風時, 地上高さ9.0m)

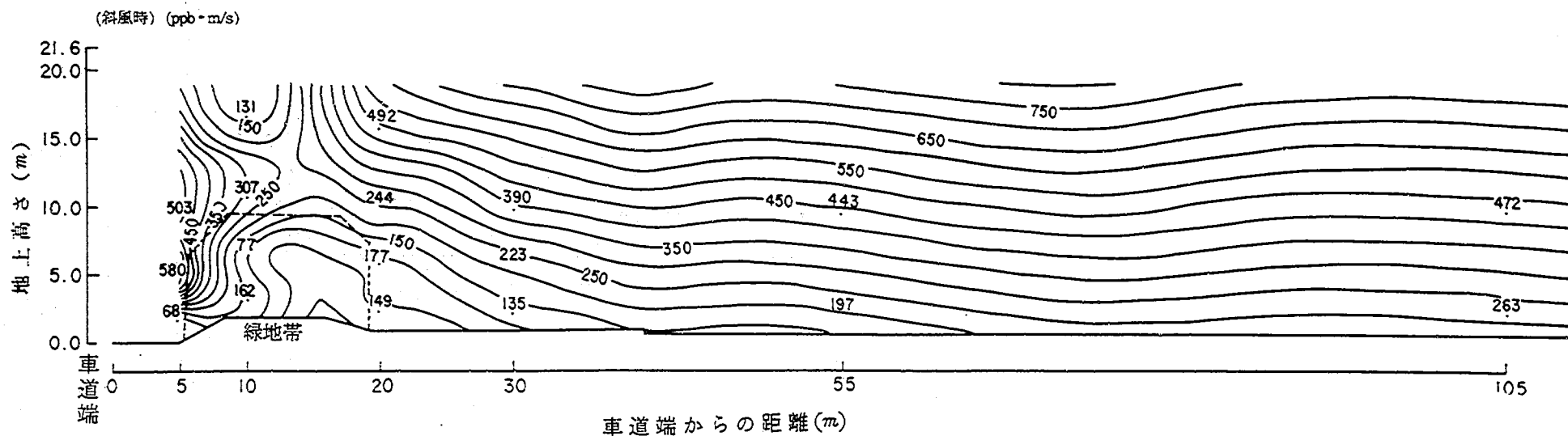
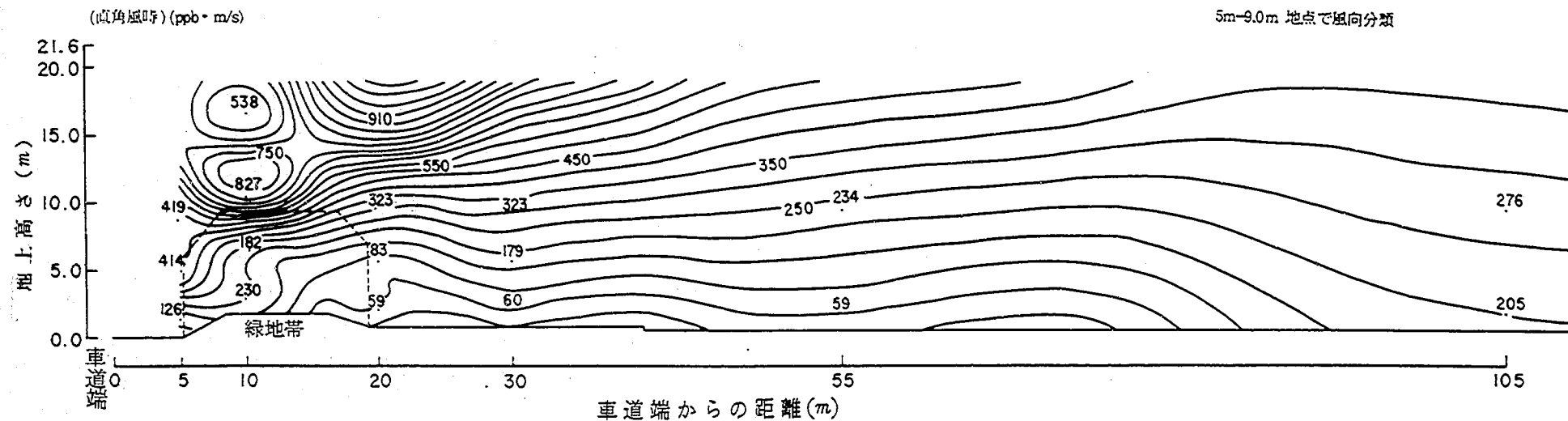


図-3・23 NO_x濃度×風速コンター

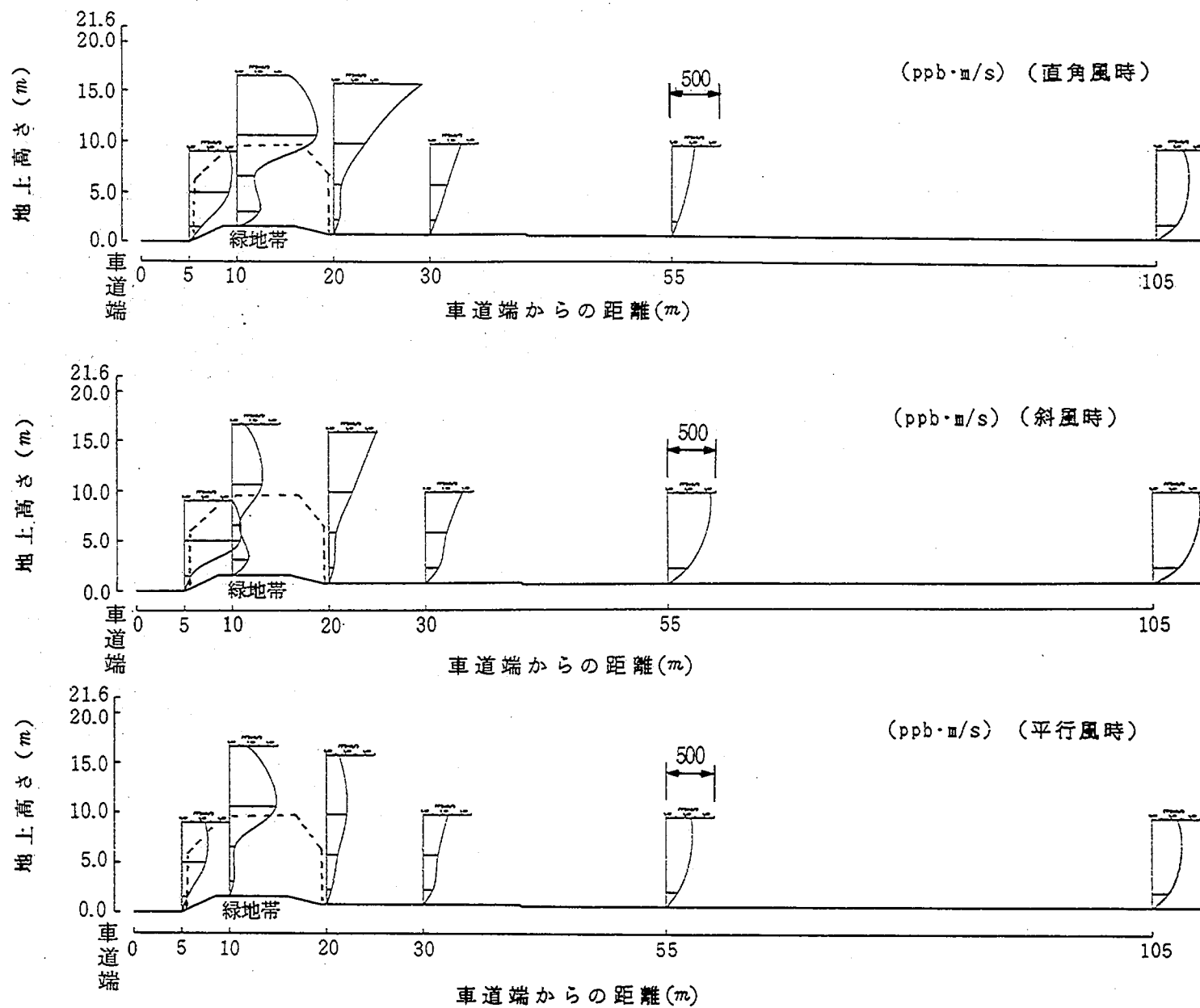


図-3・24 風速×NO×濃度鉛直分布

(5) トレーサーガス (S F₆) 放出実験結果の検討

図一3・25は、直角風時に4回行ったトレーサーガス放出実験において、地上高さ1.5mの各地点での濃度から求めた濃度比の距離減衰図である。各回とも、車道端から55m離れた地点以遠では濃度比は約1/5となり、それ以降はほとんど変化しないことがわかる。図一3・26は緑地帯なしの場合の距離減衰図²³⁾であるが、濃度が1/5程度になる地点は100m付近であり、両者を比較した場合、緑地帯があることにより、減衰が大きくなる拡散効果があることがわかる。図一3・27は、同時刻におけるNO_x濃度の距離減衰図とS F₆の距離減衰図(地上高さ1.5m)を重ねた例であるが、トレーサーガス(S F₆)、NO_xともほぼ同じ減衰傾向を示している。

図一3・28にトレーサーガス濃度×風速の鉛直分布の例を示す。図一3・29に緑地帯のない平地を仮定し、拡散式(ブルーム式)を用いて求めた各地点の予測濃度に、風速をかけた値の鉛直分布の例を示す。図一3・28(緑地帯あり)と図一3・29(緑地帯なし)を比較すると、緑地帯上空にNO_x輸送量が高い領域が存在することが確認される。また、両者の距離減衰の傾向を重ね合わせたものを図一3・30(地上高さ1.5m)、図一3・31(地上高さ9.0m)に示す。地上高さ1.5m(図一3・30)では、緑地帯の効果により実測値(緑地帯あり)の値が計算値よりも低くなっており、地上高さ9.0m(図一3・31)では緑地帯の上空への拡散効果により実測値(緑地帯あり)の方が高くなっている。

以上の実測結果からわかるように、緑地帯の存在により上昇流が発生し、上方への拡散が促進されることによってNO_x濃度の距離減衰が緑地帯がない場合に比べて大きくなることが確認された。

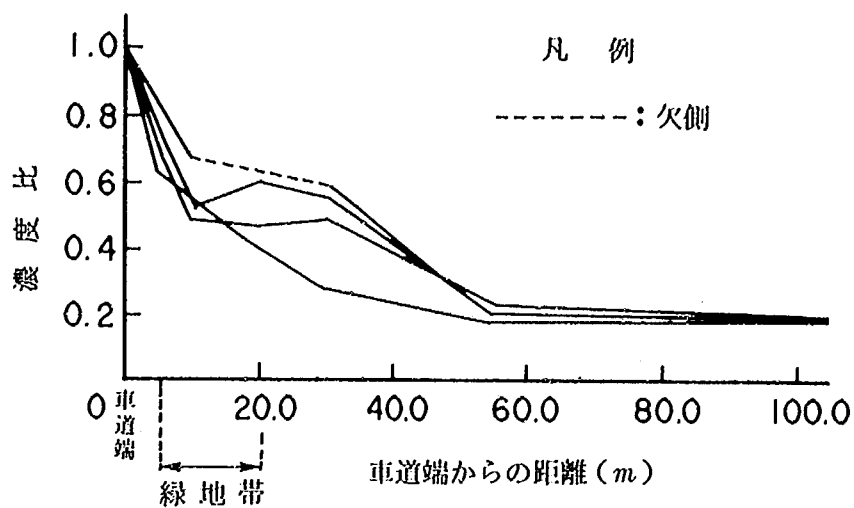


図-3・25 距離減衰図 (トレーサーガス (SF_6) 放出実験)

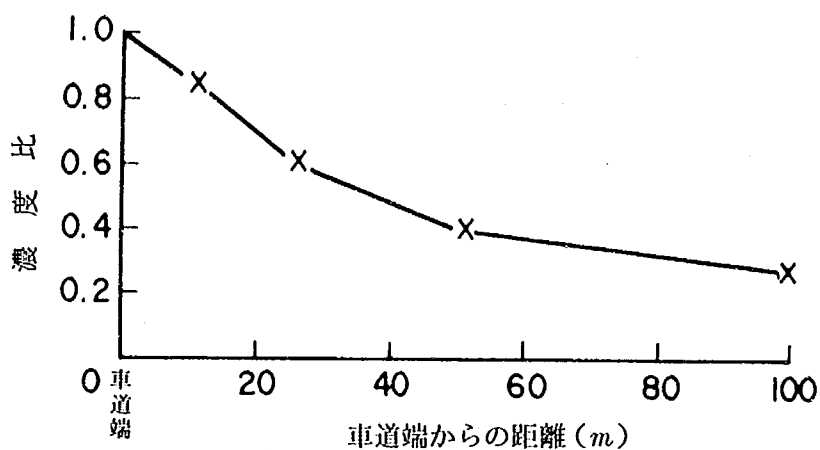


図-3・26 距離減衰図²³⁾ (緑地帯なし)

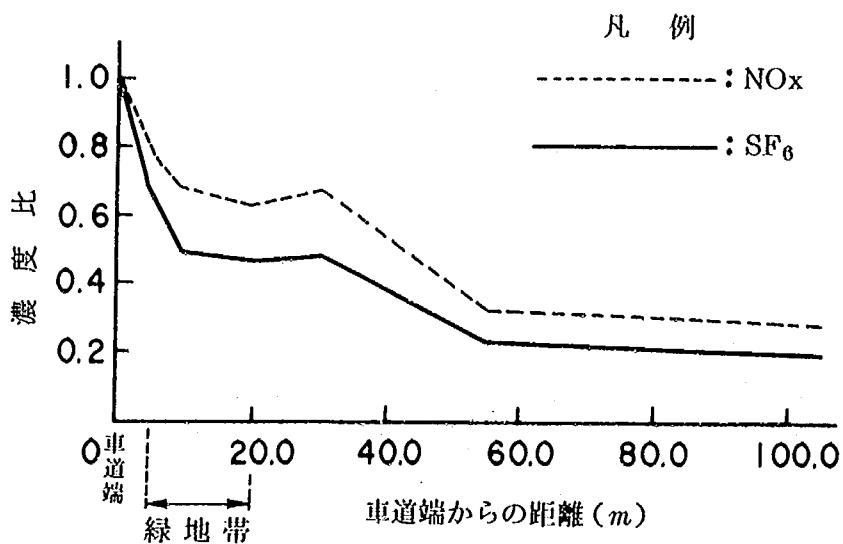


図-3・27 距離減衰図 (SF_6 , NO_x)

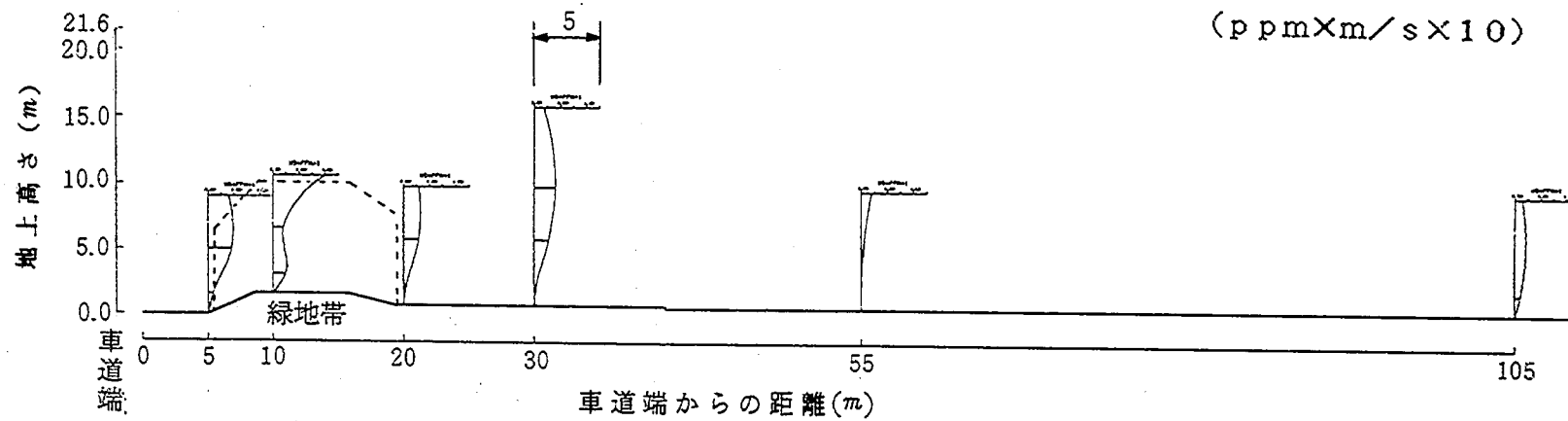


図-3・28 鉛直分布実測結果 (トレーサーガス濃度×風速 緑地帯あり)

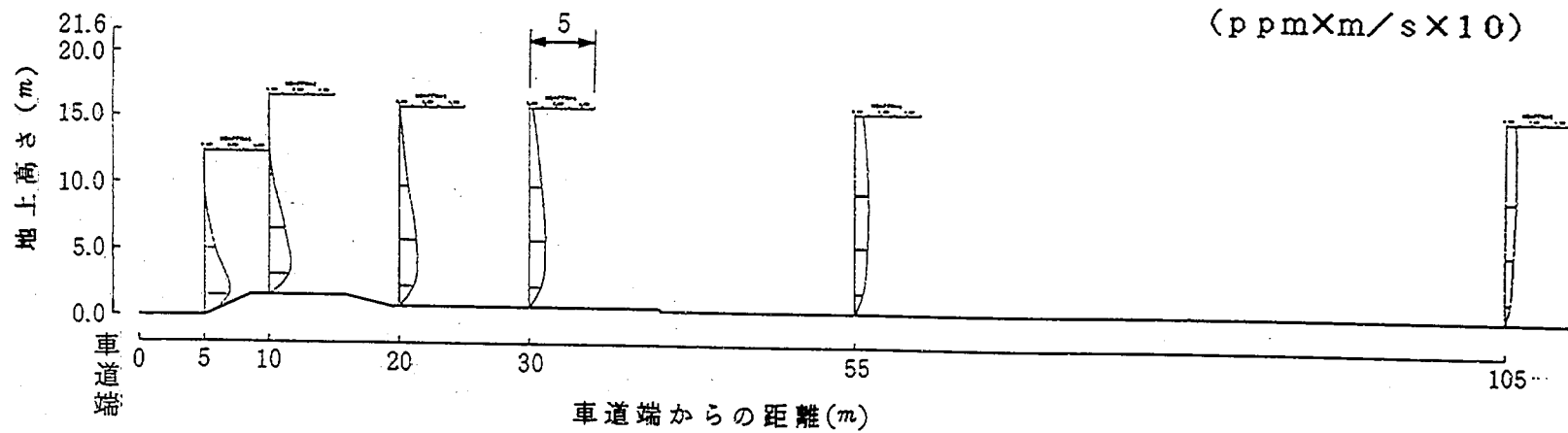


図-3・29 鉛直分布予測結果 (プルーム式によるトレーサーガス濃度×風速 緑地帯なし)

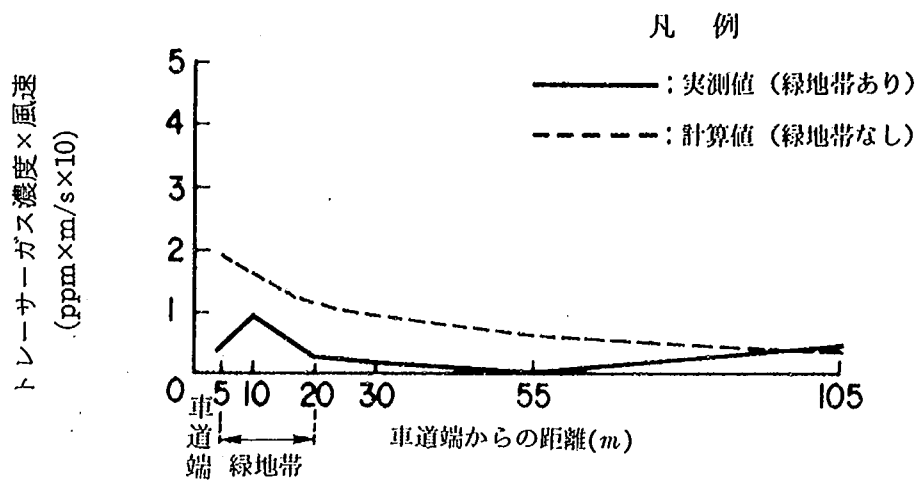


図-3・30 距離減衰図 (地上高さ1.5m)

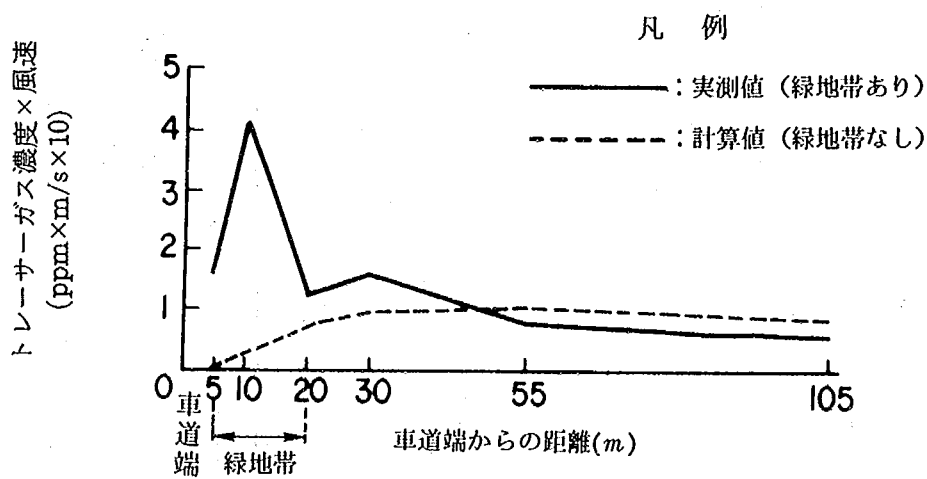


図-3・31 距離減衰図 (地上高さ9.0m)

3.4 緑地帯の大気拡散実測効果についての考察

3.4.1 緑地帯背後の濃度分布の特性

実測結果より、道路端地上1.5mのNO_x濃度を基準としたときの各測定点の濃度比を求め、等濃度比分布図を作成した結果を図-3・32に示す。図-3・32において、緑地帯から背後にかけての分布状況をみると気流が緑地帯の上を通過し、拡散の主軸高さが緑地帯の高さ（9 m）付近に持ち上げられている傾向がみられる。

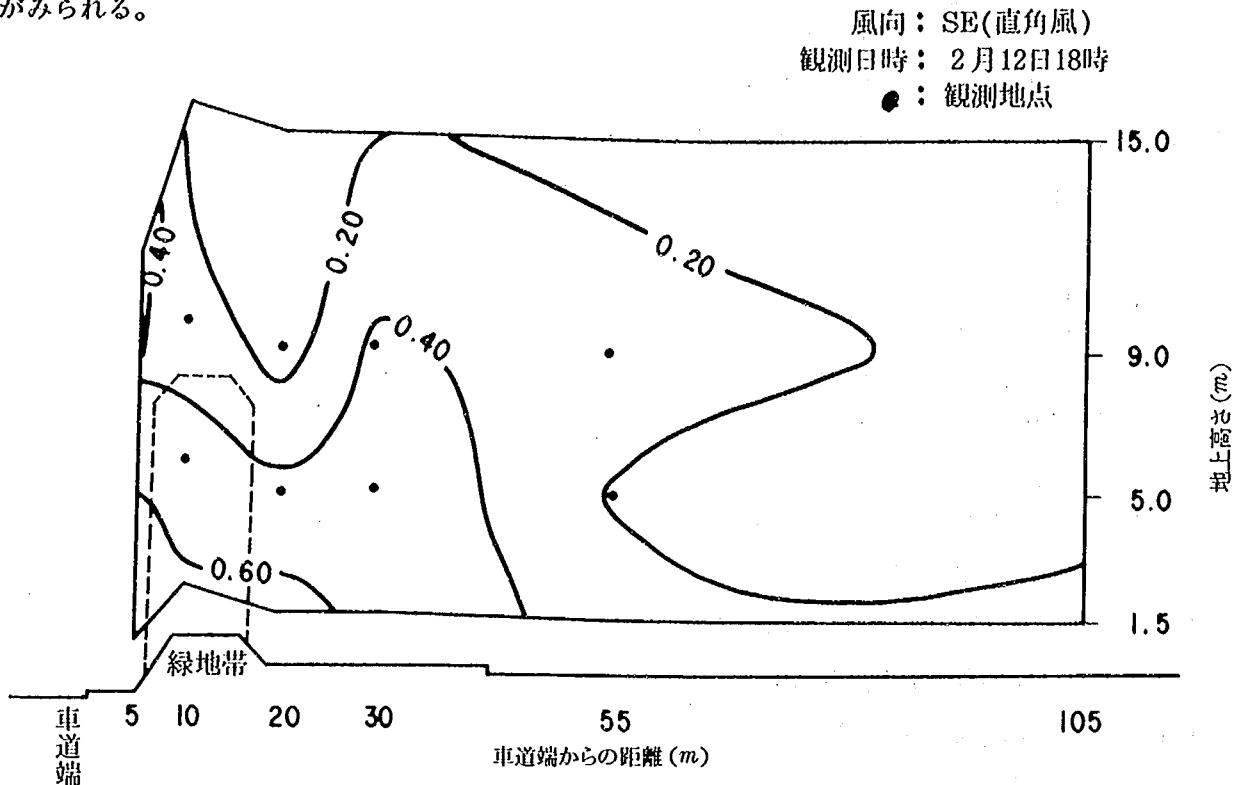


図-3・32 等濃度比分布図（道路端地上1.5mの濃度を1としたときの各測定点での濃度比）

3.4.2 鉛直方向拡散幅の検討

(1) 鉛直方向拡散幅（ σ_z ）の検討方法

緑地帯を大気拡散場での障害物としてみると、拡散式の中では、鉛直方向拡散幅（ σ_z ）の拡大及び排出源高さ（ H_e ）の上昇によりその拡散効果を表現することが可能である。そこで、実測結果より鉛直方向拡散幅（ σ_z ）及び排出源高さ（ H_e ）の推定を行い、これまで得られている平面道路の予測式と比較することにした。

「道路環境整備マニュアル」における大気汚染予測式（ブルーム式）を式（3.1）より、

$$C(x, y, z) = \frac{Q}{2\pi \cdot u \cdot \sigma_y \cdot \sigma_z} \exp\left(-\frac{y^2}{2\sigma_y^2}\right) \left[\exp\left\{-\frac{(z+H)^2}{2\sigma_z^2}\right\} + \exp\left\{-\frac{(z-H)^2}{2\sigma_z^2}\right\} \right] \quad \dots\dots\dots (3.1)$$

ここで、 $C(x, y, z)$: (x, y, z) 地点における濃度 (ppm)

Q : 点煙源の排出量 (m l / s)

u : 平均風速 (m / s)

H : 排出源の高さ (m)

σ_y, σ_z : 水平 (y) , 鉛直 (z) 方向の拡散幅

x : 風向に沿った風下距離 (m)

y : x 軸に直角な水平距離 (m)

z : x 軸に直角な鉛直距離 (m)

ここで、図-3・33における $Z-Z'$ 断面の地上1.5mの濃度 (C_1) を基準とした各高さの濃度比 (R_i) は、ブルーム式を前提として考えると理論的には次式で表わされる。

$$R_i = \frac{C_i}{C_1} = \frac{\exp\{-(z_i - He)^2 / 2\sigma_z^2\} + \exp\{-(z_i + He)^2 / 2\sigma_z^2\}}{\exp\{-(z_1 - He)^2 / 2\sigma_z^2\} + \exp\{-(z_1 + He)^2 / 2\sigma_z^2\}} \dots\dots\dots (3.7)$$

ここで、 R_i : ある測定断面において、地上1.5mの濃度を基準としたときの、鉛直方向の各測定高さでの濃度比の理論値

C_i : ある測定断面での、鉛直方向の各測定高さでの濃度

Z_i : 観測点の地上高さ (m)

He : 排出源高さ (m)

σ_z : 鉛直方向拡散幅 (m)

i : ある測定断面での、鉛直方向観測点番号

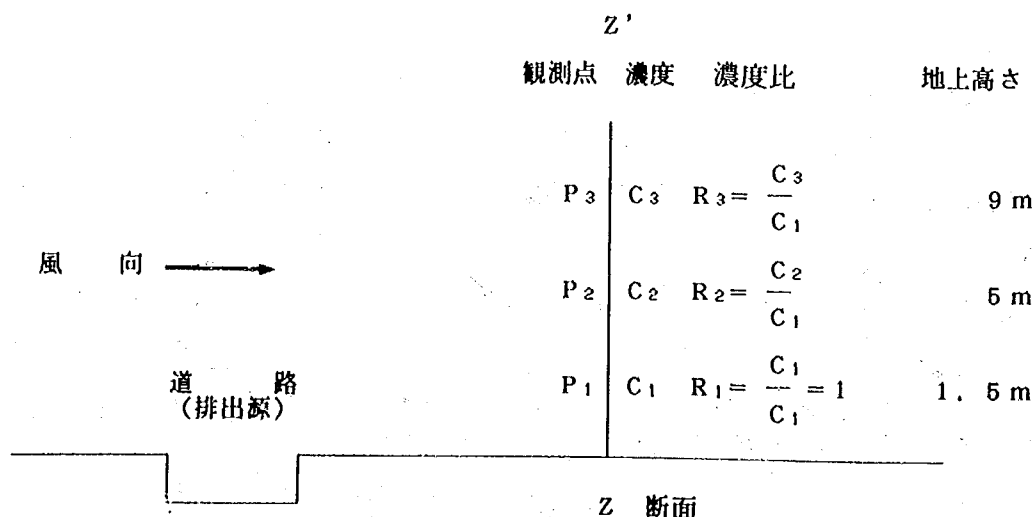


図-3・33 鉛直方向拡散幅推定法の模式図

一方、実測（ k 回測定）により得られた濃度分布から、各高さ毎の濃度比（ F_{ij} ）を求めることができる。実測値より求めた濃度比（ F_{ij} ）と理論値より求めた濃度比（ R_i ）の比較により最適な鉛直方向拡散幅（ σ_z ）及び排出源高さ（ He ）を求めることとした。

$$R_i = \frac{C_i}{C_1} \quad (\text{理論値}) \dots\dots\dots (3.7)$$

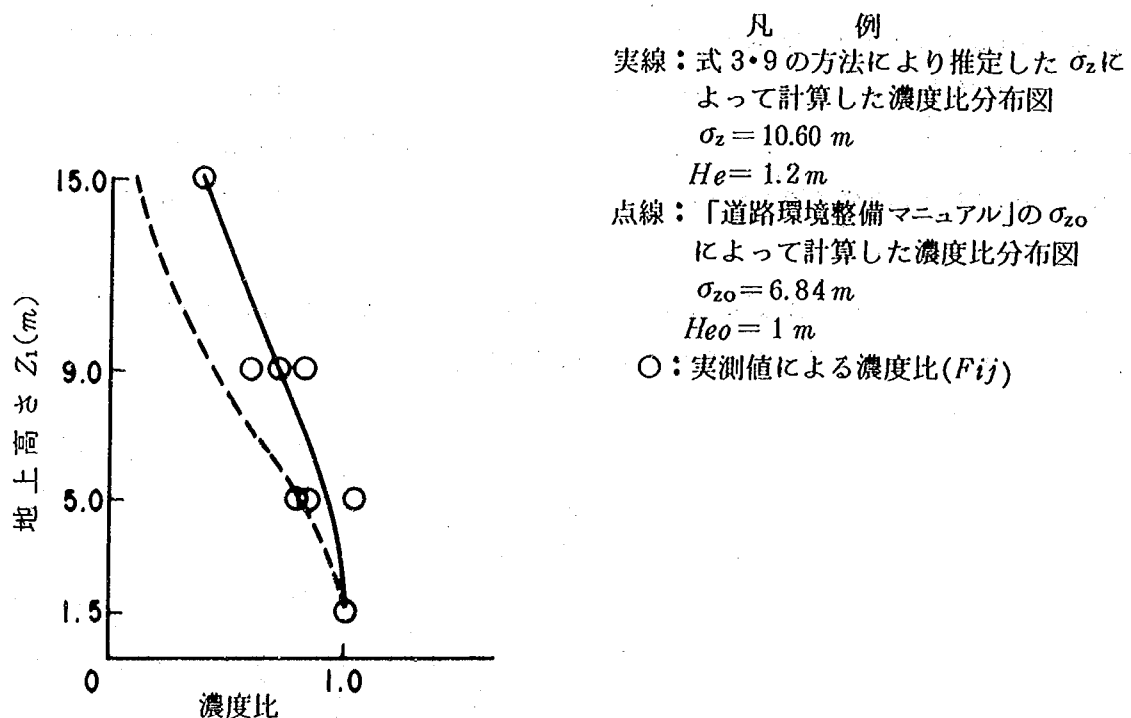
$$F_{ij} = \frac{C_{rij}}{C_{r1j}} \quad (\text{実測値} \cdot j \text{ 回目測定値}) \dots\dots\dots (3.8)$$

ここで、 C_{rij} ：ある断面において k 回得られたデータのうち、 i の高さで j 回目に得られた実測値

σ_z と He を変化させて式（3.7）より R_i を求め、最小 2 乗法により R_i と F_{ij} の残差の 2 乗和が最小になるような σ_z 及び He を推定した（式（3.9））。

$$\sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^k (R_i - F_{ij})^2 \rightarrow \min \dots\dots\dots (3.9)$$

図－3.34に鉛直方向濃度比分布図の推定結果例を示す。



図－3.34 鉛直方向濃度比分布図の推定結果例（ L （風下方向距離）＝30.83m）

(2) 鉛直方向拡散幅 (σ_z) 推定結果

(1)の方法により算出した推定鉛直方向拡散幅 (σ_z) と車道端部からの距離との関係図を図—3・35に示す。但し、斜風の場合の距離は、測定点を通る風向に沿った風下方向距離 (L) に換算した数値を用いている。また、風下方向距離 (L) が150m以遠のデータは削除している。参考に、「道路環境整備マニュアル」により求めた拡散幅と風下方向距離 (L) との関係を図中に示す。

図をみると、緑地帯付近 ($L=20\text{m}$ 以内) では鉛直方向拡散幅 (σ_z) が大きなばらつきを示しているが、これは、緑地帯による風の乱れによる現象であり、緑地帯以遠の拡散を評価するうえでは、これを除いて検討する必要がある。そこで、緑地帯付近のデータを削除して鉛直方向拡散幅 (σ_z) と風下方向距離 (L) の関係を再整理した結果を図—3・36に示す。現行の「道路環境整備マニュアル」による鉛直方向拡散幅 (σ_z) は式 (3・10) に示すとおりであり、今回の解析で得られた回帰式は式 (3・11) のとおりである。

「道路環境整備マニュアル」での σ_z の式

$$\sigma_z = 1.5 + 0.31L^{0.83} \dots\dots\dots (3 \cdot 10)$$

実測値より求めた σ_z の式

$$\sigma_z = 1.5 + 0.77L^{0.61} \dots\dots\dots (3 \cdot 11)$$

この図からわかるとおり、「道路環境整備マニュアル」の鉛直方向拡散幅 (σ_z) と実測値より求めた鉛直方向拡散幅 (σ_z) の回帰式 (図中の実線と二点鎖線) には大きな差はみられなかった。

次に、初期拡散幅についての検討を行った。ここでは、 $\sigma_z = a + 0.77L^{0.61}$ とおいて、実測値より初期拡散幅 a を求めた。この値と風下方向距離 (L) の関係を調べた結果を図—3・37に示す。初期拡散幅については、緑地帯背後以遠のデータをみると概ね1.5m7.5mとなっており、現行の「道路環境整備マニュアル」をより大きく広がりがあることが分かった。

以上より環境施設背後の大気拡散を予測する場合の鉛直方向拡散幅 (σ_z) は現行の「道路環境整備マニュアル」を用いると変わらないことが確認された。

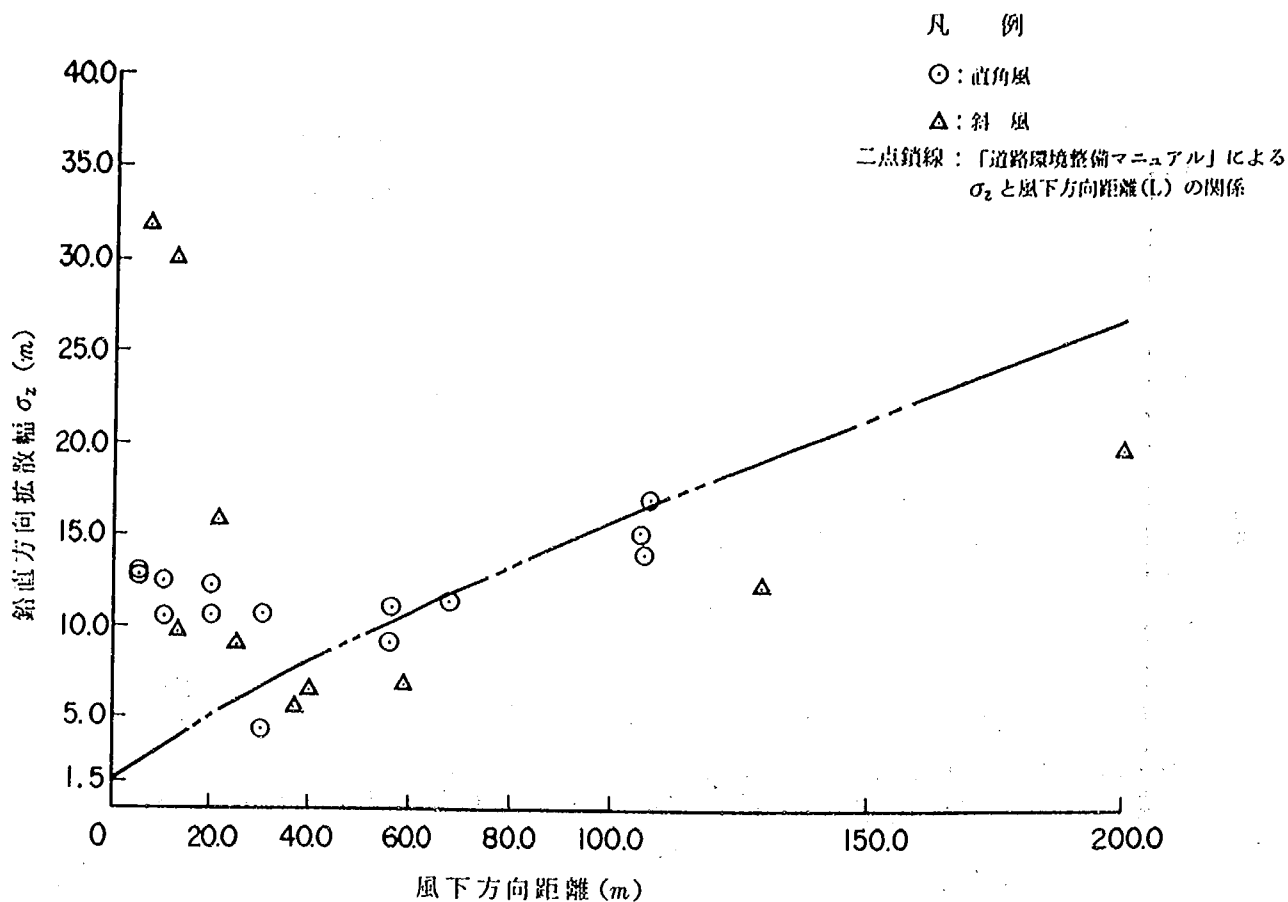


図-3・35 推定鉛直方向拡散幅 (σ_z) と風下方向距離 (L) との関係

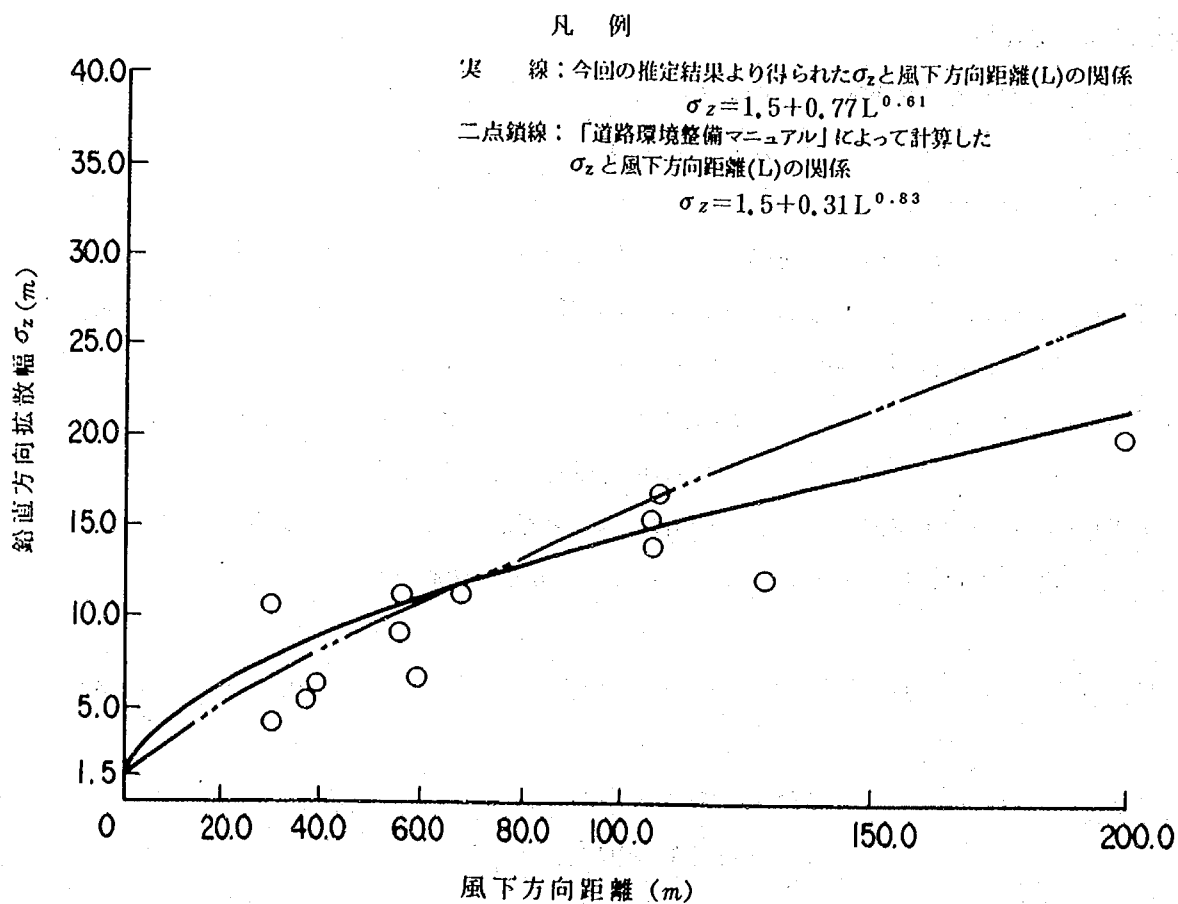


図-3・36 鉛直方向拡散幅 (σ_z) と風下方向距離 (L) との関係の推定結果

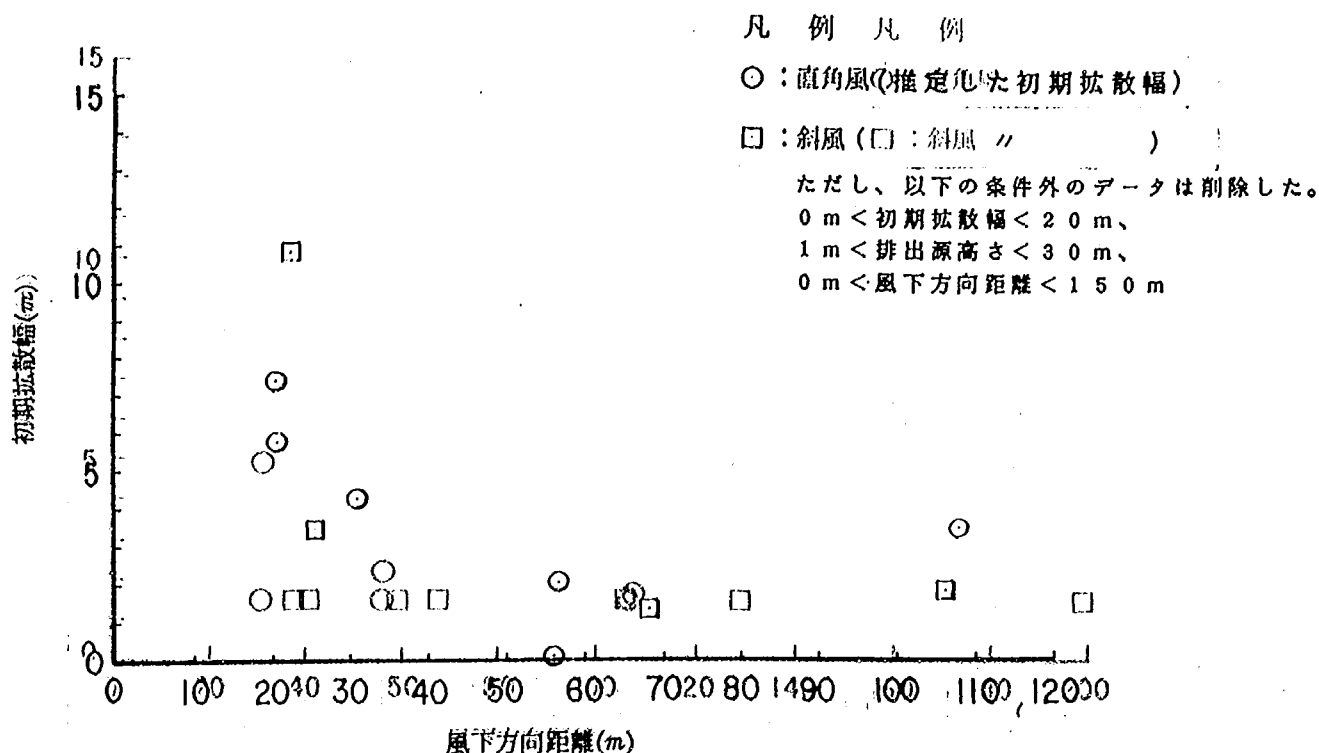


図-3・37 初期拡散幅と風下方向距離 (L) との関係

3.4.3 排出源高さの検討

前々までの検討結果から、緑地帯が存在する場合においても鉛直方向拡散幅 (σ_z) は現行の「道路環境整備マニュアル」(お同じ式 $(\sigma_z = 1.5 + 0.31L^{0.83})$) を用いることと、 σ_z を固定し排出源高さ (H_e) に着目して検討を行なった。

図-3・38に、鉛直方向拡散幅 (σ_z) を固定 ($\sigma_z = 1.5 + 0.31L^{0.83}$) した場合の排出源高さ (H_e) と風下方向距離 (L) の関係を示す。図をみると、風下方向距離 (L) が100m以内のデータでは概ね4~10mの値が得られており、現行の「道路環境整備マニュアル」の排出源高さの値 $H = 1$ mと比較して高くなっているという結果が得られた。また、排出源高さ (H_e) は風下方向距離が増加するに従って上昇する傾向にあり、図-3・32で推定した拡散軸(煙流中心軸)の上昇が確認された。

次に、風下方向距離 (L) が100m以内のデータを抽出し、べき乗回帰させて推定した結果 (式 (3・11)) を図-3・39に示す。式 (3・11) は風下方向距離 (L) における煙流中心軸 $H_c(L)$ を表わしている。

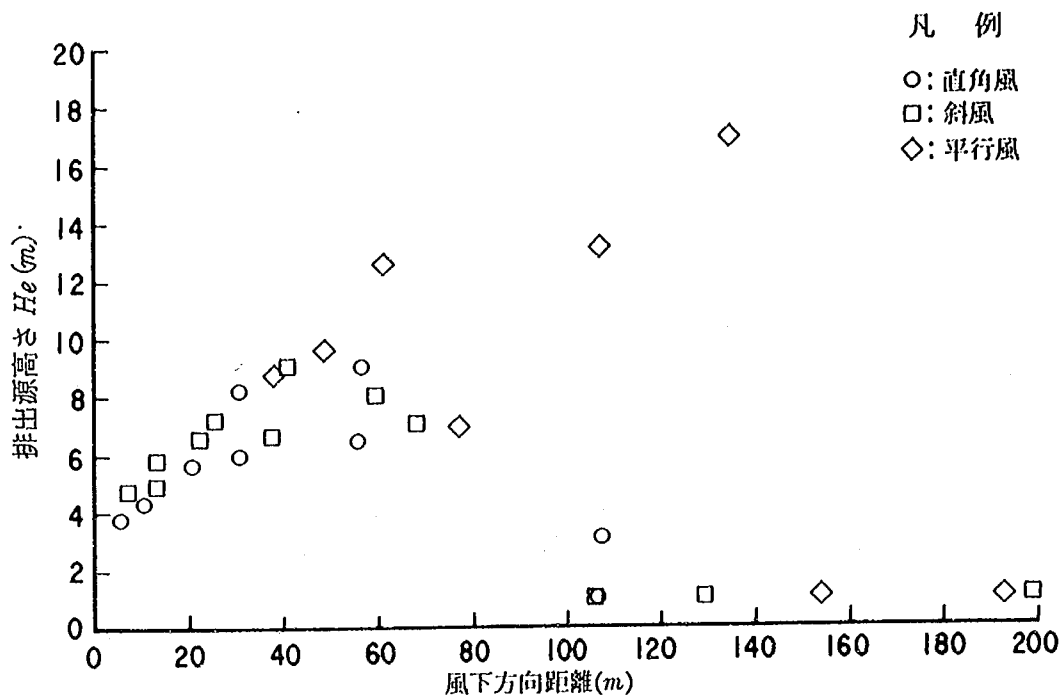
$$H_c(L) = 3.3 + 0.19L^{0.84} \dots\dots\dots (3 \cdot 11)$$

$H_c(L)$: 煙流中心軸高さ (m)

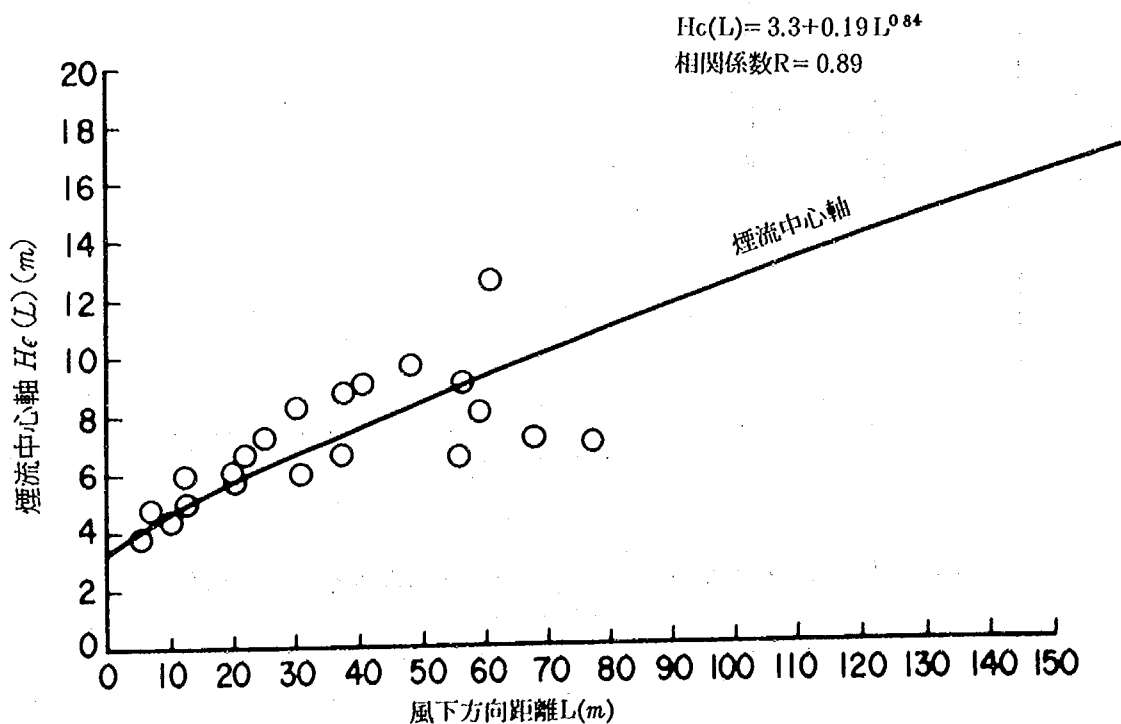
L : 風下方向距離 (m)

この結果より、 $L = 0$ mの地点すなわち車道端部における、排出源高さ (H_e) は3.3mであり、「道路環境整備マニュアル」で設定している路面位置+1 mよりも高いことが確認された。

緑地帯が存在する場合と存在しない場合の煙流中心軸 ($H_c(L)$) と風下方向距離 (L) の関係を図—3・40に模式図で示す。

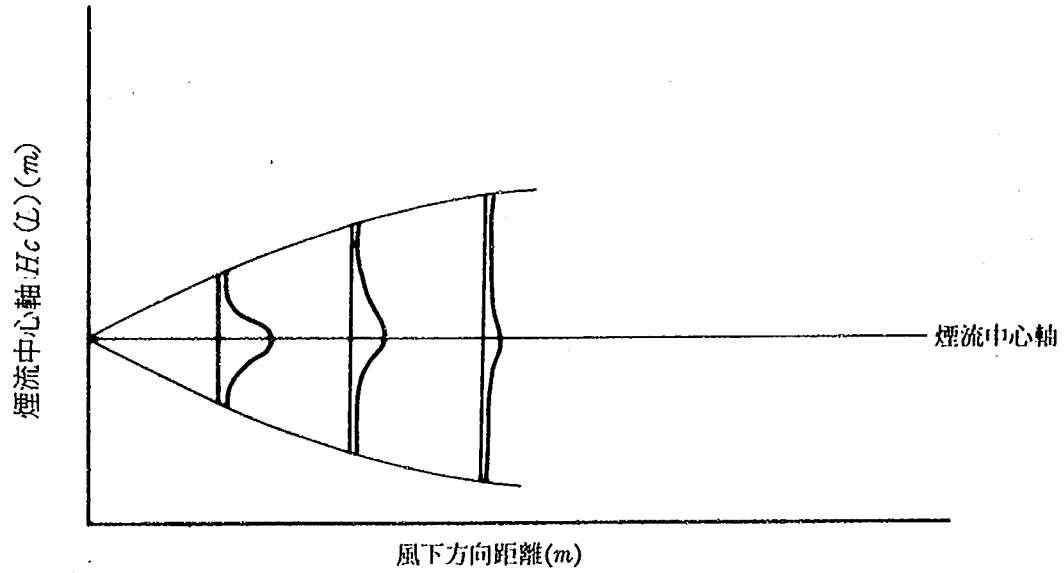


図—3・38 排出源高さ (H_e) と風下方向距離の関係



図—3・39 煙流中心軸 ($H_c(L)$) と風下方向距離 (L) の関係

緑地帯なしの場合（平面構造道路）



緑地帯ありの場合（平面構造道路）

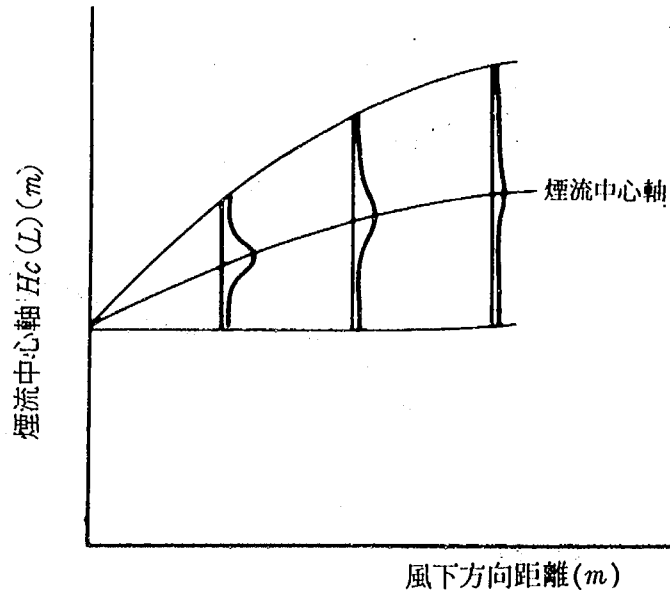


図-3・40 煙流中心軸 ($H_c(L)$) と風下方向距離 (L) の関係

3.5 緑地帯の大気拡散効果の評価

本調査では、緑地帯の大気汚染物質拡散効果を把握することを目的に、鉛直方向拡散幅 (σ_z) と排出源高さ (H_e) に着目して拡散効果の確認を試みた。

調査の結果、緑地帯背後から風下方向距離 $L = 100\text{m}$ 以内の鉛直方向拡散幅 (σ_z) については、現行の「道路環境整備マニュアル」で用いられている値を用いて差し支えないことが確認された。しかし、排出源高さ (H_e) については、現行の「道路環境整備マニュアル」における路面位置 + 1 m (緑地帯のない平面構造道路) に対し、4 ~ 10 m の値が得られており、車道端部での値を推定すると 3.3 m 程度という結果が得られた。

緑地帯背後から風下方向距離 $L = 100\text{m}$ 程度という範囲は現行の「道路環境整備マニュアル」の予測適応範囲に概ね該当するが、この範囲内において緑地帯による拡散効果があることが確認され、その排出源高さ (H_e) すなわち拡散の主軸高さは平面道路を対象とした現行の設定よりも高くすることが適当であることがわかった。

参 考 資 料

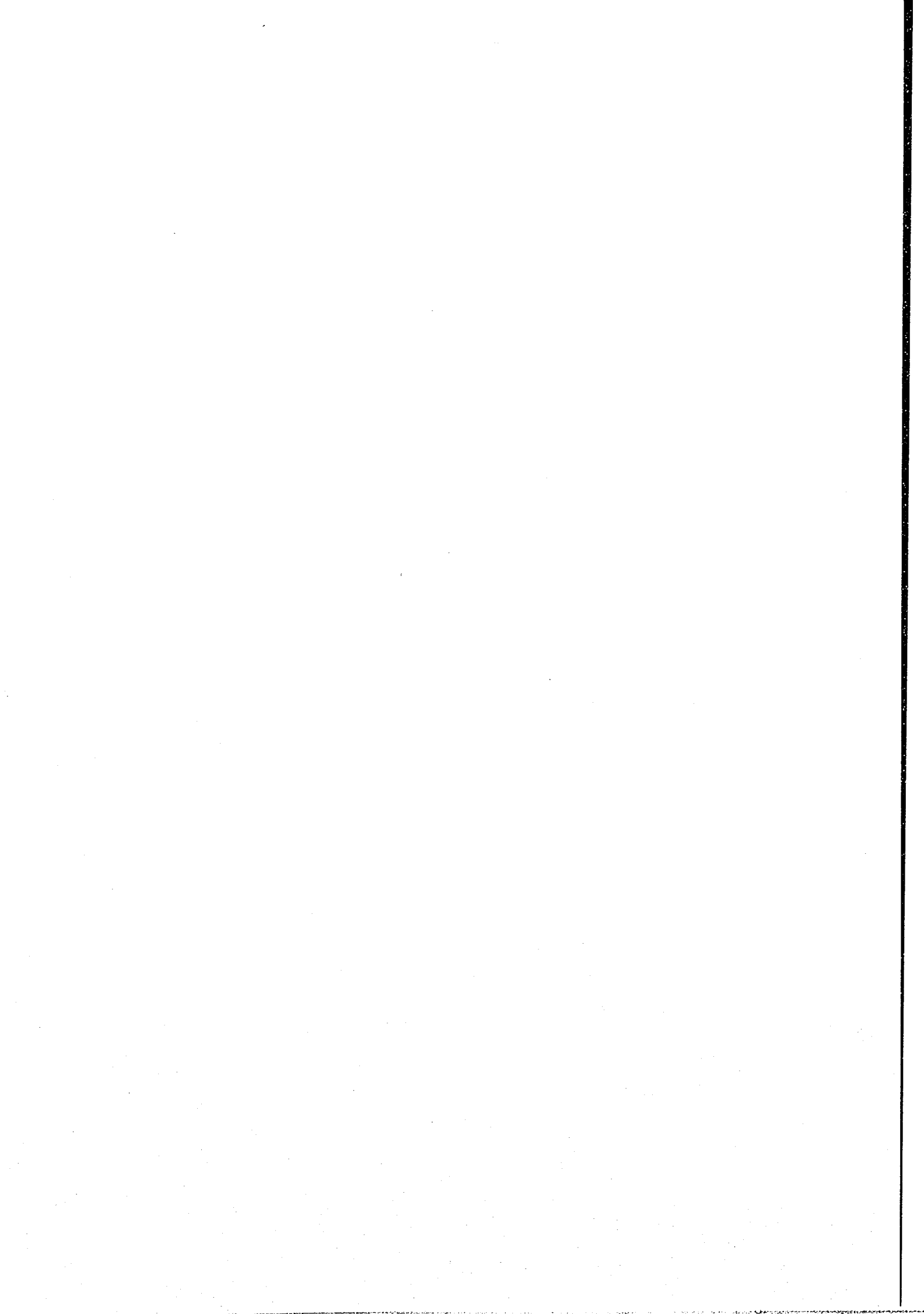


表-1 実測に使用した主要機器一覧表

調査	測定項目	装置名	測定方法	メーカー	形式	台数
大気 質 調 査	窒素酸化物	窒素酸化物 分析計	化学発光法	Moniter labs, Inc	MODEL 8840	3
					MODEL 8440	1
		集中式試料 採集装置	バック採取法	日本プライテクノジ	TPD-1100B	1
				日本イー・エル・シー	SBS-102	1
				自 社 製	—	1
	オゾン	オゾン分析計	紫外線吸収法	DASIBI	1003-AH	3
					1008-AH	1
					1006-AHJ	2
				荏原実業	EG-2001	1
	トレーサー ガス	ECD付き ガスクロマト グラフ	ECD付きガスク ロマトグラフ式	島津製作所	GC-3BE	1
気 象 調 査	風向・風速	超音波風向 風速計	超音波方式(2方向)	海上電気	SA-200	2
		プロベラ式 風向風速計	プロベラ方式	小笠原計器	PR-450	8
					CW-130	2
					A-157E	3
				日本エレクトリック インスルメント	ライトペー ン型	1
				光進社	MV-110C	3
				牧野応用測器	MANOX-804	1
	気温・湿度	自記温湿度計	バイメタル式 毛髪式	小笠原計器	TH-170型	1
	日 射 量	自記日射量計	熱電対式	英弘精機	MS-42	1
	放射収支量	放射収支計	熱電対式	英弘精機	CN-11	1
	降 水 量	自記雨量計	転倒マス式	日本エレクトリック インスルメント	N-68-616	1
交調 通 量 査	交 通 量 (車軸数)	トラフィック レコーダ	ゴムホース式	松下電信	VT-8400	1

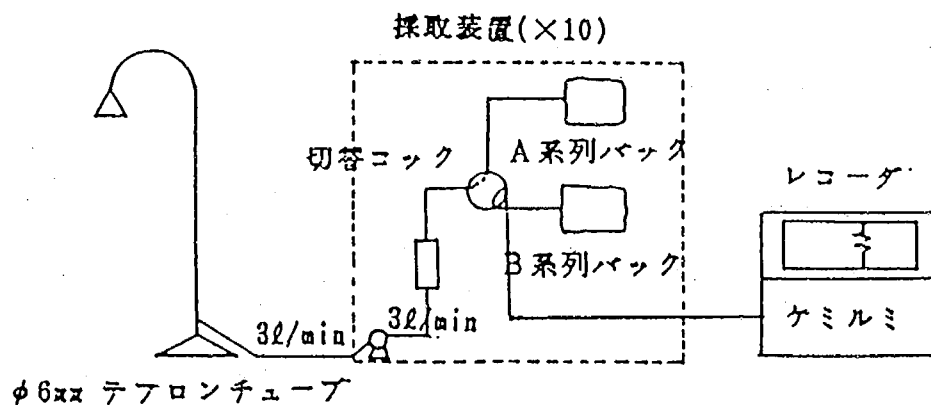
「実測方法」

1) 大気質調査

(1) 窒素酸化物 (NO 、 NO_2 、 NO_x)

B、G、地点においては、テフロン管（内径 6 mm）によって試料大気を分析装置に導入し、窒素酸化物濃度を測定した。

A断面は、集中式10点同時採取装置－窒素酸化物自動測定器（化学発光法）の組み合わせにより測定を実施した。この方法は、採集装置に各測定点から導入管（内径 6 mm テフロン管）を通じて試料ガスを導く。同装置には捕集バック（容量 20 l のテフロンバック）が 2 系統接続されており、その内 1 系列（10 点）のバックそれぞれに、 0.3 l/min の一定流量で各地点の試料ガスが採取される。採取後（1 時間後）、別系列の捕集バックに次の時間帯の試料ガスが採取されるが、この時すでに採取された試料ガスについて約 6 分毎に 1 台の測定器で順次分析していく。この繰り返しによって 10 地点の濃度を毎時間測定したものである。



図－ 1 測定原理概略図

(2) オゾン (O_3)

オゾンの測定は、A断面、B、G、地点の 7 個所で実施した。窒素酸化物の測定と同様にテフロン管（内径 6 mm）によって試料大気を分析装置に導入し、オゾン濃度を測定した。

(3) トレーサーガス (SF₆) 濃度分析

トレーサーガスの観測は窒素酸化物の測定と同様の地点について、4 回行い、100 検体を、ECD 付きガスクロマトグラフによって、濃度分析を行った。

① . トレーサーガス放出方法

a. トレーサーガスの種類

六弗化硫黄 (SF_6) 100%ガス

b. 放出方法

40ヶの点源を5m間隔で全長200mにわたって配置し、線放出源とした。

線放出源の高さは地上1.0mとし、放出量は、5m区間に約0.5l/minとした。

設置場所は、首都高速道路側の国道357号（国道のガードレール上）とした

（図-3参照）。トレーサーガス放出装置を図-2に示す。

トレーサーガス放出装置

放出装置は、100% SF_6 ボンベ、積算流量計、マノメーター、流量制御装置で構成される。流量制御装置のフローメーターで、10本の放出口に送るガス流量を均一に調節する。ガス誘導管は40m (30m + 10m) のビニールチューブ（内径10mm）で、先端を2つに分岐して各放出口に接続した。放出装置は4台使用し、一台当りの放出範囲は50mである。

c. 放出時間

予備放出10分間、本放出30分間とした。この間、ガス流量が一定になるように監視調整した。

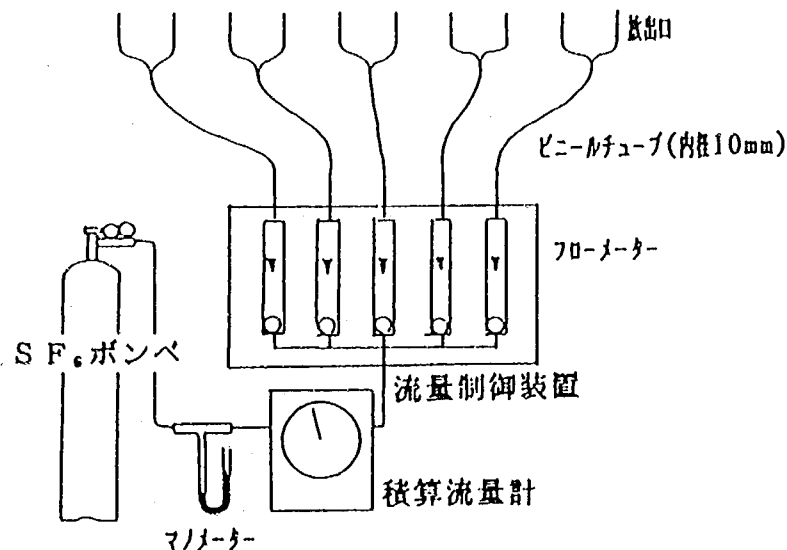


図-2 トレーサーガス放出装置

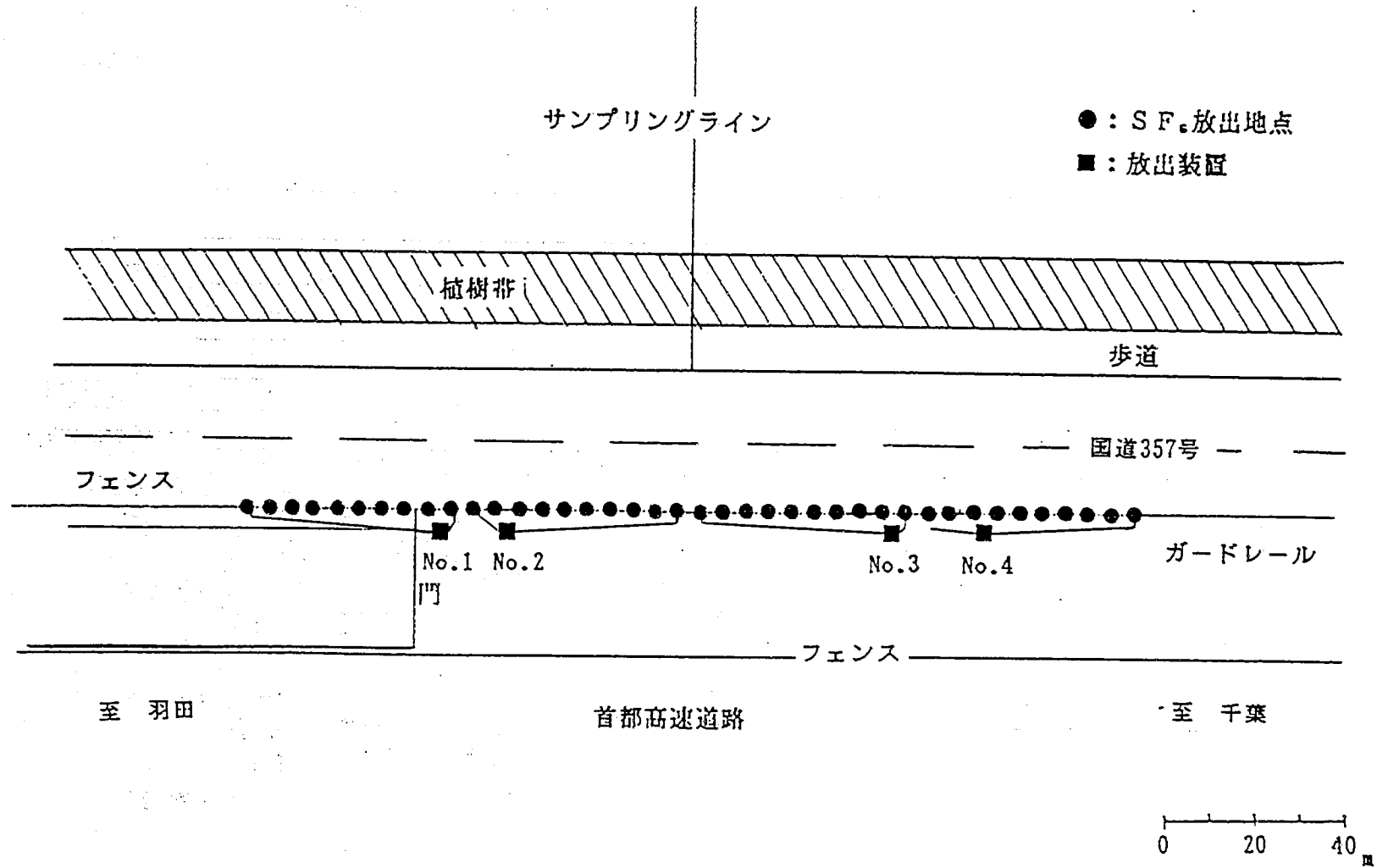


図-3 トレーサーガス放出配置図(平面図)

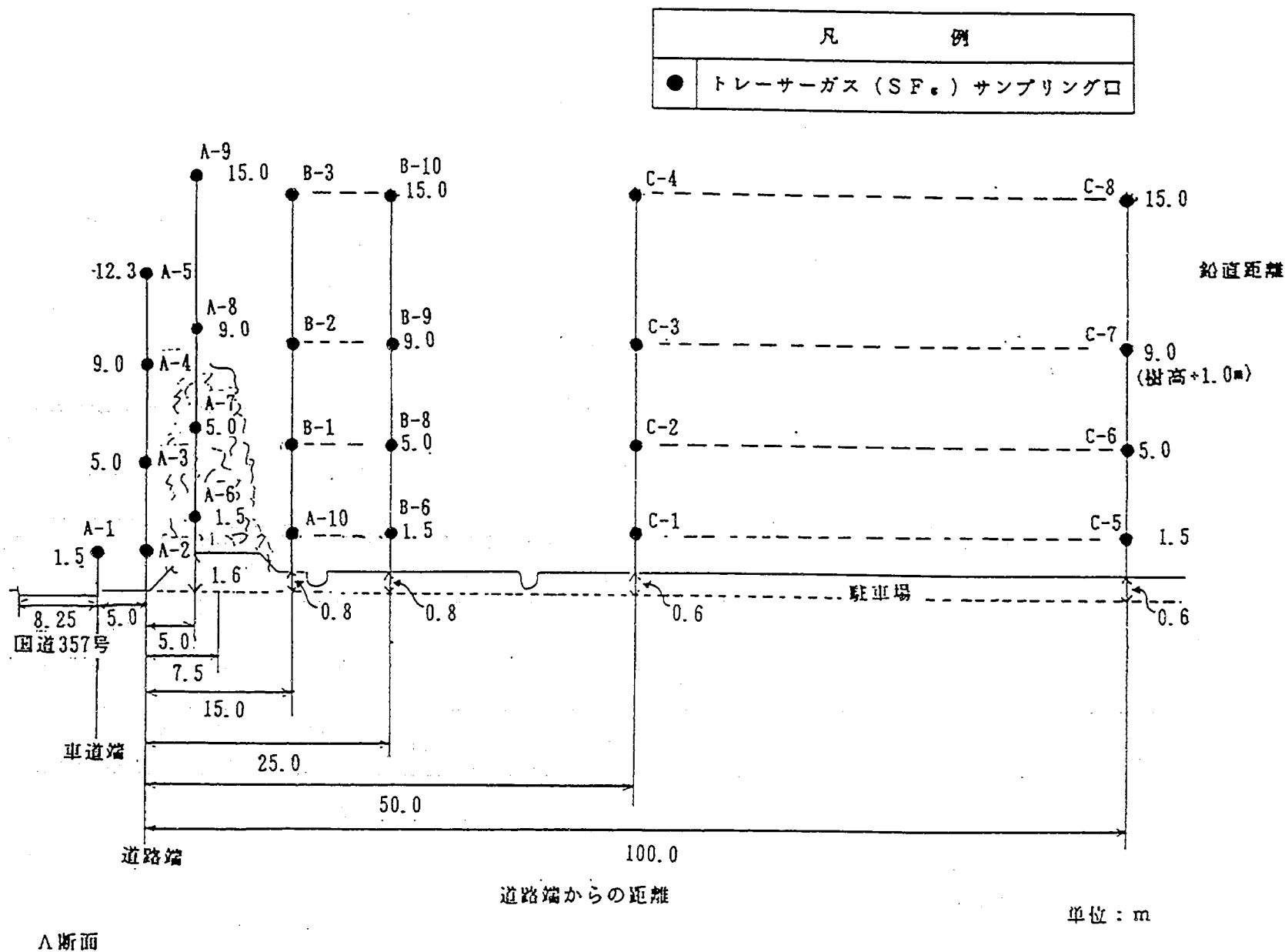


図 - 4 トレーサーガス測定地点配置図（地点名）

②. 試料の分析

ECD（電子捕獲型）検出器付きガスクロマトグラフ（GC）により、トレーサーガスの濃度を分析した。GCの操作条件は次の通りである。

表-2 SF₆のGC操作条件

カラム：Porapak typeQ 50-80mesh φ 3mm×L3m ステンレスカラム
カラム温度：107℃
キャリアーガス：高純度窒素（B）
キャリアーガス圧力：2.6 kg/cm ² 、25.3 ml/min
検出器：ECD ⁶³ Ni
チャートスピード：10 mm/min
サンプルサイズ：0.2 mlガスサンプラー
計算方法：ピーク高さ絶対検量線法

なお、定量範囲外の高濃度試料については、希釈調製し分析した。

③. 使用機器

表-3 使用機器

項目	測定方法	機器名称	メーカー	型式	使用台数
トレーサーガスの放出	—	線発生装置	環境技術研究所	—	4
分析	ECD付きガスクロマトグラフ	ECD付きガスクロマトグラフ	島津製作所	GC-3BE	1

2) 気象調査

(1) 風向・風速 (WD・WS)

A断面およびB、G、地点の所定の位置にポールを設置し、その所定の高さに風向風速計を取りつけて測定した。なお、風速 0.2m/s 以下を静穏(calm)とした。

(2) 気温・湿度 (TEMP・HUMI)

B、G、地点で測定した。自記温湿度計を百葉箱(底部地上 1.2m)に格納し測定した。

(3) 日射量 (SR)

B、G、地点で測定した。センサー部を地上 3.0m 位置に固定して測定した。

(4) 放射収支量 (RD)

B、G、地点で測定した。センサー部を地上 1.5m 位置に固定して測定した。

(5) 降水量 (RAIN)

B、G、地点の地表面上に自記雨量計を設置し測定した。

3) 植生調査

A断面について調査した。調査範囲は道肩より20m、測線両側15mの30×20mとし、その樹種と数量を測定した。なお、樹高と枝張りは目視、幹周は実測した。

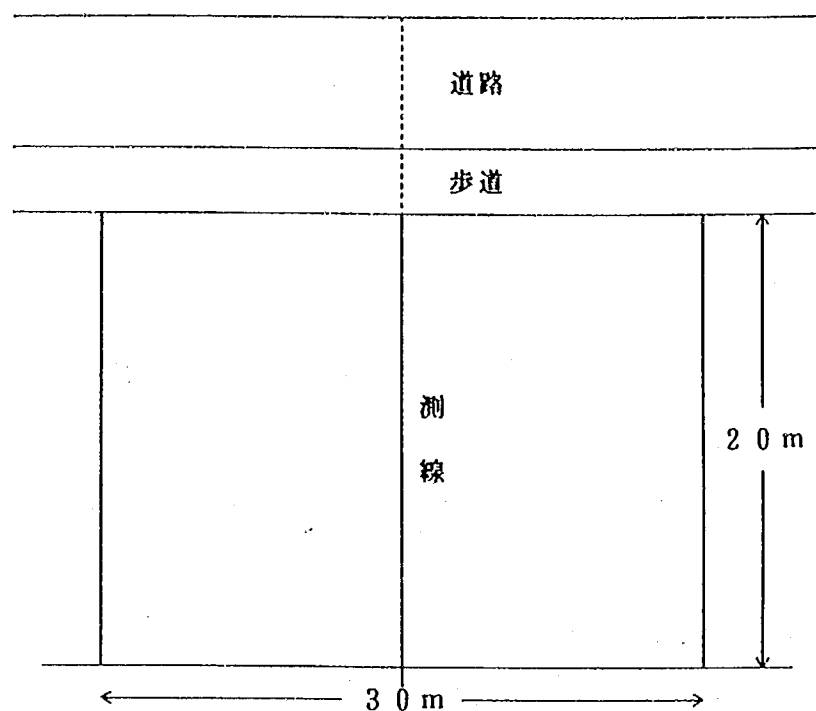


図-5 植生調査範囲図

4) 交通量調査

車輦数の1時間値はトラフィックカウンターを用いて測定した。(国道 357号
東行きのみ)

目視法による調査は平日として2月14日12時～2月15日12時に実施した。

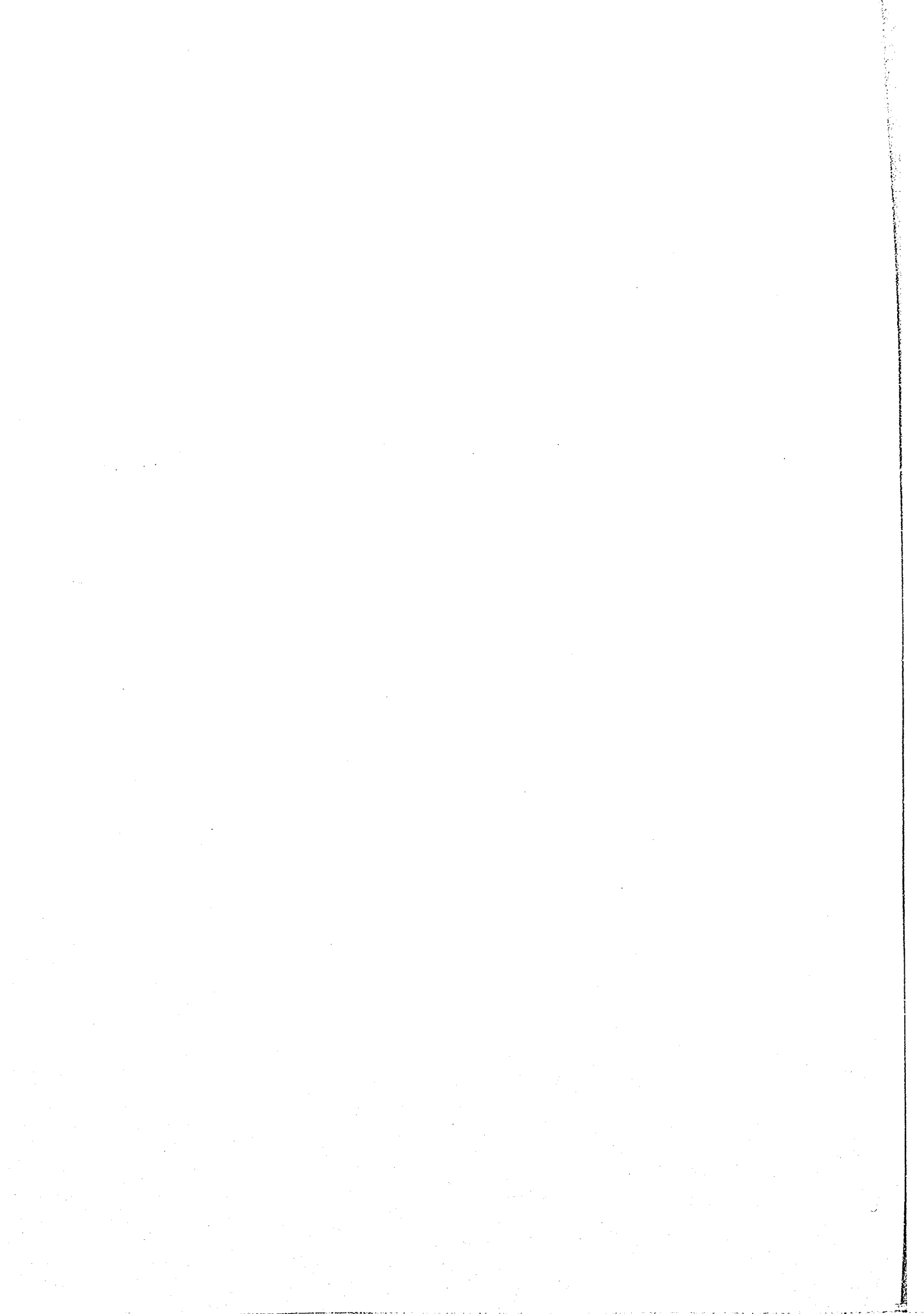
本調査では3車種分類とし国道 357号および高速湾岸線の通過車両を方向別に
観測した。なお、車種分類は表-4に示すとおりとした。

表-4 車 種 分 類 表

3車種分類	細 分 類	対応するプレート番号
乗 用 車 類	軽 乗 用 車	5 及び 50～59 (黄又は黒) 8 ^s
	小 型 乗 用 車	5 及び 50～59
	普 通 乗 用 車	3 及び 30～39
小型貨物車類	軽三四輪貨物車	40～49及び60～69 (黄又は黒) 3 ^s , 6 ^s
	小型四輪貨物車	4 及び 40～49 (貨客車を含む)
	小型三輪貨物車	6 及び 60～69
大 型 車 類	普 通 貨 物 車	1 及び 10～19
	特 殊 (種) 車	0 及び 00～09、8 及び 80～89、9 及び 90～99
	乗 合 自 動 車	2 及び 20～29

(注) プレート番号の肩に添字 S のあるのは、小型プレートを意味する。

環境施設帯の大気浄化機能についての考察



4. 環境施設帯の大気浄化機能についての考察

本研究において実施した実験・実測データの検討を行った結果をまとめると次のようになる。

(1) 緑地帯の大気汚染物質吸収効果

- ① NO_x 吸収の実験方法として、差引法と ^{15}N 法の2種類を用いたが、両者の比較の結果、 NO_x 吸収量の把握には比較的低廉な差引法で十分であることが分かった。
- ② ガス・チャンバーを利用した低濃度 NO_x ガス室内暴露実験により、植物が NO_x ガスを吸収し、植物葉がNを蓄積することを差引法を用いて確認した。さらに ^{15}N 法を用いて植物葉以外の枝、幹、根にもNを蓄積することを確認した。
- ③ 暴露濃度の差による NO_x 吸収効果としては、暴露濃度が高くなるに従って葉中N蓄積量が高くなっており、暴露濃度により植物の NO_x ガス吸収量は変化することが分かった。 NO_x 暴露濃度0.1 ppm程度の条件では概ね2 mg/dwg/33日程度の吸収量であった。
- ④ 樹種の差による NO_x 吸収効果を、暴露濃度0.2ppmの平均値においてみると高木落葉樹及び草本植物が高く、次に高木針葉樹・中木落葉樹・中木常緑樹・高木常緑樹が続き、低木が最も小さかった。
- ⑤ 季節の差による NO_x 吸収効果を、暴露濃度0.2ppmの平均値でみると、春、夏に差は見られないが、秋、冬は、春、夏に比べて小さくなっていることが分かった。これは春、夏には植物の活力が大きく、植物の汚染物質浄化機能に大きな影響を与える光合成が活発に行われるためと考えられた。
- ⑥ 環境施設帯として整備される緑地帯を設定して、 NO_x 吸収効果の試算を行った結果、自動車から排出される NO_x ガスの数%を緑地帯が吸収すると推定された。

(2) 緑地帯の大気汚染物質拡散効果

- ① 野外大気実測により煙流中心軸の上昇が確認された。
- ② σ_z と He に着目して、その効果を評価することを試みた。
 - イ σ_z は拡大しない。
 - ロ He は平面構造道路で、緑地帯なしの場合、路面位置+1 mであるのに対し、緑地帯ありの場合、4~10mの値が得られ、車道端部での値を推定すると3.3m程度である。

緑地帯背後から風下方向距離 $L=100\text{m}$ 程度という範囲は現行の「道路環境整備マニュアル」の予測適応範囲に概ね該当するが、この範囲内において、緑地帯による鉛直方向拡散幅(σ_z)の拡大はみられないが、排出源高さ(He)すなわち拡散の主軸高さは平面構造道路の設定値と比較して高くなっており、これにより緑地帯による拡散効果が確認された。

本研究において、環境施設帯を有する道路について、その緑地帯に使用される植物の低濃度 NO_x 暴露をガス・チャンバーを利用した実験で一定の吸収効果が確認できた。また、野外大気実測調査により大気拡散特性を把握した。

今後、道路沿道緑地帯の実測データの蓄積及び現地測定に基づく綿密な風洞模型実験等により、緑地帯の大気拡散効果・吸収効果の検討を進め、効果の定量化を行うことが必要であると考える。

あ と が き

本研究のとりまとめに当たり、(財)道路環境研究所に学識経験者からなる「植物調査委員会」(委員長 元筑波大学教授 高原榮重氏)を設け、昭和59年度から平成元年度までの各年度にわたり御審議を頂いた。ここに当委員会の委員長をはじめとする委員等関係者各位に謝意を表する次第である。

また、本研究の実験に際しては、開始の段階では(財)電力中央研究所、建設省土木研究所緑化研究室の方々にひとかたならぬ御協力を頂いた。ここにさらに関係者各位に対し謝意を表する次第である。

参 考 文 献

- 1) (株)日本道路協会 「第3章横断面の構成」 道路構造令の解説と運用 158-161 1983, 2
- 2) 大政 謙二 「植物群落の汚染ガス収着機能」 国立公害研究所研究報告 第10号 368 1979
- 3) 米山忠克ら 「高等植物の成長におよぼす二酸化窒素の影響(4)数種木元植物の成長および植物体窒素濃度におよぼすNO₂暴露の影響」 国立公害研究所報告 R-2 95-102 1978, 3
- 4) 米山忠克ら 「植物による二酸化窒素の吸収とその体内での変化」 第19回大気汚染学会講演要旨 350 1978
- 5) Hill, A.C. "Vegetation: a Sink for Atmospheric Pollutants" Journal of the air pollution Control Association 21 341-346 1971, 6
- 6) Srivastava, H.S. et al. "The effects of environmental conditions on the inhibition of leaf gas exchange by NO₂" Canadian Journal of Botany 53 75-482 1975
- 7) 戸塚 績ら 「高等植物の成長におよぼす二酸化窒素の影響(1)NO₂暴露によるヒマワリの乾物成長変化とNO₂吸収について」 国立公害研究所報告 R-2 67-76 1978, 3
- 8) 戸塚 績ら 「高等植物の成長におよぼす二酸化窒素の影響(3)NO₂暴露に対する草本植物の感受性および窒素濃度変化の種間差異」 国立公害研究所報告 R-2 89-94 1978, 3
- 9) Thompson, C.R. et al. "Effects of continuous exposure of navel oranges to nitrogen dioxide." Atmospheric Environment 4 349-355 1970
- 10) 山添文雄ら 「大気複合汚染防止に関する研究 第5報」 農技研肥料化学科資料 209 1-33 1978
- 11) Matsumaru, T. et al. "Absorption of atmospheric NO₂ by plants and soils (1) Quantitative estimation of absorbed NO₂ in plants by 15N method" Sci. plant Nutr. 25 255-265 1979
- 12) Roberts, Bruce R. "Foliar Sorption of Atmospheric Sulphur Dioxide by Woody Plants" Environmental Pollution 7 133-140 1974
- 13) Winner, W.E. et al. "Ecology of SO₂ Resistance: I Effects of Fumigations on Gas Exchange of Deciduous and Evergreen Shrubs" Oecologia 44 290-295 1980
- 14) 門田 正也 「林帯による大気汚染軽減効果」 空気清浄 6(1) 24-28 1968
- 15) 井上敏雄 「森林の汚染空気浄化能」 保健保全林、林業試験場 239 18-20 1971, 9
- 16) 高安 稔ら 「樹木のSO₂に対する抵抗性の判定と葉中S含有量」 第83回日本林学会大会講演集 229-232 1972, 4
- 17) 松島二良ら 「造園樹木類の二酸化硫黄の吸収、可視障害、生育並びに光合成との関係」 三重大学環境化学研究紀要 2 95-105 1977
- 18) 松岡義浩ら 「大気中の二酸化硫黄と植物葉中に集積する硫黄との関係」 千葉県農業試験場研究報告 19 109-113 1978

19)	青木正明ら	「数種樹木の障害発現と硫黄蓄積におよぼす低濃度SO ₂ 接触の影響」	電力中央研究所報告	477 008	1-12	1979, 1
20)	Kondo, N et al.	"Changes in transpiration rate of SO ₂ resistant and sensitive plants with SO ₂ fumigation and the participation of abscisic acid"	Plant and Cell physiology	19	365-373	1978
21)	安保文彰ら	「植物群落による大気汚染ガス吸収のモデルとシミュレーション」	国立公害研究所報告	第64号	191-212	1984
22)	芹沢誠ら	「環境植樹帯の計画標準（案）」	土木技術資料	25-10	15-20	1983
23)	建設省	「第3章自動車排出ガスの拡散予測手法, 第4章環境保全のための道路緑化手法」	「建設省総合技術開発プロジェクト沿道地域の居住環境整備に関する総合技術の開発」 沿道地域の居住環境整備に関する総合技術の開発報告書		53-117	1984, 3
24)	(社)日本道路協会	「第3章道路緑化」	道路緑化技術基準・同解説	19-91		1988, 12
25)	(社)日本道路協会	「第2章大気汚染」	道路環境整備マニュアル		44-82	1989, 1
26)	沢田照夫	「樹林による排ガスの拡散」	航空公害	Vol.6	No.2 33-49.	1979
27)	科学技術庁 資源調査会 科学技術庁 資源調査所	「第IV章環境指標としての生物指標」	高密度地域における 資源利用と環境保全 の調和		102-104	1973

環境施設帯の大気浄化機能に関する研究

ISSN 0386-5878

土研資料 第2983号

平成3年3月(1991)

交通環境研究室

室 長

中島 威夫

主任研究員

山田 治

玉置 栄

要 旨

本報告書は、道路環境対策として整備される環境施設帯の有する大気汚染物質浄化機能を定量的に把握するため、植物の吸収効果、緑地帯の拡散効果に着目して実施した実験・実測結果を報告するものである。植物のNO_x吸収効果については、ガス・チャンバーを用いた植物個体へのNO_x室内暴露実験を行い、その結果より、植物のNO_x吸収効果を把握し、緑地帯のNO_x拡散効果については、道路沿道で野外大気実測調査を行い、その結果より、拡散特性を把握した。

キーワード：環境施設帯，大気汚染，浄化機能，沿道対策，植物，緑地帯，吸収効果，拡散効果，NO_x

郵便はがき

3 0 5 - □ □

四十一円切
手をはって
下さい。

建設省土木研究所

交通環境研究室 行

茨城県つくば市旭一番地

No. 018

○

土木研究所資料 第2983号 部

上記のとおり受領しました。

所 属 (住所)

氏 名 印