

独立行政法人環境再生保全機構 委託業務

粒子状汚染物質の低減を目指した
大気浄化植樹事業の新たな展開に係る調査研究

報告書

2017 年度

株式会社プレック研究所

はじめに

独立行政法人環境再生保全機構（以下、「ERCA」という）では、昭和 63（1988）年以来、大気汚染による健康被害を予防する事業（公害健康被害予防事業）の一環として、植物の大気浄化能力に着目した「大気浄化植樹事業」を地方公共団体に助成して行っている。

しかしながら、この事業の実施に関連した技術的資料である「大気浄化植樹指針」や「大気浄化植樹マニュアル」が発行後四半世紀が経ち、この間、都市の大気環境は官民一体となった環境対策等により硫黄酸化物や窒素酸化物についてはひと頃の公害の時代に比べて大きく改善されたものの、浮遊粒子状物質特に微小粒子状物質（PM_{2.5}）や光化学オキシダントについては改善がおもわしくない状況が続いている。この間、屋上緑化や壁面緑化等の都市緑化技術が技術的に一段と進歩してきており、また都市域の人々が求める都市の緑に対する要望も当時から比べると大きく変化してきている。

このような経緯を踏まえ、弊社は平成 23 年度の ERCA の新規調査研究課題の公募に応募し、「大気浄化植樹の効果の把握及び効果的推進のための調査研究」が採択され、平成 23～25 年度の 3 ヶ年、委託業務として受託し、調査研究を行った。この調査研究では、文献調査や専門家へのヒアリングによる植物の大気浄化機能に係る最新知見の収集・整理、ガス状汚染物質吸収効果の定量的評価手法の見直し、粒子状汚染物質の捕捉効果検証に係る現地調査、事業地でのフォローアップ調査、最新緑化技術の収集整理などを行い、それらの成果を集約して「大気浄化植樹マニュアルの増補改訂版(2014 年度改訂版)」を作成した。

しかしながら、大気浄化植樹事業の助成申請件数は依然として伸び悩み、近年は年に数件の応募しかないという状況が続いている。

そこで、弊社は ERCA の平成 29 年度新規調査研究課題の公募に再度応募し、「粒子状汚染物質の低減を目指した大気浄化植樹事業の新たな展開に係る調査研究」が採択され、新たに平成 29～30 年度の 2 ヶ年で調査研究を進めることになった。今回は先に行った平成 23～25 年度の調査研究の成果を踏まえ、その成果を更に補足・増強する形で事業の問題点や課題を洗い出し、助成範囲の見直し、環境教育等への活用、他部局との連携を含めた事業展開のあり方を検討するとともに、新たに東京農工大学の協力を得て、樹木による粒子状汚染物質の捕捉効果と植物影響に関する科学的知見を得ることを目的として実施した。

本報告書は、その初年度の調査研究の成果をとりまとめたものである。具体的には、①アンケート調査やヒアリング調査等に基づく事業の課題の整理、②樹木による粒子状汚染物質の捕捉効果と植物影響等に関わる最新知見の収集・整理、③粒子状汚染物質の捕捉効果と植物影響の樹種比較の研究などを内容としている。

株式会社プレック研究所

粒子状汚染物質の低減を目指した大気浄化植樹事業の新たな展開に係る調査研究 報告書

目次

序章 研究概要	序-1
第1章 大気浄化植樹事業の課題の整理	I-1
1. 大気浄化植樹事業に係るこれまでの経緯	I-1
2. 事業実績収集分析	I-9
(1) 事業件数の推移	I-9
(2) 植栽規模 (m ²)、施設類型の内訳	I-9
(3) 都道府県別の実績	I-10
3. 対象自治体担当者へのアンケート調査	I-18
(1) 実施概要	I-18
(2) 調査結果	I-19
4. 対象自治体担当者へのヒアリング調査	I-32
(1) 実施概要	I-32
(2) 調査結果	I-34
5. 近年の大気環境と都市緑化の動向	I-37
(1) 大気環境の現状とその影響	I-37
(2) 都市緑化の動向	I-49
6. 事業展開に向けての課題の整理	I-56
第2章 樹木による粒子状汚染物質の捕捉効果と植物への影響の把握	II-1
1. 既往知見の収集整理	II-1
2. 捕捉効果の検証	II-5
(1) 先行研究	II-5
(2) 捕捉効果の検証	II-12
第3章 調査研究検討会の開催	III-1
1. 第1回	III-2
2. 第2回	III-9
《資料編》	資-1
1. アンケート調査用紙	資-1
2. アンケート結果詳細	資-21

序章 研究概要

1. 研究目的

本調査研究は、平成 23～25 年度に実施した「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」の補足・新たな展開により大気浄化植樹事業の助成申請件数の増加を促し、対象自治体の大気環境の改善に寄与することを目的として、大気浄化植樹事業の助成範囲や環境教育への活用、他部局との連携を含めた事業のあり方の見直しを検討するものである。また、未だ研究の蓄積が不十分である樹木による粒子状汚染物質の捕捉効果と粒子状汚染物質の植物影響を把握するため、東京農工大学の協力を得て、学術的な知見を得る。

本年度は、2 年間の調査研究の一年目として、①大気浄化植樹の課題の整理（アンケート調査、ヒアリング調査）、②既往知見の収集・整理（樹木による粒子状物質の捕捉効果と粒子状物質による植物影響）、③粒子状物質の捕捉効果及び植物影響の樹種比較（対象は季節を考慮して初年度は常緑広葉樹とした）を主として検討するとともに、④学識者による検討会（年 2 回開催）を開催し、検討委員の先生方の意見や助言を得ながら検討を進めた。

2. 研究内容

（1）大気浄化植樹事業の課題の整理

1) 事業実績の収集分析

環境保全機構が整理している過去の事業実績一覧を活用し、対象自治体の事業実績の特性や傾向を分析した。

2) 対象自治体担当者へのアンケート調査

事業の問題点・課題の把握のため、アンケート調査を実施した。本事業の理解度や周知状況、緑化に関する地域の現状や事業に対する意見を回答いただいた。

3) 対象自治体担当者へのヒアリング調査

アンケート調査の結果を踏まえ、本事業の課題解決につながる意見を寄せていただいた自治体担当者に、対面式あるいは電話によるヒアリングを行った。

4) 近年の大気環境と都市緑化の動向の整理

近年の大気環境の動向については環境省の環境白書、大気汚染による植物影響については、大気環境学会の特集などを引用し整理した。また、近年の都市緑化の動向については、国土交通省の「みどりの政策の現状と課題」等を参考にした。

5) 事業展開に向けての課題の整理

上記の結果を踏まえ、本事業の課題を整理した。

(2) 樹木による粒子状汚染物質の捕捉効果と植物への影響の把握

1) 既往知見の収集整理

植物と粒子状汚染物質の関係に関する知見は現在のところ極めて限られているが、近年PM_{2.5}の葉面沈着現象や植物影響に関する新たな研究が始まりつつあることから、東京農工大学の協力を得て最新の知見を収集・整理した。

2) 捕捉効果の検証

樹木の葉による粒子状汚染物質の把握効果と樹木への影響を把握するため、東京農工大学府中キャンパスの圃場で苗木を育成し、育成地点の粒子状汚染物質の大気中濃度、粒子状汚染物質の葉面付着量、葉の純光合成速度、蒸散速度、気孔コンダクタンス及びクチクラワックス量等を定期的に計測し、それらの季節変動を把握した。

調査初年度にあたる本年度は、調査研究が始まった頃には既に落葉広葉樹の葉の老化や落葉が始まっていたことから、常緑広葉樹の秋～冬の把握を試みた（常緑広葉樹の春～夏、落葉広葉樹の季節変動については次年度実施予定）。

(3) 調査研究検討会の開催

調査研究の実施にあたっては、調査研究の内容や進め方の妥当性、途中成果を踏まえた研究計画の修正の要否を確認し、定期的に助言・評価を得るために、興水 肇（都市緑化機構理事長）、畠山史郎（埼玉県環境科学国際センター総長）、藤沼康実（前鳥取環境大学環境学部教授）からなる検討会をプレック研究所内に設け、2回の検討会を開催した。

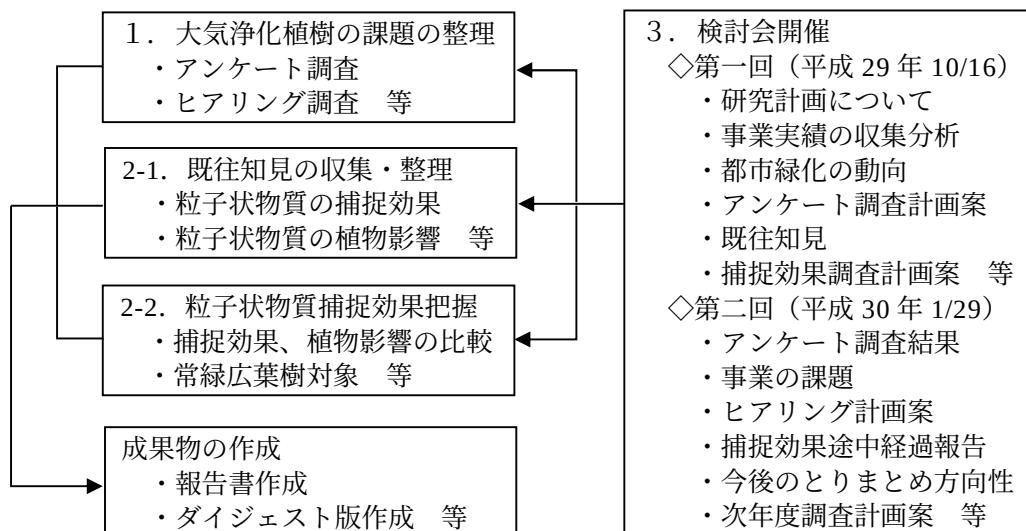


図 平成 29 年度の調査研究の概要

(4) 研究の全体像

◆研究方針

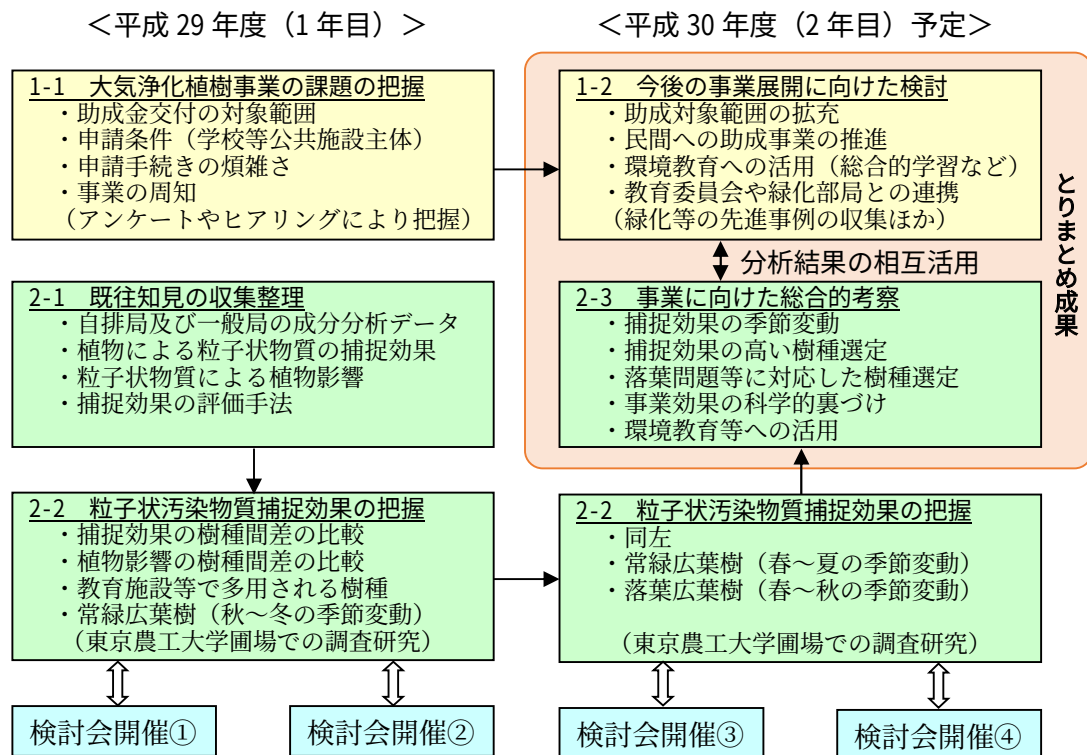
微小粒子状汚染物質(PM2.5)の低減を目指した大気浄化植樹事業の新たな展開を探る

大気浄化植樹事業の課題把握と今後の事業展開のあり方を提案

- ◇PM2.5を含む粒子状汚染物質の捕捉効果の評価
- ◇学校などにおける環境教育への活用
- ◇広く一般への寄与（各家庭でも容易に取り組める対策として） 等

◆研究手順

研究は2ヶ年にわたって実施することとし、以下の手順で行う。



注）上図のうち、緑色の部分は国立大学法人東京農工大学との共同研究

◆研究により期待される成果

- ◇大気浄化植樹事業の今後の継続・展開に向けた事業内容の見直しとあり方の提案
- ◇植樹等による粒子状大気汚染物質の捕捉効果に係る事業効果の科学的裏付けの獲得
- ◇樹木等による粒子状大気汚染物質の捕捉効果の評価手法に係る基礎的知見の獲得
- ◇大気浄化植樹の有効性を踏まえた環境教育への展開
- ◇各家庭等で容易に取り組める対策としての一般への寄与

第1章 大気浄化植樹事業の課題の把握

1. 大気浄化植樹事業に係るこれまでの経緯

(1) これまでの経緯

大気浄化植樹事業については、昭和 62（1987）～63（1988）年度に当時の環境庁の大気保全局内に「大気環境に関する緑地機能検討会」が設けられ、大気環境保全の観点から都市緑地の保全・整備のあり方についての検討がなされて「大気浄化植樹指針」が策定された。それを受けて独立行政法人環境再生保全機構では、昭和 63（1988）年以来、大気汚染による健康被害を予防する事業（公害健康被害予防事業）の一環として、植物の大気浄化能力に着目した「大気浄化植樹事業」を地方公共団体に助成して行っている。

この大気浄化植樹事業に関連して、図 I .1-1 に示すように、環境省及び公害健康被害予防補償協会、環境事業団、独立行政法人環境再生保全機構（いずれも所属官庁は環境省）と、時代の変遷により組織や名称を変えながら、平成元年度以降、四半世紀以上に渡って様々な検討や調査研究がなされてきた。



図 I .1-1 大気浄化植樹事業に係るこれまでの経緯

(2) 各時点での検討概要と主な成果

① 大気浄化植樹手法確立のための基礎調査（昭和 62～63 年度、環境庁）

<概要>

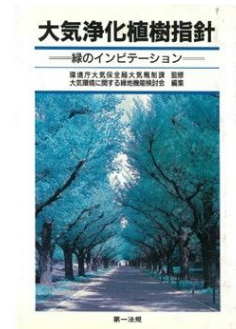
- ・環境庁大気保全局内に「大気環境に関する緑地機能検討会」を設置（座長は故沼田 眞千葉大学名誉教授）。
- ・大気環境保全の観点から都市緑地の保全・整備のあり方について検討した。

<主な検討事項>

- ・都市化の進展と環境
- ・都市における緑地機能の分析
- ・都市における緑地の現状把握
- ・大気環境に関する緑地機能のあり方について検討し提言

<成果>

- ・「大気浄化植樹指針」を作成
- ・一般図書「大気浄化植樹指針―緑のインビテーション―」（第一法規出版）を発行



② 大気浄化植樹事業の効果的推進のための調査（平成元～6 年度、公害健康被害補償予防協会）

<概要>

- ・プレック研究所内に学識経験者、地方公共団体大気環境担当者からなる検討会を設置（座長は戸塚 績前東京農工大学教授）。
- ・大気浄化植樹事業の効果的かつ円滑な推進を図るため、下記のような検討を行い、それらを取りまとめて「大気浄化植樹マニュアル」を作成した。

<主な検討事項>

- ・都市における樹木等の現存量把握手法の検討
（都心の板橋区、地方都市の宇都宮市を対象に現地調査）
- ・樹木（単木）による大気浄化効果の定量的評価手法の検討
- ・今後事業を重点的に展開すべき都市建築空間及び沿道緑化の実態把握
- ・人工地盤緑化地における植物の大気浄化能力の検討
（香川大学農学部との共同研究）
- ・沿道植栽帯の大気浄化効果の検証
- ・大気浄化に配慮した都市建築空間緑化の技術指針（案）の作成
- ・大気浄化に配慮した道路緑化の手引き（案）の作成

<成果>

- ・「大気浄化植樹マニュアル」を作成
- ・樹木（単木）の汚染ガス吸収効果の評価手法を開発

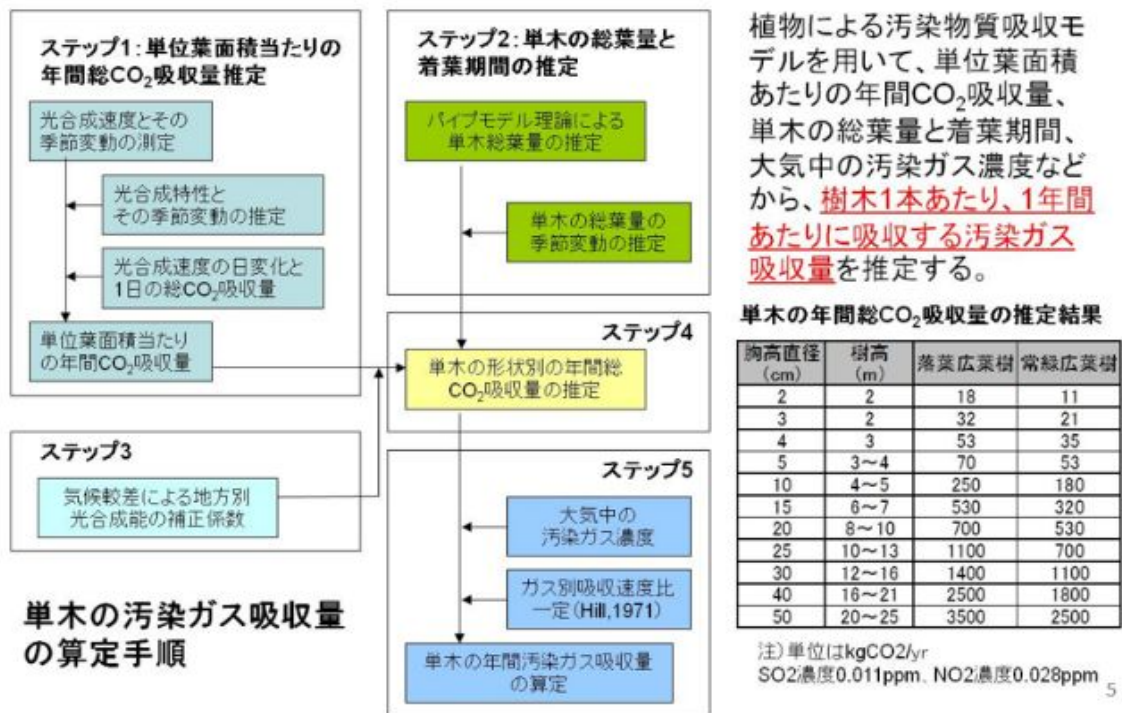


図1.1-2 単木の汚染ガス吸収効果の評価手法

③ 樹木の大気浄化能力度チェック調査（平成元～7年度、環境庁）

<概要>

- ・都市緑地の有する大気環境保全機能について、国民への啓発を図ることを目的に企画・立案した。
- ・「大気浄化植樹事業の効果的推進のための調査」において検討した切枝を用いた蒸散速度の測定により蒸発散能力の樹種間の種間差を比較することにより大気浄化に適した樹種を検討する手法を開発した。

<主な検討事項>

- ・切枝を用いた蒸散速度の測定により蒸散能力の種間差を比較する手法を開発
- ・小中学生を主体とした「樹木の大気浄化能力チェックの手引き」を作成
- ・環境省内において全国の地方自治体担当者を対象とした説明会を開催
- ・地方公共団体を通じて全国の児童・生徒から寄せられた調査結果を集計し分析評価
- ・著差結果を体系的に整理し「研究事例集」を作成

<成果>

- ・「樹木の大気浄化能力度チェック」を環境月間行事として全国的に展開
- ・当初は中学生を主な対象としたが、小学生や高校生にも広がり、総合学習や倶楽部活動、夏休みの自由研究にも活用

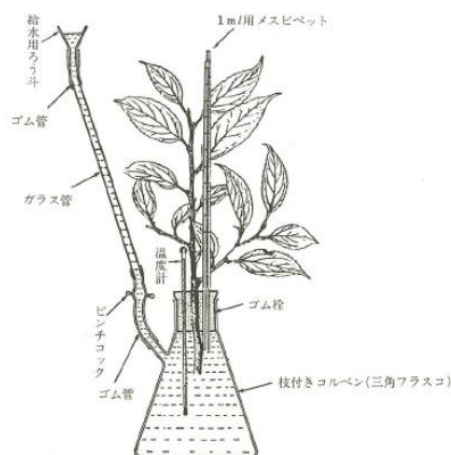


図 I.1-3 調査風景

④ 大気汚染対策緑地事業の効果の検討（平成 4～6 年度、環境事業団）

<概要>

- ・わが国の大気汚染対策緑地の第 1 号として整備された尼崎市元浜緑地をモデル地区として、事業効果を総合的に解析し評価した。
- ・今後の大気汚染対策緑地整備事業の推進に資するため、効果的・効率的な事業手法を検討した。

<主な検討事項>

- ・元浜緑地の整備状況の整理
- ・公園内外での窒素酸化物濃度の把握
- ・公園緑地における植物の大気浄化効果の算定手法の検討と元浜緑地での試算
- ・元浜緑地での鳥類・昆虫類調査
- ・元浜緑地での公園利用者意識調査
- ・環境事業団が整備した公園緑地の維持管理・利用状況等のアンケート調査
- ・上記の検討を踏まえた元浜緑地の事業効果の分析・評価

<成果>

- ・元浜緑地の大気浄化効果の確認
- ・大気浄化効果の他にも、市民の憩いの場、鳥類や昆虫類等の自然環境の回復や生物多様性の向上、また緑の拠点として、地域景観の向上や街づくりにも一役買っていることが確認された（都市緑地の有する緑の多面的機能）。
- ・国道 43 号・高速道路からの距離に伴い窒素酸化物濃度が低下→距離減衰
- ・緑地内外で窒素酸化物濃度を比較すると、緑地外の街路＞緑地内



図 I.1-4 調査位置図

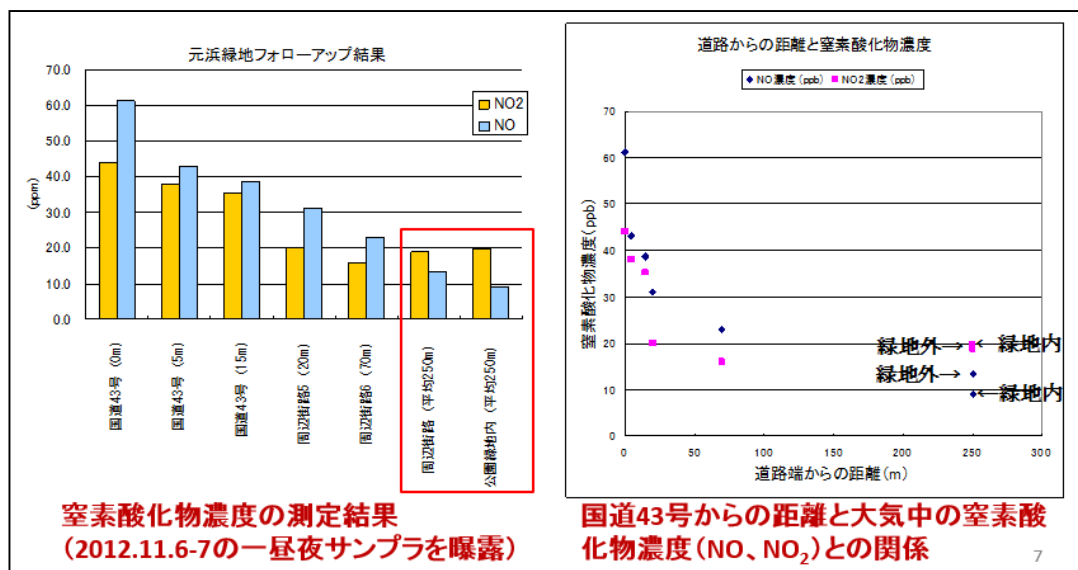


図 I .1-5 調査結果

⑤ 大気汚染対策緑地の事業評価（平成 12 年度、公害健康被害補償予防協会）

<概要>

- ・既に整備されている大気汚染対策緑地を対象に、技術的に整備事業が果たしてきた成果を検証し評価することにより、今後の事業のより効果的かつ効率的な実施に資することを目的として検討した。
- ・プレック研究所内に学識経験者からなる検討会を設け。指導・助言をいただきながら報告書を取りまとめた（座長は戸塚 績前東京農工大学農学部教授）。

<主な検討事項>

- ・検討対象は整備事業が行われた大気汚染対策緑地 6 地区（尼崎・東海・楠・四日市・神戸・大阪）
- ・既存資料及び現地調査等により緑地の大気浄化効果を検証
- ・評価指標を定め、大気環境の改善を含む緑地整備の効果を総合的に評価
- ・評価指標は大気環境の改善、健康被害予防、その他効果の観点から設定
- ・上記の検討結果を踏まえ、今後の大気汚染対策緑地のあり方を検討

<成果>

- ・6 地区について、整備の効果を総合的に評価し比較できた。

⑥ 調査研究「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」

(平成 23～25 年度、環境再生保全機構)

<概要>

- ・独立行政法人環境再生保全機構においては、昭和 63（1988）年以来、大気汚染による健康被害の予防事業の一環として、植物の大気浄化能力に着目した「大気浄化植樹事業」を実施しているところであるが、最初の「大気浄化植樹指針」作成後四半世紀が経過し、また「大気浄化植樹マニュアル」発行後の 20 年以上が経過している。
- ・この間、わが国の大気環境については、硫黄酸化物や窒素酸化物の濃度については一定の成果が得られたものの、光化学オキシダントやオゾンについては横ばい状態が続いており、また微小粒子状物質（PM_{2.5}）等の新たな環境問題が顕在化し、大気環境に関する国民のニーズも変化してきている。また、この間、屋上緑化や壁面緑化等の都市緑化技術も技術的に進展し、実績も増えてきている。
- ・このため、微小粒子状物質対策の検討を中心に再検討を行い、大気浄化植樹マニュアルの増補改訂版を作成した。
- ・検討にあたっては、プレック研究所内に学識経験者からなる検討会を設置し、指導・助言をいただきながら報告書を取りまとめた（検討会の座長は興水 肇都市緑化機構理事長）。

<主な検討事項>

- ・植物による大気環境の改善に係る新たな知見を収集・整理
(文献調査、専門家へのヒアリング)
- ・樹木によるガス状汚染物質の低減効果に係る定量的評価手法の見直し
- ・大気浄化植樹事業地でのフォローアップ調査の実施
- ・樹木による粒子状汚染物質の低減効果に係る調査研究の実施
(習志野緑地、民有地の庭木や生垣、緑のカーテンでの現地調査)
- ・最新の都市緑化技術（屋上緑化や壁面緑化）を精査し紹介
(大気浄化植樹マニュアルに掲載する事例の刷新)
- ・上記の検討結果を踏まえた「大気浄化植樹マニュアル」の増補改訂版の作成

<成果>

- ・上記の検討結果を踏まえ、「大気浄化植樹マニュアル 2014 年増補改訂版」を作成
- ・習志野緑地における緑地による粒子状汚染物質の低減効果の確認
- ・民有地の庭木・生垣による粒子状汚染物質の低減効果の確認
- ・学校の緑のカーテンによる粒子状汚染物質の低減効果の確認

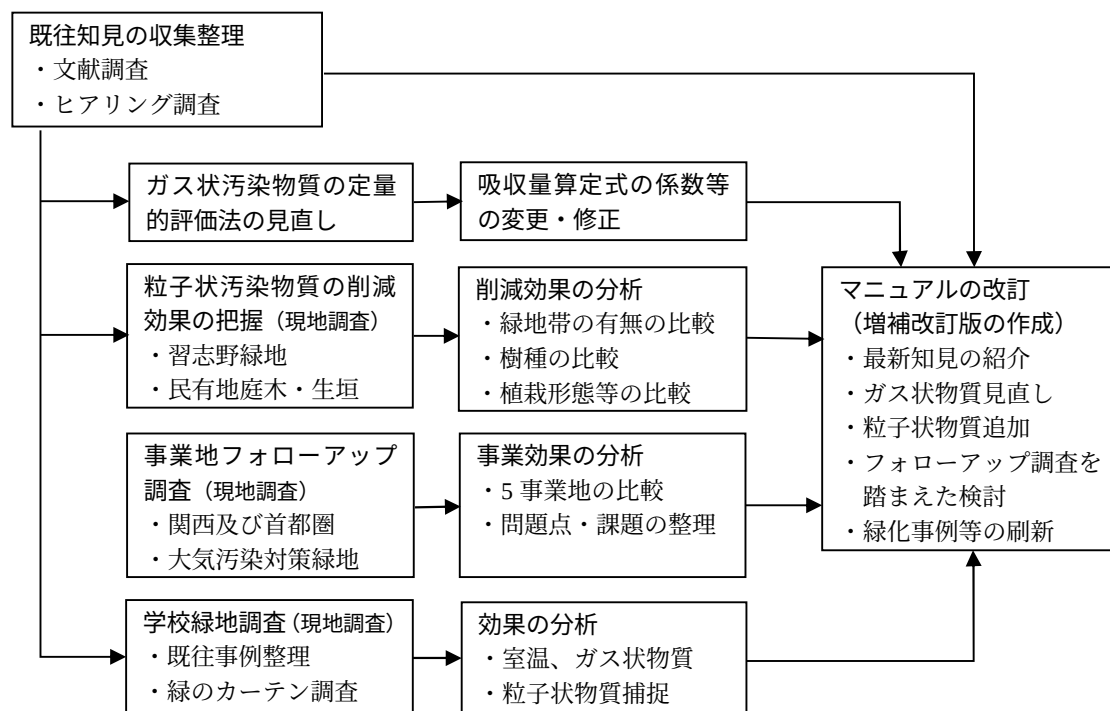


図 I .1-6 H23～25 年度の調査研究

「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」の概要

上記の成果のうち、習志野緑地、民有地の庭木・生垣、学校の緑のカーテンの現地調査で確認された粒子状汚染物質の低減効果に係る知見の概要を以下に列挙する。

■習志野緑地（東関東自動車道及び国道 357 号に隣接した緩衝緑地）

- ・沿道緑地の葉面付着粉塵量は平均で葉面積 1m² 当たり約 450mg。緑地のボリュームを考慮すると、沿道大気中の浮遊粉塵量が樹林に相当程度捕捉されている。
- ・葉面付着粉塵のうち葉の表面のワックス等に強固に捕捉されている固着粒子のほうが表面の付着粒子よりも多い。固着粒子は降雨があっても流出しにくい。
- ・炭素成分のうち自動車排ガス等に多く含まれる元素状炭素（EC）は、道路から離れるに従い減少する傾向がみられ、特に PM2.5 は SPM-PM2.5 の約 10 倍の濃度。
- ・亜鉛 Zn（潤滑油）、アンチモン Sb（ブレーキパッド）等の自動車走行に由来する金属成分のうち粗大粒子は道路近傍で沈降・捕捉されるが、微小粒子では距離減衰が認められ、緑地帯の幅が広いほどその効果は大きかった。
- ・沿道緑地の大気中の浮遊粉塵のうち粗大粒子は道路近傍で距離減衰の傾向が認められたが、微小粒子ではその傾向が不明瞭であった。
- ・沿道の大気中の粒子状物質のうち粗大粒子と微小粒子とでは発生源由来が異なる可能性があるが、道路が発生源である特定の物質については、沿道緑地が効果的に粒子状汚染物質を捕捉し低減していることが確認された。

■庭木・生垣（市原市の民有地宅地）

- ・宅地の庭で数ヶ月同様に養生した庭木の葉面付着粉塵量は、樹種により異なるものの、平均 50

$\mu\text{g}/\text{cm}^2$ ($0.5\text{g}/\text{m}^2$) 程度であった。樹種で比較すると、ツツジ類のように葉面に毛が多いもの、ヒイラギモクセイのように葉が主脈に沿って V 字状に折れ曲がり葉面に溜まりやすいものは捕捉効果が大きかった。また、ヤマモモは他の樹種に比べて付着粒子よりも固着粒子が多く、降雨等で溶脱しにくいことが示唆された。金属成分のうち土壌由来成分と考えられる Al、Si、Fe、Ca はいずれの樹種でも多く、土壌粒子が多く付着していることが示唆された。金属成分のうち自動車排ガス由来である Zn（潤滑油）や Sb（ブレーキパッド）の捕捉量は土壌由来成分に比べるとずっと少ないことがわかった。

- ・植栽形態等による違いをみると、高さ 2m 前後で剪定・刈り込みなど日常的にこまめな管理がなされている生垣よりも、高さ 4m 前後の生垣を中心とした複合植栽で放任され枝葉がよく繁った生垣のほうが葉面着粉塵量が多く、また生垣の背面よりも前面のほうが多かった。自動車走行由来の金属成分を比較すると、Zn の葉面付着粉塵量は生垣前面＞背面、生垣の高さ 1m＞2m であり、排出源に近いほど捕捉していることが示唆され、接道部の生垣の有効性が確認された。また、自動車走行由来の成分のうち Zn と Sb とでは道路近傍での動態が異なっていた。

■学校の緑のカーテン（東京都板橋区立高島第五小学校）

- ・東京都板橋区立第五小学校の緑のカーテン（4 階屋上に達し生育良好）を対象に、緑のカーテン内外及び室内の気温、予測平均冷温感申告（PMV）、標準有効温度（SET）等の気温観測、大気中の窒素酸化物濃度（NO、NO₂）、大気中の浮遊粉塵濃度（SPM、PM_{2.5}）及び緑のカーテンの葉面付着粉塵を測定し、比較した。
- ・葉面付着粉塵量を一階で採取した葉で比較すると、最も葉面付着粉塵量が多かったのはヘチマの $20\mu\text{g}/\text{cm}^2$ 程度で、アサガオがこれに次ぎ、ゴーヤは $12\mu\text{g}/\text{cm}^2$ 程度であった。
- ・付着粒子と固着粒子の割合はヘチマやキュウリでは付着：固着＝4：6、ゴーヤでは 6：4、アサガオでは 8：2 程度となり、植物の種類で相違がみられた。
- ・一階、二階、四階でサンプリングできたヘチマで比較すると、四階では葉面付着粉塵量が少なかったが、付着粒子と固着粒子の割合に大きな違いはなかった。
- ・緑のカーテンの総葉面積は 420m^2 と推定され、葉面積指数（単位土地面積当たりの総葉面積）に換算すると約 13 になる。わが国の森林の葉面積指数は、落葉広葉樹林で 3～7 程度、常緑広葉樹林で 5～9 程度であるといわれていることから、高島第五小学校の緑のカーテンの葉面積はこれらの森林の 2 倍程度になる。緑のカーテン全体の葉面付着粉塵量は約 168g と推定された。また、試みに緑のカーテンによる NO₂ 吸収量を試算すると約 550g と推定され、胸高直径 20cm のクスノキが一年間に吸収する NO₂ 量の 3 本分程度に達するものと見込まれた。

2. 事業実績収集分析

環境保全再生機構が整理している過去の事業実績一覧を活用し、対象自治体の事業実績の特性や傾向を分析した。

(1) 事業件数の推移

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開始された。事業開始直後の 1988 年～1989 年は、年間実績件数が 100 件を超えたが、以降徐々に件数が減り、近年は年間 10 件にも満たないじり貧状態が続いている。

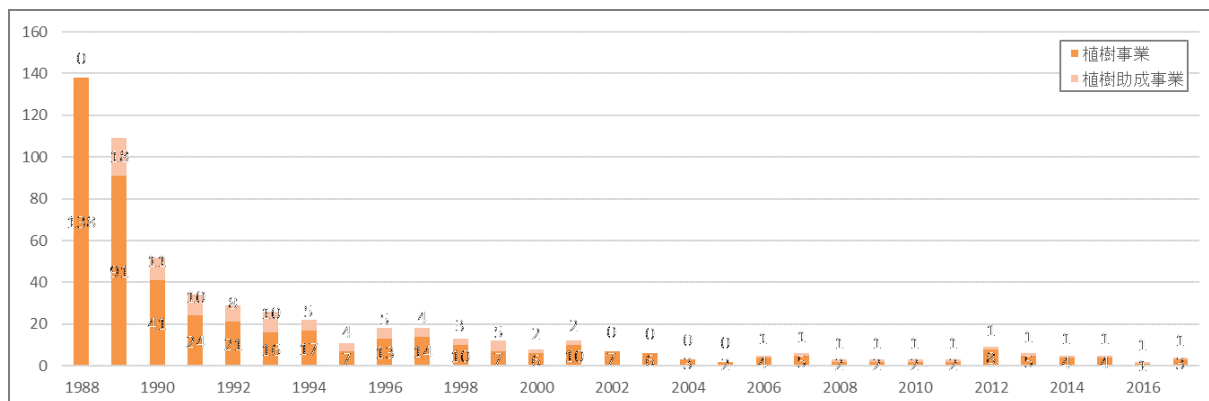


図 I.2-1 事業実績件数の推移

(2) 植栽規模 (㎡)、施設類型の内訳

大気浄化植樹事業、大気浄化植樹助成事業とあわせ、これまでに延べ 574 件の申請があった。

植栽規模や施設類型の傾向を見ると、植栽規模は 100～300 ㎡がもっとも多く、全体の 32%を占める。一方で、1,000 ㎡を超える大規模な事業の件数は、全体の 10%に満たない。施設類型は、大気浄化植樹事業による「教育施設・学校施設」が最も多く、全体の 49%を占める。次いで、多いのは大気浄化植樹助成事業による「民間施設」で、全体の 17%を占める。

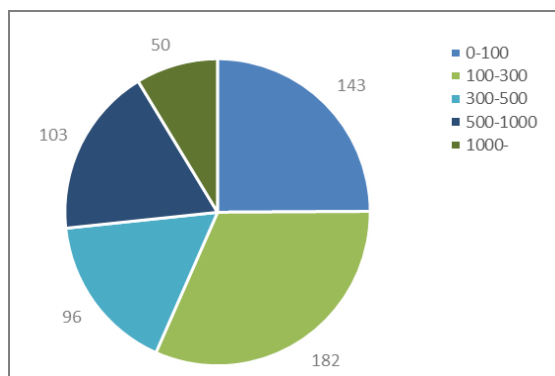


図 I.2-2 植栽規模 (㎡) の内訳 (件数)

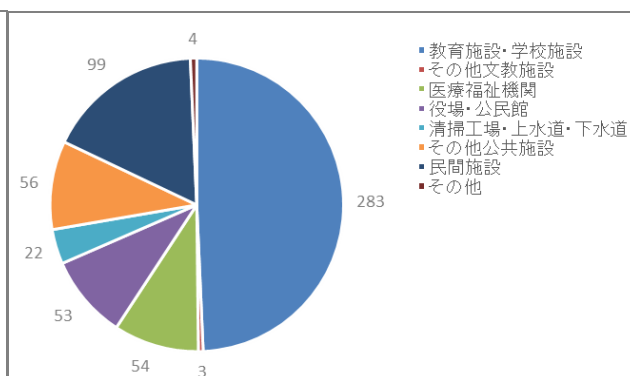


図 I.2-3 施設類型の内訳 (件数)

(3) 都道府県別の実績

事業の活用状況や今後の活用方針は、各地域の大気環境や財政の状況などの地域特性に左右される可能性があると考えられることから、過去の実績を都道府県別に整理した。

事業対象地域を抱える都道府県は 10 都府県であるが、大気浄化植樹事業の実績があるのは、うち 8 都府県、大気浄化植樹助成事業の実績があるのは、うち 3 府県に留まった。

実績を都道府県ごとに整理すると、事業の実績件数の特性から、以下 4 つのタイプに分類することができる。

- ◆ タイプ 1：初期集中・少数継続型…東京都、大阪府、兵庫県、福岡県
- ◆ タイプ 2：少数継続型…岡山県
- ◆ タイプ 3：初期少数型…千葉県、神奈川県、愛知県
- ◆ タイプ 4：実績なし…静岡県、三重県

① タイプ 1

タイプ 1 の初期集中・少数継続型は、実績の約 75～80% が事業開始直後（1988～1993 年）に行われたものであるものの、過去 3 年以内にも申請が見られ、実績は途絶えていないという特徴が見られ、今後の事業展開の方向性として、事業件数の回復と大都市圏のモデル地域を目指すことが考えられる。

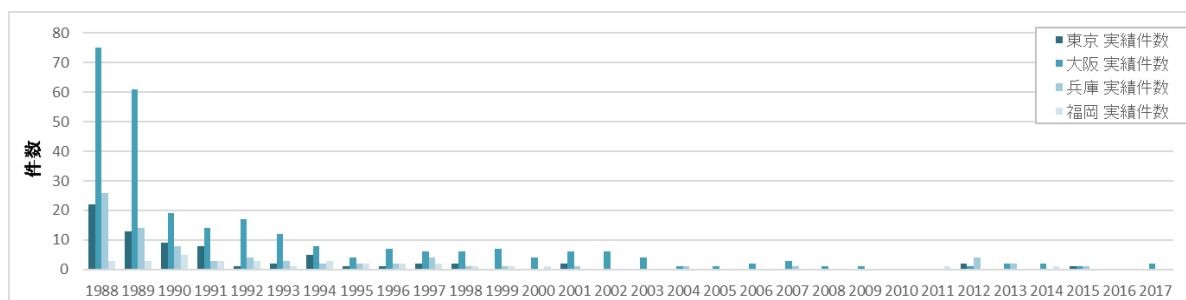


図 I .2-4 事業実績件数の推移（タイプ 1）

東京都を除く 2 府県では、教育施設・学校施設での活用実績が目立つ。また、大阪府、兵庫県では、大気浄化植樹助成事業の活用実績も見られ、比較的積極的に事業活用がなされてきたことがわかる。

<東京都>

東京都の事業実績を図 I .2-5 に示す。東京都の事業対象地域は、23 区全域であるが、うち 9 つの自治体で大気浄化植樹事業が活用された実績がある。また、東京都事業の中で本事業が活用された例を含めると、本事業が活用された地域は 19 区に上る。一方で大気浄化植樹助成事業は、過去に活用された実績がない。

施設類型にばらつきがあるのが特徴で、教育施設・学校施設、医療福祉機関の他に、公舎などのその他公共施設の割合も高かった。

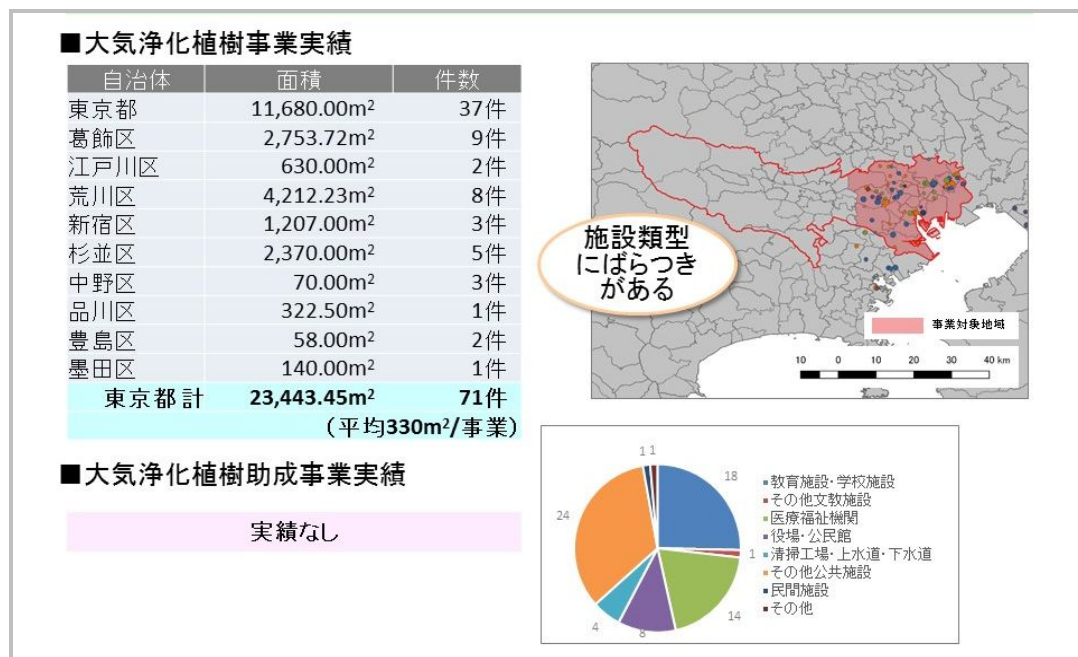


図 I .2-5 東京都の事業実績

<大阪府>

大阪府の事業実績を図 I .2-6 に示す。大阪府の事業対象地域は、堺市、守口市、吹田市、大阪市、東大阪市、八尾市、豊中市の 7 市であり、過去全ての自治体で大気浄化植樹事業の活用実績がある。

吹田市、大阪市では、大気浄化植樹助成事業の活用実績もあった。大気浄化植樹助成事業の実績は、そのほとんどが工場緑地であることから、大気浄化植樹事業に比べ 1 事業あたりの面積が大きいという特徴が見られる。

施設類型は、半数以上が教育施設・学校施設となっている。

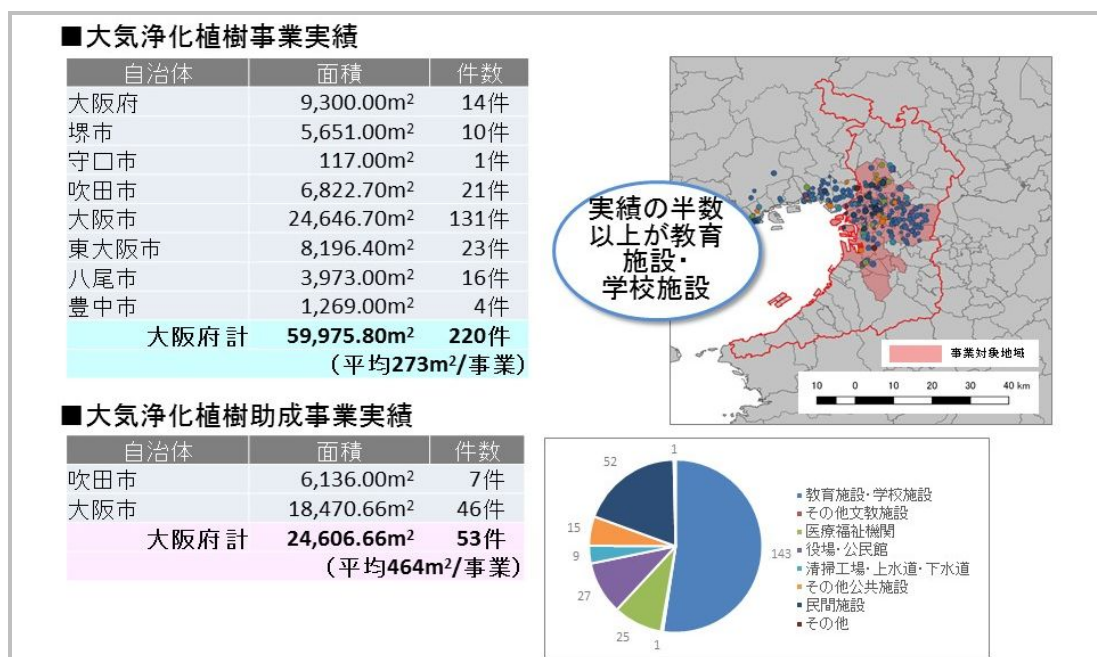


図 I .2-6 大阪府の事業実績

<兵庫県>

兵庫県の事業実績を図 I .2-7 に示す。兵庫県の事業対象地域は、芦屋市、神戸市、西宮市、尼崎市の 4 市であり、過去全ての自治体で大気浄化植樹事業の活用実績がある。

また、神戸市、西宮市では、わずかながら大気浄化植樹助成事業の活用実績もあった。

施設類型は、7 割近くが教育施設・学校施設となっている。兵庫県は、1 事業あたりの面積平均が 582 m²と、他地域と比べて大きいことがわかる。

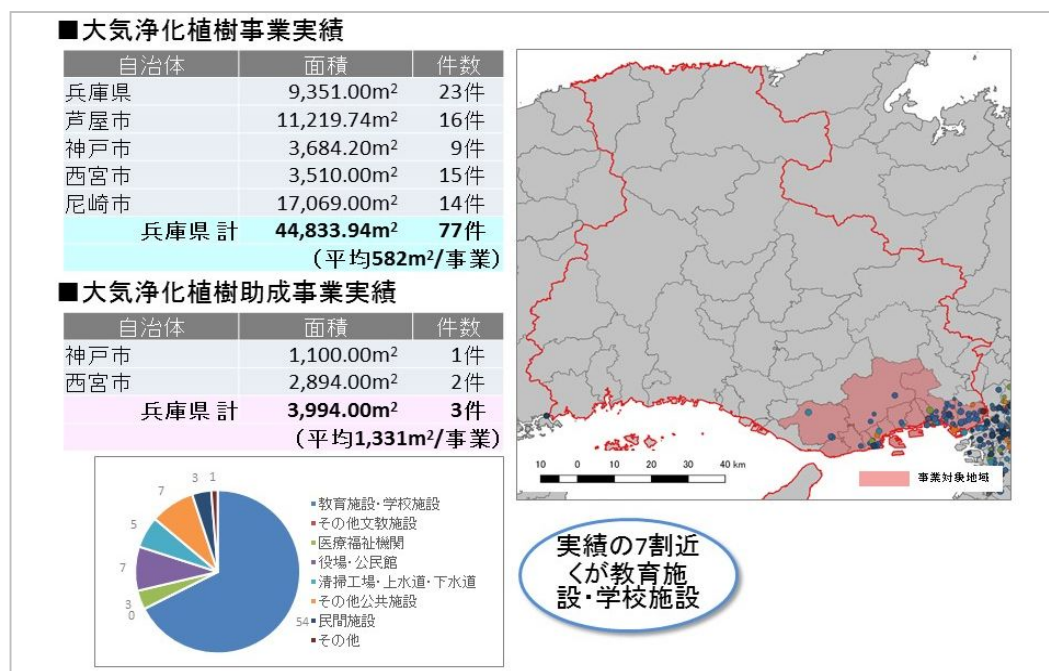


図 I .2-7 兵庫県の事業実績

<福岡県>

福岡県の事業実績を図 I .2-8 に示す。福岡県の事業対象地域は、大牟田市、北九州市の 2 市であり、過去いずれの自治体でも大気浄化植樹事業の活用実績がある。大気浄化植樹助成事業は、過去に活用された実績がない。

施設類型は、7 割近くが教育施設・学校施設となっている。福岡県は、1 事業あたりの面積平均が 630 m²と、他地域と比べて大きいことがわかる。

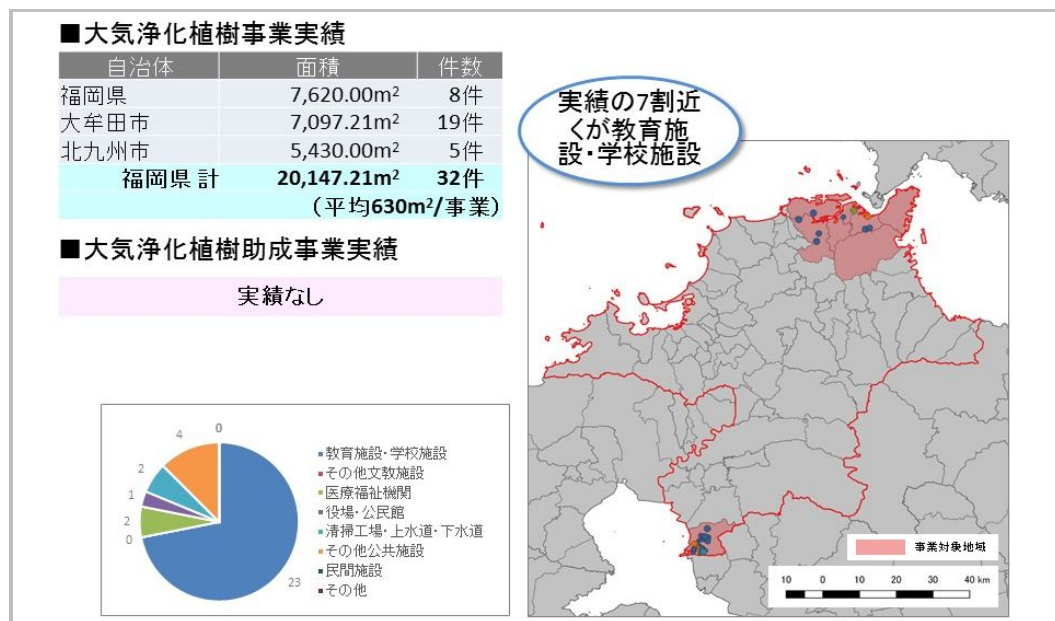


図 I .2-8 福岡県の事業実績

② タイプ2

タイプ2の少数継続型は、各年の実績は10件以下であるものの、近年まで継続して事業が実施されているという特徴が見られ、今後の事業展開の方向性として、事業の拡大と地方都市のモデル地域を目指すことが考えられる。

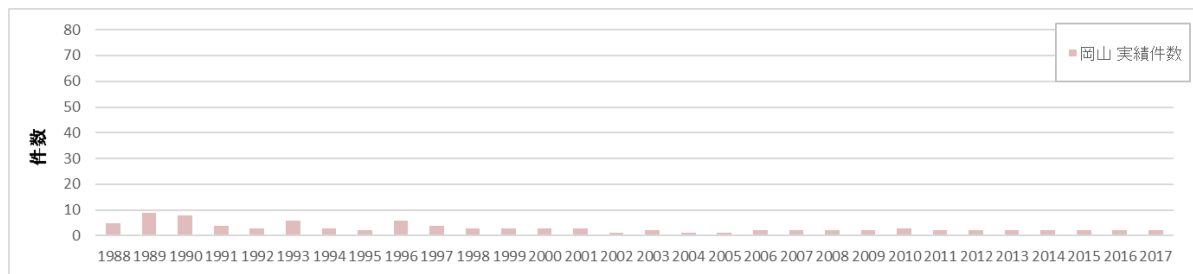


図 I .2-9 事業実績件数の推移（タイプ2）

岡山県では、大阪府と並んで大気浄化植樹助成事業の実績が多く、実績件数の半数近くが民間企業である点が、大きな特徴である。

<岡山県>

岡山県の事業実績を図 I .2-10 に示す。岡山県の事業対象地域は、玉野市、倉敷市、備前市の3市であり、過去いずれの自治体でも大気浄化植樹事業の活用実績がある。

また、玉野市、備前市では、近年まで大気浄化植樹助成事業の実績もある。

施設類型は、民間施設の他は、教育施設・学校施設が多数を占める。

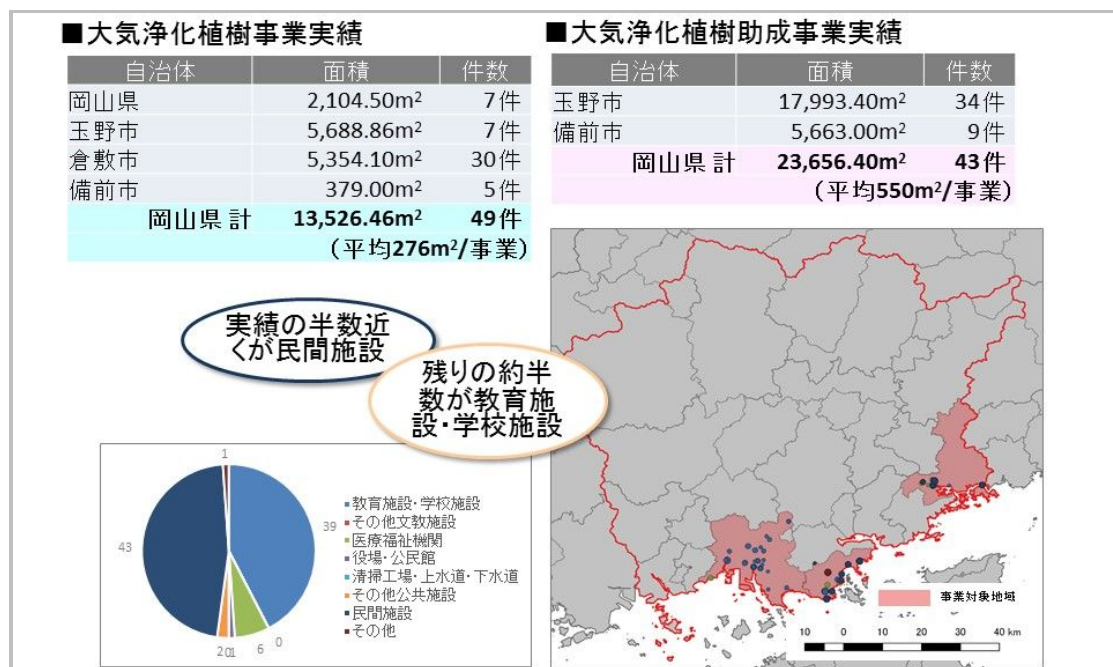


図 I .2-10 岡山県の事業実績

③ タイプ3

タイプ3の初期少数型は、過去の実績が各県15件に満たず、さらに実績の約90%が事業開始直後の1988～1993年に行われたもので、過去10年間以上申請がないという特徴が見られ、今後の事業展開の方向性として、タイプ1をモデルとして事業件数の増加を目指すことが考えられる。いずれも大気浄化植樹助成事業の実績はない。

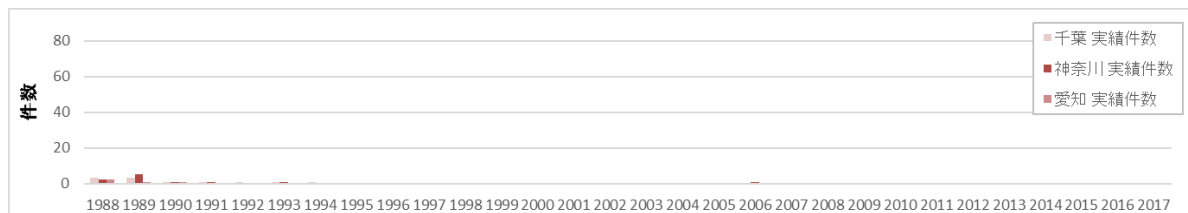


図 I .2-11 事業実績件数の推移（タイプ3）

<千葉県>

千葉県の実績を図 I .2-12 に示す。千葉県の実績対象地域は、千葉市1市であり、過去11件の事業活用実績がある。

施設類型を見ると、役場や公民館が8件で、他の地域で多く見られる教育施設・学校施設は0件となっている。

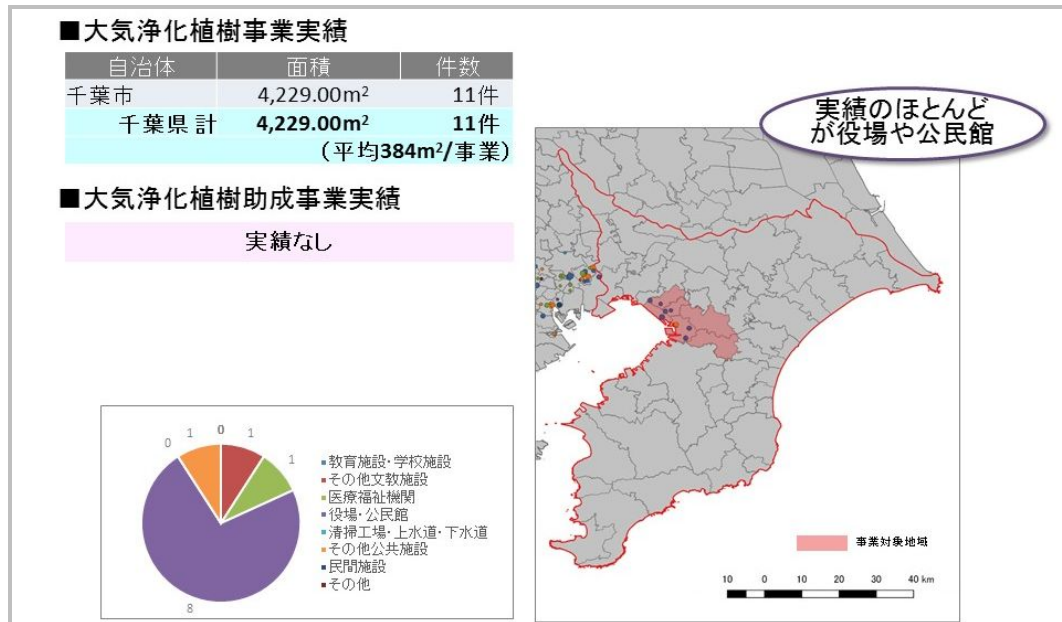


図 I .2-12 千葉県の実績

<神奈川県>

神奈川県の事業実績を図 I .2-13 に示す。神奈川県の事業対象地域は、横浜市 1 市であり、過去 11 件の事業活用実績がある。

施設類型を見ると、教育施設・学校施設が最も多く、次いでその他公共施設、医療福祉機関と続く。

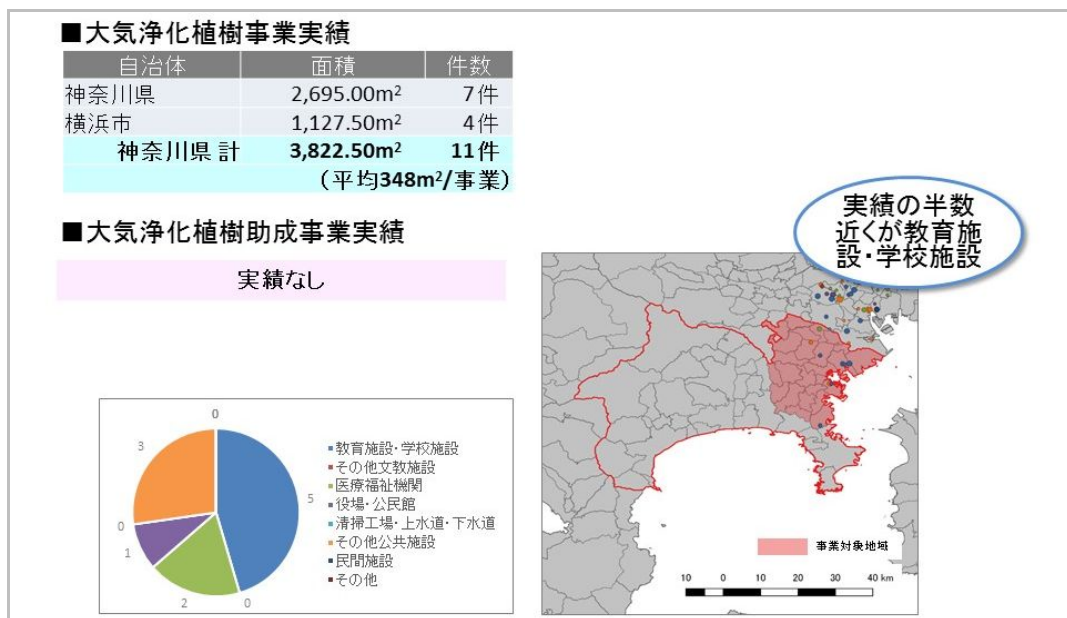


図 I .2-13 神奈川県の事業実績

<愛知県>

愛知県の事業実績を図 I .2-14 に示す。愛知県の事業対象地域は、東海市、名古屋市の 2 市であり、過去いずれの自治体でも事業活用実績がある。

件数が少ないため、割合値や平均値の取り扱いには注意が必要であるが、清掃工場での実績が半数を占めることから、1 事業あたりの事業面積の平均が他地域と比べて大きくなっている。

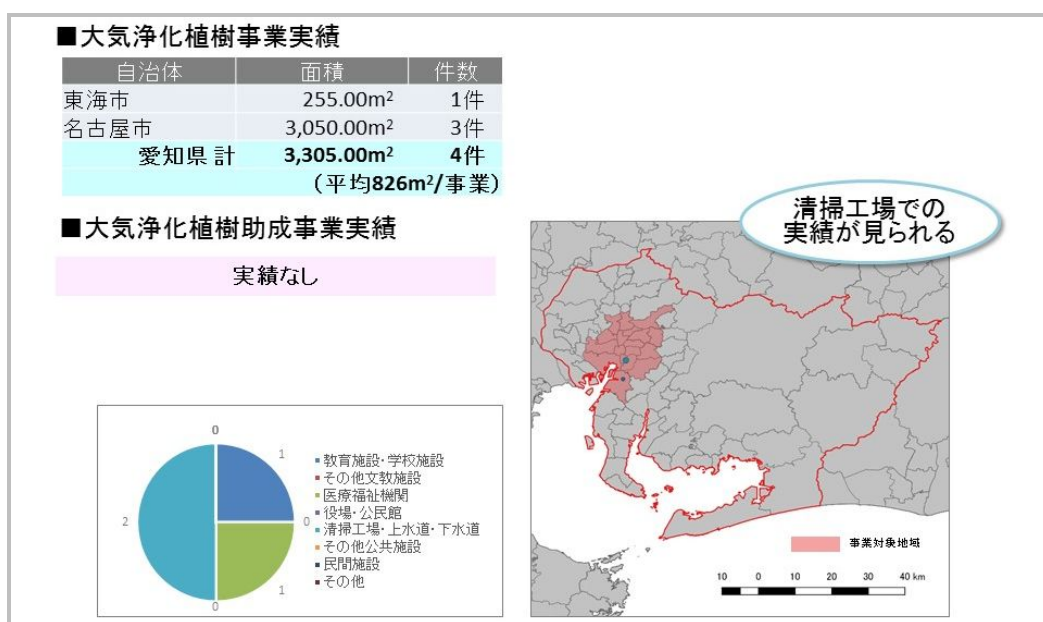


図 I .2-14 愛知県の事業実績

④ タイプ４

タイプ４は、過去に実績がない自治体で、静岡県（富士市）、三重県（四日市市）が分類される。今後の事業展開の方向性としては、いずれも大都市近郊の都市であることから、タイプ２をモデルとして事業の導入を目指すことが考えられる。

3. 対象自治体担当者へのアンケート調査

独立行政法人環境再生保全機構（以下「機構」という。）では、大気環境の改善を目的として、大気浄化植樹事業（以下「本事業」という。）を行っているが、近年、地方公共団体からの申請が少ない状況が続いている。

このことを受け、本事業の新たな展開に向け検討を行うため、事業の問題点・課題の把握を目的として、地方公共団体のご担当者様を対象にアンケート調査を実施した。

(1) 実施概要

① 調査対象

本事業では、住宅・病院・老人ホーム・保育園・公民館等の敷地内で行う植樹を対象に植栽に係る費用の助成を行っているが、過去の実績では、学校等の教育施設や庁舎・公民館、その他の公共施設での植樹が多い状況となっている。

このため、本事業を活用し得る部署として、対象地域の地方公共団体 46 団体の大気環境保全や保健に係る主管部署、公共施設の緑化や緑化推進に係る主管部署のほか、学校等教育施設の整備に係る主管部署も対象とし、アンケート調査を実施した。

なお、調査対象は、機構提供の「H29 予防事業窓口・植樹事業担当一覧」、各自治体 HP 等の情報をもとに、プレック研究所で選定した。具体的な送付先は、資料編に示す。

I 大気環境保全、保健に係る主管部署・・・・・・・・・・環境保全課、保健所など
II 公共施設の緑化や民有地の緑化推進に係る主管部署・公園整備課、緑地政策課など
III 学校等教育施設の整備に係る主管部署・・・・・・・・・・教育委員会総務課など

② 調査項目と内容

本事業の理解度や周知状況、緑化に関する現状、事業に対するご意見等について、I～IIIの対象者別に設問を用意し、回答いただいた。（詳細は、本資料巻末の「別紙」をご覧ください。）

アンケート用紙は、I～IIIのすべての共通者共通とし、各自該当部分に回答いただいた。

③ 調査方法

アンケート用紙を郵送配布し、郵送、メールで回収された結果について集計し分析した。

アンケート表紙に所属、氏名、住所、電話、E-mail の記入欄を設け、記名式の調査とした。

不足事項等については、電話や電子メールで確認を行い、適宜補足した。

④ 送付資料

本調査では、アンケート用紙をはじめ、以下の資料を送付した。送付資料原本は、資料編に示す。

- | |
|--|
| ・ <u>アンケート協力依頼文</u> ・・・・機構より、本調査研究やアンケートの主旨説明とアンケートへの協力依頼を記した文書。 |
| ・ <u>アンケート調査のお願い</u> ・・・・研究実施者（プレック研究所）より、アンケートの主旨、調査概要等を記した文書。 |
| ・ <u>アンケート用紙</u> ・・・・アンケート回答用紙本体（本資料巻末に添付したもの）。 |

また、アンケート回答に必要な基礎情報として、機構、本事業、本調査研究について補足説明するため、以下を別添として同封した。送付資料原本は、資料編に示す。

- ・研究概要・・・本調査研究の目的や研究内容を記した参考資料。
- ・大気浄化植樹事業の概要・・・公害健康被害予防事業や大気浄化植樹事業及び大気浄化植樹助成事業の概要や実績を記した参考資料。
- ・独立行政法人環境再生保全機構パンフレット・・・機構の概要や機構実施業務、事業の概要を記したパンフレット。

⑤ 調査期間

調査期間は、平成 29 年 11 月 8 日（水）～平成 29 年 12 月 8 日（金）とした。

(2) 調査結果

① 回収状況

アンケートの回収状況を表Ⅰ.3-1 に示す。締切を過ぎて到着したアンケートについても、他のアンケートと同様に集計を行った。

また、庁内共有などにより、こちらが選定した調査対象とは異なる部署から回答いただいた場合も、他のアンケートと同様に集計を行った。

表Ⅰ.3-1 アンケート回収状況

	Ⅰ 大気環境保全、保健 に係る主管部署	Ⅱ 公共施設の緑化や 民有地の緑化推進 に係る主管部署	Ⅲ 学校等教育施設の 整備に係る主管部 署	全体
送付数	58 票	59 票	56 票	173 票
回収数	39 票	39 票	41 票	119 票
うち白票・無効票	3 票	1 票	1 票	5 票
有効票数	36 票	38 票	40 票	114 票
有効回収率	62.1%	64.4%	71.4%	65.9%

② 結果概要

アンケート調査では、事業の理解度や周知状況、募集状況など「事業の情報発信に係る設問」、事業の活用実績と今後の活用方針、緑化をする上での課題、既存の緑化制度など「事業の内容や運用に係る設問」を設け、各自治体の状況や課題を把握した。

また、アンケートの後半には、「事業の課題と今後の展開に係る設問」を設け、各自治体が考える事業の課題や、今後の事業展開に対する考えを把握した。

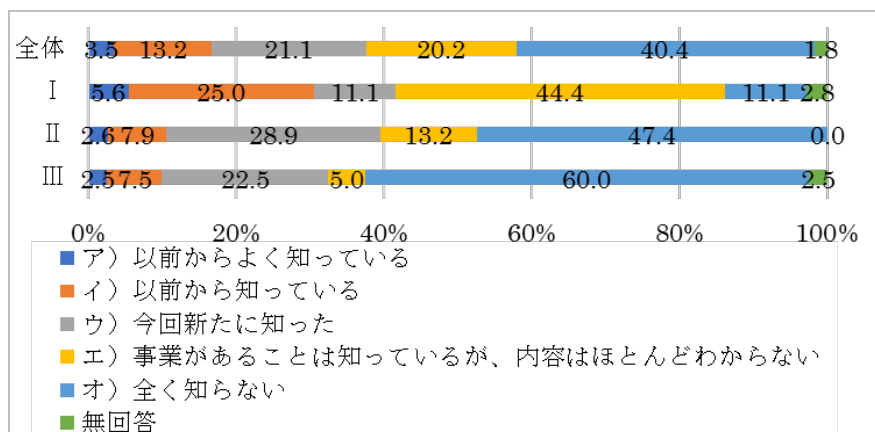
アンケート結果の概要を次ページ以降、詳細を資料編に示す。

事業の情報発信に係る設問

【事業の理解度】

事業の理解度については、Ⅰ～Ⅲを対象に、それぞれⅠ－１、Ⅱ－１、Ⅲ－１で質問をした。

Ⅰ～Ⅲいずれも、本事業について「全く知らない」との回答が最も多かった。「以前からよく知っている」、「以前から知っている」は、Ⅰこそ 30%程度であったものの、Ⅱ、Ⅲは 10%弱と低い割合であった。



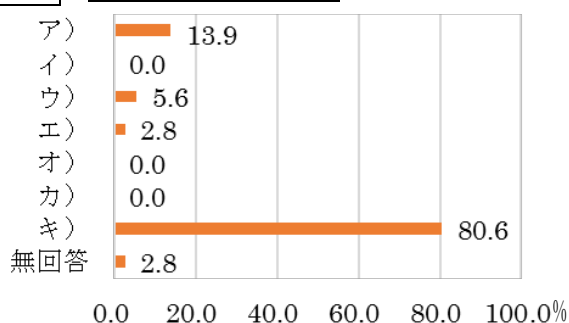
【事業の周知と認知】

事業の周知と認知については、Ⅰ～Ⅲを対象に、それぞれⅠ－２、Ⅰ－３、Ⅱ－１－１、Ⅱ－７、Ⅲ－１－１で質問をした。

事業を周知する立場であるⅠの回答では、80%以上が事業を「特に周知していない」と答え、事業を認知する立場であるⅡ、Ⅲの回答では、約半数が「機構から直接情報提供を受けて知った」や「今回のアンケートで知った」などと答えた。

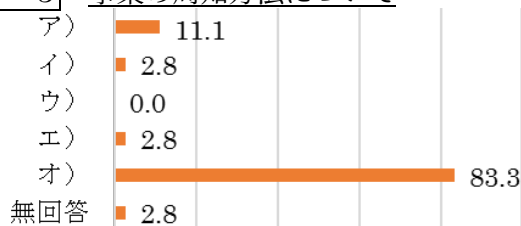
緑化助成事業の担当と想定されるⅡには、部署で行っている緑化助成制度の周知方法を尋ねたところ、「自治体ホームページ」や「広報等」を活用しているとの回答が多く、それぞれ 73.7%、86.8%であった。

Ⅰ－２ 事業の周知について



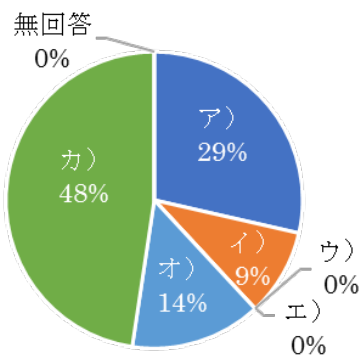
- ア) 公共施設の緑化に関わる主管部署
- イ) 民有地の緑化推進に関わる主管部署
- ウ) 教育施設の整備（特に緑化）に関わる主管部署
- エ) 事業者
- オ) 個人（一般市民）
- カ) その他
- キ) 特に周知していない

Ⅰ－３ 事業の周知方法について



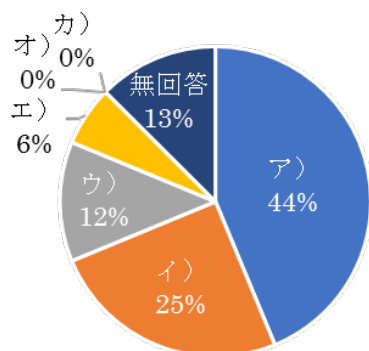
- ア) 関連部署と連携し調整している
- イ) 事業者等に個別に文書や電話等で相談している
- ウ) 広報などでお知らせしている
- エ) 自治体のホームページ上に掲載している
- オ) 特段の周知はしていない

Ⅱ－１－１ 事業の認知方法について



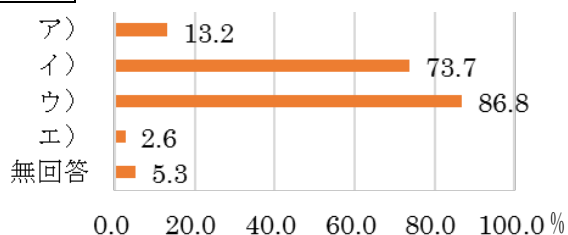
- ア) 環境再生保全機構から直接情報提供を受けて知った。
 イ) 自治体内の大気環境保全、保健に係る部署から情報提供を受けて知った。
 ウ) 自治体内の実績を見て知った。
 エ) 植栽に関する助成制度を調べていて知った。
 オ) 植物が持つ大気浄化機能を調べていて知った。
 カ) その他

Ⅲ－１－１ 事業の認知方法について



- ア) 環境再生保全機構から直接情報提供を受けて知った。
 イ) 自治体内の大気環境保全、保健に係る部署から情報提供を受けて知った。
 ウ) 自治体内の実績を見て知った。
 エ) 植栽に関する助成制度を調べていて知った。
 オ) 植物が持つ大気浄化機能を調べていて知った。
 カ) その他

Ⅱ－７ 緑化助成制度の周知のしかたについて



- ア) 緑化相談所などで催しものを開催している
 イ) 広報等でお知らせしている
 ウ) 自治体のホームページ上でお知らせしている
 エ) 特段の周知はしていない

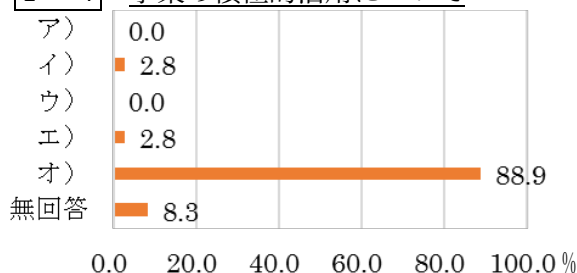
【事業の募集と申請】

事業の募集と申請については、Ⅰ～Ⅱを対象に、それぞれⅠ－４、Ⅰ－５、Ⅰ－６、Ⅱ－８で質問をした。

事業の募集を行う立場であるⅠに現在の募集状況を尋ねたところ、「特段の募集は行っていない」が88.9%を占めた。また、申請手続きの方法について、Ⅰに尋ねたところ、「申請は受け付けていない」が最も多く、大気浄化植樹事業については61.1%、大気浄化植樹助成事業については72.2%を占めた。

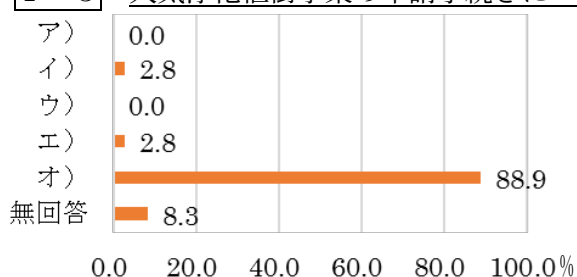
申請を受け付けている場合でも、「申請用紙を他部署へ共有している」は、植樹事業、植樹助成事業とも0%であり、希望者がいた場合に「都度対応」としていることがわかった。

Ⅰ－４ 事業の積極的活用について



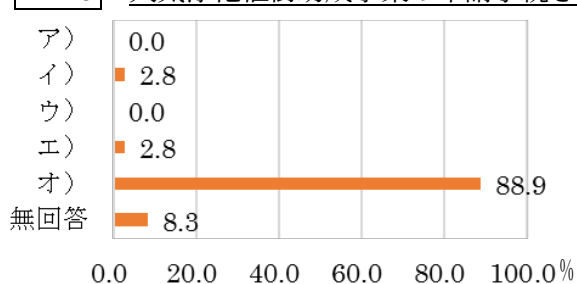
- ア) 関連部署と調整している
- イ) 事業所等に文書や電話等を通じて募集している
- ウ) 広報等を通じて広く募集している
- エ) 自治体のホームページ上に掲載し募集している
- オ) 特段の募集は行っていない

Ⅰ－５ 大気浄化植樹事業の申請手続きについて



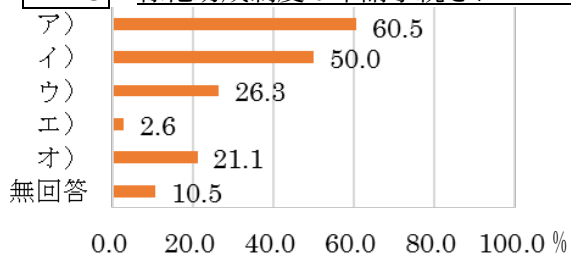
- ア) 自治体内の HP やメール、回覧等で申請用紙を他部署へ共有しており、申請者は各自共有されている申請用紙を用いて定期便やメール、FAX 等で申請手続きをする
- イ) 申請用紙の共有は特になし、申請者等から希望があった場合のみ、申請書類を共有し、申請手続き等を行っている
- ウ) 特段の手続きの方法は決められていないため、その都度対応している
- エ) 申請は受け付けていない

Ⅰ－６ 大気浄化植樹助成事業の申請手続きについて



- ア) 関連部署と相談し対応してもらっている
- イ) 主管部署に申請書類があり、それに記入して受付窓口で手続きする
- ウ) 自治体ホームページ上に申請書類が掲載され、申請書をダウンロードして必要事項を記載し、受付窓口で手続きする
- エ) 窓口に出向かなくても、郵送で申請手続きができる
- オ) 自治体のホームページ上で申請手続きができる
- カ) 特段の手続きの方法は決められていないため、その都度対応している
- キ) 申請は受け付けていない

Ⅱ－８ 緑化助成制度の申請手続きについて



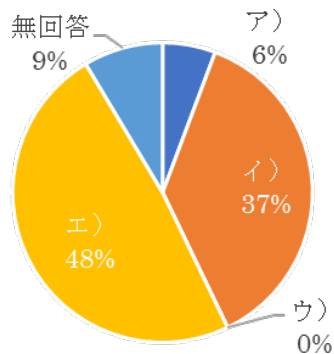
- ア) 主管部署に申請書類があり、それに記入して受付窓口で手続きする
- イ) 自治体ホームページ上に申請書類が掲載され、申請書をダウンロードして必要事項を記載し、受付窓口で手続きする
- ウ) 窓口に出向かなくても、郵送で申請手続きができる
- エ) 自治体のホームページ上で申請手続きができる
- オ) その他

【関連部署との関わり】

関連部署との関わりについては、Ⅰ～Ⅲを対象に、それぞれⅠ－１０、Ⅱ－２、Ⅲ－２で質問をした。

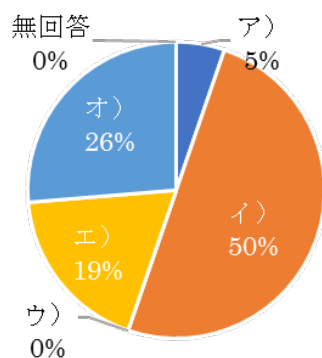
Ⅰでは 48%程度が関連部署との関わりは「ほとんどない」、Ⅱでは 50%、Ⅲでは 58%が「日常的な関わりはないが、必要に応じて関われる体制になっている」と答えた。Ⅰ～Ⅲいずれも、「ある程度日常的な関わりがある」と答えた数は 10%に満たなかった。

Ⅰ－１０ 事業の関連部署間の関わり



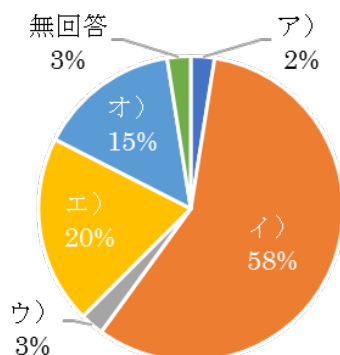
- ア) 関連部署とある程度日常的な関わりがある
- イ) 関連部署との日常的な関わりはないが、必要に応じて関われる体制になっている
- ウ) 関連部署との関わりをもつよう努力しているが、実際には難しい
- エ) 関連部署との関わりはほとんどない

Ⅱ－２ 大気環境保全・保健主管部署との関わりについて



- ア) ある程度日常的な関わりがある
- イ) 日常的な関わりはないが、必要に応じて関われる体制になっている
- ウ) 関わりをもつよう努力しているが、実際には難しい
- エ) 関わりをもつことは必要だと認識はしているが、具体的な取り組みは行っていない
- オ) 関わりはほとんどない（必要がない）

Ⅲ－２ 大気環境保全・保健主管部署との関わりについて



- ア) ある程度日常的な関わりがある
- イ) 日常的な関わりはないが、必要に応じて関われる体制になっている
- ウ) 関わりをもつよう努力しているが、実際には難しい
- エ) 関わりをもつことは必要だと認識はしているが、具体的な取り組みは行っていない
- オ) 関わりはほとんどない（必要がない）

事業の内容や運用に係る設問

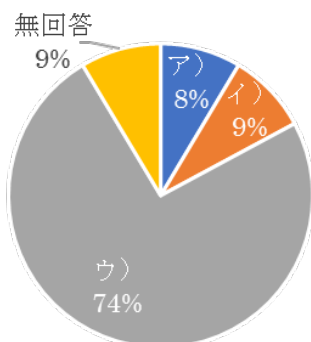
【事業の活用実績と本事業への期待】

事業の活用実績と本事業への期待については、Ⅰ～Ⅲを対象に、それぞれⅠ－７、Ⅱ－３、Ⅲ－３で質問をした。

Ⅰ～Ⅲいずれも、本事業の活用実績については、「ない」が最も高く、Ⅰでは 85%（うち、「施設整備の担当でない」が 74%）、Ⅱでは 68%、Ⅲでは 62%であった。また、Ⅱ、Ⅲではそれぞれ 25%程度「わからない」と回答した。

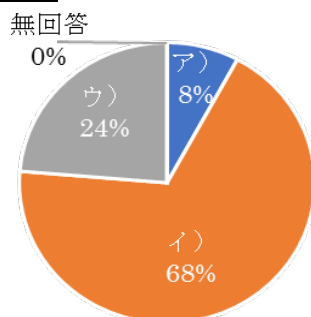
Ⅱ、Ⅲには本事業への期待として、今後積極的に事業を活用する意向があるかどうか尋ねたところ、「わからない」との回答が最も多く、それぞれ 63%、55%であった。

Ⅰ－７ 部署内の事業活用実績について

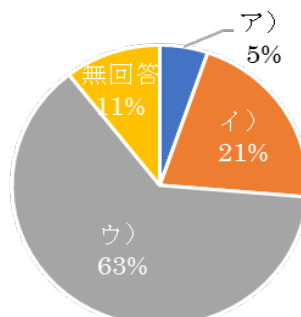


ア) 活用したことがある
イ) 施設整備を担当しているが本事業を活用したことはない
ウ) 部署内で施設整備を担当していない

Ⅱ－３ 本事業への期待（実績と今後の活用意向）

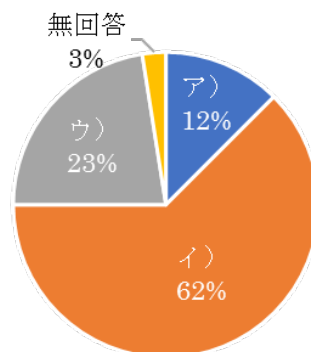


ア) ある
イ) ない
ウ) わからない

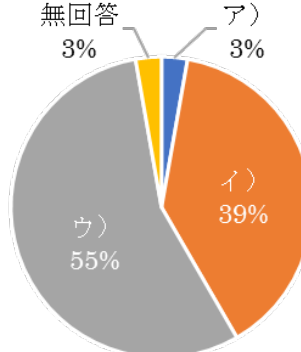


ア) ある
イ) ない
ウ) わからない

Ⅲ－３ 本事業への期待（実績と今後の活用意向）



ア) ある
イ) ない
ウ) わからない



ア) ある
イ) ない
ウ) わからない

【事業の助成対象】

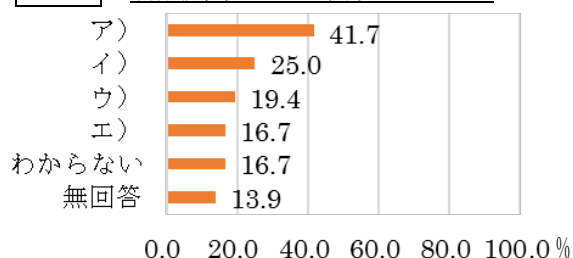
事業の助成対象については、Ⅰを対象に、Ⅰ－８、Ⅰ－９で質問をした。

助成対象とする樹種に関する回答は「現行のままでよい」が最も多く 41.7%であったが、事業の趣旨を重視し「本事業の趣旨に沿う樹種を対象とするべき」と考えるか、緑化の推進を重視し「とりいれやすい樹種を対象とするべき」と考えるかによって、回答にばらつきが見られた。

また、助成対象とする経費に関する回答は「維持管理費も含める」が最も多く 42%を占めたが、「維持管理の負担が大きい」、「大気浄化効果を維持するためには適切な維持管理が必要なため対処とすべき」など、理由は大きく二分された。

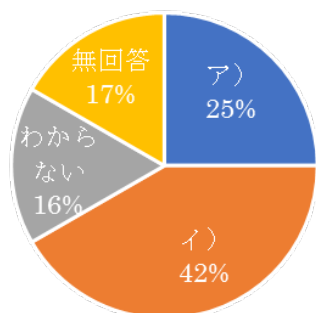
一方で、「現行のままでよい」との回答理由では、「維持管理費は植栽者が負担すべき」、「対象の植樹とそれ以外で費用管理が煩雑になる」などの意見も寄せられ、助成対象とする経費の検討は、慎重に行う必要があると言える。

Ⅰ－８ 助成対象とする樹種について



- ア) 大気浄化能力を有する樹種でよい（現行のままでよい）
- イ) 大気浄化能力に関わらず地域にあった樹種ならよい（樹種にこだわらない）
- ウ) 樹木に限らず、草本植物（草花）でもよい
- エ) 緑のカーテンなどのツル植物でもよい

Ⅰ－９ 助成対象経費について



- ア) 材料費、植栽費及びこれに伴う費用（現行のままでよい）
- イ) 維持管理費（剪定、刈り込みなど）も含める

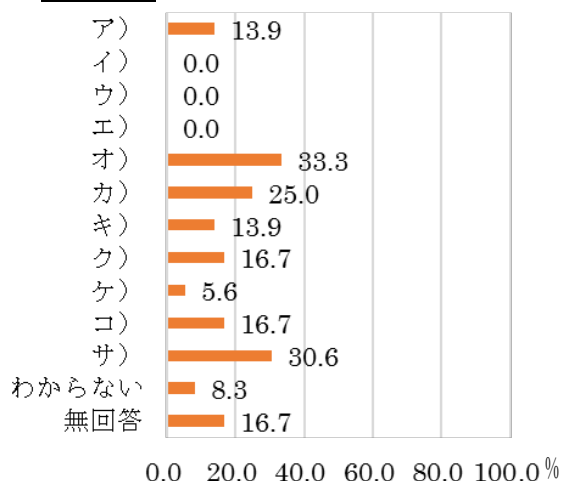
【緑化をする上での課題】

緑化をする上での課題については、Ⅰ～Ⅲを対象に、それぞれⅠ－１１、Ⅱ－４、Ⅲ－４で質問をした。

緑化をする上での課題は、Ⅰ～Ⅲいずれも回答にばらつきが見られたが、共通して「維持管理が面倒」、「維持管理の手間や費用がかかる」など「維持管理が課題」とする回答が多数を占めた。

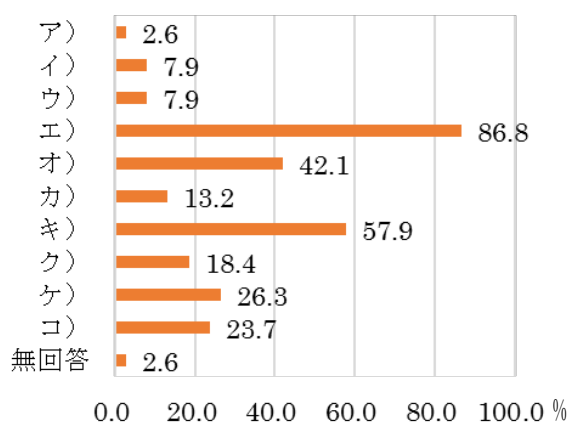
ⅡやⅢでは、「落葉」など周辺住民への配慮を課題とする回答も比較的多く見られた。

Ⅰ－１１ 植樹や緑化を躊躇させる問題点



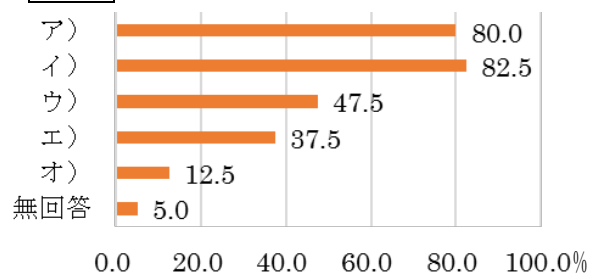
- ア) 大気浄化の問題が顕在化しているとは思えない
- イ) 効果が期待できない
- ウ) 効果の科学的根拠に欠ける
- エ) 効果的な植栽のしかたがわからない
- オ) 維持管理が面倒
- カ) 助成費用に維持管理費が見込まれていない
- キ) 道路管理者との調整が面倒
- ク) 落葉の問題
- ケ) 日照不良の問題
- コ) 病虫害の発生
- サ) その他

Ⅱ－４ 今後の緑地整備の課題について



- ア) 都市緑化には様々な機能や効果があるが、効果があまり期待できない
- イ) 効果の科学的根拠に欠ける
- ウ) 効果的な樹種や植栽のしかたがわからない
- エ) 植栽時だけでなく、植栽後も維持管理が必要で手間暇や経費がかかる
- オ) 財政的な問題が大きく、緑化まで手が回らない
- カ) 防犯上の問題（樹木がうっそうと繁り、見通しが悪くなる）
- キ) 落葉の問題
- ク) 日照不良の問題
- ケ) 病虫害の発生
- コ) その他

Ⅲ－４ 学校施設等での緑化上の制約について



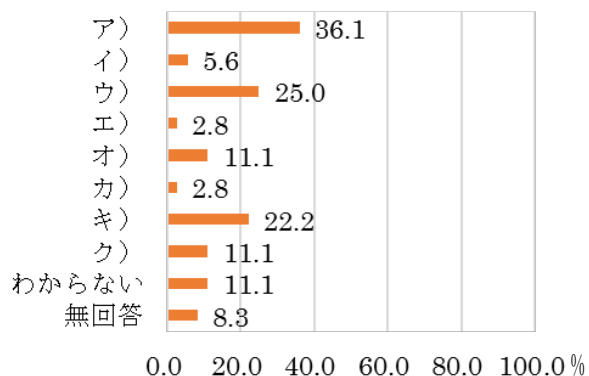
- ア) 維持管理作業が大変である
- イ) 周辺住民から落葉・日照不良・病虫害発生等の苦情がある
- ウ) 防犯上の問題から見通しをよくすることが求められ、樹木をうっそうとできない
- エ) 運動会の開催や非常時の避難場所にも指定されているため、空間が必要
- オ) その他

【既存の緑化助成制度】

既存の緑化助成制度については、Ⅰ～Ⅱを対象に、それぞれⅠ－１２、Ⅱ－６で質問をした。

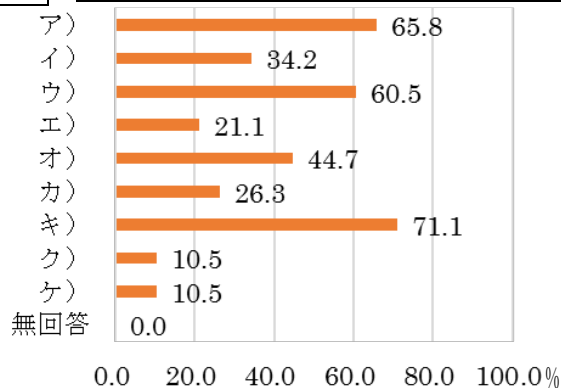
「生垣づくり」、「保護樹木・保護樹林の維持管理」、「屋上・壁面緑化」、「花壇づくり」が上位を占めた。「その他」としては、「沿道緑化」や「緑化樹木配布」などが挙げられた。

Ⅰ－１２ あなたの自治体のその他の緑化助成制度



- ア) 生垣づくり
- イ) 地上部緑化
- ウ) 屋上・壁面緑化
- エ) 駐車場緑化
- オ) 花壇づくり
- カ) 緑のカーテン
- キ) その他
- ク) 民有地の緑化助成制度は実施していない。

Ⅱ－６ あなたの自治体のその他の緑化助成制度



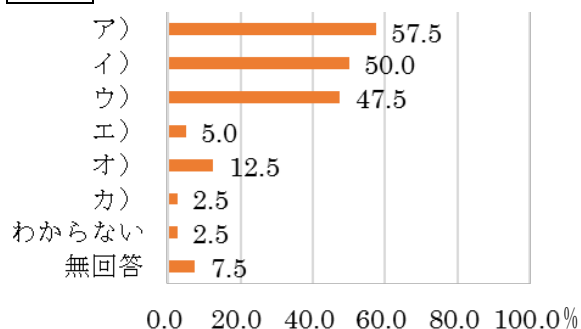
- ア) 生垣づくり
- イ) 地上部緑化
- ウ) 屋上・壁面緑化
- エ) 駐車場緑化
- オ) 花壇づくり
- カ) 緑のカーテンづくり
- キ) 保護樹木・保護樹林の維持管理
- ク) その他
- ケ) 民有地における緑化助成制度はない

【緑地の活用】

緑地の活用については、「環境教育への活用」にターゲットを絞り、Ⅲを対象に、Ⅲ－５で質問をした。

「身近な動植物の観察」、「授業での活用」、「総合学習での活用」が50%を占めた。「クラブ活動での活用」、「専門家による出前授業」に対しては消極的で、それぞれ5.0%、12.5%であった。

Ⅲ－５ 環境教育への活用について



- ア) 身近な動植物の観察
- イ) 授業での活用
- ウ) 総合学習での活用
- エ) クラブ活動での活用
- オ) 専門家による出前授業
- カ) その他

事業の課題と今後の展開に係わる設問

【事業の課題】

事業の課題については、Ⅰ～Ⅲを対象に、それぞれⅠ－１１、Ⅱ－９、Ⅲ－６で質問をした。

「申請が進まない理由」として、以下の意見が寄せられた。

「周知不足」や「大気浄化植樹のニーズが低下した」、「申請手続きの煩雑さ」など、事業の課題とともに、「植栽する場所がない」や「維持管理が困難」、「財政的に困難」など、自治体が抱える課題も見えた。

<主なご意見>

●周知不足（33）

- ◎植栽する場所がない（９）
- ◎大気環境が改善され、植栽ニーズが低下（８）
- ◎植栽後の維持管理が困難（８）
- ◎財政的に困難（６）
- 助成単価が安く、インセンティブになりにくい（４）
- 申請手続きの煩雑さ（３）
- 樹種が限定されている（草花やツル植物が対象外）（３）
- ホームページを閲覧しても関連情報がみつからない（２）
- 申請手続きの情報が不足（２）
- 申請から助成金交付までの期間が不明瞭（２）

※（）内は件数を示す。●は10件以上、◎は5件以上、○は5件以下

<個別意見>

- ・事業の認知度が低い（周知不足）（33）
- ・植栽できる場所の確保が難しい（特に既存施設では困難）（9）
- ・目標についての認識や緑化の必要性の意識が浸透していない（大気環境保全を目的とした緑化の認識がない。発生源対策の進展により緑に頼る必要がない。大気環境が改善されニーズが低下）（8）
- ・植栽後の維持管理の予算が担保されていない（8）
- ・財政的問題（限られた予算の中での優先順位が低い）（6）
- ・助成単価が安くインセンティブになりにくい（工事単価 3 万円/m² 以上。せめて 1 万円/m² 以上）（4）
- ・申請手続きの煩雑さ（3）
- ・樹種が限定されている（樹木だけでなく、花苗も対象に）（3）
- ・国庫補助との併用が可能なこと、補助金活用の制限など必要な情報提供がない（2）
- ・ホームページを閲覧してもどこに掲載されているかわからない（具体的な助成内容や手続きがない。）（2）
- ・申請から助成金交付までの期間が明瞭でない（手続きにどれだけの手間暇がかかるのか不明）（2）
- ・新規施設の場合は、他の補助金制度があり、本事業を活用する必要がない（公共施設の緑化には別の助成制度がある）（2）
- ・環境保全と植栽が別所管であり情報交換も少ない（2）

- ・ 大気浄化植樹というより一般的な緑化助成としたほうが申請しやすい (1)
- ・ 公園や道路が助成対象外 (1)
- ・ 民間事業者に周知されていない (1)
- ・ 民間事業者には植栽助成は行わない (1)
- ・ 事業者のメリットがない (1)
- ・ 防犯上の観点から「死角」ができる緑化を積極的に進めるのが困難 (1)
- ・ 施設の新設がない限り適用する機会がない (1)
- ・ 他の緑化助成との差別化が図られていない (1)
- ・ 企業との連携等による出前授業や独自の環境教育が行われているため余地がない (1)
- ・ 古い学校が多いため既存樹木が大きく成長し、新たな植栽の余地がない (1)
- ・ 植樹は新設の場合しか機会がない (1)
- ・ 人手が足りない (1)

【今後の展開】

今後の展開については、Ⅰ～Ⅲを対象に、それぞれⅠ－１３、Ⅱ－１０、Ⅲ－７で質問をした。

「事業の継続、推進、新たな展開に向けた自由意見」として、以下の意見が寄せられた。

「ホームページの充実」や「パンフレットの配布」、「実施事例集の作成と配布」、「維持管理の容易な樹種選定に関する情報提供」など事業の周知に係る意見のほか、「申請手続きの煩雑さの低減」や「一般市民が手軽に活用できるような助成制度に」など事業の見直しに係る意見が寄せられた。

<主なご意見>

●助成対象範囲の拡充（維持管理費用、既存木保存、老木の更新など）（９）

◎事業の周知の徹底（３）

◎ホームページの充実（２）

◎施設整備・緑化・教育委員会等の関連所管部署へのパンフレット等の効果的配布（２）

○事業者や一般市民にも理解できるわかりやすいパンフレットの作成と配布（１）

○実施事例集の作成と配布（１）

○研修会などを通じた情報提供（１）

○申請手続きの煩雑さの低減（１）

○一般市民が手軽に活用できるような助成制度に（１）

○維持管理の容易な樹種選定や管理手法の情報提供（１）

※（）内は件数を示す。●は１０件以上、◎は５件以上、○は５件以下

<個別意見>

- ・助成対象範囲の拡充（維持管理費用の助成。既存大径木の維持管理費の助成。老木の更新）（９）
- ・事業の周知を続けることが重要（周知の徹底）（３）
- ・ホームページの充実（記事が小さい、見てもよくわからない、申請に係る具体的内容、問合せ連絡先、申請手続き方法手続きの具体例やタイムスケジュール）（２）
- ・建築計画部署や教育委員会等へのパンフレットなどの効果的な配布による事業の周知（２）
- ・助成制度であることが認知されていない（１）
- ・一般市民が取り組めるよう、親しみのある樹種など、樹種選定の選択肢を増やす（１）
- ・実施事例集を作成し情報提供する（１）
- ・事業者や一般市民にも理解できるわかりやすいパンフレットを作成し事業の主旨を理解いただく（１）
- ・事業効果や助成内容わかる資料やパンフレットを教育委員会の担当部署に直接送付・配布する（１）
- ・研修会などを通じて情報提供する（１）
- ・都市緑化は温暖化対策や自然共生でも実施されており、それらとの棲み分けが困難（１）
- ・事業者から拠出された基金の運用益で賄われている以上、・・・（１）
- ・必要性は感じるが、植栽する場所がない（１）
- ・大規模な緑化事業は国交省系の別の補助金が使える（１）
- ・助成額は工事費の１／２は必要（１）
- ・一般市民が手軽に利用できるような助成制度に（１）

- ・手続きの煩雑さの軽減（1）
- ・植栽助成後の維持管理を促す方法の検討が必要（1）
- ・研究成果を教育の場でも利用できるようなわかりやすい資料として提供する（1）
- ・調査研究の成果を HP などで公表すると、助成申請の参考になる（1）
- ・出前授業との組合せ（1）
- ・維持管理の容易な樹種や管理手法の情報提供（1）

4. 対象自治体担当者へのヒアリング調査

アンケートの補足、補強調査と位置付け、自治体担当者へのヒアリング調査を実施した。

(1) 実施概要

① 調査対象

アンケートにおいて、本事業の課題（下記参照）の解決につながり得るご回答をいただいた方かつ、趣旨をご理解の上、ヒアリングへ協力いただける方を対象とする。

アンケート結果から見えた本事業の課題

- ◇周知不足（周知相手が不適切、部署間連携が希薄など）
- ◇ニーズの低下（大気浄化植樹の効果が不明瞭、大気環境改善の必要性が低下したなど）
- ◇手続きが煩雑（手続きに係る手間や流れが不明瞭、手続きに係る人件費の確保が困難など）
- ◇植栽場所がない（植栽スペースの不足、新たな植栽事業がないなど）
- ◇植栽後の維持管理困難（維持管理コスト、手間の確保が困難）
- ◇財政的に困難（他に優先すべき事業があるなど）

② 調査項目と内容

アンケートでお寄せいただいたご意見や既存事業の情報、自治体の現状などについて、具体的な意見を引き出すために、ヒアリングを行った。

具体的な調査項目や内容を表 I .4-1 に示す。

③ 調査方法

対面式の直接ヒアリング、または電話ヒアリングなど、各対象者と調整の上、決定した。

④ 調査期間

平成 30 年 2 月 1 日（木）～平成 30 年 2 月 9 日（金）

表Ⅰ.4-1 ヒアリング調査項目

課題		ヒアリング確認事項	現時点で考えられる方策
周知不足	・窓口部署が不適切 ・部署間連携が少ない	・引き継ぎが行われている期間（長年引き継ぎがなされているのか） ・引き継ぎでの共有事項 ・部署間連携の実態（情報の共有は可能か）	・事業周知の徹底 ・HP の充実 ・パンフレット作成
ニーズの低下	・大気浄化植樹の効果が不明瞭 ・大気環境改善の必要性が低下した	・大気浄化植樹の効果に対する考え ・近年の大気環境に関する意識（光化学オキシダントやPM への対応） ・大気環境改善のみならず、緑の有する多面的機能も総合的に紹介することで、事業の導入が進むかどうか	・近年の大気環境の整理 ・オゾン等による植物被害の紹介 ・植物の持つ機能を総合的に紹介
手続きが煩雑	・手続きにかかる手間や流れが不明瞭 ・手続きに係る人件費の確保が困難	・具体的に手間がかかると感じる工程 ・理想的な手続きのタイムスケジュール	・手続きの省略化 ・分担 ・手続きフローの明確化
植栽場所がない	・植栽スペースの不足 ・新たな植栽事業がない	・植栽可能面積が少ない都市部での緑化推進の考え方（ツル植物の方が取り入れやすい、屋上緑化や壁面緑化、接道部緑化ならば取り入れやすい、既存樹木の活用・更新ヘシフトすべきなど）	・助成対象の変更 ・屋上緑化や壁面緑化の推奨
植栽後の維持管理が困難	・維持管理コスト、手間の確保が困難	・既存の緑化事業における、維持管理コストや手間の確保 ・助成範囲の拡充や維持管理の容易な樹種選定により事業の導入が進むかどうか	・助成範囲の拡充 ・維持管理の容易な樹種選定
財政的に困難	・他に優先すべき事業がある	・植栽事業よりも優先されやすい事業の有無 ・助成範囲の拡充により事業の導入が進むかどうか	・助成範囲の拡充

※この他、各自治体の実情やアンケートの回答内容を踏まえて、ヒアリング項目を適宜追加した。

(2) 調査結果

① 実施状況

ヒアリングの実施状況を表Ⅰ.4-2に示す。過去に事業実績のある、事業活用に向けて前向きな取り組みを行っている、アンケートで具体的な意見を寄せている、などといった観点からヒアリング対象者を選定した。地域や区分に偏りが出ないように留意して7名に絞り込み、ヒアリング実施の打診をした。

うち5名はお引き受けいただいた。1名は別部署の担当者をご紹介いただいた。1名は繁忙期につき、お引き受けいただけなかった。

実施方法は、対面を基本としたが、A市、E市は、担当者の希望により、電話とした。

表Ⅰ.4-2 ヒアリング実施状況

区分	自治体名	選定理由	実施方法	実施日
I	A市	・関連部署へ積極的な事業周知を行っている。 ・文書や電話、自治体HPを用いて、積極的な事業周知を行っている。 ・過去に事業を活用したことがある。	電話	平成30年 1月31日
I	B区	・アンケート回答者が、緑化に係る部署の在籍経験あり。 ・事業周知に対する具体的なご意見をお寄せいただいた。	対面	平成30年 2月2日
II	C市	・大気浄化植樹助成事業について、自治体HPを用いて積極的な周知を行っている。	対面	平成30年 2月9日
II	D市	・事業について、引き継ぎがなされている。	対面	平成30年 2月9日
II	E市	・自治体内で事業に関する情報周知が行われている。 ・毎年、事業に関する予算を用意している。	電話	平成30年 2月6日
III	F区	・事業の活用実績がある。 ・事業周知に対する具体的なご意見をお寄せいただいた。	対面	平成30年 2月5日

② 結果概要

ヒアリングの結果概要を表Ⅰ.4-3に示す。

表Ⅰ.4-3 ヒアリング結果概要（1/2）

項目	ヒアリング結果概要
課題 1.「周知不足」について	・ ホームページで応募要項や事業のポイント、手続きの手順を紹介するほか、申請書類の様式の掲載、実績の紹介などがあると良い。 ・ 関連部署が集まる自治体内の審議会や、複数自治体の土木系部署が集まる連絡会、研究会の場を活用して、情報周知を行ってはどうか。 ・ 緑地整備は、新築マンションの付加価値の向上にも寄与することに着目し、開発事業をターゲットとして情報提供、情報周知をしてはどうか。
課題 2.「ニーズの低下」について	・ 大気浄化植樹の効果を HP やパンフレットなどを用いて、よりわかりやすく発信してはどうか。 ・ PM_{2.5}やヒートアイランド、都市景観など、話題のキーワードと絡めて、緑の有する多面的機能を紹介するのは効果的と思う。 ・ 緑の有する多面的機能をアピールしていくために、「大気浄化植樹」の名称を変更してはどうか。 ・ カーボンオフセットの考え方を参考に、直接的な排出源から離れた場所であっても、大気浄化の意義があるということを伝えてはどうか。
課題 3.「手続きが煩雑」について	・ 手続きに要する期間をホームページなどで明確にしてもらえると良い。 ・ 予防事業全体の手続きは、個別事業の担当部署との連携が必要であり、手間がかかる。大気浄化植樹事業単体で申請を受け付ける等、単独部署で手続きを完結できるしくみになると良い。 ・ 一般市民が手軽に申請手続きできるしくみをつくってはどうか。
課題 4.「植栽後の維持管理が困難」について	・ 低木など手軽に管理できるもので、事業推進をしてはどうか。 ・ 樹種選定においては、地域の在来種や植栽場所の環境、地域住民の意見に配慮することが重要である。さらに維持管理の手間も重要な観点で、将来的な倒伏の可能性なども考慮する必要がある。 ・ 維持管理費の助成は、対象木とそれ以外の区別が煩雑になる恐れがあるため、保護樹木など、対象を明確にしやすいものに限定して助成を行ってはどうか。 ・ 維持管理費を助成する場合、毎年少額を支給するか、数年に1度まとまった金額を支給するか、2つの考え方ができる。 ・ 維持管理費を助成する場合、新たな手続きフローが発生し、手間、人件費が増大するようであれば、本末転倒である。

表 1.4-3 ヒアリング結果概要 (2/2)

項目	ヒアリング結果概要
課題 5.「植栽場所がない」について	・地域の景観向上や市民への公開性などの観点から、緑化効果の高い、公園に面した場所や公開空地などを対象としてはどうか。 ・開発や人口の増加が進み、新築、改築工事の増えているエリアを対象としてはどうか。 ・緑のカーテンや接道部の生垣、プランターなど、規模が小さく、植栽場所が限定されないもので本事業を活用してはどうか。 (上記の注意事項として) ・屋上緑化は、緑化推進の一つの方策と考えられるが、コストのかかる植栽であるため、導入できる人(＝助成を受けられる人)が限定されてしまう恐れがある。 ・緑のカーテンなど市民レベルでできるものは、自治体が支援すべきであり、国から助成する必要性は低い。 ・接道部の緑化は、安全性の確保が求められ、維持管理にも注意が必要となる。 ・老木の補植に活用できないか。 ・地域の緑化政策の方針が、大気浄化植樹事業の方針と一致しない場合もあるため、対象樹種を可能な限り限定しないでほしい。
課題 6.「財政的に困難」について	・事業取りやめの可能性が低い、老朽化した公共施設の改築事業などとあわせて本事業を活用してはどうか。 ・現行どおり、他の助成金との併用ができると良い。
その他	・工場・事業所向けに、大気浄化植樹助成事業の活用意向に関するアンケートを行ってはどうか。 ・一般市民や自治会、学校等向けに、緑化樹木の配布を行ってはどうか。 ・緑地の大気浄化機能に対して、認定制度を導入してはどうか。評価を受けた自治体のインセンティブにつながるだけでなく、優良事例の紹介への寄与も期待できる。

5. 近年の大気環境と都市緑化の動向

インターネットを活用し、既往の知見を整理した。大気環境の現状については、環境省の「平成 29 年版環境白書・循環型社会白書・生物多様性白書」から引用した。大気汚染の影響については、大気環境学会の「大気環境の健康影響と植物影響」に関する特集や埼玉県環境科学国際センターの HP 等を参考にした。また、都市緑化の動向については、国土交通省の「みどりの政策の現状と課題」、「平成 28 年全国屋上・壁面緑化施工実績調査の結果報告」等を参考にした。

(1) 大気環境の現状とその影響

① 大気環境の現状

i. 二酸化硫黄

1970 年度～2015 年度の二酸化硫黄濃度の年平均値の推移を図 I .5-1 に示す。二酸化硫黄の 2015 年度の年平均値は一般環境大気測定局（以下、「一般局」という）が 0.002ppm、自動車排出ガス測定局（以下「自排局」という）が 0.002ppm で、近年は一般局、自排局ともほぼ横ばい傾向にある。また、環境基準の達成率は一般局 99.9%、自排局 100%であり、近年良好な状態が続いている。

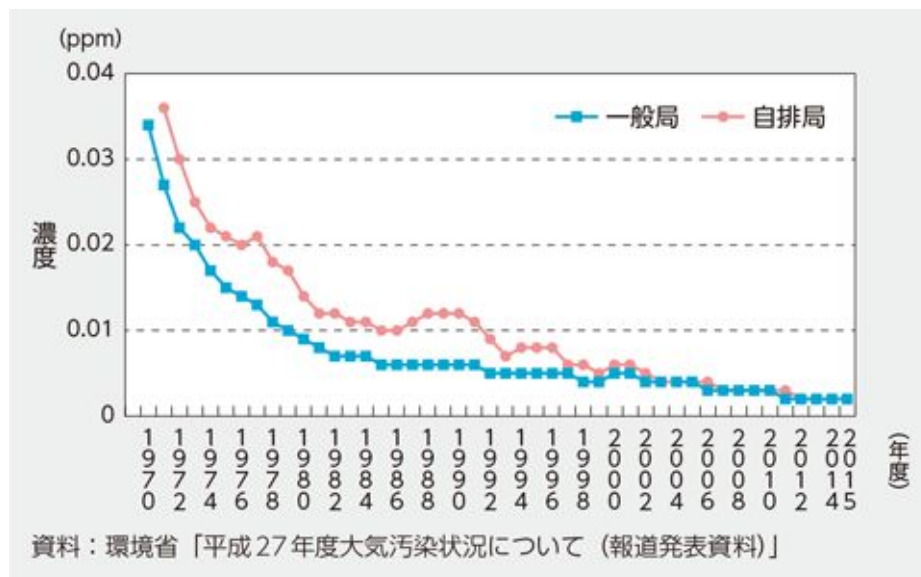


図 I .5-1 二酸化硫黄濃度の年平均値の推移（1970 年度～2015 年度）

ii. 窒素酸化物

二酸化窒素の年平均値の推移を図 I .5-2 に示す。2015 年度の二酸化窒素の年平均値は、一般局 0.010ppm、自排局 0.019ppm であり、一般局、自排局ともに近年緩やかな低下傾向がみられる。

また、2008 年度から 2015 年度にかけての環境基準の達成率を図 I .5-3 に示す。環境基準の達成率は、一般局 100%、自排局 99.8% であり、一般局では近年全ての測定局で環境基準を達成し、自排局においても高い水準で推移している。

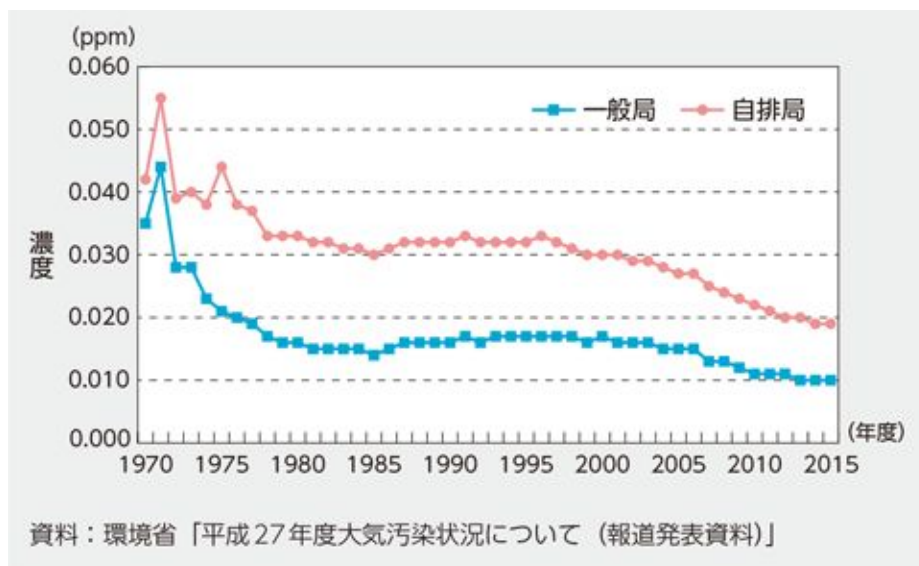


図 I .5-2 二酸化窒素濃度の年平均値の推移（1970 年度～2015 年度）

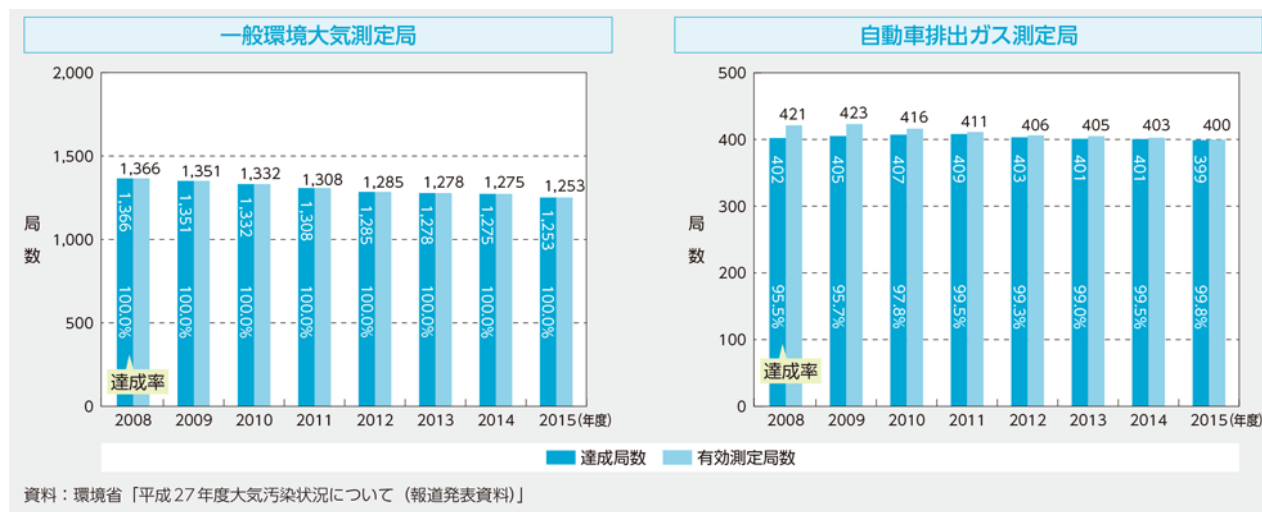


図 I .5-3 二酸化窒素の環境基準達成状況の推移（2008 年度～2015 年度）

iii. 浮遊粒子状物質

浮遊粒子状物質（以下「SPM」という）の年平均値の推移を図 I .5-4 に示す。2015 年度の SPM の 2015 年度の年平均値は、一般局 0.019mg/m³、自排局 0.020mg/m³であり、一般局、自排局とも近年横ばい状態で推移している。

また、2008 年度から 2015 年度にかけての環境基準の達成率を図 I .5-5 に示す。環境基準の達成率は、一般局が 99.6%、自排局 99.7%であり、2014 年度と比較して一般局、自排局ともわずかに低下したが、いずれも高い水準を維持している。

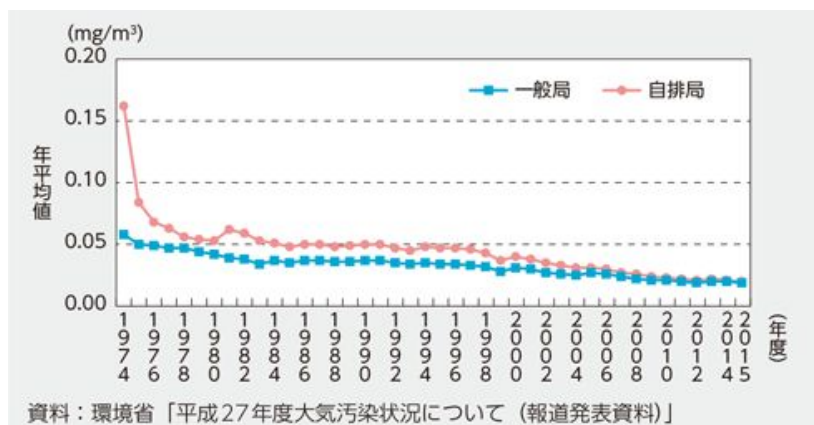


図 I .5-4 浮遊粒子状物質濃度の年平均値の推移（1974 年度～2015 年度）



図 I .5-5 浮遊粒子状物質の環境基準達成状況の推移（2007 年度～2015 年度）

iv. 微小粒子状物質

微小粒子状物質（以下「PM_{2.5}」という）の2010年度～2015年度の有効測定局数、環境基準達成率の推移を表1に示す。PM_{2.5}の有効測定局数は、一般局が765局、自排局が219局であり、PM_{2.5}が常時監視項目に加わった2010年度以降、着実に増加し、監視体制の充実が持続している。環境基準の達成率も一般局、自排局とも増加しつつあるが、2015年度の環境基準達成率は一般局74.5%、自排局58.4%に止まっている。

なお、2015年度のSPMの年平均値は、一般局13.1 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ 、自排局13.9 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ である。

年 度		2010	2011	2012	2013	2014	2015
有効測定局数	一般局	34	105	312	492	672	765
	自排局	12	51	123	181	198	219
環境基準達成局							
一般局		11	29	135	79	254	570
		(32.4%)	(27.6%)	(43.3%)	(16.1%)	(37.8%)	(74.5%)
自排局		1	15	41	24	51	128
		(8.3%)	(29.4%)	(33.3%)	(13.3%)	(25.8%)	(58.4%)
環境基準非達成局							
一般局		23	76	177	413	418	195
		(67.6%)	(72.4%)	(56.7%)	(83.9%)	(62.2%)	(25.5%)
自排局		11	36	82	157	147	91
		(91.7%)	(70.6%)	(66.7%)	(86.7%)	(74.2%)	(41.6%)
黄砂の影響による環境基準非達成局							
一般局		5	13	59	8	89	21
		(14.7%)	(12.4%)	(18.9%)	(1.6%)	(13.2%)	(2.7%)
自排局		0	5	14	4	21	7
		(0.0%)	(9.8%)	(11.4%)	(2.2%)	(10.6%)	(3.2%)
長期基準と短期基準の両方が黄砂の影響で非達成							
一般局		0	3	10	0	38	6
		(0.0%)	(2.9%)	(3.2%)	(0.0%)	(5.7%)	(0.8%)
自排局		0	2	2	2	7	2
		(0.0%)	(3.9%)	(1.6%)	(1.1%)	(3.5%)	(0.9%)
長期基準のみが黄砂の影響で非達成							
一般局		0	2	4	0	5	3
		(0.0%)	(1.9%)	(1.3%)	(0.0%)	(0.7%)	(0.4%)
自排局		0	0	1	0	0	0
		(0.0%)	(0.0%)	(0.8%)	(0.0%)	(0.0%)	(0.0%)
短期基準のみが黄砂の影響で非達成							
一般局		5	8	45	8	46	12
		(14.7%)	(7.6%)	(14.4%)	(1.6%)	(6.8%)	(1.6%)
自排局		0	1	11	2	14	5
		(0.0%)	(2.0%)	(8.9%)	(1.1%)	(7.1%)	(2.3%)
黄砂観測延べ日数		412	220	203	20	238	68

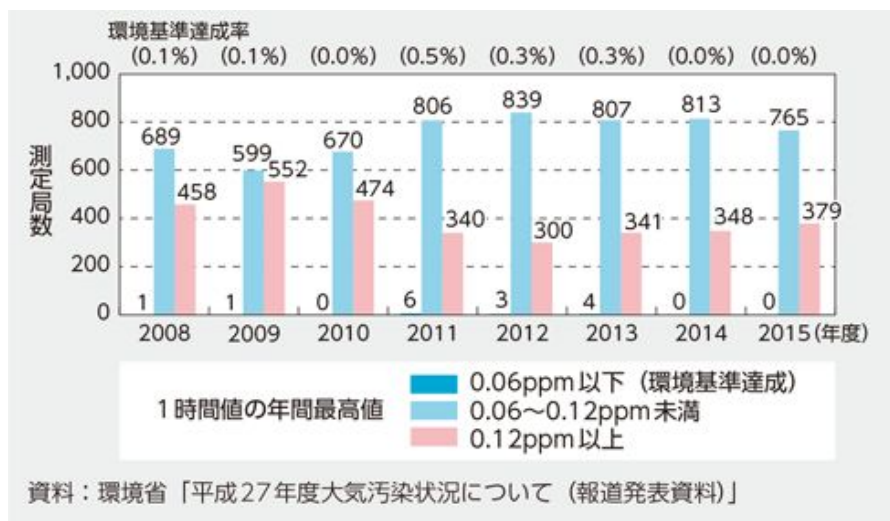
資料：環境省「平成27年度大気汚染状況について（報道発表資料）」

図 I .5-6 微小粒子状物質の環境基準非達成率及び黄砂観測延べ日数

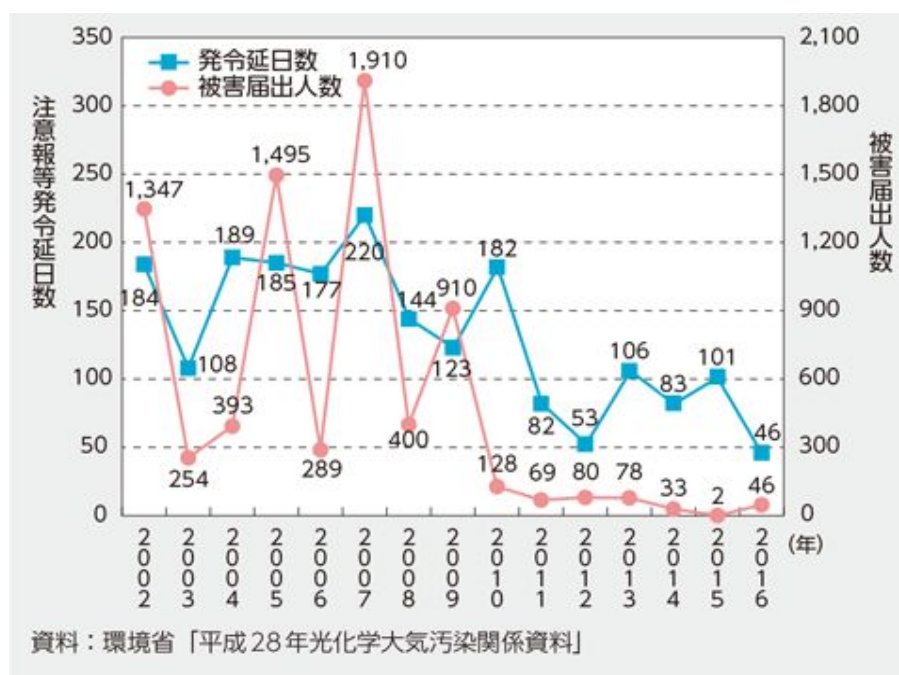
v. 光化学オキシダント

昼間の日最高1時間値の光化学オキシダントの2008年度～2015年度の濃度レベルごとの測定局数の推移（一般局）を図I.5-7に示す。2015年度の環境基準の達成状況は一般局、自排局いずれも0%であり、依然として極めて低い水準となっている。

2002年～2016年度の光化学オキシダント注意報等の発令延べ日数、光化学大気汚染によると思われる被害届出人数の推移を図I.5-8に示す。注意報等発令日数、被害届出人数とも減少傾向がみられるものの、2016年の注意報等発令日数は16都府県46日、被害届人数は2件46人であった。なお、注意報等発令日数を月別でみると、7月が最も多く17日、次いで8月の13日であり、夏期に集中している。



図I.5-7 昼間の日最高1時間値の光化学オキシダント濃度レベルごとの測定局数の推移（一般局）
(2008年度～2015年度)



図I.5-8 注意報等発令延べ日数、被害届出人数の推移（2002年～2016年）

vi. 一般環境測定局・自動車排出ガス測定局の PM_{2.5} の成分分析

環境省ホームページによる「平成 27 年度大気汚染状況」によれば、平成 27 年度の微小粒子状物質 (PM_{2.5}) の有効測定局数は 984 局 (一般局: 765 局、自排局: 219 局) であった。環境基準 (長期基準: 年平均値 15 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ 以下、短期基準: 1 日平均値 35 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ 以下) の達成率は一般局で 74.5%、自排局で 58.4% であり、一般局、自排局ともに改善した。

環境基準達成率が向上した要因として幾つかの要因が挙げられる。一つは気候的要因であり、4 月～5 月頃、太平洋高気圧の張り出しが平年より強く、全国的に南からの暖かい空気が入りやすくなり、その結果、大陸からの越境汚染による高濃度日が発生しにくい気象条件になったこと、6 月～7 月に西日本を中心に前線や台風、湿った空気の影響を受けやすく多雨・寡照となり、光化学反応による二次的粒子が生成されにくい気象条件になったことが挙げられる。二つ目は近年中国の PM_{2.5} の年平均値が低下傾向にあり、高濃度の PM_{2.5} の越境汚染の生じる頻度が減少したこと、また国内の PM_{2.5} の原因物質 (NO_x、VOC など) の排出量が減少傾向にあることが挙げられる。特に中国からの越境汚染の問題については、中国国内での PM_{2.5} がこの数年大幅に改善傾向にあることから、日本国内での越境汚染による問題は急速に改善に向かうと考えられている (鶴野ら、2017)。

一般環境 111 地点 (年平均濃度 16.1 $\mu\text{g}/\text{m}^3$)、道路沿道 33 地点 (年平均濃度 17.0 $\mu\text{g}/\text{m}^3$)、バックグラウンド 20 地点 (年平均濃度 11.6 $\mu\text{g}/\text{m}^3$) の地点分類別の成分分析の結果を図 I.5-10 に示す (環境省ホームページ)。道路沿道では自動車排ガスの影響が大きい元素状炭素 (EC) の割合が他の地点より高いほか、一般環境や道路沿道はバックグラウンドに比べて硝酸イオンや元素状炭素の割合が高く、硫酸イオンの割合がやや低い傾向がみられる。

なお、樹木による粒子状汚染物質の捕捉効果の計測を行っている東京農工大学府中キャンパスに比較的近い甲州街道国立 (自排局) における PM_{2.5} の成分割合を図 I.5-9 に示す。炭素成分では元素状炭素、イオン成分では硝酸イオンの割合が比較的高く、自動車排ガスの影響が大きいことを反映している。

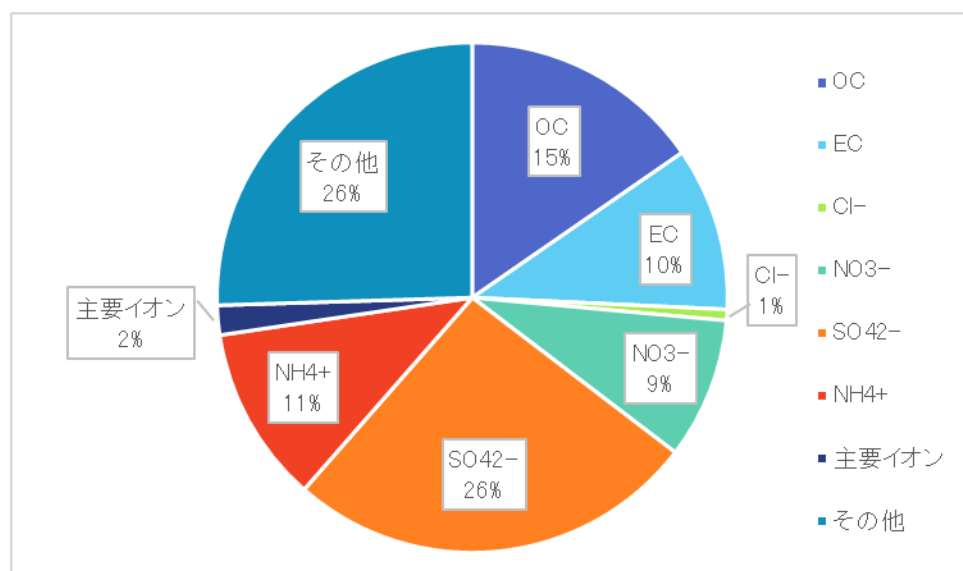


図 I.5-9 甲州街道国立 (自排局) における PM_{2.5} の成分割合

出典) 環境省ホームページ「平成 27 年度成分測定結果」 のデータに基づき作成



図 I.5-10 地点分類別の PM2.5 の成分割合
出典) 環境省ホームページ「平成 27 年度大気汚染状況」

② 大気汚染による人の健康への影響

①の「大気環境の現状」でみてきたように、硫黄酸化物、窒素酸化物、粒子状汚染物質等については、官民一体となった発生源対策等の諸施策により改善されてきているが、PM_{2.5}や光化学オキシダントについては横ばい状態が続いており、環境基準の達成状況も思わしくない。わが国の大気環境は、高度経済成長時代のいわゆる公害の時代に比べればずいぶん改善されてきているが、PM_{2.5}や光化学オキシダントのように未だ環境基準が達成されない項目も残されており、大気環境の問題といっても、質的に変化してきていることに留意する必要がある。以下、PM_{2.5}、光化学オキシダントの影響について整理した。

i. PM_{2.5}による影響

島（2010）は、粒子状汚染物質について、大気汚染による健康影響に関する疫学研究の具体例を紹介し、現状と課題について整理している。

微小粒子状物質（以下「PM_{2.5}」という）の健康影響に関する疫学研究について、欧米諸国による研究を紹介している。PM_{2.5}の健康影響に関する研究は、暴露期間の面では短期暴露と長期暴露に、また健康影響の面では急性影響と慢性影響に大別される。短期暴露は、一日単位などの比較的短期間での大気汚染物質への暴露とその後の健康指標との関連を時系列的に解析し、高濃度のPM_{2.5}への短期暴露が循環器系・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。一方長期暴露は、長期間にわたる大気汚染物質への累積暴露と健康影響との関連を評価するものであるが、米国東部6都市の住民約8000人を対象に長期間追跡した結果、死亡率は大気汚染レベルの高い都市ほど高く、各都市のPM_{2.5}濃度との間に強い正の相関が認められていることを紹介している。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、環境省によるPM_{2.5}暴露影響調査も行われている。わが国の一般環境大気中のPM_{2.5}の健康影響に関する知見を得ることを目的として、1999年に環境庁（当時）は「微小粒子状物質暴露影響調査」を開始し、暴露評価、疫学、毒性の3分野で8年間にわたる調査研究が行われた（環境省、2007）。PM_{2.5}の短期暴露の影響については、全国20市町村における65歳以上の日別の死亡を検討した人口ベースの研究では、PM_{2.5}の日平均濃度の増加により総死亡のリスクがわずかに増加し、呼吸器系疾患による死亡についても有意な増加が観察されたが、循環器系疾患との関連はみられなかった。また、PM_{2.5}の長期暴露の影響については、全国7地域の小児とその保護者を対象にした研究では、PM_{2.5}濃度が高い地域ほど保護者の持続性の咳や痰の有症率が高かったが、小児の呼吸器症状の有症率、罹患率は居住地のPM_{2.5}濃度との関連はみられなかったとしている。

表 1.5-1 環境省による健康影響調査結果の概要

表2 環境省による健康影響調査結果の概要					
調査項目		評価	主な結果		
微小粒子状物質曝露影響調査（環境省、2007）					
短期曝露					
死亡	全死亡	△	PM _{2.5} 濃度の上昇により死亡リスクがわずかに増加		
	呼吸器系	○	3 日前の PM _{2.5} 濃度の上昇により有意に増加		
	循環器系	×	当日～5 日前の PM _{2.5} 濃度との関連なし		
疾病	喘息による受診	×	喘息による急病診療所受診と PM _{2.5} 濃度との関連なし （オゾン濃度とは関連あり）		
	呼吸器系	○	PM _{2.5} 濃度の上昇により喘息児、小学生のピークフロー値が有意に低下		
	循環器系	×	SPM 濃度と心室性不整脈との関連なし		
長期曝露	呼吸器系	△	保護者の持続性の咳・痰は PM _{2.5} 濃度が高い地域ほど高率だが、小児の呼吸器症状とは関連なし		
粒子状物質による長期曝露影響調査（大気汚染に係る粒子状物質による長期曝露影響調査検討会、2009）					
長期曝露	全死亡	×	大気汚染との関連なし		
	肺がん	○	喫煙等のリスク因子を調整した後で SPM 濃度と正の関連あり		
	呼吸器系	△	女性では二酸化硫黄、二酸化窒素濃度と有意な関連あり （SPM 濃度との関連は有意ではない）		
	循環器系	×	SPM 濃度と負の関連あり（ただし、血圧などの主要なリスク因子は未調整）		
○：PM _{2.5} または SPM との関連あり					
△：関連は示唆されるが、明らかとはいえない					
×					PM _{2.5} または SPM との関連なし

出典) 島 正之(2010):大気汚染の健康影響に関する疫学的研究—現状と今後の課題—大気環境学会誌 第 45 巻 第 3 号 P39-46

環境省は、自動車排ガスの健康影響に関する疫学研究も行っている。気管支喘息の患者数は世界的に増加傾向にあり、特に都市化の進んだ地域における増加が著しく、大気汚染との関係が懸念されていることから、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行われた。

1986 年～2000 年までの 15 年間にわたって千葉県下 10 小学校を対象に、米国胸部疾患学会が考案した標準化呼吸器症状質問票を配布し保護者に記入してもらう形で、都市部の沿道部（幹線道路から 50m 以内）、非沿道部（同 50m 以上）、田園部に分け、地区間で比較した。その結果、学童のぜん息症状の有症率、罹患率は居住地区により差がみられ、各地区の大気汚染濃度に対応する結果であった。アレルギーなどの影響を調整してもぜん息症状の罹患率が男女ともに沿道部が最も高いことから、自動車排ガス由来の大気汚染が学童のぜん息の発症に関与していることが示唆された。

また、藤巻（2010）は、大気汚染物質との関連が示唆されている呼吸器疾患やアレルギー疾患の発症に密接に関わる炎症反応と免疫応答に焦点をあて、粒子状汚染物質との関連に関する研究を紹介している。

ディーゼル車から排出されるディーゼル排気粒子（DEP）の健康影響については、スギ花粉症やぜん息などのアレルギー疾患との関連が明らかにされている。また、実験動物を用いた研究では、ディーゼル排気粒子やブラックカーボンなどの前処理がその後の感染抵抗性にどのような影響を与えるのかが調べられ、粒子状汚染物質の暴露による炎症反応の誘導プロセスについて、いくつかの影響経路が明らかになっており、それがアレルギー性疾患の悪化や呼吸器感染の感受性に関わるのではないかと示唆されている。

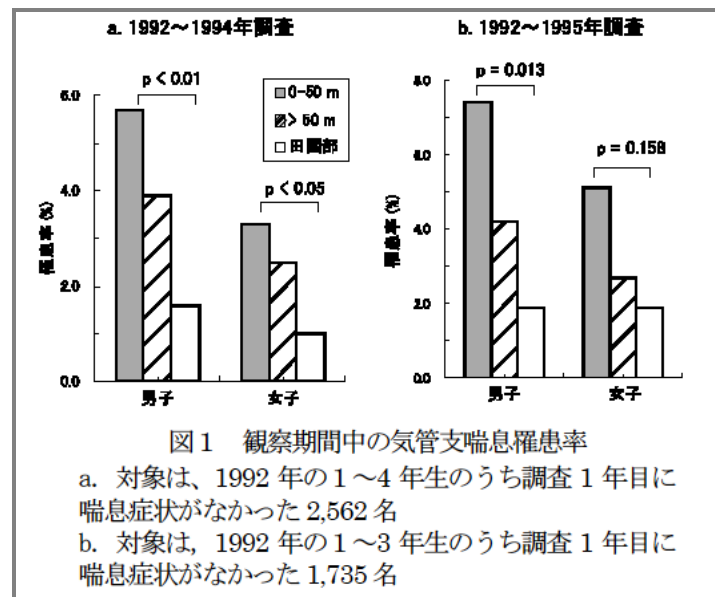


図1.5-11 観察期間中の気管支喘息罹患率

ii. 光化学オキシダントによる影響

工場や自動車などから排出された窒素酸化物、炭化水素等の一次的汚染物質が太陽光線中の紫外線が照射され、光化学反応を起こすことによりオゾンを中心とした二次的汚染物質（光化学反応生成物質）が生成される。この光化学反応生成物にはオゾンのほか、パーオキシアセチルナイトレート（PAN）、過酸化水素、二酸化窒素等の酸化性物質、ホルムアルデヒド等の還元性物質、エアロゾルなどの様々な物質が含まれるが、上記の酸化性物質のうち二酸化窒素を除いたものの総称を光化学オキシダント（Ox）という。この光化学オキシダントやアルデヒド類等によるスモッグを光化学スモッグといい、日差しが強く、気温が高く、風の弱い夏季の日中に発生しやすい。光化学オキシダントの主成分であるオゾンは、窒素酸化物（NO_x）や揮発性有機化合物（VOC）の光化学反応で生成するが、この反応は気温の上昇により促進され、また紫外線の強度が大きく関与するため、窒素酸化物等の前駆物質の濃度が現状のままであると仮定した場合でも、気候変動に伴う温暖化によって光化学オキシダントあるいはオゾンの濃度が増加すると考えられている。また、温暖化によって自動車や給油所、石油精製施設などからのVOC等の揮発量が増加し、植物の生理活性の活発化に伴う植物由来のVOCの増加などにより光化学オキシダント濃度の増加に繋がるリスクがあることも指摘されている。

【人の健康への影響】

光化学オキシダントの健康への影響としては、目の症状（目がチカチカする、涙が出るなど）、呼吸器の症状（のどが痛い、咳が出る、息苦しいなど）、更に症状が重くなると急性症状（吐き気、頭痛、けいれんなど）が出ることが知られている。

因みに、わが国で起こった光化学オキシダントによる被害者の症状は以下のように整理される。

- ◇粘膜刺激症状として、目の痛み、流涙、咽頭痛、咳などの呼吸症状など
- ◇全身症状として、頭痛、めまい、吐気、嘔吐、悪感、発熱、倦怠感など
- ◇神経症状として、四肢のしびれ感、けいれん、意識障害など

また、入院治療を要する被害者の発生時の状況をみると、激しい運動中あるいは運動後に起こってい

る場合が多い。これは、同じ濃度の光化学オキシダントにさらされても、激しい運動をすることによって呼吸量が増加し、光化学オキシダントの摂取量が増大するためであろうと考えられる。

光化学オキシダントによる被害、特に入院治療を要するような被害を未然に防止するための対策として、わが国では環境基準濃度の2倍にあたる1時間値0.12ppm以上の高濃度状況が継続すると考えられるときには光化学スモッグ注意報が発令され、0.24ppm以上では警報が発令され、屋外での行動等の制限を呼び掛けている。これらの症状が発生したときの暴露状況は局所的な高濃度事例であるが、通常的环境濃度レベルにおける光化学オキシダント濃度増加に対応した健康被害としては、学童の欠席率の増加、ぜん息など呼吸器疾患受診者の増加、ぜん息患者の肺機能の低下などとの関連を示す疫学研究がある。しかし、影響はなかったとみる研究もあり、影響がある場合にもその大きさについては、地域や集団で大きな開きがみられる。一方、最近の疫学研究において、環境基準以下の濃度であっても、PM_{2.5}などと同様、光化学オキシダントは日々の濃度がその日あるいは翌日の死亡率と関連していることが明らかにされている。

田村ら（2009）は地球温暖化に伴う光化学オキシダント濃度への影響と超過死亡リスクを検討するために、統計的手法により将来における光化学オキシダント濃度をわが国の大都市圏で推定するとともに、将来の人口分布に基づきオゾン濃度増加に伴う増加死亡数を予測した。その結果、関東圏における将来の光化学オキシダント濃度の増加は大きいところでも7～8ppb程度と推定され、現在既に大陸からの移入によると推定される光化学オキシダント濃度よりも少ないものであった。また、温暖化による光化学オキシダント濃度の増加に伴い、2031年～2050年、2081年～2100年の増加死亡率は、それぞれ5年間の累積として、増加死亡率はそれぞれ約2,600人、約7,100人と推定された。

以上のように、光化学オキシダントは人の健康への影響のみならず、日常的な生活や活動にも少なからず影響を与えている。

【植物への影響】

埼玉県環境科学国際センターHPによれば、植物は動物に比べて光化学オキシダントに対する感受性が強いことが知られている。このため、人の健康に影響（健康被害）が出ない程度の光化学オキシダント濃度でも葉面に目に見える形で障害が現れたり、葉が落ちたりする被害が現れることがある。特にアサガオやサトイモは光化学オキシダントの主成分であるオゾンに対して感受性が強く、葉の表面に白色や褐色の斑点として被害が発現するなど、オゾンの指標植物として知られている。また、ペチュニアはパーオキシアセチルナイトレート（PAN）に対する感受性が強く、葉の裏面に銀白色または青銅色の光沢斑として被害が発現することから、ペチュニアはPANの指標植物として知られている。

光化学スモッグを構成する光化学オキシダント（その主成分はオゾンやPAN）は、二酸化炭素の取り込みと同時に気孔から葉の中に取り込まれるが、オゾンやPANは酸化力が強いので、強い毒性をもっている。このため、葉に入ったオゾンやPANは葉の細胞にダメージを与え、葉緑素を破壊し、葉に被害が発現する原因となる。オゾンは葉の柵状組織の細胞にダメージを与えるため、オゾンによる被害は主に葉の表面に発現する。一方、PANは主に葉の海綿状組織の細胞にダメージを与えるため、PANによる被害は主に葉の裏面に発現する（以上、埼玉県環境科学国際センターHPによる）。

伊豆田（2011）は、樹木に対するオゾンの影響について実験により検討した。わが国では都市域のみならず森林地帯においても100ppb以上の比較的高濃度のオゾンが観測されている。樹木に対するオゾンの影響に関する実験的研究の成果に基づくと、オゾンに対する感受性の強い樹種では、現状の濃度レ

ベルのオゾンによって既に悪影響を受けている可能性が高い。比較的高濃度のオゾンが気孔から吸収され葉中に取り込まれると、葉面に可視障害が発現するが、その症状は樹種によって様々であり、可視障害発現の有無や程度に基づいたオゾンに対する感受性には樹種間差異がある。比較的低濃度のオゾンでも、数ヶ月～数年にわたって暴露を続けると、その成長が低下する。特にオゾンは根の成長を顕著に阻害することが多い。また、個体乾物成長におけるオゾンの感受性にも樹種間差異が認められる。オゾンが気孔を介して葉内に吸収されると、葉緑体における光合成機能が阻害され、葉の炭水化物濃度、炭素濃度、窒素濃度などが低下し、生産量が低下することが知られている。

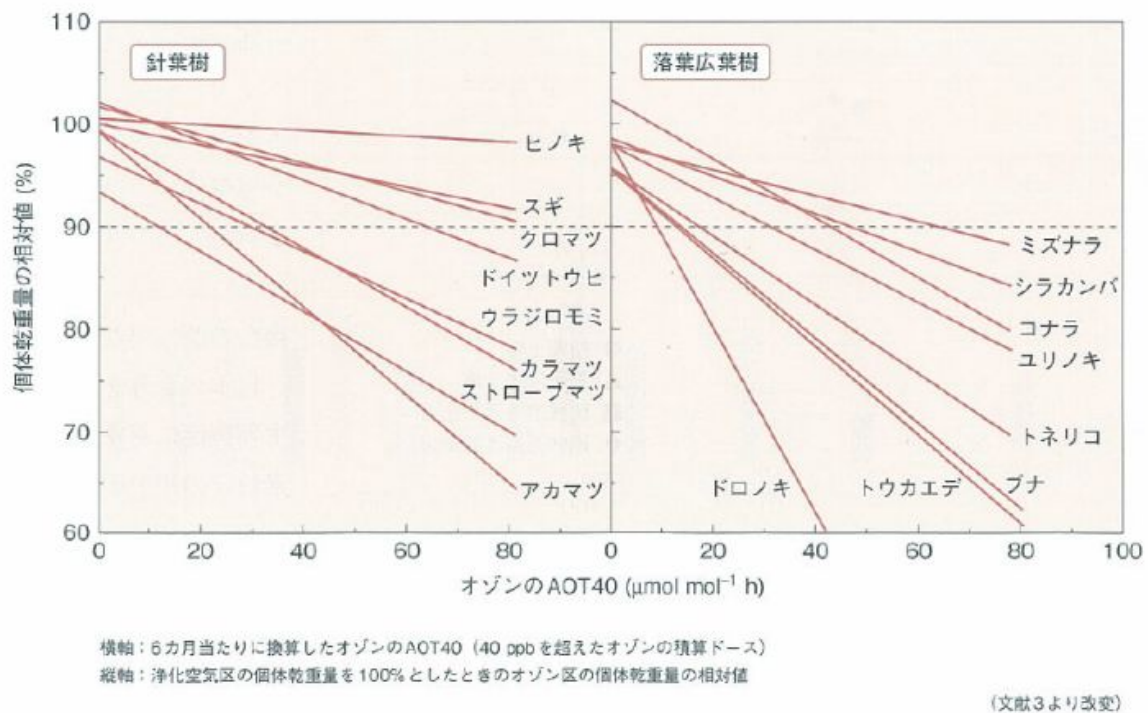


図 I .5-12 16 樹種の個体乾重量の相対値とオゾンの AOT40 との関係

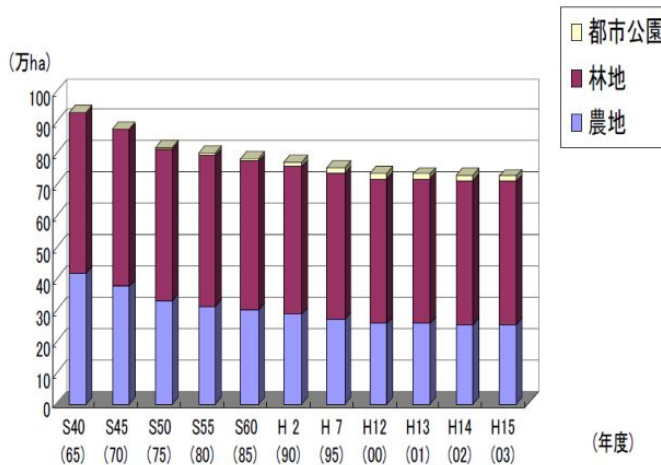
(2) 都市緑化の動向

① 都市の緑地の現状

i. 首都圏（埼玉県・千葉県・東京都・神奈川県）における緑地面積の推移

昭和 40（1965）年から平成 15（2003）年の約 40 年間に、農地・林地が約 21.9 万 ha（山手線内側面積の約 34 個分）が減少した一方、都市公園が約 1.6 万 ha 増加している。緑地面積の合計では約 22%減少している。

昭和 60（1985）年から平成 15（2003）年の約 20 年間でも農地・林地が約 6.6 万 ha 減少している。



	農地	林地	都市公園	緑地合計
昭和40 (1965) 年	約41.9万ha	約50.9万ha	約0.2万ha	約93.1万ha
昭和60 (1985) 年	約29.8万ha -28.90%	約47.7万ha -6.30%	約0.9万ha 450%	約78.4万ha -15.80%
平成15 (2003) 年	約25.1万ha -40.1%	約45.8万ha -10.0%	約1.8万ha 900%	約72.7万ha -21.9%

図 I .5-13 首都圏における緑地面積の推移
出典) 国土交通省：みどりの政策の現状と課題

ii. 名古屋市における緑地面積の推移

名古屋市の緑被地（樹林地・農地・草地・水面）面積は、平成 2（1990）年から平成 17（2005）年の 15 年間で 1,643ha 減少し、緑被率は約 30%から約 25%に低下している。

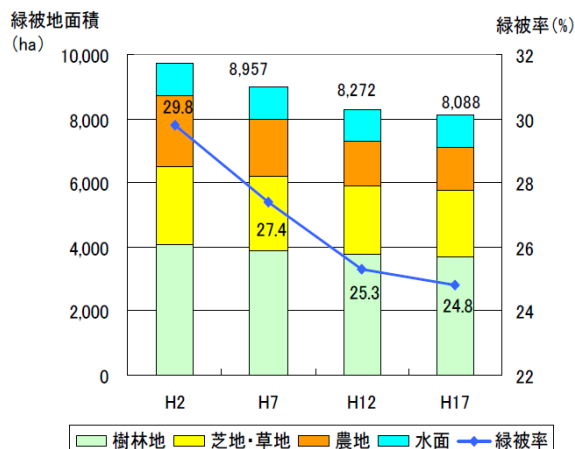


図 I .5-14 名古屋市における緑被地面積の減少
出典) 国土交通省：みどりの政策の現状と課題

iii. 大阪府・大阪市の市街地における緑被地面積の推移

大阪府の市街地（市街化区域）においては、平成 4（1992）年から平成 14（2002）年の 10 年間で緑被地（樹林・樹木に覆われた区画、果樹園、草地（芝生地を含む））面積が 2,575ha 減少し、緑被率が約 20%から約 17%に低下している。

同様に大阪市の市街地では、緑被地面積が 106ha 減少し、緑被率が 10.3%から 9.5%に低下している。

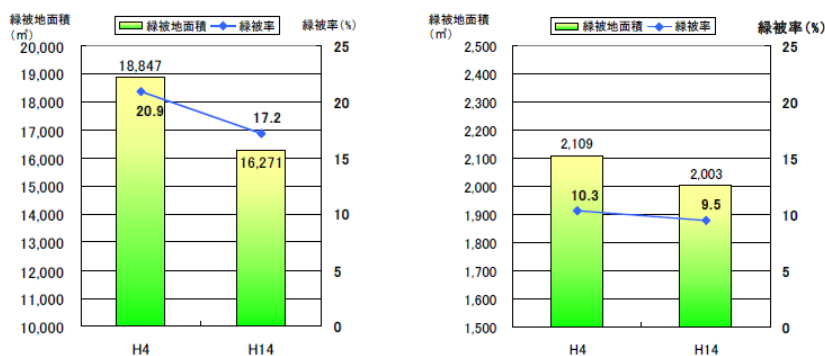


図 1.5-15 市街化区域における緑被地面積の推移（左：大阪府、右：大阪市）

出典）国土交通省：みどりの政策の現状と課題

iv. 全国的にみた緑被率の推移

昭和 57（1982）年から平成 12（2000）年の約 20 年間で緑被率（国土に占める農用地、森林、原野、都市公園の占める割合）は 83.9%から 81.6%に全国的に減少している。三大都市圏、地方圏においてもほぼ同様に推移している。

都市公園の面積は増加しているものの、緑地の大部分を占める森林や農用地が減少しているため、緑被率は全体としては減少している。

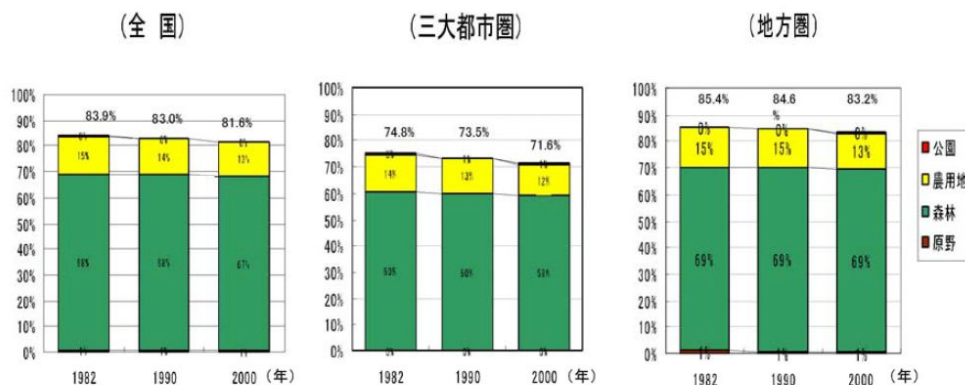


図 1.5-16 全国・首都圏・地方圏の緑被率の推移

出典）国土交通省：みどりの政策の現状と課題

② 都市規模別にみた都市公園整備の推移

昭和 35（1960）年以降、一人当たりの公園面積は順調に増加している（図 I .5-17）。

一人当たりの公園面積の推移を平成元（1989）年から平成 17（2005）年の 17 年間でみると、一人当たりの都市公園面積の全国平均は 5.8m^2 から 9.1m^2 と約 1.6 倍に増加している（図 I .5-17）。

これを都市の規模別にみると、一人当たりの公園面積は、都市の規模が大きくなるにしたがって減少し、整備の進捗率も低くなっている。平成 17 年現在の一人当たりの公園面積は人口 100 万人以上の都市では 5.8m^2 で、人口 10 万人未満の都市の 12.3m^2 の約 47% と半分以下である（図 I .5-18）。

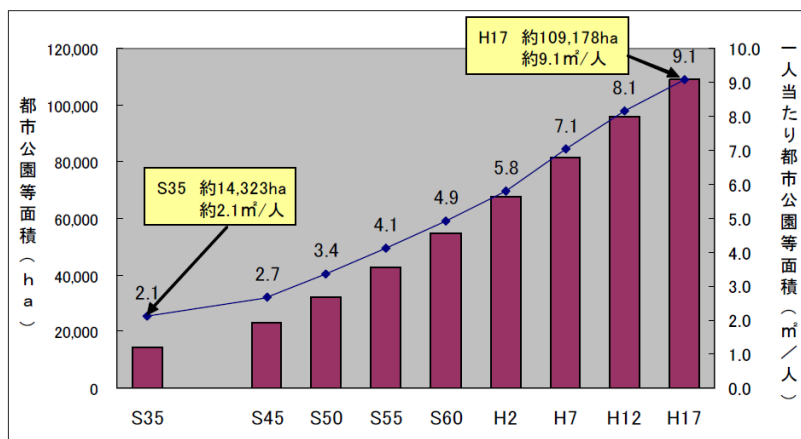


図 I .5-17 昭和 35（1960）年からの一人当たりの公園面積の推移
出典）国土交通省：みどりの政策の現状と課題

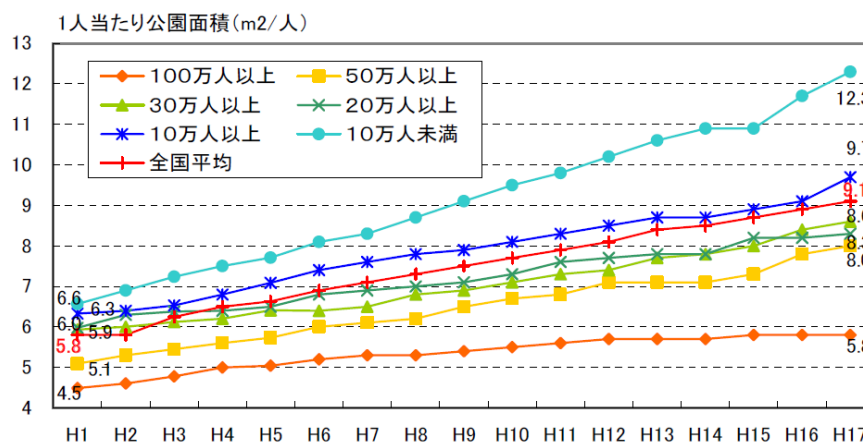


図 I .5-18 都市の規模別にみた一人当たりの公園面積の推移
出典）国土交通省：みどりの政策の現状と課題

③ 屋上緑化・壁面緑化の実績の推移

屋上緑化や壁面緑化は、都市におけるヒートアイランド現象の緩和、美しく潤いのある都市空間の形成、都市の低炭素化等の観点から全国的に取り組が進められている。

調査を開始した平成 12（2000）年から平成 28（2016）年の 17 年間で、屋上緑化は約 471ha、壁面緑化では約 86ha、合わせて 557ha の緑地が創出された（それぞれ東京ドームの面積約 4.7ha の約 100 個分、約 18 個分に相当）。

平成 28 年の単年施工面積は、屋上緑化は約 27.6ha、壁面緑化は約 8.7 で、東京ドームの面積のそれぞれ約 6 個分、約 2 個分に相当する。

施工実績の推移をみると、屋上緑化では平成 19～20 年頃、壁面緑化は平成 20～23 年頃をピークに一時減少傾向にあったが、近年再び増加傾向にある。その要因として、市街地における大規模な再開発や郊外における集客施設や工場・倉庫等において規模の大きな屋上緑化・壁面緑化が積極的に採り入れられたことが挙げられる。特に最近では、緑化技術の向上により、建物の屋上に限らず、バルコニーやちょっとした空間でも緑化が可能になったことも見逃せない。また、樹木・草本・つる植物・羊歯類・コケ類等を組み合わせた多様性のある壁面緑化を実現するための技術開発が進んだこと、商業施設などにおいて高質で魅力ある空間づくりにおいて華やかさやボリューム感等の演出のために多様な植物を用いた壁面緑化が可能になったことも重要な要因として挙げられる。

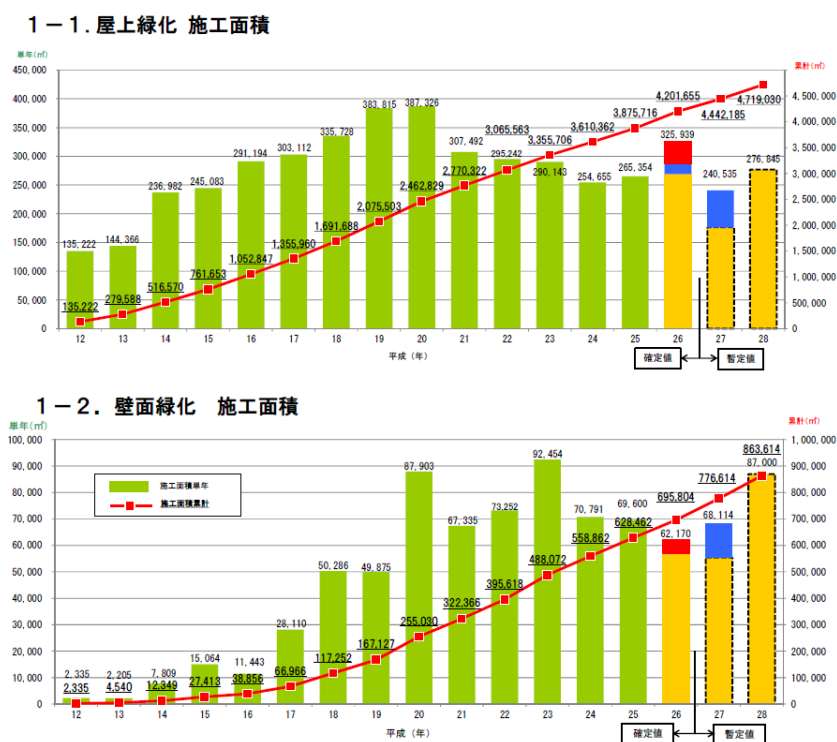


図 I.5-19 全国の屋上緑化・壁面緑化の施工面積の推移（上：屋上緑化、下：壁面緑化）
出典）国土交通省（2017）：平成 28 年度全国屋上・壁面緑化施工実績調査の結果報告

④ 都市緑化に係る助成制度

都市の緑地は、良好な自然環境を行為制限等により守る都市計画の諸制度や、都市公園の整備など、多様な手法で保全・創出が進められている。

従来、都市緑地整備は公共主導で実施可能な公共緑地の整備を主体に行われてきたが、財源が厳しく土地の購入が困難な状況においては、民有地の緑化を進める必要がある。民有地の緑、特に戸建て住宅の庭木や生垣の効果については、個々の敷地面積は例え小規模であっても、都市全体の総量で見れば相当な量になるものと期待され、樹林や農耕地が急速に失われている都市域にあって、それによる大気浄化効果も無視できないものがある。

このため、自治体では民有地の緑化を進めるために様々な助成制度が設けられている。大気浄化植樹事業の対象地域のうち主な自治体における民有地緑化を支援する助成制度を整理し、表-1に示す。これらの自治体の多くは、ホームページ上で、申請手続きの流れ、助成の対象、対象経費や助成金額等が紹介されている他、リーフレット/パンフレット・申請書類・記入例等の関連書類がダウンロードでき、申請書に必要事項を記載して受付窓口で申請手続きをすることになっている。

表 1.5-2 大気浄化植樹事業対象地域の自治体における民有地緑化の主な助成制度

関連自治体	民有地緑化の主な助成制度
千葉県	
千葉市	屋上壁面緑化（緑と水の基金）
千代田区	屋上緑化・壁面緑化・敷地内緑化（ヒートアイランド対策助成）
中央区	地上部緑化・接道部緑化・屋上部緑化（緑化事業助成）、樹木の保護育成
港区	屋上緑化・壁面緑化・生垣造成
台東区	屋上緑化・壁面緑化・地先・駐車場緑化（民間施設緑化）
墨田区	屋上緑化・壁面緑化・緑のへい（沿道緑化）
世田谷区	生垣・花壇・シンボルツリー・屋上・壁面緑化・事業用等駐車場緑化・樹木移植
杉並区	屋上緑化・壁面緑化・接道部緑化
板橋区	屋上緑化・壁面緑化・接道部緑化
練馬区	屋上緑化・壁面緑化・沿道緑化
葛飾区	屋上緑化・壁面緑化・生垣造成・保存樹木・保存樹林維持管理
横浜市	屋上緑化・壁面緑化・地面緑化・維持管理（民有地緑化助成事業）
川崎市	屋上緑化・壁面緑化、生垣づくり
富士市	生垣づくり
名古屋市	屋上緑化・壁面緑化・駐車場緑化・空地緑化・生垣設置（民有地緑化助成事業）
東海市	屋上緑化・壁面緑化・駐車場緑化・空地緑化（建築物等緑化事業補助制度）、生垣設置費補助制度
三重県	
四日市市	生垣設置助成金交付制度
大阪府	みどりづくり推進事業（活動助成）
大阪市	保存樹・保存樹林等補助制度、緑のカーテンと芝生（ヒートアイランド対策）

表 1.5-3 大気浄化植樹事業対象地域の自治体における民有地緑化の主な助成制度

関連自治体	民有地緑化の主な助成制度
堺市	屋上緑化・壁面緑化・生垣設置
豊中市	緑化樹等配布・生垣緑化・保護樹・保護樹林育成
吹田市	生垣等緑化・みどりの協定・保護樹等・大阪府緑化樹配布・彩団地助成制度・ 大気浄化植樹※
守口市	
八尾市	生垣
東大阪市	民有地植樹資金助成
神戸市	生垣等緑化推進助成、まちの花壇や緑化への助成制度
尼崎市	保護樹木・保護樹林事業、生垣等設置助成事業
西宮市	生垣工事・植栽工事（生きものと共生した住まいの緑化助成）、県民まちなみ 緑化事業（兵庫県緑化助成制度：県民緑税の導入による）
芦屋市	生垣緑化・屋上緑化・壁面緑化・駐車場緑化（緑化事業助成制度）、県民まちなみ緑 化事業（兵庫県緑化助成制度：県民緑税の導入による）
倉敷市	生垣設置・花壇設置
玉野市	
備前市	
福岡県	屋上緑化・壁面緑化、緑化助成
北九州市	樹木・花・地被植物等による緑化、緑化関係活動（水と緑の基金による）
大牟田市	

資料）各地方自治体のホームページから検索

※吹田市：吹田市の市のホームページには、「みどりに関する助成制度」の中に大気浄化植樹事業助成が紹介されている（担当は公園みどり室）。

大気浄化植樹事業助成

今や企業にとって職場への取り組みは必須の課題です。まずは木を植えて地域環境に役立ててみませんか。

企業活動はさまざまな環境負荷を地域に与えています。工場の稼働に伴うものや、運送や営業による自動車排ガスなど、地域の大気汚染に貢献できる企業はありません。一方企業は環境改善を実施する主体でもあります。

そこで吹田市は独立行政法人環境再生保全機構とともに、吹田市内で事業を営んでいる事業者の方を対象に植栽工事への助成を行っています。

● 助成額

植栽が行われる地域の区分に応じ、次のとおりとします。ただし、その際に千円未満の端数があるときは、これを切り捨てます。

※表に定める旧公害指定地域
植栽対象総費の2分の1の額とし、植栽面積19万メートルにつき、5,200円を限度。
その他の地域
植栽対象総費の8分の3の額とし、植栽面積19万メートルにつき、3,900円を限度。
〔上記助成額は、独立行政法人環境再生保全機構の事業認定があった場合で、認定がなかった部分については上記の2分の1の助成額となります。〕

● 申請

植栽予定年度の前年度の4月1日から8月末日までに所定の申請書が必要です。くわしくは、公園みどり室までお問い合わせください。

● 別表旧公害指定地域

豊田町、元町、最勝町、内本町1丁目から3丁目まで、本町1丁目及び2丁目、清和町、南清和町、中の島町、田原町、東瀬路町、西瀬路町、西の生利、豊田1丁目から5丁目まで、金田町、池田町、南金田1丁目及び2丁目、南吹田1丁目から5丁目まで、昭和町、南昭和町、本庄町、日の出町、幸町、吹上町、川蓋町、平松町、田代町、岸部南1丁目から3丁目まで、南正雀1丁目から5丁目まで、豊水町2丁目及び3丁目、江坂町1丁目及び2丁目（16番から35番までをのぞく）、豊津町（34番、35番、37番及び38番をのぞく）、砥石町、江の木町並（江の木町）

資料）吹田市ホームページ

⑤ 近年における緑化樹種の推移

都市緑化に用いる樹種も時代とともに変化している。高度経済成長期の公害の時代には大気汚染が酷く、主な排出源である工場の敷地回りにはキョウチクトウ、カイヅカイブキなどの公害に強い樹木、二酸化硫黄などに対する耐性の強い樹種が目立っていたが、硫黄酸化物や窒素酸化物が改善された今日では、大気汚染に対する耐性をそれほど考慮する必要がなくなってきたことや緑に対する国民のニーズが多様化にできたこともあって、植栽に用いられる樹種も多様になってきている。

表 I .5-4 に示すのは、国土技術政策総合研究所の緑化土壌室（2014）による昭和 62（1987）年～平成 24（2012）までの 30 年間の道路緑化樹木（高木）の上位 10 種の推移である。高木ではイチョウ、サクラ類、ケヤキ、トウカエデ、クスノキ、ナナカマド、プラタナス類の 7 種は昭和 62 年以降上位 10 種に入っており、なかでもイチョウ、サクラ類、ケヤキの 3 種については、平成 4 年以降変わらず上位 3 種を占めている。4 位以降については順位が変化しているが、近年の特徴として昭和 62 年に 3 位であったプラタナス類が徐々に減少して平成 24 年には 10 位まで順位を落としていること、またハナミズキの増加が著しく、平成 14 年以降 4 位となっている。また、総本数は年々増加しているが、イチョウは変わらず 1 位を続けているものの、2 位のサクラ類との差が縮まっている。これらの樹種の増減の理由として、プラタナス類は成長が旺盛で剪定に手間がかかり、寿命が短く倒れやすいなど、一般的に管理がしにくいこと、逆にハナミズキは花や紅葉の美しさに加えて、樹高があまり高くなりすぎずに管理がしやすいなどの長所を有するため、関東の都心部を中心に近年本数を増やしている。近年増加の著しいその他の樹種については、次のような特徴がある。ケヤキは成長が旺盛であるが、新緑、紅葉、樹形の美しさが好まれ、東北や関東を中心に自治体のシンボルの木に指定されている。クスノキはこんもりとした樹形で年間を通じて豊かな緑を提供し、都市景観に風格を与えることから、近畿や九州等の自治体の木に指定されている。また、サクラ類はわが国を代表する象徴のような花木であり、全国的に根強い人気を有している。これに対して中低木はこの 25 年間で大きな変化はなく、ツツジ類、シャリンバイ類、アベリア類、サザンカ類等が上位を占めている。

以上のように、かつての公害の時代は公害に強い遮蔽効果のある樹種が多用されていたが、近年は大気環境が改善されてきているため、そのような耐性に縛られる必要がなくなり、国民の緑に対する意識の多様化もあって植栽樹種も多様化しつつあるが、近年は維持管理のしやすい樹種などに変化しつつあるのが現状位である。

表 I .5-4 昭和 62（1987）年～平成 24（2012）年の 30 年間の道路緑化樹木（高木）の上位 10 種の推移

順位	1987(昭和62)		1992(平成4)		1997(平成9)		2002(平成14)		2007(平成19)		2012(平成24)		対前回 調査割合 (%)
	樹種名	本数 (千本)	樹種名	本数 (千本)	樹種名	本数 (千本)	樹種名	本数 (千本)	樹種名	本数 (千本)	樹種名	本数 (千本)	
1	イチョウ	486	イチョウ	552	イチョウ	591	イチョウ	619	イチョウ	572	イチョウ	570	100
2	サクラ類	260	サクラ類	346	サクラ類	428	サクラ類	520	サクラ類	494	サクラ類	522	106
3	プラタナス類	258	ケヤキ	305	ケヤキ	412	ケヤキ	476	ケヤキ	478	ケヤキ	487	102
4	トウカエデ	238	トウカエデ	281	トウカエデ	317	ハナミズキ	343	ハナミズキ	333	ハナミズキ	360	108
5	ケヤキ	133	プラタナス類	251	クスノキ	247	トウカエデ	330	トウカエデ	317	トウカエデ	321	101
6	カシ類	129	クスノキ	193	プラタナス類	229	クスノキ	286	クスノキ	271	クスノキ	276	102
7	クスノキ	128	ナナカマド	162	ハナミズキ	210	プラタナス類	205	モミジバフウ	196	ナナカマド	196	100
8	ナナカマド	110	日本産カエデ類	140	ナナカマド	193	ナナカマド	196	ナナカマド	196	日本産カエデ類	183	122
9	シダレヤナギ	109	モミジバフウ	120	シラカシ	179	サザンカ類	176	プラタナス類	163	モミジバフウ	170	87
10	ニセアカシヤ	106	マツバシイ	112	日本産カエデ類	144	モミジバフウ	149	日本産カエデ類	150	プラタナス類	149	91
	総本数	3,708	総本数	4,785	総本数	6,208	総本数	6,786	総本数	6,675	総本数	6,750	101

出典）国土交通省国土技術政策総合研究所緑化生態研究室（2014）：わが国の街路樹Ⅶ、国総研資料第 780 号

6. 事業展開に向けての課題の整理

アンケートの結果より、本事業の課題として以下の6点が抽出された。

周知不足／ニーズの低下／手続きが煩雑／
植栽後の維持管理が困難／植栽場所がない／財政的に困難

課題1. 「周知不足」

＜アンケートやヒアリングで寄せられた主なご意見＞

- ・関連部署間の連携が薄く、窓口部署から事業情報を伝達・発信するには限界がある。
- ・大気環境保全や保健に係る部署は、植栽事業を担当していない場合が多く、事業活用機会が少ない。
- ・自治体からは、ホームページで応募要項や事業のポイント、手続きの手順が照会されていると良い。

大気浄化植樹事業に関する情報周知の現状は、環境再生保全機構から対象自治体の大気環境保全や保健を所管する部署へ、直接情報提供がなされているものが主である。機構ホームページには、事業説明のページが設けられているものの、具体的な内容や手続きの方法等は示されていない。

上記のような意見はあるものの、本事業は公害健康被害の補償等に関する法律に基づいて行われており、制度上、対象自治体が限定されることから、ホームページでの大々的な周知活動は、非対象の自治体に不公平感を印象付ける恐れもある。情報周知にあたっては、事業の趣旨を丁寧に伝える等の配慮や、対象自治体のみにより効率的に情報を周知する等の工夫が必要であると考えられる。

課題2. 「ニーズの低下」

＜アンケートやヒアリングで寄せられた主なご意見＞

- ・都市緑化による大気浄化効果が期待できない。
- ・大気浄化の問題が顕在化していない。
- ・大気環境汚染に対する市民の関心は、以前よりも下がっているが、PM_{2.5}や光化学オキシダントなど、話題のキーワードについては、市民の関心も高い。
- ・「大気浄化植樹」という名称を改め、緑の有する多面的機能をアピールしていった方が良い。

高度経済成長期には、工場等からの排ガスによる大気環境汚染など、集中立地型産業公害が社会問題となっており、人々の関心も高かった。本事業が開始された1980年代後半は、工場等に起因する公害は沈静化したものの、自動車排出ガス等、都市・生活型大気汚染が顕在化した。この都市・生活型大気汚染は、個々人が原因者であることから、対策が難しいとされている。

本調査研究では、1.5で「近年の大気環境と都市緑化の動向」を整理した他、次章では「樹木による粒子状汚染物質の捕捉効果と植物への影響の把握」により、植物の持つ大気浄化機能の解明を目指している。近年の大気環境汚染は、個々人が原因者となっている現状からも、本調査研究の成果を市民向けにわかりやすく示していくことが必要であると考えられる。

あわせて、植物が持つ多面的な機能にも着目して、植栽の意義を紹介することで、事業活用の後押しとなることが期待できる。

課題 3.「手続きが煩雑」

＜アンケートやヒアリングで寄せられた主なご意見＞

- ・手続きにかかる手間や流れが不明瞭。
- ・手続きに係る人件費の確保が困難。
- ・大気浄化植樹事業単体で応募できるしくみがあると良い。
- ・関連部署間の連携が薄いと、複数部署での対応が求められる現在の仕組みは、やや負担に感じる。

大気浄化植樹事業の手続きは、公害健康被害予防に係る助成事業の一つと位置付けられており、制度のしくみ上、本事業の申請手続きを行う際は、公害健康被害予防に係る助成事業として、自己管理支援教室（ぜん息等患者向けの支援事業）や医療機器整備事業など一括して機構に申請することとなっている。また、課題 1 にも示したとおり、手続きの手順は募集要項に示されているのみであり、機構ホームページには掲載されていない。

自治体からは、手続きの簡素化を求める意見が挙げられたが、手続きフローは、課題 1 と同じく制度上のしくみによって決められており、大きな変更は難しい。手続きの手間を間接的に軽減する方策として、手続きのフローや手続きに要する期間をまとめたパンフレットの作成や、申請手続きに関する説明会の開催等が考えられる。

課題 4.「植栽後の維持管理が困難」

＜アンケートやヒアリングで寄せられた主なご意見＞

- ・維持管理の経費や手間がかかる。
- ・維持管理費のかからない樹種で事業推進をしてはどうか。
- ・維持管理費の助成は、対象木とそれ以外の区別が煩雑になる恐れがあるため、保護樹木など、対象を明確にしやすいものに限定して助成を行ってはどうか。
- ・維持管理費は、各自治体で負担すべきものである。

一般に、植栽の維持管理は、植栽後継続的に行っていく必要があることから、規模の小さな自治体では財政を圧迫する可能性が考えられる。現在の大気浄化植樹事業では、植栽費に対して助成を行っているものの、植栽の維持管理に対する助成金や支援プログラム等は用意されていない。

大気浄化植樹を行うことは、大気環境改善の第一歩であるが、樹木の持つ大気浄化機能を長期に渡って維持するためには、適切な維持管理が不可欠であるとも言える。事業の趣旨に適合する範囲で、助成範囲を拡大（維持管理費まで助成）することも考えられる。

ただし、維持管理費の助成については、歓迎する意見がある一方、手続きの手間を懸念する意見や、各自治体が負担すべきとする意見もあり、具体方策は慎重に検討する必要がある。

課題 5. 「植栽場所がない」

＜アンケートやヒアリングで寄せられた主なご意見＞

- ・一般的には、新築・改築工事の件数は減っている。開発や人口増加が進み、新築・改築工事が増えているエリアで重点的に事業推進してはどうか。
- ・緑のカーテンや接道部の生垣、プランターなど、規模が小さく、植栽場所が限定されないもので本事業を活用してはどうか。
- ・屋上緑化は、経費がかかるため、導入できる人（＝助成を受けられる人）が限定されてしまう恐れがある。
- ・老木の補植に事業を活用できないか。

対象自治体の中には、東京都や大阪府、愛知県といった大都市圏、千葉県、神奈川県、兵庫県、福岡県といった都市圏も含まれるが、人口密度が高く、地価の高い大都市圏、都市圏では、植栽スペースの確保が難しいと考えられる。

緑のカーテンやプランターなど、草本類については、植物の持つ大気浄化効果に関する科学的裏付けが不十分である。今後、課題 5 への対応として、草本類による事業活用を促進するためには、木本類の他、ツル植物、草本類の大気浄化機能についても知見を整理する必要がある。

また、課題 4 と同じく、助成範囲の拡大・変更といった方策も考えられる。

課題 6. 「財政的に困難」

＜アンケートやヒアリングで寄せられた主なご意見＞

- ・他に優先すべき事業がある。
- ・施設整備自体の予算が減っており、事業活用の機会が少ない。
- ・条例等で植栽面積の基準が定められていることもあり、植栽事業自体がなくなることはないが、自治体全体の財政がひっ迫していることから、整備内容は必要最低限のものとすることが多い。

植栽事業に限らず、自治体全体の財政がひっ迫しているとの状況が伺える。一方で、各自治体では、建築基準法等に基づき、緑化基準を定めている場合がほとんどであり、一定規模以上の建築物を整備する場合には、植栽が必須項目となる。

本課題に対しては、数少ない植樹の機会に本事業を活用していただくことが重要であり、方策は課題 1～5 と共通するものと考えられる。

まとめ

アンケートやヒアリングでいただいたご意見を見ると、対象自治体が抱える課題や本事業の課題として指摘される部分は、概ねいずれの自治体も共通しているが、望む解決策の方向性は、自治体の財政や地域の社会情勢により異なっている。

また、大気環境の現況を見ると、NO_x、SO_x、粒子状汚染物質については、概ね改善されてきているが、PM_{2.5} や光化学オキシダントについては横ばい状態が続き、環境基準を達成できていない状況で、大気浄化植樹事業を開始した当初と比べ、大気環境の問題は質的に大きく変化していると言える。

今後の事業展開の検討においては、各地域の特性や時代の変化に合わせ、より柔軟な事業展開を目指していく必要があると考えられる。

第2章 樹木による粒子状汚染物質の捕捉効果と植物への影響の把握

1. 既往知見の収集整理

本調査研究に役立てるために、PM_{2.5}（大気中に浮遊している粒径が 2.5 μm 以下の微小粒子状物質）の植物影響に関する既往知見を整理した。PM_{2.5} などの粒子状物質の植物影響に関する既往知見については、2017 年に東京農工大学伊豆田教授らが書籍の一節で整理している（Yamaguchi and Izuta, 2017a; Yamaguchi and Izuta, 2017b）。ここでは、植物に対する微小粒子状物質（サブミクロンサイズのブラックカーボン粒子と硫酸アンモニウム粒子など）の影響に関する知見を中心に紹介する。なお、PM_{2.5} などの大気中を浮遊する粒子状物質（エアロゾル）は太陽光を散乱または吸収するため、植物の光環境を変化させることによって間接的に植物の成長に影響を及ぼすことが知られているが（Mercado et al., 2009）、今回は葉に沈着した粒子状物質が植物に及ぼす直接的な影響（物理的影響と化学的影響）に着目する。

植物に対する粒子状物質の物理的影響としては、ブラックカーボン粒子のような化学的に不活性な粒子状物質を葉に暴露すると、その遮光作用によって葉の純光合成速度が低下することなどが報告されている（Hirano et al., 1995）。一般に葉の純光合成速度は光強度の増加に伴って高くなるが、ある一定の光強度以上では高くならずに飽和する。したがって、葉に沈着した粒子状物質の遮光影響は比較的弱光条件下で著しい。また、純光合成速度が光飽和しているような強光条件下では葉温上昇が引き起こされる。平野ら（1991）と Hirano et al.（1995）は、キュウリ（*Cucumis sativus*）の葉に関東ローム粉やブラックカーボン粒子を暴露した結果、光照射条件下で葉温が上昇し、純光合成速度はその適温以下では上昇し、適温以上では低下することを報告した。さらに、この葉温上昇に伴って葉内の絶対湿度が高くなり、大気の絶対湿度との差が著しくなった結果、葉からの蒸散速度が上昇することも報告している。このことは、葉に沈着した粒子状物質による葉温上昇作用によって葉に水ストレスが引き起こされる可能性を示している。このような遮光や葉温上昇作用の影響の程度を決める要因として、粒子状物質の葉面沈着量と光吸収特性が考えられる（平野ら, 1990）。

植物に対する粒子状物質の化学的影響として、河野ら（1977）は火力発電所から採取した煤じんの潮解性は高く、その水溶液の pH は低く、電気伝導度が高いと、インゲンマメ（*Phaseolus vulgaris*）の葉における可視障害の発現程度が著しいことを報告した。また、アルカリ性を示すセメント粉じんは、インゲンマメの葉に著しい形態異常を発現させることが報告されている（Lerman and Darley, 1975）。PM_{2.5} による化学的影響を短期的に評価した研究例として、Martin et al.（1992）はバーオーク（*Quercus macrocarpa*）、トウモロコシ（*Zea mays*）およびダイズ（*Glycine max*）に大気濃度が数 100 μg m⁻³ の硝酸カリウム粒子、硝酸アンモニウム粒子および硫酸アンモニウム粒子（いずれも粒径は 0.25 μm）を 2～5 時間暴露した。その結果、葉の純光合成速度は、硝酸カリウム粒子の暴露によってバーオークで低下し、硫酸アンモニウム粒子の暴露によってトウモロコシで低下したが、硝酸アンモニウム粒子の暴露によってダイズで増加したことを報告している。このように、植物に対する粒子状物質の化学的影響は、その成分や植物種によって異なる。

ブラックカーボン粒子は、ディーゼルエンジンの排気や石炭燃焼などから生じる黒色の微小粒子状物質（PM_{2.5}）であり、その平均的な粒径は約 200 nm である。Yamaguchi et al.（2012）は、日本の代表的な森林構成樹種であるブナ（*Fagus crenata*）、スタジイ（*Castanopsis sieboldii*）、カラマツ（*Larix kaempferi*）およびスギ（*Cryptomeria japonica*）の苗木を対象に、2 成長期間にわたるサブミクロンサイズのブラックカーボン粒子の長期暴露実験を行った。いずれの樹種においても、遮光による純光合成速度の低下、

葉温上昇による純光合成速度の変化や蒸散速度の上昇および気孔閉塞作用による気孔開閉機能の低下は認められなかった。Yamaguchi et al. (2012b)によって開発された方法で葉面に沈着したブラックカーボン粒子を定量した結果、 $0.13\sim0.69\text{ mg m}^{-2}$ （葉の両面の面積あたり）であった。Yamane et al. (2012)は、電界放出型走査電子顕微鏡（FE-SEM）を用いたスダジイの葉とスギの針葉に沈着したサブミクロンサイズのブラックカーボン粒子の観察法を確立した。また、Nakaba et al. (2016)は、電界放出型走査電子顕微鏡（FE-SEM）を用いてスギの針葉表面に沈着したサブミクロンサイズのブラックカーボン粒子を観察し、ブラックカーボン粒子はエピクチクラワックス結晶が少ない葉表面に沈着しており、エピクチクラワックス結晶が高密度で存在する葉表面には沈着が見られないことを報告した。

現時点において、実験的研究および野外で観測された葉面ブラックカーボン沈着量に関する情報は限られている。ブラックカーボン粒子による物理的影響（遮光、葉温上昇および気孔閉塞など）が認められた短期暴露実験における葉面ブラックカーボン沈着量は、 $0.32\sim1.50\text{ g m}^{-2}$ （葉の片面の面積あたり）であった（平野ら, 1990; 平野ら, 1991; Hirano et al., 1995）。この値は、Yamaguchi et al. (2012b)による長期暴露実験におけるその約1000倍に相当する値であり、物理的影響の発現には葉面ブラックカーボン沈着量が大きな要因であると考えられる。一方、これまでに報告されている野外における樹木の葉面ブラックカーボン沈着量は、 $2\sim26.8\text{ mg m}^{-2}$ （葉の両面の面積あたり）である（Fukazawa et al., 2012; Sase et al., 2012; Hara et al., 2014）。また、Matsuda et al. (2012)によって推計されたタイの熱帯林における葉面ブラックカーボン沈着量は、 8.9 mg m^{-2} （葉の両面の面積あたり）である。

硫酸アンモニウム粒子は、二酸化硫黄が酸化されて生じた硫酸とアンモニアの中和反応によって生成され、長距離輸送される微小粒子状物質である。Yamaguchi et al. (2014)は、日本の代表的な樹木であるブナ、スダジイ、カラマツおよびスギの苗木を対象として、 $\text{PM}_{2.5}$ の主要無機成分である硫酸アンモニウム粒子を野外で観測されるレベルの濃度で2成長期間にわたって暴露した。その結果、実験終了時における各樹種の個体乾重量に硫酸アンモニウム粒子暴露の有意な影響は認められなかった。また、2成長期目の夏季におけるブナ、スダジイ（当年葉と旧年葉）およびカラマツの葉の純光合成速度に、硫酸アンモニウム粒子の有意な影響は認められなかった。これに対して、同時期におけるスギ当年葉の純光合成速度は硫酸アンモニウム粒子の暴露によって有意に増加し、スギ旧年葉のそれは有意に低下した。これらの結果から、2成長期間にわたる硫酸アンモニウム粒子暴露は4樹種の個体乾物成長に有意な影響を及ぼさないが、純光合成速度に対する硫酸アンモニウム粒子の影響には樹種間差異があり、スギの針葉は影響を受けやすいことが明らかになった。スギの針葉における硫酸アンモニウム粒子の沈着量は、暴露量が同じでも、他の3樹種と比較して多かったため、スギの針葉の純光合成速度に硫酸アンモニウム粒子の有意な影響が認められたと考えられる（Yamaguchi et al., 2014）。また、スギ当年葉の葉内における NH_4^+ 濃度、遊離アミノ酸濃度およびタンパク質濃度は、硫酸アンモニウム粒子暴露によって増加した。したがって、スギの当年葉においては、葉面に沈着した硫酸アンモニウム粒子が葉表面で潮解し、その成分である NH_4^+ が葉内に吸収され、アミノ酸やタンパク質に代謝された結果、純光合成速度が増加したと考えられる。これらの結果は、硫酸アンモニウム粒子などの潮解性粒子は、その成分がクチクラまたは気孔を介して葉内に吸収され、葉内成分を変化させることを示している。Motai et al. (2017)は、サブミクロンサイズの硫酸アンモニウム粒子の葉面沈着量の測定法を検討し、コマツナ（品種：はっけい）の成長と収量に対するサブミクロンサイズの硫酸アンモニウム粒子の影響を調べた。播種後10～25日目の16日間にわたる硫酸アンモニウム粒子の暴露（ $\text{PM}_{2.5}$ 中の SO_4^{2-} の濃度増加は $22.5\text{ }\mu\text{g m}^{-3}$ ）によっ

て、コマツナの葉の水蒸気気孔拡散コンダクタンスが低下し、成長と収量も低下したが、葉の窒素濃度とクロロフィル濃度に有意な影響は認められなかった。硫酸アンモニウム粒子のような潮解性粒子が葉面に付着して潮解・析出を繰り返すと、気孔を介して葉内外を結ぶ水の膜が形成され、水やそれに溶けたイオンが流出入すると考えられている (Burkhardt, 2010)。上記の暴露実験 (Yamaguchi et al., 2014; Motai et al., 2017) においては、スギやコマツナの葉面に沈着した硫酸アンモニウム粒子が潮解し、その成分である NH_4^+ などが葉内に吸収され、葉内成分を変化させたと考えられる。

ブラックカーボンなどの微小粒子状物質 ($\text{PM}_{2.5}$) が植物に及ぼす影響は、粒子状物質の成分や葉面沈着量によって異なり、粒子感受性に種間差異が存在するようであるが、現時点では未解明な点が多い。したがって、植物に対する微小粒子状物質の影響を評価するためには、野外における粒子の葉面沈着量の測定や成分分析などを行い、それに基づいて設計された暴露実験によって詳細な植物影響とそのメカニズムなどを解明していく必要がある。

引用文献

- Burkhardt, J. (2010) Hygroscopic particles on leaves: nutrients or desiccants? *Ecological Monographs*, 80, 369-399.
- Fukazawa, T., Murao, N., Sato, H., Takahashi, M., Akiyama, M., Yamaguchi, T., Noguchi, I., Takahashi, H., Kozuka, C., Sakai, R., Takagi, K., Fujinuma, Y., Saigusa, N., Matsuda, K. (2012) Deposition of aerosols on leaves in a cool-temperate larch forest in Northern Hokkaido, Japan. *Asian Journal of Atmospheric Environment*, 6, 281-287.
- Hara, H., Kashiwakura, T., Kitayama, K., Bellingrath-Kimura, S. D., Yoshida, T., Takayanagi, M., Yamagata, S., Murao, N., Okouchi, H., Ogata, H. (2014) Foliar rinse study of atmospheric black carbon deposition to leaves of konara oak (*Quercus serrata*) stands. *Atmospheric Environment*, 97, 511-518.
- 平野高司, 清田 信, 北宅善昭, 相賀一郎 (1990) 植物葉の光合成速度に与える粉じんの物理的影響. *農業気象*, 46, 1-7.
- 平野高司, 清田 信, 相賀一郎 (1991) 粉じんによる気孔閉塞作用と葉温上昇が植物葉の光合成速度に与える影響. *農業気象*, 46, 215-222.
- Hirano, T., Kiyota, M., Aiga, I. (1995) Physical effects of dust on leaf physiology of cucumber and kidney bean plants. *Environmental Pollution*, 89, 255-261.
- 河野吉久, 高梨成行, 石川春彦 (1977) ばいじんの植物におよぼす影響に関する研究(1), インゲン初生葉のばいじん付着障害とばいじんの pH および電気伝導度との関係. *電力中央研究所報告*, 477001, 1-20.
- Lerman, S. L. and Darley, E. F. (1975) *Particulates* (Mudd, J. B. and Kozlowski, T. T. eds., *Responses of Plants to Air Pollution*, Academic Press).
- Martin, C. E., Gravatt, D. A. and Loesch, V. S. (1992) Photosynthetic responses of three species to acute exposures of nitrate- and sulphate-containing aerosols. *Atmospheric Environment*, 26, 381-391.
- Matsuda, K., Sase, H., Murao, N., Fukazawa, T., Khoomsub, K., Chanonmuang, P., Visaratana, T., Khummongkol, P. (2012) Dry and wet deposition of elemental carbon on a tropical forest in Thailand. *Atmospheric Environment*, 54, 282-287.
- Mercado, L. M., Bellouin, N., Sitch, S., Boucher, O., Huntingford, C., Wild, M. and Cox, P. M. (2009) Impact of

changes in diffuse radiation on the global land carbon sink. *Nature*, 458, 1014-1017.

- Motai, A., Nakaba, S., Lenggoro, I. Wuled, Watanabe, M., Wada, Y. and Izuta, T. (2017) Effects of submicron ammonium sulfate particles on the growth and yield of komatsuna (*Brassica rapa* L. var. *perviridis*). *Atmospheric Environment*, 169, 278-286.
- Nakaba, S., Yamane, K., Fukahori, M., Nugroho, W. D., Yamaguchi, M., Kuroda, K., Sano, Y., Lenggoro, I. W., Izuta, T. and Funada, R. (2016) Effect of epicuticular wax crystals on the localization of artificially deposited sub-micron carbon-based aerosols on needles of *Cryptomeria japonica*. *Journal of Plant Research*, 129, 873-881.
- Sase, H., Matsuda, K., Visaratana, T., Garivait, H., Yamashita, N., Kietvuttinon, B., Hongthong, B., Luangjame, J., Khummongkol, P., Shindo, J., Endo, T., Sato, K., Uchiyama, S., Miyazawa, M., Nakata, M., Lenggoro, I. W. (2012) Deposition process of sulfate and elemental carbon in Japanese and Thai forest. *Asian Journal of Atmospheric Environment*, 6, 246-258.
- Yamaguchi, M., Otani, Y., Takeda, K., Lenggoro, W., Ishida, A., Yazaki, K., Noguchi, K., Sase, H., Murao, N., Nakaba, S., Yamane, K., Kuroda, K., Sano, Y., Funada, R. and Izuta, T. (2012a) Effects of long-term exposure to black carbon particles on growth and gas exchange rates of *Fagus crenata*, *Castanopsis sieboldii*, *Larix kaempferi* and *Cryptomeria japonica* seedlings. *Asian Journal of Atmospheric Environment*, 6, 259-267.
- Yamaguchi, M., Takeda, K., Otani, Y., Murao, N., Sase, H., Lenggoro, I. W., Yazaki, K., Noguchi, K., Ishida, A. and Izuta, T. (2012b) Optical method for measuring deposition amount of black carbon particles on foliar surface. *Asian Journal of Atmospheric Environment*, 6, 268-274.
- Yamaguchi, M., Otani, Y., Li, P., Nagao, H., Lenggoro, I. W., Ishida, A., Yazaki, K., Noguchi, K., Nakaba, S., Yamane, K., Kuroda, K., Sano, Y., Funada, R. and Izuta, T. (2014) Effects of long-term exposure to ammonium sulfate particles on growth and gas exchange rates of *Fagus crenata*, *Castanopsis sieboldii*, *Larix kaempferi* and *Cryptomeria japonica* seedlings. *Atmospheric Environment*, 97, 493-500.
- Yamaguchi, M. and Izuta, T. (2017a) Chapter 19 Effects of aerosol particles on plants. *Air Pollution Impacts on Plants in East Asia* (Edited by Takeshi Izuta), pp. 283-293, Springer.
- Yamaguchi, M. and Izuta, T. (2017b) Chapter 20 Effects of black carbon and ammonium sulfate particles on plants. *Air Pollution Impacts on Plants in East Asia* (Edited by Takeshi Izuta), pp. 295-308, Springer.
- Yamane, K., Nakaba, S., Yamaguchi, M., Kuroda, K., Sano, Y., Lenggoro, I. W., Izuta, T. and Funada, R. (2012) Visualization of artificially deposited submicron-sized aerosol particles on the surfaces of leaves and needles in trees. *Asian Journal of Atmospheric Environment*, 6, 275-280.

2. 捕捉効果の検証

(1) 先行研究

① 目的

現在、人為起源のブラックカーボン粒子による人間の健康被害が懸念されている。街路樹の葉には自動車由来のブラックカーボン粒子が沈着するため、同粒子で汚染された大気を浄化し、人間に対する同粒子の暴露量を低下させることが期待されている。しかしながら、街路樹におけるブラックカーボン粒子の葉面沈着量の季節変化と樹種間差異などは明らかにされていない。そこで本研究では、日本の主要な街路樹であるクスノキ、イチョウ、マテバシイおよびケヤキにおけるブラックカーボン粒子の葉面沈着量の樹種間差異と季節変化およびそれらの要因を明らかにすることを目的とした。

② 材料と方法

I. 供試樹木の育成

供試植物として、クスノキ(*Cinnamomum camphora* (L.) Presl, 2年生苗)、イチョウ(*Ginkgo biloba* Linn, 3年生苗)、マテバシイ(*Lithocarpus edulis* Makino, 4年生苗)およびケヤキ(*Zelkova serrata* (Thunb.) Makino, 2年生苗)を用いた(写真1)。2014年4月26日に、黒ボク土を詰めた容量6.5 Lのポットに1個体ずつ各樹種の苗木を移植した。移植後、苗木を50個体ずつ2列にして、東京農工大学農学部附属広域都市圏フィールドサイエンス教育研究センター(FSセンター)のFM府中研究圃場(東京都府中市)に配置し、2015年7月26日まで育成した。2014年5月14日に、すべての苗木の樹高を測定した。その結果、クスノキ(30個体)、イチョウ(20個体)、マテバシイ(30個体)およびケヤキ(20個体)の樹高の平均値(±標準偏差)は、136.7±9.4 cm, 109.9±5.5 cm, 94.5±4.1 cm および 117.3±5.7 cm であった。測定に用いる葉の採取の際には、ポットに詰めた土壌表面から50~150 cmに位置する葉を対象にした。2014年5月20日に、樹体支持のために支柱(直径11 mm、長さ1.5 m)を各ポットに設置した。ブラックカーボン粒子の葉面沈着に対するポジションエフェクトを回避するために、月に2度、ポットの並び替えを行った。育成期間中において、月に2回、2000倍に希釈した液体肥料(N:P:K=6:10:5, Hyponex, Japan)を各ポットあたり500 ml ずつ添加した。なお、ポット内の土壌が乾いた時に、葉に水がかからないように灌水した。

II. PM_{2.5} およびブラックカーボン濃度の測定

実験期間中における大気中の微小粒子状物質(PM_{2.5})濃度は、フィルターパック(FP)法によって測定した(松田ら, 2010)。FPは苗木の育成場所から約5m離れた場所に設置し、大気吸引口は地面から1mの高さに設置した。2014年5月1日から2015年4月1日まで、月10回程度(3~4日/回)、大気を約20 L min⁻¹で吸引した。大気中のPM_{2.5}濃度は、大気吸引前のシリカ濾紙(QR-100, Advantec MFS Inc.)の重量と吸引後のそれとの差および大気吸引量から算出した。FPによってPM_{2.5}を捕集したシリカ濾紙の吸光度を積分球付き分光光度計(U-4100, 株式会社日立ハイテクノロジーズ)で測定し、その吸光度と本多(2012)の検量線を用いてシリカ濾紙上のブラックカーボン(BC)量を推定した。各月の大気中における平均BC濃度は、シリカ濾紙上のBC量の推定値およびFPによる大気吸引量から算出した。

III. 葉面ブラックカーボン量の測定

2014 年 5 月 31 日、8 月 1 日および 10 月 1 日に、各樹種あたり 6 個体ずつ無作為に選び、ブラックカーボン (BC) 粒子の単位葉面積あたりの沈着量 (葉面沈着量) を測定した。また、2014 年 11 月 19 日にイチョウとケヤキから 6 個体ずつ無作為に選び、BC 粒子の葉面沈着量を測定した。さらに、2015 年 12 月 2 日、2 月 3 日および 4 月 1 日にクスノキとマテバシイから 6 個体ずつ無作為に選び、BC 粒子の葉面沈着量を測定した。

葉面に沈着した粒子状物質の一部は、雨や風によって流出すると考えられている (Hara et al., 2014)。本研究では、BC 粒子を葉面から捕集し、雨や風によって流出しにくい BC 粒子の葉面沈着量を以下に示した方法で測定した (Yamaguchi et al., 2012)。採取した葉の面積は、画像解析ソフト (Lia 32 ver.0.378, フリーソフトウェア) を用いて測定した。葉を脱イオン水で 3 分間にわたって洗浄し、その後、約 30 ml のクロロホルム (99%, w/w) で 20 秒間にわたって抽出した。抽出液をシリカ濾紙 (QR-100, Advantech MFS Inc.) で濾過し、BC 粒子を同濾紙上に捕集した。シリカ濾紙上の BC 粒子の捕集量は、Thermal Optical Reflectance (TOR) 法 (IMPROVE 法) の OC/EC 炭素分析計 (Model 2001A, DRI) によって元素状炭素 (Elemental carbon, EC) として定量した。また、BC 粒子を捕集したシリカ濾紙の 500~700 nm における吸光度を積分球付き分光光度計 (U-4100, 株式会社日立ハイテクノロジーズ) で測定した。シリカ濾紙の吸光度と EC 量との関係から、シリカ濾紙上の BC 粒子の捕集量を推定するための検量線を樹種ごとに作成した。

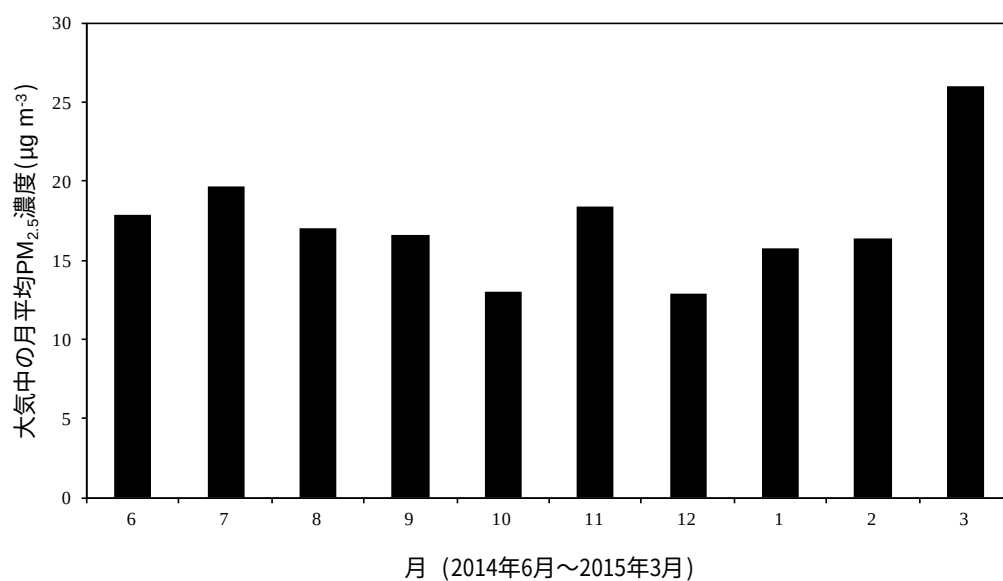
IV. 葉のエピクチクラワックス量の測定

ブラックカーボン (BC) 粒子の葉面沈着量の測定における濾過作業時にシリカ濾紙で濾過した後のクロロホルム抽出液をサンプルごとにあらかじめ重量を測ったガラス製シャーレに入れ、海砂を敷き詰めて 60°C に加熱したホットプレート上で加熱し、蒸発乾固させた。その後、ガラス製シャーレを室温まで冷まし、再び重量を測定した。加熱前後のガラス製シャーレの重量の差をエピクチクラワックスの重量とした。

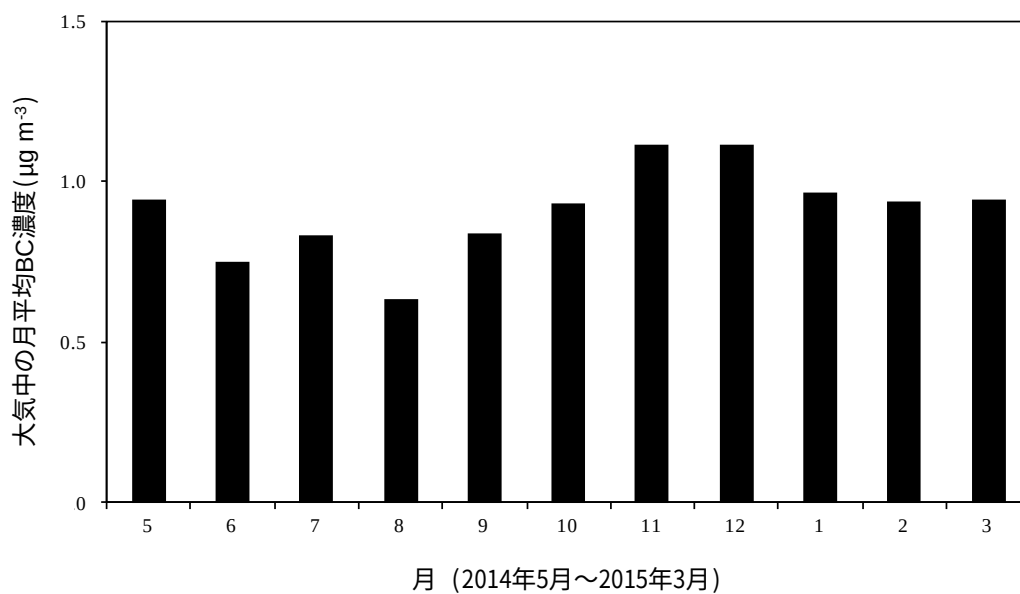
③ 結果と考察

図 II.2-1 に、2014 年 6 月から 2015 年 3 月までの大気中の月平均 PM_{2.5} 濃度を示した。2015 年 3 月の月平均 PM_{2.5} 濃度は 26.0 $\mu\text{g m}^{-3}$ であり、他の月に比べて高かった。これに対して、2014 年 12 月の月平均 PM_{2.5} 濃度は 12.9 $\mu\text{g m}^{-3}$ であり、他の月に比べて低かった。

図 II.2-2 に、2014 年 5 月から 2015 年 3 月までの大気中の月平均ブラックカーボン (BC) 濃度を示した。2014 年 11 月の月平均 BC 濃度は 1.12 $\mu\text{g m}^{-3}$ であり、他の月に比べて高かった。これに対して、2014 年 8 月の月平均 BC 濃度は 0.63 $\mu\text{g m}^{-3}$ であり、他の月に比べて低かった。

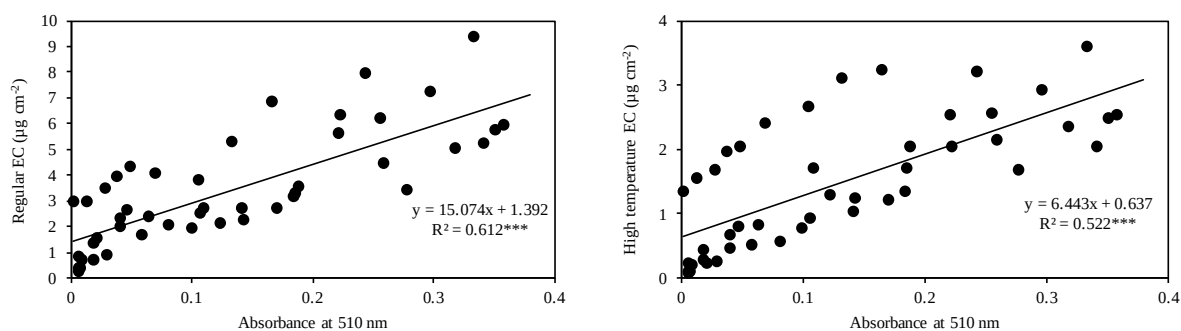


図Ⅱ.2-1 2014年6月～2015年3月の大気中の月平均PM_{2.5}濃度



図Ⅱ.2-2 2014年5月～2015年3月の大気中の月平均ブラックカーボン(BC)濃度

図Ⅱ.2-6～図Ⅱ.2-8 に、クスノキ、イチョウ、マテバシイおよびケヤキにおける葉面ブラックカーボン量(EC/OC 計で測定したシリカ濾紙上の単位面積あたりの Regular EC 量または High temperature EC 量)と積分球付き分光光度計で測定した同シリカ濾紙の 510 nm における吸光度との関係(検量線)を示した。Regular EC とは、分析温度が 550℃以上で測定した原子状炭素(EC)である。また、High temperature EC とは、700℃以上で測定した EC である。High temperature EC (Soot EC) は、主に高温における不完全燃焼時のガス・粒子化によって発生した超微小粒子が凝集して生成されるブラックカーボン粒子であり、主な排出源はディーゼル排気である(Han et al., 2009; Han et al., 2010)。なお、Regular EC は Soot EC も含めた全元素状炭素である(Han et al., 2009; Han et al., 2010)。図Ⅱ.2-3 に示したように、4 樹種のデータを用いた検量線において Regular EC と High temperature EC の決定係数は、それぞれ 0.612 および 0.522 であった。図Ⅱ.2-4 および図Ⅱ.2-5 に示したように、樹種別に Regular EC と High temperature EC の検量線を作成したところ、決定係数の最小値はイチョウの High temperature EC における 0.806 であり、すべての樹種で決定係数が上昇した。そこで、本研究においては、樹種別に作成した Regular EC と High temperature EC の検量線を EC 量の推定に用いた。いずれの樹種においても検量線の切片は正であるが、その値は樹種によって異なる。これは、濾過作業の際に濾紙上に透光性であるエピクチクラワックスが残留し、そのワックスの濾紙上での残留のしやすさや燃えやすさに樹種間差異があったため、切片が樹種間で異なると考えられる。濾過作業の際にシリカ濾紙上に残留した残留性および耐燃性が高いワックスが EC 量として測定される。特に、イチョウとマテバシイの Regular EC と High temperature EC の検量線における切片はクスノキおよびケヤキのそれに比べて高く、切片の最大値はマテバシイの Regular EC における 2.748 であった。以上のことから、ワックスの成分や性質は樹種によって固有であり、各樹種において濾紙上での残留のしやすさや燃えやすさに著しい差はないと考え、ワックスによる影響を少なくするために切片を無視した樹種別の検量線を用いて濾紙上の吸光度からブラックカーボン(EC)量を推定した。



図Ⅱ.2-6 4 樹種(クスノキ、イチョウ、マテバシイおよびケヤキ)における EC/OC 計で測定したシリカ濾紙上の単位面積あたりの Regular EC 量または High temperature EC 量と積分球で測定した同シリカ濾紙の 510 nm における吸光度との関係

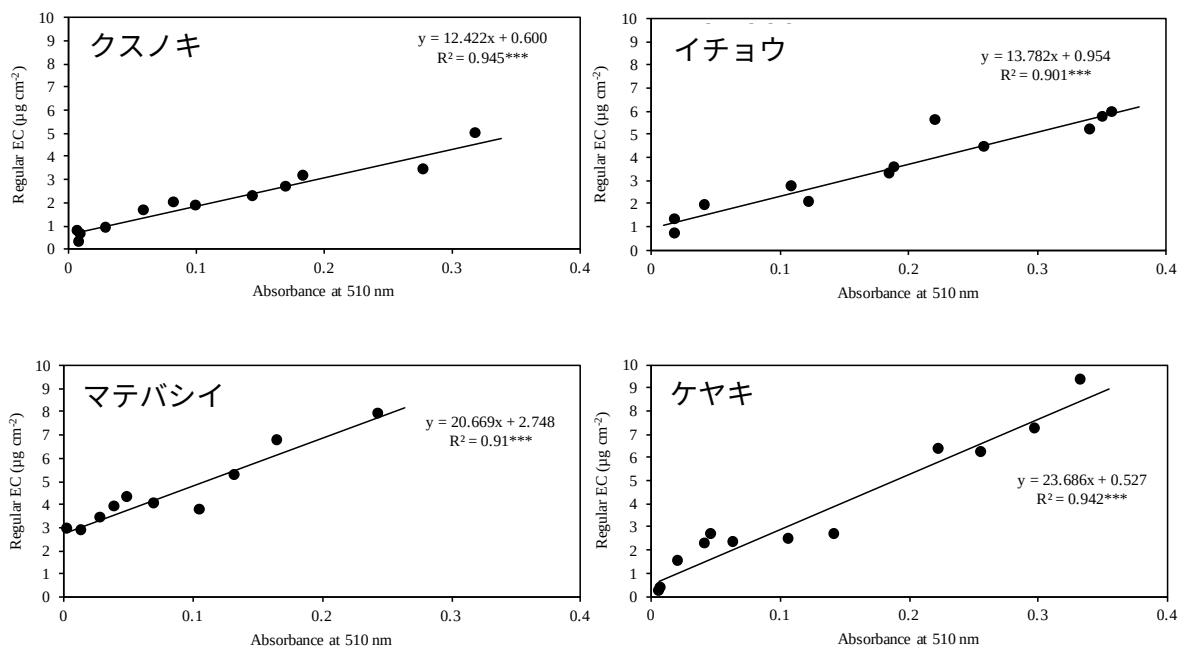


図 II.2-7 各樹種（クスノキ、イチョウ、マテバシイ、ケヤキ）における EC/OC 計で測定したシリカ濾紙上の単位面積あたりの Regular EC 量と積分球で測定した同シリカ濾紙の 510 nm における吸光度との関係

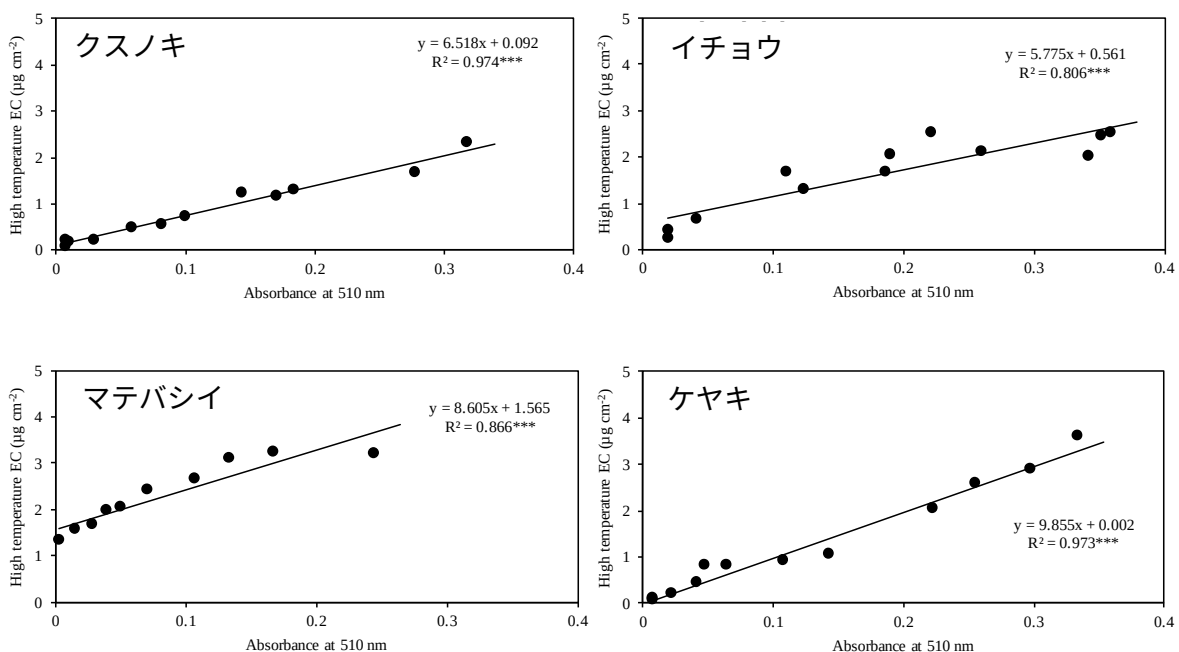
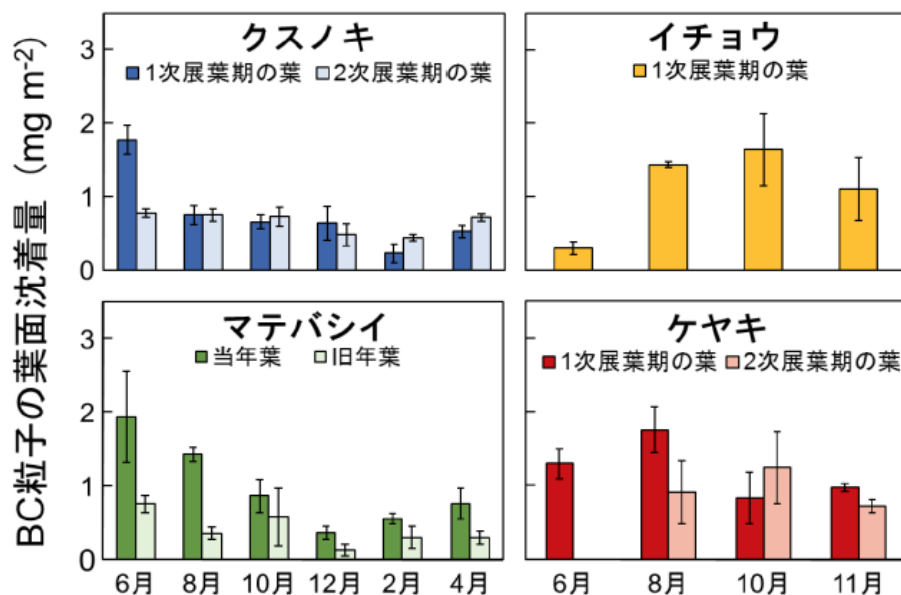


図 II.2-8 各樹種（クスノキ、イチョウ、マテバシイ、ケヤキ）における EC/OC 計で測定したシリカ濾紙上の単位面積あたりの High temperature EC 量と積分球で測定した同シリカ濾紙の 510 nm における吸光度との関係

図Ⅱ.2-9に、クスノキ（常緑広葉樹）、マテバシイ（常緑広葉樹）、イチョウ（落葉広葉樹）およびケヤキ（落葉広葉樹）のブラックカーボン粒子の葉面沈着量を示した。ブラックカーボン粒子の単位葉面積あたりの沈着量（葉面沈着量）が最大値を示す時期は樹種によって異なったが、4 樹種における最大葉面沈着量に有意な差はなかった。これに対して、4 樹種におけるブラックカーボン粒子の葉面沈着量の季節変化に樹種間差異が認められた。クスノキの1次展葉期の葉におけるブラックカーボン粒子の沈着量は、展葉（4月）から6月まで増加し、6月から8月および12月から2月にかけて減少し、4月に増加した。イチョウにおけるブラックカーボン粒子の葉面沈着量は、展葉（4月）から10月まで増加し、その後11月にかけて減少した。マテバシイの当年葉におけるブラックカーボン粒子の葉面沈着量は、展葉（4月）から6月まで増加し、その後は12月にかけて減少し、12月から4月にかけて増加した。ケヤキの1次展葉期の葉におけるブラックカーボン粒子の葉面沈着量は、展葉（4月）から8月まで増加し、その後、10月にかけて減少した。これらの結果は、ブラックカーボン粒子の葉面沈着量に季節変化とその樹種間差異があることを示している。

図Ⅱ.2-10に、クスノキ、マテバシイおよびイチョウにおける葉のエピクチクラワックス量とブラックカーボン粒子の葉面沈着量との関係を示した。これらの3樹種において、両者の間に正の直線関係が認められた（ケヤキでは有意な相関は認められなかった）。3樹種においては、ブラックカーボン粒子の葉面沈着量が最も増加する時期とエピクチクラワックス量が最も増加する時期は一致した。また、クスノキおよびマテバシイにおいては、エピクチクラワックス量の減少に伴って、ブラックカーボン粒子の葉面沈着量が減少した。以上のことから、エピクチクラワックスの分泌と減少は、ブラックカーボン粒子の葉面沈着量の季節変化とその樹種間差異に関与する要因であると考えられる。



図Ⅱ.2-11 クスノキ、マテバシイ、イチョウおよびケヤキのブラックカーボン粒子の葉面沈着量

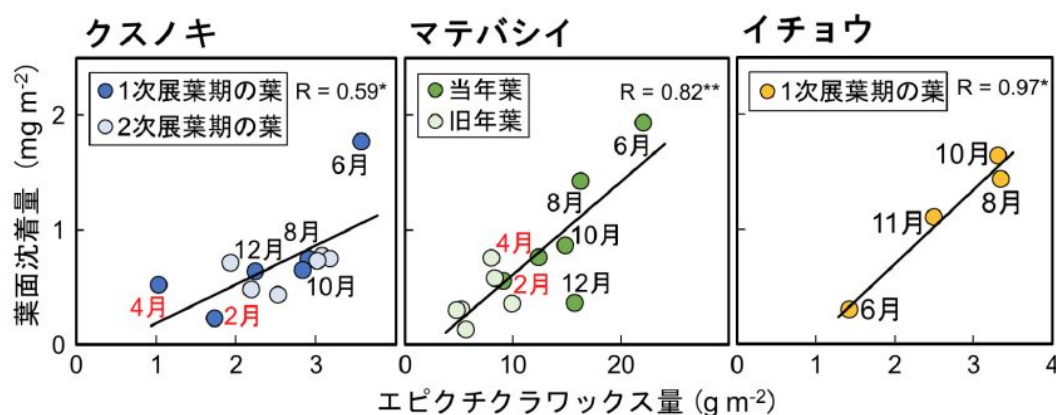


図 II.2-12 クスノキ、マテバシイおよびイチョウにおける葉のエピクチクラワックス量とブラックカーボン粒子の葉面沈着量との関係

街路樹においてブラックカーボン粒子の葉面沈着量が増加する時期は、大気からの同粒子の除去能力が高いと考えられる。したがって、ブラックカーボン粒子で汚染された大気の浄化を街路樹で効率よく行うためには、同粒子の葉面沈着量における季節変化とその樹種間差異を考慮し、適切な樹種を選抜すべきである。

引用文献

- 本多宏充 (2012) 大気汚染測定フィルターを再利用した黒色炭素エアロゾルの測定. 北海道大学 修士論文.
- Han, Y. M., Lee, S. C., Cao, J. J., Ho, K. F. and An, Z. S. (2009) Spatial distribution and seasonal variation of char-EC and soot-EC in the atmosphere over China. *Atmospheric Environment*, 43, 6066-6073.
- Han, Y. and An, Z. S. (2010) Different characteristics of char and soot in the atmosphere and their ratio as an indicator for source identification in Xi'an, China. *Atmospheric Chemistry and Physics*, 10, 595-607.
- Hara, H., Kashiwakura, T., Kitayama, K., Bellingrath-Kimura, S. D., Yoshida, T., Takayanagi, M., Yamagata, S., Murao, N., Okouchi, H. and Ogata, H. (2014) Foliar rinse study of atmospheric black carbon deposition to leaves of konara oak (*Quercus serrata*) stands. *Atmospheric Environment*, 97, 511-518.
- 松田和秀, 佐瀬裕之, 村尾直人, 林 健太郎, 野口 泉, 高橋 章, 高木健太郎, 深澤達矢, 山口高志, Pojanie Khummongkol (2010) 東アジアの森林生態系におけるエアロゾルの沈着量と動態の評価. 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. 平成 22 年度第 1 回全体会議講演要旨集, 34-35.
- Takamatsu, T., Sase, H., Takada, J. and Matsushita, R. (2001) Annual changes in some physiological properties of *Cryptomeria japonica* leaves from Kanto, Japan. *Water, Air and Soil Pollution*, 130, 941-946.
- Yamaguchi, M., Takeda, K., Otani, Y., Murao, N., Sase, H., Lenggoro, I. W., Yazaki, K., Noguchi, K., Ishida, A. and Izuta, T. (2012) Optical method for measuring deposition amount of black carbon particles on foliar surface. *Asian Journal of Atmospheric Environment*, 6, 268-274

(2) 捕捉効果の検証

① 常緑広葉樹と落葉広葉樹の苗木実験

2017 年 10 月から常緑広葉樹 4 樹種（シラカシ、アラカシ、クロガネモチ、キンモクセイ）と落葉広葉樹 5 樹種（イチョウ、ケヤキ、ハナミズキ、コブシ、ヤマボウシ、エゴノキ）の苗木を黒土を詰めたポットに移植し（写真Ⅱ.2-1）、東京農工大学府中キャンパスの圃場で育成を開始した（写真Ⅱ.2-2）。育成開始時の常緑広葉樹 4 樹種の苗木の樹高と葉数を計測した。また、常緑広葉樹 4 樹種におけるブラックカーボン粒子の葉面沈着量を測定するために、2017 年 12 月 1 日および 2018 年 1 月 15 日、2 月 15 日、3 月 15 日に葉のサンプリングを行った。また、同圃場で、2017 年 11 月 8 日からテープ式ブラックカーボン濃度測定機による大気中のブラックカーボン粒子の濃度測定を開始した。

供試樹木 (<http://www.chiba-museum.jp/jyumoku2014/kensaku/naamae.html#ki>)

常緑広葉樹



クスノキ



マテバシイ



シラカシ



アラカシ



クロガネモチ



キンモクセイ

落葉広葉樹



イチョウ



ケヤキ



ハナミズキ



コブシ



ヤマボウシ



エゴノキ

写真Ⅱ.2-1 本研究の供試樹木（常緑広葉樹 6 樹種と落葉広葉樹 6 樹種）

クスノキ、マテバシイ、イチョウおよびケヤキを供試樹種として先行研究を行った。平成 29 年度から常緑広葉樹（シラカシ、アラカシ、クロガネモチおよびキンモクセイ）によるブラックカーボン粒子の捕捉効果に関する実験を開始した。平成 30 年 4 月から落葉広葉樹（ハナミズキ、コブシ、ヤマボウシおよびエゴノキ）によるブラックカーボン粒子の捕捉効果に関する実験を開始する。



写真Ⅱ.2-2 常緑広葉樹（シラカシ、アラカシ、クロガネモチ、キンモクセイ、左写真）と落葉広葉樹（イチョウ、ケヤキ、ハナミズキ、コブシ、ヤマボウシ、エゴノキ、右写真）の苗木育成風景（2018年3月15日撮影、東京農工大学府中キャンパス内の圃場）

② ブラックカーボン粒子の葉面沈着量の測定方法

平成29年度においては、常緑広葉樹4樹種（シラカシ、アラカシ、クロガネモチ、キンモクセイ）の葉を用いて、葉面ブラックカーボン沈着量の定量方法を検討している（図Ⅱ.2-13）。現在検討している葉面ブラックカーボン沈着量の定量方法は、以下の通りである。

葉面ブラックカーボン沈着量の定量方法

- (1)採取した葉の面積を画像解析ソフト（Lia 32 ver.0.378, フリーソフトウェア）を用いて測定する。
- (2)葉を脱イオン水で3分間にわたって洗浄し、その後、約30 mlのクロロホルム（99%, w/w）で抽出する。抽出液をシリカ濾紙（QR-100, Advantec MFS Inc.）で濾過し、ブラックカーボン粒子を同濾紙上に捕集する。
- (3)ブラックカーボン粒子を捕集したシリカ濾紙の500～700 nmにおける吸光度を積分球付き分光光度計（U-4100, 株式会社日立ハイテクノロジーズ）で測定する（北海道大学）。
- (4)シリカ濾紙上のブラックカーボン粒子の捕集量は、Thermal Optical Reflectance (TOR) (IMPROVE法)のOC/EC炭素分析計（Model 2001A, DRI）によって元素状炭素（Elemental carbon, EC）として定量する（アジア大気汚染研究センター）。
- (5)シリカ濾紙の吸光度と原子状炭素（EC）量との関係から、シリカ濾紙上のブラックカーボン粒子の捕集量を推定するための検量線を樹種ごとに作成する。

常緑広葉樹4樹種（シラカシ、アラカシ、クロガネモチおよびキンモクセイ）の葉面ブラックカーボン沈着量を定量するために、2018年3月7～10日に北海道大学で、ブラックカーボン粒子を捕集したシリカ濾紙の500～700 nmにおける吸光度を積分球付き分光光度計（U-4100, 株式会社日立ハイテクノロジーズ）で測定した。また、2018年3月21～24日にアジア大気汚染研究センター（新潟市）で、同シリカ濾紙上のブラックカーボン粒子の捕集量を Thermal Optical Reflectance (TOR) (IMPROVE法)のOC/EC炭素分析計（Model 2001A, DRI）を用いて元素状炭素（Elemental carbon, EC）として定量する予定である。その後、シラカシ、アラカシ、クロガネモチおよびキンモクセイにおける葉面ブラックカ

ーボン沈着量（EC/OC 計で測定したシリカ濾紙上の単位面積あたりの EC 量）と積分球付き分光光度計で測定した同シリカ濾紙の吸光度との関係を樹種ごとに検討し、検量線を作成する。

ブラックカーボン(BC)粒子の葉面沈着量の測定

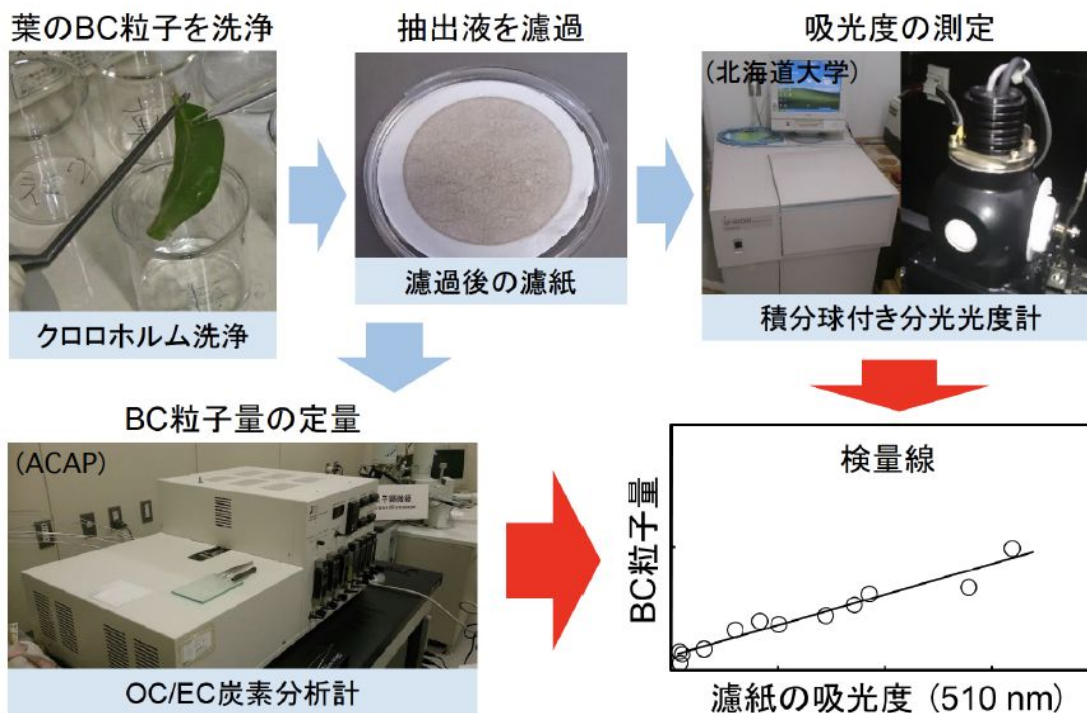


図 II .2-13 ブラックカーボン粒子の葉面沈着量の測定方法

③ ブラックカーボン粒子の捕捉効果の評価方法

上記の実験的研究で得られた単位葉面積あたりのブラックカーボン粒子沈着量とその季節変化から各樹種における1年間の単位葉面積あたりのブラックカーボン粒子捕捉量を明らかにする。次に、各樹種における1年間の単位葉面積あたりのブラックカーボン粒子捕捉量に基づいて、実際の樹木（街路樹などの大きな樹木）1本あたりの葉面積や葉数を用いて、樹木1本あたり1年間でどのくらいのブラックカーボン粒子を葉に捕捉することができるのかを評価し、その樹種間差異を比較する。その際、実験的研究における測定結果から得られた各樹種の葉面積推定式や葉数推定式（例えば、樹種別の平均葉面積、根元直径や胸高直径と葉数との関係式、胸高直径と樹木1本あたりの総葉面積との関係式など）を構築する。実際の公園樹木や街路樹の胸高直径や樹高を調べ、1本の樹木（街路樹などの大きな樹木）によって1年間でどの程度のブラックカーボン粒子を捕捉するかを推定し、大気中のブラックカーボン濃度からある一定空間における1本の樹木によるブラックカーボン粒子に注目した大気浄化能力（大気中に存在するブラックカーボン粒子の何%くらいが葉に捕捉されるのか）を推定し、評価する。さらに、粒子状汚染物質の捕捉の面から、公園樹木や街路樹として、どのような樹木をどのように植栽すれば（植栽形態や密度など）、ブラックカーボン粒子に着目した大気浄化能力が高まるのかを考察し、効果的な植栽手法などを提案する。

第3章 調査研究検討会の開催

調査研究の実施にあたっては、調査研究の内容や進め方の妥当性、調査研究の途中成果を踏まえた調査研究計画の修正の要否を確認し、定期的に助言・評価を得るために、以下の学識者からなる検討会を設け、今年度は、2回の検討会を開催した。

表III-1 検討会委員

氏名	所属	専門
興水 肇	明治大学農学部名誉教授・ 都市緑化機構理事長	造園学・緑化学
畠山史郎	埼玉県環境科学国際センター総長	大気環境
藤沼康実	前鳥取環境大学環境学部教授	植物生理・大気汚染と植物

1. 第1回

(1) 開催概要

日時	平成 29 年 10 月 16 日（月） 14:50～17:30		
場所	株式会社プレック研究所 8 階会議室		
出席者	学識者等	興水 肇	公益財団法人都市緑化機構 理事長
		畠山 史郎	埼玉県環境科学国際センター 総長
		藤沼 康実	一般社団法人国際環境研究協会 プログラムオフィサー
	委託者	石川 論	独立行政法人環境再生保全機構 予防事業部事業課 課長代理
		松井 友哉	独立行政法人環境再生保全機構 予防事業部事業課 主査
		相馬 芳瑠	独立行政法人環境再生保全機構 予防事業部事業課
	受託者	伊藤 敦基	株式会社プレック研究所 環境計画 1 部 部長
		大原 正之	株式会社プレック研究所 環境計画 1 部 専門次長
		宮脇 侑子	株式会社プレック研究所 環境計画 1 部 研究員
		伊豆田 猛	国立大学法人東京農工大学 大学院農学研究院 教授
議事	1. 本調査研究の進め方について 2. 大気浄化植樹事業の課題の把握と今後の事業展開のあり方の検討 3. 樹木による粒子状汚染物質の捕捉効果と植物への影響の把握		

(2) 議事要旨

1. 本調査研究の進め方について ＜大気浄化植樹事業に係るこれまでの経緯＞ ○緑のカーテンの効果分析を行う際は、葉量の推定方法を慎重に検討すること。 ○葉が持つ粒子状物質の捕捉効果は、葉のつく位置により異なるため、大規模な苗、樹木単位での推定や値の扱いには注意すること。 ○粒子状汚染物質の他に、光化学オキシダント等の影響にも目を向けると良い。 ＜研究計画について＞ ○この事業でターゲットとする汚染物質とその物質が人体へ与える影響を再整理すると良い。 ○あわせて、他の緑化事業とこの事業の位置関係を整理すると良い。 ○事業展開方策は、主な助成対象となっている学校や福祉施設へのアピール等、幅広い視点を持って検討すると良い。 ○大気環境に対する関心は年々薄れており、一般の方が関心を持ちやすい分野とリンクした事業展開をする等、多少の方向転換が必要である。 ○各自治体の緑化事業の推進状況には差がある。こうした点に着目して情報収集すると良い。 2. 大気浄化植樹事業の課題の把握と今後の事業展開のあり方の検討 ＜大気浄化植樹事業について＞ ○事業名に「環境」という言葉を用いるなど、事業内容を時代にあわせて更新していけると良い。 ＜事業実績の収集分析＞ ○大気環境に関する法律が変わることがあれば、それに合わせて事業推進することも有効である。 ○時代に合わせて対象地域を変更できると良い。近年の都市緑化（緑地整備）の動向＞ ○この事業について、ホームページ等で PR 活動を行う必要がある。
--

- ディベロッパーや住宅メーカーをターゲットとした事業展開も検討できると良い。
- ＜アンケート調査計画（案）について＞
- 事業の説明は、「大気浄化能力等の環境改善機能の高い植栽」等、柔らかな表現にすること。
- アンケートを依頼する際には、事業説明のパンフレットや資料を同封すること。
- Ⅰ－10への回答として、「大気浄化の問題が顕在化していない」という選択肢があると良い。
- Ⅰ～Ⅲはすべて1つの冊子にまとめ、他の部署への質問も含めアンケート全体が分かるようにすると良い。
- アンケートの回収率を確保するため、回収方法を十分に検討すること。

3. 樹木による粒子状汚染物質の捕捉効果と植物への影響の把握

質疑以外のご意見なし

(3) 議事録

1. 本調査研究の進め方について

＜大気浄化植樹事業に係るこれまでの経緯＞

- 委員：資料 p.7 の「大気汚染対策緑地であって、大気浄化植樹の事業地ではない」とはどういう意味か。
- PREC：過去に大気浄化植樹事業とは別に行われていた、建設譲渡事業（緑地事業）で整備された「大気汚染対策緑地」の実績であることを示している。
- 委員：資料 p.15,16 で、PM_{2.5}としては粒子状物質濃度の距離減衰が認められず、PM_{2.5}のうち亜鉛やアンチモンといった金属成分のみに着目すると距離減衰が認められた、という結果が示されているが、この要因は何か。
- PREC：要因を解明することはできていない。前回の調査研究では、自動車から排出される PM_{2.5}に着目し、沿道で調査を実施した。主な排出源が自動車走行とされる金属成分については明らかな距離減衰が認められたが、その他の物質を含む PM_{2.5}全体としては距離減衰が認められなかったということから、PM_{2.5}の排出源は自動車以外にも大陸からの飛散等、複雑なものとなっていることが考えられる。
- 委員：資料 p.20 に示されている緑のカーテンに関する調査について、この調査では緑のカーテンの熱収支についても測定、推定を行ったのか。
- PREC：熱収支についても測定を行ったが、測定精度を確保できなかったため、結果として掲載していない。調査は生徒のいない夏休み期間中に実施する等の配慮をしたが、測定中に窓の開閉が行われる等、安定した測定環境を整えることができなかった。
- 委員：葉量の指数として、葉面積指数を用いているが、葉層の厚さに着目するという考え方もあるのではないか。
- PREC：この葉面付着粉塵量の推定では、葉面積指数に一つの数字を掛け合わせて算出したことと思うが、実際には蔓の上部と下部、カーテンの外側と内側で、葉が持っている粒子状物質の捕捉能力が異なり、前回調査研究で算出した推定値は過大評価となっている可能性が高い。ガス状物質の場合は、ある程度まんべんなくどの位置についている葉も吸着効果を持っているが、粒子状物質の場合は気孔の働きと関係しており、気孔は葉のつく位置により開度が異なるため、注意が必要である。

○委員：過去にアサガオの緑のカーテンに関する研究をしたことがあるが、その際は PM_{2.5} よりも光化学オキシダントが植物に与える影響の方が顕著に見られた。そういった例も踏まえ、丁寧に分析していく必要があるだろう。

→PREC：調査研究を行う上で、PM_{2.5} の発生源を道路に限定できない点が難しいと感じている。

→委員：例えば、前回調査研究の結果ならば、PM_{2.5} 全体の値と金属成分のみの値の差をとる等、成分別に分析していく方向性で考えてはどうか。

○座長：前回の調査研究における課題について、今回の事業の中で補足調査を実施する等、改善案はあるのか。

→PREC：今回は東京農工大学との共同研究とすることで、前回調査研究で課題となった条件設定等の精度を確保できるものと考えている。

<研究計画について>

○委員：大気浄化植樹事業では、植栽工事に係る費用の全額を助成しているのか。

→ERCA：助成金額は植栽面積に基づき決定する。自治体の工事に対する助成は 5,200 円/m²、民間事業者の工事に対する助成は自治体を通しての間接助成で、2,600 円/m² としている。

→委員：その金額は植栽工事を行う上で十分な金額なのか。

→ERCA：全額は負担できておらず、植栽工事の一部を助成していると言わざるを得ない現状である。

○委員：東京農工大学は、何を担当するのか。

→PREC：詳細は後ほど説明するが、常緑広葉樹と落葉広葉樹のうち街路樹等で使用頻度の高い樹種の苗木を用いて、葉によるブラックカーボン（BC）の捕捉効果とその季節変化や樹種間差異を調べたいと考えている。実地に即したデータを得るには沿道に苗木を置いて計測することが望ましいが、許可申請等の行政手続き上、現実的ではないため、東京農工大学府中キャンパス内の圃場に苗木を置いて測定する予定である。計測開始にあたり供試樹木を調達したが、基本的に秋季は苗木出荷が少なく、供試樹木の調達に予定よりも時間を要した。供試樹木の育成開始が遅れているため、今年度予定している計 3 回の計測は、各回研究事業計画書で予定した時期よりも半月～1 カ月程度後ろ倒しにして実施したい。来年度予定している落葉広葉樹については、来年春季から計測を始められるよう、今年度中に供試樹木を調達する等、十分な準備を整えておきたいと考えている。

○委員：研究計画では PM_{2.5} と限定せずに「粒子状物質」としているが、この点についてはどのように考えているのか。

→PREC：少なくとも農工大の担当分については、現在の技術水準で PM_{2.5} とそれ以外の物質を区別することは難しいため、まずは、「粒子状物質」を対象としたい。

→委員：計測では、PM_{2.5} の中でも特に BC に着目するのか。

→PREC：粒子状物質には様々な物質が含まれるが、中でも BC の占める割合が大きいことから、BC に着目することとした。

○座長：助成件数がじり貧状態となっている中、もう一度事業を活性化するために、この事業でターゲットとする汚染物質は何なのか、その物質が人体にどのような影響を及ぼすのかを再整理し、主な助成対象となっている学校や福祉施設へのアピール方法を検討する等、幅広い視点から事業展開方針を検討していく必要があるだろう。

→委員：例えば、農林水産省ではエネルギー関連の経費で緑化に係る補助事業を行っている。必要に応

じてこうした他の緑化事業の目的を包含するといった方向性も考えられる。まずは、他の緑化事業とこの事業の位置関係を明確にすることも必要だろう。現在では「大気浄化」という言葉自体が古くなってしまっていると感じる。この事業で直接的に他の分野について言及することはできなくとも、エネルギー等の現代の一般人が高い関心を持っている分野への効果もあわせてアピールしていく等、多少の方向転換は必要だと思う。

→委員：この事業が始まった時代の一般人は「都市の大気」といった比較的小さなスケールの問題に関心を持っていたが、現在は「地球全体」といった大きなスケールの問題に関心が移ってきており、狭い地域に植樹をしても効果がないという見方をされている懸念がある。

→座長：環境学習等の場で、地球環境の変化や地球温暖化の話とあわせて、大気環境や植物が持つ大気浄化機能について伝えていくのが良いのではないか。企業の緑化でも SDGs の観念が求められる時代となっている。事業展開を考える上で、科学的な基礎データを得ることも非常に重要ではあるが、より幅広い視点で情報を収集していく必要があるのではないか。

→委員：緑のカーテンに関する自治体の事業について情報収集をした経験があるが、その効果をアピールし推奨しているだけのところもあれば、助成金を出しているところ、助成金に加え資材を提供しているところまであり、自治体の取組みはまだまだ千差万別である。そういったところに着目して情報収集しても良いだろう。

→座長：第一回検討会なので、まずは問題提起ということで良いと思う。今後、ここで出た視点も取り入れながら検討を進めてほしい。

2. 大気浄化植樹事業の課題の把握と今後の事業展開のあり方の検討

<大気浄化植樹事業について>

○委員：留意事項に「保育園」とあるが、小学校等は対象に含まれないのか。

→PREC：小学校や中学校は事業対象となっている。詳細は後ほど、事業実績でも紹介するが、学校施設での実績は全体の半数以上を占めている。

○委員：かなり前の話になるが、ホンダでは工場緑地に力を入れていた時代があり、横浜国立大学の宮脇昭名誉教授ご指導のもと緑化をしていた。この事業の実績か。

→PREC：実績を見る中ではない。

○委員：カッコ書きでも良いので、事業名を別のものにできないか。「大気浄化」と限定しない表現にした方が手を挙げやすいと思う。

→PREC：事業が始まって 30 年近く経過しており、時代がかなり変わっている。事業開始当時は、地球環境問題に関する言及も少なかった。

→PREC：近年、ヒートアイランドの問題等もあるため、「都市環境の再生」等、「環境」という言葉を使った方が、現代の一般向けには伝わりやすいのではないか。一般の方は、都市であれば都市特有の問題に対して高い関心を示すことが多く、地方公共団体もこういったところに着目している。都市における緑地や樹木の機能を紹介する中で、大気浄化機能を紹介することで、大気浄化植樹に対する関心を得られるのではないか。

○PREC：事業の別称を提案するということは可能か。

→ERCA：実現できるかどうかは別として、提案すること自体は問題ない。

<事業実績の収集分析>

- 委員：事業の対象地域は、事業開始当初から変わっていないのか。それが事業活用の進まない原因ではないか。今回、様々な提言をすれば大幅な見直しが行われる可能性もあるということか。
- ERCA：予防事業の対象地域は、法律で定められており、この事業は法律で定められた地域の中で行っているという関係性のため、この事業のために機構の一存で対象地域を変更することはできない。
- 委員：この30年間に新たに工業地帯となった地域もあり、この対象地域に違和感を覚える。限られた地域でのみ事業を行い、じり貧状態となっているのであれば、状況を変えるには制度を変えるしかないのではないか。
- 座長：対象地域は、要綱で定めている程度ならば、変更できる可能性もあるが、法律で定められているものを変えるのは難しいだろう。
- 委員：大気環境の悪化が見られればこの事業も活発に進むことと思うが、大気汚染の影響が落ち着いてきて、大気環境に関する人々の関心が薄れてきているのだろう。
- 委員：PM_{2.5}が問題になった際など、大気環境に関する法律が変わることがあれば、それに合わせて事業を推進することができただろうが、単独で事業を推進するのは難しい。
- 委員：この業務は委託業務ということで、事業の上流の話をするのは難しいのではないか。
- 座長：提言として報告書に書いておくのは良いのではないか。ぜひまとめてほしい。

<近年の都市緑化（緑地整備）の動向>

- 委員：この事業への応募要項はどのようなになっているのか。
- ERCA：民間事業者向けの助成も含め、各自治体で取りまとめて申請いただくことになっており、機構から一般向けには応募要項等の公表をしていない。ただし、公表してはいけないというわけではなく、検討の余地はある。
- 委員：まずは、ホームページ等でPR活動を始める必要があるのではないか。
- 座長：住宅は、外構を充実させることで価値が上がる。ディベロッパーや住宅メーカーをターゲットとした事業展開は検討できないか。事業活用の目的が住宅の付加価値をつけることであっても、大気浄化植樹を普及させるという意味では、この事業の目的を十分達成しうるのではないか。一般人が個人の住宅を建てる際にこの事業の活用を発想することは考えにくいので、まずはディベロッパー等と呼びかけるのが効果的ではないか。ただし、大気浄化を前面に押し出しすぎると、逆に「この地域は大気汚染がひどいんだ」と取られる懸念もあるため、注意が必要である。

<アンケート調査計画（案）について>

- 委員：p.2の枠組みの中の事業の説明について、「大気浄化能力を有する植栽…」という表現はきつすぎるのではないか。例えば「大気浄化能力等の環境改善機能の高い植栽」等、柔らかな表現を使用した方が良いと思う。また、事業の認知度が低いことが予想されるため、アンケートを依頼する際には、事業説明のパンフレットや資料を同封する必要があるだろう。自治体に事業説明する際に使用している資料等はあるのか。事業の結果だけでなく、現在どのように広報活動をしているのかについても教えてほしい。
- ERCA：自治体の担当者には、例年年一回開いている研修会で情報発信をしている。
- 委員：p.6の「I-10」への回答として、「大気浄化の問題が顕在化していない」という選択肢があっ

も良いのではないか。

○委員：Ⅰ～Ⅲはすべて1つの冊子にまとめ、他の部署への質問も含めアンケート全体が分かるようにしておいた方が良いと思う。

○PREC：毎年の研修会でこの事業を紹介しているが、自治体からは落ち葉や病虫害の影響があるため、緑化推進は難しいというご意見をいただく。そういった意見に対して、都市緑化機構では現在どのような対応を推奨しているのか。

→座長：自治体が落ち葉や病虫害の問題を挙げている理由は2つ考えられる。1つは、事業推進が進まない理由を落ち葉や病虫害のせいになっている場合、もう1つは本当に落ち葉や病虫害に悩まされている場合である。前者の場合が8割で、これに対しては手立てがないというのが現状である。後者の場合には、地域の方の手を借りる、清掃事業として落ち葉回収を積極的に行うこと等を提案している。また、植栽事業では整備費だけでなく維持管理費用が重要となることを指導したり、維持管理のための最新技術等に関する情報を提供したりしている。

○座長：返信用の封筒をつける、担当部署に集めてもらう等、アンケートの回収方法は検討しているのか。アンケート依頼先には、全く面識のない部署も含まれるため、アンケートの回収方法を十分に検討しておく必要があるだろう。

3. 樹木による粒子状汚染物質の捕捉効果と植物への影響の把握

○委員：沈着期間はどのくらい設けるのか。

→PREC：供試樹木は同じ場所に置いたままとするため、計測回を追うごとに、暴露期間が長くなるということになる。一連の研究を始める前には、暴露期間と捕捉量の間には正の相関関係があるだろうと予想していたが、実際に計測してみるとそういった相関関係は認められなかった。この研究でも、樹種によりそれぞれ異なる傾向が見られると予想している。

○委員：これまでの研究成果を見ると、葉と粒子状物質の結びつきはさほど強くないということか。

→PREC：結びつきは強くないが、水で流れるほどではない。また、大気中にはBC以外にも様々な粒子状物質が含まれており、各物質と葉の結びつき方にも差があると考ええる。以前の研究で、BC粒子の葉面沈着量と降水量の相関関係を確認したが、有意な相関関係は認められなかった。また、大気中のBC濃度と葉面沈着量にも相関関係は見られず、葉面沈着量は葉面が粒子状物質を捕捉できる状態になっているか否かに左右されているものと考えられる。

○PREC：樹種間差異が大きいとのことだが、科単位ならある程度似た傾向を示すのか。

→PREC：先行研究では、科単位でも捕捉効果の傾向をまとめることはできなかった。同じ科であっても葉面の構造や葉のつき方等が異なるため、粒子状物質の捕捉機能も異なるものと考えられる。例えば、これまで研究してきた樹種は比較的大型の葉が少数ついているものが多かったが、今回供試樹木に選んだクロガネモチは、小型な葉が多数ついており、微気象的な観点から、これまで計測した樹種とは異なる傾向を示すのではないかと予想している。

○座長：葉面沈着量と降水時間については、全ての樹種で負の相関関係が見られるが、降水時間が長くなるほど粒子が多く洗い流されるということか。

→PREC：降水量と同じく降水時間の影響もさほど大きくはないと思われるが、現時点では調査研究した樹種やサンプル数が多くないため、言いきることはできない。野外の成木で観測をしている人の話では、大雨が降るとBCが洗い流されて根元に集まってくるという傾向もあるようだが、既往研究の成

果でも説明した通り、PM_{2.5}は水で洗っても多くは流出しないため、降水との相関関係はさほど期待できないと考える。

○PREC：次回第二回の検討会は2月頃の開催を予定している。後日日程調整をさせていただきたい。

→座長：次回の議事はアンケート結果の他に何があるか。

→PREC：樹木による粒子状汚染物質の捕捉効果検証に係る調査では、常緑広葉樹の観測を始めたばかりのため、数回の測定結果を示すことはできるが、まとまった結果は示せない可能性がある。

○委員：現時点でのこの事業の最終目標はどのように考えているのか。

→PREC：一つは対象樹種を広げること、もう一つは、大気環境関連部署と緑化関連部署の連携体制を促すこと、さらに、環境学習等新たな手法を用いた事業展開も検討していきたいと考えている。

→座長：他の事業とも連携させながら、様々な方向性での活用を検討できたら良いのではないか。

以上

2. 第2回

(1) 開催概要

日時	平成30年1月29日(月) 15:00~17:00		
場所	株式会社プレック研究所 8階会議室		
出席者	学識者等	興水 肇	公益財団法人都市緑化機構 理事長
		畠山 史郎	埼玉県環境科学国際センター 総長
		藤沼 康実	一般社団法人国際環境研究協会 プログラムオフィサー
	委託者	鈴木 誠	独立行政法人環境再生保全機構 予防事業部事業課 課長
		松井 友哉	独立行政法人環境再生保全機構 予防事業部事業課 主査
		相馬 芳瑠	独立行政法人環境再生保全機構 予防事業部事業課
	受託者	伊藤 敦基	株式会社プレック研究所 環境計画1部 部長
		大原 正之	株式会社プレック研究所 環境計画1部 専門次長
		宮脇 侑子	株式会社プレック研究所 環境計画1部 研究員
		伊豆田 猛	国立大学法人東京農工大学 大学院農学研究院 教授
議事	1. 対象自治体へのアンケート結果及びヒアリング計画(案)について 2. 樹木による粒子状汚染物質の捕捉効果と植物への影響の把握について 3. 本年度調査のとりまとめと次年度調査計画(案)について		

(2) 議事要旨

1. 対象自治体へのアンケート結果及びヒアリング計画(案)について
- ＜アンケート結果について＞
- 事業の周知度について、アからオの選択肢があるが、「ウ」今回新たに知った」と「オ」全く知らない」はほぼ同じ状況で、「エ」事業があることは知っているが、内容はほとんどわからない」の方が、まだ少し理解度が高いだろう。選択肢の序列はア、イ、エ、ウ、オが適切ではないか。
- ＜大気浄化植樹事業の課題について＞
- 事業の認知度が低いことには何も始まらない。まずは情報周知を徹底することが重要である。
- 環境省のHPと本事業のHPの連携を強化するなど、情報をより見つけやすくする工夫が必要である。
- 助成対象や募集要項を広げるなど、時代にあわせてしくみを変えていく必要があるのではないかと。例えば、事業名称に「環境保全緑化」や「環境改善緑化」といった言葉を付け加えるだけでも、より柔軟な活用を期待できると思う。
- 植物が持つ大気浄化機能のみならず、その他の多面的な機能も含めて、植樹の意義を伝えていくことが必要である。
- 既存の樹木の維持管理を通して大気浄化機能を高めるという考え方で、例えば、5年、10年に一度、維持管理の助成をすることはできないか。まずは対象をこの事業で植えた樹木だけに絞っても良いので、検討してほしい。
- 新しい知見が見つかれば、この事業にもう一度注目が集まり、事業活用のきっかけにつながると思う。
- ＜ヒアリング計画について＞
- できる限りすべて対面式で行うのが丁寧で良いだろう。
- ヒアリングでは、現状を伺うだけでなく、本事業の改善策につながるアイデアをうまく引き出せると良い。

2. 樹木による粒子状汚染物質の捕捉効果と植物への影響の把握について

＜実験の途中経過報告について＞

- この調査研究を行えば、月別の葉面沈着量を曝露量で表現できるようになるのではないかな。
- 観察する葉の葉齢によって、データに差違が出ることはないか。常緑と落葉を比較する際は、葉齢などの条件を揃えてデータ解析する必要があると思う。
- 個葉レベルと群落レベルでは、沈着量の傾向が異なるのではないかな。推奨樹種等の判断をする際には、大きな間違いのないよう、注意する必要があると思う。
- ガス状物質は、気孔経由で植物の体内に入るがあるが、粒子状物質は、表面沈着ということでプロセスが全く異なる。ガス状物質に関する研究成果がそのまま生きることはないだろう。

3. 本年度調査のとりまとめと次年度調査計画（案）について

＜報告書とりまとめ方針について＞

- 評価委員会に提出する資料は、可能な限り具体的な数値を示した方が良いのではないかな。
- 調査研究の開始時期を考えれば、現段階の進捗としては、調査研究の構想をまとめ、準備を進めているという状況で十分ではないかな。
- 大気環境の現状については、毎年環境省が整理して HP に掲載している。グラフなどは、ここから引用するのが良いだろう。

＜本調査研究の成果の活用に向けて＞

- この調査研究の成果を踏まえて、植物と環境についての簡単な情報を HP でまとめて公表することは考えているのか。まとまった成果が出なくとも、光化学オキシダントや PM_{2.5} に関する最新の解説を示すことで、一般の方の関心をもう少し集められるのではないかなと思う。
- 2020 年に東京オリンピック・パラリンピックの開催を控えているが、都市環境の改善に関する取り組みは全く進んでいない。植物が持つ機能について、定量的な効果を示せなくとも、まずは植樹を推進してほしい。

(3) 議事録

1. 対象自治体へのアンケート結果及びヒアリング計画（案）について

- 委員：資料の 1-2 の 1 ページ目について、アからオの選択肢があるが、「ウ）今回新たに知った」と「オ）全く知らない」は同じ次元の話ではないかな。
- 座長：「エ）事業があることは知っているが、内容はほとんどわからない」の方が、まだ少し理解度が高いということで、序列はア、イ、エ、ウ、オが適切だろう。ウとオは全く同じともいえると思う。
- 委員：その通りである。ウとオを同じと見なすと、大体 8 割以上がこの事業を認知していないという結果になる。集計方法について少し気になった。
- 委員：事業の周知方法は、事業開始当初から変わっていないのか。
- ERCA：基本的には変わっていない。毎年今の時期に、各自治体担当窓口の方へ対面で次年度の要望をお伺いしており、その際に併せて事業周知をしている。また、毎年開催している環境改善研修の中で、大気浄化植樹事業についても事例を交えながら紹介している。
- 委員：民間のインターネットサイトで、各種補助金を検索できるサイトがあるが、この事業はそういったサイトに掲載されているのか。

- ERCA：民間サイトでの掲載状況については確認できていない。
- ERCA：こちらから積極的な働きかけはしていないと思う。
- ERCA：サイトの運営会社が、ERCA のページを探し当てるなどして掲載している可能性はある。
- 委員：仕事柄、よく補助金サイトを見ているが、そこには補助金の概要も含めて、様々な補助金が一覧になって出ている。そういったサイトに掲載されていないというのは、例えば環境省のホームページからこの事業のページへつながりにくい点に、一つの問題があるだろう。環境関係で国の機関といえば、一般に環境省をイメージする。その環境省からこの事業のページにたどり着けないとすれば、それは問題であると思う。そのあたりのシステムをもう少し効率的なものにすれば、周知度はもう少し高まるのではないかと思う。
- 委員：ヒアリング計画について、遠隔地には対面、都内は電話となっているように見えるが、何か意図があるのか。できる限り対面式とする方が、失礼がないかと思うが難しいか。
- PREC：質問事項の多いところは対面、少ないところは電話、と機械的に決めてしまっている部分がある。確かに直接出向いたほうが丁寧なので、可能な限り対面式で行う方向で調整を進めたい。
- 委員：このアンケート結果を受けて、事業周知度の向上について検討するのは、機構なのか、プレックなのか。
- PREC：来年度の研究で検討していきたいと考えている。
- 委員：事業の認知度が低いことには何も始まらない。まずは情報周知を徹底することが重要と考える。
- ERCA：毎年、公害に係る健康被害発生地域 46 地域を中心に、自治体ヒアリングを行っている。その中で本事業の紹介もしており、全く何もせずに申請を待っているわけではない。ヒアリングの中で各自治体からは、アンケート結果にもあったように「植栽スペースがない」など色々な理由で事業の活用ができずにいると聞いている。情報を全く知らないわけではないのではないかというのが ERCA の所感である。
- 委員：法的な制度として、事業の対象地域が限定されているが、例えば対象や募集要項を広げるなど、時代にあわせてしくみを変えていく必要があるだろう。20 年以上同じ内容で募集し続けるのは難しいのではないか。
- ERCA：事業の対象地域については、「公害健康被害補償法」という法律で規定されている。この対象地域は、大気汚染の状況の悪い地域すなわち都市圏で、田舎の空気のきれいなところを対象地域とすることは、法律や事業の趣旨に反する。実際には、我々も色々な事業を行う上で、対象地域の限定が足かせになっているというジレンマはあるが、このスキームを変えることは難しく、このしくみの中で事業推進していくしかない。そもそも、植栽事業の多くは、都市圏など緑が少ないエリアで行われるため、この対象地域も大きくずれてはいないともいえる。
- PREC：資料説明の補足として、アンケートの結果をまとめた所感では、「大気浄化植樹事業」という名称が、周知を難しくしているようにも思える。大気環境の関係の部署にとっては「植樹」は担当外、緑化の部署にとっては「大気浄化」は担当外、とどちらの部署からも担当外という判断をされている恐れがある。
- 委員：例えば、制度的に変えることが難しいならば、事業名称に「環境保全緑化」や「環境改善緑化」という言葉を付け加えることで、もう少し柔軟に認知、活用してもらえるのではないか。
- 座長：先ほどお話のあった検索サイトでは、こういったキーワードで検索できるのか。
- 委員：例えば、「環境省」、「経済産業省」といった言葉で検索できるようになっている。

- 座長：その次に「大気浄化植樹」と言葉が出てこないということであれば、「大気浄化」という言葉を考え直さなければならないのではないかな。
- 委員：個人的には、「大気浄化」という言葉は死語だと思う。今の時代、「環境改善」や「環境保全」といった言葉でないと厳しいのではないかな。
- PREC：私は年に何度も市民向けに植物が持つ大気浄化機能の話を講演しているが、その際、藤沼委員がおっしゃったように、植物が持つ多面的な機能の話から始めている。大気浄化は様々な機能の一つとして話をすると、大抵の方が緑化の必要性を理解してくれる。説明の中で「ニーズの低下」を指摘する声があるとあったが、確かに大気浄化だけを前面に出して話をしても、もう空気がきれいになったから必要ないと考える人もいる。ところが実際には大気環境は少しも改善されていない。目に見える、空気に色がつく物質がなくなったというだけで、大気環境全体としては全く改善していない、という話とあわせてこの事業を周知していかない限り、大気もきれいになったし、植樹をする場所もないし、植えたら手間がかかるから植樹はやらないという話になってしまうだろう。今回のアンケート結果は、私がこれまで講演会等で聞いてきた一般の方の声が、ある意味正直に出ていると感じる。
- 委員：現在は、NOx や SOx は完全に基準値以下であるが、オキシダントなどは依然基準値を超えている。昔の大気汚染と今の大気汚染はかなり質が異なっているといえる。
- ERCA：先生がおっしゃったように、過去 NOx や SOx を中心に対策をしてきたが、NOx はすでに 100%近く改善されてきており、現在の課題は PM やオキシダントということになる。自治体さんへのヒアリングの中で、植物が持つ浄化能力の根拠をより明確に示した方が、自治体さんとしても導入しやすいという話はよく聞く。効果があるというだけでは、自治体さんを動かさないため、数字を定量的に示せればと考えている。そういった意味もあり、今回この調査研究を採択させていただいている。
- PREC：大気汚染対策のみであれば、植物を使わなくても良いという話になりがちで、植物の多面的な機能で温暖化防止等も含めて大気汚染対策ができる、ただの発生源対策とは違うということを、地方自治体の方にはなかなか理解していただけない。そもそも発生源対策をすれば良いのではないかなと言われてしまう。例えば、正直に言ってしまうと、オゾンや粒子状物質などの発生量に対して、植物がどのくらい浄化しているかと言われれば、それは微々たるものである。植物が持つその他の機能も含めて総合的に考えると、植物を植えることに意義があるのだということを伝えていかない限り、この事業も進んでいかないと思う。
- 座長：そのあたりをどのように周知し、実際に事業を活用していただけるか、ということも含めてヒアリングをしていかなければならないように感じる。単にこの事業を知っているか、どうすれば良いかを聞くよりも、どうすればこの事業を使ってもらえるかを引き出していく必要があるだろう。これまでは周知、説明のみと一方通行的な部分があったが、今の時代そのやり方は通用しない。ヒアリングでは、どうすればこの事業がうまく展開できるかを聞けると良いが、そのようになっているか
- ERCA：どちらかというと現状把握かと思う。
- 座長：現状は、先生の方で大体把握できている。例えば、維持管理費について、助成金額を増やしてほしいという意見があった一方で、普通の樹木と対象の樹木と混ざっている中で、維持管理費の計上を分けて行うのは煩雑なため維持管理費の増額は不要との意見も出ている。いずれもこの制度の欠陥をよく理解していると感じる。そこをどう改善していったら良いかということになるが、制度の変更は難しく、全ての樹木に維持管理費を出せる状況でもない。制度そのものが行き詰っている中で改善策をヒアリングしても、そこは専門家で考えるべきと言われる可能性も考えられる。改善策につな

るアイデアを、ヒアリングでうまく引き出せると良い。

→PREC：ヒアリング対象は、全体的にすでに事業を周知、活用できているところを選んでおり、どういった方法で事業周知をうまく行っているのか、手続きが煩雑、大変と言われる中で、どのように回しているのかということは聞けるのではないかと考えている。

○委員：既存の大気浄化植物の維持管理ではなく、既存の樹木の維持管理を通して大気浄化機能を高めるという考え方で、例えば、毎年ではなく10年に一度維持管理の助成をするといったことはできないだろうか。

→ERCA：検討できないことはない。新たな植樹ではなく、既存の樹木ということか。

→委員：その意味である。植樹ではなく既存の樹木の機能を高めるために維持管理をするという考え方である。

→PREC：保存樹木の指定をしている自治体が多いが、保護樹木は総じて大径木であることが多く、維持管理の負担が大きいそうである。アンケートの中には、樹木が大きくなりすぎると危険が生じるため、早めに適切な維持管理をするために、維持管理費を助成してほしいといった意見も見られた。

→PREC：維持管理費まで含めてお金を出してほしいという意見の理由として、適切な維持管理により樹木の健康を守っていくことが、大気浄化の機能を維持につながるのではないかと意見も見られた。その意見は、大気浄化植樹事業で植えた木の維持管理をイメージしていたことと思うが、まったく別の植栽の維持管理費を助成するのは少し難しいでしょうか。

→ERCA：既存の各地域に生えている、あるいは植樹したような木の維持管理費を助成するというのは、制度として説明がやや難しい。まずは、この事業の趣旨を保ちつつ、助成範囲を拡大していくことを考えたい。

→委員：毎年の維持管理費を助成するというのは当然難しいと思う。例えば5年、10年といった、ある程度節目のタイミングでお金を出すのはどうか。もう少し検討していただき、機能保全のために維持管理をする方法を考えてもらえたらと思う。

→ERCA：対象樹木を限定せずに維持管理費の助成を行えば、手を挙げる自治体はたくさんいると思うが、それではただの維持管理事業になってしまう。

→委員：対象樹木を限定しないことが難しいとすれば、まずはこの事業で植えた樹木だけに絞っても良いと思う。

→委員：植物は植えただけでは育たないという考え方はあると思う。

→委員：大規模な剪定など、5年、10年間隔で行う維持管理項目もあるだろう。そのくらいの頻度で助成をしていくことはどうか。

→ERCA：維持管理費の確保がネックになっていることは十分にわかったが、例えば、維持管理費まで助成した場合、この事業を活用する意向があるかどうかというのは、事前に確認しておきたい。助成金にも予算があるため、無制限に支給できるわけではない。

→委員：アンケート調査からもわかるように、この事業はすでに飽和状態となっており、新たな方向に持っていけないことには、今後の事業展開は難しいのではないかと。

→座長：新しい知見が見つければ、この事業にもう一度注目が集まり、事業活用のきっかけになると思う。より求心力のある情報提供ができればと思う。

2. 樹木による粒子状汚染物質の捕捉効果と植物への影響の把握について

○委員：スギは他の樹種と逆の傾向を示したとのことだが、15枚目のスライドにある、葉面沈着量ーエピクチクラワックス量のグラフで示すと、右肩下がりになるということか。

→PREC：スギについてはグラフ化していない。右肩下がりになる可能性はあるが、実際にはブラックカーボン（以下、BC という）粒子はワックスが疎なところに吸着している傾向があり、ワックスがあるところにはあまり吸着していないところもある。しかし、ワックスがあるところであっても、全く吸着していないわけではなく、グラフ化したことがないためはっきりは言えないが、右肩下がりになるとは限らない。ワックスの量と BC 粒子の沈着量との関係も、おそらくばらつきはありながらも、大きな傾向としてはプラスの傾きが見られるのではないかと思う。ただし、スギは色々変わった種で、今までの研究でも他の種と違う傾向が出る場合は多々あったため、それほどきれいな関係が出てこない可能性もある。

→PREC：スギは鱗片葉で複雑な構造をしている分、吸着の傾向が他の樹種と異なるのではないか。

→PREC：もう一つの見方として、落葉広葉樹の葉よりもスギのような針葉がたくさんついている方が、大気からの BC 粒子の沈着量は多くなる。複雑な形をしている葉の方が乱流が起きやすく、大気中の沈着量が多くなるということは考えられ、こういったことも考えるとワックス量と葉面沈着量の関係は予測ができなくなってくる。

→PREC：先ほど、樹種や科によって全く異なる傾向が出るかもしれないという話があったが、葉の形態によってある程度まとまった傾向がありそうということになると、葉が複雑に付いている針葉樹のほうが葉面沈着量が多いという可能性はあるか。

→PREC：それは大いにある。ただし、今回の場合は、植栽での使用頻度が高い樹種を材料に選んだため、針葉樹は対象としていない。既往知見として示した過去の研究は、森林を対象にして我々が行った研究だが、実際これまでの研究結果を見ると、同じ場所にいくつかの樹種があった場合、複雑な樹形、複雑な葉のつき方をしているものほど葉面沈着量が多いという傾向は出ている。その理由は明らかではないが、おそらく葉の表面の構造が複雑で、葉面に空気の流れができるため、沈着速度が大きくなるのではないかという話はある。世界的にも同様の報告はあるが、原因は明らかになっていない。

○PREC：葉脈の凹凸が多いとか、葉毛の多少など、様々複雑な要因があると思うが、一括して指標になり得るものはないのか。

→PREC：我々もそういったことを考えたことはある。葉の表面は肉眼では平らに見えても、実際には複雑な構造があったりし、そういった複雑な構造の上に BC 粒子が吸着する。また、気孔にも様々な形態があり、スギは顕微鏡で見ても気孔そのものは見えず、気孔の上にワックスがたくさん乗っかっている状態で、そこに BC 粒子がひっかかっている。葉の表面構造と BC 粒子の沈着とは非常に密接な関係があると考えられるが、今の段階では BC 粒子の吸着状況を確認する方法をやっと開発したレベルにすぎず、葉の表面構造と BC 粒子の吸着量について、明確な関係を見出した報告がないどころか、研究自体もまだ行われていない状況である。

○委員：月別の葉面沈着量を曝露量で表現したらどうなるのか。

→PREC：この実験では、試料は外に置いておいただけであり、曝露量は表現できない。

→委員：今後、実験的に行うとすれば、曝露量の観点からもきちんとした評価ができるようになるのではないか。

→PREC：先ほどの森林で行った研究では、人工的に曝露する方法を取っていたが、その際の結果では、

一度吸着した BC 粒子というのは、生育期の間はほとんど脱落しない。しかし、屋外の BC 粒子は月によって増減している。この理由は明らかではないが、おそらく曝露量と葉面沈着量とは必ずしも比例関係にはないと考えられる。例えば、大気中の BC 濃度が高くて、葉の方で吸着する準備ができていない状態であれば、BC 濃度が高くて吸着しない可能性がある。また、一旦吸着したものが何らかの形で流出してしまう可能性もあり得るが、他の粒子状物質と違い BC 粒子は水溶性ではないため、一度吸着したものは比較的流出しない印象がある。曝露量と葉面沈着量は必ずしも比例するとは限らないという部分が、植物の現実であり、そこを考慮しながら、年間で最も BC 粒子を吸着する樹種を探っていきたいと考えている。

→委員：今後の実験において、電子顕微鏡での表面観察は非常に重要な位置付けとなるだろう。

→PREC：その通りである。先行研究でも検証したが、ワックスの表面構造は月によって異なり、それが樹種によっても全く傾向が異なる。ただし、理由は不明だが、13 枚目のスライドにあるように、各樹種で沈着量が最も高い時期が異なるものの、最高値は概ね同じくらいの値を示している。例えば、イチョウであれば 10 月頃に最もワックスが多く、電子顕微鏡で見ても確かにそういった状態が見られる。逆に言うとマテバシイのワックス量は、6 月、7 月くらいが最高で、以降段々と少なくなっていくという傾向が見られる。表面構造の季節変化を電子顕微鏡で追いつけられることが理想だが、来年 1 年間は毎月とは言えないまでも、2 カ月～3 カ月に一回は、電子顕微鏡で葉の表面を観察しようと考えている。

○委員：例えば 13 枚目のスライドで、イチョウやケヤキは落葉樹のため生育期がはっきりしているが、クスノキやマテバシイは常緑樹のため、観察している葉の葉齢によって、データに差が出ると思われる。常緑と落葉、葉齢などの条件を揃えなければ、傾向をうまく整理できないのではないか。

→PREC：私もそのように考える。常緑広葉樹のデータの扱いは非常に難しく、1 年の区切り方によっても変わってくる。常緑広葉樹は、今年の研究ですでに育成、測定を始めているが、現実的にデータ測定は来年度の 12 月までとなる。そのデータについて、生育期の区切りの観点を加えるのは非常に難しい。

○ERCA：雨などの天候に影響を受けることはないか。雨などにさらされ、葉面についた BC 粒子が流されることはないか。

→PREC：先行研究において、例えば極端に降雨量の多かった月に、降雨後に BC 粒子の流出状況を調べたことがあるが、あまり明確な関係性は見られなかった。先行研究では、一度吸着したものが流出するという事は多少あるかもしれないが、今の段階ではそう多くない、とまとめている。

→ERCA：それは樹種毎のデータがあるのか。

→PREC：例えば、サンプリングとサンプリングの間に強く長い雨が降った時期を選んで数値を見ても、吸着量は必ずしも減っておらず、雨と吸着量の関係は捉えられていない。

→ERCA：一度吸着すると放さないということか。

→PREC：森林の樹木で実験した際、初めは BC 粒子の測定のために葉を水で洗って出てきた BC 粒子の量を測定しようと考えていたが、全く出てこなかった。普通、硫酸アンモニウム粒子などは水溶性のため、葉の表面についたものは水で洗えば全て抽出できるが、BC 粒子は全く抽出できなかったため、クロロホルムを使う方法を開発した。まだ詳細明らかではないが、おそらく降雨で全て流れてしまうということはないだろう。

○ERCA：クロロホルムで溶質を溶かす際、BC 粒子と吸光値の近いものはないのか。BC 粒子以外のもの

も検出しているとしたら、正しい数値が得られないのではないか。手間などを考えて、分光光度計で効率的に測定することを考えていることと思うが、測定精度はきちんと保てるのか。

→PREC：分光光度計の測定波長は何度も確認した上で、現在の波長が一番良いということで選んでいるので、おそらく測定精度は保たれているものと考えているが、近い波長のものが全く検出されていないかと言われれば、細かなところはわからない。クロロホルムは、葉の表面のクチクラ層を根こそぎ抽出するため、BC 粒子以外にも様々な物質が入っているが、今までやってきたこの方法では比較的きれいな結果が出ているため、この方法を採用している。むしろ今頭を悩ませているのは、葉の表面、裏面、各面の吸着量の測定方法である。これは、何度も試しているがうまくできていない。簡単に言えば、葉の表側だけ、または裏面だけにクロロホルムをつけて抽出すれば良いと考えているが、うまくいかない。葉の各面の吸着量がわかれば、例えば、植栽する際に、発生源の方向に葉の表面を向けたら効果的といった話ができるが、小さな粒子は葉の周辺に無数に浮いており、葉の裏にもかなり吸着している。また、その傾向も樹種によって異なり、どこまでまとめられるかどうかはわからない。

○ERCA：樹種ごとのデータが詳細に出ると、樹種選定の参考になるだろう。

→PREC：ぜひそのようにデータを活用してもらいたいと思う。

→ERCA：おそらく今は大気浄化植樹効果、またランニングコストの面からも、どの樹種を植えたら良いか情報が不足している部分があると思う。

→PREC：アンケートの結果を見ても、大気浄化植樹の効果がわからないといった話になっているようだが事実そのとおりで、実際にどのくらい吸着しているかを調べた前例がないため、概念やコンセプトだけで大気浄化機能を説明するに留まっている。ガス状汚染物質は、藤沼先生も国立環境研究所時代に研究されており、我々もオゾンについてはかなり研究したが、粒子状物質についてはこれまで誰も研究してこなかった。今回の調査研究では、科学的な知見に基づいた提案ができればと考えている。

○委員：個葉レベルと群落レベルでは、傾向が異なるのではないか。

→PREC：その点について、この実験で解明するのは難しいが、他の実験で言えば、例えば樹高 1~2m くらいの苗木であっても、上の方の葉と下の方の葉では、BC 粒子の吸着量に差が出るという結果がある一方、さほど違いは出ないという結果もあり、判断が難しい。ガス状汚染物質は、概ね葉の付いている位置により吸収量が異なるが、これも樹種によって異なる。本来は実用化に向けた提案をするならば、個体、群落レベルで考えていく必要があるが、個葉レベルで BC 粒子の吸着量が高い樹種が、現場でも高い吸着力を発揮できるとは限らず、難しい部分である。

→座長：大きな間違いを犯さないよう、注意した方が良さだろう。個葉レベルで沈着量の高いものは、個体、群落で見ても沈着量が多だろうと推測するのは間違いではないということで良いか。

→PREC：個体レベル、群落レベルで見たときには、個体あたりの葉面積が一番影響を受ける。例えば LAI が高い、個葉がたくさん付いてるなどすれば、吸着量も多くなると考えられるが、個葉レベルで単位面積あたりに BC 粒子が最も吸着する樹種というのはこの研究から概ね明らかにできると考えられるため、ある程度沈着量の多少は推定できるだろう。一個体あたりの葉面積が少なければ、沈着量も少なくなる。

○委員：ガス状物質の場合は、気孔経由で体内に入るというプロセスがあるが、粒子状物質の場合は、表面沈着ということでプロセスが全く異なる。ガス状物質のデータがそのまま生きることはないだろう。

→PREC：BC 粒子は、葉の表面に沈着してもあまり変化がないが、硫酸アンモニウムのような、他の $PM_{2.5}$

は葉の表面の水分で潮解して葉の中に取り込まれるなど、同じ粒子状物質であっても物質特性によって浄化状況に違いが見られる。沈着面積よりも植物の生理活性の方が、葉の沈着量に影響を与えているとも考えられる。また、BC 粒子については、吸着後の変化が少ないことから、葉の面積が大きいほどたくさん沈着するという単純な関係になる可能性もある。

3. 本年度調査のとりまとめと次年度調査計画（案）について

○PREC：資料 2-1 の p.7 に掲載していただいた先行事例は、未発表の内容ということで、データなどは公表できないことと思うが、成果としてはどのように扱えば良いか。

→PREC：資料 2-1 では、結果のみを書いている。図などを追加するとすれば、本日追加で配布したパワーポイントの 13 枚目、14 枚目のスライドとなるがいかがか。この調査研究で発表したからといって、論文が通らないということはないと思うので、このパワーポイントの図を 1、2 個程度掲載することも検討している。

○委員：この事業の評価委員会のようなものはあるのか。

→ERCA：各年度ある。2 年間の計画に対して、今年度の議論結果、進捗状況を報告し、5 段階の点数評価を受けることとなる。

→座長：それであれば、具体的な数値が出せるものは、示した方が良いのではないか。

→PREC：13 枚目のスライドが基本的なデータである。このくらいは掲載しても問題ない考える。

→委員：今年度は、年度の途中から始まったことを考えれば、今の段階では、こういう構想でこういう準備を進めているという段階で、進捗としては十分ではないか。逆に数カ月の結果でまとまった結果が出るというのは、生物の実験としてはあまりない状況ではないか。

→PREC：BC 粒子の沈着量の測定に関しては、この先行事例と同じ方法で行うため、先行研究と位置付けて紹介することはできる。

→ERCA：グラフの掲載は必須ではないが、掲載しておいた方が、本調査研究はこの先行研究を土台にして議論している、ということが伝わりやすいのではないかと思う。

→PREC：基本的に本調査研究で行うことは、この先行研究と同じことであるため、方法、フローはよく理解していただけたと思う。例えば、北海道に行ってデータを分析する意味などもわかっていただきやすいと思う。

○PREC：資料 3-1 の報告書の目次構成に、当初研究計画にはなかった「近年の大気環境」という項目を加えている。以前に比べて NOx や SOx は減ってきているが、まだ他の物質による大気汚染問題は残っている、ということを示す趣旨で提示するつもりでいるが、この項で取り扱うべきデータなどはあるか。

→委員：大気環境の現状については、毎年環境省が整理して HP に掲載している。グラフなどは、ここから引用するのが良いだろう。主に光化学オキシダントと PM_{2.5} は、依然環境基準を達成しておらず、大気環境に関する課題として残っていることと思う。

○PREC：資料 3-2 の p.3 の工程表では、研究の着手が遅れていることを踏まえ、12 月頃まで計測が続くということで良いか。

→PREC：来年度の工期を考えると、12 月までは確実に測定を行うことになるだろう。BC 濃度は冬の方が高くなるので、12 月は確実に測定したい。

○委員：これは ERCA さんにお聞きしたいが、例えばこの成果を踏まえて、植物と環境の話についての

簡単な情報を、HP でまとめて公表するといったことは考えていないのか。

→ERCA：現段階では、考えていないが、この調査研究等で成果が出れば、自治体にこの事業を活用してもらうのが一番の目標であるので、そういった情報発信についても、別途冊子などを作成していきたいと考えている。まずは、今年度の調査研究の報告書を HP に掲載することは予定している。2 年経過した段階で良い成果ができれば、結果をきちんと公表していきたいと考えている。

→委員：良い成果が出なくとも、光化学オキシダントや PM_{2.5}に関する最新の解説が加われば、もう少し現実味を帯びてくるのではないかと思う。

→ERCA：一定のとりまとめが完了すれば、申し分ない。

→PREC：お時間をいただければ、研究の余地はたくさんある。

→ERCA：この研究とは少しずれる部分があるか。

→委員：そのあたりの認識が足りていない。

→ERCA：もちろん成果を踏まえて、追加の研究も検討したいと考えている。

→PREC：オゾンの話は、今回の研究の中で取り扱えるものではない。オゾンは気孔からどれだけ取り込むか、BC はどれだけ吸着するかという話である。オゾンに関しては、3～4 年前にいただいた推進費の方で研究したが、そちらの結果の方が参考になると思う。今回のプロジェクトではオゾンの話は入れない方が良くと思う。

→委員：現実的なひっ迫度は、オゾンよりも光化学オキシダントの方が高いと思う。

→PREC：藤沼先生が国立環境研究所の時代に、街路樹を対象に気孔コンダクタンスを測定されていたが、実際に吸い込んだ物質の量に関する測定はまだ行えていない。そのあたり、平成 31 年度以降に研究の機会をいただければと思う。

→ERCA：藤沼先生がおっしゃったように、最終的にはオゾンや PM、光化学オキシダントなど、総合的な効果を示したパンフレットが出来ると良いと思う。そういった発行物を作成する際には、制作委員会を設けて先生方にご助言いただくことも検討したい。

○PREC：将来的には、粒子状物質やオゾン、光化学オキシダントの浄化機能とあわせて、推奨樹種を示すことは可能になると思うが、現時点では、オゾン吸収の観点から推奨樹種を示すことは難しい。オゾン濃度は季節によって変化し、何より植物がオゾンを吸い込むことによって植物生理に影響が出るため、吸収量が減っていく。初めにたくさん吸収した樹種であっても、最後まで良いとは限らないということが徐々にわかってきている。そういった状況を考えると、パンフレット等での提案は、もう少しオゾンの方の研究をやらせていただいてからの方が良いのかと思う。

→委員：植物の大気浄化機能について、解説や説明するものがほとんどないため、新たにどこかでまとめる必要があると思う。

→PREC：PM と植物との関係についてはほとんどないと思う。一般の方にも理解しやすいものを作った方が良くだろう。オゾンのようなガス状汚染物質については、地方自治体の方が一般の方向けのパンフレットというもの作ったりしているが、PM と植物の関係については、わかりやすくまとめたパンフレットはないと思う。

→ERCA：そういったマニュアル、手引書のようなものがあっても良いとは考えている。

→PREC：オゾンに関しては、すでにあるように思えるが。

→委員：あるにはあるが、今の時代に合ったものが必要であると思う。

→PREC：確かに過去に作られたものがほとんどで、最新情報が反映されていないものが多い。

○座長：アサガオがオゾンの影響を受けるという話も、かつては国民のみなさんの関心を奪う話題であった。少し先走って、というよりは手遅れかもしれないが、東京オリンピック・パラリンピックは夏季に開催するが、湾岸エリアでは排気ガスの問題やヒートアイランドの問題を非常に危惧している。植物による環境改善機能には限界があるとはいえ、都市環境改善に関する対策が全く取れていない中で、何もしないよりは少しでも植栽をした方が良いと考えている。

→委員：湾岸エリアは、大気汚染データもあまりなく、現況がよくわかっていない。

→座長：特にパラリンピックの際には、選手も観客も必ずしも健康な方ばかりではない。そういった状況に対して、先手先手で考えているという姿勢を示すだけでも意義があるのではないか。これについては今後本格的に研究を行うが、まだデータがない状況であるので、まずは定量的な効果を示せないまでも植樹を推進するという方針で良いと思う。ぜひよろしくをお願いしたい。今、非常に困っている話題で、この大気浄化植樹に関連していたため話をさせていただいた。

以上