

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つたため、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今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、環境事業団により、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。

《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。

【調査の方法】

1. 調査研究の方法

1.1 文献資料調査

図書館や CiNii 学術コンテンツ・ポータルサイト（国立情報学研究所）を活用して、文献資料を収集・整理して、最新の知見の取得に努めた。

1.2 専門家へのヒアリング調査

大気環境や大気汚染による植物影響に詳しい専門家にヒアリング調査を行い、最新の科学的知見を取得した。また、関連するシンポジウムに参加し、大気汚染による植物影響の研究者が多数集結されていたため、その機会を利用してヒアリングを行なった。

1.3 ガス状汚染物質低減効果の定量的評価法の見直し

大気浄化植樹マニュアル（改訂版）では、戸塚・三宅（1991）等の研究に基づき、植物の総光合成量や総生産量からガス状汚染物質吸収量を比較的簡易に推定できるモデル式を紹介している。この手法は、植物によるガス状汚染物質吸収量を光合成に伴う CO₂ 吸収量から間接的に推定するものであり、CO₂ の吸収固定量の把握を目的としたものではないが、その後、地球温暖化対策との関連で、樹木の CO₂ の吸収固定量の算定手法等の研究が進められ、樹木によるガス状汚染物質の吸収効果の算定にあたっても、これらの情報の活用が期待できる。また、近年、樹木等によるガス状汚染物質の低減効果は、気孔を通しての吸収効果以外に、樹木等の存在による遮蔽効果や上空への拡散効果が大きいことが明らかにされている。またガス状汚染物質の吸収効果だけでなく、葉面等への吸着効果も無視できないことが確認されている。このため、これらの最新知見も盛り込み、ガス状汚染物質の定量的評価法を見直す。

1.4 粒子状汚染物質の低減効果に係る定量的評価法の検討

粒子状汚染物質の大気中濃度や樹木や緑地等による低減効果に係る既往の科学的知見を収集整理した上で、粒子状汚染物質の低減効果を明らかにするための調査手法を検討する。特に、近年、浮遊粒子状物質（SPM）の中でも特に粒径の小さい PM_{2.5}（粒径 2.5μm 以下の微小粒子状物質）の健康影響が懸念されていることから、これらの点に留意しつつ、樹木や緑地による粒子状汚染物質の低減効果を野外現地調査の実施により検証し、定量的評価法を検討する。

1.5 大気浄化植樹事業等のフォローアップ調査による事業効果の確認

大気浄化植樹事業の事業効果を確認し、その効果を分析して今後の事業の展開に向けての問題点や課題を抽出し整理するためのフォローアップ調査を行う。

代表的な事業地を抽出・選定し、植栽木の生育状況等を追跡・比較して、大気浄化効果を定量的に推計するとともに、大気汚染物質濃度の簡易測定のほか、緑化による修景効果や鳥類や昆虫等の生息状況など、大気浄化効果以外の複合的効果についてもあわせて分析する。

1.6 学校緑地での先進的取組に係る検討調査

検討会での検討委員のご意見や環境再生保全機構の意向を踏まえ、今後の大気浄化植樹の展開の主要なターゲットとして期待され、最近、屋上・壁面緑化、校庭の芝生化、緑のカーテンづくりなどの緑化の先進的な取組が行なわれている学校などの教育施設を対象に事例調査を実施し、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検討を行なう。

1.7 大気浄化植樹マニュアルの改訂等

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。改訂にあたっては、最新の科学的知見を盛り込むこととし、粒子状汚染物質の低減効果の新規追加、ガス状汚染物質の定量的評価法の見直し、大気浄化植樹事業のフォローアップ調査等を踏まえた内容の追加、事例の刷新等を中心とする。また、大気浄化植樹事業の普及啓発のための一般向けのパンフレットの作成、ホームページに掲載するコンテンツの作成等も行う。

1.8 学識経験者等による調査研究検討会の設置

調査研究の実施にあたっては、調査計画の内容や進め方の妥当性、調査研究の途中結果を踏まえた調査研究計画の修正の要否等を確認し、定期的な助言・評価を受けるために、大学等の第三者的な学識経験者からなる検討会を設けて実施することとし、本年度は検討会を2回実施し、ご意見・ご提案などをいただいた。

2. 調査研究の年次計画

調査研究は、以下の年次計画に従って進めることとし、3年計画で予定している。

本年度は、文献資料調査や専門家等へのヒアリングを実施し、最新知見の収集に努め、ガス状汚染物質低減効果の定量的評価法の見直し方針を検討するとともに、粒子状汚染物質の低減効果に係る現地調査の調査手法の検討、大気浄化植樹事業の情報収集整理と代表的事業地の抽出・選定、学校緑地での先進的な取組の整理と現地調査計画（案）の検討を行なった。

平成24年度は、これらの成果を踏まえて、首都圏の幹線道路沿道緑地で大気中の粉塵濃度や樹木の粉塵吸着量等の現地調査を実施し、大気浄化植樹による粒子状汚染物質捕捉効果の定式化を試みるとともに、また選定された代表的な大気浄化植樹事業地を対象としたフォローアップ調査や先進的な取組を行なっている学校緑地で効果確認のための現地調査を実施する。

また、平成25年度には、粒子状汚染物質の捕捉効果の検討に係る植栽形態、植栽密度などを考慮した現地調査の補完調査を実施した上で、捕捉の上で効果的な植栽手法を検討するとともに、3ヶ年にわたる検討結果を踏まえ、大気浄化植樹マニュアルの改訂版を作成する。

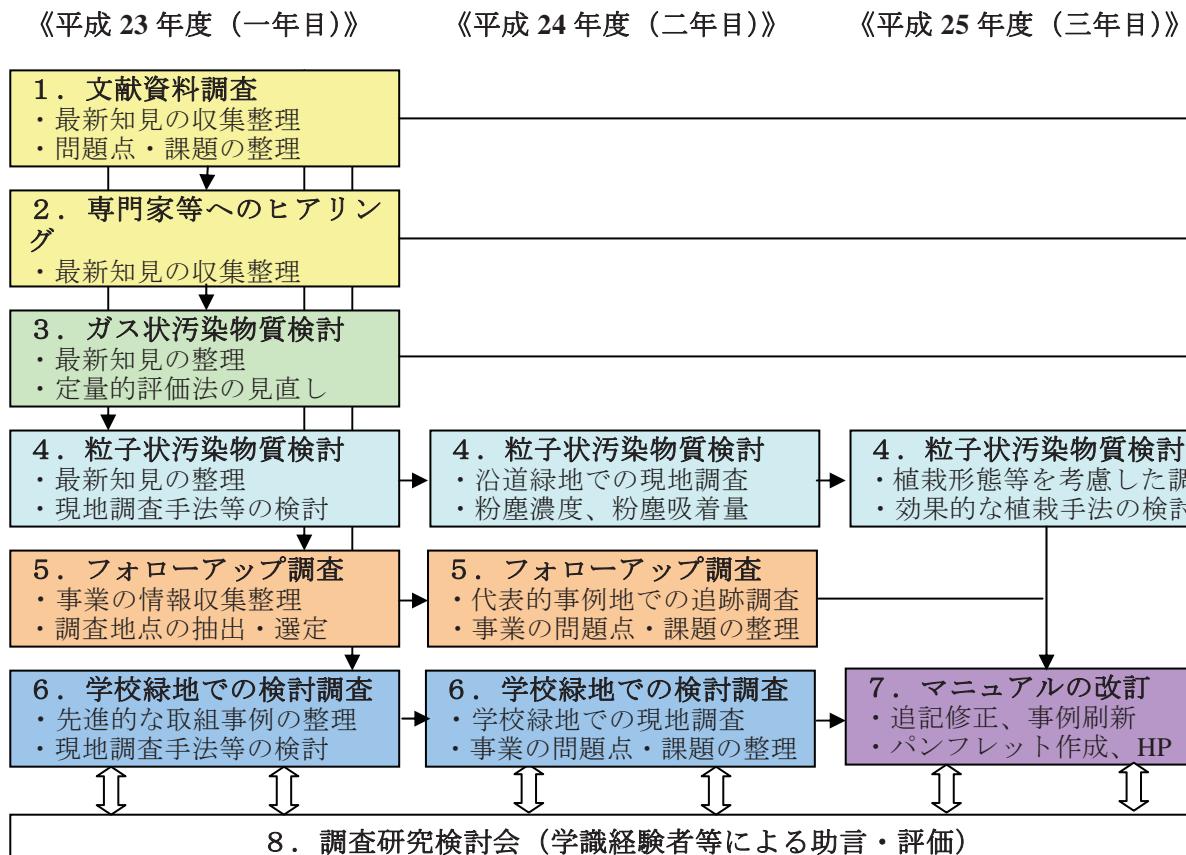


図 1 調査研究の年次計画

【調査の結果】

1. 文献資料調査

平成元年の「大気浄化植樹指針」、平成7年の「大気浄化植樹マニュアル（改訂版）」の発行後、かなりの時間が経過していることから、現在に至るまでの樹木や都市緑地の大気浄化機能等に関わる最新の知見を得ることを目的として、文献資料を収集・整理した。以下に、収集した知見についての概要を記載した。

1.1 PM_{2.5}について

PM_{2.5}に関して1997年にアメリカにおいて環境基準が設けられ、日本においても2009年にPM_{2.5}に関する環境基準が設定された。このPM_{2.5}の環境基準は粒径が2.5μmの粒子を50%の割合で分離できる分粒装置を用いて、より粒径の大きい粒子を除去した後に採取される粒子と定義されている。なお、日本における環境基準値は、年平均値が15μg/m³以下かつ1日平均値が35μg/m³以下である。

PM_{2.5}は、有機炭素成分（OC）、元素状炭素（EC）、硫酸塩・硝酸塩・アンモニウム塩・塩化物等の無機塩類、Pb、Zn、Cd、As等の微量金属化合物等が含まれる。このPM_{2.5}の排出由来を推定した研究では、自動車の排ガス由来の粒子が、PM_{2.5}の濃度に特に影響を与えていているという報告があるほか、地域によっては硫酸アンモニウム粒子等、国を超えた越境大気汚染物質の二次生成物がPM_{2.5}の重量濃度の半分以上を占めるような事例も確認されている。

1.2 大気環境の健康影響について

PM_{2.5}の健康影響に関する研究は、曝露期間の面からは短期曝露と長期曝露に、また健康影響の面からは急性影響と慢性影響に大別される。短期曝露研究は、1日単位などの比較的短期間での大気汚染物質の曝露とその後の健康指標との関連を時系列的に解析するものである。高濃度のPM_{2.5}の短期曝露によって、総死亡、循環器系・呼吸器系疾患による死亡を増加させたり、呼吸器症状の増加、呼吸機能の低下、不整脈の増加、心拍変動の低下など、広範な健康影響が見出されている。長期曝露研究は、長期間にわたる大気汚染物質の累積曝露と健康影響との関連を評価するものである。米国東部6都市の住民約8000人を14~16年追跡した研究では、大気汚染レベルの高い都市ほど死亡率が高く、各都市のPM_{2.5}濃度と死亡率との間に強い正の相関が認められている。また、全米50都市の約30万人を対象とした研究でも、PM_{2.5}濃度と総死亡率、心肺疾患、肺がんによる死亡との関連が報告されている。また自動車に由来する粒子状物質や窒素酸化物濃度の高い幹線道路沿道部で沿道住民を対象とした疫学研究が国内外で実施されており、喘息症状の罹患率は男女ともに沿道部が最も高かったことから、自動車排出ガス由来の大気汚染が学童の喘息の発症に関与していることが示唆されている。

1.3 大気沈着について

大気沈着は大気中の物質が地表面に沈着する現象であり、大気からの物質のアウトプットと森林・土壤など地表面へのインプットという両面性をもっている。大気沈着の主な過程には、物質が雲や降水に取り込まれて地表面に沈着する湿性沈着と、物質が降水を介さずガス状また

は粒子状のまま地表面に沈着する乾性沈着、さらに山岳地域などの雲や霧に覆われることが多い場所では雲・霧沈着が重要になる。湿性沈着量の推定には従来、大気からの酸性物質の沈着のほとんどが降水とともにもたらされるであろうとの考え方から、試料捕集には常時開放型の装置が用いられていたが、近年における降水を伴わない酸性物質の沈着などに係る知見も踏まえ、その厳密性を考慮し、現在では、少なくとも広域モニタリングにおいては、降水時開放型装置を用いて捕集される成分を湿性沈着物として扱っている。乾性沈着量の推計には、濃度勾配法、渦相関法、簡易渦集積法、推定法（インファレンシャル法）、チャンバー法があり、環境省が実施した酸性雨長期モニタリング調査（2009）ではインファレンシャル法が用いられている。

1.4 沿道の粒子状物質について

道路周辺の浮遊粉塵の測定例では、道路端の浮遊粉塵濃度は一般大気環境に比べかなり高く、道路から距離が遠くなるほど濃度が低下するなど、いわゆる距離減衰が認められる。また、卓越する風向によってもその濃度が大きく異なるため、風向と道路の走行方向の関係に留意する必要がある。道路付近の浮遊粉塵では、巻き上げられる土壤由来の粉塵が多く確認されるほか、元素状炭素などのディーゼル車排気粒子に由来する成分も多く確認される。 $PM_{2.5}$ を沿道で調査した研究においても、自動車走行量の日変動パターンと $PM_{2.5}$ の濃度の変動パターンが一致するなど、 $PM_{2.5}$ 濃度は自動車排ガス由来の粒子の影響を強く受けていることが示唆されている。

1.5 樹木による大気中粒子状汚染物質の捕捉効果について

樹木による大気中の粒子状物質の防塵効果や捕捉効果については、古くから研究されている。新田（1948）は、生垣の防塵効果についての研究を行い、生垣によって風が弱まることで、粉塵の降下量が増大することを報告している。本多（1968 ほか）は、皇居や首都圏の緑地で、辰巳（1971 ほか）は、高松市内の街路樹で葉面付着粉塵や大気中の粉塵濃度を調べ、緑地による粉塵捕捉効果を、また千葉（1987）や鳴ら（1993）は、岡山市内の都市近郊林で浮遊重金属の捕捉効果をそれぞれ確認している。

樹木の葉面による粉塵の捕捉効果に着目した研究では、三澤（1981 ほか）は、植栽樹種の葉面の形状や毛の有無、鋸歯の有無等の形態的特徴によって捕捉効果が異なることや、大気中の粉塵濃度が増加するに伴い葉面の粉塵吸着量も増大することを確認している。また、緑地での粉塵濃度や葉面吸着量の計測結果にもとづき、樹林帯が道路に沿って十分に長く、かつ汚染気流が林冠を越えて上空に拡散することなく、樹林内を流れることを想定して、沿道緑地による粉塵吸着効果を定式化することを試みている。また、片山ら（1991）は、森林内外の浮遊粉塵濃度を比較し、森林内では森林外に比べ平均して約 30% 粉塵量が少なかったことを報告している。これらの調査結果から、樹木による粒子状汚染物質の捕捉効果は、都市域において粒子状汚染物質の低減を図る上で都市緑化が効果的な手法の一つであることを示唆している。

1.6 樹木のガス状汚染物質の吸收・吸着効果について

NO_x を中心としたガス状汚染物質の長期間にわたる実測調査を埼玉県内の幾つかの沿道緑地帶において実施した結果、緑地による大気汚染の低減効果が確認された。その結果によると、連続して密植された沿道緑地帶は、その構造に起因する遮蔽効果及び上方への拡散効果により、

植物が葉面の気孔を介して行なわれる吸収能力以上に汚染物質濃度を低減させていることが明らかとなった。その効果は、道路端など局地的な範囲に限られているとはいえ、現実的な交通量の削減や走行改善及び排出ガス規制の強化などの他の対策効果と比べてもかなり大きいことが推察されている。

また、ガス状汚染物質の吸収だけでなく吸着効果を調べた研究では、植物による窒素酸化物の除去効果についてチャンバー内に設置した植物の有無によりチャンバー内部での窒素酸化物濃度の変化を比較し、大気汚染物質の低減効果を検証した結果、植物による NO_x 除去効果は、植物による吸収に加え、葉面に付着する吸着作用も無視できないことが確認されている。一方、この吸収効果と吸着効果に関しては、基本的には気孔を通しての吸収が植物葉による吸着の最も重要な要因となっているという報告もあり、このことは葉面における吸着効果よりも吸収効果のほうが大きいことを示唆している。

1.7 樹木の二酸化炭素固定量について

国土技術政策総合研究所は、温室効果ガスの主要な構成要素である CO₂ を減らすためには、排出量を減らすことと併せて、植物による吸収・固定を推進させる必要があるとの観点から、木質部重量の増加量から CO₂ の固定量が算定できることに着目し、日本において街路樹や都市公園などに多用されている樹木の部位毎の乾燥重量測定・樹幹解析による成長量の測定等を行い、胸高直径を基にした樹木 1 本あたりの年間 CO₂ 固定量の算定式の作成を試みた。

その結果、6 樹種を対象とした樹齢 50 年前後までを適応範囲とする年間木質部乾燥重量成長量の算定式と、それを基にした年間 CO₂ 固定量算定式を作成した。また、常緑広葉樹のグループ、落葉広葉樹のグループ、全ての樹種を統合した場合の推定式の適合性も高かったことから、都市緑化樹木全般に活用できる推定式として汎用性の高いものとしている。

1.8 大気汚染物質の植物影響について

植物による大気汚染物質の吸着に関する研究によると、気孔開度との関連から、蒸散や光合成が盛んな樹種ほど、気孔が開きやすいため汚染物質も吸収しやすく、可視障害等の被害が現れやすいこと、また、各種汚染ガスを比較すると、O₃>SO₂>NO₂ の順で影響が大きく、O₃ による植物影響が最も著しいこと、また混合ガス曝露の場合には、単一ガス曝露でこれらの現象が認められない低濃度域でも被害が認められるなど、いわゆる複合汚染効果がある場合があることが確認されている。また、低濃度の汚染物質であっても、数ヶ月～数年の比較的長期間曝露した場合には被害が発現することもあることも確認されている。

緑地の O₃ 収着機構解明のために、15 種の樹木で O₃ の曝露実験を行い、樹種によって異なる O₃ 収着量と O₃ 曝露による感受性を総光合成速度の比較により検討した結果によると、汚染物質の吸着機構の面では、基本的には気孔を通しての吸収が植物葉による吸着の最も重要な要因となっていることが明らかにされ、このことは葉面における吸着効果よりも吸収効果のほうが大きいことを示唆している。

また、都市近郊の大気環境下において、大気汚染物質を取り除いた浄化空気室と野外の汚染された空気を直接取り込んだ非浄化空気室で植物を育成し、個葉におけるガス交換速度の比較により、大気汚染に対する耐性や大気汚染物質の吸着能力を検討した結果によると、耐性の強

い樹種や汚染物質の吸着能力の高い樹種を検索した結果、耐性は常緑樹のほうが落葉樹よりも強く、吸収能力は落葉樹のほうが常緑樹よりも高い傾向があることを確認しているが、分類群でみると、必ずしも一定の傾向を示しているわけではないことも明らかにしている。

さらに、最近では植物の大気浄化機能に関する研究よりも大気汚染物質による植物影響に関する研究が主流になっており、大気汚染物質濃度が高くても必ずしも吸収量が多くならないことがあるなど、気孔開度のほかに、汚染物質に対する解毒作用や植物体内での代謝能力の違い、乾燥などによるストレス、他の物質との兼ね合いなどによって吸収量が違ってくるなど、従来考えられていたような単純なものではなく、より複雑であることが明らかにされつつある。

2. ヒアリング調査

大気環境や大気汚染による植物影響、植物による大気浄化効果の定量的評価法等に関する最新の知見を収集することを目的として専門家にヒアリングを行なった。また、平成 24 年 1 月 24 日～26 日に京都大学において文部科学省科学研究費補助金に関するシンポジウム「東アジアにおけるエアロゾルの植物・人間系へのインパクト」が開催され、大気汚染による植物影響の研究をされている研究者が多数参加されたため、その機会を利用してヒアリングを行なった。以下にヒアリング結果の概要を整理した。

表 1 専門家へのヒアリング結果の概要

項目	ヒアリング結果の概要
最近の研究動向について	<ul style="list-style-type: none">植物による大気浄化に係る研究は、この 10-20 年ほとんど行なわれていなく、大気汚染物質による植物影響の研究が主流。オゾンの植物影響は活発に研究が進められており、その影響は窒素酸化物に比べると 100 倍程度大きい。平成 23 年度より 3 ケ年計画で研究に着手。国環研では大気浄化に適した樹種の検索調査の追加調査は行っていない。国環研では粒子状物質の研究は現在はほとんど行なわれていない。緑地分野では、植物の大気浄化機能に関する研究の進展はみられない。最近は植物による吸収吸着効果よりもオゾンなど植物影響の研究が中心。室内における観葉植物による VOC の抑制効果に関する研究などもある。
調査研究計画について	<ul style="list-style-type: none">フォローアップ調査の効果は大気浄化以外にも総合的に捉えるべきである。現地調査は様々な要因が絡み複雑なため、室内での曝露実験などにより条件を揃える手法も考慮すべき。沿道等にポット苗等を一定期間曝露する方法もある。最寄りの常時監視局などの既存のデータを最大限活用するのが望ましい。大気浄化植樹の効果の評価は、他の大気浄化対策と比較するとよい。沿道の大気汚染物質濃度は風の影響が大きいため、風向きの考慮を要する。解析にあたっては、いわゆる距離減衰があることに留意すべき。室内の住環境などで汚染質濃度を測定してみてもよい。

項目	ヒアリング結果の概要
これまでの調査研究で明らかにされたこと	<ul style="list-style-type: none"> ・吸収効果よりも遮蔽効果や上方への拡散効果など物理的効果が大きい。 ・緑地による大気汚染物質の低減効果を汚染質濃度の変化により把握。 ・汚染ガスが植物に及ぼす影響は当初想定していたよりもずっと複雑。
ガス状汚染物質の吸収量算定モデルについて	<ul style="list-style-type: none"> ・大気浄化に適した樹種の検索は、以前は気孔開度の比較によった。 ・汚染物質による植物影響は複雑で、解毒作用や代謝作用、乾燥などのストレスや他の物質との兼ね合いでも汚染物質の吸収量は大きく異なっていることなどが明らかにされつつあり、気孔開度だけでは表わしきれない。 ・一般に吸収量は吸着量よりも大きいが、その割合は樹種により様々である。
粒子状汚染物質に係る研究について	<ul style="list-style-type: none"> ・葉面付着粉塵は、超音波洗浄器などを用いても落としきれず工夫が必要。 ・粒子状物質については、濃度の他に粒径組成、炭素成分、成分分析が必要。 ・粒子状物質の葉面付着量は、樹種によって葉の表面構造やワックスなどの状況が異なるため、植物の種類や場所によっても異なる。 ・葉面沈着については、微細構造の観察の方法論から研究を始めたところ。 ・粒子状物質でも自動車由来の調査であれば、ブラックカーボンがよい。 ・エアロゾルの樹木への吸収・吸着機構について研究中。電界放出型走査電子顕微鏡（FE-SEM）による微細な観察とエネルギー分散型X線分析装置（EDX）による吸着微粒子の元素分析の組合せによる組織・細胞レベルでの可視化。 ・樹木葉面に曝露したブラックカーボン（BC）粒子について研究中で、葉面微細構造がサブミクロンサイズのBC粒子の吸着に影響することを確認。 ・BCの森林の葉面沈着量を求め、その鉛直プロフィールを明らかにする目的で、高さ別に葉面沈着量と大気中のBC濃度を測定し、比較した。 ・BCは沈着面での化学的影响が少なく、物理的影响の評価に最適な物質。 ・粒子状物質の沈着過程検討に際しては、水洗では洗い出せない葉面に強固に付着している葉面エアロゾルを考慮する必要がある。 ・葉面におけるBCの定量化に必要な前処理及び分析手法について聴取。 ・葉面付着量を測定せずに大気中の粉塵濃度を測定して低減効果を推定する方法もあるが、吸着効果を課題に評価する可能性があり、できれば直接葉面付着粉塵量を測定するほうがよい。
現地調査に適する緑地について	<ul style="list-style-type: none"> ・現地調査地点の選定にあたっては、既往調査研究が行なわれていて現地の状況がわかっている場所で行なうのも一つの方法であるが、伐採などの管理によって状況が当時と大きく変わっている場合もあるので注意が必要である。 ・風向・風速などもあわせて調査する必要があるが、近傍に常時監視地点などがあれば、そのデータが活用できるため、そのような場所を選定するのがよい。

項目	ヒアリング結果の概要
その他	<ul style="list-style-type: none"> ・屋上緑化や壁面緑化の緑化技術は当時に比べかなり進展している。 ・財団法人都市緑化機構が屋上・壁面・特殊緑化技術のコンクールを実施しており、最新の緑化技術はその受賞作品等が参考になる。 ・NO_X の簡易測定器は、開発当初は風の影響を受けやすいなど、精度上の問題があったが、最近の測定器はよく改良され、相対的な比較であれば問題ない。

3. ガス状汚染物質の定量的評価法の見直し

3.1 ガス状汚染物質の低減効果の定量的評価法の基本的原理

植物は葉面にある気孔を通じて大気中の二酸化炭素 (CO_2) を取り込み、酸素を放出してガス交換を行なっている。このガス交換の際に、空気中に含まれるガス状汚染物質も同時に植物体内に取り込まれる。この際、大気中のガス状汚染物質の濃度が植物に障害を与えないようなごく低濃度の範囲内であれば、植物によるガス状汚染物質の吸収速度はガス濃度に比例して増大する。植物による各種ガス状汚染物質の吸収能力の比は、葉面積指数や群落構造に無関係に一定になる。したがって、 CO_2 吸収量とガス状汚染物質吸収量との比をあらかじめ求めておけば、植物の総光合成速度のデータにもとづき、ガス状汚染物質の吸収能力を推定することができる。

植物による各種ガス状汚染物質の吸収については、Hill (1971) がアルファルファ群落を用いて、各種ガス状汚染物質濃度とガス吸収速度との関係を明らかにしている（図 2）。

これによると、ガス状汚染物質が 0.1 ppm 以下と低濃度の範囲内では、ガス状汚染物質の吸収速度はガス状汚染物質濃度に比例して増大している。ガス状汚染物質の単位濃度あたりのガス吸収速度は沈着速度（単位は cm/s で表示）と呼ばれ、図 2 の直線の勾配で表わされる。

3.2 植物によるガス状汚染物質の吸収効果の定量的評価法の概要

国立環境研究所(1987)での植物による大気汚染物質の吸収に係る各種実験の成果を踏まえ、三宅 (1990)、三宅・戸塚 (1991) は、二酸化炭素の吸収速度をベースにして、植物の総光合成速度からガス状汚染物質吸収量を簡便に推定できるモデル式を検討し、緑地の大気浄化機能を光合成速度をもとに間接的に定量的に評価する方法を構築した。

平成 7 年に発行された「改訂版大気浄化植樹マニュアル」では、このモデル式を適用して、樹木や都市緑地のガス状汚染物質の吸収量を試算する手法を提示している。

マニュアルによると、 SO_2 、 NO_2 の吸収速度は、それぞれ次のような簡単なモデル式で推定できることになる。

SO_2 の吸収量	NO_2 の吸収量
$U_{\text{SO}2} = 20.7 \times C_{\text{SO}2} \times P_G$	$U_{\text{NO}2} = 15.5 \times C_{\text{NO}2} \times P_G$

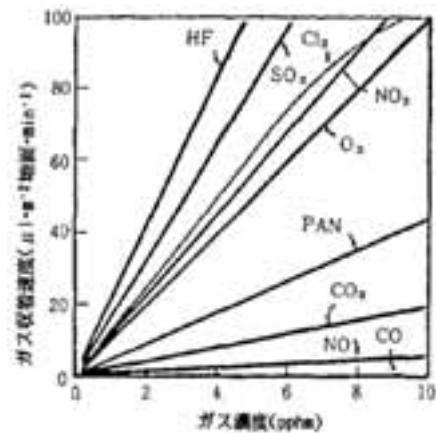


図 2 アルファルファ群落における各種汚染ガスの吸収速度
($\text{cm} \cdot \text{hr}^{-1} \cdot \text{地面} \cdot \text{mm}^{-2} \cdot \text{m}^{-1}$) (HILL, 1971)
群落の葉面積指数は 4~5.5。
測定条件：気温 23~24°C、湿度 45~50%、照度 90~145 lux。
群落上 20cm における風速 1.8~2.2 m s⁻¹、ガス曝露：1~2時間。

このモデル式は、その当時に提案されていたモデルとは異なり、ガス濃度以外の環境要因による影響は植物群落の総生産量 P_G の変動に反映されるので、緑地の総生産量が求められれば、他の環境因子の影響を考慮せずに緑地によるガス状汚染物質の吸収量を推定できることに特徴

があるものであった。このモデル式では、係数の性格上、濃度の単位として $\mu\text{ g}/\text{cm}^3$ を用いる必要があるが、総生産量の単位は何でもよく、総生産量と同じ単位で植物による大気ガス状汚染物質の吸収量が算出され、非常に簡便さに優れたものであった。

3.3 「改訂版大気浄化植樹マニュアル」の定量的評価法の問題点・課題

前述のとおり、簡便で利用しやすいガス状汚染物質の定量的評価法であったが、「改訂版大気浄化マニュアル」が作成されてから現在まで 15 年程度が経過しており、その間には、地球温暖化問題が顕在化し、地球温暖化対策に係る二酸化炭素の吸収固定効果に係る知見が蓄積されてきている。また、ガス状汚染物質の植物影響等の研究も進展しており、これらの知見を生かしたガス状汚染物質の定量的評価法の見直しが望まれている。主な問題点・課題は以下の 5 点である。

- ①「改訂版大気浄化植樹マニュアル」では、算定モデルの前提条件として大気中の CO₂ 濃度を 350ppm と仮定していたが、現在では約 390ppm に増加している。
- ②沿道緑地における大気汚染物質の多くの測定事例によれば、自動車走行に伴う排ガスが道路端で急速に拡散してしまうため、想定する大気中の汚染物質濃度よりも濃度が低下し、実際の吸収量を過大に見積もある可能性がある。
- ③マニュアルの吸収量算定モデルでは、「植物に障害を与えないような極低濃度の範囲内では」という条件を設定していたが、植物の種類によって汚染物質に対する解毒能力等の耐性や窒素や硫黄に対する代謝能力等に差異がみられ、それらは、ガス状汚染物質の吸収能力にも影響するなど、汚染物質の吸着機構がより複雑であることが明らかにされつつあり、気孔開度だけでは説明できないことがわかつてきった。
- ④植物による大気汚染物質の低減効果については、植物によるガス状汚染物質の吸収量の他に葉面などへの吸着量も無視できないという研究事例がある。
- ⑤算定モデルでは、植物の CO₂ の吸収速度をベースに算定することとしているが、地球温暖化対策との関連から、都市樹木の CO₂ 固定量算定式の作成などが行なわれ、その成果の活用が期待される。

3.4 定量的評価法の見直しの方向性及び見直し（案）

以上の「改訂版大気浄化マニュアル」定量的評価法の問題点・課題について、収集した知見の整理及び有識者からの助言をもとに、以下のように定量的評価法の見直しを行なった。

①CO₂ 濃度の増加に対して

- モデルの前提条件の一つとして設定した大気中の CO₂ 濃度を 350ppm → 390ppm に修正する。
- 大気中の CO₂ 濃度の条件の変更により、モデル式の係数についても値を変更した。

SO ₂ の吸収量	NO ₂ の吸収量
$U_{\text{SO}_2} = 18.6 \times C_{\text{SO}_2} \times P_G$	$U_{\text{NO}_2} = 13.9 \times C_{\text{NO}_2} \times P_G$

②植物による吸収効果より遮蔽効果や拡散効果等の物理的作用の寄与が大きいことに対して

→植物が植栽されることによって、吸収効果だけでなく、その立体的な構造による遮蔽効果や拡散効果などの物理的作用の寄与度が大きいことにも触れる。ただし、このような物理的作用は大気中の汚染物質の絶対量自体の低減にはつながらないことも明記する。

→沿道緑地などの局地的汚染については、遮蔽効果や拡散効果による大気汚染物質の低減効果が有効であるが、このような差し迫った対策が必要のない郊外においては、樹林構造を疎らにするなど、樹林内への空気の流動を進めて樹林による汚染物質の吸収により汚染質の絶対量を削減することも効果的な手法である。

③樹種による耐性や代謝能力の違い等による植物影響の違い等がわかつてきしたことに対して

→オゾンによる植物影響をはじめ、このような植物影響に関する研究については、現在進行中の先端的な研究であることから、本調査研究の中で解決することは困難である。よって最新の知見を収集・整理し、今後作成予定のマニュアルにおいて紹介する。

→光合成に伴う CO₂ 量をベースとした推定モデルは、他に汎用性の高いモデルについての研究などの成果が出でていないことから、推定モデル自体はそのまま継承する。

④植物による吸収効果に加え葉面への吸着効果も無視できないことに対して

→一般的には吸着効果よりも吸収効果の方が大きいとされる。また、この葉面への吸着効果は葉面の水湿状態などによっても左右されるものであり、正確な総量の把握を計測することは難しいものである。

→大まかな吸着量について、樹木による乾性沈着量の既往のモデル式を用いて試算することとした。既往のモデルとしては間接測定に基づく推定法インファレンシャル法があり、その基礎は、米国海洋大気局大気資源研究所 (NOAA-ARL) が中心になって開発が進められ、これまでに米国環境保護庁 (EPA) や欧州各国の乾性沈着モニタリング等に活用されている。日本においては、環境省が実施する酸性雨長期モニタリングの平成 15～19 年度のとりまとめの際に、インファレンシャル法が活用されている（環境省、2009）。インファレンシャル法は改良が加えられ、現在では、SO₂、HNO₃、O₃、NH₃、NO₂、NO、HONO 及びエアロゾル成分の面積当たりの乾性沈着速度を算出することができるようになっている。しかしながら、この推定法はある程度の広がりをもった地域の推計を主な対象にしたものであり、小規模な緑地を主眼に置いていないため、誤差もある程度予想されるものである。しかしながら、多くの地方自治体の研究機関等でも用いられている手法であることや、より簡易な推計法もないことから、今課題では、このインファレンシャル法によって、NO₂ の乾性沈着量を推計した（ただし、大気中の NO₂ 濃度は 0.03ppm とした）。推計の結果、樹冠幅 10m の樹木は 1 年間で約 49g の NO₂ を吸着していると推計された。

⑤CO₂ 固定量算定式の活用に対して

→都市樹木の CO₂ 固定量算定式の作成などが行なわれていることから、汚染物質の吸収量算定モデルにその成果を活用する。松江ら（2009）は樹齢 10～50 年の都市緑化樹木を推定対象とした研究において、樹木の形状と乾燥重量の関係式を求めている。その結果、樹種に関係なく胸高直径と木質部乾燥重量の間には高い相関関係があることが示されている。また、1 年間当たりの全樹種統合の年間木質部乾燥成長量算定式も求められており、

$$Y=0.0604\{(X+1.1)2.1673-X2.1673\} \quad (Y: \text{年間木質部乾重成長量 (kg)} \ X: \text{胸高直径 (cm)})$$

と推定されている。これらの式から、樹木全体の乾燥重量（ \div 樹木の総生産量）や、樹木1本当たりの木質部乾燥重量年間成長量（ \div 樹木の年間の総生産量）を求めることができ、ガス状汚染物質の算定式に活用することができる。この都市樹木のCO₂固定量算定式と大気中CO₂濃度を390ppmに修正したモデル式を用いることで、平成7年度に出された「改定版 大気浄化植樹マニュアル」よりも、より正確なガス状汚染物質の推計が可能になると考えられる。この推計式を用いてNO₂の乾性沈着量を推計した(ただし、大気中のNO₂濃度は0.03ppmとした)。その結果、胸高直径40cmの樹木は1年間で約905gのNO₂を吸収していると推計された。

4. 粒子状汚染物質の低減効果に係る定量的評価法の検討

4.1 粒子状物質の低減効果に係る定量的評価の意義

「改訂版大気浄化植樹マニュアル」において、大気汚染物質の低減効果の定量的評価法で対象としたのはガス状汚染物質のみであり、粒子状汚染物質については未検討であった。

この間、二酸化硫黄や窒素酸化物濃度はある程度の改善傾向がみられたのに対し、浮遊粒子状物質の改善傾向は緩やかであり、特にPM_{2.5}(微小粒子状物質)については、大気中浮遊粒子状物質の中でも毒性が高い物質が多く含まれるなど、健康影響が懸念され、2009年に環境基準が設定された。現在、その低減が課題になっており、モニタリング等の常時監視も行なわれている。

このため、PM_{2.5}(微小粒子状物質)を含めた粒子状汚染物質についても、ガス状汚染物質と同様、樹木及び都市緑地による低減効果を算定するための定量的評価法を検討することとした。

4.2 樹木及び都市緑地による粒子状物質の削減効果

樹木や緑地による粒子状物質の捕捉効果については、古くから研究されており、生垣の防塵効果、街路樹や都市緑地による葉面付着粉塵量や大気中の粉塵濃度が調べられている。また、植栽樹種の形状や毛の有無、鋸歯の有無などの植物の葉の形態的特徴によって捕捉効果が異なることなどが明らかにされている。一方、森林内外の浮遊粉塵濃度を測定し、その比較から森林などの緑地が粒子状汚染物質の低減に効果のあることを確認した研究も報告されている。

また、最近では、植物影響の観点に着目した研究が主に進められつつある。

4.3 樹木及び都市緑地による粒子状物質の低減効果の定量的評価の試み

これまでの樹木及び緑地による粒子状物質の捕捉効果に係る調査研究のレビューによると、粒子状物質の低減効果の定量的評価にあたっては、以下の二つの方法が考えられる。

①樹木の葉に付着した粒子状物質を直接計測する方法

葉をサンプリングし、葉面に付着し捕捉されている物質を取り除いて直接計測する方法である。葉面に付着している成分によっては、水洗などでは落ちないため、前処理に工夫を要する。

②緑地内外で粒子状汚染物質濃度を測定し比較する方法

エアサンプラーーや光散乱方式の濃度測定器を用いて緑地内外の粒子状汚染物質濃度を測定し、その差によって捕捉量とする方法である。樹林の物理的存在による緑地内への遮蔽効果や上方への拡散効果により実際に緑地で捕捉されるよりも評価が課題になる可能性が考えられる。

4.4 定量的評価にあたっての課題とその対応

課題 1：樹木の葉に捕捉された粒子状物質を直接測定するのが望ましいが、従来の研究などで行なわれているような水洗や超音波洗浄器による洗浄では汚染物質を完全に洗い流すことができない。また、有機溶媒などで洗浄する方法もあるが、使用する溶媒によっては測定に影響を及ぼす可能性があり、前処理の方法については慎重に検討する必要がある。



現在、文部科学省科学研究費補助金を受けて進められている新学術領域研究「東アジアにおけるエアロゾルの植物・人間系へのインパクト」においてエアロゾルの吸収・吸着機構の解明等のために研究の最前線で活躍されている専門家にヒアリングを行ない、葉面における沈着物質の測定の前処理の方法等について聴取した。

対応：葉面における粒子状物質の定量化のための前処理方法及び分析方法

サンプリングした葉の前処理方法として、水洗や超音波洗浄器による洗浄を行なった上で、溶媒としてクロロホルムを用いて粒子状物質を抽出・捕集し、濾過した固着粒子、付着粒子、可溶態粒子について、炭素成分は OC/EC 計により、イオン成分はイオンクロマトグラフ法等により、金属成分は ICP-MS 法や原子吸光光度法などにより分析する。

課題 2：樹木の葉に捕捉された粒子状物質を直接測定する以外に、緑地内外で大気中の粒子状物質濃度を計測し、その差を緑地による低減効果とみなす方法も考えられる。しかし、この方法では、実際に葉面で捕捉されたのか、あるいは緑地の物理的存在による遮蔽効果や上方への拡散効果によって緑地内の濃度が低下したのか、判断が難しい。また、緑地による粒子状物質の捕捉効果を過大に評価する可能性がある。



対応：上記のように、この分野での最新の研究では、クチクラ層を溶解させる溶媒としてクロロホルムが用いられていることから、ここでも前処理方法としてこの方法を採用することとした。葉面沈着物質の直接計測のための前処理方法に、ある程度目処がたつことから、粒子状物質の低減効果の定量的評価のための現地調査では、葉面に沈着した粒子状物質を直接計測する手法と、緑地内外で粒子状物質濃度を計測する手法の両方の手法で実施し、相互に比較することとする。

4.5 定量的評価の検討に際しての現地調査候補地点の選定と現地概況

(1) 現地調査候補地点の選定条件

現地調査を行う緑地の選定条件として、以下のような基準を考えた。

『現地調査候補地点の選定条件』

- 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
- 緑地周辺に既存の大気汚染測定局があること⇒既存データの活用を図るため
- 調査研究の実施上特に支障がないこと⇒管理者等の許可がおりること
- 測定機器に必要な電源が得られること

(2) 現地調査候補地点の選定

上記の選定条件に照らし、次年度以降に実施する現地調査候補地点を選定した。

表 2 粒子状物質の低減効果に係る現地調査候補地点（緑地）

調査候補地点	緑地の概要
蘆花恒春園	東京都世田谷区。昭和 13 年開園の都立公園。面積 8ha。環状 8 号に隣接。
砧公園	東京都世田谷区。昭和 32 年開園の都立公園。面積 39ha。環状 8 号に隣接。
与野公園	埼玉県さいたま市。面積 5ha。新大宮バイパスに隣接。既存調査地。
習志野緩衝緑地	千葉県習志野市。緩衝緑地帯。面積 21ha。湾岸道路に隣接。
三六道路道路植栽帯	放射 36 号。住民団体と東京都の合意により計画。緑豊かな築堤と遊歩道。
環状 8 号道路植栽帯	環状 8 号。高木・中木・低木の組合せによる複合植栽。

4.6 現地調査計画（案）

(1) 調査目的

自動車排ガスの局地的汚染の著しい幹線道路沿道緑地を対象に、葉面付着粉塵調査、緑地内外の浮遊粉塵濃度を測定し、緑地による粒子状物質の捕捉効果を把握する。

(2) 調査時期

大気汚染の季節変動や植物の活性時期を踏まえ、少なくとも夏季・冬季に調査を実施する。

(3) 調査地点

前記の候補地点の中から選定し、緑地の林相の発達のよい典型的な場所に、道路走行方向に直角方向に測定ラインを設け、道路端 0m、歩道側 1m、5m、10m、20m、30m、50m、100m と道路から所定の距離をおいて測定地点を設置する。

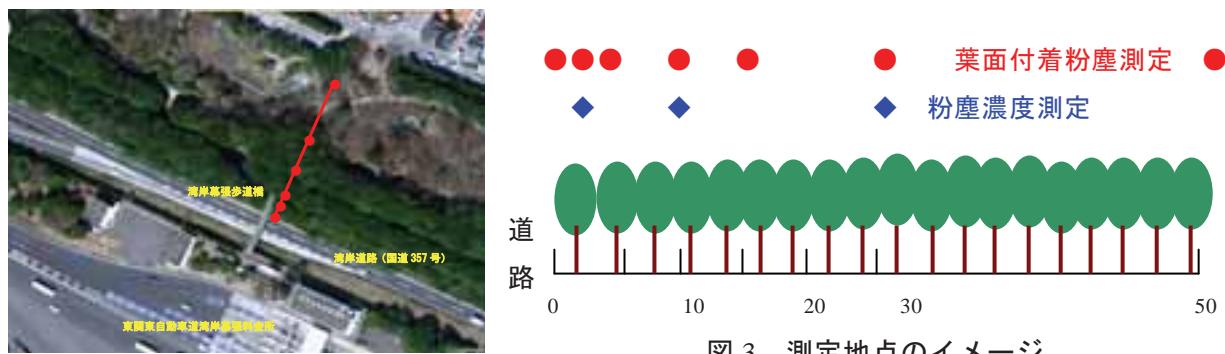
(4) 調査項目及び調査方法

①葉面付着粉塵測定調査

- 葉の採取：緑地の階層構造を考慮して、地上 0.5m、1m、2m、5m の高さ別に葉を採取する。
- 前処理：葉面に付着した粗大粒子を純水で洗浄し、風乾した上で、クロロホルムを用いて表面のワックスを溶解し、フィルターで濾過して付着物質を捕集する。
- 秤量・分析：自動車走行に伴う排ガスを考慮して、粒子状物質の乾燥重量のほか、炭素成分特に元素状炭素に着目して分析することとし、必要に応じて金属成分の分析を行なう。

②緑地内外粉塵濃度測定調査

- 測定地点：上記の葉面付着粉塵調査地点のうち道路端に近い緑地外縁（5m付近）、緑地内の20m付近、50m付近の3地点程度に測定地点を設ける。
- 風向・風速の把握：粉塵捕集にあわせ、風の状況を把握する（既存監視局データの活用）。
- 粉塵の捕集：標準測定法に準拠したサンプラーを用いて、粒径別に一日連続を2週間捕集。
- 質量濃度の測定：捕集した粒子状物質を電子天秤で秤量し、粒径別に質量濃度を求める。
- 成分分析：発生源・生成由来を把握するために、炭素成分や金属成分を分析する。



5. 大気浄化植樹事業等のフォローアップ調査

大気浄化植樹事業は昭和 63 年（1988 年）に「公害健康被害の補償等に関する法律」が施行されたのを契機に、地域健康被害の予防事業の一つとして行われているものである。独立行政法人 環境再生保全機構からこれまでに実施されてきた大気浄化植樹事業の事例に係る情報を収集・整理し、地域・場所・規模等によって分類し、そのうち代表的な事例をフォローアップ調査の対象地として抽出・選定するために、資料をもとに集計を行い、当事業の概要の把握を行った。

5.1 大気浄化植樹事業の実績と傾向

大気浄化植樹事業は地域健康被害の予防事業の対象地域に対して行われており、事業は 8 都府県の 33 自治体で行われており、平成 23 年度（2011 年）までに 450 事例が行なわれている。また、事業の実施面積は漸減傾向であり、近年は概ね横ばいである（図 4）。

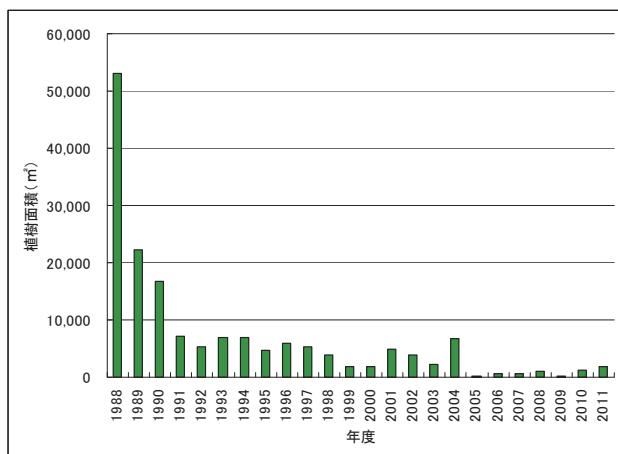


図 4 年度別植樹実施面積

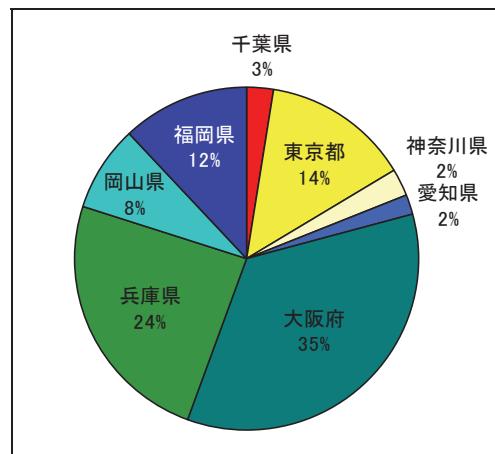


図 5 都道府県別植樹面積割合

事業の初年度から現在までの植栽面積の実績は 165,406 m²であった。また、植栽規模でみると、植栽面積 100 m²以上-300 m²未満の範囲の事例が最も多く、全体の 35.7% を占めた。次いで 0 m²-100 m²未満、300 m²以上-500 m²未満と続き、比較的小規模な事例が大半を占めた。1 箇所あたりの平均植栽面積は 368 m²であり、1,000 m²を超える事例は 36 件で全体の 8% に過ぎなかつた。

事例件数の都府県別内訳では、大阪府が 212 件と最も多く、事業全体の約半数を占めた。次いで、兵庫県、東京都が多かった。自治体別では、大阪市の 131 件が最も多く、次いで東京都の 27 件が多かった。地域別の植栽面積を都道府県別にみると、大阪府が最も多く、全体の面積の約 35% にあたる 57,346 m²であった。次いで兵庫県が多く、40,484 m²であり、この 2 県に約 60% の植栽面積が集中していた（図 5）。また、愛知県、福岡県、兵庫県では 1 箇所あたりの平均面積がやや大きい傾向が見られた。

施設の種類別の件数では、小学校や中学校、高等学校といった教育施設・学校施設が最も多く、全体の約 6 割の件数を占めた。また、面積割合においても全体の 52.9% を占め（表 3）、当該事業の大半が教育施設・学校施設で行われていることが明らかとなった。次いで、件数が多いものとして、その他の公共施設（消防署、市営住宅、研究所等）や役場・公民館、福祉施設がいずれも約 50 件程度存在した。平均面積では、斎場や博物館・美術館、清掃工場・上下水道

関連の施設が大きく、教育施設や、役場・公民館では比較的小規模な植樹面積であった（表3）。

表3 施設種別の植樹面積

施設	件数 (件)	植樹面積 (m ²)	平均面積 (m ²)	割合 (%)
教育施設・学校施設	268	87,490	326	52.9
役場・公民館	47	14,105	300	8.5
図書館	2	349	175	0.2
医療機関	6	3,253	542	2.0
福祉施設	45	14,017	311	8.5
宗教施設	3	3,406	1,135	2.1
博物館・美術館・科学館	1	900	900	0.5
運動場・体育館	5	2,399	480	1.5
清掃工場・上水道・下水道	21	18,731	892	11.3
その他の公共施設	50	19,716	394	11.9
民間施設	2	1,040	520	0.6
総計	450	165,406	368	100.0

5.2 大気浄化植樹事業のフォローアップ調査

これまで行われてきた大気浄化植樹事業地のフォローアップ調査はなされていない。このため、事業効果の確認及び効果の分析を行い、今後の大気浄化植樹事業の展開に向けての課題等を抽出し整理するためのフォローアップ調査が必要である。これまでに実施してきた大気浄化植樹事業の事例に係る情報を収集し、そのうち代表的な事例をフォローアップ調査の対象地として抽出・選定し、植栽木の生育状況等を植栽当初と比較することによって、大気浄化効果を定量的に推計し評価することを目的とした。

フォローアップ調査については、有識者ヒアリング時に「常時監視局等の既存データを最大限活用することが望ましい」という意見をいただいた。そこで、既存の大気汚染物質常時測定局の場所と大気浄化植樹事業実施場所が一致する場所及び近隣に存在する場所をフォローアップ調査の実施候補地として選定を行った（図6）。さらに、これらの実施候補地のうち、面積が比較的大きいものや、植栽状況等の履歴が詳細なものなどの事例地を抽出し、フォローアップ調査候補地として選定し概況調査を行った。

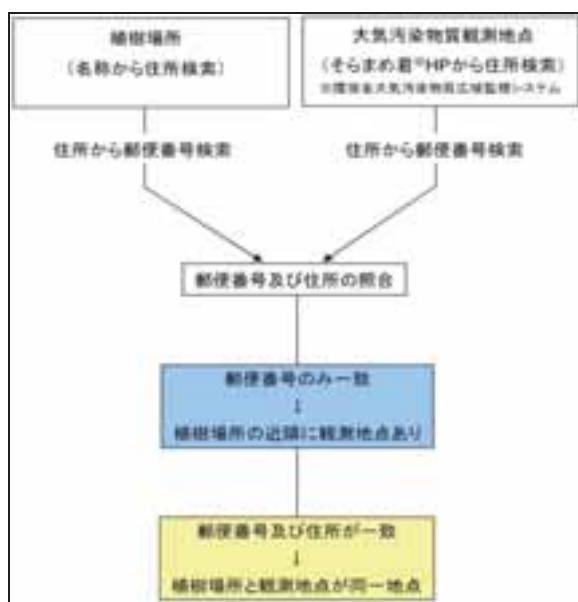


図6 調査実施候補地選定のフロー

41 図7 作製した調査票（例）

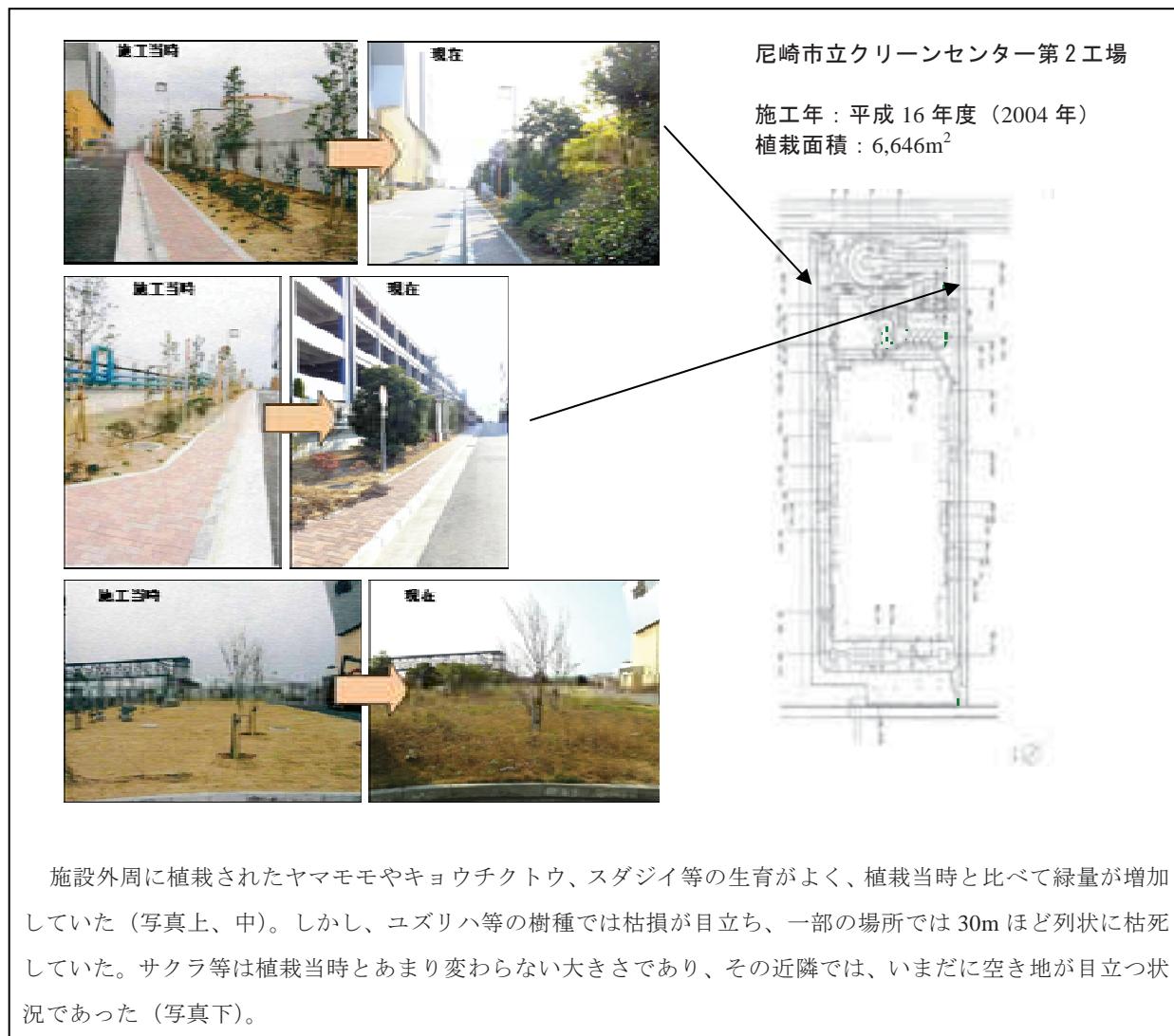
5.3 大気浄化植樹事業等のフォローアップ調査のための現地概況調査

フォローアップ調査候補地として選定されたものから、特に大規模な事例や、小中学校での事例を中心として、7事例の現地概況調査を実施した（表4）。

表4 大気浄化植樹事業の現地概況調査地点

現地概況調査地点	植樹面積	緑地の概要
尼崎市立クリーンセンター第2工場	6,646m ²	大気浄化植樹事業の中で最も大きな植栽面積
尼崎市立西小学校	1,200m ²	国道43号線に面し、高木も多い
アサヒビール吹田工場	10,710m ²	間接補助事業として行われた事例
東京都農林総合研究センター江戸川分場	4,820m ²	関東地域では最も大きな事例
東京都荒川区立汐入小学校	1,655m ²	高木25種、低木45種等多様な樹種で構成
東京都荒川区立第三中学校	1,010m ²	武蔵野の2次林をイメージした植栽樹種
元浜緑地（大気汚染対策緑地）	約3.8ha	環境事業団（現在の環境再生保全機構）による大気汚染対策緑地整備事業によって整備

それぞれ、植栽状況や樹木の成長及び枯損状況を調査し、また、近隣の大気汚染物質観測地点の情報や交通量等の情報を整理した。大気浄化植樹事業の中で最も大規模な事例である尼崎市立クリーンセンター第2工場（平成16年度植栽）の事例を以下に紹介する。



5.4 大気浄化植樹事業等のフォローアップ調査計画（案）

（1）対象地域

現地概況調査の結果を踏まえ、関東、関西の大気浄化植樹事業の事業地から、以下の地点を抽出した。今後、必要に応じて追加も検討する。

- 尼崎市クリーンセンター第二工場
- 尼崎市立西小学校
- 吹田市アサヒビール吹田工場
- 東京都農林総合研究センター江戸川分場
- 荒川区立汐入小学校
- 荒川区立第三中学校

（2）調査項目及び調査方法

- 植栽木調査：植栽木の生育状況、形状、植栽構成などを調査し、植栽後の状況を追跡する。
- 汚染ガス吸収量の試算：汚染ガス吸収量の算定モデルにあてはめて当初と比較することにより、植栽樹木による吸収量を算定し効果を把握する。
- 事業全体での浄化効果の試算：必要に応じて事業地の施設を追加調査することにより、事業地の分類群毎に汚染ガス吸収効果の単位量を求め、これに植栽本数や植栽面積等を乗じるなどの方法により、行政単位毎やこれまでの事業全体としての浄化効果を推計する。
- ヒアリング調査：設計図書等の収集や事業地の管理者等の担当者に、植栽後の生育状況や日常的な維持管理などのヒアリングを行い、問題点や課題を整理するとともに、今後の事業展開に繋がるような制度上の課題や要望などについてもヒアリングを通じて把握する。

5.5 緑地による大気汚染低減効果確認のための調査

緑地における大気浄化機能の把握は大規模な緑地のほうが確認が行ないやすいという指摘から、大気浄化植樹事業の施行地だけでなく、大気浄化を目的とした既存の大規模事例から大気汚染低減効果確認のための調査を行う。

（1）対象地域

- 尼崎市元浜緑地（大気汚染対策緑地として整備）、千葉県習志野市秋津運動公園・香澄公園（緩衝緑地帯として整備）などを対象に現地調査を実施する。元浜緑地は、開園当初の平成6年に緑地内外のNO₂濃度の簡易調査、鳥類生息状況調査、利用者アンケート調査を実施した経緯があり、それとの比較が可能である。

（2）調査項目及び調査方法

- NO_x簡易測定調査：分子拡散を利用したNO_x測定用簡易サンプラーを公園内外に設置し、1昼夜曝露させて、公園内外のNO_xの分布状況を把握する。
- 鳥類生息状況調査：緑地及びその周辺を踏査し、鳥類の出現状況を確認する。調査は初夏及び冬季に実施する。
- 複合的な緑地効果の分析：上記の調査結果を踏まえ、緑による修景効果を含め、大気汚染低減効果以外の複合的な緑地の効果についても分析する。

6. 学校の緑化事例調査と現地調査計画（案）

学識経験者による検討会において、大気浄化植樹事業のフォローアップ調査とは別に、今後の大気浄化植樹事業の主要なターゲットと期待され、近年、先進的な取組が行なわれている学校緑地において効果を確認するための検討を行なうべきであるというご指摘を踏まえ、これらの取組事例を収集し整理するとともに、効果確認のための現地調査計画（案）を検討した。

6.1 エコスクールパイロット・モデル事業（文科省・農水省・経産省・環境省）

エコスクールは、環境を考慮した学校施設であり、温室効果ガス削減に貢献するだけでなく、それを教材として活用し、児童生徒の環境教育に資するものであり、地域の環境教育の発信拠点としても先導的な役割を果たすことが期待されている。これは、環境を考慮した学校施設の整備に対して国庫補助を行なうとともに、普及啓発を進めるものである。

エコスクールの事業タイプには様々なものがあるが、学校緑化については自然共生型のタイプにあたり、屋上・壁面緑化、校庭の芝生化、ビオトープづくりなどが挙げられる。

6.2 屋上緑化（東京都）

東京都では、平成 13 年から「東京における自然保護と回復に関する条例（自然保護条例）」に基づき、都内の一定規模以上の敷地において、建築物の新築や増改築など新たな開発を行なう際に、地上部の緑化のほか、屋上等の緑化を義務づける緑化計画書制度を始めた。これが契機となり、屋上緑化に対する認識が着実に広まり、多くの企業により様々な緑化関連製品の開発が進められ、屋上緑化の分野が大きく成長してきている。

既存建築物における屋上緑化の普及に向けても、設計・施工・維持管理に関する各種情報、写真や図面、効果やコスト等を整理した事例集をまとめており、学校の事例も掲載されている。

6.3 公立学校運動場芝生化事業（東京都）

東京都では、ヒートアイランド対策及び緑化対策に加え、環境学習効果や地域のコミュニティ形成などを目的として、公立小中学校の校庭の芝生化を推進し、都内の公立小中学校の校庭の芝生化の事業に対して補助を行なっており、また、この補助金を受けて芝生化した事業地において専門的な維持管理作業に要する経費の一部の補助も行なっている。

平成 22 年度までの累計で、公立小中学校 228 校・310ha、都立学校 48 校・13.3ha、モデル事業 196 箇所・9.0ha で、合計 533ha の校庭が芝生化されている。

6.4 緑のカーテンコンテスト（千葉県松戸市ほか）

緑のカーテンは、建物の外周や窓の外に垂らしたネットなどにヘチマ、アサガオ、ゴーヤ等のツル性植物を這わせた自然のカーテンのことである。この緑のカーテンは、建物に直接日光があたることを防ぎ、熱線である赤外線を反射する上、葉の気孔を通じて水分を蒸散するため、カーテン内の気温の上昇を抑える効果があるといわれている。

地球温暖化対策の一環として、夏季の省エネルギーを図るため、家庭、事業所、学校などで緑のカーテンの普及が全国各地で進められており、特に学校などでは盛んに実施され、地方自治体においては、普及啓発のためのコンテストなども各地で行われている。

6.5 学校緑地での取組に係る現地調査計画（案）

（1）調査目的

今後の大気浄化植樹事業の展開にあたって特にターゲットとして期待される学校等の教育施設を対象に、屋上緑化、壁面緑化、校庭の芝生化、緑のカーテンづくりなどの先進的な取組を行なっている学校などに協力いただいて、学校緑化による大気浄化効果を含めた効果の確認のために現地調査を実施する。

（2）調査時期

植物の生育が活発な夏季を中心に実施する。

（3）調査地点

調査地点は、首都圏にある屋上・壁面緑化、校庭の芝生化、緑のカーテンづくり等の先進的な取組を実施して学校のうち、今後の調整で調査にご協力いただける学校で実施する。



屋上緑化の事例



校庭の芝生化の事例



緑のカーテンづくりの事例

（4）調査項目及び調査方法

調査研究にご協力いただける学校と調整し、必要に応じて以下のような調査を実施する。

①緑化状況の把握：導入種の種類や形状など、緑化の実施状況についてヒアリングを行うとともに、生育状況や修景状況を把握する。

②ガス状汚染物質吸収効果の試算：導入されている植物種の光合成能力等を文献資料により調べ、緑化によるガス状汚染物質の吸収効果を試算する。

③簡易測定による大気中の NO_x濃度の計測：緑化している箇所、緑化していない箇所において、簡易 NO_x サンプラーを設置して NO_x 濃度を簡易測定し、NO_x の低減効果を検討する。

④温度低減効果の検討：植物の生育期間である夏季において、緑化表面（芝生、緑のカーテンなど）、緑化のない表面（ダスト舗装面、緑化のない壁面表面など）で赤外線カメラを用いて熱画像を撮影するとともに、教室内の室温及び野外の気温の計測等により、温度の低減効果を検討する。

⑤葉面の粒子状物質付着量の測定：サンプル葉を採取し、水で洗浄して洗浄液を濾過し、葉面の付着物質量を計測する。また、1 個体あたりの葉の枚数などの推定により緑のカーテンによる粒子状物質の捕捉効果を検討する。

【まとめ】

本年度調査の主な成果は、以下のとおりである。

1. 文献資料調査

文献資料を収集し、PM_{2.5}、大気環境の健康影響、大気沈着、沿道の粒子状物質、樹木による粒子状汚染物質の捕捉効果、樹木によるガス状汚染物質の吸収・吸着効果、大気汚染物質の植物影響、樹木の二酸化炭素固定量など、最新の科学的知見を整理した。

2. ヒアリング調査

大気環境や植物影響等の研究者など、専門家にヒアリングを行ない、植物による大気浄化、大気汚染物質による植物影響等に関わる最近の研究動向等の最新の科学的知見や、本調査研究に係る現地調査計画、調査研究にあたっての留意点などを把握した。

3. ガス状汚染物質の定量的評価法の見直し

過年度作成した「改訂版大気浄化植樹マニュアル」のガス状汚染物質の吸収効果の定量的評価法の基本的原理と概要を整理し、その問題点と課題を整理するとともに、定量的評価法の見直しの方向性について検討し、見直し（案）を提示した。

4. 粒子状汚染物質の低減効果に係る定量的評価法の検討

樹木による粒子状汚染物質の低減効果の定量的評価の意義や低減効果に係る科学的知見を整理し、定量的評価にあたっての課題と対応を検討し、定量的評価の検討に際して次年度以降実施する予定の現地調査候補地点を選定し、具体的な現地調査計画（案）を検討した。

5. 大気浄化植樹事業等のフォローアップ調査

これまでに実施されてきた大気浄化植樹事業の事業実績に基づき、事業件数・事業規模・施設別の植栽面積などを集計し、事業の特徴や経年変化などについて整理するとともに、事業の問題点や課題などを抽出するためのフォローアップ調査の対象候補地を選定し、次年度に実施予定の具体的な調査計画（案）を検討した。

6. 学校の緑化事例調査と現地調査計画（案）の検討

検討会において、今後の大気浄化植樹事業の展開にあたって、特にターゲットとして期待される学校を対象に、近年先進的な取組が行なわれている学校緑化による効果を確認するべきであるというご意見を踏まえ、屋上・壁面緑化、校庭の芝生化、緑のカーテン等の先進的な取組を整理し、学校緑化による大気浄化効果を含めた効果の確認のための現地調査計画（案）を検討した。