

大気浄化植樹事業の効果の把握及び効果的推進のための調査研究

株式会社 プレック研究所

大気浄化植樹事業の効果の把握及び効果的推進のための調査研究

株式会社プレック研究所

【調査の目的】

独立行政法人環境再生保全機構では、大気汚染による健康被害の予防措置として、樹木や緑地の大気浄化機能に着目した大気浄化植樹事業を推進しているところであり、平成元年には「大気浄化植樹指針」を、平成7年には「改訂版大気浄化植樹マニュアル」を作成している。

しかしながら、指針作成後20年以上、また改訂版大気浄化植樹マニュアル発行後15年程度が経過している。このマニュアルでは、樹木あるいは緑地による大気浄化効果の定量的評価の簡易手法を開発したが、その後現在まで、この種の調査研究や出版物もほとんどなかったため、現在でも多方面に活用されている。これらの指針、マニュアルにおいて効果の定量化の対象としていたのがガス状汚染物質であり、粒子状汚染物質については現在まで未検討のままであった。この間、地球温暖化問題が顕在化し、温暖化対策に係る森林や樹木の二酸化炭素吸収固定効果に係る知見が蓄積されており、これらの知見を活用したガス状汚染物質の定量的評価法の見直しが望まれる。

樹木の植栽による大気浄化効果については、平成4年度～6年度にかけて、旧環境事業団（現在は環境再生保全機構）により、供用後まもない尼崎市の元浜緑地（大気汚染対策緑地として整備）で一部行われたものの、大気浄化植樹事業そのものについては、その後、フォローアップ調査等がなされておらず、事業効果の確認や事業実施上の問題点や課題も十分に把握されていない状況にある。

これらの経緯を踏まえ、本調査研究では、①文献調査・専門家へのヒアリング調査を通じて最新の知見を収集整理し、それらの知見に基づいて、②ガス状汚染物質の定量的評価法の見直し、新たに、③粒子状汚染物質の低減効果に係る定量的評価法の検討、④フォローアップ調査による事業効果の確認と問題点・課題の把握、及び、⑤これらを踏まえた「大気浄化植樹マニュアル」の改訂（第三版）を目的とした。

今年は特に、③粒子状汚染物質の低減効果に係る定量的評価法の検討、④フォローアップ調査による事業効果の確認と問題点・課題の把握を実施し、さらに、昨年度の有識者による検討会で議論された、学校などの教育施設の緑を対象とした事例調査を実施し、緑化による大気浄化効果を含めた効果を確認するための調査を行った。

＜調査研究の目的と方針＞

- ① 樹木や緑地による大気汚染物質の低減効果に係る最新の知見を収集整理する。
- ② 最新の知見を踏まえ、ガス状汚染物質の低減効果の定量的評価法を見直す。
- ③ ガス状汚染物質にとどまらず、粒子状汚染物質の低減効果を実証的に検討する。
- ④ フォローアップ調査の実施等により事業効果の確認や問題点・課題を整理する。
- ⑤ 上記の検討結果を踏まえ、大気浄化植樹マニュアル（第三版）を策定する。
- ⑥ 調査研究検討会を設置し、学識経験者等の助言を得ながら的確に進める。
- ⑦ 学校などの教育施設の緑（特に緑のカーテン）を対象とした事例調査を実施し、緑化による大気浄化効果を含めた効果を確認する（昨年度より新たに追加）。

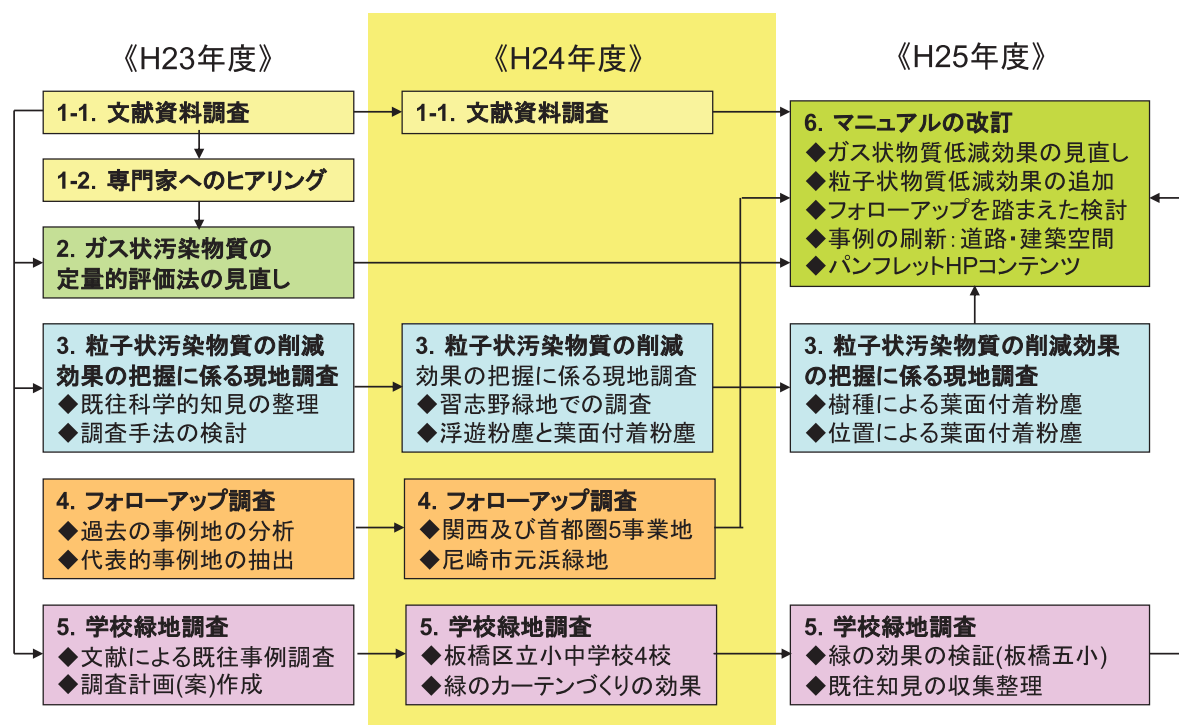


図 1 年度別調査研究計画と本年度調査の位置づけ

【今年度の調査結果】

1. 粒子状汚染物質の削減効果の把握に係る現地調査

1.1 調査地点

緑地による粒子状物質の削減効果を調べるための現地調査を実施するにあたり、調査地点（緑地）の選定条件として、以下のような基準を設け選定を行なった。

《現地調査地点の選定条件》

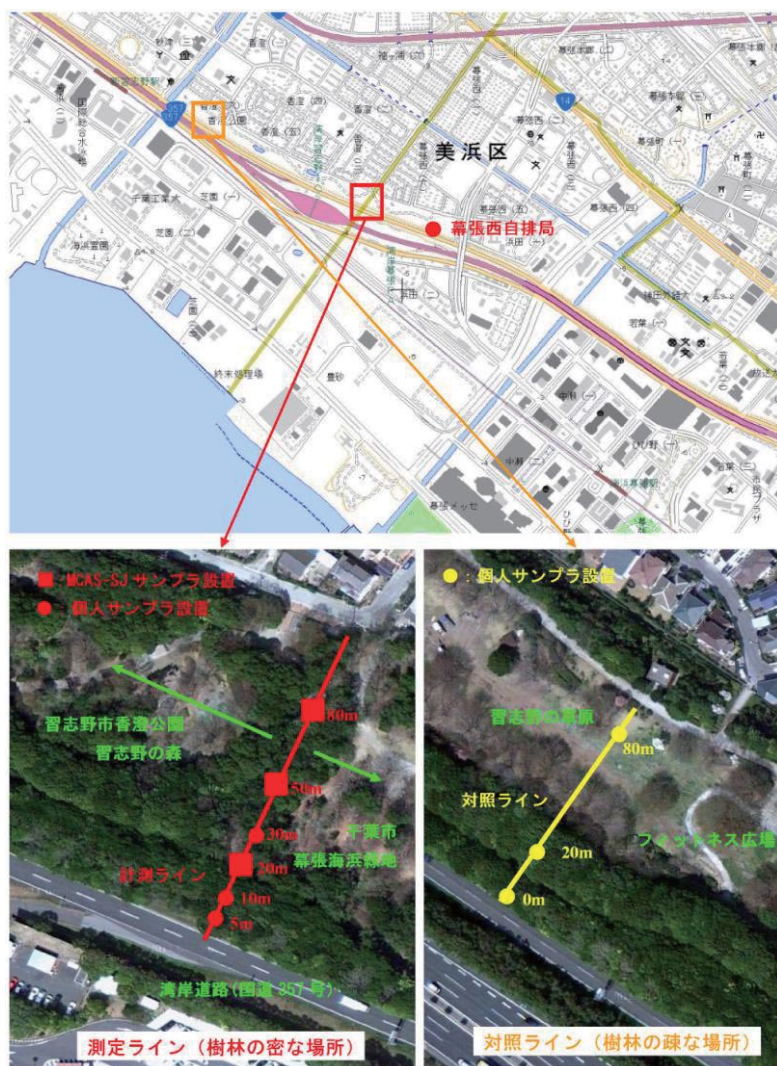
- 粒子状汚染物質の低減効果が期待できる、ある程度まとまった緑地であること。
- 緑地に隣接して、自動車走行による排ガスの排出源となる幹線道路があること。
- 緑地周辺に公設の大気汚染測定局があること。⇒既存データの活用
- 調査研究の実施上、特に支障がないこと。
- 測定機器に不可欠な電源が確保できること。

上記の選定条件に照らし、習志野緩衝緑地を現地調査地点とした。

表 1 粒子状汚染物質の低減効果に係る現地調査地点

調査年度	調査地点	概要
H24 年	習志野 緩衝緑地	● 千葉県習志野市秋津運動公園・香澄公園 ● 環境事業団が整備した緩衝緑地帯（事業期間：S59～62） ● 面積 21.3ha ● 緑地帯南側に湾岸道路（国道 357 号）・東関東自動車道が隣接 ● 大気汚染や騒音の低減を意識した植栽樹種や植栽構成

1.2 調査実施日及び調査方法



沿道における大気汚染の季節変動や樹木の活性時期を踏まえると、少なくとも夏季・冬季の2時期に実施するのが望ましいと考えられるが、本年度は夏季に実施した。ただし、7～8月の盛夏は暑さや乾燥が厳しく樹木等の生理活性もやや衰えていることから、2012年10月4～11日の1週間にわたって実施した。

習志野緩衝緑地の香澄公園（千葉県習志野市香澄）の緑地のうち発達程度のよい典型的な場所（習志野の森）に道路方向に直角の方向に測定ラインを設け、道路端から0m、5m、10m、20m、30m、50m、80mに測定地点を設定した。また、樹林地と開放地での比較を行なうために緑地の疎らな場所（習志野の草原）を対照ラインとして設定した。

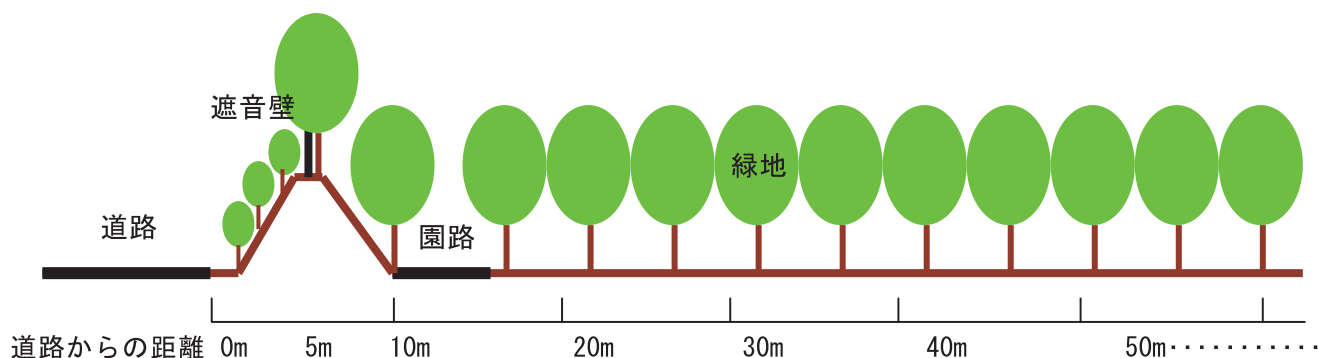


図2 測定地点略図（測定ラインは緑地の密度が高い場所、対照ラインは疎らな場所に設定）

浮遊粉塵濃度調査の解析項目

①質量濃度測定

測定ラインの20m、50m、80m地点の3地点でサンプラ（MCAS-SJ）を用いて（図2）

フィルター上に大気中の粒子状物質を捕集し、SPM-PM2.5（粗大粒子）及びPM2.5（微小粒子）の質量濃度を測定した。また、測定ラインの5m、10m、30m地点、対照ラインの0m、20m、80m地点の合計6地点で個人サンプラ（NWPS-35HS）を用いてフィルター上に粒子状物質を捕集し、PM2.5、SPM-PM2.5の質量濃度を測定した。

②炭素成分分析

上記のサンプラのうち、MCAS-SJを用いてフィルタ上に捕集した3地点（測定ライン20m、50m、80m地点）の粒子状物質について、サーマルオプティカル・リフレクタンス法により、有機炭素（OC）及び元素炭素（EC）の炭素成分を分析した。

③金属成分分析

上記のサンプラのうち、MCAS-SJを用いてフィルタ上に捕集した3地点（測定ライン20m、50m、80m地点）の粒子状物質について、ICP-MS法により、金属成分を分析した。

④風向・風速の計測

上記の調査期間を通じて沿道の大気汚染物質の濃度に大きな影響を及ぼす風向・風速について、簡易風向風速計を用いて把握した。観測地点は、サンプラ（MCAS-SJ）の20m、50m、80m地点近傍の3地点とした。また、近隣の気象庁の気象観測データを活用した。

1.3 葉面付着粉塵測定調査

葉の採取位置及び方法は以下のとおりである。

沿道緩衝緑地の測定ライン、対照ラインにおいて、緑地の階層構造を考慮しながら、階層構造のおおよその目安として高木層を5m、中木層を2m、低木層を0.7mとして、高さ別に3層から、また発生源からの距離減衰を考慮するために道路端から0m、5m、10m、20m、30m、50m、80mの7地点で樹種が分かるように葉をサンプル毎に10枚ずつサンプリングを行った。

なお、単位面積あたりの葉面付着粉塵量（mg/m²）を算出するため、サンプリングした葉をスキャナーで取り込み、サンプル毎に葉面積を測定した。なお、葉の採取については2012年10月4日に実施した。

採取した葉は、葉面を純水洗浄（付着粒子）及びクロロホルム洗浄（葉のワックス層に固着している粒子：固着粒子）を行い、それぞれ解析を行なった。

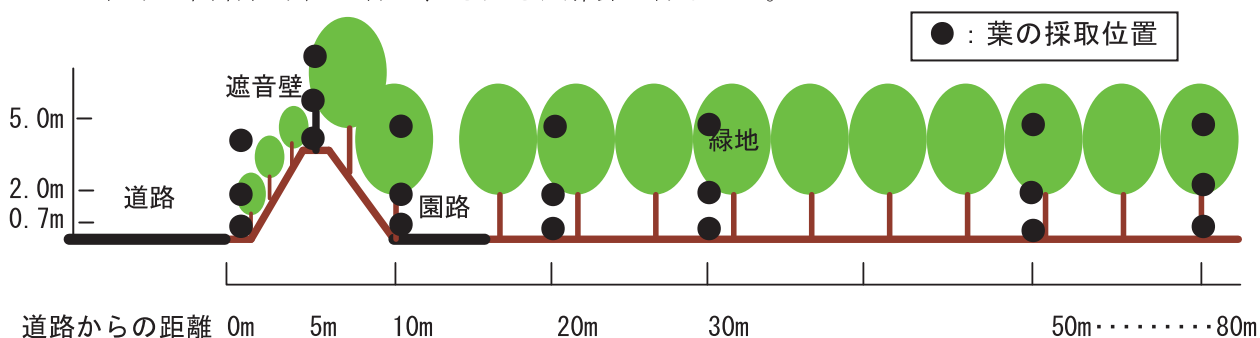


図3 葉の採取地点（測定ラインは緑地の密度が高い場所を想定）

葉面付着粉塵調査の解析項目

- ①葉面付着粉塵の質量濃度測定

上記の葉面付着粉塵のサンプルについて、標準測定法（電子天秤）を用いて乾燥重量を計測し、質量濃度を測定した。

②葉面付着粉塵の炭素成分分析

上記の葉面付着粉塵のサンプル（炭素成分）について、サーマルオプティカル・リフレクタンス法（DRI Model 2001）により、有機炭素（OC）、元素状炭素（EC）の炭素成分を分析した。

③葉面付着粉塵の金属成分分析

上記の葉面付着粉塵のサンプル（金属成分）について、ICP-MS 法により、金属成分を分析した。

1.4 葉面付着粉塵測定調査結果

1.4.1 葉面付着粉塵の質量濃度測定結果

道路からの距離別、樹高別に採取した葉面付着粉塵の質量濃度の平均値は、 1m^2 あたり 449.8mg であった。この数値（ 1cm^2 あたり $44.9\mu\text{g}$ ）は既存の北海道の冷温帯林で行なわれた研究の 1cm^2 あたり約 $35\mu\text{g}$ （カラマツ）及び約 $30\mu\text{g}$ （ササ）よりも高い値であった。これは、北海道の冷温帯林で行なわれた研究より本調査地の方がより市街地に位置するため、葉面付着粉塵量が多くなったものと考えられる。

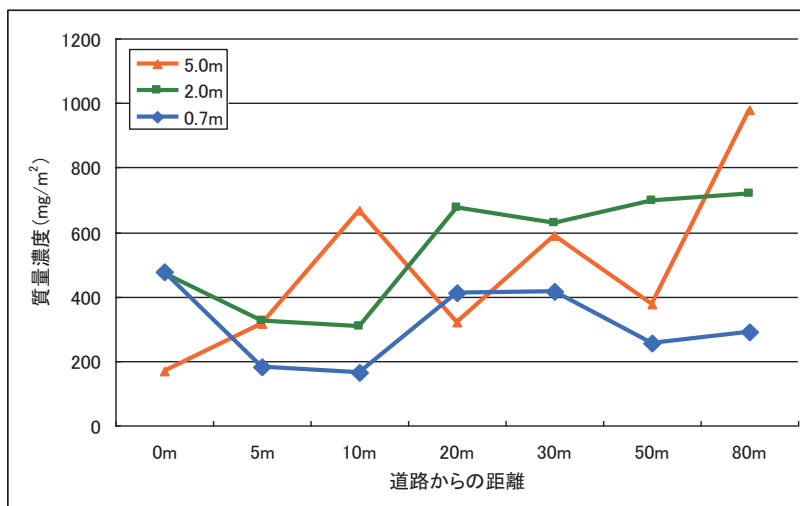
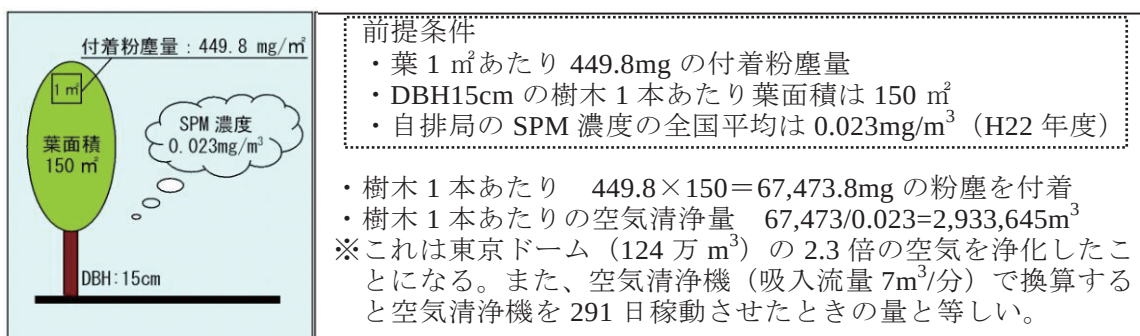


図4 各採取地点の葉面付着粉塵の質量濃度

道路からの距離別の質量濃度の比較では、質量濃度は道路から距離が離れるにつれ、やや微増する傾向が見られた（図4）。これは、葉の着生期間中の主風向が道路方向（南西方向）からではなく、北東方向の風が吹く日も多く存在したため、今回想定していた幹線道路以外の排出源からの粉塵を葉が捕捉したためと考えられる。

1.4.2 樹木1本あたりの葉面付着粉塵量

距離別、樹高別に採取した葉面付着粉塵の質量濃度を平均すると、 1m^2 あたり 449.8mg であった。大気中の平均 SPM 濃度は $0.023\text{mg}/\text{m}^3$ （平成22年度の全国の自排局の平均値）であったことから、質量濃度を SPM 濃度で除することで樹木1本あたりの葉面付着粉塵量を試算した。



1.4.3 葉面付着粉塵の炭素成分測定結果

採取地点ごとの OC の葉面付着粉塵量を図 5 に、採取地点ごとの EC の葉面付着粉塵量を図 6 に示す。OC は質量濃度とほぼ同様の動きを示し、道路からの距離 0m 地点を除くと、採取高 0.7m 地点での葉面付着粉塵の質量濃度は他の採取高さに比べいずれの距離においても低い値であった。また、OC は道路から距離が離れるにつれ増加する傾向を示していた。

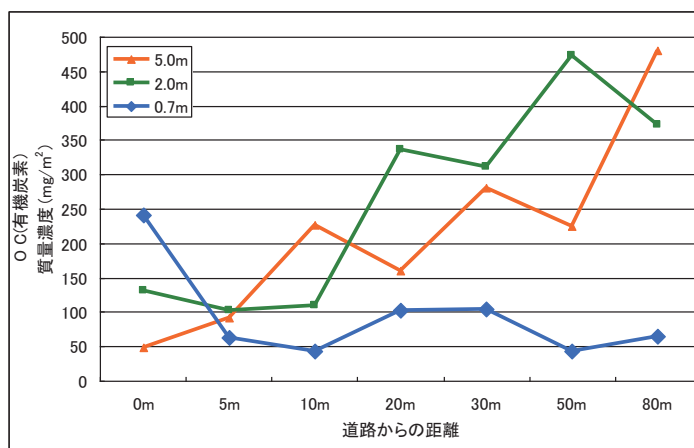


図 5 各採取地点の OC の質量濃度

EC は OC とは異なる動きを示しており、EC は道路直近の葉面付着粉塵量が多かった。OC と比較すると OC のような道路から離れるにつれ増加する傾向ではなく、むしろ、道路から離れるにつれ減少する傾向（距離減衰）がみられた。EC は化石燃料の燃焼によって排出され自動車排ガス等に多く含まれることが知られていることから、道路からの EC の排出に対して、樹木の葉が効果的に EC を捕捉していることが示唆された。

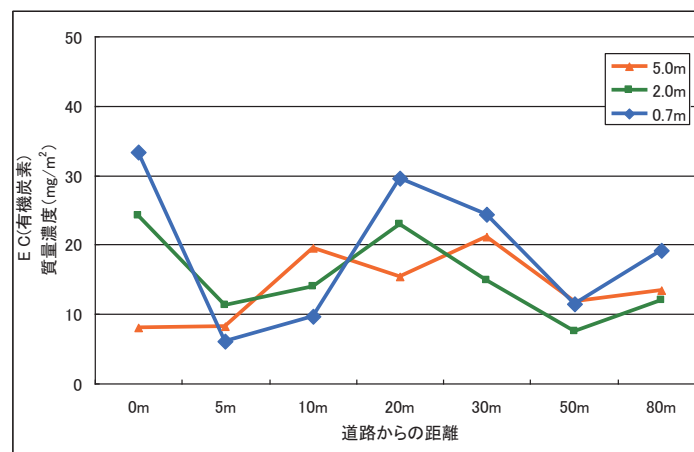


図 6 各採取地点の EC の質量濃度

1.4.4 葉面付着粉塵の炭素成分測定結果のまとめ

葉面付着粉塵の炭素成分（OC・EC）の測定の結果、以下のことが明らかとなった。

- ・葉面付着粉塵のうち炭素成分は、約 46% を占めており、葉面付着粉塵の中で大きな割合を占めている。そのうち OC が成分の大部分を占めていた。
- ・OC については道路から離れるにつれ増加する傾向を示していたのに対し、EC では道路から離れるにつれ減少する傾向を示していた。EC は化石燃料の燃焼によって排出され自動車排ガス等に多く含まれることが知られていることから、道路の近くの葉が EC を捕捉していることが考えられる。
- ・OC のうち、純水洗浄とクロロホルム洗浄の比較では、クロロホルム洗浄で得られた OC の方が多かった。このことは、クチクラ層上部のワックス層に多くの OC が捕捉されていることが示唆されるが、既存の研究でも懸念されているように、葉の構成成分そのものを計量している可能性も否定できない。

1.4.5 葉面付着粉塵の金属成分測定結果

葉面付着粉塵における金属成分の割合は 8.1%であり、葉面付着粉塵の約 1 割が金属成分であることが分かった。採取地点ごとの葉面付着粉塵の金属成分の質量濃度を図 7 に示す。道路からの距離 10m 地点を除くと、採取高 5.0m 地点での葉面付着粉塵の質量濃度は他の採取高さに比べいずれの距離においてもほぼ低い値であった。

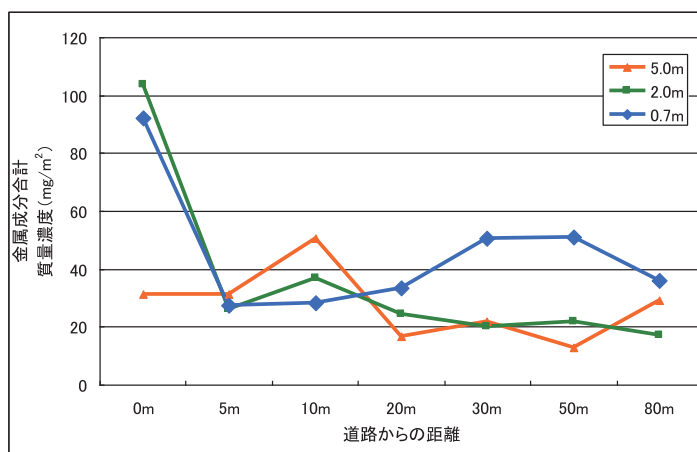


図 7 各採取地点の金属成分の質量濃度

金属成分は道路直近の葉面付着粉塵量が顕著に多い傾向があった。これは炭素成分のうち EC の傾向と類似していた。EC は化石燃料の燃焼によって排出され自動車排ガス等に多く含まれることが知られているが、金属成分に関しても、道路沿道からの道路粉塵の巻上げ、自動車排ガスやブレーキ由来の粉塵等が影響することが知られており、また、海浜地区に位置する工業地帯等の影響も受けて、道路近傍の金属成分が多くなっていることが示唆された。

1.5 浮遊粉塵濃度調査結果

1.5.1 樹林の効果の測定結果（測定ラインと対照ラインの比較）

調査期間内において、SPM-PM2.5 及び PM2.5 の測定ラインと対照ラインの 20m 地点及び 80m 地点でそれぞれ質量濃度の比較を行なった。SPM-PM2.5 では対照ラインの質量濃度の方が測定ラインに比べて高い傾向を示した（図 8）。特に、芝生地であり上部が樹林に覆われていない 80m 地点において測定ラインと対照ラインの違いが大きかった。南風が吹いていた 10 月 5～6 日の測定期間にはその違いが最大となっていた。すなわち、道路側から飛来した SPM-PM2.5 は、測定ラインが樹林に覆われていることによって対照ラインよりも質量濃度が低くなったと考えられる。

一方 PM2.5 の測定ラインと対照ラインの質量濃度の比較では、測定ラインの方が質量濃度が高い傾向が見られ、SPM-PM2.5 と比較して明瞭な傾向は見られなかった（図 9）。

測定ラインと対照ラインの比較 (SPM-PM2.5)

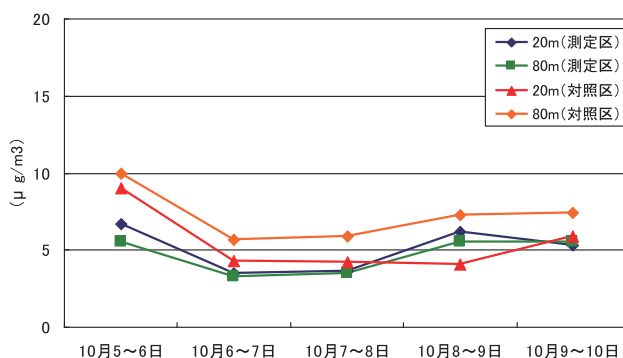


図 8 SPM-PM2.5 の測定ラインと対照ラインの比較

測定ラインと対照ラインの比較 (PM2.5)

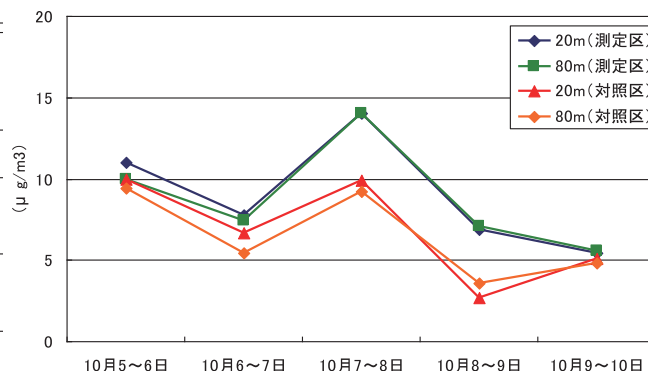


図 9 PM2.5 の測定ラインと対照ラインの比較

SPM-PM2.5 の測定ラインと対照ラインの違いが大きかった 10 月 5～6 日における、道路端からの距離と質量濃度の関係を図 9 に示す。SPM-PM2.5 では道路近傍では測定ラインと対照ラインでは差が大きいものの、20m 及び 80m 地点では差が大きくなっていた。すなわち、樹林があることで、樹林がない場合に比べ多くの SPM-PM2.5 を減少させることが出来たと考えられ、その量は樹林の幅が広いほど増加することが示

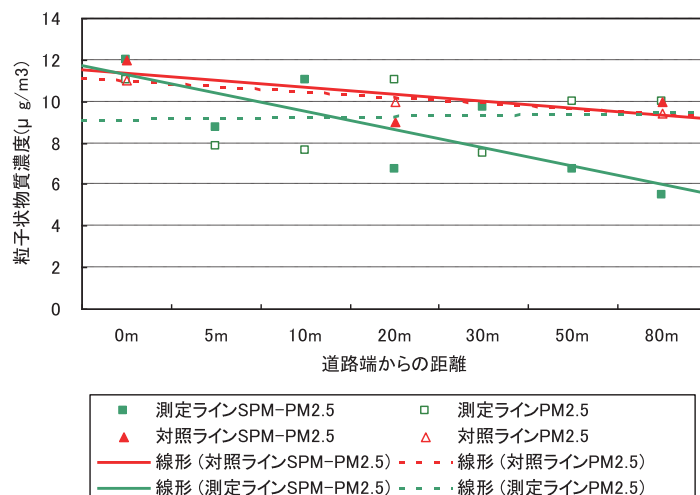


図 10 10 月 5～6 日の SPM-PM2.5 及び PM2.5 の測定ラインと対照ラインの比較

唆された。一方、PM2.5 では距離減衰の傾向がみられなかった。この違いは、SPM-PM2.5 は粗大粒子であり、PM2.5 に比べ沈降しやすい性質を持つのに対し、PM2.5 は微小粒子で、空气中に滞留しやすい性質をもつことが影響していると考えられた。また、PM2.5 の発生源が道路以外にあり、その排出源が影響することで明瞭な距離減衰の傾向を示さないことも考えられた。

1.5.2 浮遊粉塵の炭素成分測定結果

南寄りの風が吹いていた 10 月 5～6 日の SPM-PM2.5 及び PM2.5 の炭素成分を距離別に分析を行った。SPM-PM2.5 の範囲の炭素成分は、距離減衰の傾向を示していた（図 10）。炭素フラックス構成比から土壌由来の成分の可能性が示唆されていることから、10 月 5～6 日の測定結果については沿道から巻き上げられた道路粉塵が樹林で捉えられ距離減衰の傾向を示していたと考えられる。

南寄りの風が吹いていた 10 月 5～6 日の PM2.5 の炭素成分を図 11 に示す。PM2.5 では SPM-PM2.5 と同じような距離減衰の傾向は見られなかった。しかし炭素フラックス毎に着目すると、EC においてはややその傾向が見られた。炭素成分の構成比を SPM-PM2.5 と PM2.5 とで比較したところ PM2.5 は SPM-PM2.5 に比べ EC の割合が大きく、量も多かった。特にバイオマス燃焼や重油の燃焼によって特異的に出される EC1（低温元素状炭素）が多く検出されており、EC や EC1 に限ればやや距離減衰の傾向がみられた。すなわち、PM2.5 では、全体としては傾向が見られないが、ある特定の排出源に関しては緑地の効果が認められる可能性がある。

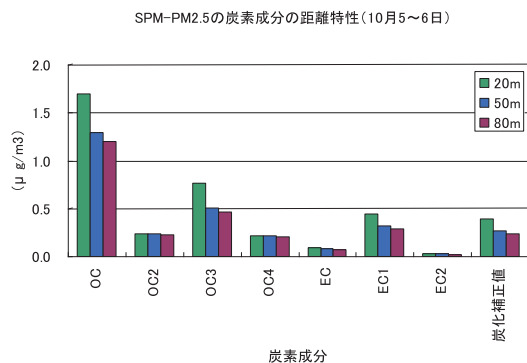


図 11 SPM-PM2.5 の各距離における炭素成分

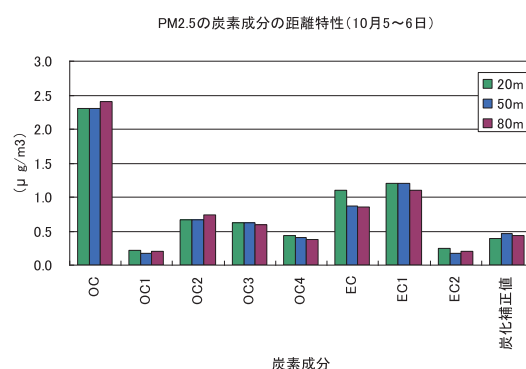


図 12 SPM-PM2.5 の各距離における炭素成分

1.5.3 浮遊粉塵の金属成分測定結果

金属成分のうち自動車が主な排出源と考えられる物質としてアンチモンと亜鉛があげられる。アンチモン（Sb）は自動車のブレーキパットに含まれる物質で、道路沿道において排出されていると考えられる物質である。亜鉛（Zn）は自動車オイル等の潤滑油に含まれる物質のため、道路沿道において排出されていると考えられる物質である。これら 2 種の金属成分について SPM-PM2.5 及び PM2.5 の浮遊粉塵の金属成分を測定した。

SPM-PM2.5 では、アンチモンは検出下限値以下であった。また、亜鉛も微量であり、距離減衰の傾向を確認することは出来なかった（図 12）。

PM2.5 ではアンチモン及び亜鉛のいずれにおいても距離減衰の傾向が確認された（図 13）。アンチモンは SPM-PM2.5 では検出下限値以下であったものが確認でき、亜鉛については SPM-PM2.5 の約 10 倍の量が検出されたことから、アンチモンや亜鉛は PM2.5 のオーダーで排出されているものと考えられる。

これら自動車由来と考えられる PM2.5 オーダーの金属成分が距離減衰の傾向を示していることから、道路近傍で発生した PM2.5 に対しても緩衝緑地が効果を発揮していると考えられる。

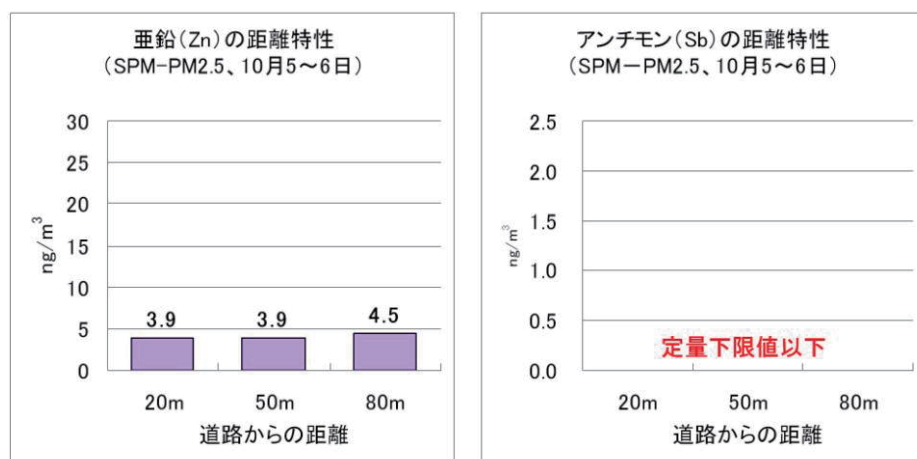


図 13 SPM-PM2.5 において検出された自動車由来と考えられる金属成分の距離特性

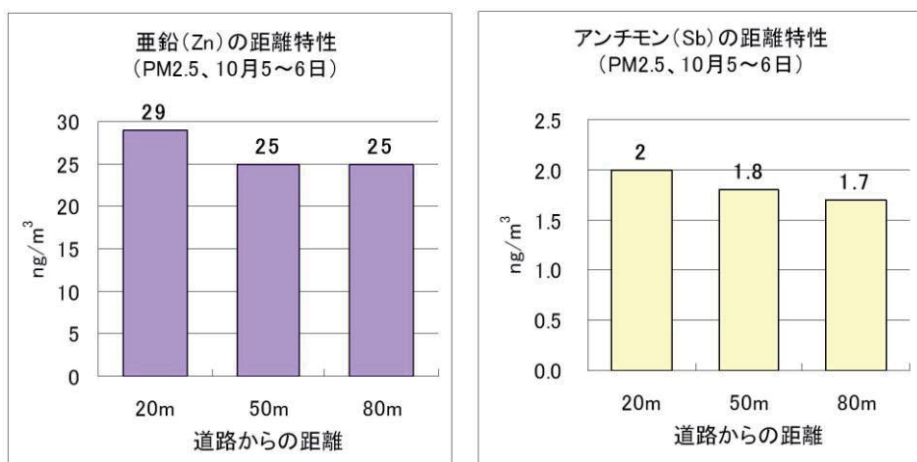


図 14 PM2.5 において検出された自動車由来と考えられる金属成分の距離特性

2. 大気浄化植樹事業のフォローアップ調査結果

2.1 調査目的

大気浄化植樹事業は、昭和 63 年度（1988 年度）から実施され、これまでに約 450 事例があるが、事業実施後のフォローアップ調査は実施されていない。このため、事業効果や今後の事業の展開に向けた検討の基礎資料を得ることを目的としてフォローアップ調査を実施した。

2.2 調査時期

大気汚染の季節変動や樹木の活性時期を踏まえると、少なくとも夏季・冬季に実施するのが望ましいが、樹木の生理活性が衰える盛夏を避け、紅葉前の秋季に実施した。

2.3 調査地点

表 2 フォローアップ調査の対象緑地

対象緑地	所在地	主な特徴
尼崎市クリーンセンター第 2 工場	兵庫県尼崎市	これまでの最大規模の大気浄化植樹事業地
尼崎市立西小学校	兵庫県尼崎市	かつて道路公害として問題になった地域
アサヒビール吹田工場	大阪府吹田市	大気浄化植樹助成事業。民間の工場緑化
東京都農林総合研究所江戸川分場	東京都江戸川区	これまでの第二番目の規模の事業地
東京都荒川区立第三中学校	東京都荒川区	首都圏の学校緑化の代表的事例
尼崎市元浜緑地	兵庫県尼崎市	大気汚染対策緑地の第一号（環境事業団）

注）大気浄化植樹事業：地方公共団体が自ら大気浄化植樹を行なう事業。

大気浄化植樹助成事業：民間事業者等に対し大気浄化植樹に要する経費を地方公共団体が助成する事業。

2.4 調査項目及び方法

表 3 フォローアップ調査の調査項目及び方法

調査項目	調査方法
植栽木追跡調査	植栽木の配置・構成・形状・活力度など、生育状況を把握し比較
ガス状汚染物質吸収量試算	上記の調査結果を算定モデル式にあてはめ、植栽による吸収量を試算
窒素酸化物濃度	分子拡散を応用した NO、NO ₂ 簡易測定用サンプラで捕集し計測
粒子状汚染物質濃度	個人サンプラを緑地内外に一昼夜設置し、SPM、PM _{2.5} 濃度を計測
騒音	簡易型騒音計を用いて緑地内外で騒音レベル（A 特性）を測定

2.5 調査結果

調査を実施した 6 地点の状況を写真 1 に示した。

	
①尼崎市クリーンセンター第二工場	②尼崎市立西小学校
	
③アサヒビール吹田工場	④東京都農林総合研究所江戸川分場
	
⑤東京都荒川区立第三中学校	⑥尼崎市元浜緑地（非大気浄化植樹事業地）

写真 1 調査対象とした緑地（このうち⑥は大気汚染対策緑地であり、事業地でない）

2.5.1 尼崎市クリーンセンター第2工場

尼崎市クリーンセンター第2工場は、大気浄化植樹事業のこれまでの事業地のなかで最大規模の事業地であり、植栽面積は 6,646m² である。事業年度は平成 16 年度（2004 年度）で、整備後約 10 年が経過している。阪神工業地帯の臨海部に位置する工業地帯で、付近に尼崎市元浜緑地もある。清掃工場の外周部に常緑広葉樹を主体とした植栽が行なわれている。

(1) 植栽木追跡調査結果

植栽本数が多いのは、ヒイラギモクセイ、シラカシ、タブノキ、ヤマモモ、ユズリハ、レッドロビン等の常緑広葉樹の高木・中木で、イチョウ、エゴノキ、サクラ類、サルスベリ、ナンキンハゼ等の落葉広葉樹は施設西側の玄関周りや東側の海側の空地に比較的多くみられた。

生育は全般的に不良で、「やや不良」と判断されるものが多かった。樹種別にみると、ヤマモモの生育は良好で、葉量も植栽当時に比べるとかなり増え、生存率も 95% と高かった。これとは対照的にタブノキ、ユズリハ、エゴノキは生育不良の個体が多く、生存率も 75～85% と低かった。その原因としては、土壌条件などの生育基盤がよくなかったことに加え、臨海部に位置するため、潮風や強風の影響が強い等、立地条件が厳しい場所にタブノキなどの良好な土壌条件を要する樹種を選定したためであろうと考えられた。

(2) ガス状汚染物質吸収量の試算結果

大気浄化植樹により、整備後約 10 年が経過した現在の緑地で、NO₂ 量の吸収効果をおおづかみに試算すると、年間約 38.7kg の NO₂ が吸収され低減される試算結果になった。

(3) 騒音簡易測定調査結果

道路端、敷地内での騒音レベル(A 特性)の各地点での平均値は、道路端 74.0dB、敷地内 57.3dB で約 17dB 敷地内のほうが低かった。これは、道路騒音の発生源である道路からの距離に伴い騒音が低減する、いわゆる距離減衰によるところが大きい。道路際の 5 地点はいずれも 70dB を超え、特に自動車が通過したときには 80dB を超えた。敷地内は道路から離れているため騒音は低下するが、工場施設内でもゴミの焼却処理などの過程で騒音が発生するため、場所によって敷地内でも騒音レベルが高い場所もあった。特に施設の開口部でドアやシャッターが開いている場所では施設内の設備の稼動により少なからず騒音が発生していた。

(4) その他

地域住民が立ち入ることができるのは、基本的に管理棟のみであることから（清掃工場の見学などを除く）、日常、地域住民が敷地内奥深く立ち入ることはなく、東側の玄関付近を除くと修景効果が住民の目に触れることはない。また、当該施設は、これまでの最大規模の事業地であるが、巨大な清掃工場であり、また整備後 10 年足らずで、樹木の生育も一部の樹種を除いてあまり良くないため、大気浄化効果や修景効果も期待されるほどには至っていない。

2.5.2 尼崎市立西小学校

尼崎市立西小学校は、交通量が多い阪神高速 3 号神戸線（高架）及び国道 43 号に接する道路北側にあたり、かつて自動車公害で問題になった地域に位置している。事業年度は昭和 63 年度（1988 年度）で、整備後約 25 年が経過している。

阪神高速 3 号神戸線（高架）及び国道 43 号の遮音壁、沿道植栽帯及び歩道を挟んで、小学

校の敷地外周部に植栽帯が広がっている。

(1) 植栽木追跡調査結果

樹高 15m 以上のクスノキと樹高 10m 前後のトウネズミモチ、アラカシ等の常緑広葉樹を主体とした緑地帯で、シンジュ、ナンキンハゼ、サンゴジュ等の落葉広葉樹をまじえる。整備当時の情報がないため、生存率などの検討は難しいが、全般に生育は良好で、枯死木もほとんどない。国道 43 号からは遮音壁を挟んで沿道の歩道植栽帯、歩道、学校外周植栽と続き、歩道の上空は周辺の樹木の樹冠が覆って、緑のトンネルを形成している。歩道植栽帯は、樹高 6~8m 前後のマテバシイ、アラカシ、サンゴジュ等が主体で、林床には低木のハマヒサカキや地被植物のヘデラ類などが植栽されている。学校外周部の植栽帯の幅は 15m 程度で、樹高 15m 程度のクスノキの樹冠が超出し、樹高 10m 前後の高木樹種が多いことから、高木層・亜高木層の発達はいいが、中低木が少ないため、階層構造は発達せず、敷地内から高速道路の高架や遮音壁が見通せる。このため、遮蔽効果は比較的小さいものと判断される。

(2) ガス状汚染物質吸収量の試算結果

大気浄化植樹により、整備後約 25 年が経過した現在の緑地で、NO₂ 量の吸収効果をおおづかみに試算すると、年間約 82.3kg の NO₂ が吸収され低減される試算結果になった。

(3) 窒素酸化物濃度簡易測定調査結果

NO、NO₂ ともに道路からの距離に伴い濃度が低下する、いわゆる距離減衰が認められた。NO と NO₂ とを比較すると、NO よりも NO₂ の勾配が緩やかである。これは、大気中に NO が排出されると、酸化されて NO→NO₂ に変化しやすいためであり、NO の方が距離減衰による低減効果が大きいことを示している、距離減衰に加えて、緑地による遮蔽効果や吸収効果・吸着効果も寄与しているものと考えられるが、その割合はわからない。いずれにしても道路際に緑地帯を設けたことにより窒素酸化物濃度の低下に貢献できたことは事実であり、緑地による大気汚染物質の低減効果が示唆された。

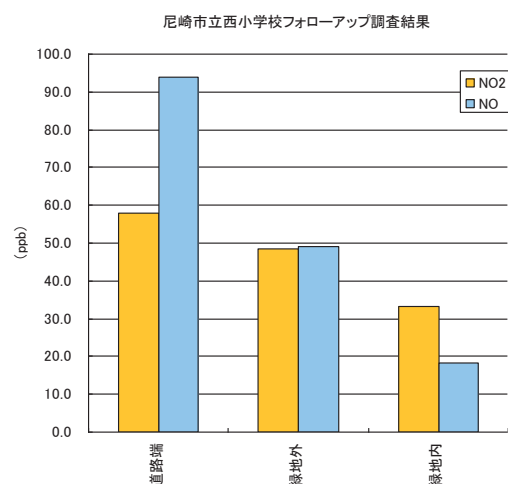


図 15 尼崎市立西小学校での窒素酸化物濃度の簡易測定結果

(4) 騒音簡易測定調査結果

騒音レベル (A 特性) は、道路端 76.5dB、歩道上 65.2dB、敷地境界 62.9dB、芝生地 62.5dB、校舎側 59.6dB で校舎側ほど騒音レベルが低かった。これは、道路騒音の発生源である道路からの距離に伴い騒音が減少する、いわゆる距離減衰によるところが大きい。騒音低減効果をより高めるためには、緑地帯の階層構造を発達させて、より大きな遮蔽効果を高めることが重要であるが、見通しの確保など、安心・安全の面からの配慮も必要である。

(5) その他

大気浄化植樹による小学校敷地外周部の緑地整備は、国道 43 号の遮音壁の設置、沿道の歩道植栽とあいまって大気汚染の低減、騒音の緩和など、教育環境の改善に一定の効果を挙げて

きた。それに加えて、道路との間の歩道は上空が緑のトンネルに覆われ、地域住民に心地よい緑陰の創出、日常の地域生活環境の改善をもたらしたと考えられる。

2.5.3 アサヒビール吹田工場

大気浄化植樹助成事業によるアサヒビール吹田工場の植栽地は、敷地北西部の国道 479 号に面した植栽地と敷地南西部の敷地外周の植栽帯から構成されている。事業年度は平成 4 年度（1992 年度）で約 20 年が経過している。よく維持管理された工場緑地で、生育も旺盛である。

(1) 植栽木追跡調査結果

敷地北西部の植栽地は国道 479 号に面し、付近に工場見学者等のための施設や駐車場などが整備されている。このため、植栽地内には園路が設けられ、見学者等の憩いの場になっている。高木樹種では樹高 8-9m 前後のクスノキ、アラカシとエノキが植栽されている。接道部はドウダンツツジ、サツキ等のツツジ類の低木植栽で、美しい都市景観の形成を担っている。

敷地南西部の工場敷地外周部は帯状の植栽地が敷地に沿って延々と続き、道路側は樹高 8m 程度のアラカシの二列植栽、内側はエノキの一行植栽となっている。また、道路側のアラカシの根元にはドウダンツツジの植え込みが列状に続き、初夏の開花期、秋の紅葉期に彩を添えている。いずれもよく管理されており、生育状況は良好で、生存率も高いと考えられる。

(2) ガス状汚染物質吸収量の試算結果

大気浄化植樹により、整備後約 20 年が経過した現在の緑地（大気浄化植樹事業地のうちの南西部のベルト状の緑地）で、NO₂ 量の吸収効果をおおづかみに試算すると、年間約 55.3kg の NO₂ が吸収され低減される試算結果になった。

(3) 窒素酸化物濃度簡易測定結果

NO、NO₂ とも、主な発生源である道路からの距離に伴い汚染物質濃度が低下し、いわゆる距離減衰が認められた。減衰勾配が NO₂ よりも NO の方が大きいのは、自動車からの排ガス中に含まれる NO が大気中で容易に酸化されて NO₂ になりやすいためであろうと考えられる。

(4) 騒音簡易測定調査結果

騒音レベルの平均値を求めると、道路端 77.7dB、緑地外（林縁）71.5dB、園路上 57.5dB、緑地内 54.8dB であった。緑地内外での騒音レベルの分布をみると、道路端や林縁で 70～80dB 以上、緑地内の園路上で 60dB 前後、さらに奥に入った緑地内では 50～60dB 程度と、物理的な距離減衰と緑地の騒音低減効果を含め、緑地内では 20～30dB 程度低下していることが確認された。

(5) その他

アサヒビール発祥の地として百年以上の歴史をもつ吹田工場の緑化は、地域の大気環境保全のほか、地域景観の創出、野鳥の誘致、緑のコリドー等の緑地整備による複合的な様々な効果

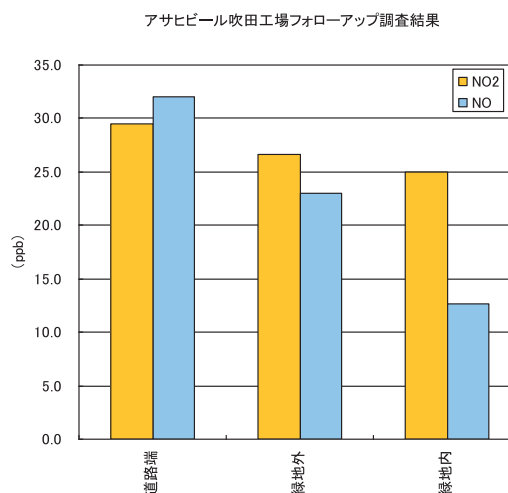


図 16 アサヒビール吹田工場での緑地内外の窒素酸化物濃度の測定結果

が考えられる。

また、地球温暖化をはじめとする様々な環境保全の取組や社会貢献など、企業イメージの醸成にも一役かっているものと考えられる。

2.5.4 東京都農林総合研究所江戸川分場

東京都農林総合研究所江戸川分場は、交通量が多い環状 7 号（環七通り）、首都高速 7 号小松川線（京葉道路）から比較的近く、植栽面積は 4,820m² で関東地方では最も規模の大きい事業地である（全国的にみても尼崎市クリーンセンター第二工場に次いで国内で二番目）。整備年度は昭和 63 年度（1988 年度）で、整備後約 25 年が経過している。

(1) 植栽木追跡調査結果

敷地外周フェンスの外側に石積を行い、盛土して高木樹種（ハナミズキ、コブシ）と中木樹種（ツバキ）を交互に列状に植栽している。マウンドの高さは約 50cm、幅（奥行）は 1.5～2m 程度である。北側は樹高 5m 程度のコブシと樹高 2.5m 程度のツバキを交互に植栽し（植栽間隔は 2.5m 程度）、生育状況は良好である。東側、南側には樹高 4～5m 程度のハナミズキと樹高 2～2.5m 程度のツバキが交互に植栽され、生育は良好である。西側も同様にハナミズキとツバキが交互に列植されているが、ハナミズキは一様に胴切されていた。おそらく病虫害や落葉、日照などの何らかの問題から近隣住民から伐採等の要望があったためと推測される。植栽木の活力度をみると全般的に生育は良好であるが、北側や南側に比べると西側及び東側では枯死木がやや多く、生存率は 85%前後となっている。

(2) ガス状汚染物質吸収量の試算結果

大気浄化植樹により、整備後約 25 年が経過した現在の緑地で、NO₂ 量の吸収効果をおおづかみに試算すると、年間約 20.4kg の NO₂ が吸収され低減される計算になった。

(3) 大気中の汚染物質濃度の簡易測定調査結果

NO 濃度は、道路端と緑地外ではほとんど変わらず、緑地内では 2ppb 程度低下していた。敷地外周部の植栽のため、道路端（道路からの距離 0m）と緑地外（同約 1m）とで違いがほとんどないこと、これに対し緑地内では 10m 程度道路から離れているため、距離減衰の傾向が認められた。NO₂ 濃度は、大気中で NO から NO₂ にすぐに酸化されてしまうため、NO 濃度のような緑地内での減衰はほとんどみられず、道路端、緑地外、緑地内で大きな差はみられなかった。

粒子状汚染物質濃度は、SPM-PM2.5、PM2.5 とも、緑地内外でほとんど変らなかった。これは、敷地内の南西隅にある大気測定局が一般環境大気測定局（鹿骨）であるように、研究所が第一種中高層住居専用地域に位置し、自排局のような局地汚染を引き起こしているような場所ではないためであろうと考えられる。

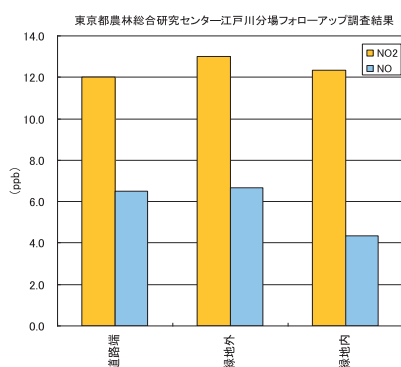


図 17 窒素酸化物濃度の測定結果

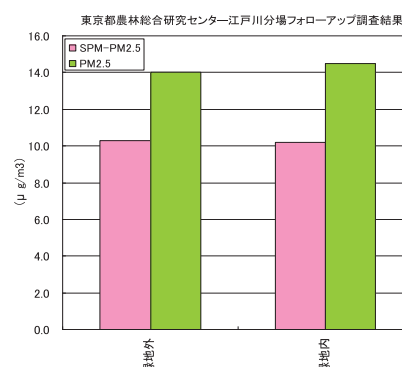


図 18 粒子状物質濃度の測定結果

(4) 騒音簡易測定調査結果

騒音レベルは、緑地外で45～65dB前後、緑地内で45～55dB前後で、緑地内では緑地外に比べて5dB程度低下していたが、交通量の比較的少ない住宅地（第一種中高層住居専用地域）のため、騒音低減効果は明瞭には把握できなかった。周辺道路での交通騒音が比較的少ない上、敷地内でも草刈機等により騒音が少なからず発生していたことが原因であると考えられる。

(5) その他

小松菜の発祥地として有名な江東地域の農業技術振興拠点である本研究所の緑化は、大気浄化効果に加え、ハナミズキ、コブシ、ツバキ、ツツジ類などの花木の導入により明るく親しみやすい緑地空間を創出し、地域景観の創出にも一役かっている。特に敷地周辺部での花木の導入は、美しい街路景観の創出の上でも効果は大きい。

また、本研究所は、温室や圃場のほかに果樹や花木を中心に多様な樹木が植栽されており、野菜・花卉園芸研究ゾーンや果樹・花木ゾーンがあり、緑地内の散策等に訪れる人も多く、都会における緑のオアシスの一つになっている。

2.5.5 東京都荒川区立第三中学校

東京都荒川区立第三中学校は、荒川区南千住に位置し、隅田川の右岸にあたり、周辺は中高層住宅が立ち並び、戸建て住宅がほとんどない、新しく開発された都会の典型的な中高層住宅団地にある。交通量が多い国道4号と首都高速6号向島線の間に位置し、周辺には都立汐入公園があり、広大な公園緑地に囲まれている。また、荒川の河川敷にも比較的近い。事業年度は平成13年度（2001年度）で、整備後約10年が経過している。

(1) 植栽木追跡調査結果

校舎西側を中心に道路側に傾斜したマウンド（盛土）を造成し、校舎側のフェンス際に中木のハナカイドウ、キンモクセイを生垣状に植栽し、盛土斜面にアジサイ、レンギョウ、ドウダンツツジ、クルメツツジ、ユキヤナギ、サツキ、その前面の地面にオオムラサキ、ドウダンツツジ、クルメツツジ、サツキ等の多様な花木を導入している。多様な花木を用いていること、前面に傾斜をつけたマウンドを造成し、そこに植栽しているため、高木を採用していないにも係わらず歩行者から視認しやすく、明るく彩りのある沿道の歩道空間を創出している。

盛土のため、有効土層が確保されていることから、盛土斜面に植栽した樹木はおしなべて生育が良好であるが、地面に植栽した樹木は土壌条件が悪いことや踏圧などにより地面が締め固まっていることから全般的に生育が悪く、枯死木も多い。

また、敷地北西隅には、ウメ、サクラ、モモなどを用いた花木園が造成されている。

(2) ガス状汚染物質吸収量の試算結果

大気浄化植樹により、整備後約10年が経過した現在の緑地で、NO₂量の吸収効果をおおづかみに試算すると、年間約7.6kgのNO₂が吸収され低減される計算になった。

(3) 大気中の汚染物質濃度の簡易測定調査結果

窒素酸化物のうちNO濃度は、道路端→緑地外→緑地内と道路からの距離が離れるにしたがい低下する傾向がみられ、距離減衰が認められた。これに対して、NO₂濃度は距離に伴い低下傾向がみられても、その差は小さく、あまり変わらなかった。これは、NOが酸化されてNO₂

に変化しやすいためと考えられる。このため、距離減衰の勾配は、NO₂ 濃度では緩く、NO 濃度では急勾配になっている。

粒子状物質濃度は、緑地外よりも緑地内のほうがむしろ高かった。これは、緑地外のほうが街路の中心に近く風の流れが良いのに対し、緑地内では、校舎側に近い上に、多少とも緑地の葉群などにより風通しが妨げられ大気汚染物質が滞留しやすいことと関係があるのかもしれない。また、粒径別にみると、SPM から PM2.5 を差し引いた相対的に大きい粒子（SPM－PM2.5）よりも PM2.5 の微小粒子の方が多かった。

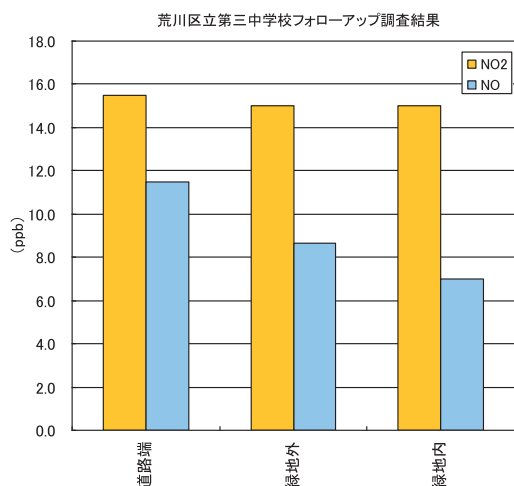


図 19 窒素酸化物濃度の測定結果

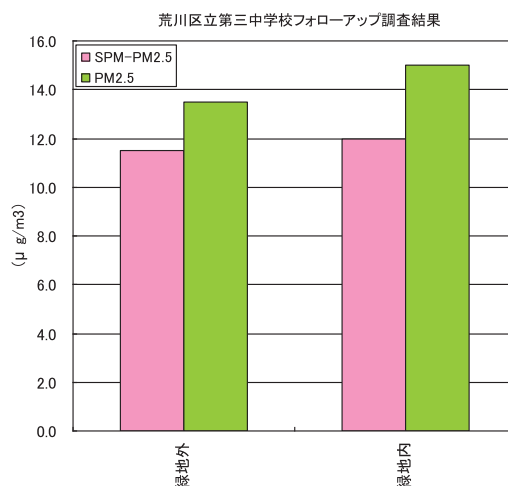


図 20 粒子状物質濃度の測定結果

(4) 騒音簡易測定調査結果

騒音レベル（A 特性）は、道路端は 51～64dB、校舎側は 51～53dB で、大きな違いはみられなかった。バス通りではあるものの、幹線道路から一步入った交通量の比較的小さい中高層集合住宅地域の一面に位置し、植栽も中低木が主体であることから、バスの通過時を除くと大きな道路騒音はなく、緑地による騒音低減効果は確認できなかった。

(5) その他

校舎西側の緑地は、道路沿いの比較的小さい帯状の植栽地にも関わらず、道路側に傾斜したマウンドの造成と多様な花木や芳香のある樹木の導入によって、四季の変化に富んだ潤いのある街路空間を創出している。特にフェンスを校舎側にセットバックして歩道側に緑地をとったこと、道路側に傾斜したマウンドを造成し、その盛土斜面に花の美しい低木を多用することにより歩行者から目に付きやすく、視覚的にも効果の高い緑地になっており、高木樹種を用いなくても、ある程度ボリュームのある緑地になっていることは特筆に値する。

中高層集合住宅が立ち並ぶ本学区において、学校敷地外周部の緑地は、街路樹とあいまって、快適な緑地空間を創出することによって地域の生活環境保全の一端を担っている。

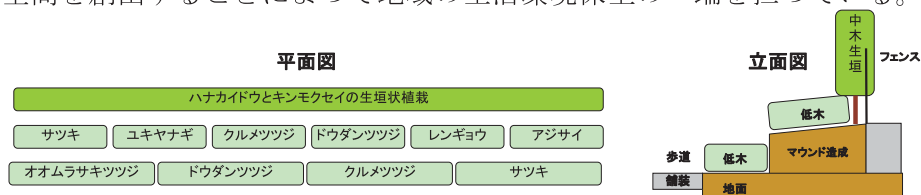


図 21 荒川区立荒川第三中学校における校舎西側植栽地の模式図（マウンド造成による植栽）

2.5.6 尼崎市元浜緑地（大気汚染対策緑地）

尼崎市の元浜緑地は、環境事業団の整備した大気汚染対策緑地の第一号であり、昭和 63 年度～平成 4 年度にかけて整備された緑地で、整備後約 20 年経過している。

(1) 植栽木追跡調査結果

公園内を踏査し、比較的多く植栽されている樹種のなかから、各樹種 10 本ずつ形状の測定や活力度を観察した。このうち樹高が高いのは、メタセコイア、ラクウショウ等の落葉針葉樹であり、15m 前後に達していた。フウ、ケヤキ、クヌギ等の落葉広葉樹も 12～15m と高かった。このほか、アラカシ、クスノキ、シラカシ、タブノキ等の常緑広葉樹や落葉広葉樹のナンキンハゼも 10～12m に達していた。樹勢（活力度）は全般的に良好であったが、生存率については確認できなかった。

(2) ガス状汚染物質吸収量の試算結果

整備後約 20 年が経過した現在の緑地で、 NO_2 量の吸収効果をおおづかみに試算すると、年間約 970kg の NO_2 が吸収され低減される計算になった。これは、尼崎市内の主な固定発生源から排出される平成 23 年度の窒素酸化物排出量 1,022 トン（「尼崎の環境（平成 24 年版）」による）の 0.09%にあたっている。

なお、推定手法が異なることや窒素酸化物濃度自体がかつてよりも低減していることから単純には比較できないが、「大気汚染対策緑地整備事業の効果の解析及び効率的な事業手法に関する調査研究報告書」（平成 7 年 3 月、環境事業団・株式会社プレック研究所）によると、平成 6 年当時の試算結果では、 $54.7\text{kgNO}_2/\text{yr}$ 、10 年後の平成 16 年の予測計算では $161\text{kgNO}_2/\text{yr}$ （平成 6 年当時の 3 倍）と予測されており、整備後約 20 年を経過した平成 23 年には $970\text{kgNO}_2/\text{yr}$ と 20 倍近くになっているものと推定された。

(3) 窒素酸化物濃度簡易測定調査結果

NO 濃度、 NO_2 濃度とも、道路からの距離に伴い濃度が低下する、いわゆる距離減衰が認められた。減衰勾配は NO_2 よりも NO の方が大きく、 NO_2 の場合道路から 20m 以上離れるとほとんど変わらなかった。これは NO が大気中で NO_2 に酸化されやすいためであると考えられる。道路からの距離がほとんど同じである公園緑地内と周辺街路を比較すると、 NO では緑地内の方が低下していることから、緑地の効果であろうと考えられる。

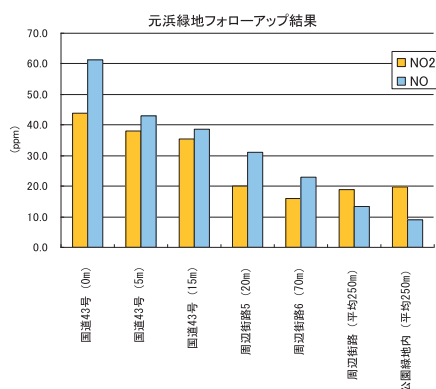


図 22 元浜緑地での窒素酸化物濃度の簡易測定結果（2012.11.6-7）

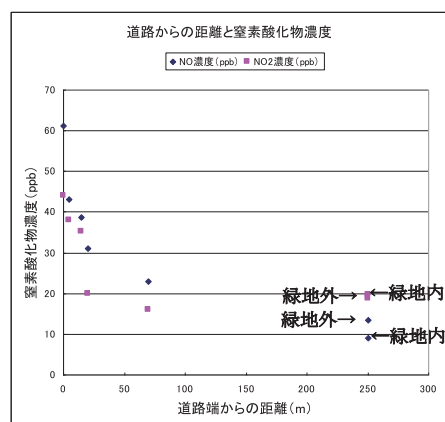


図 23 国道 43 号道路端からの距離と大気中の窒素酸化物濃度との関係

(4) 騒音簡易測定調査結果

公園緑地内で 10 箇所、公園周辺の街路で 10 箇所、測定地点を設定し、各測定地点で騒音レベル（A 特性）を 10 回計測し、その平均値をその地点の騒音レベル（A 特性）とした。騒音レベルは、周辺街路の道路端では 60～70dB、公園緑地内では 50～60dB で、距離減衰に緑地の効果も加わって、緑地内では周辺街路に比べて騒音レベルが 10dB 程度低減していた。

(5) その他

大気浄化を主目的とした樹種選定のほかに、花木を含む多様な樹木の導入により修景効果が得られるとともに、四季の変化のある、明るく親しみやすい緑地空間が創出され、園路沿いの緑のトンネルやケヤキなどの大木による緑陰など、静寂でやすらぎのある場所となっている。

また、公園内には樹林地のほか、芝生広場、もみじ池とせせらぎ、わんぱく池、舟の遊具、とりで遊具、トリム遊具、ロングスライダーなど、老若男女を問わず、安心して安全な遊び場や憩いの場を市民に提供しており、野鳥や水辺を中心にトンボ等の水生昆虫などの生物相が戻りつつあるのが確認されている。

3. 学校緑化による効果の検証

3.1 調査目的

今後の大気浄化植樹事業の展開に資するために、これまでの事業事例が最も多い学校等の教育施設を対象に屋上緑化・壁面緑化・校庭芝生化等の先進的事例の事業効果を検証するための検討を加えたらどうか、という検討会での意見を踏まえ、近年、各自治体で取り組まれている「緑のカーテンづくり」に着目し、効果を把握することを目的として現地調査を実施した。

3.2 調査時期

植物の生育期間である夏季であり、また児童生徒の学業に支障のない 8 月の夏休み期間を利用して調査を実施した。

3.3 調査地点

学校における「緑のカーテンづくり」に積極的に取り組んでいる板橋区教育委員会の協力を得て、区内の 4 小中学校を対象に調査した。

3.4 調査項目及び方法

表 4 緑のカーテンづくりの効果確認のための調査項目及び方法

調査項目	調査方法
緑のカーテンの生育状況	緑のカーテンの面積、緑被率、葉の着葉数、葉面積の算定等
熱画像解析	サーマルカメラを用いて熱画像を撮影し、表面温度等を比較
気温の計測	緑のカーテン内外・教室に温度ロガーを一昼夜設置し、気温を比較
汚染物質濃度の計測	緑のカーテン内外に簡易サンプリングを設置し NOx、粒子状物質を計測
ガス状汚染物質吸収量試算	葉面積、光合成量を算定モデル式にあてはめ、緑による吸収量を試算
ヒアリング	校長先生・担当教諭に取組の現状・効果・今後の課題等を聴取

3.5 調査結果

3.5.1 緑のカーテンの生育状況

調査対象とした4校の緑のカーテンの状況を表5、及び写真2に示す。緑のカーテンは、生育のよい学校では3階校舎の屋上まで達し、緑による被覆率も100%に近い。板橋第五小学校や高島第五小学校では、被覆率が高い上に、カーテンの厚みがあり、よく繁って葉面積も大きい。これを既往データと比べてみると、キュウリやその他のツル植物の単位面積当たりの葉面積は $1\sim 6\text{m}^2/\text{m}^2$ 前後で、最大でも $6\text{m}^2/\text{m}^2$ 程度であろうとみなせることから、今回得られた葉面積の推定値はほぼ妥当であろうと判断される。また、今回の調査で最も緑のカーテンの生育が良好であった板橋第五小学校で得られた単位面積当たりの葉面積 $4.5\text{m}^2/\text{m}^2$ は、ツル植物のほぼ限界に近いほどよく生育しているものと考えられる。

表5 緑のカーテンの生育状況と葉面積

学校名 (東京都板橋区立)	導入植物	被覆率 (%)	面積(m^2) 幅×高さ	単位面積当たりの 葉面積(m^2/m^2)	緑のカーテンの 総葉面積(m^2)
高島第三中学校	ニガウリ ヘチマ	20-50 40	14×3.5	ニガウリ:1.35 ヘチマ:0.719	18.7
高島第五小学校	ヘチマ ニガウリ キュウリ	90-95	10.5×10	平均:3.83	372.5
板橋第五小学校	ヘチマ ニガウリ キュウリ	95 50	12.5×13 6.2×10	平均:4.46	826.9
板橋第七小学校	ヘチマ キュウリ	70 60	12×8 15×3	平均:1.53	144.1



写真2 緑のカーテン（左上：高島三中、右上：高島五小、左下：板橋七小、右下：板橋五小）

3.5.2 緑のカーテンによる温度抑制効果（熱画像解析結果）

緑のカーテンによる温度抑制効果を把握するために、校舎壁面と緑のカーテンの表面をそれぞれサーマルカメラで撮影し、表面温度を測定して比較した。緑のカーテンと壁面とを比較すると、いずれの学校の緑のカーテンにおいても温度の低減効果が確認され、温度差は2.4～4.0℃で平均3.3℃であった。金属製の手すりやグラウンドの地表面との温度差はもっとずっと大きい。葉面積と温度の低減効果の関係については、調査時間が異なることやサンプル数が少ないことから、今回の結果のみで判断することはできないが、明瞭な関係はみられなかった。

室内温度の抑制は電力消費量の抑制に繋がり、結果的に化石燃料消費量の抑制にも繋がっていることから、緑のカーテンづくりによるヒートアイランド抑制効果や地球温暖化抑制効果が期待される。

表6 壁面及び壁面緑化（緑のカーテン）温度

	壁面温度 (°C)	壁面緑化温度 (°C)	温度差 (°C)	1m ² あたりの葉面積 (m ² /1m ²)
高島第三中学校	31.6	28.2	3.4	0.7
高島第五小学校	36.3	32.3	4.0	4.2
板橋第五小学校	35.3	32.1	3.2	5.4
板橋第七小学校	36.8	34.4	2.4	1.6

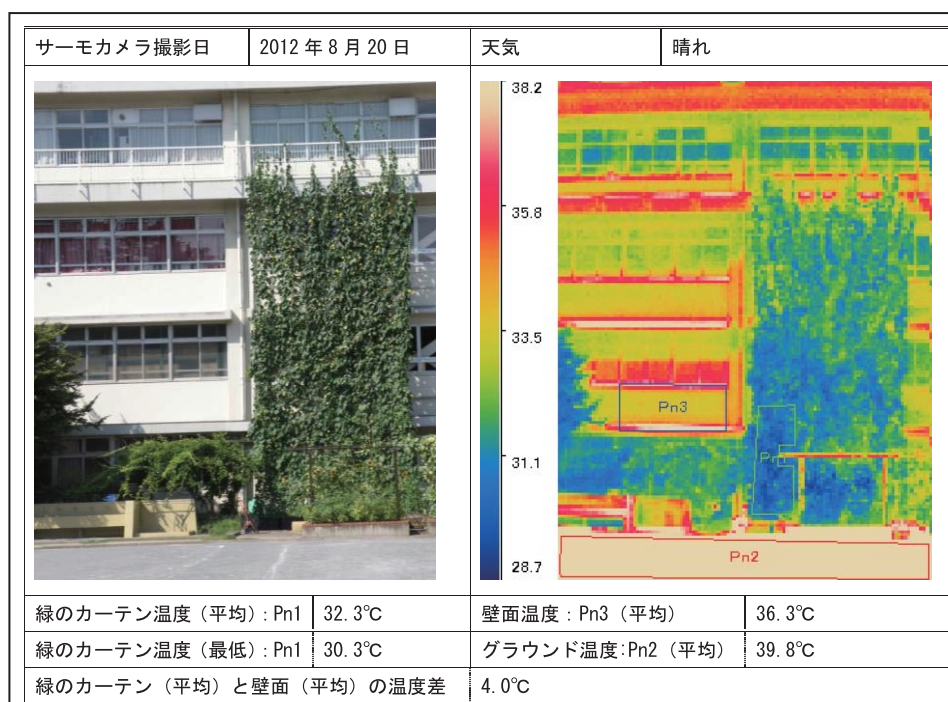


図24 高島第五小学校における熱画像撮影結果

3.5.3 緑のカーテン内外での気温の計測結果

緑のカーテンの内外に温度計ロガーを一昼夜設置し、温度を比較した。高島第五小学校では、あわせて教室内の気温も測定した。温度計ロガーの保護箱の不具合から保護箱内の温度が異常に上昇してしまっていたが、日中はカーテン内外で10℃程度の差があり、夜間はカーテン内外でほとんど差がなかった。カーテン内外の屋外に比べると教室内の気温は低く比較的安定していた。

3.5.4 緑のカーテン内外での大気中の汚染物質濃度の簡易測定結果

緑のカーテン内外の大気中の窒素酸化物濃度、粒子状物質濃度の測定結果を表7に示す。窒素酸化物、粒子状物質ともに、緑のカーテン内外で大きな違いは確認できなかった。高島五小、板橋七小では教室内でも測定を行ったが、教室内では屋外に比べて濃度がいずれも低かった。

表7 緑のカーテン内外の大気中の窒素酸化物濃度、粒子状物質濃度の測定結果

測定地点	測定期間	設置位置	粒子状物質 (単位: $\mu\text{g}/\text{m}^3$)		窒素酸化物 (単位: ppb)	
			SPM-PM _{2.5}	PM _{2.5}	NO ₂	NO
板橋区立 高島第三中学校	平成24年8月20日 (月) ～8月21日 (火)	緑化外	17	7.8	17	13
		緑化内	17	12	17	16
板橋区立 高島第五小学校	平成24年8月20日 (月) ～8月21日 (火)	緑化外	8.3	7.3	16	9
		緑化内	10	8.0	15	10
		教室	4.5	7.9	11	7
板橋区立 板橋第七小学校	平成24年8月21日 (火) ～8月22日 (水)	緑化外	5.0	2.5	10	8
		緑化内	5.1	2.5	9	8
		教室	3.5	2.9	7	7
板橋区立 板橋第五小学校	平成24年8月21日 (火) ～8月22日 (水)	緑化外	4.9	2.2	11	10
		緑化内	5.2	1.8	11	8

最寄の一般局 (板橋本町)、自排局 (板橋大和町) における 8/20～8/22 までの NO、NO₂、NO_x、SPM の 1 時間値の平均値を表8に示す。各学校での簡易サンプリャによる窒素酸化物濃度、粒子状物質濃度は、自排局である板橋大和町よりもかなり低く、一般局の板橋本町と比べると、NO はやや濃度が高く、NO₂ 及び SPM は同程度かやや低い傾向がみられる。

表8 近傍の大気汚染測定局におけるデータ (2012.8.20-22)

測定局	月日	NO (ppb)	NO ₂ (ppb)	NO _x (ppb)	SPM ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)
板橋本町 (一般局)	8月20日	3	16	14	14
	8月21日	4	16	17	17
	8月22日	6	12	12	12
	8/20-8/22	5	15	14	14
板橋大和町 (自排局)	8月20日	36	33	70	17
	8月21日	25	22	47	16
	8月22日	39	22	61	16
	8/20-8/22	34	26	59	16

全体的にみると緑のカーテン内外でほとんど差が認められないが、学校毎にみると、葉量が多い板橋五小では NO や PM2.5 の低減効果がある程度認められた (表9)。このことは、ボリュームのある緑のカーテンをつくることによって大気中の汚染物質濃度をある程度低減できる可能性があることを示唆している。今回は測定日数が一昼夜と短かったため十分な解析ができなかったが、緑のボリュームのある学校に対象を絞ってもう少しデータを蓄積できれば、緑のカーテンによる大気中の汚染物質の低減効果をより把握できると期待される。

表9 緑のカーテン内外の大気中の窒素酸化物濃度、粒子状物質濃度の差 (外-内)

測定地点	SPM-PM _{2.5}	PM _{2.5}	NO ₂	NO	葉量 (m ²)
板橋区立 高島第三中学校	0.0	-4.2	0.0	-3.0	18.7
板橋区立 高島第五小学校	-1.7	-0.7	1.0	-1.0	372.5
板橋区立 板橋第七小学校	-0.1	0.0	1.0	0.0	144.1
板橋区立 板橋第五小学校	-0.3	0.4	0.0	2.0	826.9

注) 汚染物質濃度が外>内であればプラス (橙色) に、外<内であればマイナス (水色) に表示

3.5.5 緑のカーテンによるガス状大気汚染物質の吸収効果の試算結果

(1) 葉面積の算定

緑のカーテンの全葉面積を算定するために、代表的な箇所数点に $1\text{m} \times 1\text{m}$ の調査枠を設定し調査枠内の葉の枚数をカウントするとともに、一枚当たりの平均葉面積を算出した。これらの値にもとづき、緑のカーテンの単位面積あたり (1m^2 あたり) の葉面積を求めた。

緑のカーテン全体の総葉面積の算定にあたっては、緑のカーテンの幅、高さを計測し、幅×高さの枠内で緑に被覆されている割合 (被覆率) を求め、これらにより緑のカーテンの緑に覆われた部分の面積を算出し、これに緑のカーテンの単位面積当たりの平均葉面積を乗じて算定することとした。緑のカーテンの全体の総葉面積は、以下の式で算定される。

総葉面積 = 緑のカーテンの幅 × 高さ × 被覆率 × 調査枠内の単位面積当たりの平均葉面積

(2) 純光合成速度

主なツル植物の純光合成速度 (みかけの光合成速度) を文献資料により調べた。ヘチマ、ニガウリのデータは確認できなかったが、キュウリ、カボチャなどでは $20 \sim 30 \text{ mgCO}_2/\text{dm}^2 \cdot \text{hr}$ であった。因みに、農作物を含めて草本性の陽生植物では純光合成速度が $14 \sim 28 \text{ mgCO}_2/\text{dm}^2 \cdot \text{hr}$ 程度で、陰生植物では陽生植物の $1/3 \sim 2/3$ 程度であるといわれている (木村ら、1973)。これらのことから、緑のカーテンの純光合成速度を $20 \text{ mgCO}_2/\text{dm}^2 \cdot \text{hr}$ と仮定した。

(3) 緑のカーテンによるガス状大気汚染物質吸収量の試算結果

植物の総光合成速度から汚染ガス吸収量を簡便に推定できる以下のモデル式を用いた。

$$\text{NO}_2 \text{ の吸収量 } \text{UNO}_2 = 13.9 \times \text{CNO}_2 \times \text{PG}$$

ここで、 CNO_2 : 大気中の NO_2 濃度 ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)

PG : 植物群落の総光合成量

植物群落の総光合成量 PG は、簡略に以下のように求めた。

$$\text{総光合成量} = \text{純光合成速度} + \text{呼吸速度}$$

緑のカーテンの機能が 7~10 月の 4 ヶ月間働いているものとみなして、その間の CO_2 吸収量を算出した。ヘチマやニガウリのデータは確認できなかったが、キュウリ、カボチャ等に準じて純光合成速度を $20 \text{ mgCO}_2/\text{dm}^2 \cdot \text{hr}$ と仮定した。呼吸速度は純光合成速度の $1/10$ と仮定して、総光合成量を算定した。また、純光合成量の算出は日変化を考慮して $1/2$ を乗じることとした。

以上のような仮定に基づき、各学校による緑のカーテンによる NO_2 の吸収量を試算すると、表 10 に示すようになり、 $26.4 \sim 765 \text{ g}$ であった。単位面積あたりの葉面積が 4~5 前後の厚みのあるカーテンで、三階校舎屋上に達するような生育良好な緑のカーテンでは、この間に $500 \sim 800 \text{ g}$ の NO_2 を吸収できる試算結果になった。これは、胸高直径 20 cm のクスノキが一年間に吸収する NO_2 量の 3 本~6 本分に相当する量である。

表 10 緑のカーテンによる NO_2 吸収量の試算結果

学校名	総葉面積 (m^2)	総光合成量 ($\text{kgCO}_2/7\text{-}10\text{月}$)	NO_2 濃度 (ppb)	NO_2 吸収量 ($\text{g}/7\text{-}10\text{月}$)
高島第三中学校	18.7	59.3	17	26.4
高島第五小学校	372.5	1181	16	492
板橋第五小学校	826.9	2621	11	765
板橋第七小学校	144.1	456.8	10	121

【まとめ】

1. 粒子状汚染物質の削減効果の把握に係る現地調査

(1) 葉面付着粉塵調査

- ・樹木の葉に付着している粉塵の量は平均で 1m^2 あたり **449.8mg** であった。これは既存の研究が示唆していたように、樹林により大気中の浮遊粉塵が樹冠に捕捉されていることを示す定量的なデータであると考えることができる。
- ・主要な粒子状汚染物質の排出源と考えられた幹線道路からの距離に応じた明瞭な減衰傾向は確認できなかった。このことは幹線道路以外にも粒子状汚染物質の排出源があるということを示唆している。
- ・炭素成分は、OC（有機炭素）については道路から離れるに伴い増加する傾向を示していたのに対し、EC（元素状炭素）では道路から離れるに伴い減少する傾向を示した。EC は化石燃料の燃焼によって排出され自動車排ガス等に多く含まれることが知られていることから、道路の近くに生育している樹木の葉群が EC を捕捉していることが考えられる。
- ・自動車走行により道路近傍で発生していると考えられるアンチモンや亜鉛等の金属成分は、道路の近くの葉により捕捉されていることが考えられた。この傾向は、自動車排ガス由来と考えられる EC と同様であった。すなわち、道路沿道が排出源となっている物質であれば、道路近傍の葉により捕捉され、距離減衰の傾向を示すことが明らかとなった。

(2) 浮遊粉塵調査

- ・SPM-PM2.5 の粗大粒子では距離減衰の傾向が認められたが、PM2.5 ではその傾向は明確でなかった。
- ・SPM-PM2.5 の炭素成分は距離減衰の傾向を示したが、PM2.5 では傾向が見られなかった。しかしながら PM2.5 の EC に限定すれば、やや距離減衰の傾向が見られた。
- ・このような結果から SPM-PM2.5 と PM2.5 は異なる排出源由来のものという可能性が考えられ、ある特定の排出源に関しては樹林が効果的に粒子状汚染物質を遮断している可能性が示唆された。
- ・亜鉛やアンチモンなど自動車由来と考えられる金属成分は距離減衰の傾向を示した。このことから道路近傍で発生した金属成分は緩衝緑地に捕捉されていると考えることができる。

(3) 葉面付着粉塵調査及び浮遊粉塵調査より得られた成果

- ・葉面付着粉塵調査及び浮遊粉塵調査いずれにおいても、道路からの距離に応じた明瞭な距離減衰の傾向は明らかとならず、特に浮遊粉塵調査の PM2.5 や葉面付着粉塵調査では明瞭ではなかった。このことは、道路からの汚染物質ではなく、それ以外の排出源からの汚染物質のほうが大きく影響している可能性を示唆している。
- ・葉面付着粉塵調査及び浮遊粉塵調査いずれにおいても道路が排出源と考えられる物質（亜鉛やアンチモン）に関しては樹林による低減効果が確認できた。このことは、道路沿道から排出された汚染物質は樹林に捕捉される事で距離減衰傾向を示すことを示唆している。

2. 大気浄化植樹事業のフォローアップ調査

- ・大気浄化植樹事業が実施されてから四半世紀が経過し、これまで約 450 事例があるが、事

業実施後のフォローアップ調査は行われていない。このため、事業効果や今後の事業の展開に向けた検討に資することを目的としてフォローアップ調査を実施した。

- ・調査対象地は、植栽の効果を比較的確認しやすい大規模な事業地、過去の事業地をみると学校等の教育施設が最も多いことから学校の事業地等を抽出するとともに、あわせて事業地ではないが、大気汚染対策緑地の第1号である尼崎市元浜緑地を加えた6緑地である。
- ・植栽木の追跡調査結果から、植栽した樹木の生育はおしなべて良いものの、場所によっては生育が極めて悪く生存率が低かった場所がみられ、その原因は植栽基盤の不良や立地環境の厳しい場所での樹種選定の誤りに起因するものと考えられた。また、生育はよいものの、周辺住民からの苦情等で胴切や強剪定を余儀なくされた場所もみられた。
- ・整備後約20年が経過している元浜緑地では、樹木によるガス状汚染物質吸収量の試算結果がNO₂換算で年間約970kgに達し、これは尼崎市内の主な固定発生源から排出される窒素酸化物総排出量1022tの0.09%にあたっている。また、緑地内外の窒素酸化物濃度の測定結果によると、道路からの距離に伴い濃度が低下する、いわゆる距離減衰が認められ、道路からの距離がほぼ等しい緑地内外で比較すると、NO_xでは緑地内の方が低下していることから、緑地の効果であろうと考えられた。
- ・また、緑地の整備により、緑のトンネルによる心地よい緑陰の創出や地域の生活環境の改善、接道部の緑化による美しい街路景観や地域景観の創出、四季の変化のある明るく親しみやすい緑地空間の創出、野鳥の誘致や緑のコリドー効果、緑による企業イメージの醸成など、大気汚染低減効果以外にも様々な複合的効果をもたらしていることが確認された。

3. 学校緑化による効果の検証

- ・これまでに事業事例が最も多い学校等の教育施設では、近年、屋上緑化・壁面緑化・校庭芝生化など、先進的な取組が数多く行なわれていることから、そのような学校緑化の先進事例を対象に緑化による効果を検証するための検討を加えたらどうか、という検討会での意見を踏まえ、学校における「緑のカーテンづくり」に積極的に取り組んでいる板橋区教育委員会の協力を得て、区内の4小中学校を対象に現地調査を行った。
- ・緑のカーテンの生育状況、サーマルカメラによる熱画像解析、気温の連続測定等により、温度の抑制効果が確認され、この点については既往調査でも様々な成果が得られている。
- ・緑のカーテン内外での大気中の汚染物質濃度の簡易測定結果によると、窒素酸化物濃度、粒子状物質濃度ともカーテン内外で明らかな違いはみられなかったが、ボリュームのある緑のカーテンの学校に限れば、NO_xやPM2.5の低減効果がある程度認められた。
- ・葉面積の推定により緑のカーテンによるガス状汚染物質の吸収効果を試算したところ、単位面積あたりの葉面積が4~5m²/m²前後の厚みのある緑のカーテンで、三階校舎屋上に達するような生育良好な学校では、7~10月の4ヶ月間で約500~800gのNO₂が吸収できる試算結果になり、これは胸高直径20cmのクスノキが1年間に吸収するNO₂量の3~6本分に相当する量であった。
- ・校長先生や担当教諭へのヒアリング結果によれば、教育活動での活用やカリキュラムへの取込など、緑のカーテンづくりに積極的に取り組んでいる学校が多いことから、今後の展

開にあたっては、このような方向にも視野を入れた検討が必要であろうと考えられた。