

大気浄化植樹 マニュアル

2014年度 改訂版



独立行政法人 環境再生保全機構

大気浄化植樹 マニュアル

2014年度 改訂版



はじめに

今日、都市を中心に窒素酸化物などによる大気汚染が問題となっています。大気汚染は、わたしたちの健康に好ましくない影響を及ぼすことが心配されることに加え、酸性雨や地球温暖化などの広域的な環境問題の原因にもなります。

大気汚染を改善するために、国や地方公共団体では、工場・事業場、自動車などの大気汚染物質の発生源に対する排出ガス規制が実施されていますが、環境中に排出された大気汚染物質を除去する方策も併せて検討されています。

植物は光合成の過程で二酸化炭素を吸収し、わたしたちの生存に欠かせない酸素を供給してくれることはよく知られていますが、この他にも、二酸化窒素や粒子状汚染物質などの大気汚染物質を吸収・吸着し大気を浄化する機能があることが明らかにされています。

独立行政法人環境再生保全機構では、昭和 63 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）として、気管支ぜん息等の予防・健康回復、大気汚染の改善を図る事業を実施していますが、その一環で、植物の大気浄化能力に着目して、「大気浄化植樹事業」を地方公共団体に助成して行っています。また、大気汚染の改善に効果的な樹種や植栽方法等の調査研究も行いました。

この「大気浄化植樹マニュアル」は、環境庁（現環境省）が昭和 63 年にとりまとめた「大気浄化植樹指針」をベースに、その後当機構において実施した上述の調査研究の成果も盛り込んで内容を充実強化し、平成 7 年に初版を発行し、平成 12 年にはさらに見やすくリニューアルを行って改訂版を発行いたしました。このたび、内容についてはマニュアルの初版発行から 20 年近くが経っていることを踏まえて、植物の大気浄化に係る新たな知見や緑化技術などを整理して紹介するとともに、ガス状汚染物質の低減効果に加えて葉面における粒子状汚染物質の捕捉効果等についても新たに追加して、「大気浄化植樹マニュアル 2014 年度 改訂版」を発行いたしました。

このマニュアルが、当機構の大気浄化植樹事業のみならず、行政機関における都市緑化事業から個人の家屋の周りの植樹に至るまで、幅広い場面で活用され、緑化の推進ひいては大気環境の改善に資することを期待します。

平成 27 年 1 月

独立行政法人環境再生保全機構

大気浄化植樹事業推進検討委員会（平成3～5年度）

検討委員会名簿

糸賀 黎	元筑波大学農林学系教授、信州大学農学部教授
興水 肇	明治大学農学部教授
戸塚 績(座長)	東京農工大学農学部教授
並木 裕 ^{*2}	大成建設株式会社設計本部
有馬直記 ^{*1}	東京都環境保全局
関根俊郎 ^{*2}	川崎市環境保全局
梶野 繁 ^{*3}	大阪市環境保健局
平岡順一 ^{*4}	大阪市建設局
森田高尚 ^{*1}	名古屋市農政緑地局
森尾正嗣 ^{*2}	名古屋市農政緑地局

*1：平成3年度

*2：平成4～5年度

*3：平成3～4年度

*4：平成5年度

大気浄化植樹事業の効果の把握及び効果的促進のための調査研究 (平成23～25年度)

検討委員会名簿

興水 肇(座長)	明治大学農学部教授、公益財団法人都市緑化機構理事長
清水英幸	国立環境研究所地域環境研究センター主席研究員
若松伸司	愛媛大学農学部教授

※役職は検討会設置当時のものを記載している。

大気浄化植樹マニュアル 2014年度改訂版

目次

本マニュアルの使い方	1
1. マニュアル改訂の趣旨	2
2. マニュアルの構成	3
3. 各編の内容	4

第I編 総論編 5

第1章 総則	6
1. わが国の大気環境の現状と大気浄化植樹	6
2. 本マニュアルの目的	12
3. 増補改訂にあたっての配慮事項	13
4. 用語解説	15
第2章 植物の大気浄化機能	21
1. 緑の効用と大気浄化機能	21
2. 植物によるガス状汚染物質の吸収	22
3. 植物による粒子状汚染物質の捕捉	25
4. 都市緑地の大気浄化機能	29
5. 植物の大気汚染に対する耐性	33
第3章 単木のガス状汚染物質吸収能の評価法	38
1. 概説	38
2. 単木の汚染ガス吸収能の評価法	39
2-1 評価法の全体フレームと手順	39
2-2 光合成量 (CO ₂ 吸収量) の推定 (ステップ1)	41
2-3 気候較差による地方別光合成能の補正 (ステップ2)	43
2-4 単木の総葉量の推定 (ステップ3)	44
2-5 単木の光合成量 (CO ₂ 吸収量) の推定 (ステップ4)	46
2-6 単木の汚染ガス吸収能の評価 (ステップ5)	47
3. 単木の汚染ガス吸収能の暫定的概算法	50
4. 国土交通省国土技術政策総合研究所の都市樹木の CO ₂ 固定量の算定モデル式による汚染ガス吸収能の算定	52
第4章 緑地のガス状汚染物質吸収能の評価法	54
1. 概説	54
2. 植生図に基づく評価法	55
2-1 概要と手順	55
2-2 植生区分と単位土地面積あたりの総生産量 (ステップ1)	56

2-3 緑地による汚染ガス吸収能の評価（ステップ2）	58
3. 樹木台帳に基づく評価法	60
4. 標本区調査に基づく評価法	61
第5章 大気環境保全に配慮した都市緑地整備のあり方	63
1. 大気環境保全に配慮した都市緑地の配置	63
2. 都市域における緑地の大気浄化能力の向上と緑地の拡大	66
2-1 都市域における緑地の大気浄化能力の向上	66
2-2 都市域における緑地の拡大	69
第6章 大気浄化に適した植物	72
1. 大気浄化に適した植物の条件	72
2. 大気浄化植樹の樹種選定	79
第7章 大気浄化植樹の方法	82
1. 大気浄化植樹の基本的考え方	82
2. 植栽構成と植栽密度	83
3. 植栽基盤の整備	87
4. 施設別の植栽方針と植栽事例	88
第8章 植栽後の維持管理	105

第Ⅱ編 都市建築空間緑化編 107

第1章 都市建築空間の緑化の効果	108
第2章 都市建築空間の緑化	112
1. 都市建築空間の現状と緑化の可能性	112
1-1 都市建築空間の現状	112
1-2 屋上・壁面などにおける緑化の可能性	114
2. 新築建築物の緑化と既存建築物の緑化	115
3. 本格的な緑化と簡易的な緑化	116
4. 建築空間の植栽上の問題点	118
4-1 緑化地としての建築空間の環境条件	118
4-2 植栽が建築物に及ぼす影響	119
第3章 緑化計画・設計にあたって	121
1. 緑化計画策定の手順と前提条件等の整理	121
2. 建築計画との調整	122
3. 積載荷重、法的規制等のチェック	123
4. 施設別の緑化目的と緑化計画・設計のポイント	126
第4章 都市建築空間における緑化の方法	128
1. 植栽上の課題とポイント	128

2. 屋上及びベランダ等の緑化	130
2-1 建築の面からの緑化手法・技術	130
2-2 植栽の面からの緑化手法・技術	132
3. 壁面等の緑化	137
3-1 ツル植物による壁面緑化	137
3-2 壁面緑化の効果	142
3-3 緑のカーテンづくり	144
3-4 壁面緑化の方法	147
3-5 壁面緑化の緑化工法と基本的留意事項	148
3-6 植栽基盤の整備	150
3-7 登はん・下垂補助資材の整備	152
第5章 植物材料の選択	155
1. 都市建築空間に適した植物の条件	155
2. 植栽環境と植物材料の選択基準	156
2-1 屋上緑化の場合	156
2-2 ベランダ緑化の場合	157
2-3 壁面緑化の場合	159
第6章 都市建築空間緑化の維持管理	160
1. 植栽の維持管理	160
2. 施設の維持管理	163
第7章 建築用途別の緑化事例	164
1. 公共施設	165
2. 住宅（戸建住宅・集合住宅）	167
3. 業務ビル	169
4. 大型店舗・商業施設	173
5. 工場	175
6. 駐車場	176

第Ⅲ編 道路緑化編	179
------------------	------------

第1章 道路緑化の目的と効果	180
第2章 沿道緑地の大気浄化効果	181
1. 沿道における大気汚染の現状	181
2. 沿道緑地の大気浄化効果	183
2-1 沿道における緑地の大気浄化効果のメカニズム	183
2-2 大気汚染物質の低減効果に影響を及ぼす要因	184
2-3 沿道緑地の大気浄化効果の測定例	185
第3章 沿道植栽における配慮事項	187

1. 局地的大気汚染対策としての沿道緑地の条件	187
2. 大気浄化に主眼を置いた沿道緑地整備の基本的考え方と整備のポイント	189
3. 植栽基盤の整備	190
4. 生育空間の確保	191
5. 植栽配置	192
6. 植栽の構成	193
7. 植物の選定（樹種選定）	195
8. 植栽木の維持管理	196
第4章 沿道植栽の事例	197
1. 歩道植栽帯	197
2. 中央分離帯	201
3. 交差点・交通島	203
4. 遮音壁等の壁面	205
5. 環境施設帯	207
6. 歩道橋	209
7. ペDESTリアンデッキ	211
8. 高架下	213
9. 緑道	215
10. 沿道敷地における接道部	217
引用文献	219
資料編	227
植栽のための植物特性一覧表	228



本マニュアルの使い方

1. マニュアル改訂の趣旨

大気浄化植樹は、緑地整備や都市緑化の中でも特に大気環境の改善に資することを主眼としたものである。

特殊法人公害健康被害補償予防協会（現独立行政法人環境再生保全機構）では1995年に樹種選定、植栽構造、植栽方法などの植栽の技術的手法について解説した「大気浄化植樹マニュアル」を作成し公表したが、既に発行後20年近く経過している。

しかしながら、この間、ライフスタイルの変化とともに、緑に関わる国民の関心の高揚や意識の多様化が進み、都市緑化技術開発も進展するなど、緑への期待が高まってきている。

このため、この間に得られた様々な知見や開発された緑化技術、全国的に展開されている先進的な緑化事例を刷新するとともに、近年健康への影響が危惧されている微小粒子状物質（PM2.5）を含む粒子状物質の捕捉効果なども加え、増補改訂版をつくることとした。

大気浄化植樹の実施により、大気環境の改善はもとより、緑による心理的効果（潤いややすらぎ）、安全で安心な都市生活環境の構築、都市景観の形成、豊かな地域づくりへの貢献、ヒートアイランド現象の緩和、参画社会への対応（公共事業による緑化ばかりでなく、市民・企業・NGO/NPO等が参画・協働し、いわゆる民有地緑化を進める）など、総合的効果が期待される。

解 説

わが国では、全国的にみても、また三大都市圏や地方中小都市をみても緑被率が減少を続けている。これは、都市公園等は増加しているものの、緑地の大部分を占める森林や水田・畑などの農用地の減少が著しいためである。このため、緑地整備や都市緑化への期待は益々大きなものとなっている。

都市の公園緑地の役割については、都市生活に潤いややすらぎをもたらす緑の心理的効果を発揮する場としての役割、都市防災の拠点としての役割、生物多様性や生態系の保全など、身近な自然を保全する役割、そして生活環境の保全や景観形成の役割など、様々な役割が期待されている。特に近年においては、都市と自然との共生への期待の高まり、緑に関わる国民の関心や意識の多様化等と相まって、阪神淡路大震災や東日本大震災の教訓を踏まえた都市の防災性や安全性の確保、温暖化やヒートアイランド現象の緩和等のひっ迫する環境問題への対応など、様々な課題を抱えている。

このような現状と課題に対応するため、緑地整備や都市緑化の果たす役割は極めて大きく、国民の期待も今後益々高まってくると考えられる。

大気浄化植樹事業は、独立行政法人環境再生保全機構が「公害健康被害の補償等に関する法律」に基づき、大気汚染の影響による健康被害の予防事業（公害健康被害予防事業）の一環として実施している。大気浄化植樹事業は、地方公共団体が大気浄化能力を有する植栽の整備を行う大気浄化植樹事業と、地方公共団体が、民間事業者等に大気浄化能力を有する植栽の整備を行うための要する経費を助成することに対して助成を行う大気浄化植樹助成事業の2種類があり、ともに公害健康被害予防事業対象地域における大気環境の改善に資することを目的としている。

これらの事業において、対象樹木の選定等にあたっては、「大気浄化植樹マニュアル」（公害健

康被害補償予防協会、1995年)を参考とするものとされている。

しかしながら、マニュアル発行後20年近く経過し、この間の植物の大気浄化に係る新たな知見や開発された緑化技術などを整理し紹介すること、また、大気浄化植樹事業地のフォローアップ調査や緑化地の事例調査を通じて事業効果や事例の紹介を行うこと、更に、近年PM2.5が問題になっているが、ガス状汚染物質の低減効果に加えて葉面における粒子状汚染物質の捕捉効果などについても新たに追加することなどを目的としてマニュアルの増補改訂を行った。

本大気浄化植樹マニュアルは、大気環境の改善のみならず、近年の緑化事業の現状と課題を踏まえ、上記のような多岐に渡る緑の役割が総合的に発揮されることを期待して増補・改訂を行ったものである。

2. マニュアルの構成

本マニュアルの構成は、以下の3編からなる。

- ◆第Ⅰ編：総論編：大気浄化植樹に関する基本的考え方、植栽の進め方などの基本的事項
- ◆第Ⅱ編：都市建築空間緑化編：都市緑化の拡大をねらった屋上・壁面等の建築空間の緑化
- ◆第Ⅲ編：道路緑化編：自動車排出ガスなどの局地的対策としての道路緑化・沿道緑化

解 説

「第Ⅰ編 総論編」は、1995年3月に特殊法人公害健康被害補償予防協会（現独立行政法人環境再生保全機構）より発行された「大気浄化植樹マニュアル」の内容に、その後の新しい知見などを加えたものである。総論編となっているように、大気浄化植樹に関する基本的事項と大気浄化に適した樹種選定、植栽構成、植栽配置などの具体的な植樹の進め方など、技術的内容を中心とした、このマニュアルのいわば根幹をなす部分である。

「第Ⅱ編 都市建築空間緑化編」は、地価が高騰し土地に余裕をもたない都市域において残されたほぼ唯一の植栽可能空間であるともいえる屋上、ベランダ、壁面などの建築空間を対象に大気浄化植樹を行う場合の技術的手法を紹介している。近年の社会的趨勢として、都市の自然回帰は本来の姿であり、都市に緑が必要であるとの認識が定着しつつあるが、大都市を中心に都市に新たな緑地を確保できる用地はほとんどなく、建築空間に求めざるを得ない状況にあるが、人工軽量土壌や緑化のための生育基盤の開発など、この分野における技術開発には目覚ましいものがあり、これらの技術を含め先進的な事例を紹介した。

ところで、わが国の大気環境は1960年代半ば以降、様々な規制や対策により改善されつつあり、これまで大気汚染の主役であった二酸化窒素（NO₂）や浮遊粒子状物質（SPM）が比較的改善傾向にあり、従来のようなNO₂などによる汚染対策として緑地帯の設置が求められるような地域は限られてきているが、ディーゼル車等から排出されるPM2.5などを考慮すれば、幹線道路周辺での緑地帯による大気浄化効果は依然としておおいに期待されるところである。

道路緑化の目的や期待する価値は、本来、安全運転、景観形成、環境保全など多岐にわたって

いるが、「第Ⅲ編 道路緑化編」は、この点に着目し、自動車排出ガスなどの局地的汚染に対する対策として、道路緑化・沿道緑化のあり方と技術的方法、事例を紹介した。

3. 各編の内容

本マニュアルの内容は概ね以下のとおりである。

- ◆第Ⅰ編：総論編：総則、植物の大気浄化機能、大気浄化に適した樹種、植栽方法など
- ◆第Ⅱ編：都市建築空間緑化編：屋上壁面緑化の効果、緑化の考え方、緑化方法、事例など
- ◆第Ⅲ編：道路緑化編：沿道緑化の効果、緑化の考え方、緑化方法、配慮事項、事例など

解説

■第Ⅰ編 総論編

- 第1章 総則
- 第2章 植物の大気浄化機能
- 第3章 単木のガス状汚染物質吸収能の評価法
- 第4章 緑地のガス状汚染物質吸収能の評価法
- 第5章 大気環境保全に配慮した都市緑地整備のあり方
- 第6章 大気浄化に適した植物
- 第7章 大気浄化植樹の方法
- 第8章 植栽後の維持管理

■第Ⅱ編 都市建築空間緑化編

- 第1章 都市建築空間の緑化の効果
- 第2章 都市建築空間の緑化
- 第3章 緑化計画・設計にあたって
- 第4章 都市建築空間における緑化の方法
- 第5章 植物材料の選択
- 第6章 都市建築空間緑化の維持管理
- 第7章 建築用途別の緑化事例

■第Ⅲ編 道路緑化編

- 第1章 道路緑化の目的と効果
- 第2章 沿道緑地の大気浄化効果
- 第3章 沿道植栽における配慮事項
- 第4章 沿道植栽の事例



第 I 編 總 論 編



第1章 総則

1. わが国の大気環境の現状と大気浄化植樹

わが国の大気環境のうち二酸化硫黄（SO₂）や一酸化炭素（CO）については1960年代半ば以降、改善の傾向をみせ近年ではほとんどの測定局で環境基準を達成している。窒素酸化物（NO_x）については、NO₂は一般環境大気測定局（一般局）では概ね改善されたが、自動車排出ガス測定局（自排局）など幹線道路周辺ではいまだ十分とはいえない状況にある。また、SPMは首都圏などの都市部では長年横ばい状態が続いたが、2002年に施行され、2007年に改正された「自動車NO_x・PM法」によるディーゼル車対策によって著しく改善されたものの、PM2.5による健康影響が懸念され、多くの沿道で環境基準を超過する傾向にある。

このような大気環境の状況にあって、大気浄化植樹は、植物の大気浄化能力を活用して、大気環境の保全に資することを主目的として実施する植栽（植樹）のことをいう。

解説

1 わが国の大気環境の現状

SO₂やCOの環境基準達成率は一般局、自排局ともほぼ100%に達し、環境が改善され近年は良好な状況が続いている。NO₂についても、近年緩やかな改善傾向にあるが、「自動車NO_x・PM法」の対策地域のうち東京都や神奈川県では環境基準が達成されなかった測定局もある。SPMも近年緩やかな改善傾向がみられるが、2011年度の環境基準達成率は一般局69.2%、自排局72.9%と不十分であり、PM2.5の環境基準達成率についても、有効測定局数が少ないという問題を抱えているものの、一般局27.6%、自排局29.4%と改善が十分とはいえない状況にある。

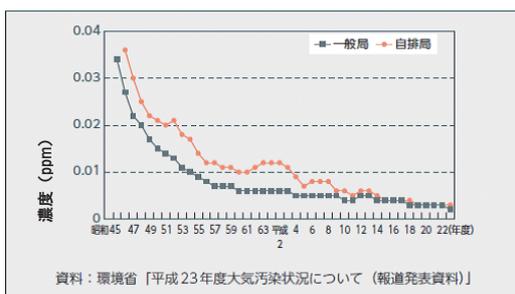


図 I.1.1-1 二酸化硫黄濃度の年平均値の推移（昭和45年度～平成23年度）

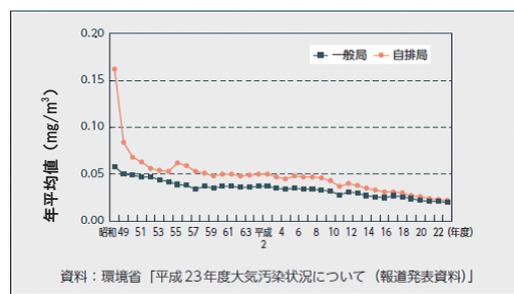


図 I.1.1-2 浮遊粒子状物質濃度の年平均値の推移（昭和49年度～平成23年度）

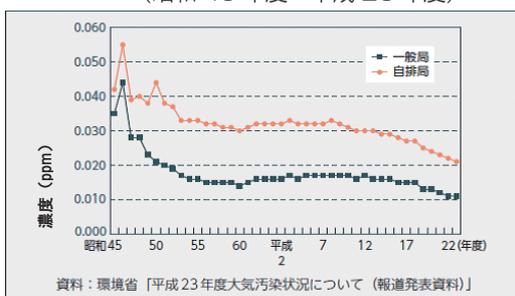


図 I.1.1-3 二酸化窒素濃度の年平均値の推移（昭和45年度～平成23年度）

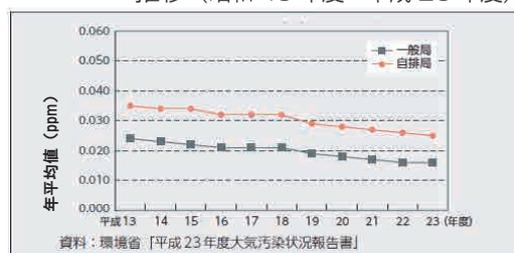


図 I.1.1-4 対策地域における二酸化窒素濃度の年平均値の推移（平成13年度～23年度）

（環境省、2013）

光化学オキシダント (Ox) は、NO_x と炭化水素とが光化学反応を起こして生じるオゾン (O₃) やパーオキシアシルナイトレートなどの酸化性物質 (オキシダント) の総称である。Ox は、強力な酸化作用をもち、健康被害を引き起こす物質であり、光化学スモッグの原因となる。

日本全国の大気汚染常時監視測定局における Ox 年平均濃度の経年変化を、図 I.1.1-5 に示す。Ox は、全国的に昼夜を問わず増加傾向にあり、1985 ~ 2004 年度の 20 年間に約 5ppb 上昇している。全国における測定局の年変化率の平均は約 0.33ppb/年である。日本全国を 8 地域に区分した場合の地域別 Ox 平均濃度の経年変化を、図 I.1.1-6 に示す。1985 ~ 1999 年の 15 年間の変化を地域別にみると、中国地方を除くと 15 年間の濃度上昇が明らかであり、特に四国と九州における増加が著しい。

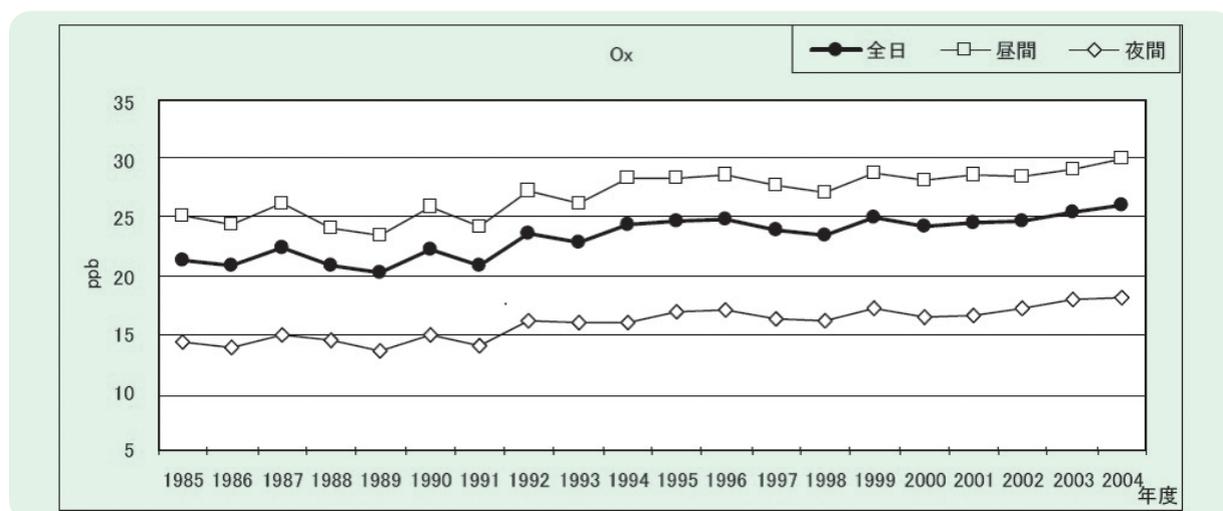


図 I.1.1-5 全国の大気汚染常時監視測定局における Ox 年平均濃度の経年変化 (1985 ~ 2004 年度) (国立環境研究所、2007)

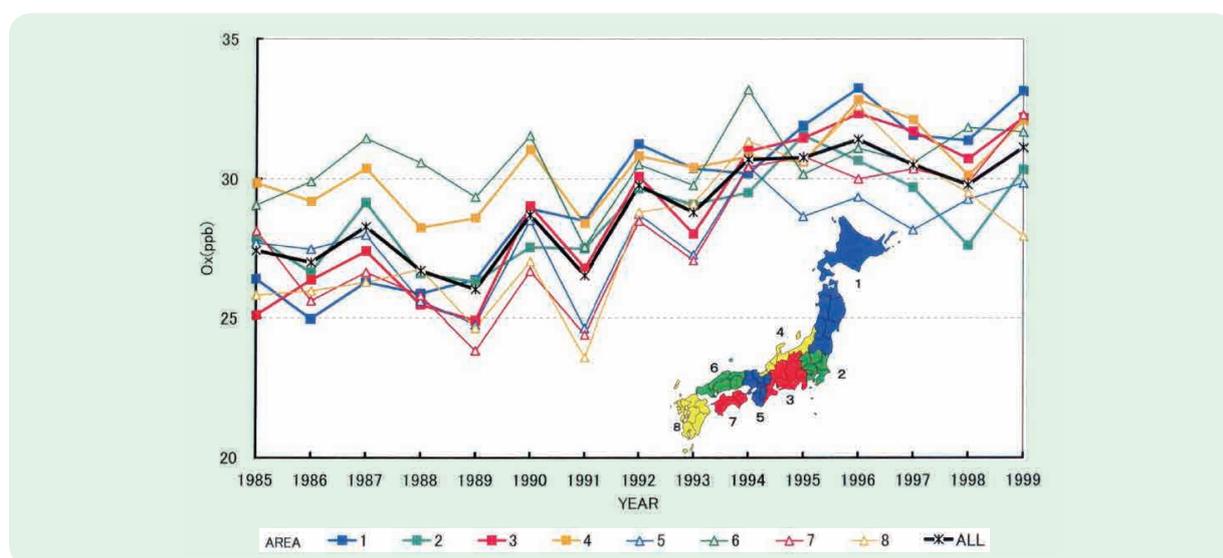


図 I.1.1-6 全国の大気汚染常時監視測定局における Ox 年平均濃度の経年変化 (1985 ~ 1999 年) (大原利真ら、2003)

工場や自動車から排出される NO_x の大半を占める一酸化窒素(NO)は、大気中で分子状酸素と反応して NO_2 となるが、この反応は太陽光の下で非メタン炭化水素(NMHC)が存在すると著しく加速される。 NO_2 は、紫外線の吸収により NO と原子状酸素に分解され、生成した原子状酸素は酸素分子と結合して O_3 を生成する。また、原子状酸素は炭化水素と作用して遊離基(ラジカル)を生成し、反応は連鎖的に進行する。これらの反応によって O_3 などの酸化性物質やアルデヒドなどの還元性物質といった汚染物質(二次汚染物質)が生成されるが、二次汚染物質のほとんどが O_3 である。

わが国の遠隔地域における O_3 の測定体制としては、国設酸性雨測定所9地点(利尻・竜飛岬・佐渡関岬・八方尾根・隠岐・梶原・対馬・小笠原・辺戸岬)があり、その他、気象庁における3地点(綾里・南鳥島・与那国島)での観測、国立環境研究所における落石岬での観測が行われている。

気象庁が綾里・南鳥島及び与那国島の3地点で観測している地上 O_3 濃度の経年変化を、図I.1.1-7に示す。2009年における平均 O_3 濃度は、濃度が高い順に綾里41ppb、与那国島39ppb、南鳥島24ppbであった。季節変動をみると、綾里では5、7月が高く、8、11月に低かった。南鳥島では5、7月に高く、2、4、9月に低かった。与那国島では4、5月に高く、2、11月に低かった。各地点とも冬季または春季に極大、夏季に極小となる季節変動を示している。経年変化についてみると、綾里では1990～2003年頃までは増加傾向(2004年以降は不明瞭)、与那国島では有意な傾向はみられず、南鳥島では2007年以降減少傾向がみられる。同じ緯度帯である与那国島と南鳥島を比較すると、与那国島のほうが南鳥島より濃度が高いが、これはアジア大陸からの O_3 濃度の高い空気塊の影響を受けていることが原因であると考えられている。また、綾里における地上 O_3 濃度増加の原因として、日本国内だけでなく、1980年代からの経済発展の急速な大陸の国々からの NO_x や O_3 前駆物質の増加の影響が考えられる(気象庁、1999)。

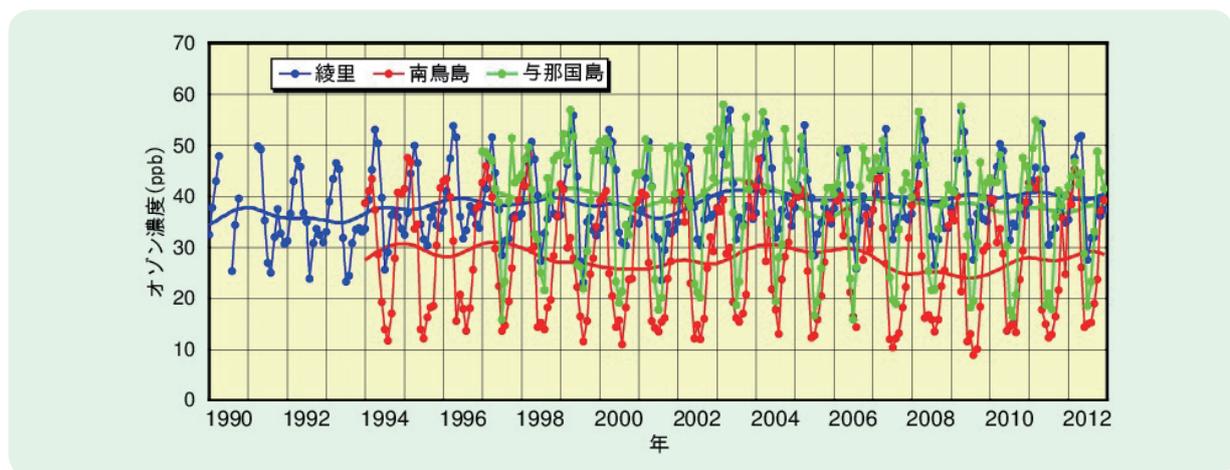


図 I.1.1-7 綾里・南鳥島・与那国島での地上オゾン濃度の経年変化(気象庁ホームページ)
(折線は地上 O_3 濃度の月平均濃度、曲線は季節変動成分を除いた長期変動成分を示す)

東京都における O_x 年平均値と PO（ポテンシャルオゾン）年平均値の経年変化及び季節変化を図 I.1.1-8 に示す。ここで、PO については、一次排出 NO_2 量を総 NO_x 排出量の 1 割とみなして評価している。

まず季節変動をみると、 O_x 濃度、PO 濃度ともに、4 月～5 月の春季～初夏にかけて最も高く、夏季から秋季に低下して、11 月～1 月の冬季に低い傾向がみられる。 O_x 濃度の年平均値の経年変化は、1970 年代後半に急減した後、1980 年代はほぼ横ばいから減少傾向で推移し、1990 年代頃から増加傾向を示している。PO 濃度の年平均値の推移は、1976～1982 年度頃は減少傾向で、1982～1986 年度頃を底に 1995 年度にかけて増加傾向にあったが、それ以後 2007 年度まで横ばいに推移している。

O_x 濃度と PO 濃度の経年変化を比較すると、 O_x 濃度は 1990 年代以降緩やかな上昇傾向にあるのに対し、PO 濃度はほぼ横ばいで推移するなど、変化の傾向が異なっている。その傾向を比較すると、PO のほうが測定局間でのバラツキが小さい。これは、広域的に発生した O_x が都市域で排出された NO により消費され、 NO_2 に転じて、地域間の濃度差が生じ、PO として評価することにより広域化していることが明瞭になったと考えられる。

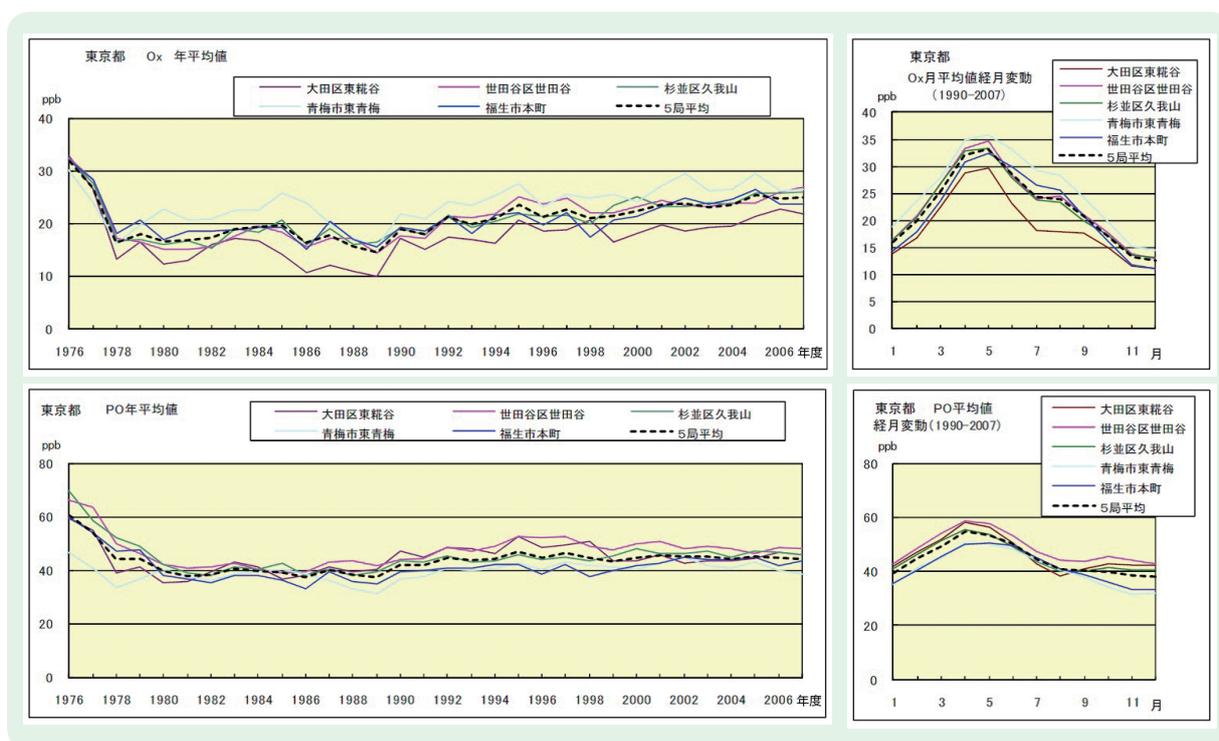


図 I.1.1-8 東京都における O_x 年平均値（上図）と PO 年平均値（下図）の経年変化、季節変化（右図）（東京都ホームページ）

注) PO は、一次排出 NO_2 を総 NO_x 排出の 1 割として評価

以上のように、わが国の大気環境は、 SO_2 や NO_2 については、一部の自排局を除くと、環境基準を達成し、かなり改善されてきており、ひと頃のような大気環境ではなくなっている。しかし、粒子状汚染物質（特に $PM_{2.5}$ ）や O_x の環境基準の達成状況については、依然として極めて低い水準のままであり、従来と比べると大気汚染の主役が替わってきている状況にある。

一方、大気中のエアロゾルは、微小な液体粒子や固体粒子が浮遊している状態あるいはこれらの微小粒子そのものをいい、nm (10^{-9} m) オーダーから $100 \mu\text{m}$ (10^{-4} m) 程度まで様々な粒径のもので構成されている。エアロゾルには、工場・事業所の煙突や自動車の排気管からの排出ガス、飛散した粉塵、光化学反応により生成された粒子、海域からの海塩粒子、火山の噴煙、中国大陸からジェット気流で運ばれてくる黄砂、スギの花粉症が問題になっている花粉、そして水または氷粒子からなる雲など、様々な粒子がある。

このように、エアロゾル粒子の発生源は、工場や自動車などの人間生活に伴う人為起源によるものと、樹木や土壌、海水などの自然界から放出される自然起源のものに大別される。また、大気中に放出されたエアロゾル粒子は、風によって輸送・拡散される過程で物理的・化学的な変質を受け、最終的に沈着し大気中から除去される。エアロゾルは、通常、多成分の混合物として存在し、その発生源や大気中での挙動は粒径により大きく異なるため、大気中の挙動や人への影響を知るためには、粒径別に数、表面積、質量濃度、化学組成などの情報を得る必要がある。

粒径によるエアロゾルの分類を表 I.1.1-1 に示す。わが国では、大気汚染から人の健康を保護するために、NO₂、SO₂、CO、O_x、ベンゼン、テトラクロロエチレン、トリクロロエチレン、ダイオキシン、SPM について環境基準を定めており、SPM の環境基準については、1973 年に設定され、1 時間値の 1 日平均値が $0.10\text{mg}/\text{m}^3$ 以下であり、かつ 1 時間値が $0.20\text{mg}/\text{m}^3$ 以下となっている。各測定局における SPM 濃度は 1990 年代に入ってから環境基準達成率が低い水準にあったことから、都市域や幹線道路周辺での SPM や PM_{2.5} の微小粒子による健康影響が懸念されていた。このため、トラック、バス、ディーゼル乗用車などに関する規制が行われ、図 I.1.1-2 に示すように一般局、自排局における SPM 濃度は再び減少傾向に転じ、現在の状況になっている。PM_{2.5} については、2009 年 9 月に環境基準が設定され、1 年の平均値が $15 \mu\text{g}/\text{m}^3$ 以下であり、かつ 1 日の平均値が $35 \mu\text{g}/\text{m}^3$ 以下であるとされている。

表 I.1.1-1 粒径によるエアロゾルの分類 (関口、2010)

分類	分類ごとの説明
TSP	Total Suspended Particle の略。 全浮遊粒子状物質 (全エアロゾルのこと)
SPM	Suspended Particulate Matter の略。 浮遊粒子状物質。大気中 TSP のうち粒径 $10 \mu\text{m}$ 以上の粒子を 100% カットした粒子状物質。わが国の大気汚染に係る環境基準となっている。
PM ₁₀	Particulate Matter 10 の略。 大気中 TSP のうち粒径 $10 \mu\text{m}$ 以上の粒子を粒径 $10 \mu\text{m}$ で 50% カットした粒子状物質。
PM _{2.5}	Particulate Matter 2.5 の略。 大気中 TSP のうち粒径 $2.5 \mu\text{m}$ 以上の粒子を粒径 $2.5 \mu\text{m}$ で 50% カットした粒子状物質。わが国の微小粒子状物質に係る環境基準として新たに設定された。

このうち PM_{2.5} の毒性については、大気中粒子状物質の中でも毒性が高い物質が多く含まれていること、呼吸器の中でも肺胞域に沈着する割合が高いことなどから、大気汚染の健康影響に係る最も重要な対象物質であると考えられる (平野、2010)。

また、PM_{2.5} は、人の健康に悪影響を及ぼすのみならず、生態系への影響や視程障害・景観悪化などの社会生活にも大きな影響を及ぼし、その影響の仕方や影響の程度は、PM_{2.5} の組成分布と粒径分布、それらの立体分布や地域分布に大きく依存していることが指摘されている (若松、2011)。

山神ら（2011）は、名古屋市における PM2.5 の化学組成と高濃度発生パターンの経年変化を調べた。その結果、PM2.5 濃度はこの5年間に減少傾向にあること、高濃度日の出現頻度も減少傾向にあることがわかった。また、高濃度日のクラスター分析により、三つのグループ（①広域越境汚染の影響が大、②地域汚染の影響が大、③地域汚染と越境汚染によるもの）に分けられ、大型車の規制等により地域汚染の影響による高濃度グループの出現回数の減少が示唆された。

また、兼保（2011）は、PM2.5 の汚染状況に与える大陸起源の汚染物質の影響を明らかにするために、福岡市、長崎市及び離島（福江島）における 2009 年度の PM2.5 濃度を比較した。その結果、福岡市などの九州北部地域における PM2.5 濃度及び時間変動は、長距離輸送された広域的な汚染に年間を通じて事実上支配されており、国内の都市ごとに発生した汚染は、PM2.5 濃度には極めてわずかしき寄与していない可能性が示唆された。

2 大気浄化植樹

大気浄化植樹は、植物の有する大気浄化能力に着目して、大気環境の改善に資することを主な目的とした緑地整備をいう。

狭隘なわが国においては、人や物が集中する都市域では多くの問題を抱えており、都市環境を改善し、安全・安心で快適な魅力ある都市をいかに構築していくかが緊急な課題になっている。このため、近年の社会的趨勢として、都市の自然回帰が本来の姿であり、都市緑化が必要であるとの認識が定着しつつある。

大気浄化植樹は、単に大気環境の改善に資するのみならず、緑地の有する様々な機能（気象緩和、ヒートアイランド現象の抑制、水保全、快適環境の形成、防災など）が発揮され、特に生物多様性の向上、四季の豊かさや安らぎ感などのアメニティ効果、自然探求や情操教育の場の提供など、他の何ものにも代え難い総合的な効用が期待できることに特徴がある。

コラム 大気浄化植樹の効果

大気浄化植樹は、大気環境の改善を主眼とした植樹・緑化であるが、遮音壁の設置等の対策とは異なり、緑特有の多面的な効果が期待できることに大きな特長がある。

緑陰や季節感のあるやすらぎの空間の創出、緑化による修景効果や美しい街路景観の創出、更に鳥類や昆虫類等の出現数の増加など、生物相の向上に繋がる可能性がある。

また、工場や事業所などで植樹を行えば、環境改善の取組や社会貢献を通じて、企業イメージの醸成にも繋がり、地域社会で植樹を行えば、地域住民相互のふれあいの場の創出や地域活性化の一助にもなることが期待できる。



工場敷地外周の緑地 (大阪府吹田市)



学校周辺の街路 (東京都荒川区)

2. 本マニュアルの目的

本マニュアルは、大気浄化植樹の円滑な実施に資するため、以下のような基本的知識と植栽の具体的手法に係わる技術的事項をとりまとめたものである。

- ① 植物によるガス状汚染物質の吸収
- ② 植物による粒子状汚染物質の捕捉
- ③ 都市緑地の大気汚染低減機能
- ④ 単木、都市緑地によるガス状汚染物質吸収能の評価法
- ⑤ 大気環境に配慮した都市緑地整備のあり方
- ⑥ 大気浄化に適した樹種と大気浄化植樹の具体的方法
- ⑦ 都市建築空間緑化、沿道緑化に係る技術的事項と事例の紹介

解説

大気環境の改善に果たす緑の役割は決して小さいものではない。緑地の整備は、都市域の大気環境の保全を図る上で有効な手段であると考えられる。

しかし、実際に大気浄化植樹を進めていく実践段階になると、これまで特に大気浄化を主眼においた緑化が行われてきたわけではなかったり、緑地整備による大気浄化効果の定量的評価法、大気浄化植樹の具体的な技術手法などが記載された、参考となるような書籍やマニュアルは「大気浄化植樹指針－緑のインビテーション－」（環境庁大気保全局大気規制課監修・大気環境に関する緑地機能検討会編集、1989）を除いてほとんどないのが実状であった。このため、大気浄化植樹の具体的な方法や事例を紹介した指針やマニュアルの整備が求められていた。

1995年3月に特殊法人公害健康被害補償予防協会（現独立行政法人環境再生保全機構）から発行された「大気浄化植樹マニュアル－きれいな大気をとり戻すために－（改訂版）」は、このようなニーズに応え、大気環境の改善を主たる目的とした植樹を行おうとする人々に、その基本的考え方や具体的な樹種選定、植栽方法などの技術的情報を提供することを目的としたものであった。

それから20年近く経過した今日、その間のわが国の大気環境の変化、植物の大気浄化に係る様々な研究成果や開発の進んだ緑化技術、建築空間や道路緑化に係る先進的な事例を踏まえ、増補改訂によって内容を刷新したのが本マニュアル「大気浄化植樹マニュアル（2014年度改訂版）」である。

3. 増補改訂にあたっての配慮事項

マニュアルの増補改訂にあたっては、下記の事項に配慮する。

- ① 大気浄化植樹を的確にかつ円滑に進め、更に利用者の便宜を図るため、参考事例の豊富なわかりやすいマニュアルになるよう努める。
- ② これまで定量的に扱われることの少なかった単木や緑地による汚染ガスの吸収能の評価方法を明示して、既存の緑地を保全すること及び新たに緑地を創出することの意義をわかりやすく説明する。
- ③ 植物による大気汚染の低減効果については、まだ未解明のことも多いことから、最新の研究成果の紹介も含め、誤解を受けないように正確に記述する。
- ④ 大気浄化に適した樹木の選定、植栽の配置、植栽構成など、大気環境の改善に主眼を置いた場合の植栽の技術的事項をとりまとめるが、従来の都市緑化の施策や植栽技術の基本的事項を尊重し、快適性や修景など、都市緑地が本来有するその他の機能にも十分配慮する。

解説

1 本マニュアルの適用範囲

本マニュアルは、大気環境の改善に資することを主目的とした樹木の植栽、すなわち「大気浄化植樹」を実施する関連地方公共団体の担当者を主たる対象として作成したものである。

また、あわせて、都市緑地整備に直接携わる現場の技術者、並びに大気浄化に主眼をおいた都市緑化に深い興味と関心のある一般市民の方々、実際に自宅や所属する事業所で大気浄化植樹を実践される方々にも広く読まれることを想定して作成したものである。

2 本マニュアルと大気浄化植樹指針との関係

環境庁大気保全局（現環境省水・大気環境局）では1987年から1988年にかけて局内に「大気環境に関する緑地機能検討会」（座長：故沼田眞千葉大学名誉教授）を設けて、大気環境保全の観点から都市緑地の保全・整備のあり方などについての検討を行い、そのとりまとめとして「大気浄化植樹指針」を作成し提言した。

この提言を受けて、特殊法人公害健康被害補償予防協会（現独立行政法人環境再生保全機構）では、1988年以来、公害健康被害予防事業の一環として「大気浄化植樹事業」を行っているが、その指針をベースに、その後公害健康被害補償予防協会（現独立行政法人環境再生保全機構）において実施した調査研究の成果も盛り込んで1995年に作成発行したのが先の「大気浄化植樹マニュアルーきれいな大気をとり戻すためにー（改訂版）」である。本マニュアルはその増補改訂版である。

3 大気浄化効果の定量化

植物やその集合体である緑地の大気浄化能力については、従来あまり定量的に扱われることがなかったが、国立公害研究所（現独立行政法人国立環境研究所）では各種植物の大気浄化能力や

大気汚染に対する耐性について研究し、光合成に伴うCO₂吸収量を基にして間接的にガス状汚染物質の吸収量を推定する方法を検討した。また、その他様々な大学や試験研究機関で植物による大気浄化能力を定量化しようとする試みがなされてきた。

本マニュアルでは、この国立公害研究所（現独立行政法人国立環境研究所）の成果に着目した植物の大気浄化効果の定量的評価法を新たに提案している。

4 大気浄化植樹の技術的事項

植物による大気浄化能力については、従来から経験的に知られていたが、どのような樹種を導入して、どのような植栽構成や植栽配置で植栽したらよいのかなどの具体的な植栽方法は明らかにされていなかった。このため、大気浄化を主眼とした樹木の植栽は、緩衝緑地帯の造成や工場緑化などの一部の例を除いてあまり行われてこなかった。

このため、本マニュアルでは、大気環境の改善に主眼をおいた場合の植栽について、技術的事項を先進的な事例を数多く掲載しながらわかりやすくまとめることにした。

ただし、大気浄化に主眼をおくといっても、既存の都市緑化施策や植栽技術から大幅に外れるものではなく、都市緑化の基本に則った上で、快適性や修景性など、対象とする敷地や施設の本来的な機能などとの調和を図りながら、大気浄化以外のその他の緑地機能にも十分配慮するよう心がけた。

4. 用語解説

本マニュアルには、一般の人々には聞きなれない環境用語や造園用語などの専門用語が数多く出てくるため、以下に簡単な用語解説を付けた。適宜参照されたい。

解 説

維 持 管 理

植栽が意図した機能を十分に発揮するためには、適切な維持管理によって樹木の生育を健全に保つことが重要である。植栽の維持管理方式には、強剪定方式（生長抑制方式）と弱剪定方式（自然生長方式）がある。前者が強い剪定や刈込によって樹木の生長ををある程度抑制しながら形状を一定に保つのに対して、後者は剪定や刈込を必要最小限にとどめ、樹木の自然な生長を重んじるのに特徴がある。

エ ア ロ ゾ ル

エアロゾルは、空気中に微小な液体粒子や固体粒子が浮遊している状態あるいはこれらの微小粒子そのものをいう。エアロゾルは、生成過程の違いから、粉塵（ダスト）、ヒューム、ミスト、煤塵など、また気象学的には視程や色の違いなどから霧、もや、煙霧、スモッグなどと呼ばれることもある。

乾 物 重(乾重)

動植物などの生物体量の計測は、一般に含水量により重量がかなり変化する。乾物重は、十分に乾燥したときの重量をいう。これに対して、乾燥させないで生のまま計測したときの重量を生重という。

気 孔 開 度

植物によるCO₂の吸収や水蒸気の放出などのガス交換は、主として葉面にある気孔を通じて行われる。光合成、蒸散、汚染ガスの吸収などを把握する場合に、気孔開度がよく計測される。気孔開度を計測するには、気孔の隙間の開き具合を直接測定する方法（顕微鏡法）や葉面を多孔面ととらえてガス拡散現象から求める方法（ポロメーター法）がある。

気孔コンダクタンス

植物は葉面にある気孔を通じて光合成・呼吸・蒸散などのガス交換を行っている。気孔コンダクタンスは、CO₂、O₂、水蒸気などの気体が大気―葉内間を出入りする際の通りやすさのことをいう。気孔をこれらの気体を通る際に生じる拡散抵抗の逆数で、気孔の開き具合を表わす指標となる。

胸 高 直 径

樹木の大きさのうち幹の太さは、計測しやすいためよく用いられる。幹の太さは計測する位置によって異なるが、胸高直径は地表面から1.3mの高さ（胸の高さ）で計測される幹の直径で、従来から林学

	や生態学の分野では直径測定の常法になっている。
ク チ ク ラ 層	葉面の表皮の外側を覆う透明な膜で、ワックスを主成分とする。シイ類、カシ類、タブノキなどの、いわゆる照葉樹は、クチクラ層が特に発達し、表面が照っているようにみえることに由来する。
光 合 成 速 度	植物は、太陽エネルギーを使って、水と空気中のCO ₂ から炭水化物を合成しており、これを光合成という。生産量の概念と同様に、明所における葉の単位面積当たり、単位時間当たりの光合成量を純光合成速度（みかけの光合成速度）といい、植物はその生産物の一部を呼吸により消費しているため、総光合成速度（真の光合成速度）は純光合成速度（みかけの光合成速度）に葉の呼吸速度を加えて求める。
支 柱	植栽木の風倒防止対策として、樹木を支えるために設置される。従来からの伝統的な支柱には鳥居型支柱、ハツ掛け、布掛け支柱などがあるが、人工地盤緑化では人工軽量土壌が用いられるため、支持が困難なことや美観向上の面から、最近は目立たないワイヤー支柱や根鉢固定式の地下支柱が増えており、選択の幅が広がっている。
収 着	植物によるガス状汚染物質濃度の低減効果については、葉面の気孔を通じて葉内に取り込まれる吸収と葉の表面に付着捕捉される吸着とがあり、これらをあわせて収着という。すなわち、吸収は汚染ガスが植物の光合成に伴って気孔から葉内に取り込まれることをいい、吸着は汚染ガスが葉表面に付着捕捉されることをいう（フィルター効果とも呼ばれる）。
蒸 散	葉における水分の蒸散は、主として気孔を通じて行われ、クチクラ層を通じて行われる蒸散は一般に小さい。前者を気孔蒸散、後者をクチクラ蒸散という。蒸散量は日変動を示し、昼間盛んで夜間はほとんど停止する。蒸散に影響する要因としては、内的要因に気孔開度や葉の大きさなどがあり、外的要因には日照・温度・湿度・風などがある。蒸散量は、単位葉面積あたり、単位時間あたりに換算し、蒸散速度として表わされる。
植 栽 可 能 空 間	植栽可能空間とは、ある敷地において、非建蔽地（建物の立っていない場所）のうち地表面が露出している場所または緑被地（樹木や草地などの緑で覆われている場所）の部分を用いる。
食 餌 木	野鳥を呼び込むためには、巣箱を設けたり、野鳥が好んで食べる実をつける樹木や蜜のある樹木を植栽すると効果的である。このよう

	な趣旨で植栽する樹木を食餌木という。ピラカンサ、ヒサカキ、ハゼノキ、ヤブツバキなどがある。
人工地盤	人工地盤は、人工的に構築された基盤のことであり、土木建築物に由来する植栽の支持基盤となる。すなわち、都市建築空間のうち、屋上・ベランダ・テラス・外壁などの構造部分のことをいい、ここを活用して緑化を行うのが人工地盤緑化である。
人工軽量土壌	何らかの加工を加えてつくられ、通常の土壌より比重が軽く保水性が高い人工土壌をいう。保水性を高めるために、多孔質材料や高分子吸水材などを使用してつくられる。無機系、高分子系、腐植質系、木質系など様々な植栽用資材がある。
生産量	<p>緑色植物などが光条件下でCO₂を取り入れ有機物を合成することを光合成というが、光合成により生産された有機物の総量を総生産量という。しかし、植物は自ら生産したものの一部を呼吸により消費しながら生育しているため、総生産量のうち呼吸消費量を差し引いた残りが植物体として固定され、これを純生産量という。つまり、純生産量は、総生産量から呼吸消費量を差し引いた量で、その関係式は以下のとおりである。</p> $P_g = P_n + R$ <p>ここで、P_g：総生産量、P_n：純生産量、R：呼吸量 これらは、単位土地面積当たり、単位時間当たりの乾重量で表わされ、単位は一般に t/ha・y で表示することが多い。</p>
相対生長式	<p>大きさの異なる多数の同種個体があるとき、個体のある部分の量 x、y との間には、</p> $y = a \times x^h$ <p>の関係が成り立つことを相対生長関係にあるといい、その式を相対生長式という。a、h は部分 x、y の組合せによって決まる定数で、特に h は相対生長係数と呼ばれる。x と y とを両対数グラフ上にプロットし、直線関係が成り立てば、x と y は相対生長関係にあるといい、h は直線の傾きで表わされる。森林や草地の現存量（葉量、材積など）の推定などによく用いられている。</p>
沈着	エアロゾル粒子が空气中を移動して壁面（固体・液体）に到達し、その表面に付着する現象を沈着という。このうち植物の葉表面などに付着することを吸着という。
ツリーサークル	植栽地において、土壌の踏圧防止や雨水浸透を図るため、根元周りに設置する植栽柵などのふたをツリーサークルという。

ツル植物	ツル植物は、成長に伴い、ツル状の幹や枝が地表面あるいは他のものに「はう」「吸い付く」「巻き付く」「垂れる」などより植物体を支える植物をいう。生育が旺盛で厳しい環境圧に耐える強健な植物が多く、近年、地被として用いられたり、建築空間の壁面緑化などに多用されている。ナツツタ、フジ、ヘデラ類など種類が多い。
土壌改良	土壌改良には、客土、盛土、耕耘、排水などによる土層の改良と土壌改良材施用による改良がある。後者に用いる造園緑化資材を土壌改良材という。土壌改良材には、バーク堆肥、コンポストなどの有機質系、パーライト、バーミキュライトなどの無機質系及び分子数の多い化学物質が主成分である高分子系などがある。
土壌の理化学性	土壌は植物生育の基盤をなすものであり、一般に肥沃で通気性・排水性に富み、有効土層が深い土壌が望ましい。土壌の物理的性質（土性、保水性、透水性など）と化学的性質（pH、腐植、養分など）をあわせて理化学的性質（理化学性）という。
パッシブ・クーリング	建築空間の屋上や壁面を緑化すると、日射の遮蔽効果により屋上や壁面からの熱の焼き込みや室温の上昇がかなりの程度で抑制され、冷房のための消費電力が節電できる。近年、ヒートアイランド現象の抑制対策の一環として、「自然エネルギー利用冷房」（Passive Cooling）として注目され、各地方公共団体で積極的に進められている。
バルコニー	建物の外壁から突き出した屋根のある床をいい、一般に2階以上にあって、手すりや壁があるものをいう。
ヒートアイランド現象	近年、都市域においては、郊外に比べて気温が高くなる、いわゆるヒートアイランド現象が都市特有の気象現象として問題になっている。その原因は、都市化に伴う工場のボイラー、ビルの冷暖房、自動車台数の増加などの排出熱量の増大が最大の原因とされているが、その他にアスファルト舗装、コンクリート構造物による太陽熱の吸収蓄熱、森林や農耕地などの緑地面積の急激な減少などがあげられている。
ビル風	近年は都心を中心に規模の大きな超高層ビルや中高層ビルが増えており、その周辺の比較的狭い範囲でビル風が発生する。ビル風は、建物の形状や配置、周辺の状況などに応じて、非常に強く複雑な風の流れとなる特徴がある。
複層林（多層林）	森林は、一般に高木層・亜高木層・低木層・草本層といったように

	<p>植物の生活形に応じて立体的な階層構造を有し、多種類の植物からなる複雑な植物社会を形成している。このような多層構造からなる森林を多層林（複層林）と呼んでいる。</p>
プランター	<p>プランターは植栽用の枠のことで、直接土壌を入れて植栽するものや植物を植え込んだポットなどを収容するものがある。家庭用の小型プランターから樹木が植栽できるような大型の可搬式のプランターなど、様々な大きさのものがある。</p>
ペDESTリアンデッキ	<p>自動車道路と分離されて整備された立体的な歩行者専用通路のことで、エスカレーターやエレベーターが設置されているところもある。最近では、駅の周辺やオフィスビル群、中高層住宅の住棟群を結ぶペDESTリアンデッキが増えている。</p>
ベランダ	<p>建物の外壁に突き出した屋根や庇のある廊下状の吹き抜け部分をいう。中高層住宅などにあるベランダが一般的である。</p>
マルチング	<p>植栽木の維持管理（養生）法の一つで、夏季における乾燥防止（蒸発の抑制）、冬季における霜害防止などのために、植栽木の根元周辺にバークチップ、木材チップなどを地表面にばらまき被覆する。</p>
緑のカーテンづくり	<p>緑のカーテンづくりは、ツル植物を外壁近くに生育させることで日照を遮蔽し、また植物の蒸発散作用も得られることから、夏季の暑い日中には室内温度が室外よりも5～10℃程度下がり、省エネルギー効果が期待されている。最近では、ヒートアイランド対策の一環として、各地方公共団体において学校を中心に積極的な取組が行われている。</p>
有効土層	<p>植物は、植物体の維持や水分・養分の吸収のために、種類や形状に応じてそれぞれの植物に特有の根系を形成している。植物の根が正常な状態で自由に伸長しうる条件を備えた土層を有効土層という。その厚さ（深さ）は、土壌の堅さ、地下水位、有害物質の存在により制限され、高木と中低木、深根性樹種と浅根性樹種など、樹種によって必要な有効土層厚が異なる。</p>
葉面拡散抵抗	<p>葉面における水蒸気拡散抵抗を葉面拡散抵抗という。葉面拡散抵抗は気孔の開き具合を表わし、水蒸気拡散抵抗を構成するパラメーターの一つであり、植物のガス状汚染物質の吸収能力を表わす指標として用いられる。この値が大きいほど、植物の単位葉面積当たりの吸収能力は低くなる。気孔コンダクタンスの逆数である。</p>
葉面積指数	<p>葉面積指数（LAI：Leaf Area Index）は、単位土地面積上にある</p>

	<p>植物群落の全葉面積、すなわち土地面積に対する全葉面積の比で表わされる。わが国の森林の葉面積指数は、落葉広葉樹林で3～6、常緑広葉樹林で5.5～9、スギ林で4.5～8.5程度である（吉良、1976）。この考え方を単木に準用すると、単木の場合には樹冠投影面積に対する全葉面積の比とみなせる。</p>
立 体 花 壇	<p>成形されたプラスチック製ユニットをパネル上に組み立てたり、カセット式の生育基盤にポット苗などを植栽して積み上げる立体式あるいは壁式の花壇である。人工軽量土壌などの生育基盤、格子などの補助資材、灌水装置などが組み合わされ一体化しているものが増えている。草花や観葉植物など、導入植物も多様になってきている。</p>
緑 陰 樹	<p>夏季の強い日射しを避け、日陰をつくるために植栽された樹木を緑陰樹という。冬季の暖かな日差しを妨げないように落葉広葉樹が望ましく、アオギリ、プラタナス、ユリノキのように葉が大型で枝葉がよく繁る樹種が適している。</p>
ル ー フ ド レ イ ン	<p>屋根に降った雨水を集め、雨樋に入るところに設ける塵濾しを兼ねた排水施設をいう。屋上緑化の漏水の原因の多くはこのルーフトレインの目詰まりにあるといわれている。</p>



第2章 植物の大気浄化機能

1. 緑の効用と大気浄化機能

都市域の樹林地や芝生地などの緑地は、地域住民にレクリエーションの場を提供し、憩いややすらぎの場となっているほか、都市の美観の向上や、災害時には重要な避難場所ともなっている。また、大気浄化、騒音低減、気象緩和など、地域の快適な生活環境の形成に係わる様々な機能をもっている。

大気浄化植樹は、これらの都市緑地の有する諸機能のうち、特に植物のもつ大気汚染物質の浄化機能に着目し、大気環境の改善に主眼を置いて市街地で植樹を推進するものであり、その実施に伴い、大気浄化に加えて、上記の様々な機能の相乗効果が期待できる。

解説

緑地の有する機能は、表 I.2.1-1 に示すように多岐にわたっている。これらの機能は時代の変遷とともに期待する機能にも変化がみられるが、近年においては、人々のライフスタイルの変化とともに、質の高い生活環境を求める方向性と相まって、環境資源としての緑地や文化資源としての緑地への期待が、今後、ますます高まって行く傾向にある。

なかでも、都市緑地に期待される基本的な機能としては、大気浄化、騒音防止などの快適な生活環境の確保に係わる項目であり、このうち大気浄化機能については、地球温暖化対策に係るCO₂の吸収・貯留、酸素の供給、葉面の気孔を介して行われるガス状汚染物質の吸収、葉面等の枝葉に付着・吸着される捕捉効果などである。最近ではヒートアイランド対策などの一環として屋上緑化や壁面緑化等が各地方公共団体で積極的に進められている。緑地の機能は、このように多岐にわたっているが、緑地の整備によって生物種の保全や生物多様性の向上が期待されるとともに、保健休養の場や自然探求や情操教育の場を提供したり、都市域に憩いとやすらぎの場を提供するなど、相乗的な機能を有することが他の何ものにも代え難い緑の重要な価値といえる。

表 I.2.1-1 緑地の機能 (只木、1990)

緑の機能	主要な内容
気象緩和	気象緩和、湿度調節、木陰、防風、防霧、ヒートアイランド緩和など
水保全	水源涵養、河川水量の平準化、水質保全、降水増加など
侵食防止	水食防止、風食防止、雪食防止など
自然災害防止	山崩れ防止、洪水防止、雪崩防止、落石防止など
防火	延焼阻止、災害時の避難地としての利用など
大気浄化	CO ₂ の吸収・貯留、酸素供給、汚染物質吸収、塵埃吸着など
騒音防止	騒音の低減抑制など
環境指標	環境指標種としての利用など
生物種保全	野生鳥獣魚類の保護、外来生物侵入の抑制など
保健休養・風致	薬効物質揮散、精神安定、保養の場、行楽・娯楽、スポーツの場の提供など
教養・教育	自然探求、情操教育、教育の場と材料の提供、芸術科学の材料の提供など

2. 植物によるガス状汚染物質の吸収

- (1) 植物による大気浄化機能については、工場周辺の樹林地や幹線道路沿道の街路樹で粉塵が葉面に付着していたり、SO₂やNO₂などのガス状汚染物質が葉面で吸収・吸着されていることが従来から経験的に知られていたが、1970～1980年代に国立公害研究所（現独立行政法人国立環境研究所）などにおいて精力的な研究がなされ、一部の樹種ではSO₂やNO₂の吸収速度が定量的に把握されるなど、科学的にも確認されている。
- (2) 植物は、葉面にある気孔という小さな孔を通じて光合成や蒸散などを行っているが、そのガス交換の際にSO₂やNO₂などの汚染ガスが植物体に吸収され取り込まれる。また、葉面のクチクラ層にも吸着され、この吸収と吸着をあわせて収着と呼ばれている。葉面における吸着量は気孔を介しての吸収量に比較して著しく少ないことが知られている。気孔を介しての吸収能は、一般に気孔の開き具合（気孔開度と呼ばれる）や光合成や蒸散などの生理活性に比例することなどが確認されており、これを利用して大気浄化能力の優れた植物の検索なども進められている。
- (3) 樹木の大气浄化能力の種間差の評価にあたっては、上記のような植物個葉におけるガス吸収能ばかりでなく、その季節変動や樹木の大きさ、葉量、着葉期間なども考慮に入れる必要がある。

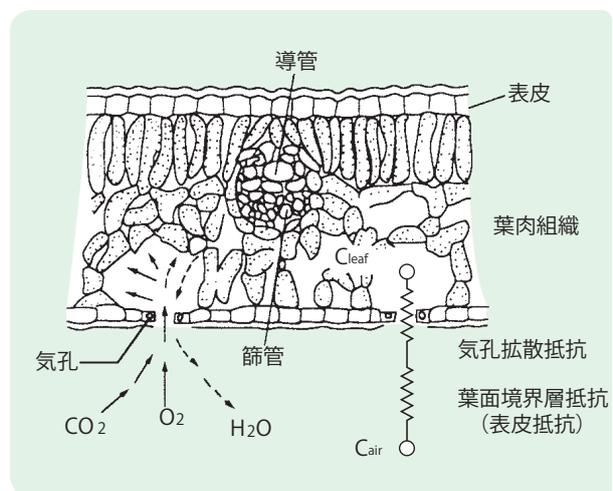
解説

1 植物個葉におけるガス吸収機構

一般に植物の葉の表面には気孔と呼ばれる小さな孔があり、日中は気孔を通して空気中のCO₂を葉内に取り込み酸素を放出して、光合成により炭水化物を生産している。また、同時に体内の水分を蒸散により放出し、体温を調節したり根から養分を供給する原動力にしている。気孔の構造や数は植物の種類によって異なるが、気孔は環境条件に応じて開いたり閉じたりし、その開き具合（これを気孔開度という）は、植物を取り巻く環境条件、特に明るさに応じて調整され、最適な成長をするように植物体のガス交換を制御している。このようなガス交換の際に空気中に含まれるガス状の汚染物質が気孔を介して植物体内に取り込まれる（図I.2.2-1）。

一方、植物の表面はクチクラ層と呼ばれる組織で覆われ、体内の水分の過度な放出を抑制するはたらきをしているが、ガス状汚染物質もその表面に吸着される。

したがって、植物は気孔を介して葉内にガス状汚染物質を吸収したり、葉面のクチクラ層で吸着したりして、植物周辺の大気を浄化している。この吸収と吸着をあわせて収着というが、葉面における吸着量は気孔を介しての吸収量に比べて一般に著しく少ないといわれている（戸塚、2013）。



図I.2.2-1 ガス拡散過程の模式図（古川、1987）

2 植物によるガス状汚染物質吸収量

植物のガス状汚染物質の吸収速度は、主として葉面にある気孔開度に支配されている。一方、植物の水分放出である蒸散速度は、主に気孔開度や空気中の湿度の影響により変化する。名取・戸塚ら（1980）は、数種の草本植物について、蒸散速度と NO_2 吸収速度との関係を調べ、図 I.2.2-2 に示すように、同一直線上に測定値が並び、このことから植物の種類によって気孔の数や気孔開度が遺伝的に異なり、ガス吸収速度に差があることを示唆された。この図から各種植物の NO_2 吸収速度を読み取ると、ヒマワリ 0.29、トマト 0.17、ヒマ 0.12、アサガオ 0.10、キュウリ 0.08、トウモロコシ 0.07 となる（単位はいずれも $\text{mgNO}_2/\text{dm}^2 \cdot \text{h} \cdot \text{ppmNO}_2$ ）。

藤沼ら（1987）は、木本植物を 14 日間あるいは 30 日間にわたって O_3 を曝露させたときのガス吸収速度を調べ、図 I.2.2-3 に示すように、樹木の O_3 吸収速度は 10pphm（0.1ppm）まではいずれの樹木も直線的に増加することを示し、その直線の傾き（縦軸の単位を $\text{mgO}_3/\text{dm}^2 \cdot \text{h}$ に変換して単位濃度あたりに換算： $\text{mgO}_3/\text{dm}^2 \cdot \text{h} \cdot \text{ppmO}_3$ ）は、サクラ（ソメイヨシノ）0.42、クヌギ 0.28、ケヤキ 0.25、クスノキ 0.21、イチヨウ 0.17 と算出された。これらの結果は、いずれも葉面の気孔開度の差異を示し、気孔のよく開く樹木は、葉から水分を蒸散しやすく、 O_3 吸収速度も大きく、ガス状汚染物質の吸収能力も高いことが示唆される。

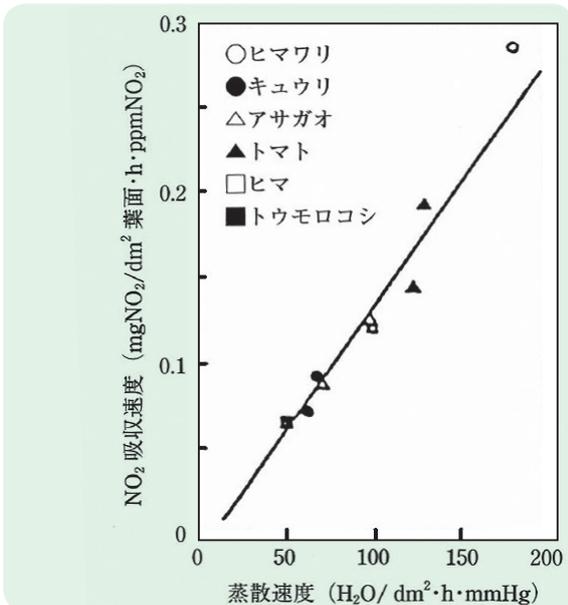


図 I.2.2-2 種々の植物における NO_2 吸収速度（単位ガス濃度あたり）と蒸散速度（単位水蒸気飽差あたり）との関係（名取・戸塚，1980）

照度 33 klx，気温 30°C ，湿度 50%，1 ppm NO_2 で 2 時間曝露後。

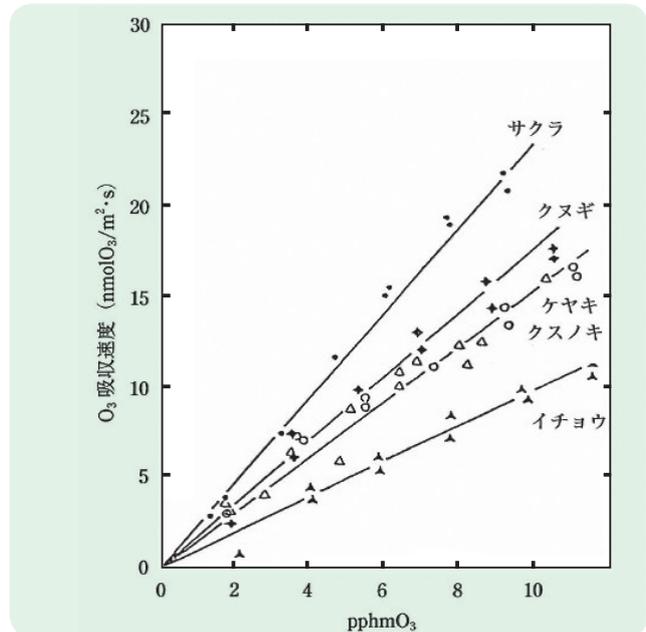


図 I.2.2-3 種々の街路樹の O_3 吸収速度と O_3 濃度との関係（Fujinuma et al., 1987）

●：サクラ，◆：クヌギ，○：クスノキ，△：ケヤキ，▲：イチヨウ。
測定条件は気温 25°C ，湿度 70%。
縦軸の単位： $1 \text{ nmolO}_3 = 10^{-9} \times 48 \text{ gO}_3$ ，横軸の単位： $1 \text{ pphmO}_3 = 0.01 \text{ ppmO}_3$ 。

3 植物によるガス状汚染物質吸収能の種間差異

上記で述べたように、植物による汚染ガスの吸収能は、気孔開度が大きく、光合成や蒸散などのガス交換が活発な植物ほど大きい傾向がある。大気浄化機能の高い植物を検索する一つの方法として、植物体のガス吸収能力の指標である葉面拡散抵抗を測定する方法がある。

藤沼ら（1985）は、野外条件下で広葉樹 113 種（落葉樹 78 種、常緑樹 35 種）の葉の裏面の葉面拡散抵抗と気孔開度を測定した。

葉面拡散抵抗は、単位は s/cm で表わされ、この数値が大きいほど抵抗が大きい、すなわちガスが吸収されにくいことを示す。計測された葉面拡散抵抗の値の平均値は $1.41s/cm$ で、最小値はキリの $0.41s/cm$ 、最大値はアセビの $4.08s/cm$ であった。落葉樹の平均値は $1.14s/cm$ 、常緑樹の平均値は $2.02s/cm$ であった。図 I.2.2-4 に、葉面拡散抵抗の大きさにより分類した常緑広葉樹、落葉広葉樹の分布を示す。落葉樹では葉面拡散抵抗値が小さい樹種が多いのに対して、常緑樹では葉面拡散抵抗値が大きい樹種が多い傾向が認められる。このことから、気孔開度は常緑樹よりも落葉樹のほうが一般的に大きい傾向があり、ガス状汚染物質の吸収能も常緑樹よりも落葉樹のほうが大きいことが示唆される。

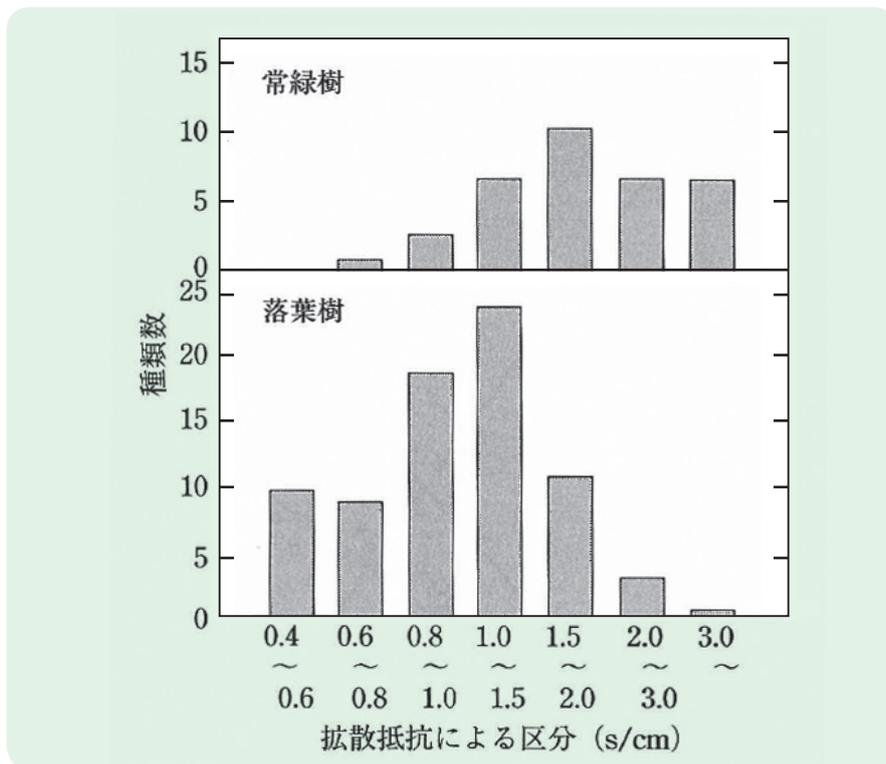


図 I.2.2-4 葉面拡散抵抗値の大きさにより分類した広葉樹種の分布（藤沼ら，1985）

調査樹数は 42 科 113 種（落葉樹 78 種、常緑樹木 35 種）

3. 植物による粒子状汚染物質の捕捉

- (1) 植物による粒子状汚染物質の捕捉効果についても、幹線道路周辺の街路樹などの葉の表面に粉塵が付着していることなどによって従来から経験的によく知られていた。
- (2) 樹木の葉による粒子状汚染物質の捕捉効果についても主として1960～1990年代に研究が進展し、捕捉効果が大きい樹種として、枝葉がよく繁茂する樹種で、鋸歯があり、葉脈や葉柄に凹凸が多く、毛が密生するなど、葉の形態が複雑な樹種ほど粒子状汚染物質を捕捉しやすく、流亡しにくいと考えられている。また、生垣状に植栽し、適宜刈込を行って枝葉の密度を高めるとともに、葉を更新して活力度を高めることも効果的である。
- (3) 粒子状汚染物質の捕捉に係わる研究は2000年以降ほとんど進展してこなかったが、近年になってPM2.5との関連から組織レベル・細胞レベルの微細構造に着目した研究などが行われるようになってきており、葉面における微細構造が微細な粒子状汚染物質の葉面への吸着に影響を与えていることなどが確認されつつある。また、従来、雨が降ると葉面に付着されていた粉塵が洗い流されてしまうと考えられていたが、一部は葉面のクチクラ層表面のワックス層などに取り込まれ、流亡しにくいことなども確認されている。

解説

1 植物による粒子状汚染物質の捕捉量

三澤（1981）は、自動車走行に伴う大気汚染の中でも粒子状汚染物質による汚染に着目し、沿道緩衝緑地帯の機能の一つとして樹木の枝葉による粒子状汚染物質の吸収量を定量化することを目的として、東名高速道路日本坂トンネル付近及び都内幹線道路沿道で粉塵の葉面吸着量に関する野外実験を行った。その結果、葉面付着粉塵量は枝葉近傍の大気中の粉塵濃度及び曝露期間にほぼ直線的に相関すること、葉面付着粉塵量は葉の形態的特徴に著しく関係していることが明らかになった。樹種別の粉塵吸着量は、図I.2.3-1に示すように、中木ではマサキ、サザンカがネズミモチ、サンゴジュ、シャリンバイよりも吸着量が多く、低木ではオオムラサキの吸着量が最も多く、サツキ、ハナヅノツクバネウツギ（アベリア）の順に少なくなった。これらの樹種による粉塵吸着量の違いは、葉面に生えている毛の長さや量、鋸歯や葉面の凹凸など、葉の形態的特徴に依存しているものと考えられた。

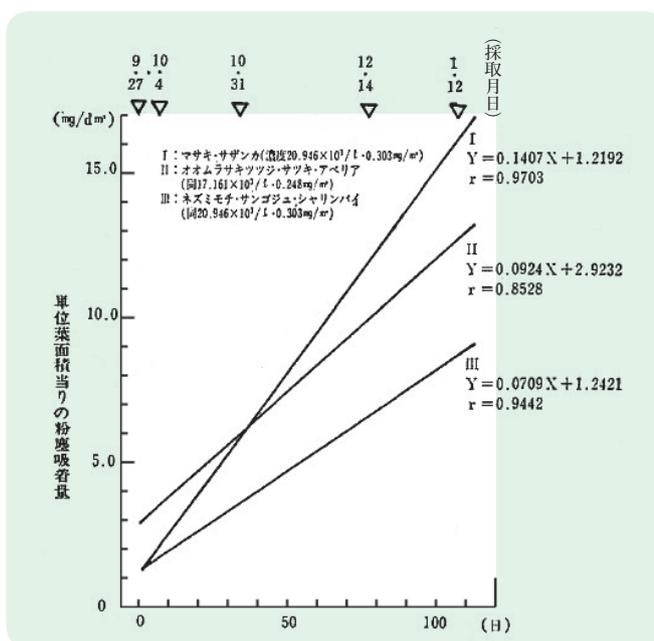


図 I.2.3-1 供試樹木の粉塵吸着量の回帰式 (三澤, 1981)

片山ら（1991）は、降水に比べて樹冠通過雨（林内雨）や樹幹流の物質濃度が高くなるのは、樹冠や樹幹表面に付着した粉塵の洗い出しによるものだと考え、京都大学農学部桐生演習林の森林内外で浮遊粉塵を採集し、その挙動を検討した。その結果、林外と林内の大気中の浮遊粉塵濃度は、濃度の大小に係わらず林内は林外よりも常に低く、林外と林内ではほぼ平行に浮遊粉塵濃度変動していることを確認した。そして、林外と林内の浮遊粉塵の濃度差から多いときには70%、平均でも30%程度の浮遊粉塵が樹冠で捕捉されていることが確認された。

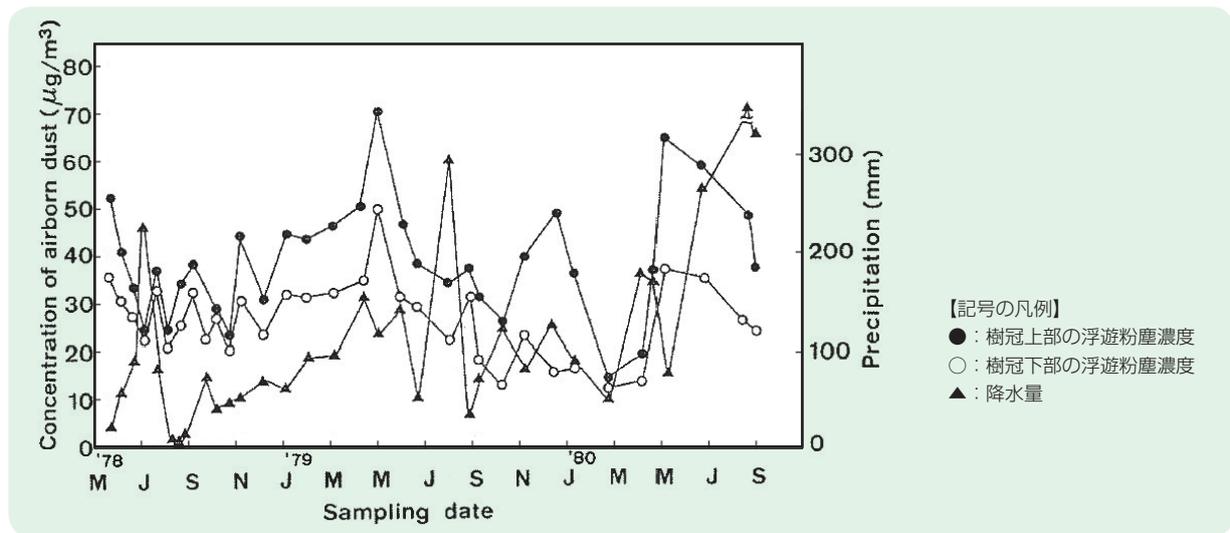


図 I.2.3-2 樹冠上部及び下部における大気中の浮遊粉塵濃度の季節変動（片山ら、1991）

伊藤ら（2007）は、森林生態系における大気中の鉛（Pb）の捕捉効果を明らかにするために、スギ林において、降水、植物体各部（幹材・樹皮・枝・葉）、林床のリター層（落葉層）、土壌、基岩中の Pb の安定同位体を分析した。その結果、スギ林では、大気中に起源を有する全 Pb のうち 71% が植物体各部に、62% が林床のリター層に、55% が表層土壌上部中（0～10cm）に捕捉され、表層土壌下部中（10～20cm）にはわずか 16% しか捕捉されていなく、表層土壌と植物体の間で内部循環が生じていることが示唆された。これらのことから、森林は大気中の Pb などの汚染物質を捕捉するフィルター効果があることが確認された。

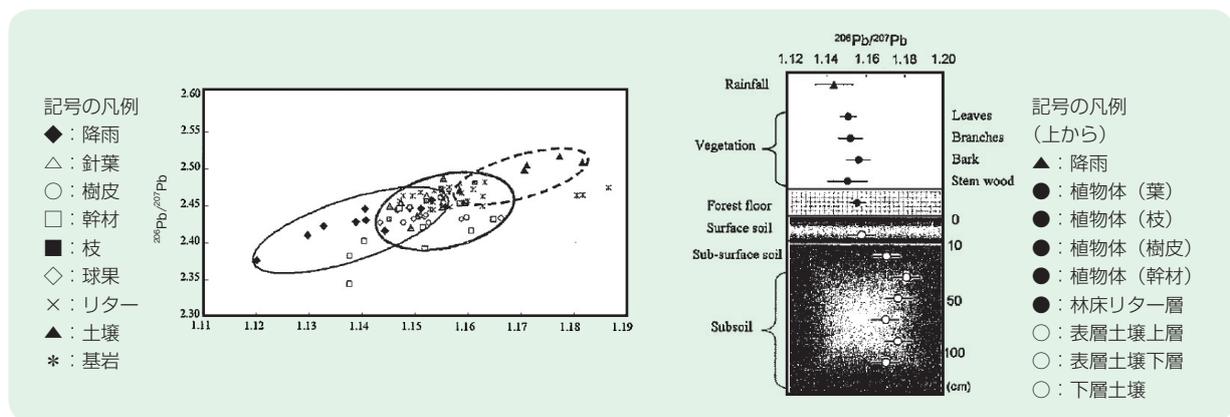


図 I.2.3-3 スギ林における鉛の安定同位体比 $^{206}\text{Pb}/^{207}\text{Pb}$ （伊藤ら、2007）

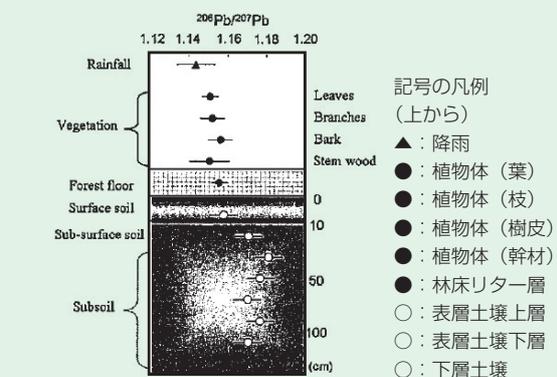


図 I.2.3-4 スギ林における鉛の安定同位体比 $^{206}\text{Pb}/^{207}\text{Pb}$ の垂直分布（伊藤ら、2007）

2 植物による粒子状汚染物質の捕捉能の種間差異

三澤ら（1985）は、緑地による大気浄化機能に関する研究の一環として、浮遊粒子状物質に着目し、沿道植栽木の葉の形態と粉塵の葉面吸着特性について、Pb、亜鉛（Zn）の重金属をはじめとする付着粉塵の定量分析と走査型電子顕微鏡による葉面の微細構造の把握などにより葉面における粉塵の吸着メカニズムの解明を試みた。その結果、粉塵の吸着特性は葉の形態によって相違することが確認され、緩衝緑地帯などの植栽設計を行う上で有力な示唆が得られた。

それによると、国道6号線沿いの樹木の粉塵吸着量は、図 I.2.3-5 に示すようにオオムラサキ > カイズカイブキ > サングジュ > キョウチクトウ > ヒノキ > ネズミモチ > マサキ > ツバキ > ユーカリの順に多く、Pb や Zn の重金属の吸着量も図 I.2.3-6 ~ 7 に示すように、ほぼ同様の傾向を示したが、Pb ではカイズカイブキ、ヒノキ、Zn ではオオムラサキの吸着量、含有量が多い。全般的にみると、オオムラサキ、カイズカイブキの吸着量・含有量が多かった。走査型電子顕微鏡での観察によると、広葉樹では葉柄、葉の先端、鋸歯など、幅が狭くなっている部分に吸着が多く、針葉樹では葉片の重なり合う凹部に吸着が多かった。葉面に凹凸がある場合には粉塵は凸部には少なく、凹部に多かった。また、葉面に毛がある場合には毛の先端や付け根に多く、特に毛が密生している場所では粉塵同士が塊状になって付くなど、多くの粉塵が吸着していた。これらのことから、カイズカイブキやヒノキなどの針葉樹で粉塵吸着量が多いのは、葉片が細かくかつ複雑に組み合わさっているため隙間が多いためであろうと考えられた。広葉樹のうちオオムラサキ、キョウチクトウ、サングジュなどで粉塵吸着量が多いのは、オオムラサキ、キョウチクトウでは葉面全体に毛が密生していること、サングジュでは主脈等に毛があり、葉脈がよく発達して、葉面に凹凸が多いためであろうと考えられた。また、ツバキ、マサキ、ユーカリなどで粉塵吸着量が少ないのは、無毛で葉脈の凹凸が少なく、葉面が全体的に滑らかであるためであろうと考えられた。広葉樹のように葉面が広い場合には、粉塵の吸着は葉の大小というよりは、マイクロな毛の有無、長さや密度、葉脈の発達程度や表面の凹凸など、葉の構造に左右されることが示唆された。

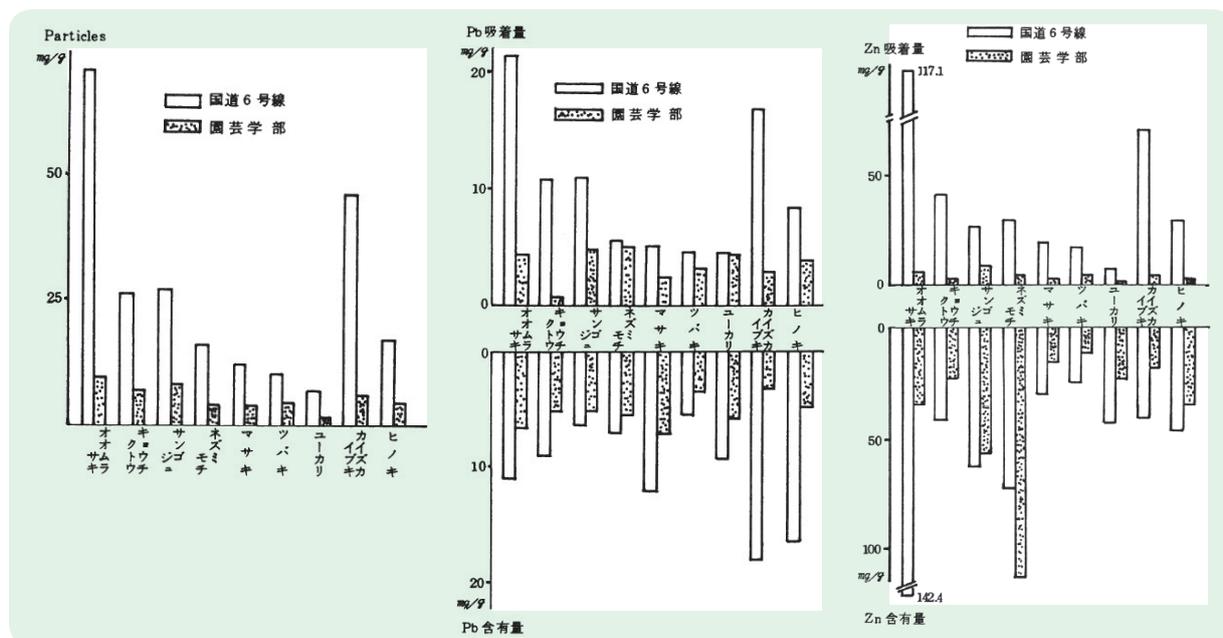


図 I.2.3-5 葉面の粉塵吸着量 (国道6号線・園芸学部) (三澤ら、1985)

図 I.2.3-6 葉面のPb含有量・吸着量 (国道6号線・園芸学部) (三澤ら、1985)

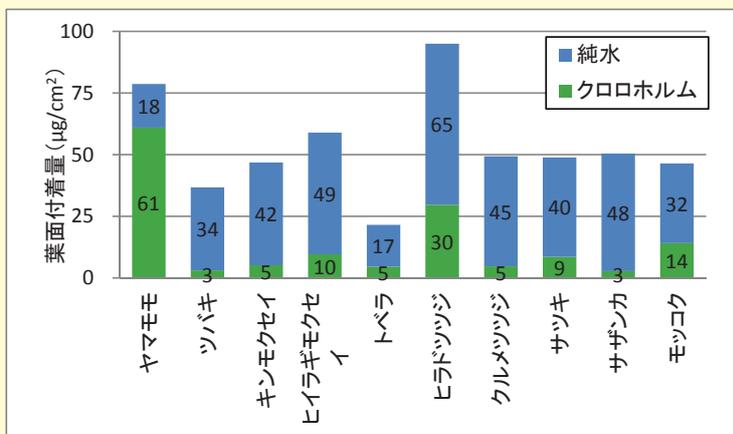
図 I.2.3-7 葉面のZn含有量・吸着量 (国道6号線・園芸学部) (三澤ら、1985)

コラム 樹木の葉の粉塵捕捉効果

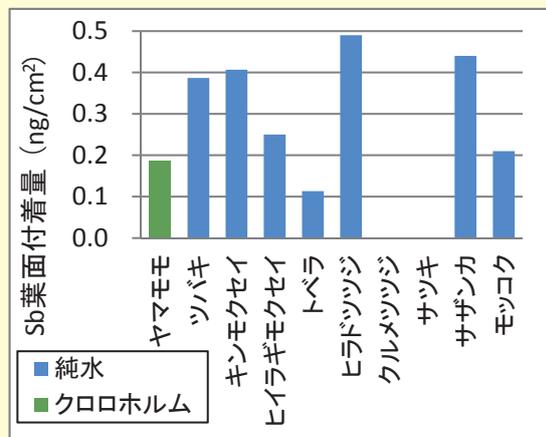
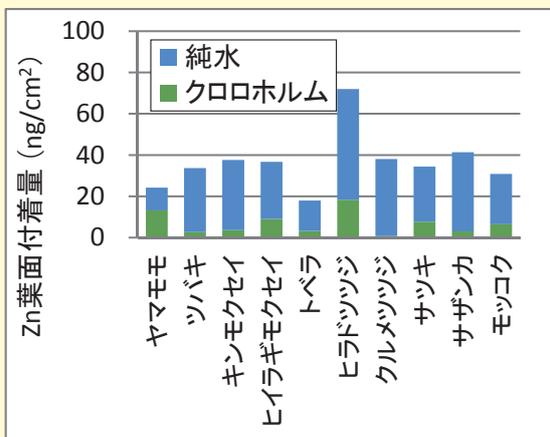
葉による粒子状物質の捕捉効果に係る種間差異を把握するために、葉面付着粉塵を調べた。

対象としたのは、高木のヤマモモ、モッコク、ツバキ、中木のキンモクセイ、ヒイラギモクセイ、トベラ、サザンカ、低木のヒラドツツジ、クルメツツジ、サツキのあわせて10種で、いずれも常緑樹である。サンプル葉としては、新葉の展開を確認した比較的新しい葉で、ポット植えの樹木を各種3本ずつ屋外の庭（千葉市原市内の住宅地）に放置し、樹冠上部の先端に近い場所から葉の面積に応じて1サンプル当たり5～10枚の当年葉をサンプリングし、分析に供した。前処理として純水洗浄により葉面に付着し比較的容易に抽出できる成分（付着粒子）とその後、クロロホルム洗浄によりワックス層を溶解して抽出されるワックス層などに比較的強固に固着している成分（固着粒子）の2段階で処理した。

樹種ごとの葉面付着粉塵量は右図に示すとおりで、葉面付着粉塵が最も多いのはヒラドツツジの95 $\mu\text{g}/\text{cm}^2$ 、次いでヤマモモの79 $\mu\text{g}/\text{cm}^2$ 、ヒイラギモクセイの59 $\mu\text{g}/\text{cm}^2$ 、最も少なかったのはトベラの22 $\mu\text{g}/\text{cm}^2$ であった。純水処理で抽出される付着粒子、クロロホルム処理で抽出される固着粒子の割合は、全般的に付着粒子の割合が大きかったが、ヤマモモは固着粒子の割合が特異的に大きかった。



金属成分のうち発生源が自動車由来と考えられるZn（自動車オイルなどの潤滑油に含まれる）、アンチモン（Sb、自動車のブレーキパットに含まれる）は、アルミニウム（Al）、ケイ素（Si）などの土壌粒子由来の物質に比べて捕捉量が桁違いに少ないが、ヒラドツツジの捕捉量が相対的に多かった。葉面付着粉塵量は、葉の寿命や着生している位置、また曝露期間や大雨後の日数など、様々な条件により影響を受けるが、当年葉であれば、概ね50 $\mu\text{g}/\text{cm}^2$ (0.5g/m²) 程度捕捉しているものと考えられる。



出典) 株式会社ブラック研究所 (2014) : 独立行政法人環境再生保全機構委託業務「大気浄化植樹事業の効果の把握及び効果的推進のため調査研究報告書 (2013年度)」

4. 都市緑地の大気浄化機能

- (1) 都市緑地の有する大気浄化機能についても、市街地に比べて広大な都市緑地内にいると空気が澄んでいて気持ちがいいなど、従来から経験的によく知られていた。
- (2) 1970～1980年代に明治神宮や新宿御苑などの森を対象に、緑地内外で汚染ガスや浮遊粉塵の濃度分布の測定により、その機能が定量的に確かめられた。
- (3) また、各種植物群落の一次生産力のデータを活用して、都市全体の緑地による大気浄化機能についても定量的な評価が行われつつある。

解説

1 緑地の有する大気浄化機能

丸田（1983）は、新宿御苑においてSO₂、COの濃度分布と気温・湿度の分布を、明治神宮内苑においてSO₂濃度分布の測定を行い、市街地の公園緑地の大気浄化機能を調べて以下のような結果を得た。

- ・密生する常緑樹林では、公園緑地の存在によるSO₂濃度の希釈作用が著しく、林帯幅は約200mあれば十分であった。
- ・公園緑地内のSO₂濃度の希釈作用により、周辺市街地の濃度の1/2に低下した。
- ・新宿御苑での粉塵濃度の調査結果から、植栽密度が比較的疎であっても、市街地上からの粉塵は樹林の配置により林縁から約50mの付近でくい止められる。

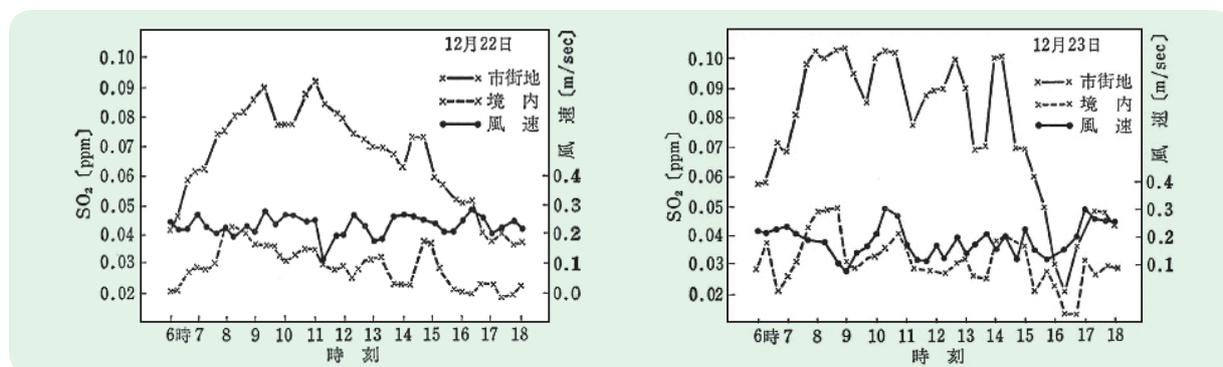


図 I.2.4-1 明治神宮内苑（市街地から約 250m の地点の樹林内）と市街地上との SO₂ 濃度の比較（左：12月22日、右：12月23日）（丸田、1983）

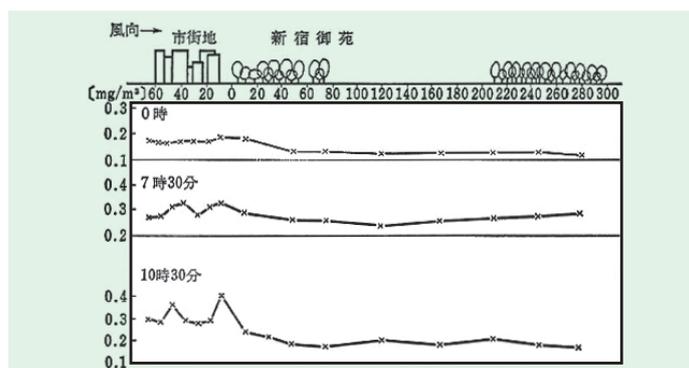


図 I.2.4-2 新宿御苑内外の浮遊粉塵濃度の分布（12月5日、風向NNW、風速0.70m/sec）（丸田、1983）

小川 (1986) は、埼玉県新座市の平林寺近郊緑地保全地区の緑地 (面積 4.7ha) で NO_x 濃度、SPM 濃度の低減効果を調べた。この緑地は、北側の国道 254 号 (日交通量 48,000 台) から 330m、南側の市道 (日交通量 6,000 台) から 65m の距離にあるよく管理された二次林である。結果は表 I.2.4-1 に示すとおりで、全期間平均の低減率は、NO₂ が 11.1%、NO が 6.7%、NO_x が 8.8%、SPM が 17.4% で、緑地内では NO_x 濃度、SPM 濃度が低減することが確認された。

表 I.2.4-1 平林寺隣接緑地内外の NO₂、NO、NO_x 濃度 (ppb) と SPM 濃度 (μg/m³) 及び低減率 (小川, 1986)

全 期 間	全日		対照	群落内	濃度差	低減率 (%)	
N 系 風 時 (E~WNW)	全日	NO ₂	28.7	25.5	3.2	11.1	
		NO	31.6	29.5	2.1	6.7	
		NO _x	60.3	55.0	5.3	8.8	
		SPM	59.5	49.1	10.4	17.4	
		NO ₂	29.9	25.4	4.5	15.2	
		NO	33.6	31.1	2.5	7.6	
	昼間	NO ₂	29.6	26.5	3.1	10.5	
		NO	24.2	23.0	1.2	5.0	
		NO _x	53.8	49.5	4.3	8.0	
		SPM	67.1	54.8	12.3	18.3	
		夜間	NO ₂	30.3	24.5	5.8	19.1
			NO	41.9	38.1	3.8	9.1
NO _x	72.2		62.6	9.6	13.3		
SPM	63.1		52.5	10.6	16.8		

N系風時は南側道路の影響を軽減するため、E~WNW風時間値を集計した。調査期間は1985年6~12月。SPMは相対濃度。

また、市道の影響を軽減したN系風時では、NO₂、NO、SPMでそれぞれ15.2%、7.6%、17.9%の低減効果が認められ、日中と夜間では夜間の方が低減効果は2倍ほど大きかった。

小川 (1988, 1989, 1993) は、沿道緑地による大気浄化効果を確かめるために、国道 17 号沿い (日交通量 43000 台) の上尾運動公園沿道緑地、国道 17 号バイパス沿い (日交通量 80,000 台) の与野公園沿道緑地帯で NO_x 濃度や SPM 濃度を調べた。結果は表 I.2.4-2 ~ 3 に示すとおりで、上尾運動公園緑地では、NO₂、NO の低減率はそれぞれ 14.1% (静穏時 22.6%)、10.3% (静穏時 25.3%)、与野公園沿道緑地帯では、NO₂、NO、SPM の低減率はそれぞれ 7.0% (静穏時 7.3%)、2.2% (静穏時 6.8%)、6.0% (静穏時 5.4%) であった。この NO₂ 吸収効果を緑地帯前面道路からの NO_x 排出量と比較すると、表 I.2.4-4 に示すように、道路の自動車排出ガス量は上尾公園では 14.1%、与野公園では 7% が低減するものと評価された。

表 I.2.4-2 上尾運動公園緑地帯内外の NO_x 濃度の月平均値 (単位 ppb) (小川, 1989, 1993)

		6月	7月	8月	9月	10月	11月	12月	平均
		道路端	45.6	38.1	29.4	36.5	41.1	41.2	48.6
NO ₂	対照	28.6	25.2	18.7	23.1	28.7	37.3	41.8	29.1
	緑地内	25.4	21.8	16.8	19.8	23.9	31.3	35.8	25.0
	樹冠上部	25.7	21.2	17.2	22.4	25.5	32.7	37.9	26.1
	濃度差	3.2	3.4	2.0	3.3	4.8	6.1	6.0	4.1
	低減率 (%)	11.2	13.5	10.7	14.3	16.7	16.4	14.4	14.1
	同時静穏 (%)	24.8	27.4	23.7	24.7	23.6	17.8	16.4	22.6
NO	道路端	176.7	172.2	116.0	150.1	186.3	254.3	320.4	196.6
	対照	27.9	27.8	23.2	22.0	35.8	63.7	87.9	41.9
	緑地内	29.5	30.4	28.5	19.6	27.1	52.6	75.8	37.6
	樹冠上部	21.4	19.3	17.8	18.7	30.1	53.4	73.6	33.5
	濃度差	-1.4	-2.6	-5.3	2.5	8.7	11.1	12.1	4.3
	低減率 (%)	-5.7	-9.4	-22.8	11.4	24.3	17.4	13.8	10.3
同時静穏 (%)	35.8	31.9	22.2	22.5	31.4	16.2	17.0	25.3	

調査は1986年6~12月。
濃度差=対照濃度-緑地内濃度、低減率%= (対照濃度-緑地内濃度) ÷ 対照濃度 × 100 (%)。
静穏時 (%) は風速 0.3m/s 以下のときの低減率。

表 I.2.4-3 与野公園緑地帯内外の NO₂、NO、SPM 濃度の測定結果 (小川, 1988)

		対照	緑地内	対照上部	緑地内上部	濃度差	濃度差	緑地内の
		CL	FL	CH	FH	(CL~FL)	(CH~FH)	低減率 (%)
NO ₂	全日	38.3	35.6	32.4	32.7	2.7	-0.3	7.0
	静穏時	39.9	37.0	36.7	36.6	2.9	0.1	7.3
NO	全日	62.5	61.1	44.5	50.0	1.4	-5.5	2.2
	静穏時	94.9	88.4	77.4	88.3	6.5	-10.9	6.8
SPM	全日	68.9	64.8	—	—	4.1	—	6.0
	静穏時	88.0	84.0	—	—	4.0	—	5.4

対照 CL: h = 2.5 m, 緑地内 FL: h = 2.5 m, 対照上部 CH: h = 12 m, 緑地内上部 FH: h = 12 m。
静穏時は風速 0.3m/s 以下のとき

表 I.2.4-4 緑地帯前面道路からの NO_x 排出量と緑地帯による NO₂ 吸収率 (小川, 1989, 1993)

調査地点	緑地帯の規模	交通量 (台/日)	NO _x 排出量 (kg)	NO ₂ 吸収速度 (mg/d · 100cm ²)	NO ₂ 吸収量 (g)	吸収割合 (%)	NO ₂ 低減率 (%)
上尾公園 (両側)	長さ 200m 幅 14m	43000	17.2	0.07	148	0.9	14.1
与野公園 (片側)	長さ 150m 幅 13.6m	80000	27.5	0.14	140	0.5	7

NO₂ 吸収量は、岡野が¹⁵N 希釈法による上限の数値として示したボブラヤケヤキ、キョウチクトウ、サンゴジュの数値をもとに、落葉樹中心の与野公園は 0.14mg/d · 100cm²、葉面積指数を 5 と仮定して算出した。常緑樹中心の上尾運動公園は NO₂ の吸収量を 0.07mg/d · 100cm²、葉面積指数 5.5 と仮定して算出した。NO_x 排出量は実走行代表モードで作成した埼玉県の排出係数で算出。NO_x 排出量および NO₂ 吸収量は 1 日あたり推定値、低減率は 7 ヶ月間の実測平均値。

2 植物群落の一次生産量から求める大気浄化量

植物は葉の表面にある気孔を通じて、空気中のCO₂を取り込むと同時に空気中に含まれている大気汚染物質を吸収する。植物によるCO₂や大気汚染物質の吸収は葉内における化学反応によっても律速されるが、基本的には主として物理的なガス拡散によって受動的に行われる。

緑地を構成する植物群落のCO₂吸収能力は、葉量や葉の傾きや配列など、葉群のもつ構造的な特性により変化するが、これらの要因は同時に汚染ガスの吸収能力にも影響を及ぼす。このため、汚染ガスの濃度が植物の葉に障害を及ぼしたり、光合成や蒸散などの基本的な生理作用を阻害したりしないような低濃度の範囲内であれば、CO₂吸収量と汚染ガス吸収量との比をあらかじめ求めておけば、緑地を構成する植物群落のCO₂吸収量のデータをもとに、緑地の汚染ガス吸収量を推定することができる（戸塚、1987）。

植物の光合成によって生産される有機物量を総一次生産量という。この総一次生産量の一部は植物の呼吸によって大気中に戻され、その残りが葉や幹などの新たな植物組織（バイオマス）となる。純一次生産量は、この光合成による総一次生産量（真の光合成生産量）から呼吸消費量を差し引いた量、すなわち植物のみかけ上の光合成生産量をいう。汚染ガスの吸収量は、この総一次生産量で推定する。

森林、草地などの植物群落の一次生産量のデータについては、吉良（1976）、只木ら（1978）、岩城（1981）などの総説がある。一例として岩城（1981）の例を表I.2.4-5に示す。

表I.2.4-5 植生区分別の年間単位一次生産量（乾物 t/ha・y）（岩城、1981）

植生単位	生産量 (t/ha・y)	植生単位	生産量 (t/ha・y)	植生単位	生産量 (t/ha・y)	
1. 常緑広葉樹林	8	20	11. 低山常緑低木林	8	21. ササ草原	8
2. ブナ林	6	9	12. 低山落葉低木林	6	22. 禾本草原	8
3. カバ林	6	9	13. 竹林	10	23. 両生の草原	15
4. ナラ林	6	9	14. 常緑果樹園	10	24. 水中草原	1
5. 天然生針葉樹林	8	11	15. 茶畑	7	25. 特殊草原	1
6. マツ林	8	14	16. 落葉果樹園	10	26. 大型植物群	15
7. スギ・ヒノキ林	10	14	17. 桑畑	10	27. 小型植物群	1
8. 落葉針葉樹林	6	10	18. 畑地	12	28. 人工草原	8
9. 高山低木林	5		19. 水田	11	29. 都市緑地	5
10. 亜熱帯低木林	8		20. 休耕地	5	30. その他	1

注) 一次生産量の欄のうち常緑広葉樹林～落葉針葉樹林は二つのデータが記されているが、右側の大きい値は、吉良ら（1976）などによるIBP等の研究成果をまとめた値で、左側の小さい値は、都道府県の国有林の林種・林相別成長量（幹材積の年間成長量）に基づいて推定された値を示す。二つの欄に分けていないものはIBP等によるものを示す。

コラム 国際生物学事業計画（IBP：International Biological Program）

地球上の植物による生物生産力の総量を求めるために、世界中の植物群落を対象にして生物生産力の研究を主題とした国際生物学事業計画が世界的な大規模プロジェクトとして1964年～1974年にかけて行われた。この間研究は著しい進歩を遂げ、生態学や林学の一大研究テーマとなり、現在では膨大な貴重なデータが蓄積されている。

そこでは、世界中の主要な生態系で一次生産量の測定が行われたが、マレーシアのパソーでは世界で初めて熱帯林での調査・観測がわが国の研究グループにより行われ、わが国はこの事業で主導的な役割を果たし、貢献は非常に大きいものであった。

小川（1992）は、埼玉県における緑地の適正配置の基礎資料を得るため、市町村ごとに植物の一次生産量の推定により、CO₂吸収量及びNO₂、SO₂吸収量を算出した。

その結果を表 I.2.4-6 に示す。県面積の 33.2% に過ぎない森林が、全緑地が吸収する CO₂ 量の 60%、NO₂ 量の 65%、SO₂ 量の 63% を吸収し、同じく県面積の 22.4% の農耕地は、CO₂ 量の 32%、NO₂ 量の 27%、SO₂ 量の 28% を吸収していた。

しかし、1965 年以降、県内の緑地面積は主として農耕地面積の減少によって 21% も減少しており、大気汚染物質の吸収量も年々減少してきている。

また、1985 年に埼玉県内で排出された NO_x、SO_x に対し、1990 年の全緑地の NO₂、SO₂ 吸収量は、それぞれ 7%、11% 程度であったと考えられた。

表 I.2.4-6 埼玉県内の緑地による大気汚染物質吸収量（小川、1992）

区 分	面積 (ha) (%)	純生産量 (t)	総生産量 (t)	大気汚染物質吸収量 (t)		
				CO ₂ (%)	NO ₂ (%)	SO ₂ (%)
田 圃	49,461 (13.0)	571,538	940,220	931,606 (19.1)	586 (15.6)	301 (17.0)
畑 地	27,090 (7.1)	292,354	485,631	476,538 (9.8)	308 (8.2)	150 (8.5)
樹 園 地	8,453 (2.2)	84,528	169,056	137,781 (2.8)	108 (2.9)	51 (2.9)
森 林	126,157 (33.2)	1,802,062	5,176,440	2,937,360 (60.1)	2,438 (64.9)	1,114 (62.7)
公 園	2,471 (0.7)	13,842	27,190	22,563 (0.5)	19 (0.5)	10 (0.6)
そ の 他	166,302 (43.8)	231,716	463,432	377,697 (7.7)	296 (7.9)	148 (8.3)
全 県	379,934 (100.0)	2,996,040	7,261,969	4,883,546 (100.0)	3,755 (100.0)	1,774 (100.0)

5. 植物の大気汚染に対する耐性

- (1) 気孔を通じて植物の体内に吸収された汚染ガスは、汚染ガスが少量の場合には葉に障害を与えないが、吸収量が多くなると、葉の構造や生理作用に様々な影響を及ぼす。汚染ガスの種類や濃度によっても異なるが、植物が体内に吸収した汚染ガスを解毒できる程度の吸収量であれば可視障害はない。しかし、高濃度の汚染ガスにさらされると、短時間で可視障害が発生する。
- (2) 最近では、環境対策により SO_2 や NO_2 の大気中の濃度はかなり改善され、可視障害の発現はほとんどないが、臨海工業地帯に隣接する都市域などでは O_x の環境基準の達成状況は依然として極めて低い水準となっており、その主成分である O_3 による大気汚染は未だ改善されていない。
- (3) 大気汚染に対する耐性の種間差については、一般に落葉樹よりも常緑樹のほうが耐性が強い。一方、大気汚染の浄化能については、常緑樹よりも落葉樹のほうが高い傾向がみられる。葉に可視障害が発現すると、葉は汚染ガスを吸収できなくなるため、緑地帯や街路樹の樹木を汚染物質の吸収・吸着に利用する場合には、汚染ガスの吸収能が高く、しかも障害を受けにくい耐性のある樹木を選定することが重要である。

解説

1 植物の大気汚染による障害

大政ら (1978、1979、2000) は、主要な大気汚染物質である SO_2 、 NO_2 、 O_3 の単一あるいは混合曝露下における植物の SO_2 、 NO_2 、 O_3 の収着機構を調べるために、制御された環境下でヒマワリを用いてガス曝露実験を行い、ガス収着速度、蒸散速度、葉温の経時変化を測定した。その結果、それぞれの単一ガスあるいは混合ガスの曝露によって気孔の閉鎖及び葉面に可視障害の現象がみられた。現象発現の程度は、ガス濃度が高いほど顕著であり、単一ガス曝露の場合、気孔閉鎖や可視障害発現への影響の程度を汚染ガスの種類で比較すると、影響の程度は $\text{O}_3 > \text{SO}_2 > \text{NO}_2$ の順であり、 O_3 の影響が最も強かった。また、混合ガスを曝露させた場合には、単一ガス曝露でこれらの現象が認められない低濃度域においても現象が認められたことから、いわゆる複合汚染効果が認められたとしている。

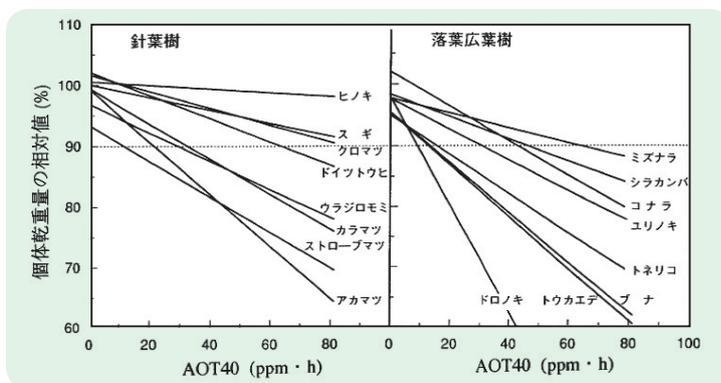
O_x の主成分である O_3 は、樹木に悪影響を与えるガス状大気汚染物質である。比較的高濃度の O_3 が樹木に曝露されると、葉面にある気孔から O_3 が吸収され、色素が分解されて生じるクロロシスや細胞が死に至るネクロシスなどの可視障害が葉面に生じる。 O_3 による可視障害の症状は樹種によって様々であり、可視障害発現の有無や程度を指標とした O_3 に対する感受性にも樹種間差異や系統間差異がみられる。

比較的低濃度の O_3 でも、数ヶ月から数年にわたって樹木に曝露し続けると、その成長が低下する。 O_3 は、植物器官のうちでも特に根の成長を阻害することが多いといわれている。樹木の成長における O_3 感受性にも樹種間差異や系統間差異が存在するが、 O_3 曝露実験の結果によると、一般に広葉樹の成長は針葉樹のそれに比べて O_3 感受性が高いといわれている。

わが国では樹木に対する O₃ の影響に関する研究は 1970 年頃から行われていたが、それらは主に街路樹を対象にしていた。わが国の森林の主要な構成種の成長に対する O₃ の影響に関する研究は、1990 年代から開始された。

伊豆田・松村（1997）は、樹木の乾物成長と O₃ の AOT40（40ppb を超えた O₃ の積算ドース。詳細は下記のコラム参照。）との関係を調べ、乾物成長における O₃ 感受性には樹種間差異があることを明らかにしている。伊豆田らは、16 樹種の苗木（針葉樹 8 種、落葉広葉樹 8 種）を様々な O₃ 濃度（浄化空気と外気濃度の 1.0 倍、1.5 倍、2.0 倍の 4 段階）の下で数年間にわたって育て、成長（個体乾重量の増加量）に対する O₃ の影響を調べた。その結果を、図 I.2.5-1 に示す。試験地で観測した O₃ 濃度から算出した 6 ヶ月換算の AOT40 は 10 ~ 24ppb・h であった。AOT40 が 20ppb・h の時を基準にして個体重量（乾重量）の減少率に基づいて比較すると、O₃ に対する感受性は、ドロノキ>トウカエデ>ブナ、ストロブマツ>トネリコ>アカマツ>ウラジロモミ>ユリノキ>カラマツ>シラカンバ、ミズナラ>コナラ>スギ>クロマツ>ヒノキの順に高かった。また、10% の個体重量の減少率で比較すると、O₃ の感受性が最も高かったドロノキでは約 8ppb・h であり、次いでアカマツ・ブナ・トウカエデ・トネリコでは 12 ~ 21ppb・h であった。

この実験を行った群馬県前橋市で観測した外気の O₃ 濃度から算出した 6 ヶ月あたりに換算した AOT40 は 10 ~ 24ppb・h であった。また、神奈川県丹沢山地においては、夏季に 0.12ppb 以上の O₃ 濃度が観測されており、1997 年 3 月から 6 月までの AOT40 は 30ppb・h であった（阿相、1999）。これらの観測結果や実験的研究の結果などを総合的に考慮すると、O₃ はブナなどの O₃ に対する感受性が比較的高い樹木に既に悪影響を及ぼしていることが示唆される。



横軸は 6 ヶ月あたりに換算した O₃ の AOT40 であり、縦軸は浄化空気区の個体乾重量を 100% とした時の O₃ 曝露区の個体乾重量の相対値である。

※ O₃ の AOT40 : AOT40 は O₃ の曝露量に基づく植生影響指数で、日中での 40ppb 以上の濃度の積算値として算定される。

図 I.2.5-1 16 樹種（針葉樹 8 種 + 落葉広葉樹 8 種）の乾物成長と O₃ の AOT40 との関係（伊豆田・松村、1997）

コラム O₃ のクリティカルレベルと AOT40

O₃ のクリティカルレベルは、それ以下ならば植物に重大な悪影響が発生しないドースである。ここで、O₃ ドースとは、O₃ 濃度とその存在時間の積（O₃ 濃度×存続時間）である。近年、植生保護のための O₃ のクリティカルレベルは 40ppb を超えた O₃ の積算ドースとして提案され、AOT40（Accumulated Exposure Over a Threshold of 40ppb）と呼ばれている。

O_3 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を阻害する。光合成活性が低下すると、葉内の CO_2 濃度が比較的高い状態になり、気孔が閉鎖する。気孔開度はガス状汚染物質の葉内への侵入を決定する主要な要因であるが、 O_3 は気孔開度を通じて葉の生理機能に影響を及ぼしている。

現在のところ、わが国の森林を構成している樹木の生理機能に関する O_3 の影響に関する研究は限られているが、伊豆田ら (1996) は、わが国の冷温帯の主要構成樹種の一つであるブナについて研究を行っている。伊豆田らは、ブナに 75ppb または 150ppb の O_3 を 18 週間にわたって曝露した結果、気孔開度の気孔コンダクタンスに有意な影響は認められなかったが、純光合成速度は低下したことを報告している。この結果は、 O_3 曝露後の純光合成速度の低下が、気孔閉鎖によるものではないことを示唆している (図 I.2.5-2)。

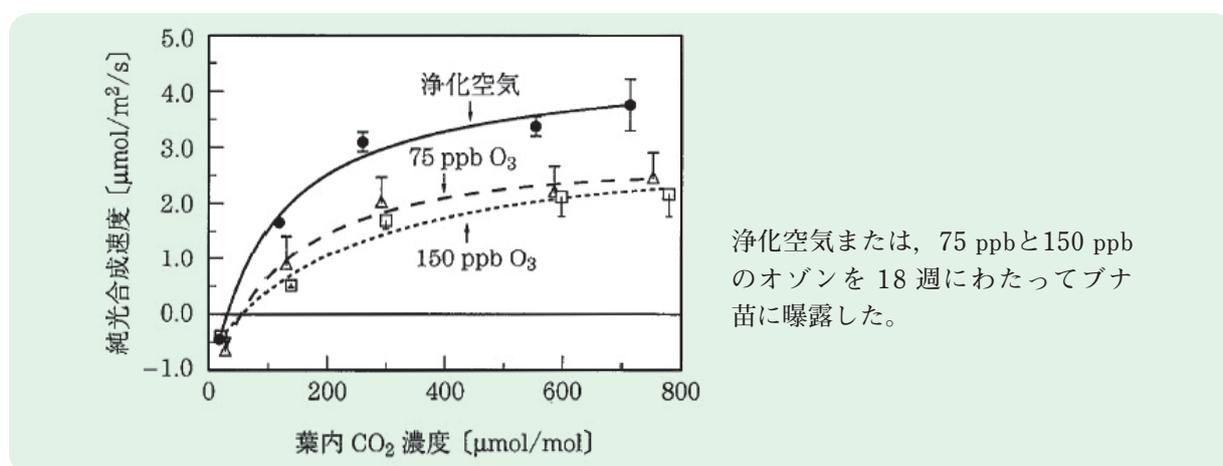


図 I.2.5-2 ブナ苗の葉内 CO_2 濃度 - 純光合成速度曲線に対する O_3 の影響 (伊豆田ら、1996)

松村ら (1996) は、スギ、ヒノキ及びケヤキの苗木を用いて、自然光型環境制御ガラス室内において、過去 2 年間に観測した野外 O_3 濃度の平均日パターンを基準 (1.0 とした) とした 0.4 倍、1.0 倍、2.0 倍、3.0 倍の 4 段階の濃度を 24 週間にわたって連続曝露し、乾物成長とガス交換速度に対する O_3 の影響を調べた。ケヤキでは、2.0 倍、3.0 倍 O_3 区でいずれも可視障害が発現し、個体乾重量は 0.4 倍区に比べて減少した。スギでは、3.0 倍区の個体乾重量が 0.4 倍区に比べて減少した。また、ケヤキ及びスギの純光合成速度は O_3 レベルに伴って減少した。これに対して、ヒノキでは、 O_3 曝露による成長や光合成への影響は認められなかった。これらの結果、一成長期における成長を指標とした O_3 感受性は、ケヤキ > スギ > ヒノキの順であることが明らかとなった。また、ケヤキとスギは、 O_3 による可視障害発現を伴わずに成長阻害が引き起こされること、スギとケヤキの O_3 による成長低下は、純光合成速度の低下による乾物生産効率の低下が原因であると考えられた。

また、 O_3 は、光合成による同化産物の各植物器官への分配パターンを変化させるとともに、根の炭水化物量を減少させ、根系の活性を減退させる。そして乾燥や病原菌などのストレスに対する樹木の感受性を高めるともいわれている。

齊藤ら（2013）は、ブナの立ち枯れが問題になっている丹沢山地を対象に数値モデルを用いて O_3 の取り込み量（ POD_1 ）や O_3 の曝露量（AOT40）を推定した。丹沢山地で実測された O_3 濃度や温度、湿度から求めた POD_{1ob} （測定値からの推定値）と POD_{1model} （シミュレーションモデルからの推定値）を比較した結果、両者ともほぼ同程度になり、数値モデルの適用可能性があることが確認された。 POD_{1model} や AOT40 の水平分布から、丹沢山地全域において O_3 のクリティカルレベルを大きく超えていることが確認され、特に気孔の開口に好適な温度及び湿度条件により、標高が高いほど POD_1 が大きくなり、標高の高い場所に生育しているブナには大きなリスクになっていることが明らかにされた。丹沢山地は、 O_3 生成の前駆物質の排出量が多い首都圏を抱えており、その影響を受けていると考えられる（図 I.2.5-3）。

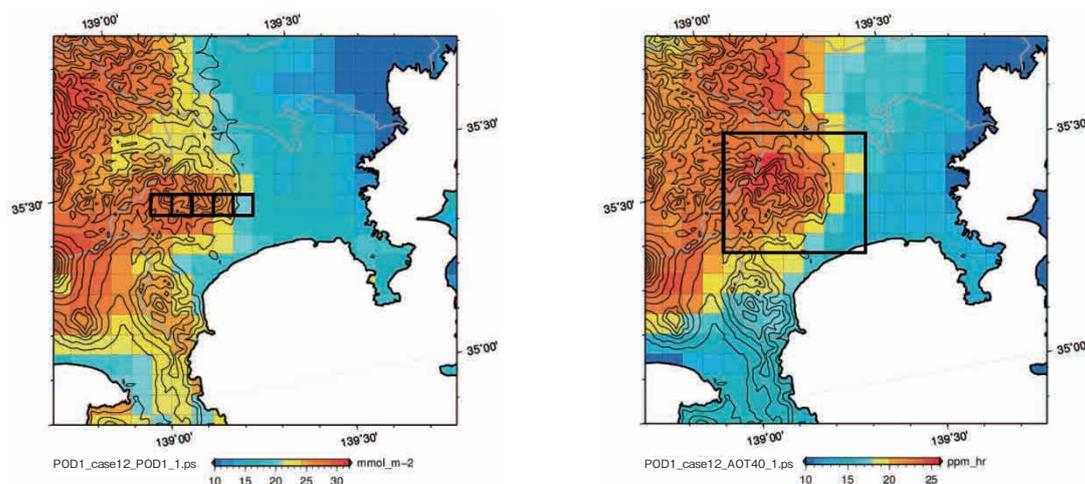


図 I.2.5-3 丹沢山地における数値モデルを用いた POD_1 と AOT40 の水平分布（斎藤ら、2013）

新潟県（2002）では、ヨーロッパで用いられている O_3 曝露量に基づく植生影響指数である AOT40 を用いて、県内の大気中 O_3 濃度レベルの評価を試みている（古俣ら、2002）。県内の大気汚染常時監視測定局の中から 10 局を対象に AOT40 の経年変化を検討した。その結果、AOT40 の経年変化から、測定局や測定年によっては AOT40 の値がヨーロッパでの森林に対するクリティカルレベルである $10\text{ppb}\cdot\text{h}$ の数分の 1 からその値を超える測定局もあるなど、大きな値の変動がみられた。1996～2000 年の 5 年間の AOT40 の平均値は、柏崎局及び大崎局の約 $14\text{ppb}\cdot\text{h}$ から新発田局及び六日町局の約 $8\text{ppb}\cdot\text{h}$ の範囲にあり、2 倍程度の差がみられた。国内において高い AOT40 の値が報告されている神奈川県国設丹沢測定所の $33.9\text{ppb}\cdot\text{h}$ （1996～2001 年の AOT40 の平均値）と比較すると、県内で最も高い値を示した柏崎や大崎でも国設丹沢測定所の半分以下であった。

現在のところ、自然植生を対象とした O_3 のクリティカルレベルに関する研究は限られている。自然植生では、様々な植物が生育し、土壤中の養分や日射など、生育に不可欠な様々な環境要因をめぐって植物間でし烈な競争が繰り返されている。そして、そこに O_3 の影響が加わると、感受性が高い植物は感受性の低い植物との競争に敗れ、衰退や枯死を余儀なくされ、その結果、植生の種構成が O_3 によって変化することが予測される（伊豆田、2006）。

2 植物の大気汚染に対する耐性の種間差異

久野ら（2000、2003）は、都市近郊林における樹木が大気汚染物質の O_x （主に O_3 ）により生じる生理的特性を解明するために、雑木林・屋敷林・公園樹木・街路樹のなかから 24 樹種を選んで、大気汚染物質を取り除いた浄化空気室（FAC 区）と野外の汚染された空気を直接取り込んだ非浄化空気室（n-FAC 区）で樹木を育成し、各樹木の個葉におけるガス交換速度を測定して比較した。また、これらの結果に基づいて、24 樹種の大気汚染に対する耐性や大気汚染物質の吸着能力を評価した。

その結果、清浄な空気の FAC 区において純光合成速度、蒸散速度、気孔コンダクタンスが高い値を示した落葉広葉樹は、n-FAC 区では大気汚染物質の影響を受け、特に純光合成速度が著しく低下した。対照的に多くの常緑広葉樹では FAC 区において純光合成速度、蒸散速度、気孔コンダクタンスが低い値を示し、n-FAC 区では大気汚染物質の影響があまりみられない傾向が示唆された。

これらの結果に基づき、 O_x による純光合成速度の低下率を基準にして大気汚染に対する耐性を評価すると、落葉樹のトウカエデ、イチョウ、常緑樹のサカキ、ヤマモモ、マテバシイは耐性の強い樹種とみなされた。一方、長期間大気汚染に曝されても蒸散速度や気孔コンダクタンスが他の樹種よりも高い値を示した落葉広葉樹のポプラ、ケヤキ、ハナミズキや、常緑広葉樹のサンゴジュ、シャリンバイは大気汚染物質を吸着する能力が比較的高い樹種であるとみなされた。

O_x による純光合成速度の低下率を基準に評価した大気汚染に対する耐性、長期間曝露による蒸散速度等の低下率を基準に評価した汚染ガスの吸収能力を表 I.2.5-1 に示す。落葉広葉樹、常緑広葉樹のグループで比較すると、大気汚染に対する耐性は落葉広葉樹よりも常緑広葉樹の方が強く、汚染ガスの吸収能力は常緑広葉樹よりも落葉広葉樹の方が優れている傾向が示唆される。

表 I.2.5-1 24 樹種の大気汚染に対する耐性（左）と大気浄化能力（右）（久野ら、2003）

耐性	弱	弱-中	中-強	強
落葉広葉樹	改良ポプラ	ハナミズキ エゴノキ コブシ コナラ クヌギ ガマズミ ケヤキ	ヤシャブシ ミズキ ムクノキ	トウカエデ イチョウ
常緑広葉樹		シロダモ コジイ	カクレミノ サンゴジュ サザンカ ヤブツバキ シャリンバイ シラカシ	マテバシイ ヤマモモ サカキ

吸収能力	高い	高-中	中-低	低い
落葉広葉樹	改良ポプラ	エゴノキ ムクノキ ケヤキ ハナミズキ ヤシャブシ ガマズミ ミズキ	コブシ コナラ トウカエデ クヌギ	イチョウ
常緑広葉樹		サンゴジュ シャリンバイ	カクレミノ コジイ サザンカ ヤブツバキ	マテバシイ シラカシ シロダモ ヤマモモ サカキ



第3章 単木のガス状汚染物質吸収能の評価法

1. 概 説

- (1) 大気浄化植樹の実施に際しては、対象とする場所の現況における緑地の大気浄化機能を定量的に評価するとともに、新たに大気浄化植樹を行うことにより期待しうる浄化効果をあらかじめ検討しておくことが望ましい。
- (2) 検討にあたっては、単木の汚染ガス吸収量を樹種毎、形状毎に推定し、その推定結果に基づき、それに植栽本数を乗じることによって見積もることができる。

解 説

大気浄化植樹にあたっては、一般局、自排局のデータなどを参考にして大気汚染状況を確認するとともに、主要な汚染物質排出源である工場や主要幹線道路の位置を把握するとともに、現在の緑地による大気浄化量や大気浄化植樹により期待される効果をあらかじめ検討しておくとい。

緑地による大気浄化機能を定量的に、しかも比較的簡便に調べる方法としては、図 I.3.1-1 に示すように現在のところ三つの方法が考えられる。

このうち都市全域での緑地による汚染物質の総吸収量の試算などにおいて最も实际的で簡便な方法は、既存資料である植生図などを用い、緑地を樹林地、草地、農耕地などに区分し、各植生区分について一次生産量などのデータを使って推定する方法である（第4章参照）。

しかしこの方法では樹林地、草地、農耕地などの面的広がりを有する緑地は算定できても、街路樹や公園樹木、住宅や工場などの庭木・生垣などは対象から漏れてしまう。これらのうち街路樹や公園樹木については、国土交通省や地方公共団体、高速道路株式会社（NEXCO）などにより整備が進められている。一方、住宅の庭木や生垣は、一戸当たり一敷地あたりの面積は小規模に過ぎないが、都市全体の総量で見ると相当の規模になるものと予想され、都市域にあって今後の緑地整備の上で無視できないものになっている。これらのうち街路樹や公園樹木、工場の緑化樹木については、維持管理の必要性から樹木台帳が整備されていることが多く、これらのデータが活用できる。一般住宅の庭木や生垣の場合はこのようなデータがないため、必要に応じて毎木調査や標本区調査を行って、樹木の種類・形状・本数などを調べ、単位土地面積あたりの葉量などが推定できれば、大気浄化量の算定ができる。

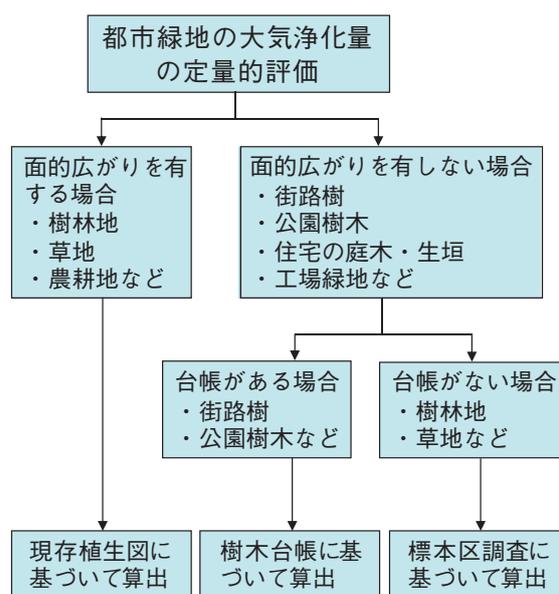


図 I.3.1-1 都市緑地による大気浄化量の定量的評価の方法

2. 単木の汚染ガス吸収能の評価法

2-1 評価法の全体フレームと手順

- (1) 都市域において、街路樹や住宅地の庭木や生垣のように面的には現れない緑については、これまで大気浄化能力に関する適切な評価法が提案されてこなかった。これらの緑は1戸あたり、1敷地あたり、1本あたりの量はごくわずかでも、都市全体の総量で見るとかなりの量になるものと見込まれる。
- (2) このため、ここでは単木（1本の樹木）が一年間あたりに吸収するであろう汚染ガスの吸収量について、ある程度の仮定のもとで概略的に推定する手法を提示する。具体的には、単木の一年間あたりのCO₂吸収量（総光合成量）を光合成速度の季節変動や着葉量、着葉期間などを考慮して概算し、そのCO₂吸収量に基づいて、あらかじめ求められているCO₂吸収量と汚染ガス吸収量との比から汚染ガス吸収量を間接的に求める方法である。

解説

1 基本的原理

植物は、葉面にある気孔を通じて光合成を行っているが、CO₂の吸収と同時に汚染ガスも吸収している。汚染ガスの濃度が葉に可視障害や生理活性に影響を及ぼさないような低濃度の範囲に限ってみれば、光合成によるCO₂吸収量と汚染ガスの吸収量との比をあらかじめ求めておけば、緑地を構成する植物群落のCO₂吸収量のデータをもとに、緑地の汚染ガス吸収量を推定できる。

図 I.3.2-1 は、アルファルファ群落で測定された各種汚染ガスの吸収量の結果である (Hill, 1971)。いずれの汚染ガスも基本的にはガス濃度が高まるにつれて汚染ガスの収着速度も大きくなり、各汚染ガス固有の一定の傾きを示している。直線の傾きから汚染ガスの沈着速度がわかり、SO₂では2.8、COでは0、NOでは0.10、CO₂では0.33、O_xの一種であるPANでは0.63、O₃では1.67、NO₂では1.90となっている。化学反応性や分子拡散係数が大きい汚染ガスで吸収量が多い傾向を示唆している。この値からCO₂吸収量と汚染ガスの吸収量との比を求めると、SO₂、NO₂では、それぞれ $K_{SO_2} / K_{CO_2} = 8$ 、 $K_{NO_2} / K_{CO_2} = 6$ とほぼ一定になる。

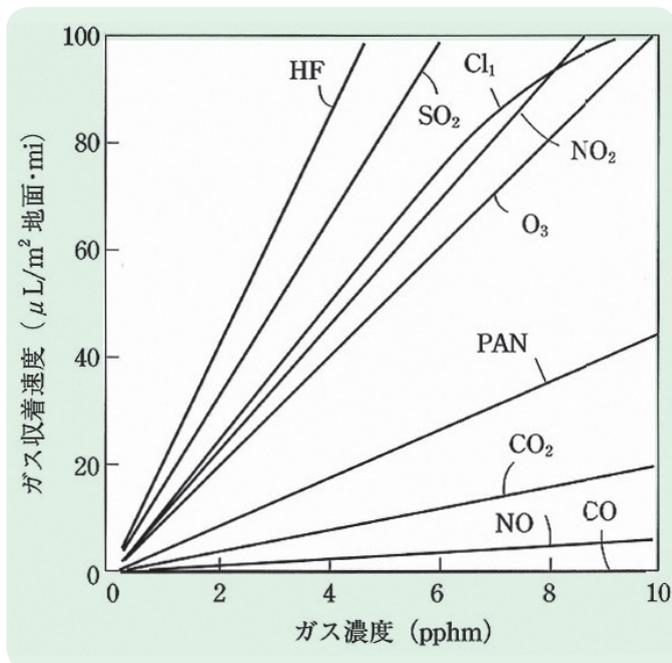


図 I.3.2-1 アルファルファ群落における各種汚染ガスの収着速度 (Hill, 1971)

2 評価法の手順（フロー）

単木の汚染ガス吸収量を求める手順を図 I.3.2-2 に示す。この推定モデルは、国立公害研究所（現独立行政法人国立環境研究所）（1987）の研究成果を単木に適用したものである。単木が一年間あたりに光合成により吸収する CO₂ 量を光合成の測定により推定し、その CO₂ 量を指標にして各種汚染ガスの吸収量を推定する方法であり、1987 年～1988 年に当時の環境庁大気保全局（現環境省水・大気環境局）に設けられた「大気環境に関する緑地機能検討会」（座長：沼田真千葉大学名誉教授、分科会会長：戸塚績東京農工大学教授、事務局：環境庁大気規制課・(株)プレック研究所）で検討されたものである。

検討の手順は以下のとおりである。

①ステップ1：単位葉面積当たりの年間 CO₂ 吸収量の推定

単葉における光合成・呼吸速度を野外条件下で終日実測し、単位葉面積当たりの一日の総光合成量を求める。これを季節ごとに実施し、その季節変動を把握して、一年間に吸収する単位葉面積当たりの CO₂ 吸収量（総光合成量）を推定する。

②ステップ2：気候較差による光合成能の補正

一年間に吸収する単位葉面積当たりの CO₂ 吸収量（総光合成量）に気候較差による補正係数を乗じて光合成能を補正する。

③ステップ3：単木の総葉量と着葉期間の推定

樹木のパイプモデル理論を応用して単木の総葉量を推定する。また、春の展葉・秋の紅葉・落葉時期などを考慮して着葉期間を推定する。

④ステップ4：単木の年間総 CO₂ 吸収量の推定

①②③の推定結果をもとに、単木が一年間に吸収する CO₂ 吸収量を推定する。

⑤ステップ5：汚染ガス吸収量の算定

④で求めた年間汚染ガス吸収量、大気中の汚染ガス濃度、CO₂ 吸収量と汚染ガス吸収量の比をモデル式にあてはめ、単木が一年間に吸収する汚染ガス吸収量を算定する。

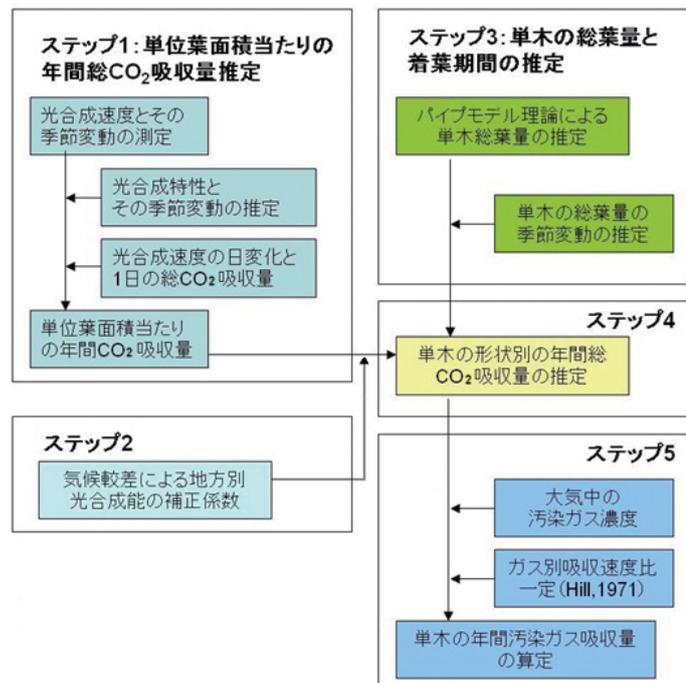


図 I.3.2-2 単木の大气浄化量（汚染ガス吸収量）の算定手順

2-2 光合成量 (CO₂ 吸収量) の推定 (ステップ 1)

- (1) 光合成速度は日変動、季節変動をするため、単位葉面積あたりの一年間の光合成量 (CO₂ 吸収量) を推定するためには、季節別に光合成の日変化を測定し、光合成の日変動、季節変動を考慮するのが望ましいが、概算程度であれば夏の晴れた日中に測定すればよい。
- (2) また、光合成は光条件の影響を強く受け、天気によって光合成速度が異なるため、天気別のデータがあれば望ましいが、ここでは晴天日、晴天日以外 (曇天・雨天など) に分け、それぞれの日あたりの光合成量 (CO₂ 吸収量) を算定することにする。
- (3) 上記の検討結果に基づき、対象となる樹木の葉の展開時期 (着葉期間) や季節別の天気日数などを考慮して単位葉面積あたり、一年間あたりの光合成量 (CO₂ 吸収量) を算定する。

解説

光合成量は、四季別に測定するのが望ましいが、概算程度であれば植物の生理活性が最も盛んな7月～8月のよく晴れた日中に陽光のよくあたっている成熟葉で測定する。測定装置には携帯式光合成・蒸散測定装置などを用いると便利であるが、やや高価である。得られる値は測定対象とした樹木の年間を通じての最大値を示している。ここで得られた数値は純光合成量であり、ほしいデータは総光合成量であることから、測定装置を暗くした状態で得られる呼吸量を加える必要がある。

春夏秋冬別に計測した落葉広葉樹高木、常緑広葉樹高木、中低木における単位葉面積あたりの季節毎に算出された一日の総 CO₂ 吸収量を表 I.3.2-1 に示す。

表 I.3.2-1 樹木の単位葉面積当たりの一日の総 CO₂ 吸収量 (季節別・天気別)

樹種	一日の総 CO ₂ 吸収量 (mgCO ₂ /dm ² ・d)			
	春	夏	秋	冬
落葉広葉樹高木				
ユリノキ	94/175	75/142	60/100	—
オオシマザクラ	87/172	81/193	67/140	—
エノキ	86/173	130/261	59/135	—
(平均)	(89/173)	(95/199)	(62/125)	—
常緑広葉樹高木				
クスノキ	38/60	115/181	80/140	27/65
アラカシ	53/72	108/121	54/102	56/105
トウネズミモチ	70/99	117/197	71/146	30/60
(平均)	(54/77)	(113/166)	(68/129)	(38/77)
中低木				
サンゴジュ	78/133	105/130	47/104	58/113
ヒイラギモクセイ	72/124	107/198	69/118	53/117
トベラ	77/120	113/195	67/142	35/66
シャリンバイ	105/169	97/179	81/160	38/93
(平均)	(83/137)	(106/176)	(66/131)	(46/97)

注) 表中の数値は、(曇天日の吸収量) / (晴天日の吸収量) を示す

また、表 I.3.2-1 の数値から年間の総 CO₂ 吸収量を算出した結果、樹種により大きな相違がないことから、これらの平均値を求めると 3.5kgCO₂/m²・y が得られ、概算程度であれば、樹種に限らずこの値を単位葉面積あたりの一年間の総 CO₂ 吸収量とみなしてよいと考えられる。

表 I.3.2-2 樹木の単位葉面積当たりの年間総 CO₂ 吸収量

樹種	年間総 CO ₂ 吸収量 (kgCO ₂ /m ² ・y)	平均値 (kgCO ₂ /m ² ・y)
落葉広葉樹高木		3.5
ユリノキ	2.8	
オオシマザクラ	3.2	
エノキ	3.7	
常緑広葉樹高木		
クスノキ	3.2	
アラカシ	3.2	
トウネズミモチ	3.6	
中低木		
サンゴジュ	3.7	
ヒイラギモクセイ	4.1	
トベラ	3.7	
シャリンバイ	4.2	

2-3 気候較差による地方別光合成能の補正（ステップ2）

- (1) 光合成量は、地域による年平均気温や日射量などの気候較差を考慮する必要がある。
- (2) 2-2であげた「光合成量」は香川県高松市の瀬戸内地域での光合成測定結果に基づいているため、このデータを用いて全国的に展開していくためには、気候較差に基づく地方別光合成能較差を補正する必要があり、以下に示すような補正値を乗じる。

地方	北海道	東北	関東	東山	北陸	東海	近畿	中国	四国	九州	沖縄
補正係数	0.6	0.8	0.9	0.8	0.9	1.0	1.0	1.0	1.0	1.1	1.3

解説

わが国は、北緯 25°～45°付近まで南北に長く連なる弧状列島であり、このため、気温一つとっても地域較差はかなり大きい。例えば、年平均気温をみると、低地の場合、オホーツク海沿岸で約 5℃と最も低く、沖縄や小笠原では約 22℃、南鳥島では約 25℃に達し、南北で 20℃もの差がある。

このように温度差が大きいいため、植物の光合成能についても地域によってかなり異なることが予想され、気候較差による光合成能の地域較差を補正する必要がある。

図 I.3.2-3 は、わが国における純一次生産力の分布と温量指数（暖かさの指数）、潜在自然植生の分布を並べたものである（内嶋ら、1985）。北から南に移動するにつれて気候が温暖になるとともに、純一次生産力も大きくなることがわかる。

吉良（1976）は、日本の森林の純一次生産速度と暖かさの指数との間に、かなり大きいバラツキがあるものの、次のような近似式を認めている。

$$\Delta P_n = 0.0859 \times WI + 8.40$$

ここで、 ΔP_n ：純一次生産速度、WI：暖かさの指数

そこで、これらの知見に基づいて、地方別の平均純一次生産力、純一次生産速度を概算し、光合成量の計測を行った高松市の瀬戸内地域を基準として、地方別にその相対値を算出したのが上記枠内に示した表である。この相対値を補正係数とみなして、関東地方での単位葉面積当たりの年間総 CO₂ 吸収量を求めると、 $3.5 \times 0.9 = 3.2 \text{kgCO}_2/\text{m}^2 \cdot \text{y}$ となる。

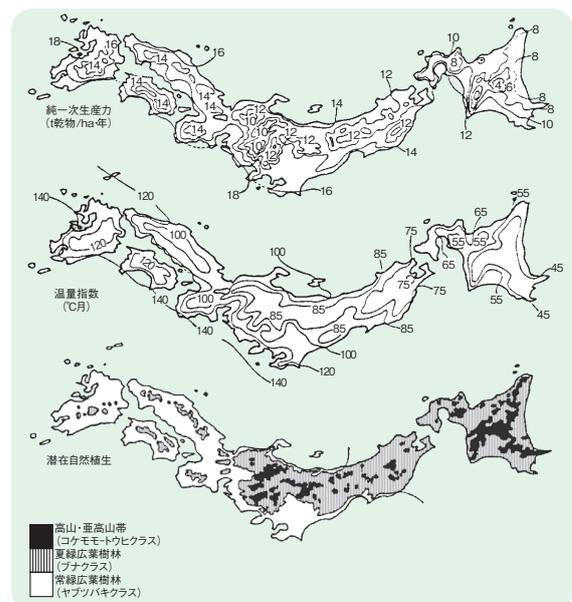


図 I.3.2-3 わが国における純一次生産力、暖かさの指数、潜在自然植生の分布（内嶋ら、1985）

2-4 単木の総葉量の推定 (ステップ3)

- (1) 単木の総葉量の推定にあたっては、森林生態学のパイプモデル理論 (Shinozaki et al., 1964、吉良 1965) を応用して胸高直径 (中低木の場合は根元直径) から総葉量を算定するモデル式を作成する。
- (2) 単木の総葉量は、厳密には開葉時期・落葉時期などによる着葉期間や葉の成長などにより季節的にも異なるが、ここでは生物季節に基づき、冬季の落葉期間以外の期間を着葉期間とみなして、着葉期間を通じてほぼ葉量が一定であると仮定する。

解説

単木の総葉量 (総葉面積) の推定にあたっては、森林生態学のパイプモデル理論 (Shinozaki et al., 1964、吉良 1965) を応用して、胸高直径 (中低木の場合は根元直径) から推定するモデル式を作る。

パイプモデルによれば、樹木の葉量は、それを支えている非同化部 (幹や枝) の総断面積に比例する。各枝は基本的には相似形をしているので、太さの異なる何本かの枝をサンプルに用いて枝の元口の直径とそれより先に着生している全ての葉量を求め、これらのデータを用いて、横軸に枝の直径、縦軸にその枝の葉量 (葉面積) を両対数グラフにとると、直線の回帰式が得られる。そして、一本の木の全ての枝の元口の直径を計測し、この回帰式をあてはめてそれぞれの枝の葉量を推定し、それを積算すれば一本の木全体の葉量を推定することができる。

街路樹や公園樹木を対象に調べるには、非破壊的方法として、着葉数をカウントし、数枚の葉を用いて一枚あたりの平均葉面積を求めておけば、おおよその葉面積を推定することができる。また、各枝サンプルから全ての葉を採集して重量法により推定すれば、より高い精度で葉面積を推定できる。

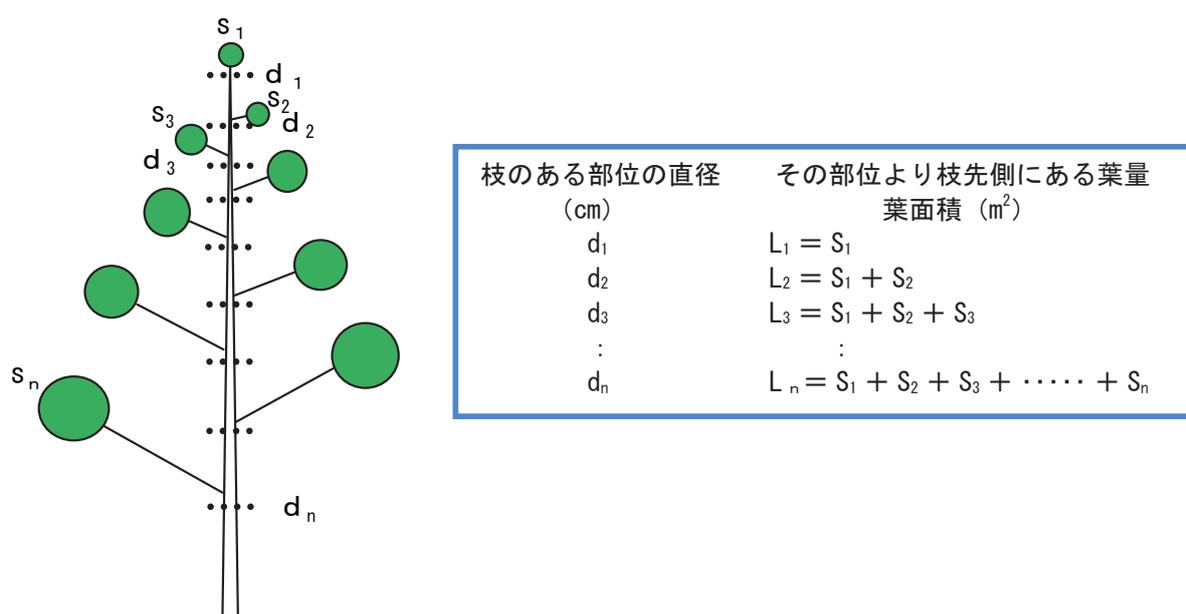


図 I.3.2-4 パイプモデルに基づく葉量の推定手法

約 30 種類の造園樹木について、胸高直径（DBH：単位は cm）あるいは中低木の場合は根元直径（D₀：単位は cm）と単木の総葉面積（S：単位は cm²）との関係を計測した結果、胸高直径あるいは根元直径と単木の総葉面積との間には両対数グラフ上できれいな直線関係が得られ、次の回帰式が得られている。

◆常緑広葉樹高木

$$\log S = 0.1643 + 1.6776 \times \log \text{DBH}$$

◆落葉広葉樹高木

$$\log S = -0.0502 + 1.6999 \times \log \text{DBH}$$

◆中低木

$$\log S = -0.8223 + 2.3067 \times \log D_0$$

この回帰式を用いて算出された胸高直径あるいは根元直径と総葉量との関係を表 I.3.2-3 に示す。

表 I.3.2-3 単木の形状別総葉量（総葉面積）の推定結果

DBH または D ₀ (cm)	落葉広葉樹高木と マツ類	常緑広葉樹高木と マツ以外の針葉樹	中低木
2	5	3	0.5
3	9	6	1.5
4	15	10	3
5	20	15	4
10	70	50	15
15	150	90	40
20	200	150	—
25	300	200	—
30	400	300	—
40	700	500	—
50	1000	700	—

注) 樹木の形状については、高木は胸高直径（DBH）、中低木は根元直径（D₀）を用いる。

2-5 単木の光合成量 (CO₂ 吸収量) の推定 (ステップ4)

- (1) 2-2の「光合成量(CO₂吸収量)の推定」、2-3の「気候較差による地方別光合成能の補正」、2-4の「単木の総葉量の推定」の推定結果をもとに、単木の一年間あたりの光合成量(CO₂吸収量)を推定する。
- (2) ここでは樹木の胸高直径(中低木の場合は根元直径)などの形状別に算出した。

解説

2-2の「光合成量(CO₂吸収量)の推定」、2-3の「気候較差による地方別光合成能の補正」、2-4の「単木の総葉量の推定」の結果をもとに単木の年間総CO₂吸収量(総光合成量)を求める。

ただし、樹木の葉は開葉から落葉に至る着葉期間が樹種によって様々であり、開葉のパターン一つとってもヤマハンノキのように比較的長い期間にわたって(早春~夏の終わりまで)一枚ずつほぼ順々に開葉していくタイプ(順次型)、ブナやミズナラのように短期間に(春先に)葉が一斉に開ききってしまうタイプ(一斉型)、カツラやシラカバのように新しく伸びた枝からまず一枚だけが一斉に展開し(第一葉)、しばらくしてから順々に開きながら枝を伸ばしていくタイプ(中間型)など、極めて変化に富んでいる。

しかし、このような知見はまだ少なく一部の樹種に限られているため、ここでは落葉樹では冬季以外の期間を着葉期間とみなし、着葉期間内では一年を通じて葉量がほぼ一定であると仮定して算定した。

単木が一年間に光合成によって吸収する総CO₂吸収量(総光合成量)を算定すると、おおよそ表I.3.2-4に示す概算表のようになる。

表 I.3.2-4 単木の年間総CO₂吸収量(総光合成量)の概算表(単位: kgCO₂/y)

DBH または D ₀ (cm)	樹高 H (m)	落葉広葉樹高木 ^{※1}	常緑広葉樹高木 ^{※2}	中低木
2	2	18	11	2
3	2	32	21	5
4	3	53	35	11
5	3	70	53	14
10	4~5	250	180	53
15	6~7	530	320	140
20	8~10	700	530	—
25	10~13	1100	700	—
30	12~16	1400	1100	—
40	16~21	2500	1800	—
50	20~25	3500	2500	—

注) 高木はDBH(胸高直径)、中低木はD₀(根元直径)を用いる。

※1: マツ類を含む、※2: マツ類以外の針葉樹を含む

2-6 単木の汚染ガス吸収能の評価 (ステップ5)

- (1) 2-5 で推定した「単木の光合成量 (CO₂ 吸収量)」の推定結果に基づき、大気中の汚染ガス濃度を設定して、汚染ガスの吸収量を概算し評価する。
- (2) 三宅 (1990)、戸塚・三宅 (1991) の汚染ガス吸収量のモデル式を適用し、大気中の CO₂ 濃度を現在の濃度 0.70 μg/cm³ (390ppm、25°C) に替えてモデル式の係数を修正すると、SO₂、NO₂、O₃ の吸収量は、それぞれ以下のモデル式で推定できる。

$$\text{SO}_2 \text{ の吸収量 } U_{\text{SO}_2} = 11.4 \times C_{\text{SO}_2} \times U_{\text{CO}_2}$$

$$\text{NO}_2 \text{ の吸収量 } U_{\text{NO}_2} = 8.53 \times C_{\text{NO}_2} \times U_{\text{CO}_2}$$

$$\text{O}_3 \text{ の吸収量 } U_{\text{O}_3} = 7.14 \times C_{\text{O}_3} \times U_{\text{CO}_2}$$

ここで、 U_{SO_2} : SO₂ の吸収速度

U_{NO_2} : NO₂ の吸収速度

U_{O_3} : O₃ の吸収速度

U_{CO_2} : CO₂ の吸収速度

C_{SO_2} : 大気中の SO₂ 濃度 (μg/cm³)

C_{NO_2} : 大気中の NO₂ 濃度 (μg/cm³)

C_{O_3} : 大気中の O₃ 濃度 (μg/cm³)

解説

植物は、葉面にある気孔を通じて光合成により CO₂ を葉内に取り込んでいるが、その時、同時に空気中に含まれる汚染ガスも吸収する。汚染ガスの大気中の濃度が葉の可視障害を与えたり、光合成や蒸散などの基本的な生理作用に影響を与えたりしないような低濃度の範囲内であれば、CO₂ 吸収量と汚染ガス吸収量との比をあらかじめ求めておけば、CO₂ 吸収量から汚染ガス吸収量を推定することができる。

三宅 (1990)、戸塚・三宅 (1991) は、この考え方に基づいて植物の総光合成速度 (CO₂ 吸収速度) から植物群落による SO₂ や NO₂ などの汚染ガス吸収量を簡単に推定するモデル式を開発した。一般に汚染ガスの吸収速度と総光合成速度との関係は次式で表わされる。

$$\begin{aligned} U_{\text{gas}} &= K_{\text{gas}} \times C_{\text{gas}} \\ U_{\text{CO}_2} &= K_{\text{CO}_2} \times C_{\text{CO}_2} \end{aligned}$$

ここで、 U_{gas} : 汚染ガスの吸収速度、 U_{CO_2} : CO₂ の吸収速度 (総光合成速度)

K_{gas} : 汚染ガスの葉面拡散コンダクタンス、 K_{CO_2} : CO₂ の葉面拡散コンダクタンス

C_{gas} : 大気中の汚染ガス濃度 (μg/m³)、 C_{CO_2} : 大気中の CO₂ 濃度 (μg/m³)

したがって、汚染ガスの吸収速度 (U_{gas}) と CO₂ 吸収速度 (U_{CO_2}) との比は、

$$U_{\text{gas}} / U_{\text{CO}_2} = K_{\text{gas}} / K_{\text{CO}_2} \times C_{\text{gas}} / C_{\text{CO}_2}$$

となる。上式のうち $K_{\text{gas}} / K_{\text{CO}_2}$ 比は既存の測定データから推定され、SO₂、NO₂、O₃ ではそれぞれ $K_{\text{SO}_2} / K_{\text{CO}_2} = 8$ 、 $K_{\text{NO}_2} / K_{\text{CO}_2} = 6$ 、 $K_{\text{O}_3} / K_{\text{CO}_2} = 5$ となる。

また、植物体の乾物重の大部分を占める多糖類 ($C_6H_{10}O_5$ で代表される) と多糖類を合成する際に取り込まれる CO_2 の重量比は、光合成の式から、 $[6CO_2] / [C_6H_{10}O_5] = 264 / 162 = 1.63$ であるから、植物群落の総光合成量を P_g とすると、植物群落の総光合成速度 U_{CO_2} は、次式で表わされる。

$$U_{CO_2} = 1.63 \times P_g$$

また、大気中の CO_2 濃度を 390ppm と仮定して、単位を ppm から $\mu g/m^3$ に換算すると、

$$\begin{aligned} C_{CO_2} &= 390\text{ppm} \quad (25^\circ\text{C}) \\ &= (44 \times 39 \times 10^{-6}) / \{22.4 \times 10^{-3} \times (273 + 25) / 273\} \\ &= 0.70 \mu g/m^3 \end{aligned}$$

となる。

したがって、これらの値を上式の吸収速度比に代入して変形すると、 SO_2 、 NO_2 の吸収速度は次のような簡単なモデル式で推定できることになる。

$$U_{SO_2} = 11.4 \times C_{SO_2} \times U_{CO_2}$$

$$U_{NO_2} = 8.53 \times C_{NO_2} \times U_{CO_2}$$

$$U_{O_3} = 7.14 \times C_{O_3} \times U_{CO_2}$$

上記のモデル式で示したように、単木が一年間に吸収する SO_2 、 NO_2 量は、光合成による年間総 CO_2 吸収量 (総光合成量) と大気中の汚染ガス濃度から簡単に求めることができる。

なお、このモデル式では、係数の性格上、汚染ガス濃度の単位は ppm ではなく $\mu g/m^3$ に換算する必要がある。

試算例

大気中の SO_2 濃度を 0.011ppm、 NO_2 濃度を 0.028ppm、 O_3 濃度を 0.04ppm と仮定したときの、樹木 1 本が一年間に吸収する SO_2 量、 NO_2 量を形状別に試算する。

大気中の SO_2 濃度、 NO_2 濃度、 O_3 濃度の単位を $\mu g/m^3$ に換算すると次のようになる。

$$\begin{aligned} C_{SO_2} &= 0.011\text{ppm} \quad (25^\circ\text{C}) \\ &= (64 \times 0.011 \times 10^{-6}) / \{22.4 \times 10^3 \times (273 + 25) / 273\} \\ &= 2.9 \times 10^{-5} \mu g/m^3 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} C_{NO_2} &= 0.028\text{ppm} \quad (25^\circ\text{C}) \\ &= (46 \times 0.028 \times 10^{-6}) / \{22.4 \times 10^3 \times (273 + 25) / 273\} \\ &= 5.3 \times 10^{-5} \mu g/m^3 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} C_{O_3} &= 0.04\text{ppm} \quad (25^\circ\text{C}) \\ &= (48 \times 0.040 \times 10^{-6}) / \{22.4 \times 10^3 \times (273 + 25) / 273\} \\ &= 7.9 \times 10^{-5} \mu g/m^3 \end{aligned}$$

したがって、モデル式に代入すると、モデル式は次式でそれぞれ表わせる。

$$U_{SO_2} = 11.4 \times C_{SO_2} \times U_{CO_2} = 11.4 \times 2.9 \times 10^{-5} \times U_{CO_2} = 3.3 \times 10^{-4} \times U_{CO_2}$$

$$U_{NO_2} = 8.53 \times C_{NO_2} \times U_{CO_2} = 8.53 \times 5.3 \times 10^{-5} \times U_{CO_2} = 4.5 \times 10^{-4} \times U_{CO_2}$$

$$U_{O_3} = 7.14 \times C_{O_3} \times U_{CO_2} = 7.14 \times 7.9 \times 10^{-5} \times U_{CO_2} = 5.6 \times 10^{-4} \times U_{CO_2}$$

この算定式に表 I.3.2-4 (p46) で示した単木の年間総 CO₂ 吸収量 (U_{CO2}) を代入すると、落葉広葉樹高木、常緑広葉樹高木の形状別の SO₂ 吸収量、NO₂ 吸収量は次のように推定される。

胸高直径 (cm)	落葉広葉樹高木		常緑広葉樹高木	
	SO ₂ (gSO ₂ /y)	NO ₂ (gNO ₂ /y)	SO ₂ (gSO ₂ /y)	NO ₂ (gNO ₂ /y)
10	83	110	59	81
20	230	320	170	240
30	460	630	360	500
40	830	1130	590	810
50	1160	1580	830	1130

3. 単木の汚染ガス吸収能の暫定的概算法

- (1) 単木の一年間あたりの汚染ガス吸収量は、2に示したように、対象とする樹木の単位葉面積あたりの光合成量（CO₂吸収量）や総葉量を測定したり推定したりすることによって一年間あたりの光合成量（CO₂吸収量）を推定することによって求めることができる。
- (2) 三宅（1990）、戸塚・三宅（1991）の汚染ガス吸収量のモデル式を適用し、大気中のCO₂濃度を現在の濃度 0.70 μg/cm³（390ppm、25℃）に替えてモデル式の係数を修正すると、SO₂、NO₂、O₃の吸収量は、それぞれ以下のモデル式で推定できる。

$$\text{SO}_2 \text{ の吸収量 } U_{\text{SO}_2} = 11.4 \times C_{\text{SO}_2} \times U_{\text{CO}_2}$$

$$\text{NO}_2 \text{ の吸収量 } U_{\text{NO}_2} = 8.53 \times C_{\text{NO}_2} \times U_{\text{CO}_2}$$

$$\text{O}_3 \text{ の吸収量 } U_{\text{O}_3} = 7.14 \times C_{\text{O}_3} \times U_{\text{CO}_2}$$

ここで、U_{SO₂}：SO₂の吸収速度

U_{NO₂}：NO₂の吸収速度

U_{O₃}：O₃の吸収速度

U_{CO₂}：CO₂の吸収速度

C_{SO₂}：大気中のSO₂濃度（μg/cm³）

C_{NO₂}：大気中のNO₂濃度（μg/cm³）

C_{O₃}：大気中のO₃濃度（μg/cm³）

- (3) しかし、個々の樹種において新たにこれらの測定や推定をするのは容易なことではない。このため、ここでは、既存のデータを用いて、クスノキなど10種類の樹木での検討結果に基づき、単位葉面積あたりの一年間あたりの光合成量（CO₂吸収量）を樹種に係わらず一律 3.5kgCO₂/m²・y みなすとともに、総葉面積を落葉広葉樹高木、常緑広葉樹高木、中低木の三つに樹種区分し、それぞれの樹種区分毎に形状別（高木では胸高直径、中低木では根元直径）の単木の光合成量（CO₂吸収量）を暫定的に算出した。

表 I.3.3-1 単木の一年間あたりの光合成量（CO₂吸収量）の概算表

直径 (cm)	落葉広葉樹高木	常緑広葉樹高木	中低木
2	18	11	2
3	32	21	5
4	53	35	11
5	70	53	14
10	250	180	—
15	530	320	—
20	700	530	—
25	1100	700	—
30	1400	1100	—
40	2500	1800	—
50	3500	2500	—

注) 直径は高木では胸高直径、中低木では根元直径を用いる。単位は kgCO₂/y。

解説

1 総光合成量（総 CO₂ 吸収量）について

表 I.3.2-2 (p41) に示した落葉広葉樹高木、常緑広葉樹高木、中低木の年間総 CO₂ 吸収量を比較すると、中低木の値が高木のそれと比較して若干高い傾向を示しているが、計算を簡略化する場合には、高木と中低木の値との平均値として 3.5kgCO₂/m²・y を適用してもよいと考えられる。

2 単木の葉量について

パイプモデルを用いて約 30 種類の造園樹種について単木の葉量（総葉面積）の推定を行った。その結果、胸高直径と総葉面積は両対数グラフに表わすと直線関係が得られたが、その回帰式は樹種によってかなり異なり、直線の傾きなどにそれぞれの樹種の特徴が表れていた。

このため、単木の総葉面積の推定にあたっては、各樹種ごとにこの回帰式を求めるのが理想的であるが、概算する程度であれば、これらの樹種を暫定的に落葉広葉樹高木、常緑広葉樹高木、中低木の三つのグループに分類し、それぞれのグループで胸高直径と総葉面積との関係式を求め、その回帰式を適用してもよいと考えられた。

なお、針葉樹については、葉面積の測定が困難であったことから関係式は得られなかったが、森林での葉面積指数などを参考に、現段階ではマツ類については落葉広葉樹高木の値を、またスギ、ヒノキなどのマツ類以外のその他の針葉樹については、常緑広葉樹高木の値を暫定的に適用することとした。

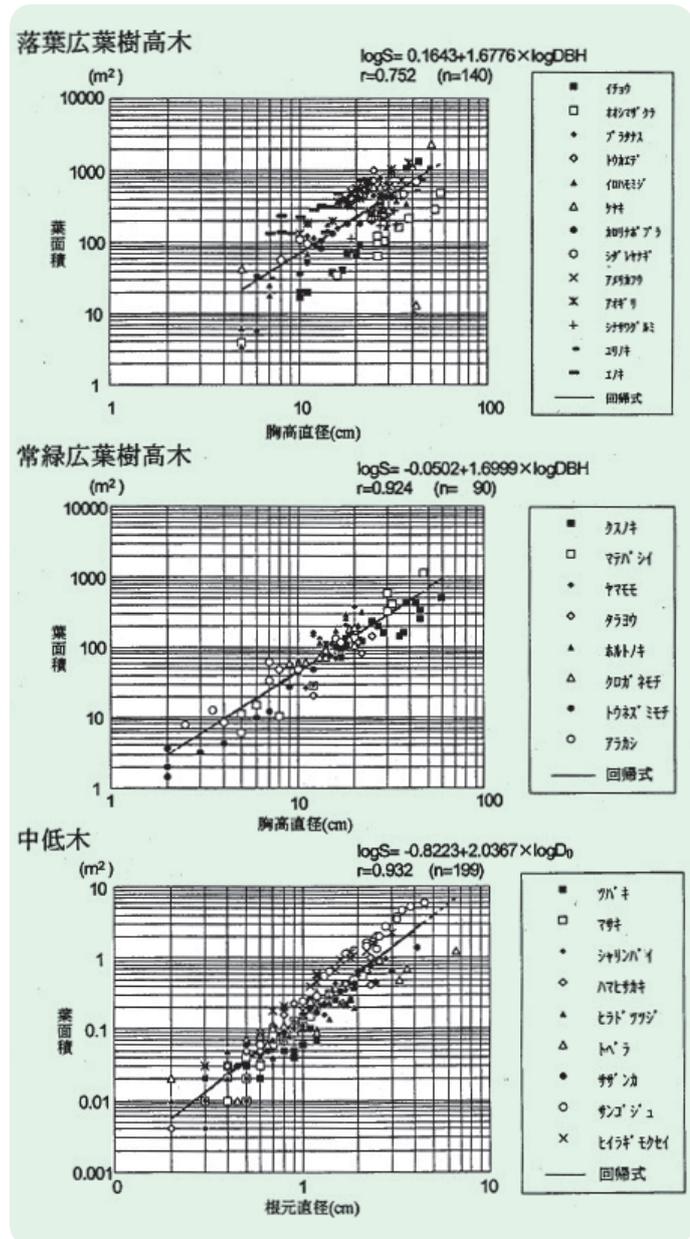


図 I.3.3-1 造園樹種の胸高直径・根元直径と単木の総葉面積との関係

4. 国土交通省国土技術政策総合研究所の都市樹木の CO₂ 固定量の算定モデル式による汚染ガス吸収能の算定

- (1) 近年、温室効果ガスの主要な構成要素である CO₂ 量を減らすための施策として都市緑化の推進が進められている。国土交通省国土技術政策総合研究所の緑化生態研究室では、その効果を定量的に明らかにするために、わが国の代表的な都市緑化樹木 6 種を対象にして、木質部の乾重量の増加量から CO₂ 固定量が算定できることに着目し、胸高直径から樹木 1 本あたりの CO₂ 固定量を求める算定式を作成している（松江ら、2009）。
- (2) 樹種により算定式の係数の値は異なるが、6 樹種を統合すると、樹木 1 本の一年間あたりの木質部の乾重量成長量の算定式は以下に示すとおりであり、胸高直径と木質部乾重量成長量の関係を用いて CO₂ 吸収量を算定することができる。

$$Y = 0.0604 \{ (X + 1.1)^{2.1673} - X^{2.1673} \}$$

ここで、Y：年間木質部乾重量成長量（kg）

X：胸高直径（cm）

- (3) 三宅（1990）、戸塚・三宅（1991）の汚染ガス吸収量のモデル式を適用し、大気中の CO₂ 濃度を現在の濃度 0.70 μg/cm³（390ppm、25°C）に替えてモデル式の係数を修正すると、SO₂、NO₂、O₃ の吸収量は、それぞれ以下のモデル式で推定できる。モデル式の中の P_G に上記の年間木質部乾重量成長量を代入すれば汚染ガスの吸収量を算出できる。

$$\text{SO}_2 \text{ の吸収量 } U_{\text{SO}_2} = 18.6 \times C_{\text{SO}_2} \times P_G$$

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

$$\text{O}_3 \text{ の吸収量 } U_{\text{O}_3} = 11.6 \times C_{\text{O}_3} \times P_G$$

ここで、U_{SO₂}：SO₂ の吸収量（kg/y）

U_{NO₂}：NO₂ の吸収量（kg/y）

U_{O₃}：O₃ の吸収量（kg/y）

C_{SO₂}：大気中の SO₂ 濃度（μg/cm³）

C_{NO₂}：大気中の NO₂ 濃度（μg/cm³）

C_{O₃}：大気中の O₃ 濃度（μg/cm³）

P_G：樹木による一年間あたりの総生産量（年間木質部乾重量成長量）

解 説

国土交通省国土技術政策総合研究所緑化生態研究室では、地球温暖化に伴う CO₂ 吸収源対策の一環としての都市緑化の推進のために、都市緑化樹木の CO₂ 固定量に係わる研究に長年継続して取り組んでいる。この調査では、調査対象木の伐倒による樹幹解析や根の掘り取りにより、木質化することで長期間樹体内に固定する木質部（幹・枝・根）の乾重を計測し、CO₂ 固定量の原単位となる年間木質部乾重成長量の予測式を作成している。

胸高直径と年間木質部乾重成長量の関係を図 I.3.4-1、表 I.3.4-1 に示す。また、樹齢と年間木質部乾重成長量の関係を図 I.3.4-2 に示す。回帰式は樹種によって異なるため厳密に言えば各

樹種でこの算定式を求める必要があるが、全樹種統合して算定式を求めると次式で表わされる。

$$Y = 0.0604 \times \{(X+1.1)^{2.6173} - X^{2.6173}\}$$

ここで、Y：年間木質部乾重成長量 (kg)

X：胸高直径 (cm)

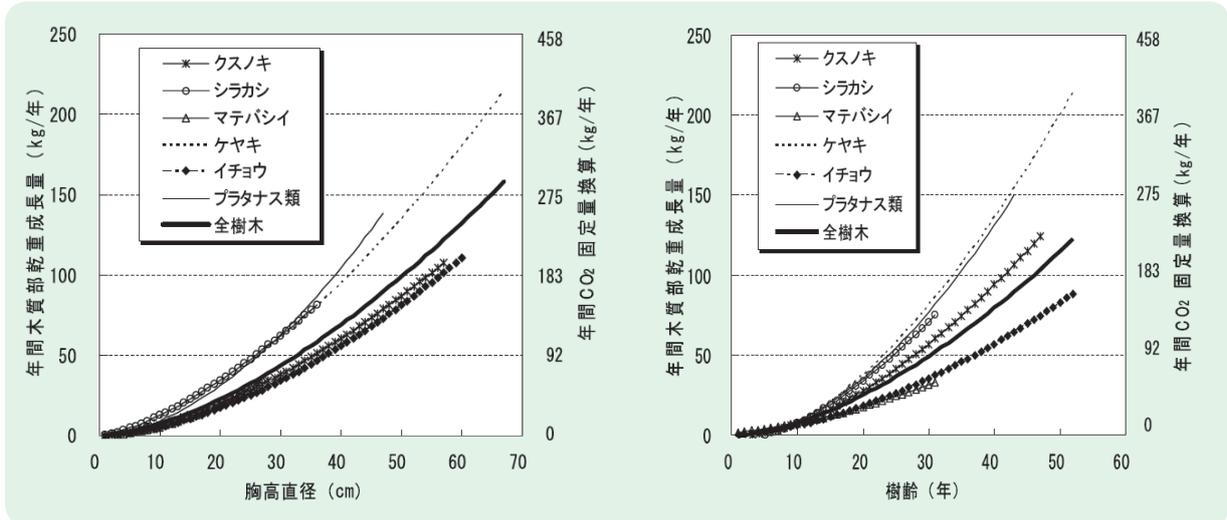


図 I.3.4-1 胸高直径と年間木質部乾重成長量の関係 (松江ら、2009)

図 I.3.4-2 樹齢と年間木質部乾重成長量の関係 (松江ら、2009)

表 I.3.4-1 胸高直径により年間木質部乾重成長量の算定式 (松江ら、2009)

対象樹種		年間木質部乾重成長量算定式
常緑広葉樹	クスノキ	$Y = 0.0377 \times \{(X+1.4)^{2.6400} - X^{2.6400}\}$
	シラカシ	$Y = 0.1190 \times \{(X+1.3)^{2.4875} - X^{2.4875}\}$
	マテバシイ	$Y = 0.0363 \times \{(X+0.7)^{2.8665} - X^{2.8665}\}$
落葉広葉樹	ケヤキ	$Y = 0.0694 \times \{(X+1.4)^{2.5998} - X^{2.5998}\}$
	イチョウ	$Y = 0.0364 \times \{(X+1.0)^{2.7122} - X^{2.7122}\}$
	プラタナス類	$Y = 0.0434 \times \{(X+1.2)^{2.7773} - X^{2.7773}\}$
全樹種統合		$Y = 0.0604 \times \{(X+1.1)^{2.6173} - X^{2.6173}\}$



第4章 緑地のガス状汚染物質吸収能の評価法

1. 概説

- (1) 大気浄化植樹の計画・実施にあたっては、現況の都市緑地の有する大気浄化機能をあらかじめ定量的に評価し、その評価結果に基づいて重点的に植栽する場所や配置、樹種や植栽量などを具体的に検討するとよい。
- (2) 緑地の有する大気浄化機能の評価法としては、三宅（1990）、戸塚・三宅（1991）による汚染ガス吸収モデル式を用いることとし、この算定には植物集団の総光合成量（総CO₂吸収量）のデータが不可欠となる。
- (3) 緑地の大気浄化機能を比較的簡便に評価する方法としては、
 - ① 現存植生図に基づく方法
（植生単位毎に面積を測定できる場合）
 - ② 樹木台帳に基づく方法
（公園樹木や街路樹など、樹種や形状・本数などのデータがある場合）
 - ③ 標本区調査に基づく方法
（データが全くない場合）の三つが挙げられる。このうち①は、各植生タイプについて植生をグループ化し、各植生グループについて総生産量を既存の知見から算定・設定し、これを用いて推定する手法であり、②と③は、第3章で述べた単木の汚染ガス吸収量を用い、これに形状別の樹木本数を乗じて推定する手法である。

解説

緑地のガス状汚染物質吸収能の評価にあたっては、三宅（1990）、戸塚・三宅（1991）による汚染ガス吸収モデル式を用いて推定することができるが、この算定には植物集団の総光合成量（総CO₂吸収量）が必要になる。

この総光合成量については、植物群落など、植物の集団としてある程度のまとまりがある場合には、表 I.4.2-1 (p56) に示した植生区分毎の純生産量を基本単位として使えるので、それに面積を乗じれば、地域全体の総CO₂吸収量が推定でき、汚染ガス吸収能とその地域的分布が把握できる。

一方、植物集団としての一定のまとまりがなく、面的に表わされないような緑地、すなわち街路樹や公園樹木、宅地の庭木や生垣などについては、上記のような純生産量のデータがないため、樹木一本一本について推定し、それを集計するしか方法がない。この場合も街路樹や公園樹木については、管理上の必要性などから基本的には樹木台帳が整備されており、これには樹種・形状・本数などが記載されているため、これらのデータが活用できる。しかし、宅地の庭木や生垣などについては、このようなデータがないため、毎木調査や標本区調査を行って、これらのデータの取得から始めなければならない。

宅地の庭木や生垣については、一戸当たりあるいは一敷地当たりの緑の量は一般にごく僅少に過ぎないが、都市全体の総量で見るとかなりの量になるものと見込まれる。土地価格の高騰などにより、都市公園など新たな緑地整備が困難な都市域にあっては、宅地などの民有地の緑化は今後無視できないものがあり、大気浄化の上でも見逃せない緑地である。

2. 植生図に基づく評価法

2-1 概要と手順

- (1) 既存の現存植生図や相観植生図を利用して、対象地域の植生区分を行い、その分布面積を測定するとともに、植生区分毎に既存の知見を集約して設定した単位面積あたりの年間総生産量を乗じ、それらを加算することによって年間の総光合成量（CO₂吸収量）を求め、モデル式を用いて汚染ガス吸収量を推定する方法である。
- (2) 主に都市域全体などのマクロ的な評価に適する方法である。

解説

現存植生図や相観植生図などの既存の植生図を活用した都市緑地の大気浄化機能を評価する手順を図 I.4.2-1 に示す。この推定で不可欠なのは、植生区分毎の総生産量（乾重 t/ha・y）であり、これには、IBP などの研究成果等による森林や草地におけるわが国の純生産量に関する豊富なデータが活用できる（2-2 参照）。

推定の手順の概要は次のとおりである。

- ◆**ステップ1**：植生図をもとに適宜植生タイプの区分を行い、対象地域内における分布状況を把握する。植生タイプの区分にあたっては、純生産量のデータに十分留意する。それぞれの植生タイプの面積を計測し、その構成比（面積割合）を算定する（2-2 参照）。
- ◆**ステップ2**：植生タイプ別の純生産量、分布面積、地域の大气汚染濃度などを用いて、モデル式のそれらのデータを入力し、植生タイプ別の汚染ガス吸収量を推定し、それらを集計して地域全体の緑地による大気浄化量を算定する（2-3 参照）。

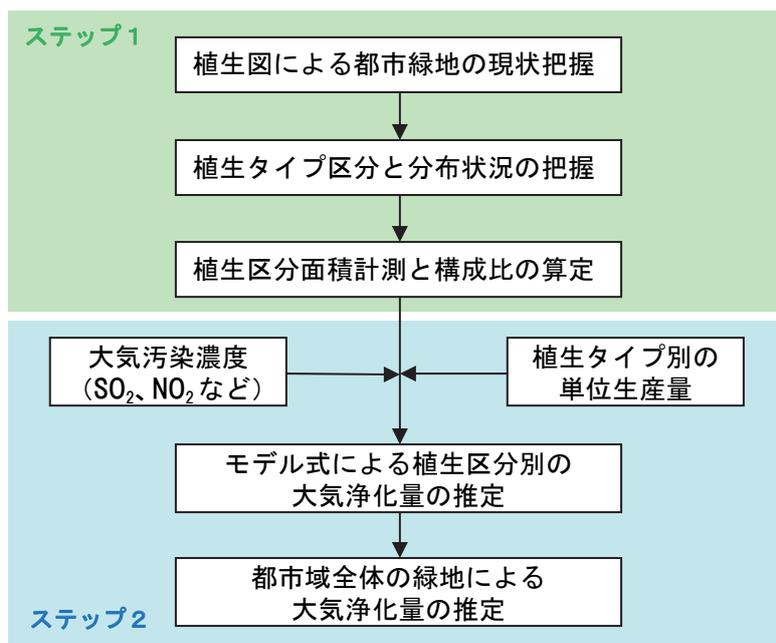


図 I.4.2-1 植生図に基づく都市緑地の大気浄化量の算定手順

2-2 植生区分と単位土地面積あたりの総生産量（ステップ1）

- (1) この評価法を用いて緑地の有する大気浄化能力を評価するためには、植生区分毎の総生産量のデータが不可欠である。
- (2) ここでは、植生区分と単位面積あたりの年間総生産量を既存の知見を集約し、以下のよう設定した。

表 I.4.2-1 植生区分別の純生産量、総生産量とその比（純生産量／総生産量）

植生区分	Pn (t/ha·y)	Pn/Pg	Pg (t/ha·y)
常緑広葉樹林	18	0.35	51
落葉広葉樹林	12	0.55	22
常緑針葉樹林	18	0.35	51
落葉針葉樹林	10	0.55	18
草地	12	0.55	22
農耕地	10	0.55	18
その他緑地	6	0.45	13

注) Pn：純生産量、Pg：総生産量

注) 竹林、牧草地などは草地に含める

注) 果樹園、苗圃、桑園などは農耕地に含める

注) 緑の多い住宅地、公園などはその他緑地に含める。

解 説

森林や草地の現存量や生産量については、p31のコラムで述べたようにIBPにおいて世界的な規模で調査研究が行われ、様々なデータが蓄積されている。

各種植物群落の純生産量については、吉良（1976）、只木ら（1978）、岩城（1981）などの総説があり、その例として、表 I.4.2-2、表 I.4.2-3 などがある。

各森林タイプ別の年間純生産量の平均値とその範囲をみると、最も生産力の高い常緑広葉樹林（照葉樹林）で平均生産力は18～20t/ha·y程度、最も低い落葉広葉樹林で8～15t/ha·y程度で、常緑樹林は落葉樹林よりも純生産量は全般に大きい。これは、落葉樹では着葉期間が短く、冬季には落葉してしまい、常緑樹のように生育期間を十分に利用できないためであると考えられる。呼吸消費量の推定が技術的にやや難しいため、総生産量のデータは純生産量に比べてずっと少ないが、森林の純生産量／総生産量の比は、落葉樹林（0.5～0.6）では常緑樹林（0.3～0.4）に比べてやや大きい傾向がある、これについても着葉期間の長短が関係していて、一般に群落呼吸量の半分以上を占める葉の呼吸量が、落葉樹林では生育期間が短いため、相対的に小さくなるためであろうといわれている。

森林以外では、草地については、ススキ群落、ササ群落、シバ草地などのデータに基づき、農耕地については、水田、畑地、果樹園などのデータを参考にした。その他の緑地については、信頼できるデータがほとんどなかったため、ここでは落葉広葉樹林と常緑広葉樹林の平均値に緑被率を考慮して設定した。

このような検討を踏まえて整理したのが上記枠内に示した純生産量、総生産量、純生産量／総生産量の比の表である。ここでは植生タイプを常緑広葉樹林、落葉広葉樹林、常緑針葉樹林、落葉針葉樹林、草地、農耕地、その他の緑地（都市公園、緑の多い住宅地など）の七つに区分した。

表 I.4.2-2 陸上植物群落の純生産量 (Pn)、総生産量 (Pg) と Pn/Pg 比 (吉良、1976)

植物群落	場所	林齢	LAI	Pn (t/ha·y)	Pg (t/ha·y)	Pn/Pg
熱帯多雨林	西マレーシア	成熟林	8.0	27.2	77.7	0.35
熱帯季節林	コートジボアール	同	3.2	13.4	52.5	0.26
照葉樹林	大隅半島	成熟林	8.8	20.6	73.0	0.28
コジイ二次林	熊本	14	8.9	22.7	51.7	0.44
スギ密植苗畑	熊本	5	8.6	29.1	84.1	0.35
ヒノキ人工林	滋賀県日野	40	6.9	17.1	29	0.58
アカマツ林	関東	15	—	15.8	53.9	0.29
ブナ二次林	新潟二王寺岳	30-70	5.7	15.3	27.5	0.56
ブナ人工林	新潟県	35-50	7.6-7.8	17.4-19.3	40.9-44.1	0.43-0.44
ヨーロッパブナ人工林	デンマーク	8	5.4	7.5	13.9	0.54
同	同	25	5.4	13.5	22.3	0.61
同	同	46	5.4	13.5	23.5	0.57
同	同	85	5.4	11.3	21.4	0.53
ナラ・マツ二次林	ニューヨーク州	—	3.8	13.5	26.4	0.45
シラベ・オオシラビン林	八ヶ岳縞枯山	15	—	7.4	19.9	0.37
同	同	成熟林	—	11.1	40	0.28
トドマツ若木林	北海道サロベツ	—	—	16.4 ± 5.1	36.4 ± 7.4	0.45 ± 0.09
トドマツ林	北海道北見	35-40	—	23.8	50.2	0.47
チシマザサ群落	北海道ニセコ	—	5.1	16.0	46.3	0.35
セイタカアワダチソウ群落	茨城県取手	—	4.8	17.8	39.0	0.45
ホンバトリカブト群落	八甲田山	—	—	15.5	28.5	0.54
クワイモ人工群落	東京	—	5	14	28	0.5
Andropogon 群落	サウスカロライナ州	—	—	4.2	7.9	0.53
シロツメクサ群落	—	—	—	—	—	0.57-0.62

注) 表中の記号は次のとおり。LAI：葉面積指数、Pn：純生産量、Pg：総生産量

表 I.4.2-3 わが国の森林タイプ別の純生産量 (只木・蜂屋、1978)

森林タイプ	純生産量 (t/ha/y)	資料数 (林分)
落葉広葉樹林	8.7 ± 3.0	64
落葉針葉樹林	10.1 ± 4.4	44
常緑針葉樹林 ^{*1}	13.5 ± 4.2	46
マツ林 ^{*2}	14.8 ± 4.1	52
スギ林	18.1 ± 5.6	92
常緑広葉樹林 ^{*3}	18.1 ± 4.9	21
全体	13.9 ± 5.9	319

注) ※1：マツ林、スギ林以外、※2：ハイマツ林を除く
※3：アカシア林を除く

2-3 緑地による汚染ガス吸収能の評価 (ステップ2)

- (1) 2-2で区分した植生区分毎の単位面積あたりの年間総生産量に基づき汚染ガスの吸収量を推定する。大気中の汚染ガス濃度は最寄りの大気汚染常時監視測定局のデータを用いるなど、適宜設定する。汚染ガス濃度の単位は、 $\mu\text{g}/\text{cm}^3$ である。
- (2) 大気中の CO_2 濃度を $0.70\ \mu\text{g}/\text{cm}^3$ (390ppm、 25°C)と仮定すると、 SO_2 、 NO_2 、 O_3 の吸収量はそれぞれ以下のような簡単なモデル式で推定できることになる。

$$U_{\text{SO}_2} = 18.6 \times C_{\text{SO}_2} \times P_g$$

$$U_{\text{NO}_2} = 13.9 \times C_{\text{NO}_2} \times P_g$$

$$U_{\text{O}_3} = 11.6 \times C_{\text{O}_3} \times P_g$$

ここで、 U_{SO_2} : SO_2 の吸収速度

U_{NO_2} : NO_2 の吸収速度

U_{O_3} : O_3 の吸収速度

C_{SO_2} : 大気中の SO_2 濃度 ($\mu\text{g}/\text{cm}^3$)

C_{NO_2} : 大気中の NO_2 濃度 ($\mu\text{g}/\text{cm}^3$)

C_{O_3} : 大気中の O_3 濃度 ($\mu\text{g}/\text{cm}^3$)

P_g : 各植生区分の総生産量 (乾重量 $\text{t}/\text{ha}\cdot\text{y}$)

解説

三宅 (1990)、戸塚・三宅 (1991) は、植物の総光合成速度 (CO_2 吸収速度) から汚染ガス吸収量を簡単に推定できるモデル式を開発した。

一般に汚染ガスの吸収速度と総光合成速度との関係は次式で表わされる。

$$\begin{aligned} U_{\text{gas}} &= K_{\text{gas}} \times C_{\text{gas}} \\ U_{\text{CO}_2} &= K_{\text{CO}_2} \times C_{\text{CO}_2} \end{aligned}$$

ここで、 U_{gas} : 汚染ガスの吸収速度、 U_{CO_2} : CO_2 の吸収速度 (総光合成速度)

K_{gas} : 汚染ガスの葉面拡散コンダクタンス、 K_{CO_2} : CO_2 の葉面拡散コンダクタンス

C_{gas} : 大気中の汚染ガス濃度 ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)、 C_{CO_2} : 大気中の CO_2 濃度 ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)

したがって、汚染ガスの吸収速度 (U_{gas}) と CO_2 吸収速度 (U_{CO_2}) との比は、

$$U_{\text{gas}} / U_{\text{CO}_2} = K_{\text{gas}} / K_{\text{CO}_2} \times C_{\text{gas}} / C_{\text{CO}_2}$$

となる。上式のうち $K_{\text{gas}} / K_{\text{CO}_2}$ 比は既存の測定データから推定され、 SO_2 、 NO_2 、 O_3 ではそれぞれ $K_{\text{SO}_2} / K_{\text{CO}_2} = 8$ 、 $K_{\text{NO}_2} / K_{\text{CO}_2} = 6$ 、 $K_{\text{O}_3} / K_{\text{CO}_2} = 5$ となる。

また、植物体の乾物重の大部分を占める多糖類 ($\text{C}_6\text{H}_{10}\text{O}_5$ で代表される) と多糖類を合成する際に取り込まれる CO_2 の重量比は、光合成の式から、 $[6\text{CO}_2] / [\text{C}_6\text{H}_{10}\text{O}_5] = 264 / 162 = 1.63$ であるから、植物群落の総生産量を P_g (乾重 $\text{t}/\text{ha}\cdot\text{y}$) とすると、植物群落の総光合成速度 U_{CO_2} は、次式で表わされる。

$$U_{\text{CO}_2} = 1.63 \times P_g$$

また、大気中の CO_2 濃度を390ppmと仮定して、単位をppmから $\mu\text{g}/\text{m}^3$ に換算すると、

$$\begin{aligned}
 C_{\text{CO}_2} &= 390\text{ppm} \quad (25^\circ\text{C}) \\
 &= (44 \times 39 \times 10^{-6}) / \{22.4 \times 10^{-3} \times (273 + 25) / 273\} \\
 &= 0.70 \mu\text{g}/\text{m}^3
 \end{aligned}$$

となる。

したがって、これらの値を上式の吸収速度比に代入して変形すると、SO₂、NO₂、O₃の吸収速度は次のような簡単なモデル式で推定できることになる。

$$\begin{aligned}
 U_{\text{SO}_2} &= 18.6 \times C_{\text{SO}_2} \times P_g \\
 U_{\text{NO}_2} &= 13.9 \times C_{\text{NO}_2} \times P_g \\
 U_{\text{O}_3} &= 11.6 \times C_{\text{O}_3} \times P_g
 \end{aligned}$$

上記のモデル式で示したように、緑地が一年間に吸収するSO₂、NO₂、O₃量は、光合成による年間総CO₂吸収量（総生産量）（P_g）と大気中の汚染ガス濃度から簡単に求めることができる。

なお、このモデル式では、係数の性格上、汚染ガス濃度の単位はppmではなくμg/m³に換算する必要がある。

試算例

横浜市緑政局（当時）が公表している「横浜市全域植生調査報告書」（横浜市緑政局、1984）の現存植生図を用いて、横浜市内の緑地によるSO₂、NO₂の吸収量を推定する（公害健康被害補償予防協会、1995参照）。

現存植生図に基づき、植生を常緑広葉樹林、落葉広葉樹林、常緑針葉樹林、草地、農耕地、その他の緑地の六つに区分し、植生タイプ別の面積を計測して、市内緑地による大気浄化量を試算した。大気中のCO₂濃度を350ppm、SO₂濃度とNO₂濃度を市内各区の1988年公表の年平均値を使用した結果、吸収量はCO₂で250,000t/y、SO₂で130t/y、NO₂で270t/yと推定された。

一方、1988年公表の統計資料から化石燃料の燃焼によって横浜市全域で排出された大気汚染物質量は、SO₂で5,000t/y、NO₂で26,000t/yと推定された。

したがって、排出量に対する緑地によるSO₂、NO₂吸収量の割合は、それぞれ約2.6%、1.0%に相当する。

上記の試算は、1995年当時に行ったものであるが、現在は公害対策の進展により大気汚染物質の排出量が1988年当時と比較して著しく減少しており、大気中のSO₂濃度やNO₂濃度も低下している。また、開発に伴う緑地の減少がある一方で、都市緑化事業も進展してきているため、最近では緑地による大気浄化効果は、1980年代と比較して増大しているとみられる。このような時間の経過に伴う大気環境と緑地による大気浄化効果の評価にもこのような試算が適用できると期待される。

3. 樹木台帳に基づく評価法

- (1) 本評価法は、2の「植生図に基づく評価法」よりももう少し限定された場所で、かつ樹木台帳などが整備されていて、植栽されている樹木の樹種、形状、本数などのデータがある場合に適用できる評価法である。
- (2) したがって、樹木台帳などがある公園緑地、街路樹、緩衝緑地などに主に適用できる。
- (3) 基本的には第3章の「単木のガス状汚染物質吸収能の評価法」に準じ、単木の汚染ガス吸収能に樹種別・形状別の樹木本数を乗じ積算することによって汚染ガス吸収量を推定する。

解説

2で述べた植生図に基づく評価法では対象から洩れてしまうような、より限定された場所で、しかも樹木台帳などが整備されていて、植栽されている樹木の種類、形状、本数などのデータベースがある場合に採用できる評価法で、公園緑地、街路樹や、維持管理のために樹木台帳などが整備されている工場緑地や団地内緑地などに適用できる。

試算例

大阪市内のM通りにはイチョウ並木がある。街路樹台帳をもとに形状（胸高直径）と本数を整理すると、表のとおりであった。このイチョウ並木による大気浄化量を試算する。

SO₂、NO₂の吸収量は、それぞれ以下のモデル式で推定できる。

$$\text{SO}_2 \text{ の吸収量 } U_{\text{SO}_2} = 11.4 \times C_{\text{SO}_2} \times U_{\text{CO}_2}$$

$$\text{NO}_2 \text{ の吸収量 } U_{\text{NO}_2} = 8.53 \times C_{\text{NO}_2} \times U_{\text{CO}_2}$$

ここで、U_{SO₂}：SO₂の吸収速度、U_{NO₂}：NO₂の吸収速度、U_{CO₂}：CO₂の吸収速度

C_{SO₂}：大気中のSO₂濃度（μg/cm³）、C_{NO₂}：大気中のNO₂濃度（μg/cm³）

大気中のSO₂濃度、NO₂濃度をそれぞれ0.010ppm、0.029ppmとし、単位を換算すると、

$$C_{\text{SO}_2} = 0.010\text{ppm} (25^\circ\text{C}) = 2.6 \times 10^{-5} \mu\text{g}/\text{cm}^3$$

$$C_{\text{NO}_2} = 0.029\text{ppm} (25^\circ\text{C}) = 5.5 \times 10^{-5} \mu\text{g}/\text{cm}^3$$

表I.3.3-1（p49）に基づき年間CO₂吸収量を算出すると、

$$\text{胸高直径 } 10\text{cm} : 0.25\text{t}/\text{y} \times 40 \text{ 本} = 10\text{t}/\text{y}$$

$$\text{胸高直径 } 20\text{cm} : 0.7\text{t}/\text{y} \times 200 \text{ 本} = 140\text{t}/\text{y}$$

$$\text{胸高直径 } 30\text{cm} : 1.4\text{t}/\text{y} \times 280 \text{ 本} = 392\text{t}/\text{y}$$

$$\text{胸高直径 } 40\text{cm} : 2.5\text{t}/\text{y} \times 240 \text{ 本} = 600\text{t}/\text{y}$$

$$\text{胸高直径 } 50\text{cm} : 3.5\text{t}/\text{y} \times 40 \text{ 本} = 140\text{t}/\text{y}$$

$$\text{合計} \quad \quad \quad : \quad \quad \quad 1,282\text{t}/\text{y}$$

胸高直径	本数（本）
10	40
20	200
30	280
40	240
50	40
合計	800

ゆえに、これらの街路樹による総光合成量（総CO₂吸収量：U_{CO₂}）は約1,280t/yである。

C_{SO₂}=2.6×10⁻⁵ μg/cm³、C_{NO₂}=5.5×10⁻⁵ μg/cm³、U_{CO₂}=1,280t/yをモデル式に代入すると、

$$U_{\text{SO}_2} = 11.4 \times 2.6 \times 10^{-5} \times 1,280 \times 10^3 = 380\text{kg}/\text{y}$$

$$U_{\text{NO}_2} = 8.53 \times 5.5 \times 10^{-5} \times 1,280 \times 10^3 = 600\text{kg}/\text{y}$$

したがって、M通りの街路樹のイチョウ並木のSO₂、NO₂の浄化量はそれぞれ380kg/y、600kg/y程度と試算される。

4. 標本区調査に基づく評価法

- (1) 本評価法は、2の「植生図に基づく評価法」や3の「樹木台帳に基づく評価法」では洩れてしまう住宅地の庭木や生垣、屋上緑化や壁面緑化などによる大気浄化効果を評価する場合などに用いる評価法であり、学校等の各施設、個人住宅など、ミクロな地域に適している。
- (2) 住宅地の庭木・生垣、屋上緑化や壁面緑化の緑は、1戸あたり、1施設あたりの緑量がわずかでも都市全体の総量で見るとかなりの量になり、土地的制約の大きい都市域で今後大気浄化植樹を推進していくためには最も大きなターゲットの一つとして期待される。

解説

宅地の庭木や生垣など植栽木のデータがない場合でも、新たに毎木調査を行ったり、標本区調査などにより、単位土地面積あたりの樹木の状況が把握できれば、それによる大気浄化効果を評価できる。

試算例

神奈川県川崎市のA氏宅には、150m²の庭に表に示すような庭木、生垣が植栽されている。大気中のSO₂濃度を0.011ppm、NO₂濃度を0.028ppmとして、これらの樹木によるSO₂、NO₂の吸収量を試算する。

SO₂、NO₂の吸収量は、それぞれ以下のモデル式で推定できる。

$$\text{SO}_2 \text{ の吸収量 } U_{\text{SO}_2} = 11.4 \times C_{\text{SO}_2} \times U_{\text{CO}_2}$$

$$\text{NO}_2 \text{ の吸収量 } U_{\text{NO}_2} = 8.53 \times C_{\text{NO}_2} \times U_{\text{CO}_2}$$

ここで、U_{SO₂}：SO₂の吸収速度、U_{NO₂}：NO₂の吸収速度、U_{CO₂}：CO₂の吸収速度

C_{SO₂}：大気中のSO₂濃度 (μg/cm³)、C_{NO₂}：大気中のNO₂濃度 (μg/cm³)

大気中のSO₂濃度、NO₂濃度をそれぞれ0.011ppm、0.028ppmとし、単位を換算すると、

$$C_{\text{SO}_2} = 0.011\text{ppm} (25^\circ\text{C}) = 2.9 \times 10^{-5} \mu\text{g}/\text{cm}^3$$

$$C_{\text{NO}_2} = 0.028\text{ppm} (25^\circ\text{C}) = 5.3 \times 10^{-5} \mu\text{g}/\text{cm}^3$$

表I.3.3-1 (p49)に基づき年間CO₂吸収量を算出すると、

ハクモクレン：250kg/y × 1本 = 250kg/y

ヒメシャラ：70kg/y × 1本 = 70kg/y

ウメ：70kg/y × 1本 = 70kg/y

キンモクセイ：180kg/y × 1本 = 180kg/y

モッコク：53kg/y × 1本 = 53kg/y

ヒイラギ：53kg/y × 1本 = 53kg/y

ツバキ：14kg/y × 1本 = 14kg/y

カクレミノ：11kg/y × 2本 = 22kg/y

イヌツゲ：11kg/y × 1本 = 11kg/y

サツキ：5kg/y × 30本 = 150kg/y

ジンチョウゲ：2kg/y × 10本 = 20kg/y

全体合計：893kg/y

区分	樹種	胸高直径cm	本数
落葉広葉樹 高木	ハクモクレン	10	1
	ヒメシャラ	5	1
	ウメ	5	1
常緑広葉樹 高木	キンモクセイ	10	1
	モッコク	5	1
中低木	ヒイラギ	10	1
	ツバキ	5	1
	カクレミノ	4	2
	イヌツゲ	4	1
	サツキ	3	30
	ジンチョウゲ	2	10

ゆえに、これらの樹木による総光合成量（総CO₂吸収量：U_{CO2}）は約890kg/yと推定される。気候による光合成能の気候較差を補正すると、川崎市は関東地方に位置することから補正係数を0.9とする（p43 枠内表参照）。

$C_{SO_2} = 2.9 \times 10^{-5} \mu\text{g/cm}^3$ 、 $C_{NO_2} = 5.3 \times 10^{-5} \mu\text{g/cm}^3$ 、 $U_{CO_2} = 890\text{kg/y}$ をモデル式に代入し、補正係数0.9を乗じると、SO₂、NO₂の吸収量はそれぞれ以下のように算定される。

$$U_{SO_2} = 11.4 \times 2.9 \times 10^{-5} \times 890 \times 10^3 \times 0.9 = 265\text{g/y}$$

$$U_{NO_2} = 8.53 \times 5.3 \times 10^{-5} \times 890 \times 10^3 \times 0.9 = 362\text{g/y}$$

したがって、A氏宅の庭に植栽されている庭木、生垣によるSO₂、NO₂の吸収量は、それぞれ約270g/y、360g/y程度と試算される。



第5章 大気環境保全に配慮した都市緑地整備のあり方

1. 大気環境保全に配慮した都市緑地の配置

- (1) 第4章の「緑地のガス状汚染物質吸収能の評価法」でその手法を述べたように、現況の緑地の有する大気浄化機能をあらかじめ評価しておき、大気環境情報などと照らして、市街地にありながら評価結果の低い地域に重点的に緑地を創出・整備するのが効果的である。
- (2) 大気環境保全に主眼をおいた植樹を効果的に行うためには、工場や幹線道路等の大気汚染物質の主要発生源の近傍、また、学校や病院、住宅地など、生活環境の保全が特に望まれる地域などで重点的に緑地を整備していくことが重要である。
- (3) また、緑地の配置にあたっては、地形や川の方向、海陸風などの風の流れ、風の道などの自然条件を十分考慮し、その活用を図ることが、ヒートアイランド対策ばかりでなく、大気環境保全の上でも重要である。

解説

1 市街地に重点的に植栽する

植物による汚染物質の吸収量は、大気中の汚染物質濃度が葉面に可視障害に生じたり、光合成や蒸散などの生理活性に支障を及ぼしたりすることのないようなごく低濃度の範囲内であれば、汚染物質の濃度に比例することが実験的に確かめられている。

このため、都市の中で大気浄化植樹を効果的・効率的に進めるためには、汚染物質の発生源である工場や幹線道路などで重点的に緑地整備を進めていくことが重要であると考えられる。

一方、都市は住民の日常生活の場であり、清浄な空気や静穏さ、また、やすらぎや潤いなどの快適な生活環境が求められており、そうした面からも住宅地や日中勤務する都心のビル街や商業・業務地域などにおいても緑地整備の推進が求められている。

「第4章 緑地のガス状汚染物質吸収量の評価法」を参考にして市町村レベルで地域内緑地による大気浄化量を試算してみればわかるように、一般に都市の郊外では住宅開発などが進んでいるとはいうものの、森林や農耕地がまだかなり残されており、これらの緑地による大気浄化量は、地域内で相対的にみればかなり大きい。これに対して、商業・業務地域が集中する都市部やその周辺に広がる住宅地では都市公園などの緑地を除けば、緑地は極端に少なくなり、しかも汚染物質の発生源にも近いため、大気浄化に果たす街路樹や公園樹木などの公共の緑や民有地の庭木、生垣の果たす役割は大きい。

表 I.5.1-1 に示すのは、北九州市（1991）による市内緑地及び街路樹による大気浄化効果の試算結果の一部である。街路樹による吸収量は街路樹台帳、緑地による吸収量は植生図に基づいて算定している。北九州市内の街路樹全体による NO₂ 吸収量は約 9.5t/y、緑地全体の吸収量は約 600t/y であり、街路樹／緑地の比は 0.016（1.6%）である。

街路樹／緑地の比を区別に比較してみると、郊外に位置し広大な森林を有する小倉南区や地理的条件から森林の占める割合が比較的大きい門司区や若松区では 1% 前後と低い。一方、商工業地域が大半を占める戸畑区や小倉北区では大きな値を示し、特に戸畑区では街路樹が市内緑地に

匹敵する浄化量を示している。したがって、大気浄化に果たす街路樹の役割は、森林や農耕地が広がり自然がまだまだ残っている小倉南区、門司区、若松区などではそれほど大きなものではないが、商工業地域や住宅地が広がり緑の少ない戸畑区、小倉北区などでは街路樹の重要性が極めて高いと考えられる。

表 I.5.1-1 北九州市内の緑地並びに街路樹による NO₂ 吸収量の試算結果（北九州市、1991）

区	面積 (km ²)	NO ₂ 吸収量 (t/y)		吸収量の比 街路樹／緑地
		街路樹	緑地	
門司区	70.5	1.2	99.2	0.012
小倉北区	39.7	1.7	31.2	0.054
小倉南区	168.7	1.2	264.5	0.005
戸畑区	18.4	0.9	1.2	0.75
八幡東区	36.7	1.3	52.0	0.025
八幡西区	84.6	2.4	88.5	0.027
若松区	61.7	0.8	65.5	0.012
北九州市全体	480.3	9.5	602.1	0.016

出典) 株式会社プレック研究所 (1991): 北九州市委託業務「幹線道路等における大気浄化植樹実態調査報告書」

この北九州市の試算例でわかるように、大気環境の保全を主眼とした大気浄化植樹を行う際には、市街地に重点的に実施するのが効果的であると考えられ、具体的には表 I.5.1-2 に示すように、大気汚染物質の発生源に近い場所、日常生活の場など保全対象となるような場所を中心に植栽していくことが重要であると考えられる。

表 I.5.1-2 大気浄化植樹の重点箇所

重点箇所
<ul style="list-style-type: none"> ・ 幹線道路周辺など、局地汚染の著しい場所 (道路緑化) ・ 工場及びその周辺地域 (工場緑化) ・ 学校、図書館などの文教地区、庁舎などの公共施設 ・ 住宅地のうち、戸建住宅の接道部や庭 (庭木や生垣) ・ 住宅地のうち、中高層住宅の外周部や住棟間 ・ 新たな都市再開発地域 (公開空地) ・ 駐車場 (駐車場緑化) ・ 都市建築空間 (屋上緑化、壁面緑化)

2 自然的条件に配慮して植栽する

都市の大気環境は、気候（主に風向きや風速など）や地形（盆地や河川など）などの自然的要因にも大きく影響を受けるため、地理的・地形的条件、卓越風向などを考慮してよりよい大気環境の保全が進むように、都市全体の緑の配置についても十分考慮する必要がある。

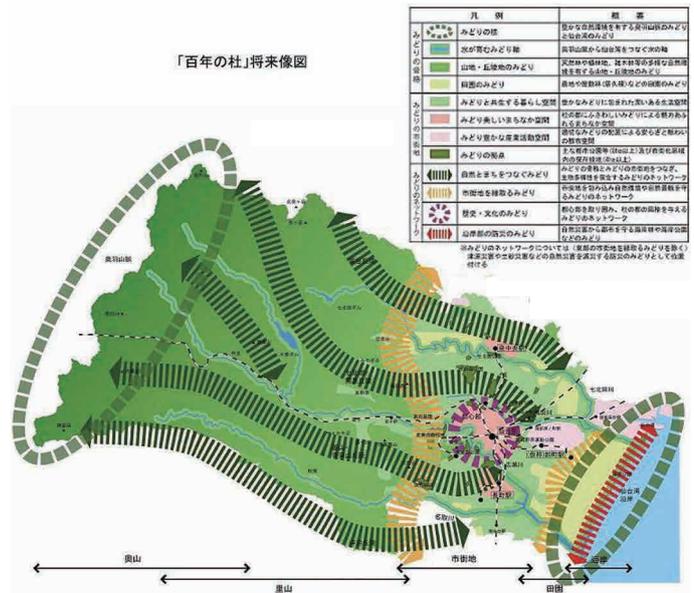
気候に配慮した都市計画や緑地整備は、風の道などを利用して市街地にうまく風を取り込むことなどによって、都市気候を緩和しヒートアイランド対策として近年注目されているが、ヒートアイランド対策だけでなく、緑地による大気汚染の低減の上でも効果的であると考えられる。

そのなかで近年注目されているものにクリマアトラスを活用した都市計画、都市緑地整備がある。クリマアトラス (Klimaatlas) とは、ドイツ語の Klima (気候) と Atlas (地図集) を合成した用語で地域固有の気候特性を大気汚染対策や都市環境計画に活用するための気候解析図集で

あり、ドイツの多くの都市ではクリマアトラスが都市計画のために作成されている。ドイツの都市計画においては、Fプランと呼ばれる土地利用計画とBプランと呼ばれる地区詳細計画があり、クリマアトラスは地区詳細計画を作成する際の資料として用いられる。ドイツの都市計画においては、大気汚染対策や新鮮な空気の都市への導入が強く意識されているが、対象地域の地形、土地被覆などの特性などにより夏季の夜間気温上昇の抑制などの熱環境の改善を図ることなども目標の一つとなっている。クリマアトラスは、一般的には、①気候要素の基礎的な分布図（熱や風環境、大気質、日照など）、②気候分析図（熱環境や大気汚染の評価のための気候解析図）、③対策や提言のための地図・図面から構成されており、その作成方法については、ドイツ工業協会（VDI）によって標準化され、ガイドラインが発行されている。シュツットガルト市では、周囲を丘陵に囲まれ、風が弱く温度の逆転層が生じやすいため、都市化の進展とともに大気汚染が深刻化していたが、クリマアトラスを大気汚染対策に活用し、当初案では小さな緑地帯であったが冷気の効果的な流れを確保するために幅 50～60mの緑地帯に計画が拡張された。このようにドイツの諸都市で作成されているクリマアトラスは、内陸部で年間を通じて風が弱く、都市内の空気が淀みやすいといったドイツの都市環境特性を反映して大気汚染の防止に主眼をおいているものが多い（環境省、2013）。なお、クリマアトラスについては、「都市環境のクリマアトラスー気候情報を活かした都市づくりー」（日本建築学会編著、ぎょうせい、2000）が発行されており、参考にされたい。

わが国においても、「仙台市みどりの基本計画」では「百年の杜づくり」として緑地の将来像が計画されており、市内の地区レベルでクリマアトラスの気候分析図を活用した街づくりの検討が進められている。

図 I.5.1-1
仙台市「百年の杜」将来像図
(仙台市、2012)



コラム 屋敷林

気候との関連では、防風林の中でも住環境の改善のために宅地周辺に植栽されたものを屋敷林と呼んでいる。屋敷林の呼称は地域により様々で、東北地方ではイグネ、庄内地方ではカザヨケ、西日本ではカイニヨ、出雲地方では築地松などと呼ばれている。屋敷林は、必ずしも防風だけが目的ではなく、洪水から家屋敷を守ったり火災の延焼を防ぐほか、家格を示したり美観の形成など様々な役割をもっている。屋敷林は、地域の卓越風などとの関係から、家屋に対して特有の方向を中心に仕立てられ、地域全体として顕著な方向性を示すことが多い。屋敷林は地域の自然環境だけでなく農業や集落の人文地理学的な事象も反映し、大気浄化植樹の緑地の配置の上でも参考になるに違いない。

出典) 青山高義ら (2009) : 「日本の気候景観」、古今書院 (p15)

2. 都市域における緑地の大気浄化能力の向上と緑地の拡大

2-1 都市域における緑地の大気浄化能力の向上

都市緑地の有する大気浄化機能を最大限に発揮させるためには、植樹による新たな緑地の創出・整備を図る以前に、既存緑地において適切な維持管理や補植を行うことによって、植栽されている個々の樹木がその樹種固有の本来の能力を十分に発揮できるように、樹木の健全な生育・成長を図り、既存緑地の大気浄化機能を維持・向上させることが重要である。

解説

1 既存緑地の保全－緑地の保全・緑化の制度、東京都の緑被率の推移

都市における緑地については、一方で国及び地方公共団体の関係諸機関の諸施策により保全・整備が図られているが、一方では、土地利用面においても都市化の状況が現れており、都市の緑量の指標である緑被率も年々減少する傾向にある。

東京都におけるブロック別の緑被率の変化を表 I.5.2-1、図 I.5.2-1 に示す。緑被率の低下は市街化の進む郊外において著しく、宅地開発の進展に伴って減少していることがわかる。区部では1972年～1987年にかけて25%から23%と約2%の減少に対して、郊外の多摩地区のうち宅地開発の著しかった北多摩北部では61%から46%と約15%も減少している。しかし、その後の経年変化をみると、平成になってからは減少は比較的軽微であり、郊外での宅地開発が一段落している。

これらの緑被率の変化から、緑地整備による大気環境の改善を図るためには、植栽を新たに進めていくだけでなく、既存の樹林地や樹木の保全や保存を図るための施策を一層進めることが重要であると考えられる。

表 I.5.2-1 東京都におけるブロック別緑被率の経年変化（単位：％）（東京都ホームページ）

ブロック	調査年度					経年変化			
	昭和47年	昭和58年	昭和62年	平成3年	平成7年	47→58	58→62	62→3	3→7
都心	17.3	14.4	14.2	14.2	14.0	-2.9	-0.2	0.0	-0.2
山の手	21.9	22.8	22.3	22.3	22.3	0.9	-0.5	0.0	0.0
下町	12.1	14.7	16.6	16.2	15.3	2.6	1.9	-0.4	-0.9
南部	18.5	20.8	21.6	21.5	21.4	2.3	0.8	-0.1	-0.1
西部	38.2	30.4	29.0	29.0	28.9	-7.8	-1.4	0.0	-0.1
北部	24.7	20.4	20.5	20.4	20.4	-4.3	0.1	-0.1	0.0
東部	22.0	20.6	21.7	21.6	21.5	-1.4	1.1	-0.1	-0.1
区部	25.0	22.5	22.6	22.5	22.3	-2.5	0.1	-0.1	-0.2
北多摩北部	60.5	45.8	43.0	42.9	42.4	-14.7	-2.8	-0.1	-0.5
北多摩南部	52.4	41.4	40.4	40.3	40.3	-11.0	-1.0	-0.1	0.0
北多摩西部	60.3	51.9	49.6	49.2	49.2	-8.4	-2.3	-0.4	0.0
南多摩	87.0	82.8	78.9	78.3	78.2	-4.2	-3.9	-0.6	-0.1
西多摩	96.6	96.2	95.0	94.8	94.8	-0.4	-1.2	-0.2	0.0
多摩部	85.1	81.1	79.0	78.7	78.7	-4.0	-2.1	-0.3	0.0
※東京都全域	64.5	61.1	59.8	59.6	59.5	-3.4	-1.3	-0.2	-0.1

(注) 1 ※島しょ部は除く。
2 緑被率：その地域全体のうち、実際の樹林・樹木・草などで覆われている土地の割合

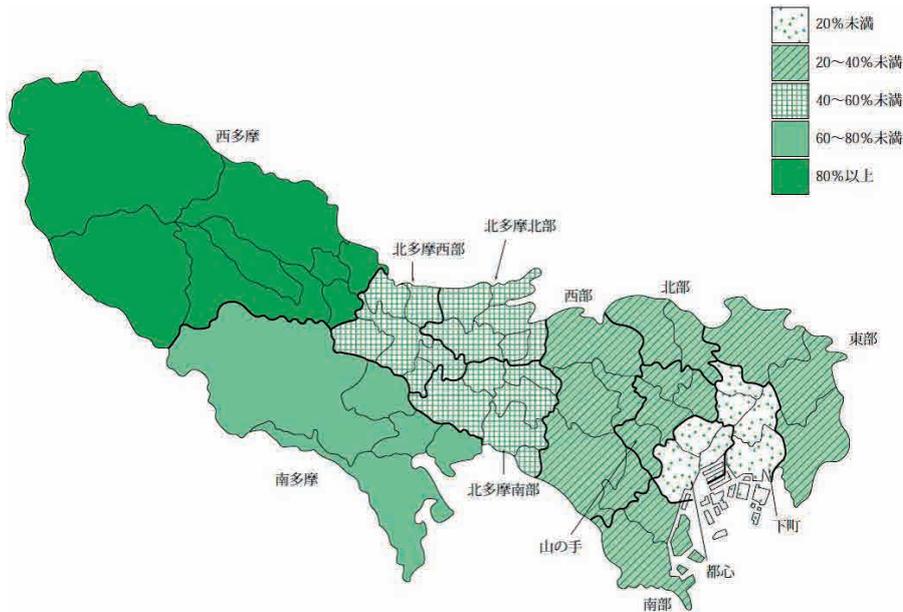


図 I.5.2-1 東京都における平成 7 年のブロック別緑被率（東京都ホームページ）

2 大気浄化能力の維持・向上

公園緑地などの都市緑地に生育する樹木や草花は、都市特有の厳しい環境条件にさらされている上、強度の剪定や刈込などの人為的な管理によっても生育や成長に制約を受けており、それが大気浄化量にも左右している。

このため、透水性舗装や浸透柵の設置などによる雨水の適正な地下浸透の促進、上空の電線や電話線などの架空線の撤去や地下の共同溝への集約化などによる樹木の生育空間の確保・拡大、肥培管理や適正な病虫害防除、適度な剪定・刈込による樹勢の回復や葉量の増加などにより樹木の活性化を図り、その樹種固有の本来の大気浄化能力を十分に発揮できるように努めることが重要である。

一方、郊外の緑地では、例えば森林については、外材の流入による長引く林業の不況、山村地域の高齢化・過疎化が適切な森林管理の実施の上でも大きな障害となっており、なかには荒廃し放置された森林も多い。また、農耕地についても、長引く減反政策と農業の後継者不足の問題が大きく、必ずしも適切な管理がなされているとはいえない状況にある。

このため、市街地を中心に大気浄化植樹を進めるほか、森林や農耕地などの既存の緑地の有する大気浄化能力を最大限に発揮させるために、森林や農耕地を環境材として捉え、適切に維持管理を進めることが望ましい。

2-2 都市域における緑被の拡大

- (1) 土地の制約の大きい都市市街地ではあるが、用途の特定できないような空間も多く、その相当部分は工夫次第で新たな植栽が可能である。
- (2) 都市域での地価の高騰を考慮すると、新たに公共用地として取得し整備することが今後ますます困難になることから、市民緑地や緑化協定等の既存の制度を活用しながら、地域制緑地を拡大・展開していくことが望まれる。
- (3) また、今後、新たに緑地を拡大し整備していくための一つの方法として、従来ほとんど利用されることのなかった屋上・壁面等の建築空間での緑化の推進が期待される。

解説

1 緑地の現状と植栽余地－都市公園等整備状況、緑地保全・緑化の制度、植栽可能空間

環境庁（現環境省）（1988～1989）は、都市における緑地の現状と新たな植栽可能空間を把握するために、大都市と地方の中小都市をモデル地区として、土地利用別の緑被面積などを調査した。その結果の一部を表 I.5.2-3、図 I.5.2-2 に示す。これは、都市の中で土地利用類型別（戸建住宅、集合住宅など）に調査区域を設定し、その区域内で空中写真の判読及び現地調査を行って、土地利用類型別に一敷地当たりの面積と、建蔽地面積、樹木緑被面積を計測した。そして、非建蔽地面積から樹木緑被面積を差し引いた面積を「新たな植栽可能面積」とした。この差し引いた面積の全てが必ずしも植栽できる空間とは限らないが、緑化の余地が十分にあると判断されたものである。

大都市と中小都市では、各土地利用・施設の有する敷地面積が元々異なっており、そのため非建蔽地面積、樹木緑被面積、植栽可能面積も異なるものの、土地利用類型別にみると、ある程度類似の傾向が認められる。

表 I.5.2-2 都市における土地利用類型別の緑被の現状と新たな植栽可能空間（環境庁、1989）

土地利用類型	大都市				地方中小都市			
	敷地面積 (m ²)	建蔽地 面積(m ²)	樹木緑被 面積(m ²)	植栽可能面 積(m ²)	敷地面積 (m ²)	建蔽地 面積(m ²)	樹木緑被面 積(m ²)	植栽可能面 積(m ²)
戸建住宅（小規模）	79	44	3	32	71	26	12	33
戸建住宅（中規模）	155	74	26	55	200	75	33	92
戸建住宅（大規模）	413	163	134	116	428	134	146	148
集合住宅	184	101	11	72	299	164	20	115
住商併用住宅	91	64	2	25	253	137	21	95
商店・業務ビル	142	102	0	40	314	192	16	106
学校・幼稚園	—	—	—	—	667	403	109	155
その他公共施設	743	346	54	343	1057	734	156	167

出典）株式会社ブレック研究所（1989）：昭和63年環境庁委託業務「大気浄化植樹手法確立のための基礎調査報告書」
※本調査において対象とした地域内に学校・幼稚園がなかったため、大都市における「学校・幼稚園」については該当するデータが得られなかった。

すなわち、住宅地でも規模の大きな戸建住宅は規模の小さなものよりも非建蔽地が多く、樹木緑被面積も多く、よく植栽されていることがわかる。一方、集合住宅（民間のアパート）、住商併用住宅、商店・業務ビル（いわゆる町工場を含む）などでは、樹木緑被面積が狭くほとんど植栽されていない。また、公共施設については、特に大都市では植栽可能空間が相対的に大きくなっている。都市域においては一般に新たに植栽する場所の余地がないと考えられがちであるが、実際には用途の不明な空間も多く、その相当部分は工夫次第で植栽が可能であると考えられる。

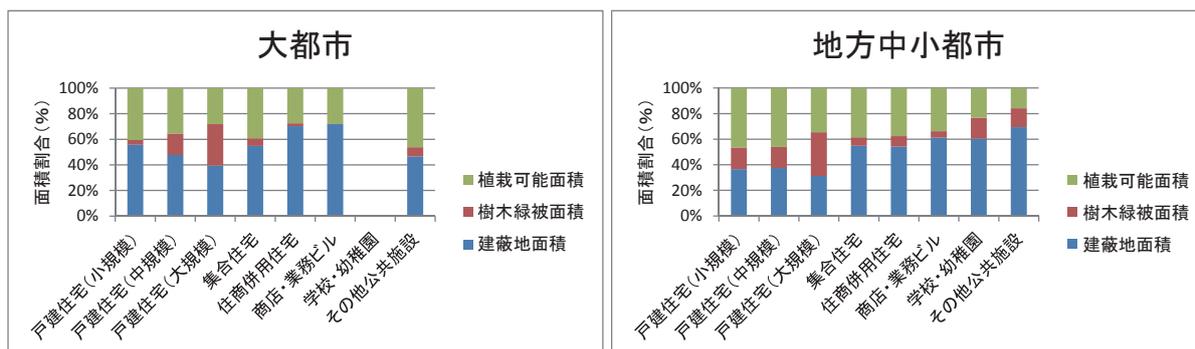


図 1.5.2-2 都市における土地利用類型別の敷地の緑被の現状と植栽可能空間（環境庁、1989）
出典）株式会社ブラック研究所（1989）：昭和 63 年環境庁委託業務「大気浄化植樹手法確立のための基礎調査報告書」

2 都市公園制度

一般に公園と呼ばれるものは、営造物公園（都市公園法に基づく都市公園に代表され、国または地方公共団体が土地の権限を取得し、目的に応じて公園の形態を創出し、一般に公開する営造物）と地域制公園（自然公園法に基づく自然公園に代表され、国または地方公共団体が土地の権限に関係なく、その区域を公園として指定し、土地利用や行為の制限等により自然環境を保全する）に大別される。都市公園法に基づく都市公園は表 1.5.2-3 に示すように様々な種類や規模のものがあり、国や地方公共団体により整備されている。

表 1.5.2-3 主な都市公園の種類（国土交通省資料）

種類	種別	内容
住区基幹公園	街区公園	主として街区内に居住する者の利用に供することを目的とする公園で、街区内に居住する者が容易に利用することができるように配置。
	近隣公園	主として近隣に居住する者の利用に供することを目的とする公園で近隣に居住する者が容易に利用することができるように配置。
	地区公園	主として徒歩圏内に居住する者の利用に供することを目的とする公園で徒歩圏内に居住する者が容易に利用することができるように配置。
都市基幹公園	総合公園	都市住民全般の休息、観賞、散歩、遊戯、運動等総合的な利用に供することを目的とする公園。
	運動公園	都市住民全般の主として運動の用に供することを目的とする公園。
大規模公園	広域公園	主として一の市町村の区域を超える広域のレクリエーション需要を充足することを目的とする公園。
国営公園		一の都府県の区域を超えるような広域的な利用に供することを目的として国が設置する大規模な公園にあっては、1箇所当たり面積おおむね 300ha 以上として配置。国家的な記念事業等として設置するものには、その設置目的にふさわしい内容を有するように配置。
特殊公園		風致公園、動植物公園、歴史公園、墓園等特殊な公園で、その目的に則し配置。
緩衝緑地		大気汚染、騒音、振動、悪臭等の公害防止、緩和若しくはコンビナート地帯等の災害の防止を図ることを目的とする緑地。
都市緑地		主として都市の自然的環境の保全並びに改善、都市の景観の向上を図るために設けられている緑地であり、1箇所当たり面積 0.1ha 以上を標準として配置。
緑道		災害時における避難路の確保、都市生活の安全性及び快適性の確保等を図ることを目的として、近隣住区又は近隣住区相互を連絡するように設けられる植樹帯及び歩行者路又は自転車路を主体とする緑地。

3 緑地保全・緑化の制度

都市の緑の保全と緑化の推進については、国が「緑の政策大綱」や「社会資本整備重点計画」に基づいて行う施策、地方公共団体が「広域緑地計画」や「緑の基本計画」に基づいて行う施策があり、また住民や NGO/NPO などが行う緑化活動などがある。

この中で都市緑地法は、都市における緑地の保全及び緑化の推進に関し必要な事項を定めることにより、都市公園法その他の都市における自然的環境の整備を目的とする法律と相まって、良好な都市環境の形成を図り、健康で文化的な都市生活の確保に寄与することを目的としている。その施策の体系を図 I.5.2-3 に示す。

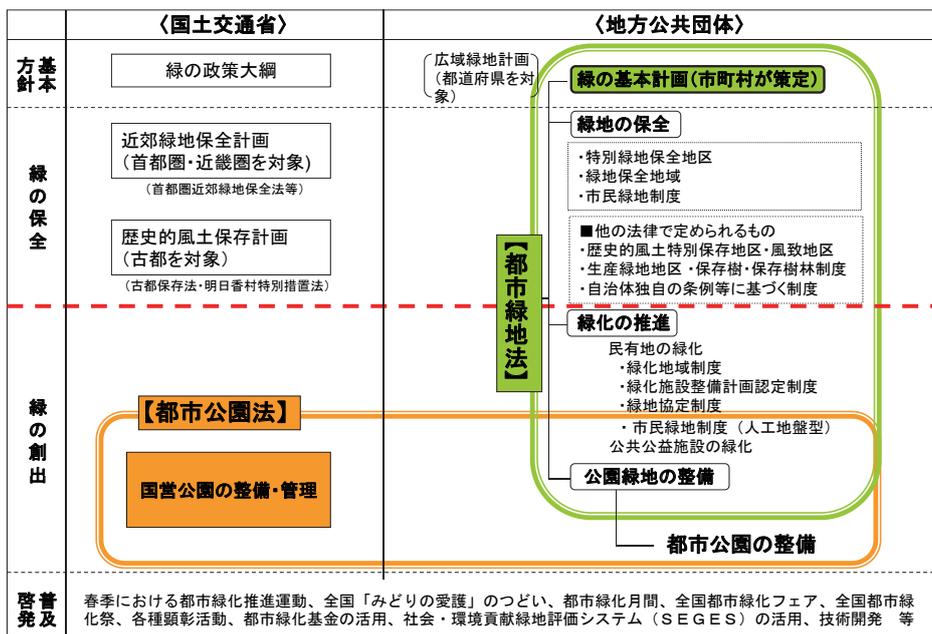


図 I.5.2-3 公園・緑地に関する施設の体系 (国土交通省資料)

都市緑地の確保は、従来、土地の私権を制限した近郊緑地などの、いわゆる地域制緑地が一部にみられるものの、大部分は用地を公共用地として取得し整備する、いわゆる営造物緑地として整備されてきた。

今後もこのような方向で更に積極的に緑地整備が進められるが、都市の地価高騰を考慮すると、緑地の保全や緑化を全て営造物緑地の整備に期待することは難しい。

このため、表 I.5.2-4 に示すような緑地保全・緑化に係る制度を活用して地域性緑地の整備拡大を図ることも、今後の都市の緑地整備の上で重要な課題となっている。

表 I.5.2-4 都市の緑に関する制度（国土交通省資料より）





第6章 大気浄化に適した植物

1. 大気浄化に適した植物の条件

- (1) 大気浄化に主眼をおいた緑地整備（大気浄化植樹）を進める上で必要な樹種の条件として、まず、大気浄化効果や大気汚染との関連から、
- ① 大気汚染物質の吸収能が高いこと
 - ② 大気汚染に対して耐性（抵抗力）があること
 - ③ 環境条件や植物体の生理的変動によって吸収能が影響されにくいこと
- また、都市緑化において一般的に求められる植栽木の条件として、
- ④ 都市特有の劣悪な環境に耐える適応性の高い樹種であること
 - ⑤ 景観的に優れ、住民嗜好にもあった鑑賞性の高い樹種であること
 - ⑥ 移植や維持管理が容易で剪定に耐える樹種であること
 - ⑦ 市場性に優れ、比較的安価で調達しやすい樹種であること
- (2) なお、上記のような条件に適合した樹種を採用するとともに、その樹種固有の本来の浄化能力を十分に発揮できるように、可能な限り健全な生育を保つ必要がある。

解説

1 汚染ガス吸収能の高い樹種

大気浄化植樹にあたり、そのために樹種選定の条件として最も重要なのは大気浄化能力が高いことである。

植物の大気浄化能力は、単葉におけるガスの吸収能率とその季節変動、葉量とその季節変動（着葉期間）など、様々な要因の総和として求められる。その中でも重要なのは、単葉における汚染物質の吸収能率と樹木の葉量であり、吸収能率がよいほど、葉量が多いほど、樹木の浄化能力は大きい。一般に、前者は落葉樹の方が常緑樹よりも大きく、後者は常緑樹の方が落葉樹よりも多いと考えられている。また、吸収能率は光合成速度と密接な関係があり、一般に光合成速度が大きく、成長の速い樹木が吸収能率も高いと考えられる。

光合成速度の季節変動については、常緑樹では植物の休眠期である冬季も夏季の1/2～1/3程度の光合成を行っているといわれているが、落葉樹は晩秋に葉を落とし翌春になって新しい葉が展開するまでの期間は落葉してしまっているため、この間は光合成を行っていない。光合成速度は、一般に春に、気温の上昇とともに上昇し、夏季を中心に高い水準を維持した後、秋になると徐々に低下して冬には最低になるというパターンに沿っている。しかし、樹種によっては、一年を通じてあまり変化がないもの、春～夏に光合成のピークがくるもの、夏～秋にピークがくるものなど、樹種によりその季節変動は多様である。

現在のところ、このような様々な要因を考慮して樹木の総量としての大気浄化能力を測定・推定した研究例はほとんどなく、一般的には単葉における汚染ガス吸収能力の大きさを大気浄化能力を比較している。

大気浄化機能の高い植物を検索する方法として、植物体のガス吸収能力の指標である葉面拡散抵抗を測定する方法がある。藤沼ら（1985）は、野外条件下で広葉樹113種（落葉広葉

樹 78 種、常緑広葉樹 35 種) の成葉で水蒸気拡散型の気孔開度測定器 (ポロメーター) で葉面拡散抵抗を測定するとともに、気孔密度を調べた。その結果、葉面拡散抵抗は図 I.2.2-4 (p24) に示したように落葉広葉樹よりも常緑広葉樹のほうが大きい傾向がみられ、気孔開度や汚染ガスの吸収能力は常緑広葉樹よりも落葉広葉樹のほうが大きい傾向があることが示唆された。このように、葉面拡散抵抗の測定により推定した単葉における広葉樹のガス吸収能力の検索結果を表 I.6.1-1 に示す。この結果は、あくまで単葉レベルで葉面拡散抵抗を指標にしてガス吸収能力を比較したものであり、実際には、その季節変動、葉量やその季節変動 (着葉期間) などを総合的に評価する必要がある。

表 I.6.1-1 葉面拡散抵抗により推定した単葉における広葉樹のガス吸収能力 (藤沼ら、1985)

ガス吸収能力	常緑広葉樹	落葉広葉樹
高	マルバユウカリ、オオムラサキ、ニシキギ、ヤマモモ	キリ、ケヤキ、シンジュ、コウゾ、センダン、エノキ、オニグルミ、キササゲ、テウチグルミ、ムクゲ、ツルウメモドキ、クヌギ、カキノキ、モモ、ミズナラ、トサミズキ、ヤマハギ、シダレザクラ、ナンキンハゼ、オオヤマザクラ、ユリノキ、ニワトコ、エゴノキ、レンギョウ、ニセアカシア、シラカバ、アメリカマンサク、シデコブシ、ミズキ、ハナズオウ、マユミ、イチョウ、サルスベリ、キブシ、ハルニレ、ヤブウツギ、アオギリ
中	チャノキ、サネカズラ、サンゴジュ、ムベ、ルリヤナギ、クロガネモチ、タイサンボク、ヒメタイサンボク、マルバシャリンバイ、スダジイ、シラカシ、ウバメガシ、クスノキ、モッコク、ヤツデ、アラカシ、マテバシイ	ソメイヨシノ、スイカズラ、イヌシデ、カルミヤ、サトザクラ、イヌエンジュ、オオデマリ、モミジバフウ、ハンノキ、アケビ、オオベニガシワ、ヌルデ、ノウゼンカズラ、ウメモドキ、ギンカエデ、ヤマツツジ、コナラ、ウメ、アベリア、オオバヤシャブシ、コブシ、ポーポーノキ、カシワ、トチノキ、カリン、クリ、ヤマフジ、リョウブ、ダンコウバイ、トウカエデ、スズカケノキ、ナツハゼ、ライラック、ヘメヤシャブシ、アカカエデ、イヌブナ、クロモジ
低	タブノキ、ベニカナメモチ、トウネズミモチ、ユズリハ、シロダモ、タラヨウ、キンモクセイ、サザンカ、アオキ、ヤブツバキ、ヒサカキ、ヒラギナンテン、サカキ、アセビ	ダイオウグミ、キツタ、ゴヨウツツジ、ハクウンボク

注 1) 植物の葉面拡散抵抗をポロメーターにより測定。

注 2) 対象樹種は広葉樹で、42 科 113 種 (常緑広葉樹 35 種、落葉広葉樹 78 種)。

注 3) ガス吸収能力は、葉面拡散抵抗により、「高」(1s/cm 未満)、「中」(1s/cm 以上 2s/cm 未満)、「低」(2s/cm 以上に 3 区分)。

2 ツル植物の汚染ガス吸収能

建築空間の壁面、高速道路や鉄道の高架下の壁面など、環境条件の厳しい場所では、一般にツル植物がよく使用されるが、ツル植物の大気浄化能力についてはほとんど調べられていない。

表 I.6.1-2 は、数少ないデータのうちツル植物のアサガオ、ブドウ等のみかけの光合成速度を他の植物と比較したものであるが、みかけの光合成速度 (純光合成速度) にそれほどの違いはな

く、他のツル植物についてもほぼ同程度であろうと推察される。

表 I.6.1-2 ツル植物とその他の植物の光合成速度の比較 (藤沼ら、1985)

区分	植物	みかけの光合成速度 (mgCO ₂ /dm ² ·h)
落葉広葉樹	ポプラ	16
	ケヤキ	10~13
	ソメイヨシノ	14
常緑広葉樹	スタジイ	9~12
	クスノキ	12
	ツバキ	8
草 本	イネ	40
	ダイズ	27
	ソラマメ	18
ツル植物	アサガオ	13~15
	ブドウ*	9~19
	キュウリ*	23~32
	カボチャ*	17
	スイカ*	21
	メロン*	17

注) 光飽和、最適温度付近、空気レベル (300~350ppm) 条件での測定値
 出典) 石津純一 (1986): 図解生物学データブック、丸善
 ※) *印のデータは上記出典と異なり、他の文献から追記した

また、表 I.6.1-3 は、先にあげた国立公害研究所 (現独立行政法人国立環境研究所) が野外条件下で葉面拡散抵抗を測定したデータのうち、ツル植物と主要な常緑広葉樹、落葉広葉樹の一部を抜粋して比較したものである。この結果によれば、同じツル植物でもかなりの変動がみられるが、ツル植物の葉面拡散抵抗は、落葉広葉樹の多くのものより大きく、常緑広葉樹よりも小さい傾向がみられる。したがって、ツル植物のガス吸収能力は落葉樹よりは劣るものの、常緑広葉樹と同程度か、むしろそれよりも優れていることが示唆される。

表 I.6.1-3 ツル植物と落葉広葉樹・常緑広葉樹の葉面拡散抵抗の比較 (藤沼ら、1985)

区分	植物	葉面拡散抵抗 (s/cm)
落葉広葉樹	ケヤキ	0.46
	ユリノキ	0.82
	イチョウ	0.93
	ソメイヨシノ	1.01
	コナラ	1.28
常緑広葉樹	ヤマモモ	0.98
	シラカシ	1.65
	クスノキ	1.80
	マテバシイ	1.98
	ヤブツバキ	3.34
ツル植物	ツルウメモドキ	0.63
	スイカズラ	1.06
	アケビ	1.16
	サネカズラ	1.20
	ノウゼンカズラ	1.23
	ムベ	1.26
	ヤマフジ	1.60
ノダフジ	2.48	

注) 葉面拡散抵抗はガス吸収能力の指標であり、この値が小さいほど吸収能力は大きい。

3 大気汚染に対して耐性のある樹種

大気浄化能力を有するといっても、植物は光合成に伴い CO₂ とともに汚染物質を同時に吸収しているだけで、大気汚染物質を好んで吸収しているわけではない。このため、樹種ごとの代謝特性などに応じて、汚染物質濃度がある一定の閾値以上のレベルに達すると、生理活性が徐々に低下し、葉面の可視障害や光合成などの生理活性、成長そのものが阻害される。

東京都農業試験場の久野らが行った都市の緑化樹木に対する大気汚染の影響を調べた実験によれば、戸外で育成された植物と汚染された大気を浄化した温室内で育成された植物の光合成速度を比較したところ、戸外の植物では温室内の浄化空気室の植物に比べて光合成速度が 50% 程度も低下しており、なおかつ葉面の黄変や異常な落葉、成長の鈍化などの影響が生じた。

したがって、大気浄化植樹に導入する植物には、大気浄化能力の高い樹種を採用するとともに、大気汚染状況下でも葉面の可視障害や生理活性・成長の低下などが表れにくい耐性のある樹種であることが求められる。

久野ら (2003) は、24 種類の都市緑化樹木を対象に大気浄化能力と大気汚染に対する耐性の評価を行った結果、表 I.6.1-4 に示すように、大気浄化能力は、常緑広葉樹よりも落葉広葉樹の方が全般的に浄化能力が高く、一方大気汚染に対する耐性は、落葉広葉樹よりも常緑広葉樹の方が強い傾向があることが明らかにされた。また、ポプラやサカキが端的に示しているように、大気浄化能力の大きい樹種は大気汚染に対する耐性が弱く、大気汚染に対する耐性が強い樹種は大気浄化能力が小さい傾向を示した。

これらの結果から、大気浄化植樹の樹種選定にあたっては、植栽場所の大気汚染状況を十分考慮することが重要であり、幹線道路の沿道などの大気汚染濃度が高い場所では浄化能力が多少低くても大気汚染に対する耐性の強い樹種を選定し、大気汚染濃度が比較的低い場所では、大気汚染に対する耐性が多少弱くても大気浄化能力の高い樹種を用いるなど、大気汚染状況に応じてケースバイケースで対応するのが望ましいと考えられる。

表 I.6.1-4 24 種類の樹木の大気浄化能力と大気汚染に対する耐性の比較 (久野ら、2003)

大気浄化能力	大 ← 浄化能力 → 小						
落葉広葉樹	ポプラ	エゴノキ ケヤキ エノキ	クヌギ コナラ ミズキ ヤシャブシ	ハナミズキ ガマズミ コブシ ムクノキ	トウカエデ	イチョウ	
常緑広葉樹			シャリンバイ	シラカシ サンゴジュ スダジイ	ヤブツバキ シロダモ サザンカ	ヤマモモ カクレミノ マテバシイ	サカキ
大気汚染耐性	強 ← 耐性 → 弱						
落葉広葉樹		イチョウ トウカエデ	ミズキ ヤシャブシ ムクノキ	エゴノキ ハナミズキ エノキ	クヌギ コナラ コブシ ガマズミ	ケヤキ	ポプラ
常緑広葉樹	サカキ	マテバシイ ヤマモモ	カクレミノ サザンカ サンゴジュ	シャリンバイ ヤブツバキ シラカシ	スダジイ シロダモ		

4 都市特有の立地環境と植物の生理的応答

大気と葉面とのガス交換の場である気孔は、光強度、水ストレスあるいはガス状大気汚染物質の存在などの環境要因の変動によって、その開閉運動が制御されている。このため、気孔開度がこのような環境要因によって影響されにくいことが大気浄化能力の高い植物の一つの条件になる。

藤沼ら（1985）は、葉面拡散抵抗を用いた大気浄化に適した樹木の検索の過程において、対象とした113種の樹種のなかから34種を無作為に選定し、野外条件下で暗条件の処理（10分間暗箱で被覆）し、処理前後の葉裏面の葉面拡散抵抗を比較した。その結果、モモ、サンゴジュ、サザンカなどは処理前後で葉面拡散抵抗はほとんど変わらなかったが、テウチグルミ、ハルニレ、スタジイ、レンギョウ、モッコクなどは処理後の値が処理前に比べて5～10倍以上に大きくなり（気孔が閉じることを意味する）、気孔閉鎖の応答性が樹種によって大きく異なっていることを確認している。

この気孔開度の応答性は、落葉広葉樹と常緑広葉樹の差異、光要求性、あるいは処理前の葉面拡散抵抗の値との間にいずれも相関関係が認められないことから、環境変化に対する気孔開度の応答性はそれぞれの樹種に固有の特性であるとしている。

したがって、大気浄化植樹に用いる樹種としては、大気浄化能力がこのような環境変化に対して影響を受けにくい樹種を選定することが重要である。しかし、環境の変化が気孔の開閉運動に及ぼす応答性を調べたデータはまだ決して多くはなく、実際には植物の光要求度（陽樹/陰樹）、耐乾性、耐大気汚染性などの樹種特性を考慮しながら選定することになる。

5 粒子状汚染物質の捕捉能の高い樹種

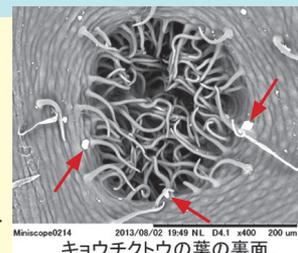
樹木の葉による粒子状汚染物質の捕捉効果については、主として1970年代から1990年代にかけて本多侓、辰巳修三、三澤彰、千葉喬三らによって精力的に研究が行われ、捕捉効果が大きい樹種としては、枝葉がよく繁茂する樹種で葉面構造や葉の展開機構が複雑な樹種であるとされ、具体的には鋸歯が複雑で、葉脈や葉柄に凹凸が多く、毛が密生するなど、葉の形態が複雑な樹種ほど、粒子状汚染物質を捕捉しやすく、流亡しにくいと考えられている。

この種の研究は2000年以降ほとんど行われず、研究も進展しなかったが、この数年、越境大気汚染物質による植物や人間への影響の面に着目した研究が進められつつある。近年のPM2.5などの微細な粒子状物質との関連では、組織レベル・細胞レベルの微細構造に着目した研究により、葉面における微細構造がサブミクロンサイズの微細な粒子状物質の吸着に影響を与えていることが示唆されており、葉表面への吸着は表面に均一に分布するのではなく凝集した粒子塊が散見されること、また、気孔周辺の毛状突起が粒子状汚染物質の気孔内への侵入を阻止したり、葉面におけるワックスが葉面への沈着を防いでいることなどが確認されつつある。

コラム 樹木の葉の表面の微細構造と粒子状物質の吸着

走査型電子顕微鏡を用いた微細な葉の表面構造の観察によると、粒子状物質は表面に均一に分布するのではなく、凝集した粒子塊が疎らに散見され、写真のキョウチクトウの例にみるように毛状突起が粒子状物質の気孔内への侵入を阻止する働きがあることなどが確認されている。

写真) 島根大学総合科学研究支援センター
「細胞の世界：ミクロの世界を探る」より



6 大気浄化植樹に適した樹種

以上のように、大気浄化植樹の実施にあたっては、大気汚染状況や都市特有の厳しい環境条件（生育条件）にも生育や成長があまり左右されず、その樹種固有の本来の浄化機能を十分に発揮できるような樹種選定が重要である。

1987～1988年にかけて環境庁（現環境省）に設けられた「大気環境に関する緑地機能検討会」では、植物の大気浄化能力とそれぞれの樹種特性（大気汚染に対する耐性、耐乾性、耐陰性など）を照らし合わせながら、「大気浄化植樹の樹種リスト」を作成した。

本マニュアルでは、このリストを基本に建築空間緑化（屋上緑化や壁面緑化）や道路緑化で多用されている樹種を追加し、大気汚染濃度レベルの比較的高い場所（工場や幹線道路周辺を想定）と濃度レベルの比較的低い場所（住宅地などを想定）に分けて、表 I.6.1-6（p78）に示した。

また、粒子状汚染物質の捕捉効果に適した樹種としては、具体的にどのような樹種が適しているのかの樹種リストは現段階では挙げられないが、既往の知見を踏まえると、表 I.6.1-5 で示すような葉の特性を有する植物が望ましいと考えられる。

表 I.6.1-5 粒子状汚染物質の捕捉に適した枝葉の特性と植栽構成

粒子状汚染物質の捕捉に適した樹種
<p><枝葉の特性> 枝葉がよく繁茂する樹種で、葉面構造や葉の展開機構が複雑な樹種。具体的には、鋸歯が複雑で、葉脈や葉柄に凹凸が多く、毛が密生するなど、形態が複雑な樹種ほど、粒子状汚染物質を捕捉しやすく、捕捉された粒子が流亡しにくいと考えられる。また、主脈を境にして葉が表面に対して受け皿のようにV字型に折れ曲がっている葉が適していると考えられる。</p>
<p><捕捉効果の大きい植栽構成> 植栽にあたっては、できるだけ汚染物質の発生源に近い道路側に植栽し、葉群の隙間が開かないように樹間距離を狭めて密植するほか、平面的には単列でなく複数列の植栽を行ったり、垂直的には常緑樹と落葉樹、高木と中低木及び地被類などを適宜組み合わせると多層構造のボリュームのある複合植栽が効果的であると考えられる。</p>
<p><剪定や刈込のできる樹種> 適宜、剪定や刈込を行うと、枝葉の密度を高めることができるため、維持管理にあたって剪定や刈込に耐える樹種が適している、剪定や刈込により絶えず枝葉を更新すれば、枝葉の活力度も高めることができ、一層効果的であると考えられる。</p>

表 I.6.1-6 大気浄化植樹のための樹種リスト (関東地方周辺を想定)

	大気汚染の濃度レベルが低い地域 (住宅地など)	大気汚染の濃度レベルが高い地域 (工場、幹線道路周辺など)
高木	<p>(常緑樹) ヤマモモ、ウバメガシ、シラカシ、アラカシ、スダジイ、マテバシイ、タイサンボク、クスノキ、タブノキ、クロガネモチ、モッコク、カクレミノ、カイズカイブキ、モチノキ、サンゴジュ</p> <p>(落葉樹) ケヤキ、エノキ、ムクノキ、ハルニレ、キリ、イチョウ、クスギ、アキニレ、ユリノキ、シンジュ、アオギリ、サルスベリ、クリ、ヤマモミジ、コブシ、ハクモクレン、ヤマザクラ、ソメイヨシノ、イロハモミジ、イヌシデ、アカシデ、トチノキ、エンジュ、トウカエデ、コナラ、スズカケノキ、モミジバズカケノキ、センダン、カキノキ、シダレザクラ、ナンキンハゼ、エゴノキ、ニセアカシア、ミズキ、サトザクラ、オオシマザクラ、ハンノキ、モミジバフウ、カシワ、リュウブ、モモ</p> <p>以上の他にこれらに準じる樹種</p>	<p>(常緑樹) ヤマモモ、ウバメガシ、シラカシ、アラカシ、スダジイ、マテバシイ、タイサンボク、クスノキ、タブノキ、クロガネモチ、モッコク、カクレミノ、カイズカイブキ、モチノキ、サンゴジュ</p> <p>(落葉樹) イチョウ、クスギ、アキニレ、ユリノキ、シンジュ、アオギリ、トウカエデ、コナラ、スズカケノキ、モミジバズカケノキ、モミジバフウ、センダン、ナンキンハゼ、ニセアカシア、サトザクラ、オオシマザクラ、ハンノキ、カシワ</p> <p>以上の他にこれらに準じる樹種</p>
中木	<p>(常緑樹) イヌツゲ、マサキ、ネズミモチ、キョウチクトウ</p> <p>(落葉樹) ウメ、ニワトコ、ハナズオウ、マユミ、シデコブシ、シモクレン</p> <p>以上の他にこれらに準じる樹種</p>	<p>(常緑樹) イヌツゲ、マサキ、ネズミモチ、キョウチクトウ</p> <p>(落葉樹) ニワトコ、マユミ</p> <p>以上の他にこれらに準じる樹種</p>
低木	<p>(常緑樹) オオムラサキ、ヤマツツジ、シャリンバイ、マルバシャリンバイ、ヤツデ、サツキ、ヒラドツツジ、アベリア、チャノキ</p> <p>(落葉樹) ムクゲ、レンギョウ、トサミズキ、ヒュウガミズキ、ヤマハギ、ニシキギ、ハコネウツギ、オオデマリ、ウメモドキ</p> <p>以上の他にこれらに準じる樹種</p>	<p>(常緑樹) オオムラサキ、シャリンバイ、マルバシャリンバイ、ヤツデ、サツキ、ヒラドツツジ、アベリア、チャノキ</p> <p>(落葉樹) ムクゲ、レンギョウ、ハコネウツギ、オオデマリ、ウメモドキ</p> <p>以上の他にこれらに準じる樹種</p>
ツル植物	<p>(常緑樹) サネカズラ、ムベ、キツタ、テイカカズラ、セイヨウキツタ</p> <p>(落葉樹) ツルウメモドキ、フジ、ヤマフジ、スイカズラ、ノウゼンカズラ、アケビ、ミツバアケビ、ナツツタ</p> <p>以上の他にこれらに準じる樹種</p>	<p>(常緑樹) ムベ、キツタ、セイヨウキツタ、テイカカズラ</p> <p>(落葉樹)</p> <p>以上の他にこれらに準じる樹種</p>

注) 造園材料としての樹木は、造園上の使いやすさなどから次のように樹高のおおよその目安によって高木・中木・低木に3区分した。

高木：樹高3m以上、中木：1m以上3m未満、低木：1m未満

ただし、生物的特性がこれらを越えるものであっても、生垣、刈込物のように剪定、刈込によって樹高、枝張などが調整され、造園上では中木・低木扱いとすることが多い樹種については、それぞれ中木・低木とした。

注) 網かけで表示している樹種は、東京都内及び近県における事例調査において屋上緑化、壁面緑化など建築空間緑化に多用されている樹種、また下線で表示している樹種は、沿道緑化などの道路緑化で多用されている樹種を示す。

注) 以上の他に大気浄化能力は低いが大気汚染に対する耐性が強く、被陰などにもよく耐えて道路緑化等に多用されている強靱な樹種には次にあげるようなものがある。上記の種群を主に植栽し、これらの樹種を混じえることは差し支えない。

高木：トウネズミモチ、サカキ、ユズリハ、ヒメユズリハ、シロダモ

中木：カナメモチ、サザンカ、ヒサカキ、ヤブツバキ、ヒイラギモクセイ、ヒイラギ

低木：ハマヒサカキ、ヒイラギナンテン、アオキ、アセビ、トベラ、ジンチョウゲ、クチナシ

注) ツル植物については、この表に示したものの以外は大気浄化能力は調べられていないが、壁面緑化に多用される植物には次のようなものがある。

常緑樹：イタビカズラ、カロライナジャスミン、ツルニチニチソウ、ツルマサキ、ヘデラ類

落葉樹：シナサルナシ(キウイフルーツ)、ツタ類、ツリガネカズラ、ツルバラ、ブドウ

出典) 環境庁大気保全局大気規制課監修・大気環境に関する緑地機能検討会編集(1989)：大気浄化植樹指針—緑のインビテーション—

2. 大気浄化植樹の樹種選定

- (1) 大気浄化植樹において樹種を選定する際には、植栽を行う当該地域の諸条件と樹種特性をよく考慮した上で選定する。
- (2) 特に大気汚染濃度の比較的低い郊外の住宅地やこれと対照的な大気汚染濃度の高い都心の幹線道路周辺などでは、大気汚染に対する耐性ばかりでなく、緑地保全や緑化に求められる機能がもともと大きく異なることから、地域特性に十分配慮する必要がある。
- (3) 地域特性にあった地域の在来種（地域の潜在自然植生の構成種など）を選定し、健全な生育を維持しながら、その樹種本来の浄化能を十分に発揮させることが重要である。
- (4) 樹種選定にあたって、留意すべき樹種特性は、以下のように多岐にわたっている。

大気浄化能力に係る特性	ガス状汚染物質の吸収能、粒子状汚染物質の捕捉能
生育環境に係る特性	大気汚染に対する耐性、乾湿度、光要求性、耐風性、耐潮性
用途等に係る特性	植栽用途、耐剪定性、鑑賞性、成長速度
その他の特性	移植難易度、維持管理難易度、調達難易度（市場性）

解説

大気浄化植樹を行う際に最も心がけることは、

- ① 大気浄化能力の比較的高い植物を主体に樹種選定すること
- ② 単位土地面積あたりの葉量を可能な範囲で多くすること
- ③ 植栽した植物を健全に生育させ、本来の大気浄化能力を十分発揮させること

の3点であり、これにあった樹種選定をすることが重要である。このため、大気浄化能力の高い植物を、その植物が健全な生育を示す範囲内で、できるだけ葉量が多くなるよう、常緑樹と落葉樹、高木と中低木を組み合わせた多層林形態の複合植栽が望ましい。

しかし、緑地整備の目的は大気浄化ばかりではない。快適な生活環境の確保や美しい都市景観の創造、憩いややすらぎのある場の創出なども都市緑地の重要な機能である。また、植栽場所の空間的な制約や温度・日照・風・水分といった都市特有の厳しい環境条件についても十分配慮する必要がある、これを怠ると健全な生育は望めず、本来の大気浄化能力が発揮できない。

このため、以下に大気汚染濃度の相対的に低い住宅地と局地汚染などがひどい幹線道路周辺をとりあげ、樹種選定の要領を例示した。

1 大気汚染濃度の低い地域（住宅地などの場合）

樹種選定の視点

① 大気汚染の状況

大気汚染濃度が相対的に低いことから、大気汚染に対する耐性は多少低くとも大気浄化能力の高い樹種を中心に選定する。敷地周辺の接道部は生垣が望ましいため、生垣に適する樹種を導入する。

② 快適性の確保

宅地の庭に樹木が繁茂し過ぎると日射量が低下し居室の日照条件が阻害されるため、植栽場所や植栽木の種類や形状もある程度制限される。

限られた敷地の中で単位土地面積あたりの葉量を増加させるためには、植栽構成をできるだけ多層構造にするのが望ましい。

このため、i) 主木などには落葉広葉樹などを用いる、ii) 中低木には耐陰性のある樹種を選定する、iii) 樹種特性としてあまり大きくならない樹種や剪定や刈込ができる樹種を選定する、などが重要である。

③ 個人の嗜好（庭の美的価値）

大気浄化能力の高い樹種を多用するが、四季の変化に富んだ鑑賞性の高い樹木（春の花、初夏の新葉、秋の紅葉や果実）を多く取り入れるのが望ましい。

④ 維持管理

快適な居住環境の維持のためには、定期的な剪定や刈込が不可欠である。なるべく維持管理に手間がかからないように、i) 剪定や刈込に耐える樹種、ii) 成長が速過ぎる樹種や大きくなり過ぎる樹種は選ばない、iii) 病虫害や気象害に強い強健な樹種。

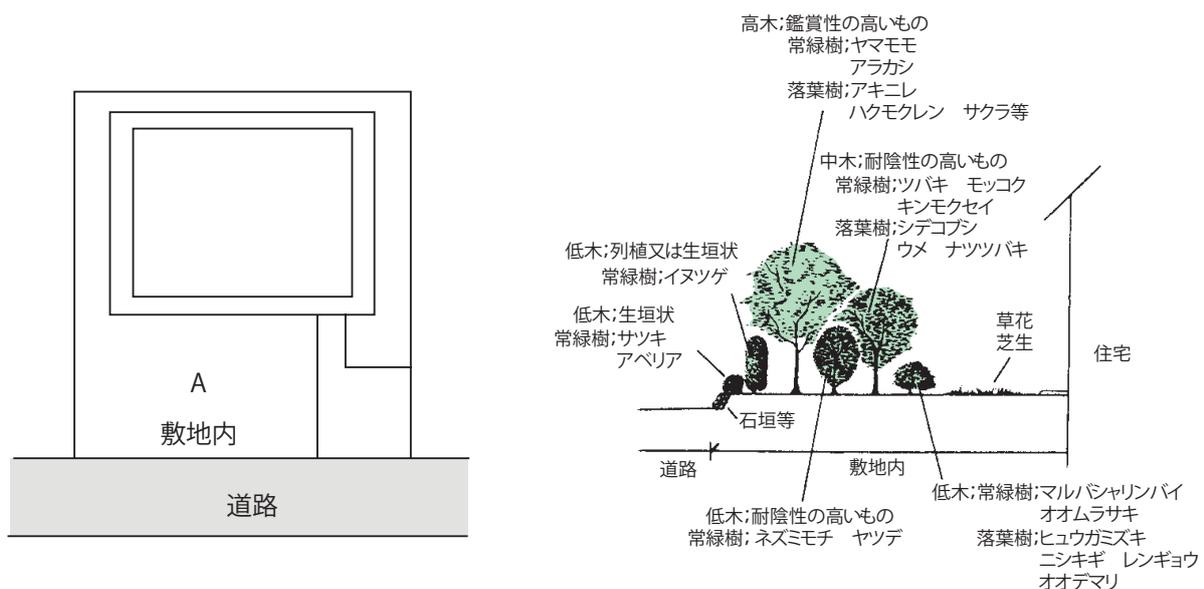


図 I.6.2-1 住宅地などにおける樹種選定の視点

2 大気汚染濃度の高い地域（幹線道路沿道などの場合）

樹種選定の視点

① 大気汚染の状況

幹線道路沿いなどは自動車排出ガスによる局地汚染により汚染物質の濃度が高く、植物の生理活性や成長を阻害しやすいため、大気汚染に対する耐性のある樹種を中心に選定する。

② 多層構造の複合植栽

大気浄化の効果を高めるためには、より一層の葉量の確保が重要であり、常緑樹と落葉樹、高木と中低木を組み合わせた多層構造の複合植栽が望ましい。このため、高木には落葉樹をまじえ、中低木には耐陰性のある樹種を中心に選定する。また、道路側は生垣状の植栽により遮蔽効果を期待するため、常緑樹を主体に選定する。

③ 道路景観への配慮

大気浄化能力の高い植物を多用することが重要であるが、地域の風土や景観に配慮した樹種を用いるのが望ましい。

④ 維持管理

幹線道路の沿道においても維持管理が不可欠であるが、可能な限り手間がかからないよう、i) 剪定や刈込に耐える樹種、ii) 病虫害や厳しい環境に耐える強健な樹種 などを選定する。なお、できるだけ大きくなる樹種を伸び伸びと育てるのが理想であるが、住民からの苦情などが多い場合には、当初からあまり大きくなりすぎない樹種を選定するのもやむを得ない。

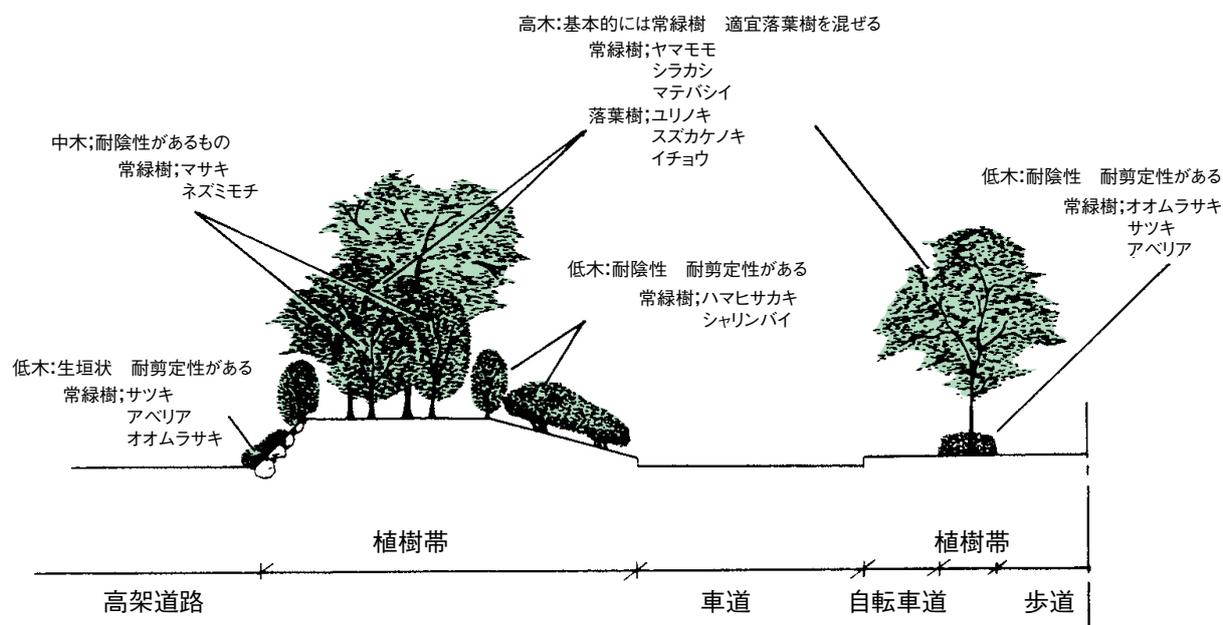


図 I.6.2-2 幹線道路沿道における樹種選定の視点



第7章 大気浄化植樹の方法

1. 大気浄化植樹の基本的考え方

- (1) 大気浄化植樹にあたっては、植栽スペースを検討した上で、大気浄化（大気環境保全）を植栽目的の主眼におくが、個々の敷地・施設に求められている本来の機能を損なうことのないよう、調和のとれた整備を行う。生活環境の保全、特に快適環境形成に係わる機能その他、大気浄化機能以外の様々な機能にも十分配慮する。
- (2) 大気浄化に適した樹種を中心に地域特性にあった在来種を選定し、しかも大気浄化効果が最大となるよう、葉量を総量として可能な限り確保するため、高木・中低木を組み合わせた多層構造の植栽構成、植栽密度とするのが望ましい。
- (3) 植栽した樹木がその後その樹種本来の大気浄化能力を十分発揮できるように、健全な生育を保つことが特に重要であり、そのためには、十分な植栽基盤の整備、立地特性に応じた樹種選定、日常の適切な維持管理が重要である。

解説

大気浄化植樹の具体的な手順を図 I.7.1-1 に示す。植栽による大気浄化の現状と植栽による効果を把握した上で、植栽場所、植栽配置を検討し、植栽方針を検討する。その上で、敷地の特性や本来機能との調整を図り、植栽樹種、植栽構成、植栽密度とそのための生育基盤の整備方法、植栽後の維持管理方法などを検討し、実際に大気浄化植樹を行う。

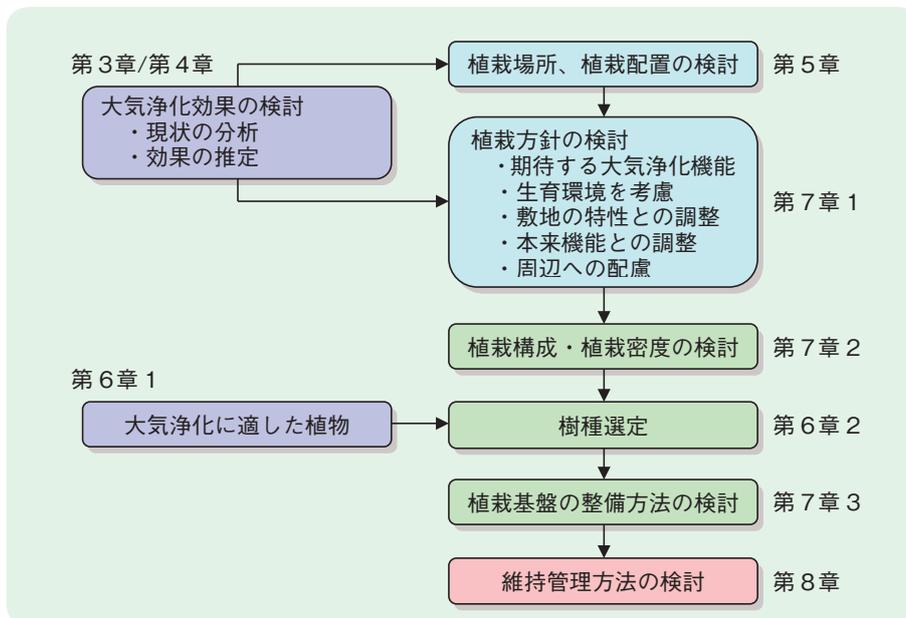


図 I.7.1-1 大気浄化植樹の具体的な手順

2. 植栽構成と植栽密度

限られた植栽地のなかで最大限の大気浄化効果をあげるためには、ガス状汚染物質の吸収や粒子状汚染物質の捕捉を司る葉の量を多く確保するという観点から、植栽にあたっては、以下のような事項に留意する。

- (1) 植栽構成のうち垂直構成は、可能な限り高木・中木（小高木）・低木を組み合わせた多層構造とするのが望ましい。
- (2) 樹種構成は、前掲リスト（p78）に示す樹種を中心に構成するが、地域の景観や風土的特性や植栽地の敷地や施設に本来的に求められる、多岐にわたる様々な機能にも配慮して樹種を選定する。また、落葉樹、常緑樹を適宜混ぜるのが望ましいが、局地的汚染など、特に遮蔽効果が求められる場所や冬季の効果を期待する場所では、常緑樹を多用する。
- (3) 植栽密度は、樹種による成長速度や植栽後の経過に伴う成長にも考慮する必要があるが、個々の樹木の健全な生育を図りうる範囲で、可能な限り高密度にするのが望ましい。

解説

1 植栽構成

- ◆**多層構造の複合植栽**：大気浄化効果を高めるためには、その樹種本来の大気浄化能力を十分に発揮できる範囲内で、常緑樹と落葉樹、高木と中低木を適宜組み合わせた立体的な多層構造の複合植栽が望ましい。
- ◆**常緑樹と落葉樹の組み合わせ**：多層構造にするという点からいえば、一般に落葉広葉樹高木を主体に適宜常緑広葉樹高木を混ぜ、中低木層には日照条件を配慮して比較的耐陰性の強い常緑広葉樹を主体に中低木を植栽する。
- ◆**地域の在来種の多用**：単葉レベルの大気浄化能力は、一般に常緑樹よりも落葉樹のほうが能力が高い傾向があるが、落葉樹は冬季は葉が落葉してしまうため、一年を通じてみればほとんど大差がない。重要なのは、導入する樹種が旺盛に生育し、その樹種本来の大気浄化能力を十分に発揮できることであり、その意味では地域の風土や景観にあった在来種（地域の潜在自然植生の構成種）を多用するのが望ましい。
- ◆**冬季に効果があるのは常緑樹**：大気が安定し、逆転層が生じる冬季には大気汚染が顕在化しやすいが、冬季における効果を期待するのであれば、常緑樹が主体の植栽構成になる。
- ◆**発生源に近い場所での植栽が効果的**：植物による汚染ガス吸収量は基本的には汚染ガス濃度が高いほど吸収量も多くなる、このため、道路緑化では道路側、宅地では接道部での植栽が重要であり、道路側に豊富な緑量を有する植栽帯を設けたり、接道部での生垣状植栽などが効果的である。
- ◆**剪定を最小限に控え大きく伸び伸び育てる**：単位土地面積当たりの効果を高めるためには、何本もの樹木を密植するよりも一本の樹木を大きく伸び伸びと育てるほうが緑量が豊富で樹勢も旺盛になり、最大限の浄化能力を発揮できる。このため、植栽空間の実状に合わせて、より大きな緑量を確保できるような植栽方法を検討するのが望ましい。
- ◆**敷地に求められる本来的な機能との調整**：大気浄化の観点からは、上記のような植栽構成が

望まれるが、それぞれの敷地・施設には本来の機能があり、それとの調整を図ることが重要である。特に空間的な制約の大きい場所では、成長が速い樹種（ポプラなど）は導入せず、高木でもあまり大きくならない樹種（ハナミズキなど）や剪定・刈込のきく樹種（サルスベリなど）を選定することが重要である。

2 植栽密度

- ◆**健全な生育の確保**：限られた土地面積のなかで最大限の大気浄化効果を得るためには、個々の樹木が健全な生育を維持できる範囲内で極力植栽密度を高めることが望ましい。しかし、時間の経過とともに成長し競争効果が働き個体間の優劣が生じることに留意する必要がある。
- ◆**遮蔽効果を高めるためには植栽密度を高く**：局地汚染の著しい大気汚染濃度レベルの高い場所で居住空間が隣接する場合には、植栽による遮蔽効果、拡散効果により汚染ガスが流入しにくくすることが重要であり、そのような場所では常緑樹を多用して植栽密度を高めるのが効果的である。ただし、この場合、居住空間の濃度は低減しても絶対量自体は変わらない。
- ◆**吸収効果を高めるためには植栽密度は低めに**：幹線道路沿線でも居住空間が離れている場合には、ある程度の距離減衰も期待できるため、汚染ガスが流入しやすい低密度にして、樹木を大きく伸び伸びと育て、汚染ガスをなるべく吸収・吸着させて汚染物質の絶対量を軽減することが重要である。
- ◆**敷地や施設の特性に配慮した植栽密度**：植栽密度は上記のような事項を前提とするが、基本的には都市緑地整備における一般的な植栽密度を基準として決定し、それぞれの敷地・施設の特性や本来の機能にも十分配慮して決定する。

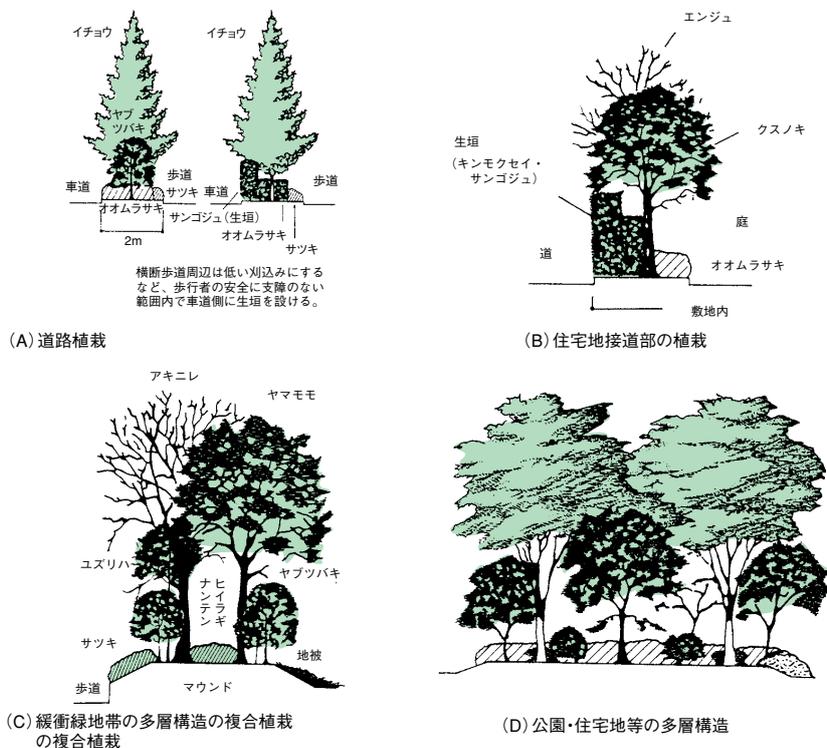


図 I.7.2-1 大気浄化植樹の植栽構成のイメージ



◀ 県道 276 号の新浦安住宅団地に隣接する緩衝緑地帯

沿道の住宅団地や業務ビルの環境保全のために中央分離帯・歩道の幅員を広くとり、常緑樹と落葉樹、高木と中低木の組み合わせにより緑量の豊富な樹林帯を形成している。歩道植栽帯の中の緑道は緑のトンネルに覆われ、森林の中にいるような錯覚を起こす。花や紅葉や果実などが美しい樹種を多用し、明るい樹林になっている。住宅地側には親水設備なども設置され、夏季には水遊びをする親子連れも多い。

(千葉県浦安市美浜)

三ツ目通り・首都高速 9 号深川線 ▶

都営辰巳団地に隣接することから、団地の居住環境保全のために設けられた環境施設帯。片側 3 車線の車道を反対側の辰巳の森海浜公園側に寄せ、高架の団地側にマウンドを築堤し遮音壁を設置している。マウンド上は常緑樹と落葉樹、高木と中低木の組み合わせによる複合植栽で、マウンドの上に植栽されているため生育基盤も厚く、緑のボリュームを感じる。団地側の歩道はアキニレとツツジ類による歩道植栽帯があり、団地内を安心して歩ける。

(東京都江東区辰巳)



▶ 東京都放射 36 号線 (通称三六道路)

住民運動により道路の地下化・歩道の拡幅・緑豊かな築堤と遊歩道の設置・無電柱化などを行った緩衝緑地帯。高木はケヤキ・クスノキの交互植栽、キンモクセイ・ヤブツバキ等の常緑樹、ハナミズキ・サルスベリ・モクレン等の落葉樹など、多様な樹種で構成された複合植栽。剪定や刈込の効く樹木が多用されている。遮音壁はイタビカズラなどで修景され、住宅側もカイズカイブキ・ヒラドツツジ・サツキなどで緑化されている。歩道植栽帯、遊歩道の幅員はそれぞれ 5m、4m 前後で、かなり余裕がある。

(東京都練馬区小竹)

コラム

接道部の生垣の大気浄化効果（千葉県市原市の戸建住宅の例）

接道部の生垣の大気浄化効果を把握するために、生垣の前面及び背面で大気中の浮遊粉塵濃度と葉面付着粉塵量を調べた。

調査地は千葉県市原市の住宅地で、東京湾に面する臨海埋立地の近くで京葉工業地帯の中核をなす地域である。大気環境は、SO₂、NO₂、SPMについては環境基準を達成しているが、O₃、PM2.5については環境基準を満たしていない。

調査を行ったのは、以下の2ケースである。

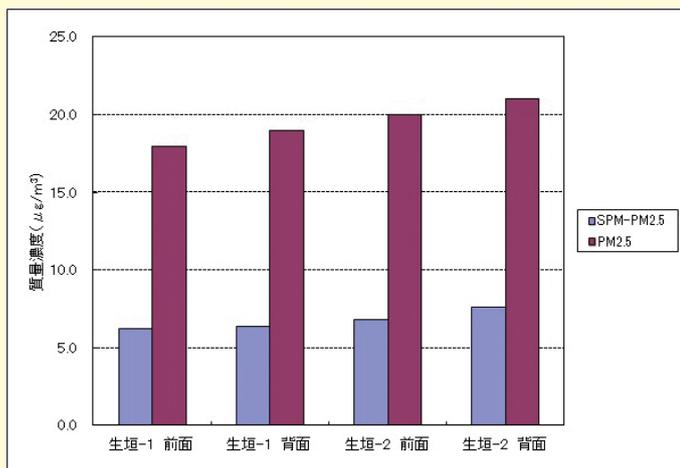
◆生垣-1(サザンカ)：高木のカイズカイブキとツバキ、サザンカを列植した生垣混合植栽

◆生垣-2(シラカシ)：シラカシの高生垣を主体に高木、中低木を混じえた高生垣複合植栽

調査は、生垣の前面及び背面の地上高約1mで一昼夜大気を捕集し、大気中の浮遊粉塵濃度を調べるとともに、生垣の前面及び背面の地上1m、2mの高さで葉をサンプリングし、葉面付着粉塵の質量濃度（純水処理による付着粒子とクロロホルム処理による固着粒子）と炭素成分、イオン成分、金属成分を分析した。

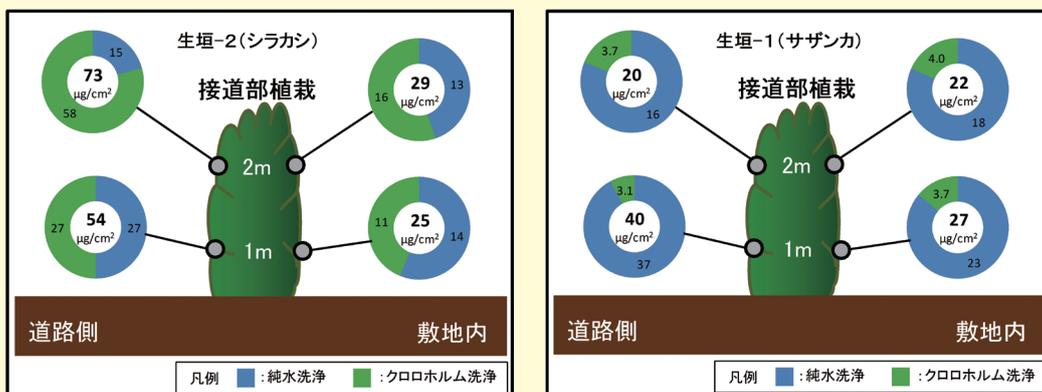
■生垣の前面及び背面の大気中の浮遊粉塵濃度

大気中の浮遊粉塵濃度は、生垣の前面（道路側）に比べて背面（住居側）の方が高い。これは、道路側は空気の流れが街路に沿って比較的スムーズに流れているのに対し、住居側は生垣や庭木、住居に囲まれ空気が滞留しやすいことが原因であると考えられる。また、SPMからPM2.5を差し引いた比較的粗粒な粒子よりもPM2.5の微小粒子の濃度が高い。



■生垣の前面及び背面の葉面付着粉塵

葉面付着粉塵量は、生垣の前面（道路側）の方が背面（住居側）よりも高く、道路走行に伴い発生した排出ガスや土壌粒子が生垣で捕捉されていた可能性が高い。生垣-2（シラカシ）の方が生垣-1（サザンカ）に比べて捕捉量が多いのは、サザンカが高さ2m程度なのに対しシラカシは4m前後の高生垣であること、またサザンカが比較的よく手入れされ葉群に隙間があったのに対しシラカシでは放任され枝葉がよく繁っていたことから、遮蔽効果の違いによるものと考えられる。



出典) 株式会社ブラック研究所 (2014) : 独立行政法人環境再生保全機構委託業務「大気浄化植樹事業の効果の把握及び効果的推進のため調査研究報告書 (2013年度)」

3. 植栽基盤の整備

- (1) 都市域に植栽された樹木は、土壌の乾燥化、日照不足、ビル風、劣悪な大気環境（大気汚染）、舗装（アスファルトやコンクリート舗装）や建築物による土壌露出面の不足など、都市特有の厳しい環境にさらされ、生育を阻害されやすい。
- (2) このため、植栽にあたっては、植栽木が何よりも健全に生育し、その樹種本来の大気浄化能力を十分に発揮できるように、植栽基盤の整備を図ることが重要である。

解説

都市においては、土壌の乾燥化やアルカリ化、建築物による日照不足やビルの断熱・反射ガラスに反射する強烈な太陽光の照射、高層ビルの増加によるビル風の増大など、都市特有の厳しい環境にさらされ、植栽木の生育環境としては大変厳しい状況にある。特に近年は外壁総ガラス張りのビルが多く、従来は西日に注意していればよかったが、現在では反射によりどの方向でも強烈な西日が差す。そして何よりも、都会にはビルが増加し、アスファルトやコンクリート舗装によって地表面さえ見えにくくなっているほど覆われている。植栽木は歩道などに僅かに残された狭隘な植栽枠だけに限られており、根は周辺の雨が浸透しにくい乾燥した舗装面下に分布せざるをえない状況にある。しかも、空間的な制約から頻繁な剪定や刈込など、強度の人為的影響も強いられている。

これらの生育阻害要因には、現在の都市環境の中では早急な改善が望めないものが大部分を占めている。このため、当面は、あらかじめ植栽基盤の整備等によって植栽した樹木の樹勢・活力を可能な限り向上させ、他の諸要因の影響を最小限にとどめるような対策が重要である。植栽基盤の整備にあたって留意すべき事項を表 I.7.3-1 に示す。

表 I.7.3-1 植栽基盤の整備

整備項目	整備の概要
夾雑物の除去	都市の再開発に伴うコンクリートの基礎や瓦礫など、植栽に支障をきたし、樹木の生育を妨げる土壌中の夾雑物は取り除く。
土壌の露出と浸透能の確保	アスファルト等による舗装は、自然の水循環を阻害し、乾燥化、アルカリ化、理化学性の劣化、土壌動物や微生物の衰退など、土壌生態系の劣化を招いている。このため、舗装を極力避け、土壌の露出面積を広くして、空気や雨水の土壌への浸透・貯留を図るのが望ましい。対策としては、透水性舗装や透水性平板などの透水性資材の導入、植栽木周辺のツリーサークルの設置など、現状の機能を損なわずに降水を地下に浸透させる工夫などがある。
有効土層の確保	根の伸長を妨げる滞水層、礫層、固結層などを取り除いたり、良質な土壌を客土あるいは土壌改良によって十分な深さの有効土層を確保する。有効土層は樹種によって異なるが、高木では 60～90cm 以上、中低木でも 30～50cm 以上必要である。
理化学性の改善	水はけの悪い土壌や固く締まった土壌、養分の乏しい土壌など、理化学性の不良な土壌は客土あるいは土壌改良によって改善する。化学性については肥料の施肥等に対応できるが、通気性、排水性等の物理性については根本的に改善する必要がある。
養分の補給	都市の土壌は落葉などの有機物の供給が少なく、土壌動物や微生物の活動も少ないため腐植や養分に乏しい。このため、肥料や堆肥などの有機物の施用により養分の補給を行う必要がある。落葉などを可能な限り残置し土壌への還元化を図る。
乾燥防止	土壌の乾燥化を抑制するために、低木の植え潰しや地被類の導入、粗大バークなどによるマルチングによって地表面を露出させずに乾燥化を防ぐ。必要に応じて灌水設備を設置する。

4. 施設別の植栽方針と植栽事例

- (1) 都市域では、学校・公民館・庁舎などの公共施設、戸建住宅や集合住宅などの住宅地域、大型店舗・企業の事務所などの商業・業務地域など、地域や施設によって植栽が可能な空間の規模・配置・特性などが異なっている。
- (2) また、それぞれの地域、施設に求められる多岐にわたる様々な本来的な機能や大気浄化植樹の意義も自ずと異なっている。
- (3) このため大気浄化植樹の計画・実施にあたっては、これらの点に十分配慮する必要がある。
- (4) ここでは、実際に大気浄化植樹を計画・実施する場合の参考になるように、①学校などの公共施設、②住宅地域、③商業・業務地域、④工場、⑤駐車場を対象に、植栽方針と先進的な事例を例示する。

解説

1 学校などの公共施設

■ 大気浄化植樹の意義（学校などの公共施設）

学校は、児童・生徒の学習の場であるとともに、体力づくり・情操教育など、心身の発達を育む場であり、緑の多い静かな環境の形成と維持が基本的に求められている。

また、地域住民との結びつきが特に強く、地域の行事などにおいては幅広く利用される公共施設であることから、親しみのある空間を創造し提供する必要がある。

一方、土地利用の面からみると、都市の中では比較的広い空間をまとめて保有している施設の一つであり、今後、植栽を行う余地が比較的多く残されている。

このため、緑豊かな街づくりや都市の景観形成を進める上で、地域の拠点として期待されることから学校緑化の必要性は極めて高い。また、大気浄化植樹を展開する際にも非常に効果的な場所であると位置づけられる。

庁舎・文化会館・公民館・図書館などの都市を代表するその他の公共施設についても、都市緑地整備の中核となる重要な役割が期待され、学校などと同様に考えられる。これらの施設は他の施設とともに一団の公共ゾーンを形成することが多いため、植栽にあたっては、隣接する公共施設、街路、公園などとの緑の連続性を図ると、まとまった緑地として、大気浄化の効果がより一層期待できる。

■ 植栽の基本的事項（学校などの公共施設）

- ① 敷地外周部は、周辺市街地の騒音などを遮断し、静穏な学校環境を形成するために十分な緑の空間が必要であることから、可能な限り緑量の豊富な環境保全林を形成する。
- ② 樹木の大きさが空間的に制約を受けることが少ない敷地外周部などでは、剪定を必要最小限にとどめ、自然の樹形を活かした自然仕立ての管理を基本とするのが望ましい。
- ③ 校舎の近くなどでは、適切な室内照度の確保に留意しつつ、可能な範囲で高木列植などを行うことが望ましい。
- ④ 花の美しい樹木、紅葉や実のなる樹木などを多用するとともに、食餌木の導入などによる野鳥の誘致などにより、自然教育、環境教育などの教育的効果にも十分配慮することが望ましい。なお、最近では各地方公共団体の教育委員会により緑のカーテンづくりが各地で行われている。



つくばセンタービル ノバホール前広場：樹高20m程度に達するケヤキ広場が緑陰を形成している。（茨城県つくば市吾妻）



つくばセンタービル ノバホール前広場：階段付近には登はん補助資材を設置した壁面緑化や移動式のコンテナ植栽など。（茨城県つくば市吾妻）



目黒区総合本庁舎本館目黒十五庭：和風でモダンな庭園で、東京農業大学の協力を得て屋上緑化の情報基地として整備。（東京都目黒区上目黒）



目黒区総合本庁舎本館目黒十五庭：信楽焼の盆栽仕立てのゴヨウマツを多用し、区民・職員の憩いの場を提供。（東京都目黒区上目黒）



葛西水再生センター下水処理場 江戸川区球技場：水処理施設上の人工地盤を活用した江戸川区の球技場を緑化。（東京都江戸川区臨海町）



葛西水再生センター下水処理場 江戸川区球技場：周辺の臨海部の環境を考慮した樹種選定。クロマツ、アキニレ。（東京都江戸川区臨海町）



本郷給水所公苑：東京都水道局の配水池の上に設けた人工地盤の公園緑地。1976年12月開苑の屋上緑化草創期の事例。（東京都文京区本郷）



本郷給水所公苑：池と流れを中心とした緑量豊かな和風庭園とフランス式幾何学模様洋風庭園（バラ園）で構成。（東京都文京区本郷）



アイランドシティ中央公園「ぐりんぐりん」：博多湾の人工島。「花と緑の丘」がテーマ。（福岡県福岡市東区）



アイランドシティ中央公園「ぐりんぐりん」：地上と一体となった連続した屋上空間を創出。（福岡県福岡市東区）



渋谷区立中央図書館：公共施設での狭隘な空間を活用した緑化事例。（東京都渋谷区神宮前）



渋谷区立中央図書館：建物の狭間のちょっとした空間でもこのように工夫次第で緑化できる。ツツジ類とツル植物。（東京都渋谷区神宮前）



尼崎市立西小学校：国道43号に面した大気浄化植樹事業の実施箇所。クスノキを主にアラカシ、ナンキンハゼ等を植栽。（兵庫県尼崎市）



尼崎市立西小学校：歩道植栽帯の緑と学校の緑により歩道の上空は緑のトンネルで覆われ、安らぎのある緑陰を形成する。（兵庫県尼崎市）



荒川区立荒川第三中学校：道路側に傾斜したマウンドを形成し、奥に中木の生垣、手前に多様な低木を植栽し修景。（東京都荒川区南千住）



荒川区立荒川第三中学校：狭隘な空間のため高木は導入していないが、多様な中低木類により美しい街路景観を創出。（東京都荒川区南千住）



東京都農林総合研究所江戸川分場：地域の農業技術振興拠点の敷地外周部を大気浄化植樹事業により緑地整備。（東京都江戸川区鹿骨）



東京都農林総合研究所江戸川分場：石積みと盛土により植栽基盤を整備し、ハナミズキとツバキを交互植栽。（東京都江戸川区鹿骨）

2 住宅地域（戸建住宅・集合住宅）

■ 大気浄化植樹の意義（住宅地域）

宅地は、人間生活の基本的な場であり、これらの集合体である住宅地には清浄な空気、適度な日照、静けさ、美しい街並みなどの快適な生活環境が求められている。

宅地は、個々の敷地面積は一般的に小さいものの、都市全体の総量で見ると、相当程度に大きいものと想定される。

このため、宅地は、今後植栽できる可能性の高い場所であり、都市の緑地整備においても期待するところが大きい。近年は、湾岸地域を中心に再開発事業が目白押しであり、中高層集合住宅の開発が各地で進められ、緑地の整備も進められている。

したがって、住宅地における緑の増加は、都市全体の緑の量にも大きく影響し、大気浄化に果たす役割も大きいと考えられる。

■ 植栽の基本的事項（住宅地域）

- ① 戸建住宅の接道部は、防犯・防災・景観などの諸点を配慮して、可能な限り生垣にする。特に大規模な地震が発生した場合、ブロック塀が倒れて歩行者が怪我をしたり、通行の妨げになるのを防ぐほか、火災延焼を食い止める役割も果たすなど、災害時に果たす役割は大きい。
- ② 家屋の南側は、一般に主要な居室に面しているため、適切な室内照度の確保、風通し、快適性などに十分配慮し、常緑樹と落葉樹、高木と中低木を適宜組み合わせ合わせた植栽を行う。
- ③ 家屋の北側は、一般に日照条件が悪く暗いため、樹種選定や植栽構成にあたっては、樹木の耐陰性を十分考慮する。
- ④ 宅地規模によっても異なるが、一般に樹木の大きさに制約を受けるため、剪定や刈込に耐える樹種を選定する。また、成長の速過ぎる樹種や大きくなり過ぎる樹種は当初から植栽しないことが望ましい。
- ⑤ 中高層集合住宅などにおいては、敷地外周部、住棟間、ペDESTリアンデッキ、駐車場などが主な植栽場所になる。



戸建住宅：戸建住宅の庭木や生垣は一般に剪定や刈込により樹高や枝張が調整される。接道部の生垣は効果が大きい。
（東京都世田谷区田園調布）



戸建住宅：植栽空間の余地が少なくても、接道部にこのような高生垣をつくると遮蔽効果が期待できる。
（東京都世田谷区田園調布）



戸建住宅：接道部の生垣と敷地内の庭木。各家でこのように植栽できれば都市全体の緑の総量も増える。
(東京都世田谷区田園調布)



戸建住宅：接道部でのシラカシの高生垣と高木・中低木を組み合わせた複合植栽により緑量を高めている。
(千葉県市原市八幡)



戸建住宅：カイズカイブキの列植とツバキ・サザンカの混植による生垣。接道部でのこのような植栽は遮蔽効果が大きい。
(千葉県市原市八幡)



オルト横浜駅前庭園都市：住宅・業務・商業・公益施設が複合された駅前庭園都市。
(横浜市神奈川区新子安)



オルト横浜駅前庭園都市：住棟周りの植栽。降雨センサーを組み合わせた自動点滴灌水システムを導入。
(横浜市神奈川区新子安)



パークコート赤坂 ザ タワー：高層マンションの周辺を公開空地として整備。常緑樹・広葉樹の高木を多用。（東京都港区赤坂）



パークコート赤坂 ザ タワー：3階の低層階屋上をプライベートガーデンとして屋上緑化している。（東京都港区赤坂）



赤坂インターシティ：敷地北側の既存の斜面林を残し、これと連続する一体的な緑地を駐車場の屋上緑化により整備。（東京都港区赤坂）



赤坂インターシティ：公開空地として開放し周辺住民にも憩いの場を提供。生物多様性に繋がる企業のみどり百選に認定。（東京都港区赤坂）



ガーデンシティ品川 / 御殿山プロジェクト：御殿山の原風景の再生をコンセプトに地域の自然再生に貢献している。（東京都品川区北品川）



ガーデンシティ品川 / 御殿山プロジェクト：隣接する緑地との生態系ネットワークを構築するために潜在自然植生を考慮。（東京都品川区北品川）



パークコート神宮前：樹高 20m に達するスダジイを主とする発達した既存樹林を保全しつつ新たな植栽等を実施。
(東京都渋谷区神宮前)



パークコート神宮前：住棟近くではイロハモミジなどの落葉樹を主体に植栽し、居住環境に配慮している。
(東京都渋谷区神宮前)

3 商業・業務地域

■ 大気浄化植樹の意義（商業・業務地域）

商業・業務地域は、一般に建蔽率が高く、敷地内に占める建築面積の割合が他の土地利用用途に比べて著しく大きいのが特徴である。

このため、植栽可能空間の確保が一般に難しく、またたとえ確保できたとしても、狭隘な空間が多いため、建築物に被陰されて日照不足になりやすい。

しかし、店舗や事務所、大型商業施設や業務ビルで緑地整備を進め、環境や景観の改善を図ることは、買物客の獲得や企業のイメージアップにも繋がり、また地域の活性化に貢献するところも大きく、緑地整備に努めている企業や商店街も少なくない。

特に近年は、都市の再開発に伴い公開空地が多くなっており、緑地整備が積極的に進められている。

■ 植栽の基本的事項（商業・業務地域）

- ① 接道部は、買物客や通行人、商品陳列の妨げにならないよう、商業・業務地域としての本来的な機能との調和に配慮した植栽を行う。
- ② 一般的に空間的な制約が大きいため、樹木の生育も抑えざるをえず、基本的には強度の剪定を前提にした管理が主体となる。このため、初めからあまり成長が速過ぎたり大きくなりすぎないような高木樹種や中低木の植栽を基本とし、樹種選定にあたってはこのような樹種や剪定・刈込に耐える樹種を選定する。
- ③ ベランダ、テラス、ペDESTリアンデッキ、屋上、壁面などの建築空間については、一般に未利用な空間が比較的多く残されているため、工夫しながら可能な限り、樹木やツル植物、草花などを植栽する。
- ④ 空間的な制約の大きい場所では、移動可能なプランターボックスなどを用いて中低木や草花を導入し、四季の変化に富んだ親しみやすい緑地を創出するのも一つの方法である。



イオンタワー：ビルの外構をテラスとともに緑化し、ボリュームのある緑地空間を創出。
(千葉市美浜区中瀬)



イオンタワー：タブノキ・ヤマモモ・マテバシイ等の常緑樹を多用し、コブシ・ヤマボウシなどもまじえる。
(千葉市美浜区中瀬)



NTTビル：ビルの外構やテラスをサツキの植え潰しで修景し明るい都市景観を創出。
(千葉市美浜区中瀬)



NTTビル：敷地の接道部は高木の列植と低木植栽により遮蔽効果をもたせている。
(千葉市美浜区中瀬)



幕張テクノガーデン：ビルの外構や低層階の屋上テラスにクスノキ・アラカシ・ヤマモモ等の常緑高木を導入している。
(千葉市美浜区中瀬)



幕張テクノガーデン：接道部にはよく刈り込まれた何重もの生垣が植栽されている。遮蔽効果や吸収効果が期待できる。
(千葉市美浜区中瀬)



六本木ヒルズ：人工地盤の「66 プラザ」と地上45mの屋上を緑化。最大1mの植栽基盤を整備しケヤキなどを植栽。
(東京都港区六本木)



六本木ヒルズ：「66 プラザ」はケヤキ、クスノキなどの大径木を植栽した広場で憩いの空間を創出している。
(東京都港区六本木)



富士ゼロックス 四季彩の丘：一階外構と繋がる丘状の屋上庭園は約 4,300m² で 2 階から 3 階部分に設けたテラスで構成。（横浜市西区高島）



富士ゼロックス 四季彩の丘：350 種の植物で構成され、地下支柱や地上支柱を併用した倒木対策を講じている。（横浜市西区高島）



品川インターシティ & 品川グランドcommons：「道」と「杜」を組み合わせた「みちもり広場」が基本コンセプト。（東京都港区港南）



品川インターシティ & 品川グランドcommons：面積 1.8ha で、都心のオフィス街では最大規模の緑地空間を創出。（東京都港区港南）



晴海アイランド トリトンスクエア：官民共同開発と土地の高度利用による魅力ある都市空間の創出を実現。（東京都中央区晴海）



晴海アイランド トリトンスクエア：商業施設としてのグレードアップと集客力向上を目指した緑地整備。人工地盤。（東京都中央区晴海）



東京ドームシティ ミーツポート：都市計画公園内に設けられた複合商業施設の屋上緑化。
(東京都文京区後楽)



東京ドームシティ ミーツポート：高木と中低木を適宜配置した緑量あふれる緑陰は休息や散策の場を提供する。
(東京都文京区後楽)



住友商事竹橋ビル：オフィスビルのリノベーションにあわせて地下駐車場屋上部分を庭園として整備。
(東京都千代田区一ツ橋)



住友商事竹橋ビル：日照条件を考慮した多様な植栽で、玄関ホールには室内緑化空間を整備し建物内外を一体化。
(東京都千代田区一ツ橋)



三井住友海上駿河台ビル：1984年3月に整備した先駆的な屋上庭園。地域の環境改善や景観形成に貢献。
(東京都千代田区神田駿河台)



三井住友海上駿河台ビル：地域への開放など緑の多面的機能に期待する住民の声に応じて再整備を図った。
(東京都千代田区神田駿河台)

4 工場

■ 大気浄化植樹の意義（工場）

工場は、その生産活動の過程において大気汚染物質や騒音・振動の発生源になっていることが多い。このため、湾岸地域や郊外など、住宅地域とは離れていることが多いが、発生源対策の一環として、大気環境の改善を目的に可能な限り濃密な植栽を実施するのが望ましい。

敷地が一般に狭隘な小規模な町工場などに比べて、中規模や大規模な工場の中には植栽可能空間がかなりまとまって残されているところが少なくない。都市における植栽可能空間が限られ緑地の飛躍的拡大が難しくなっている今日、工場敷地内での緑の増加は、都市全体の緑の総量にも大きく影響するため、工場での緑地整備（工場緑化）は、大気環境の改善の上でも期待できる。

植物による汚染ガスの吸収量は、植物の生育に影響を及ぼさないような比較的低濃度の範囲内では、吸収量は汚染ガス濃度に比例するため、発生源である工場の敷地内で緑化するのは効果的であると考えられる。

■ 植栽の基本的事項（工場）

- ① 敷地外周部では、遮蔽効果を重視し、冬季でも効果を発揮できる常緑樹を用いるほか、樹木の健全な生育に留意しつつ、可能な範囲で植栽密度を高くするのが望ましい。
- ② 工場敷地内では、生産活動の支障になる一部地域を除けば、敷地外周部は主に一般に空間的な制約が少ない。このため、このような場所では剪定を最小限にとどめ、自然樹形を活かした自然仕立ての管理を基本とした複層林形態の緑量豊富な樹林帯を形成することができる。
- ③ 工場入口などの広場では、従業員や来訪者の憩いの場所として重要であることから、緑陰樹・花木・花壇・芝生などからなる明るく快適な緑地空間を形成する。
- ④ 工場内では従業員が多く、そのほとんどがマイカー通勤であり、駐車場もかなり広い。このため、駐車場を活用して工夫しながら可能な限り緑化することが望ましい。
- ⑤ 工場敷地内には、事務所棟のほか、工場、倉庫などの建築物があり、その多くは壁面に囲まれていることから、壁面やその前面も可能な限り緑化するのが望ましい。

キャノン川崎事業所：広大な事業所周辺部の外構植栽。多様な造園樹木が植栽されている。接道部は、クスノキ・シラカシ・シマトネリコなどの常緑広葉樹高木が植栽され、ヒイラギモクセイ・イヌツゲなどの中低木を導入して生垣状の植栽をしている。





尼崎市クリーンセンター第2工場：大気浄化植樹事業の事業地で、植栽面積は約6,600m²でこれまでの最大規模。
(兵庫県尼崎市)



尼崎市クリーンセンター第2工場：敷地外周部を中心にタブノキ・ヤマモモなどの常緑高木と中低木が植栽されている。
(兵庫県尼崎市)



アサヒビール吹田工場：国道479号に面する北西部はアラカシ・クスノキ・エノキなどの高木とツツジ類が植栽されている。
(大阪府吹田市)



アサヒビール吹田工場：南西部は街路に面して外側に常緑のアラカシ、内側にエノキが列状植栽され植栽帯を形成している。
(大阪府吹田市)



アサヒビール吹田工場：工場見学者が来訪する一角には園路が設けられ、静穏な緑陰を形成し憩いの空間になっている。
(大阪府吹田市)

5 駐車場

■ 大気浄化植樹の意義（駐車場）

都市域においては、人と物流が都市中心部や郊外の工業団地などに集中するため、規模の異なる数多くの駐車場が存在する。自動車は、主要な移動発生源の一つであり、数多くの自動車が入り出る駐車場も大気汚染の主要な発生源の一つとみなせる。

このような点を踏まえると、大気汚染の発生源対策の一つとして、駐車場は大気環境の改善に極めて有効な対象地と考えられる。

また、都市景観の向上の面からも緑化により修景することが望まれ、今後、大気環境の改善を主眼とした緑化を推進する上でも重視していきたい場所の一つである。

■ 植栽の基本的事項

- ① 土地価格が高い都市域においては、駐車場としての機能を最大限に発揮するために、敷地全体に舗装された駐車スペースが広がり、植栽可能空間は限られているといわざるをえない。
- ② しかし、屋外駐車場の敷地外周部には比較的広い空間があり、また駐車ゾーンを区分する区分帯も植栽の主要な対象場所になる。このような場所を中心に、高木植栽や中低木の組み合わせによる複合植栽や生垣により、遮蔽効果・吸収効果を高めることが可能であり、日陰では耐陰性の強い強健な地被植物の導入なども行われている。
- ③ また、駐車場を地下に埋めて、その上部の人工地盤を緑化したり、立体駐車場の屋上緑化や壁面緑化など、工夫次第で従来緑化されてこなかった駐車場の緑化も可能である。



千葉みなとバスターミナル：ターミナルの敷地外周部に高木のクスノキ、中木のベニカネメモチ、低木のツツジ類を組み合わせた緑量豊かな植栽帯を形成し、遮蔽効果を高めている。

（千葉県中央区中央港）



砧公園駐車場：駐車ゾーンを区分する区分帯に樹高20m近いケヤキが植栽されている。
(東京都世田谷区砧公園)



砧公園駐車場：ケヤキは伸び伸びと生育し緑量も多いため、大きな大気浄化効果が期待される。
(東京都世田谷区砧公園)



霞ヶ関ビル地下駐車場：地下駐車場の上の人工地盤に高木を植栽している。
(東京都千代田区霞ヶ関)



霞ヶ関ビル地下駐車場：落葉高木のイチョウを植栽し、オフィス街に貴重な緑陰を提供している。
(東京都千代田区霞ヶ関)



検見川浜マリンハイツ駐車場：中層住宅団地の住棟間の駐車場の上を利用して人工地盤に緑地を整備している。
(千葉市美浜区真砂)



検見川浜マリンハイツ駐車場：高木・中低木を植栽し、住民に憩いの場を提供し、各種行事もここで行われる。
(千葉市美浜区真砂)



第8章 植栽後の維持管理

- (1) 植栽後の日常的な維持管理は、植栽工事に比べると地味で軽視されがちであるが、植栽基盤の整備と同様、極めて重要な作業である。
- (2) 特に大気浄化植樹においては、一般の緑地整備よりも重要である。それは、都市特有の厳しい環境にさらされやすいため、適切な維持管理によって良好な生育を確保できなければ、その樹種固有の本来の大気浄化能力が発揮できないからである。
- (3) また、樹木の生育が良好に保たれば、大気汚染や病虫害などに対する抵抗力も高まり、その結果、大気浄化機能以外のその他の機能も高まることになる。
- (4) さらに、維持管理にあたっては、落葉や剪定枝条の処理、雨水の再利用など、きめ細かな配慮が望まれる。

解説

1 維持管理の目的

植栽木の維持管理の目的は、植栽した樹木が正常に生育し、期待されるその樹種本来の大気浄化能力が十分に発揮され維持できるようにすることにある。

2 維持管理の項目と内容

維持管理の項目と内容は、一般の都市緑地の維持管理作業に準じる。樹勢・樹木活力度の低下に伴う大気浄化能力の低下は、樹種の違いによる大気浄化能力の大小よりもかなり大きいため、健全な生育が維持できるよう、必要な育成作業を適宜実施する。

なお、豊かな緑量を確保する観点から、事情が許す範囲内において、過密した場合の枝すかしややむをえない場合の支障枝の枝落としなど、剪定や整枝は最小限にとどめ、樹木の自然成長を重んじた、いわゆる弱剪定方式、自然成長方式を図りたい。ただし、実際には、落葉の問題や病虫害の発生など、近隣住民から伐採や剪定を望む声も大きいのが実状である。

表 I.8.1-1 植栽木の維持管理作業の年間スケジュールの一例（東京付近）
（樹木の設計編集委員会編、1977）

作業項目	月												備考
	1月	2月	3月	4月	5月	6月	7月	8月	9月	10月	11月	12月	
剪定：落葉樹	基本剪定						枝すかし					基本剪定	
剪定：常緑樹					枝すかし				切り詰め				
中低木の刈込													
除草												6～9月	
施肥	寒肥			芽出し肥料			追肥					寒肥	
病虫害防除	カイガラムシ			アブラムシ・アメリカシロヒトリ・ウドンコ病等									
灌水													天候次第
補植	落葉樹						常緑樹					落葉樹	
支柱手入れ													結束直し

3 樹木の剪定方式

大気浄化効果を高めるためには、豊かな葉量の確保が大きいポイントになり、樹木の剪定は最小限に抑え、自然仕立ての弱剪定方式が望ましい。しかし、狭隘なわが国の都市域では植栽空間が限られ、信号やサインの視認、落葉や伸長枝への苦情など、様々な問題が生じる可能性がある。

しかし、植栽する場所の条件次第では、剪定を最小限に抑えて、植栽木を大きく伸び伸びと育てるのも一つの方法である。学校や公共施設などにおいては植栽空間に比較的余裕があるため、このような自然仕立ての剪定方法を採用するケースもある。一方、戸建住宅などでは剪定や刈込を頻繁に行っているのが実状であり、このような場合には、成長が速く大きくなり過ぎる樹種は最初から導入しないなどの配慮が必要である。

4 落葉や剪定枝条などのリサイクル

地球温暖化問題などに関連して、緑地整備の場面でも自然エネルギーの活用、落葉や剪定枝の処理、雨水の循環利用などが求められている。その一環として、従来焼却処理されることの多かった落葉や剪定・刈込を行った後の枝条をチップ化し、舗装材などに利用するほか、マルチング材や堆肥、燃料として利用するなど、維持管理による発生材のリサイクル利用が進められている。

落葉や剪定枝条の焼却処理は、地球温暖化問題のみならず大気汚染の上でも望ましくないことから、緑地の保全や創出ばかりでなく、維持管理の面でもきめ細かな配慮が必要である。

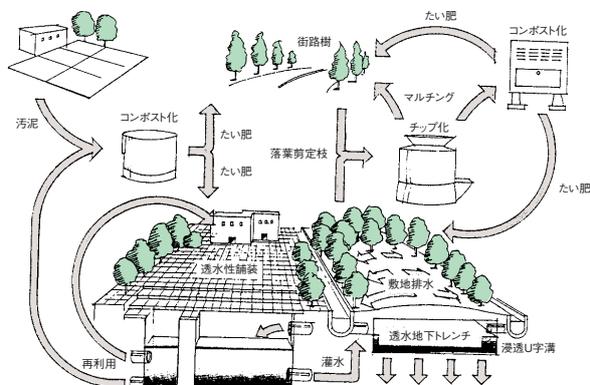


図 I.8.1-1 落葉・剪定枝条のリサイクル
(都市緑化技術開発機構、1994)

5 雨水、再生水等の循環利用

多くの都市域では、地表面がアスファルトやコンクリートで被覆されたため、降った雨は土壤中に浸透することなく、そのまま下水道に放流される。このため、集中豪雨などにより雨水が下水道の処理能力を越えた場合には、いわゆる都市型洪水が発生し、大きな被害を生じる。このため、多くの地方公共団体では、雨水の浸透・貯留・利用に取り組んでおり、雨水や再生水の循環利用が進められている。このような観点に応じて、大気浄化植樹においても、日常の維持管理に雨水や再生水を利用し、灌水や散水用の資源として積極的に利用するのが望ましい。

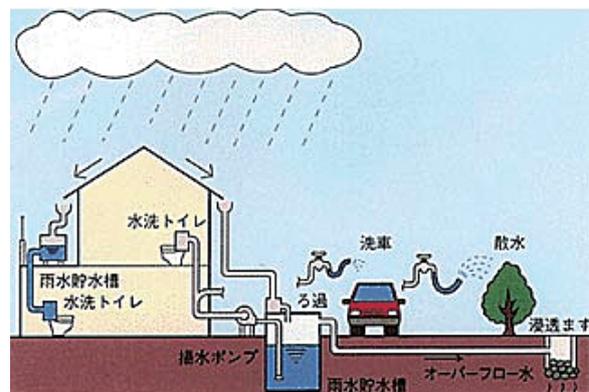


図 I.8.1-2 雨水の貯留・浸透・利用
(墨田区ホームページ)



第Ⅱ編

都市建築空間緑化編



第1章 都市建築空間の緑化の効果

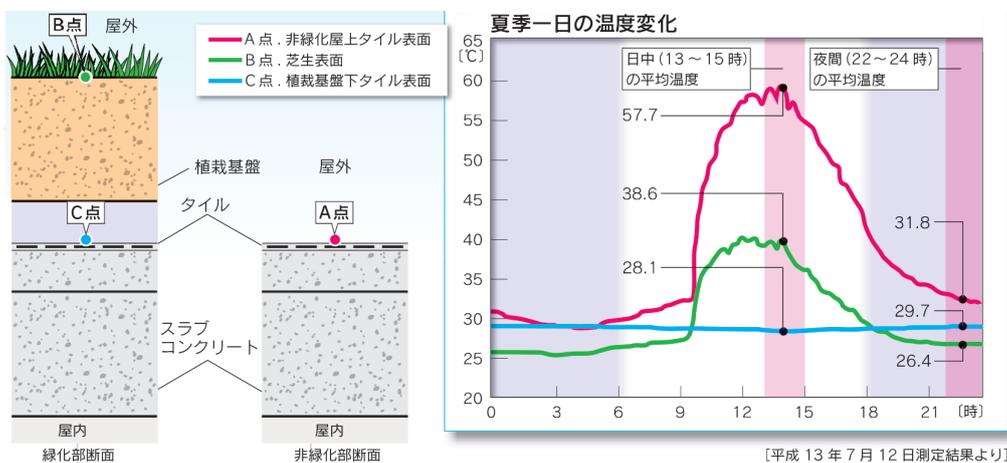
- (1) 土地の制約の大きい都市域において、屋上や壁面などの建築空間を緑化すると、日射の遮蔽効果により屋上や壁面からの熱の焼き込みを防止し、室温の上昇をかなり抑制できることが実験的に確かめられており、「パッシブ・クーリング」(Passive Cooling：自然エネルギー利用冷房)として注目されている。
- (2) 都市建築空間の緑化による省エネルギー効果は、電力消費の削減、ひいては化石燃料消費の削減につながることから、大気浄化の面でも効果が見込まれる。

解説

1 屋上・壁面緑化による日射の遮蔽効果

国土交通省(2009)では、既存建築物への屋上緑化技術の適用検討と屋上緑化の効果の検証を行うため、2000年に庁舎屋上の緑化整備を行い、2001年度から2006年度までの6年間、継続的な調査により、屋上緑化における植物の生育状況の把握や様々な効果の検証を行った。

都市の熱環境の改善に関しては、屋上緑化の有無による屋上の温度の違いを測定し、図Ⅱ.1.1-1に示すように、緑化していない場合の真夏の屋上温度は60℃まで上昇したのに対し、緑化した場合は植物の蒸散や土壌による断熱効果により芝生表面では日中でも40℃程度までしか上がらず、土壌の下の建物本体では一日を通じてほとんど温度が上がらないことを確認した。



図Ⅱ.1.1-1 緑の断熱作用による屋上の温度の違い (国土交通省ホームページ)

また、屋上緑化の有無による建物内部への熱の出入りを調べた結果、図Ⅱ.1.1-2に示すように、緑化していない場合、夏季の晴天日の日中、550W/m²の熱流が建物内部へ流入するのに対し、緑化した場合には、0~1.0W/m²で建物内部への熱の流入がほとんどなかった。一方、夜間では、緑化した場合は、日中に建物躯体に蓄積される熱が少ないため熱の放出はごくわずかであるが、緑化していない場合には、昼間に蓄積された熱が屋外に放出されることから、屋上緑化による断熱が夜間の熱環境改善に役立つことが明らかにされた。

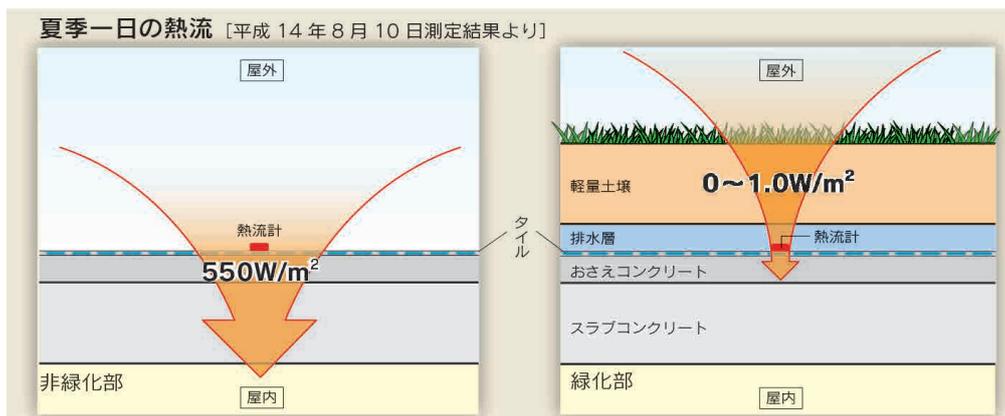
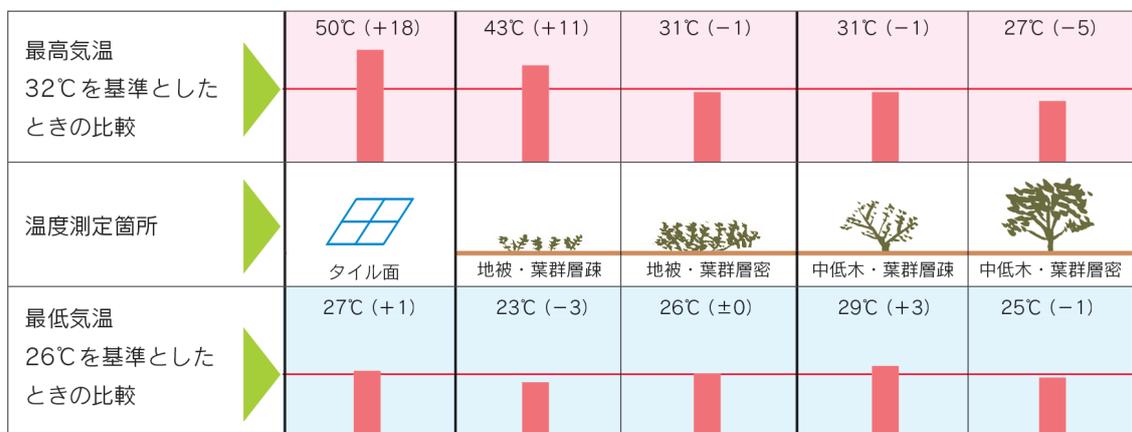


図 II.1.1-2 緑の断熱作用による建物へ出入りする熱量の抑制（国土交通省ホームページ）

また、植物体による遮蔽効果を明らかにするために、植物の根元で温度を計測し、植栽のタイプごとの地表面温度を下げる効果も調べた。その結果は、図 II.1.1-3 に示すように、枝葉が密に茂っている中低木の根元では、日中の最高気温が外気温より約5℃低く、緑化していないタイル面に比べると20℃以上低下していた。これらの測定結果から、日射を遮る枝葉の密度や葉群層と地表間の空気の動き（空間熱対流）が温度を下げる効果と密接に結びついているものと考えられた。



[平成 15 年 8 月 11 日測定結果より]

図 II.1.1-3 植栽タイプによる遮蔽効果の違い（国土交通省ホームページ）

このほか、鳥類の飛来状況や昆虫類の変化についても調べている。鳥類の飛来については、6年間の通算で2目9科11種の鳥類が確認されている。ヒヨドリ、ジョウビタキ、ツグミ、シジュウカラ、カワラヒワなどが確認されたが、これらはいずれも、いわゆる都市鳥と呼ばれる鳥類で、また緑の状況を反映して草地や低木主体の開放的な空間を好む鳥類が主体であった。また、昆虫類については、6年間の通算で10目66科178種の昆虫類が観察され、その初期には庭園整備に伴い植物や土壤に付着して運び込まれた昆虫類が主体であったが、やがてこれらの種が環境に応じて徐々に淘汰される一方、飛翔能力の高い種が周辺緑地などから飛来し、増えつつあることが確認されている。

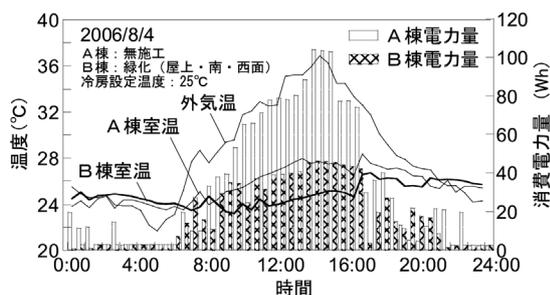
2 緑化による省エネルギー効果

地球環境問題の中でも最も重要な課題の一つとして、地球温暖化の抑制・防止対策がある。これには二酸化炭素の排出抑制や緑による吸収・固定のための緑地整備などが挙げられるが、消費エネルギーの削減が急務になっている。

都市域においては、ヒートアイランド現象や都市の砂漠化などの都市気候が問題になっている。夏季におけるクーラーの運転は建物内部の冷房には有効であるが、都市全体でみれば熱の発生源になっており、結果的に都市の気温を高める悪循環を引き起こしている。

これらを解決する施策の一つとして、都市域に緑地や水面などの自然面を保全・創出することが挙げられる。都市域に緑地が増えると、水分の蒸発散が活発になり気象緩和効果が得られ、エネルギー消費の削減に繋がるとともに、ひいては大気環境の改善の面でも十分な効果が期待される。このような都市気候、都市の熱環境の改善策として、都市の中で未利用な空間となっている建築物の屋上や壁面などの建築空間の緑化が提唱され、その省エネルギー効果に関しても研究が進められつつある。

山崎ら(2009)は、熱的薄い壁体(断熱材を用いていない壁体)を有する実験棟2棟を対象とした実験を行い、屋上・壁面緑化の熱的特性を非緑化面及び寒冷紗覆面と比較し、屋上・壁面緑化による冷房負荷低減効果を定量的に評価した。その結果、緑化による日射遮蔽効果により、緑化棟の室温は非緑化棟と比べて低く、冷房した場合には消費電力量の大幅な低減効果が認められた。特に、屋上・南・西面を緑化した場合には、非緑化棟と比べて40～45%減となり、大きな省エネルギー効果が得られた。また、相当熱貫流率(壁などの熱の伝わりやすさを表わす値で、値が小さいほど熱の伝わり方が少なく、断熱性が高い)を算出すると、屋上・南・西面を緑化した場合の相当熱貫流率は $1.09\text{W}/\text{m}^2\cdot\text{K}$ と試算され、全面無施工の実験棟($2.47\sim 2.54\text{W}/\text{m}^2\cdot\text{K}$)、全面寒冷紗施工の実験棟($1.52\text{W}/\text{m}^2\cdot\text{K}$)に比べて小さくなり、断熱性が高まることが確認された。



図Ⅱ.1.1-4 室温・外気温・消費電力の経時変化 (山崎ら、2009)

表Ⅱ.1.1-1 各実験棟の熱貫流率の算出結化 (山崎ら、2009)

実験① 2006年度 実験棟の壁面状況	熱貫流率 K [W/m ² K]	実験② 2007年度 実験棟の壁面状況	熱貫流率 K [W/m ² K]
B棟:屋上・南・西面緑化	1.09	B棟:屋上・南・西面緑化,東・北面寒冷紗	1.09
B棟:屋上面緑化	1.52	B棟:屋上・南・西面緑化,北面寒冷紗	1.27
B棟:屋上・南面緑化	1.63	B棟:屋上・南・西面緑化,東面寒冷紗	1.31
B棟:屋上・西面緑化	1.77	A棟:屋上・東・南・西・北面寒冷紗	1.52
A棟:南・西面緑化	1.81	A棟:屋上・南・西・北面寒冷紗	1.85
A棟:南面緑化	1.90	A棟:東・南・西・北面寒冷紗	2.03
A棟:西面緑化	2.18	A棟:屋上・東・北面寒冷紗	2.18
A棟:緑化面なし	2.47	A棟:緑化面なし,寒冷紗なし	2.54

東京電力株式会社(1989)は、既存建築物の屋上緑化が比較的容易に行える可能性が大きい陸屋根形の屋上を対象にして、屋上緑化によって冷房負荷が低減し、その結果空調設備の使用が減った場合の電力消費量の削減量を比較した。その結果の一部を表Ⅱ.1.1-2に示す。対象地域としては、東京都区部を想定している。東京都都市計画局(当時)によると、都内で屋上利用が可能と考えられる陸屋根面積は約1,900haであり(面積割合は全体の約3.74%。これは、都全体の公園緑地面積の約29%、東京23区内の農地・山林の4.2倍にも相当する)、このうち14%はテ

ニスコート、プール、庭園などに使用されており、残りの86%は未利用で、今後屋上緑化の利用が可能であると考えられる。したがって、屋上緑化が比較的簡単にできる陸屋根面積は約3.2%となる。この屋上の未利用空間を有効に利用して全てを緑化した場合、真夏のピーク負荷時の電力需要の削減量は、最大31万kWh(2.6%)になるものと試算されている。

表Ⅱ.1.1-2 東京都区部の屋上緑化による電力需要削減量の試算結果(東京電力株式会社、1989)

建物の用途	事務所など	集合住宅
最上階の冷房負荷(ピーク時)	87.2kcal/h・m ²	39.5kcal/h・m ²
区部全体の冷房負荷	9.7 × 10 ⁸ kcal/h	3.4 × 10 ⁸ kcal/h
屋上緑化による負荷低減率 (芝生あるいは藤棚)	16%	31%
冷房負荷の削減量	2.7 × 10 ⁸ kcal/h	
電力消費量の削減量	31万kWh	

・東京都区部面積：610km²
 ・区部面積に対する陸屋根の未利用面積の割合：3.2%
 ・区部の未利用の陸屋根面積：20km²
 ・建物用途別陸屋根面積：事務所など：11km²、集合住宅：9km²
 (東京都区部における事務所建物と集合住宅の割合＝25.1%：19.1%)
 ・事務所建物等内訳：官公庁施設1.2%、教育文化施設6.1%、厚生医療施設10.0%、事務所建築物5.1%、専用商業施設等2.0%、住商供用建物9.7%、集合住宅19.1%
 出典)大成建設株式会社(1989)：東京電力株式会社委託調査「屋上緑化に関する調査」報告書

横浜市環境科学研究所は、夏季のヒートアイランド対策として家庭や学校でも手軽に行え普及しつつある緑のカーテンについて、緑のカーテンによる省エネルギー効果とCO₂削減効果について検討した(佐俣・福田、2009)。南側に面したガラス窓外側に植えられた8m²の緑のカーテンを想定し、7～9月の夏季3ヶ月間での緑のカーテンによる省エネルギー効果とCO₂削減効果を試算した。緑のカーテンを設置した場合の省エネ効果は、家庭用エアコン約1台分を7～9月の夏季の3ヶ月間、毎日1時間から1時間半程度稼働させた分に相当するものと推測され、またこの間のCO₂削減量はスギの約9本分に相当するものと推測された。

冷房の消費電力量の削減量の試算

緑のカーテンにより夏季3ヶ月間で窓のガラス面の単位面積当たりに削減される熱量は、

$$\Delta Q = 481 \text{ MJ/m}^2$$

エアコンの消費電力の削減量 ΔE は次式のとおり。

$$\Delta E = (\Delta Q/3600) \times (1/C) \text{ kWh/m}^2$$

ここで、Cは一般に冷房COP値(冷房機の消費電力に対する室内を実際に冷やす能力の比)と呼ばれる定数で、ここでは省エネルギーセンターのデータにより、一般住宅を想定してエアコン冷房能力2.8kWの製品の冷房COP値より、C=4.97とした。

8m²の緑のカーテンを設置した場合の消費電力削減量を ΔE_0 とすると、

$$\Delta E_0 = \Delta E \times 8\text{m}^2 = 228.9\text{kWh}$$

省エネルギーセンターのデータより計算したエアコン1台分の夏季3ヶ月間の平均消費電力量はH=213kWhとなる。

よって、 ΔE_0 とHより、夏季3ヶ月間での削減電力量に見合った平均的なエアコンの稼働台数Gは、

$$G = \Delta E_0 / H = 1.07 \text{ 台}$$

したがって、面積8m²の緑のカーテンによる省エネルギー効果は8畳用家庭エアコン約1台分に相当し、この時のエアコンの一日の平均稼働時間は1時間～1時間半程度であるとみなせる。



第2章 都市建築空間の緑化

1. 都市建築空間の現状と緑化の可能性

1-1 都市建築空間の現状

- (1) 土地の制約の大きな都市市街地においては、今後、緑地の飛躍的な拡大を図ることは困難であり、土地の有効活用が求められている。近年、中高層の業務ビルや集合住宅などの建築物が著しく増えていることから、屋上・ベランダ・壁面などの従来利用されることの少なかったこれらの建築空間を活用し、緑地を整備していく余地は十分にある。これらの建築空間は、土地の制約の大きな都市域にあって、貴重な緑化スペースになりうる。
- (2) 都市の建築物等の屋上には、通常、エレベーター設備、給水槽、冷却塔、換気塔などの付属施設があり、実際に緑化できる場所は限定される場合も多いが、未利用な空間もかなり残されている。また、これらの施設も技術の進歩によりコンパクト化しつつあり、今後、緑化の可能性が増大することが見込まれる
- (3) 近年においては、屋上緑化や壁面緑化の技術が進み、またヒートアイランド対策として地方公共団体が屋上緑化や壁面緑化を積極的に推進していたり、都心の高層ビル群で地域冷暖房が進められるなど、ビル屋上の利用形態が従来に比べると大きく変化しており、大気浄化植樹の余地が広がっている。

解説

泉ら（2004）は、東京都 GIS データとデジタル空中写真を用いて、東京都 23 区の屋根面積の実態把握と陸屋根で屋上緑化が可能な屋上面積の推計を行った。

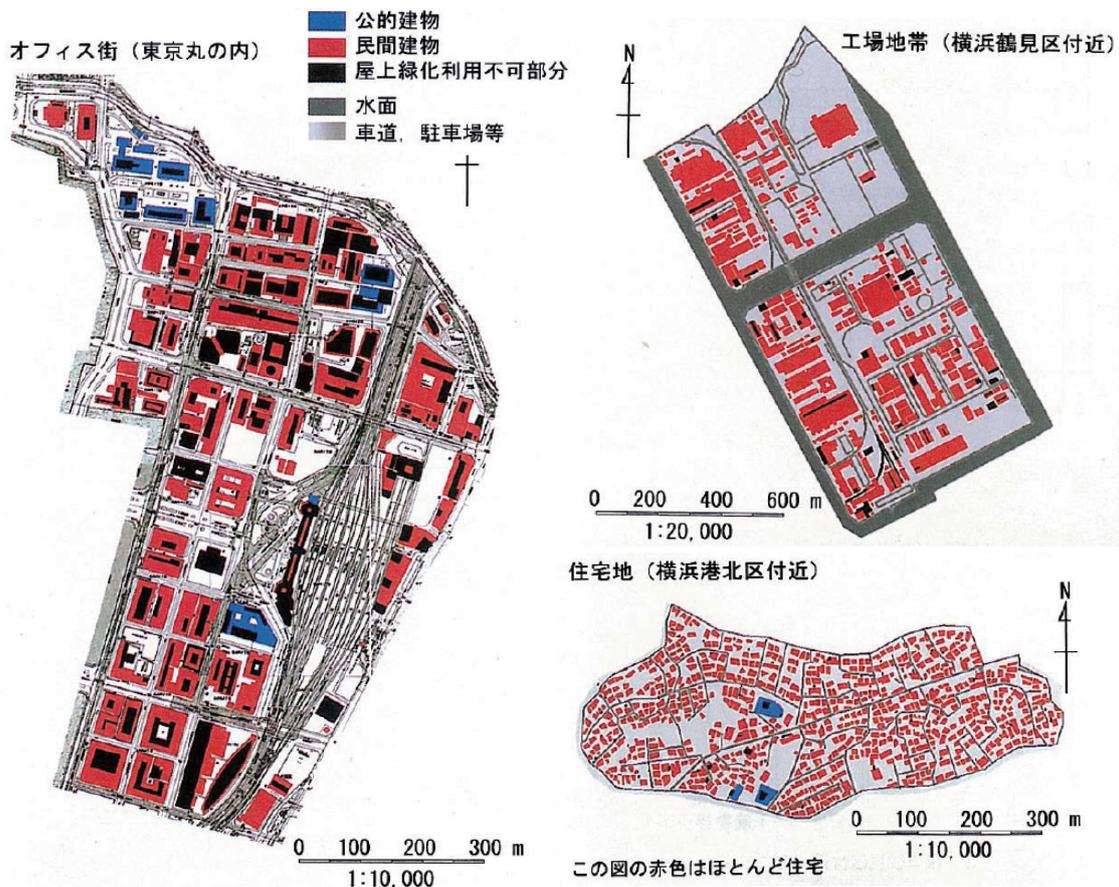
東京都 23 区の屋根面積は 16,491ha と推定され、その内訳は耐火構造建築物の屋根が 6,800ha、木構造の屋根が 9,691ha であった。屋上緑化の対象となる建物を、躯体構造の堅固な耐火構造建築物の陸屋根に限り、また屋上の利用状態の判読から屋上緑化可能率を推計した結果を、表 II.2.1-1 に示す。屋上緑化可能面積は東京都 23 区で 4,917ha で、23 区の全面積の約 8% と推定された。建築用途別の屋上緑化可能面積の比率は住宅系が最も大きく（約 81%）、階数別では 1-2 階（低層）が最も大きかった（約 84%）。このうち特に住宅系の 3-5 階（中層）は 1 区分で 1,514ha、全体の 31% を占めた。このため、今後の施策として、中層の住宅系に重点的に対策を行うことが屋上緑化面積を増やす上で効果的であることが示唆された。

表 II.2.1-1 東京都 23 区の建物構造・用途・階層別の屋根面積 (ha) 及び屋上緑化可能率 (%) (泉ら、2004)

面積 ha(%)	公共系	商業系	住宅系	工業系	合計
1-2階(低層)	274(79%)	164(86%)	198(87%)	178(86%)	813(84%)
3-5階(中層)	537(77%)	470(77%)	1,514(83%)	253(66%)	2,773(79%)
6-15階(高層)	100(64%)	505(70%)	617(76%)	74(79%)	1,296(73%)
16階-(超高層)	4(56%)	27(40%)	5(31%)	0(0%)	36(39%)
合計	915(76%)	1,165(74%)	2,332(81%)	505(74%)	4,917(78%)

坪松ら（2002）は、丸の内などのオフィス街、横浜市港北区の住宅地、横浜市鶴見区の工場地帯などで上空からの映像を用い（ヘリコプターにより高度約200～300mから地表写真を撮影）、それぞれの地域での屋上緑化可能面積の推定を行った。その結果の一部を図Ⅱ.2.1-1に示す。

最も屋上緑化が期待される東京都の丸の内のようなオフィス街では、建物の面積に比べ道路面積の割合が多く、ビル屋上での緑化可能面積は必ずしも多くはない。しかし、かつては屋上や壁面を植生で覆うことは躯体保護の面から問題もあったが、近年の建物は防水機能が向上し、逆に植生が壁面劣化のもととなる躯体表面の温度変化の緩和や紫外線の遮断など、緑化の効果が期待されていることから、屋上緑化への期待は大きいと考えられる。また、都市域の住宅地では、地価の問題から、建蔽率一杯に建物が建てられるが、屋根の総面積は地域面積の30%近くにあっており、それらが緑化できると、都市域に占める緑の量の増加に貢献できることが示唆された。



図Ⅱ.2.1-1 用途の異なる地域での建物屋上の利用状況の例（坪松ら、2002）

1-2 屋上・壁面などにおける緑化の可能性

- (1) 都市の市街地で広大な緑地を新たに創出することは、市街地再開発でも行わない限り容易なことではないが、屋上・ベランダ・壁面などの建築空間には工夫次第で緑化の余地があり、今後の都市緑地整備の主要なターゲットになりうる。これらは、個々の施設や敷地の規模で見れば小面積に過ぎないが、都市全体の総体で見れば、相当程度に大きな割合を占めることになる。
- (2) 特に、近年においては、軽量の生育基盤や植栽コンテナ、様々なタイプの緑化パネルなどの屋上・壁面緑化の技術が進み、施工事例も増えて一般の人々にも周知されるようになってきていることから、今後、大気浄化植樹の面でもおおいに期待される場所である。
- (3) ただし、建築空間における緑化を成功させるためには、植物の生存と生育に必要な環境条件（生育条件）を十分に確保できるか否か、また、植栽後のメンテナンスが確保できるか否かが重要なポイントになってくる。

解説

建築空間における緑化対象空間は建築物の外構、屋上、ベランダ・テラス、壁面、室内に大別されるが、それぞれの緑化の可能性を表Ⅱ.2.1-2に示す。

表Ⅱ.2.1-2 建築空間別の緑化の可能性

建築空間	緑化の可能性
外 構	都心部に林立する高層ビルなどでは、容積率の代償などとして公開空地を設けることが前提になっており、ビル周辺を対象に緑化の可能性は十分にある。
屋 上	建築物の屋上は荷重制限などの制約があるが、日照や降水は確保されているため、工夫次第で緑化が可能である。 しかし、生育基盤が一般に薄いことや、ビル風の発生に対する防風対策、日射の照り返しや地下からの水分供給がないため乾燥化しやすいなど、一般の自然地盤の緑地に比べると、生育条件はかなり厳しいといわざるをえない。 また、エレベーター設備や給水塔等の付属設備、避難路の確保、プライバシー保護や防犯のための出入りの制限など、緑地整備に当たり調整が必要な事項も多い。
ベランダ・テラス	ベランダやテラスは、周辺の路上や建築物から視認されやすく、景観上重要な場所でもあることから、緑化を推進したい場所である。特に集合住宅でのベランダは、大地とのふれあいが希薄になった都市住民にとって、草花や緑などの身近な自然に接する絶好の場である。市民一人一人が自主的・積極的に緑化を実践できる場であることから、環境保全や緑化に関する市民への啓発の意味でも、緑化の効果は大きい。
壁 面	壁面は、その空間的特性から、植栽面積の割に大きな緑被面積が得られる点に最大の特徴がある。しかも、周辺から視認されやすい場所であるため、緑化の対象地としても重要な場所である。エネルギー消費量の削減の面では、西日を受けやすい建築物西側の壁面が特に重要であるが、最近は総ガラス張りのビルも多く、反射により西側だけとも限らない。 生育環境としての環境条件は、壁面の向きや周辺の建築物との関係で日照・降水・風などの条件に差がでやすいため、緑化に際しては、これらの点に十分配慮する。 建築物壁面の延長上には高速道路や鉄道の高架、遮音壁などの緑化があり、特に都市域においては、緑化の必要性が高い場所の一つになっている。接道部での塀や道路沿いの遮音壁など、自動車排出ガス発生源に近い場所では特に有効であると考えられる。
室 内	都市建築空間の緑化の究極的な場所に室内の緑化（アトリウム）がある。NASA（アメリカ航空宇宙局）では、宇宙基地での生活を想定して、植物の大気浄化機能に着目して植物を室内の空気浄化に利用する方法を研究し、植物を利用した室内の空気浄化システムなどが開発されている。

2. 新築建築物の緑化と既存建築物の緑化

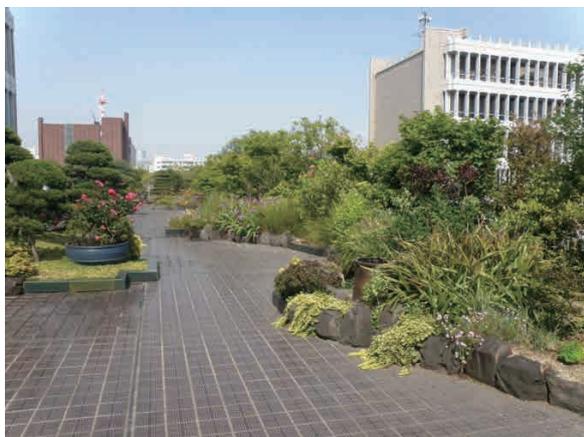
- (1) 建築空間の緑化では、新築あるいは増築の場合には、当初の計画・設計段階から屋上緑化や壁面緑化を計画的に盛り込んでおけば、本格的な緑化が可能である。
- (2) これに対して既存の建築物の場合には、建築物の老朽度、耐荷重、屋上付属施設の配置などが問題になってくるため、事前にこれらを十分に把握した上で、建築物の保全上無理のない範囲内で適切な緑化手法を検討する必要がある。特に、都市域に圧倒的に多い既存建築物の建築空間は、都市緑地の拡大の上でも、また大気浄化の上でも見逃せない。

解説

都市の建築空間を緑化する場合、新築・増築の建築物と既存の建築物とでは緑化の選択の幅が大きく異なる。

新築・増築の場合は、計画設計段階から緑化することを前提として、荷重、防水、給水、排水等を十分考慮して建築構造、植栽構成を検討することになるため、本格的な緑化が可能である。

一方、既存の建築物の場合には、事前にその建築物がどの程度の植栽に耐えられるか、建築躯体の荷重余力や防水層がどこまで耐えられるかなどを調査・判断し、その範囲内である程度安全率も見込んで植栽基盤の軽量化を図りながら植栽構成を検討することになる。



◀ 既存建築物の屋上緑化

築40年の既設の庁舎本館屋上を全面改修して屋上緑化を行っている。耐荷重が制限されていることから、軽量化に努めるとともに、防水対策、排水対策などが重要になってくる。盆栽仕立ての信楽焼の植栽鉢も移動可能で、工夫されている。

(目黒区総合庁舎本館目黒十五庭 /
東京都目黒区上目黒)

既存建築物の屋上緑化▶

ステップガーデンは、建物を一つの山と見立て、花鳥風月をテーマに四季の変化が楽しめる植栽である。南側が屋上階まで連続するような階段構造で、各階の植栽はルーフの植込みと一段低い部分に張り出したプランターから構成されている。

(アクロス福岡ステップガーデン /
福岡県福岡市中央区天神)



3. 本格的な緑化と簡易的な緑化

- (1) 都市域において建築空間の緑化を進める場合、市街地再開発やビルの建て替えの場合には、計画・設計段階から緑化することを盛り込めば、永続的かつ本格的な緑化が行える。
- (2) 既存建築物の場合には、諸般の事情によりそれが困難な場合も少なくないため、移動可能な緑化や簡易的な緑化であっても構わない。肝心なことは、与えられた条件の中でいかに工夫して、都市全体の総量としての緑を増やせるかである。

解説

都市の建築空間に緑化を行う場合、その緑は建築物の寿命によって存続が規定されてしまうが、最近では技術開発の進歩に伴い、建築物の耐用年数も長期化しているため、かなり長期に渡って安定した状態で緑を維持することも可能になってきている。このため、建築物を新築あるいは増築する際には、当初から緑化計画を盛り込んで永続的かつ本格的な緑化を図るのが望ましい。

しかしながら都市域に圧倒的に多いのは既存ビルや一般の住宅地であり、再開発の機会を除くと、これらの緑化を図っていくことが今日の都市緑化の重要な課題の一つであり、大気環境の改善を主眼とした大気浄化植樹の課題にもなっている。

これらの既存建築物では、耐用年数や積載荷重などの点で問題がある場合や、また屋上などでは、給水槽や空調設備などが所狭しと設置され、緑化のスペースがほとんど残されていない場合も多い。このような場所では、与えられた条件の中で、様々に工夫を凝らしながら緑化を図るといった姿勢が重要である。

したがって、用地難などのために緑地の飛躍的な拡大を図るのが困難になっている今日の都市域においては、従来利用することがほとんどなかった建築空間をいかに工夫・利用して緑化を進めていくことが重要な鍵となる。その意味では、屋上に植栽された芝生や、外構やベランダなどに置かれたプランターや鉢に植えられた中低木や草花にも大きな意義がある。



◀ アクロス福岡

隣接する天神中央公園との一体化を意図した屋上緑化スペースの「ステップガーデン」。当初から屋上緑化を取り入れた建築設計がなされている。

緑化面積 5,400m²とわが国の屋上緑化施設の中でも最大規模を誇る。

構成樹木は、建設当初 76 種、37,000 本、現在では鳥散布などによる他所からの侵入もあって 120 種、50,000 本程度に達している。

ヒートアイランド現象の緩和、断熱効果による冷房負担の軽減効果などが温熱環境実測調査などにより検証されている。（福岡県福岡市中央区）



◀ 目黒区総合庁舎本館

目黒十五庭

数寄屋建築で有名な村野藤吾氏の建築作品である築40年の既設の本館屋上を全面改修。

信楽焼の120年生盆栽仕立てのゴヨウマツを多用した区民・職員の憩いの場となっている。

設計・施工・監理の一切を東京農業大学の教員とOB、学生で行った意欲的取組で、維持管理・運営も区職員ボランティアチームと学生・業者委託のワークシェアで実施している。

(東京都目黒区上目黒)

六本木アークヒルズ ▶

サントリーホール屋上の人工地盤を緑化。

屋上やテラスを活用したルーフガーデン、フォーシーズンズガーデン、ローズガーデン、コンテナガーデンなどがある。

コンテナガーデンは、移動可能なプランターコンテナをケヤキなどの高木の周りに並べて中低木を植栽し、彩をそえている。

(東京都港区六本木)



◀ JR さいたま新都心駅

トイレの出入口の壁面緑化

駅構内のトイレの出入口という目立たないスペースを活かして、壁面緑化の生育基盤と耐陰性があり強健なツル植物を導入し、緑化を図っている。

従来はこのような場所では植物は育ちえなかったが、このような室内空間でも適切な照明さえあれば、緑化が可能になってきている。

(福岡県福岡市中央区)

4. 建築空間の植栽上の問題点

4-1 緑化地としての建築空間の環境条件

建築空間の緑化対象地は、通常 of 自然地盤の緑化地に比べて、以下に挙げるように、植栽木の生育にとってかなり厳しい環境条件（生育条件）下にある。

- ① 植栽基盤は、多くの場合人工地盤であり、有効土層に乏しい。
- ② 地下からの給水がないため灌水が必要であり、夏季に乾燥しやすい。
- ③ 逆に排水対策を十分に行わないと、排水が悪く、根腐れしやすい。
- ④ 高架下などでは、構造物により日陰になりやすく、日照条件が悪い。
- ⑤ ビル屋上や壁面では日射の照り返しが強く、熱線反射ガラスにより西日を受けやすい。
- ⑥ ビル風が発生しやすく、常に風が強い。

解説

建築空間の植栽対象地においては、建築空間特有の気象条件、土壌状況、水分条件が植栽した植物の生育や成長に影響を及ぼす。これらの環境条件は、基本的には植物の生育にとって厳しい環境であり、建築空間の植栽対象地における主な環境圧を表Ⅱ.2.4-1に示す。建築空間での緑化の際には、これらの環境圧に応じて、植栽基盤の充実、植栽樹種の選定、植栽の配置や構成、植栽密度、植栽方法、植栽後の養生と維持管理などを十分に検討し、適切な対策をとる必要がある。

表Ⅱ.2.4-1 建築空間の緑化対象地と主な環境圧

主な環境圧	外構	屋上	ベランダ	壁面	高架下
① 強風による生育阻害や風倒	○	○	○	○	
② 日照不足	○			○	○
③ 照り返しによる日焼け	○	○	○	○	
④ 有効土層不足	○	○	○	○	
⑤ 水分不足		○	○	○	○
⑥ 地温変化増大による生育阻害		○	○	○	
⑦ 栄養不足		○	○	○	
⑧ 根の過密による生育阻害		○	○	○	

4-2 植栽が建築物に及ぼす影響

- (1) 建築空間の緑化で注意すべき点は、植栽後の時間の経過に伴い植栽木が成長し、積載荷重が指数関数的に増加するなど、緑化後の経年変化を十分考慮する必要がある。
- (2) 樹木という「生き物」を扱うため、以下に示すように植栽が建築物に及ぼす影響があるため、実施にあたっては、十分な対策を講じることが重要である。

《屋上緑化が床面等に及ぼす影響》

- 根の伸長による防水層への影響（反面、被覆により防水層の劣化を防ぐ利点もある）
- 経年変化による樹木の成長に伴う積載荷重の増加
- ルーフドレイン（排水施設）の目詰まりによる漏水トラブル

《壁面緑化が壁面等に及ぼす影響》

- 根の着生・伸長による壁面の劣化、それに伴うタイル・漆喰等の剥離
- 壁面の汚れ

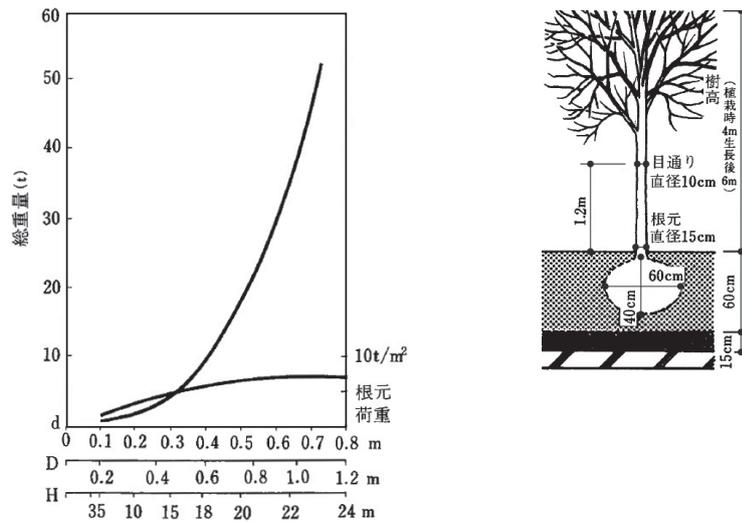
解説

建築空間を利用して緑化を行う場合、上記のような建築構造物への影響を考慮し、緑化手法の検討、植栽樹種の選定を行うとともに、その更新方法や日常的な維持管理も合わせて検討しておくのが望ましい。

表Ⅱ.2.4-2 植栽が建築物に及ぼす影響

影 響	影響の内容
① 根の伸長に伴う防水層への影響	<p>建築空間の生育基盤はほとんどが人工地盤である。このため、植物の根は水や空気を求めてコンクリートのひび割れに侵入したり、防水層の保護層を押し上げるなど、床面の躯体に影響を及ぼすことがある。</p> <p>その対策としては、常時湿潤になることを想定した上で、漏水の危険性の少ない防水工法を採用する。床底面に排水層を設けた上で、防水層上面を押しコンクリートや防根シートで保護する。特に防水層と排水ドレインの接合部からの漏水がないよう留意する。また、細粒土砂の流入防止のため、目詰まり防止フィルターをかける。</p> <p>なお、土壌や植物で防水層を覆うことになるので、紫外線や温度変化を免れて防水層や躯体が劣化しにくくなるというプラス面も考えられる。</p>
② 経年変化に伴う樹木重量の増加	<p>植栽当初は樹高数メートル、重量数十～数百 kg 程度しかなかった樹木も植栽後 20～30 年程度経てば樹木の大きさに伴って重量も指数関数的に増大し、樹高 10m、重量 10 トンを超すような大木になる。</p> <p>その対策としては、計画設計段階から植栽時の土壌・樹木の荷重だけでなく、生長後の樹木重量の増加を見込んで荷重設定をする必要がある(図Ⅱ.2.4-1 (p118))。土壌については、軽量化を図るための各種資材（人工軽量土壌）が開発されているのでそのような資材を用いるが、土壌や排水層などの生育基盤の資材は、湿潤時には水を含んで重量もかなり増大するため、積載荷重の検討にあたっては、湿潤時の重量を採用する。</p>
③ 排水施設への土砂の流入	<p>建築空間での緑化での雨水排水を考えた場合、森林の水源涵養機能や洪水防止機能と同様に、樹木による雨水の穏やかな流出や貯留など、従来の緑化しない屋上の雨水計画とは異なる条件が生じる。余剰の雨水や灌水の水を速やかに排水できるように排水勾配や排水方法を十分に検討する必要がある。</p> <p>その対策としては、排水のための水勾配は最低でも 1/100 以上（できれば 1/75 以上）とし、ルーフドレインは 1 空間最低でも 2 箇所以上設置する必要がある。ルーフドレインは土壌粒子や落葉により目詰まりしやすいため、目詰まり防止フィルターを設置する。排水施設については、設置すれば済むのではなく、その後の点検・清掃などが不可欠であり、そのための空間をあらかじめ設計しておく必要もある。</p>

<p>④ 壁面の劣化や剥離、汚れ</p>	<p>レンガや石積みは、素材自体に吸湿性があり空隙も多いため、植物の着生・生育にとって好都合であるばかりでなく、劣化せず根の伸長にも耐えるため特に支障はない。しかし、コンクリートの打ち放しやタイル張りの壁面については、外壁のヒビやコーキング（目地充填剤）が劣化している場合には、そこに水が溜まりやすくなるため気根などが隙間に侵入しやすくなる。また、根からにじみ出る「根酸」と呼ばれる有機酸により素材が溶けだすともいわれているが、その影響はごく表層に限られている。このため、根の着生伸長により壁面が劣化したり、剥離したり、汚れが目立ちやすくなることが考えられる。</p> <p>しかし、壁面緑化が従来から盛んなヨーロッパの諸国でもツル植物により建物が壊れたといったような話はなく、国内においてもそのような報告はない。</p> <p>対策にあたっては、建築物の壁面に直接植物を着生・生育させるのではなく、生育基盤やネットフェンスなどの登はん補助資材の設置などが挙げられる。</p>
----------------------	--



●樹高10m以上の樹木の総重量と地上部重量の根元断面積にかかる根元荷重

図Ⅱ.2.4-1 樹木の大きさと重さ (興水、1985)

表Ⅱ.2.4-3 樹木の大きさと土壌の重さ (興水、1985)

盛土土壌	種類	壤土（畑黒土）	壤土+砂 40%	壤土+改良材 40%	壤土+改良材 40%
	比重 重量	1.4～1.7 840～1,020kg/m ²	1.5～1.8 900～1,080kg/m ²	1.1～1.4 660～840kg/m ²	0.9～1.1 540～660kg/m ²
排水層	種類	砂利	軽石	メサライト	ビーナスライト
	比重 重量	1.7～2.1 255～315kg/m ²	1.0～1.4 150～210kg/m ²	1.2～1.5 180～225kg/m ²	0.1～0.2 15～30kg/m ²
合計		1,095～1,335kg/m ²	1,050～1,290kg/m ²	840～1,065kg/m ²	555～690kg/m ²

コラム 根酸（こんさん）

植物の根が分泌する有機酸を根酸という。植物は根から分泌した有機酸によってAlなどの有害な物質を無毒化するだけでなく、必要とする元素の取り込みにも役立っている。ナツツタなどの付着型のツル植物の場合を例にあげると、気根から根酸を分泌し、周辺の有機質を溶かして養分として吸収している。その際にその分泌物によって壁面の表面を溶かすなどにより建築物への被害が懸念されているが、実際には未だよくわかっていない。

出典）平舘俊太郎（1999）：根から分泌される有機酸と土壌の相互作用—土壌による吸着反応と有機酸による溶解反応



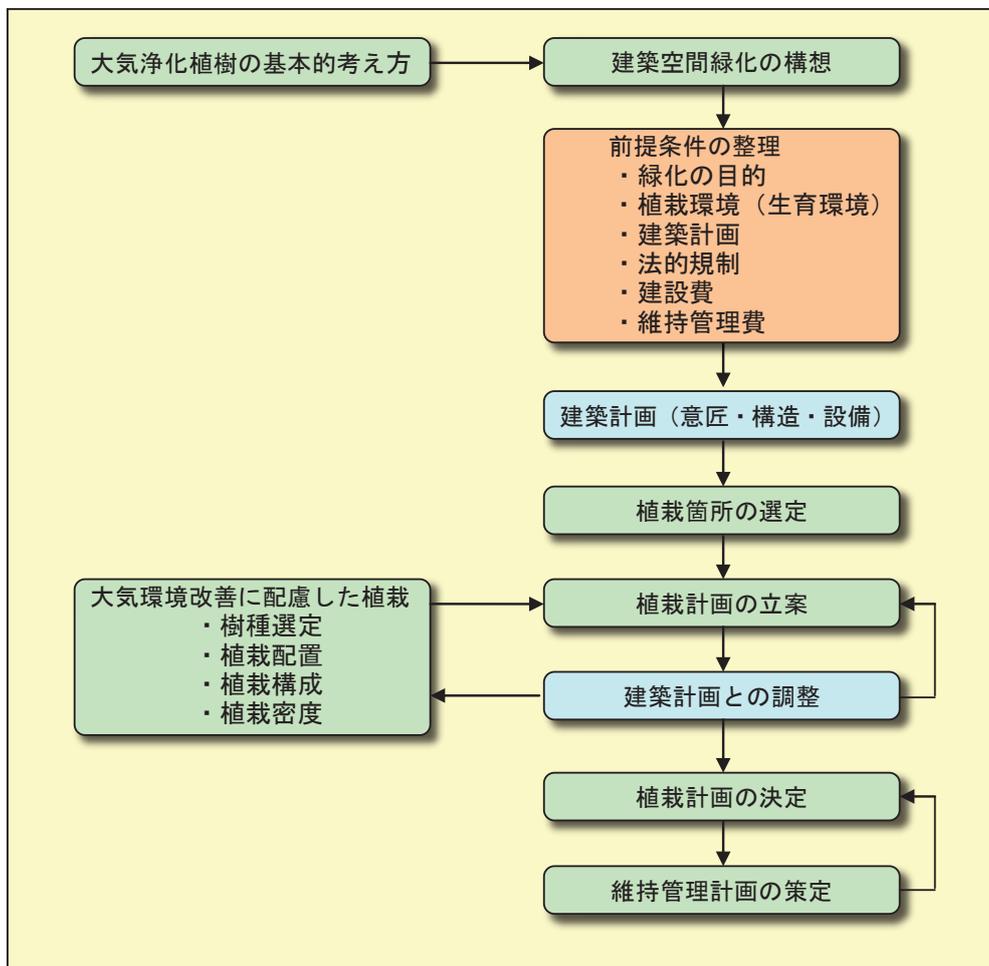
第3章 緑化計画・設計にあたって

1. 緑化計画策定の手順と前提条件等の整理

- (1) 都市建築空間における緑化は、企画立案、計画・設計、施工、維持管理の各段階の手順からなる。
- (2) 検討にあたっては、建築用途、緑化の目的と期待する効果の明確化、緑化可能空間の位置と規模、緑化に係わる諸条件の整理、緑化手法・技術の検討、完成後の維持管理に対する考え方など、事前に十分に検討する必要がある。

解説

緑化計画の策定の手順を、図Ⅱ.3.1-1に示す。建築空間緑化の緑化対象箇所の選定や具体的な植栽計画の策定にあたっては、前提条件を十分に整理し、建築計画（意匠・構造・設備など）との調整が必要である。緑化にあたっては、特に大気浄化に適した樹種選定、植栽配置・植栽構成・植栽密度などの植え方が重要な検討課題になるが、建築空間特有の植栽環境（生育環境）などの前提条件や建築計画との調整が重要である。



図Ⅱ.3.1-1 建築空間の緑化計画策定の手順

2. 建築計画との調整

緑化箇所の選定、緑化の計画・設計にあたっては、建築計画（意匠・構造・設備）との調整を図る必要がある。

解説

大気環境の改善を主眼とした建築空間の緑化計画検討に際し、建築計画との調整を図る上での留意事項を表Ⅱ.3.2-1に示す。屋上などの建築空間の緑化を進めるにあたっては、建築意匠・建築構造・施設設備などとの調整が必要であるが、最近では業務ビルや大型商業施設の屋上やテラスに庭園や広場などを設けて、社員の福利厚生施設として利用したり、公開緑地として一般に公開している企業が増えている。副都心や湾岸地域など、再開発が進み中高層ビルなどが集中しているような地区では、地域冷暖房が進み、屋上にある施設の整備縮小が進み、むしろ屋上の未利用空間が増える傾向もみられる。施設別、新築・既存別の緑化に要する費用を表Ⅱ.3.2-2に示す。

表Ⅱ.3.2-1 建築計画（意匠・構造・設備など）との調整を図る上での留意事項

建築計画	調整内容
建築意匠	● 建築物全体との調和を図り、都市景観の面でも違和感のないものにする。
建築構造	● 設計積載荷重の範囲内で植栽基盤を整備し植栽する。その際、生長後の樹木重量の増加分を見込んだ荷重設定を行う。 ● 漏水防止の徹底を図るために、根の伸長・侵入から防水層を保護するとともに、排水設備の機能が低下しないように特に注意する。
施設設備	● 屋上の場合、エレベーター設備、給水槽、換気塔などの付属設備との調整が必要である。
建築費用	● 屋上緑化が普及するための課題として、建物建築費の増加がある。一般財団法人エンジニアリング振興協会（1991）の調査によると、東京都区内のテナントビルの標準モデルとして、延べ床面積9,000m ² 、基準階面積1,000m ² 、地上階9階（地下なし）、鉄骨造り純ラーメン架構のオフィスビルを想定し、屋上積載荷重と工事比率を試算すると、1t/m ² の荷重増で建物建築費が約3%アップする結果となった。 ● また、この調査では人工軽量土壌を用いた場合の建物建築費の低減効果も検討している。前記標準モデルの標準的な緑化造成費は人工軽量土壌を使用すると14,000円/m ² 上昇するが、緑化荷重は400kg/m ² 程度低減でき、建築設計費を延べ床面積当たり40万円/m ² とすると、屋上緑化造成費と建物建築費の合計費用は3,000万円程度安くなるという計算結果がでている。

表Ⅱ.3.2-2 施設別・目的別の緑化費用（東京都新宿区、1992）

(新設/既存)施設	屋上面積 (m ²)	植栽面積 (m ²)	設定耐荷重 (kg/m ²)	植栽荷重 (kg/m ²)	建設費		維持管理費 (円/m ²)	緑化目的・形態
					植栽 (円/m ²)	基盤 (円/m ²)		
(新設) オフィスビル	1,300	900	360	250	14,000	36,000	3,000	社員の休憩の場
(既存) オフィスビル	550	400	300	200	12,000	26,000	3,500	社員の厚生施設
(新設) 賃貸用建築物	100	30	1,000	700	29,000	30,000	6,700	純和風庭園
(既存) 賃貸用建築物	2,660	340	300	280	28,000	75,000	4,300	スポーツ公園
(新設) 共同住宅	290	250	300	180	9,000	39,000	居住者払	菜園付き省エネ庭園
(既存) 共同住宅	230	200	100	90	1,000	21,000	放置	屋上焼込防止の草地
(新設) 個人住宅	44	36	600	400	11,000	36,000	5,400	観賞庭園と野菜栽培
(既存) 個人住宅	25	15	180	170	33,000	115,000	居住者払	軽量コンテナ庭園

出典) 新宿区(1992): 都市建築物緑化モデルプラン集 より抜粋

3. 積載荷重、法的規制等のチェック

- (1) 屋上緑化などにより土壌・植栽・設備などの荷重が増加するため、できるだけ軽量で生育上支障のないものとし、均等な荷重分布にする必要がある。また、降水や灌水により土壌が水分を含めばその分重くなり、時間の経過に伴い植栽木が成長し指数関数的に重量が増えることにも留意する。
- (2) 安全性・防災性・避難性などの観点から建築基準法などの建築関連法令、条例、指導要綱など、法的規制関連の確認を行い、これをクリアする必要がある。

解説

屋上緑化により建築物の上層階に荷重を積載した場合、上階だけでなく各階に影響が及ぶ。荷重は鉛直方向だけでなく、水平方向にもかかり、最下層には上階からの全ての荷重が集中するため、地震時には破壊されることが多い。このため、屋上緑化の際には、生育基盤、植栽木、排水・灌水設備などはできるだけ軽量で均等な荷重分布にする必要がある。

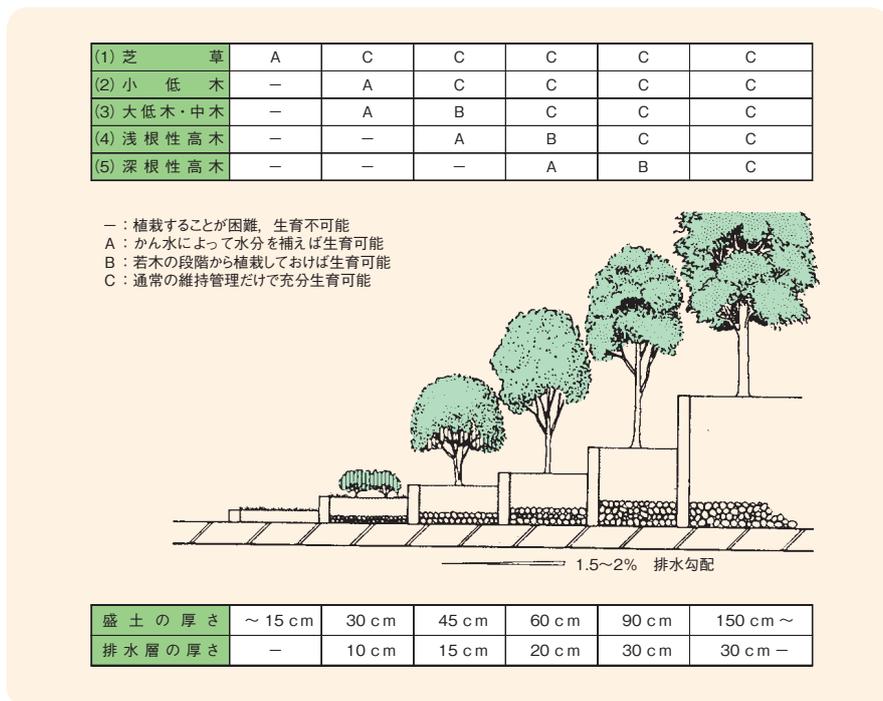
積載荷重の制限については、建築基準法施行令第85条に定められており、建築空間の緑化の際にも、植栽荷重（土壌、排水層、樹木などの総重量）は、建築物の固定荷重の一部として構造計算に組み込む必要がある。

構造計算に用いる積載荷重は、その室・用途ごとの種類により規定されており、床の構造計算、大梁・柱・基礎の構造計算、地震力の計算によりその値は異なっている。建築空間の緑化が主として行われる屋上やバルコニーの積載荷重は、学校や百貨店の用途に供する建物以外では住宅の居室並みの小さい値が規定されている。特に、既存の建築物では、当初設定されている積載荷重の値の範囲内に納まるように緑化計画を検討する必要がある。

表Ⅱ.3.3-1 室の種類別の積載荷重制限（建築基準法施行令第85条より抜粋）

室の種類	床の構造計算の場合		大梁・柱・基礎の構造計算の場合		地震力の計算の場合	
	①住宅の居室、住宅以外の建築物の寝室又は病室	180kg/m ²	1,800N/m ²	130kg/m ²	1,300N/m ²	60kg/m ²
②事務所	300kg/m ²	2,900N/m ²	180kg/m ²	1,800N/m ²	80kg/m ²	800N/m ²
③教室	230kg/m ²	2,300N/m ²	210kg/m ²	2,100N/m ²	110kg/m ²	1,100N/m ²
④百貨店又は店舗の売場	300kg/m ²	2,900N/m ²	240kg/m ²	2,400N/m ²	130kg/m ²	1,300N/m ²
⑧屋上広場又はバルコニー	①の数値による。ただし、学校又は百貨店の用途に供する建築物にあっては、④の数値による。					

植物の生育に必要な土壌の厚さは、植物の大きさ、植物の種類や性質、灌水などの管理の有無や頻度によって異なるが、積載荷重を抑えるためにはできるだけ土壌の量を抑える必要がある。樹木の大きさ、性質などによる必要土層厚は、図Ⅱ.3.3-1に示すように、高木では60～90cm以上、中木では50cm以上、低木でも30cm以上必要であるが、積載荷重を抑えるために人工軽量土壌や軽量の土壌改良資材を用いて通常の土壌を土壌改良する場合が多い。



図Ⅱ.3.3-1 植物の大きさ・性質による必要土層厚（輿水、1985）

灌水設備の有無、緑化工法別の植栽の総重量（排水層・土壌・樹木などの合計）は表Ⅱ.3.3-2に示すように、樹木の大きさが大きいほど、また灌水設備の有無では、灌水設備がある場合よりもない場合の方が必要土層厚が大きくなり、植栽の総重量も多くなる。また、樹木の重さが時間の経過、すなわち成長に伴い指数関数的に増えることとともに、土壌や排水層の重さも乾いたときに比べて降水や灌水により土壌が水分を含んだ場合にはその水分量だけ増加することに留意する必要がある（積載荷重の算定にあたっては、湿潤時の重量を採用する）。

なお、屋上に関する規制としては、積載荷重制限の他に、表Ⅱ.3.3-3に示すように、屋上広場やバルコニーの手すり壁などの設置の義務づけ、百貨店などにおける避難用の屋上広場の設置などの規制もあり、これらの法的規制をクリアして、安全かつ無理のない利用や管理ができるように計画することが重要である。

表Ⅱ.3.3-2 灌水設備の有無別、緑化工法別の植栽の総重量と単位面積当たりの重量
(都市緑化技術開発機構特殊緑化共同研究会、1996)

(灌水設備のない場合)

工法		芝生・地被	低木	中木(約2m)	高木(約4m)
自然土壌工法	土壌厚	30cm	40cm	50cm	70cm
	排水層	8cm	10cm	15cm	20cm
	土壌などの荷重	528kg/m ²	700kg/m ²	890kg/m ²	1,240kg/m ²
	樹木などの荷重	18kg/m ²	30kg/m ²	24kg/m ²	94kg/m ²
	合計	546kg/m ²	730kg/m ²	914kg/m ²	1,334kg/m ²
改良土壌工法	土壌厚	30cm	40cm	50cm	70cm
	排水層	8cm	10cm	15cm	20cm
	土壌などの荷重	438kg/m ²	580kg/m ²	722kg/m ²	1,000kg/m ²
	樹木などの荷重	18kg/m ²	30kg/m ²	24kg/m ²	94kg/m ²
	合計	456kg/m ²	610kg/m ²	746kg/m ²	1,094kg/m ²
人工軽量土壌工法	土壌厚	15cm	20cm	30cm	50cm
	排水層	7cm	10cm	12cm	15cm
	土壌などの荷重	147kg/m ²	200kg/m ²	282kg/m ²	440kg/m ²
	樹木などの荷重	18kg/m ²	30kg/m ²	24kg/m ²	94kg/m ²
	合計	165kg/m ²	230kg/m ²	306kg/m ²	534kg/m ²

(灌水設備のある場合)

工法		芝生・地被	低木	中木(約2m)	高木(約4m)
自然土壌工法	土壌厚	15cm	30cm	45cm	60cm
	排水層	8cm	10cm	10cm	15cm
	土壌などの荷重	288kg/m ²	540kg/m ²	780kg/m ²	1,050kg/m ²
	樹木などの荷重	18kg/m ²	30kg/m ²	24kg/m ²	94kg/m ²
	合計	306kg/m ²	570kg/m ²	804kg/m ²	1,144kg/m ²
改良土壌工法	土壌厚	15cm	30cm	45cm	60cm
	排水層	8cm	10cm	10cm	15cm
	土壌などの荷重	255kg/m ²	450kg/m ²	645kg/m ²	870kg/m ²
	樹木などの荷重	18kg/m ²	30kg/m ²	24kg/m ²	94kg/m ²
	合計	273kg/m ²	480kg/m ²	669kg/m ²	964kg/m ²
人工軽量土壌工法	土壌厚	8cm	15cm	25cm	40cm
	排水層	3cm	3cm	3cm	3cm
	土壌などの荷重	74kg/m ²	123kg/m ²	193kg/m ²	298kg/m ²
	樹木などの荷重	18kg/m ²	30kg/m ²	24kg/m ²	94kg/m ²
	合計	92kg/m ²	153kg/m ²	217kg/m ²	392kg/m ²

表Ⅱ.3.3-3 屋上に関する法的規制

規制内容	条 文	関連法規
屋上広場・バルコニーの積載荷重	建築物の各部の積載荷重は、当該建築物の実況に応じて計算しなければならない。 (詳細は表Ⅲ.3.3-1 (p123) 参照)	建築基準法施行令第85条第1項
屋上広場・バルコニーの手すり壁の設置	屋上広場又は2階以上の階にあるバルコニーその他これに類するものの周囲には、安全上必要な高さが1.1m以上の手すり壁、柵又は金網を設けなければならない。	建築基準法施行令第126条第1項
避難用の屋上広場の設置	建築物の5階以上の階を百貨店の売り場に供する場合においては、避難の用に供することができる屋上広場を設けなければならない。	建築基準法施行令第126条第2項

4. 施設別の緑化目的と緑化計画・設計のポイント

- (1) 緑化計画・設計の立案にあたっては、導入する植物の生育を阻害する都市特有の厳しい環境圧を踏まえ、その影響が最小限になるように、また、施設別に求められる緑化の目的と効果が最大限に成就・発揮されるように、植栽基盤、植栽（樹種選定・配置・構成）、環境圧対策（風対策など）、各種対策（防水対策、排水対策、灌水設備、防根対策）、維持管理の手法を検討する。
- (2) 建築空間の緑化は、住宅、商業・業務ビル、公共施設、駐車場など、施設によって施設の本来の機能や植栽に求められる目的がそれぞれ異なるため、それに応じて検討することが重要である。

解説

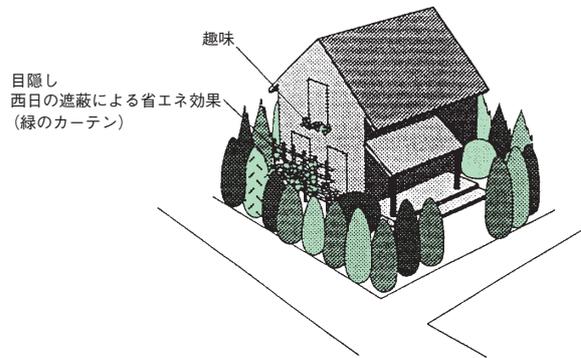
主要施設の主な緑化目的と緑化計画のポイントを表Ⅱ.3.4-1に示す。それぞれの施設の特性と緑化目的を確認した上で、それぞれの施設にあった緑化計画を検討することが重要である。

表Ⅱ.3.4-1 施設別の緑化目的と緑化計画のポイント

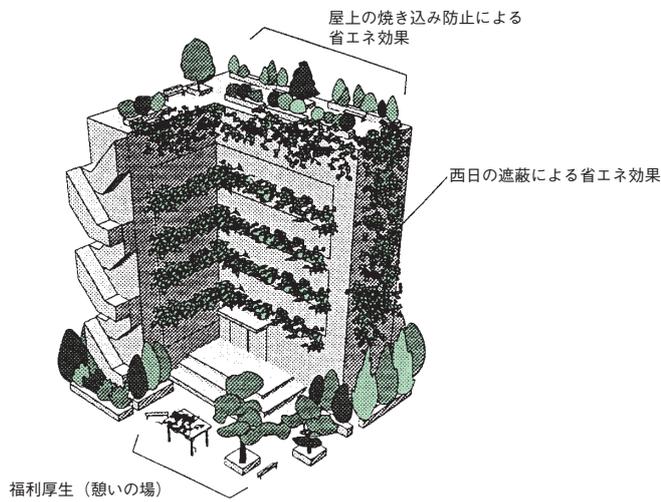
施設	緑化目的	緑化計画のポイント
戸建住宅	目隠し 趣味 環境改善	家主の嗜好を活かした庭づくりが可能である。接道部のブロック塀やフェンスを生垣に替えたり、壁面緑化等を行えば、大気浄化効果ばかりでなく、景観形成にも寄与する。西日除けの植栽は省エネ効果が大きい。最近は緑のカーテンづくりが盛んに行われている。
集合住宅	環境改善 趣味 憩いの場	建築物の外構、住棟間のペDESTリアンデッキなどの人工地盤が多く、生活環境改善のために緑豊かな緑地空間を形成することが可能である。駐車場周りは景観面のみならず自動車排出ガスの発生源対策としても重要である。戸別のベランダやバルコニーでは、プランターや鉢を用いて住民嗜好にあった中低木や草花の栽培が可能である。
業務ビル	環境改善 省エネ 憩いの場 企業イメージ向上	土地開発などに伴う公開空地などでは、地域の環境改善や景観面からできるだけ緑豊かな緑地空間の創出が期待できる。屋上庭園や外構の緑は従業員の憩いの場であり、緑化すれば省エネ効果が得られるほか企業のイメージアップも期待できる。
大型店舗	集客 企業イメージ向上 省エネ	百貨店などの大型店舗の屋上には避難用の屋上広場を設けることが義務づけられており、避難経路などに支障がない範囲内で可能な限り広い植栽地を確保し憩いの場とすれば、集客力があがる。また、企業としてのイメージアップにも繋がる。緑化パネルによる壁面緑化や移動式プランターの導入も動線を考慮しながら緑化でき効果的である。
公共施設	環境改善 省エネ 景観形成 住民の啓発	緑豊かな街づくり、都市の景観形成とともに大気浄化植樹においても都市緑化の中核となる重要な役割が期待される。特に学校、公民館、図書館などの文教施設は地域住民との結びつきが強く、市民に幅広く利用される施設であることから、このような場所での緑化は住民に関心をもってもらうなど、啓発の意義が大きい。
駐車場	目隠し 環境改善 景観形成	駐車場は自動車排出ガスの主要な発生源の一つであり、発生源対策として大気浄化植樹の重要な対象施設である。地下駐車場の上の人工地盤や複層階の駐車場では屋上や壁面を緑化する。汚染物質に対する耐性のある強健な樹種を主体に、冬季でも効果が期待できる常緑樹を多用するのが望ましい。

各施設のうち、戸建住宅、業務ビル、駐車場をとりあげ、大気浄化植樹のイメージを図Ⅱ.3.4-1に示す。

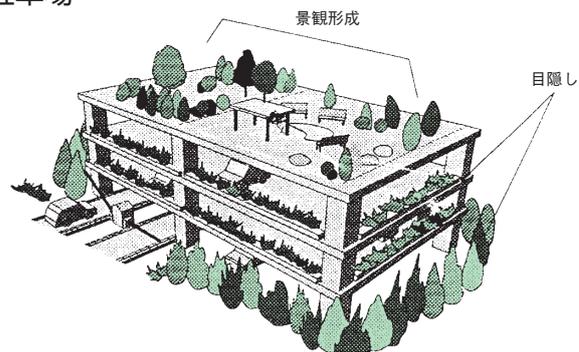
戸建住宅



業務ビル



駐車場



図Ⅱ.3.4-1 施設別の建築空間緑化のイメージ



第4章 都市建築空間における緑化の方法

1. 植栽上の課題とポイント

大気浄化に主眼をおいた建築空間の緑化を効果的に進めるための課題とポイントは以下のとおりである。

① 建築空間特有の厳しい環境圧

屋上や壁面などの建築空間での植物は、一般に強風、夏季の高温や乾燥、西日などの強烈な日射など、厳しい環境の下に生育することになるため、あらかじめ十分な生育基盤の確保、防風対策、給水・灌水設備、マルチングによる蒸発抑制など、十分な対策を講じる。

② 環境圧や維持管理を踏まえた樹種選定

大気浄化の効果を高めるためには、浄化能力が高い植物を植栽し、葉量も多くなる植物が望ましいが、植栽後の経年変化により積載荷重が増大するためには、ある程度の剪定・刈込は不可欠であり、厳しい環境圧や維持管理も考慮して慎重に樹種選定を行う必要がある。

③ 適切な維持管理による健全な生育の確保

植栽木固有の本来の大気浄化能力を発揮させるためには、健全な生育を確保する必要がある。健全な生育を維持するためには、日常的な保守点検や維持管理を行うことが重要である。

解説

大気浄化を主眼とした建築空間での緑化のポイントを従来の建築空間の緑化と比較し、表II.4.1-1に示す。

表II.4.1-1 建築空間緑化における課題とポイント

緑化のポイント	内 容
① 緑化スペースの創出	<p>建築空間における緑化では、光、水、温度、風、土壌などの都市特有の厳しい生育環境を踏まえ、植栽基盤を十分に整備した上で、これらの環境条件をできるだけ改善することが重要である。</p> <p>最近では都市の再開発に伴い、建築物の屋上や壁面などが緑化スペースとして見直され、都市景観やアメニティの向上のため地方公共団体や企業を中心に建築空間の緑化が進められている。</p> <p>一方、大気浄化を主眼とした緑化では、必ずしも人間が見て楽しむ必要性はないため、ビルの玄関周りや外構などの目立つ場所に加えて、人々の目に触れない建築物の裏側や狭隘な空間、また立入りのできない未公開の屋上などの場所も緑化空間になりうる。このような場所においては、通常生育条件もより厳しいことから、生育基盤の整備などの生育環境の整備がより重要になる。</p>
② 導入樹種の選定	<p>従来、建築空間の緑化においては、積載荷重制限や維持管理上の問題から、樹種特性として成長の遅い樹種や成長してもあまり大きくならない樹種を導入することが多かった。</p> <p>しかし、大気浄化植樹を主眼とした緑化においては、成長が速い樹種や成長して緑量豊かな大木になるような樹種が適している。</p> <p>常緑樹と落葉樹で比較すると、一般に大気汚染に対する耐性或耐陰性は落葉樹よりも常緑樹の方が大きい傾向があり、大気浄化能力は常緑樹より</p>

	<p>も落葉樹の方が大きい傾向があるが、冬季の効果を期待するなら、落葉樹よりも常緑樹である。</p> <p>建築空間の緑化の場合、一般の自然地盤の植栽地よりも生育環境が厳しいため、大気浄化効果を高めるためには、大気浄化能力が高いことに加え、大気汚染に対する耐性、耐乾性、耐陰性など、環境適応性に優れた強健な樹種を中心に樹種選定し、厳しい環境でも健全な生育が可能な樹種を選ぶのが次善の対策であると考えられる。</p>
<p>③ 適切な維持管理</p>	<p>従来の建築空間の緑化においては、積載荷重制限があるため、成長の遅い樹種、枝葉を十分に伸ばさないような樹種、漏水防止のために根系が深くまで伸びないような樹種などを導入し、全般的に樹木があまり大きくならないように努めるとともに、強度の剪定や刈込によって樹形や大きさを調整する傾向があった。</p> <p>しかし、大気浄化を主眼とした緑化においては、枝葉は可能な範囲で十分に伸ばし、根系の発達も妨げず、剪定や刈込も必要最小限にとどめて、大きく伸び伸びと育てるのが望ましい。</p> <p>水ストレスや養分ストレスを与えて本来の大気浄化能力が低下することのないように、こまめな灌水や施肥などの適切な管理が必要である。</p>

2. 屋上及びベランダ等の緑化

2-1 建築の面からの緑化手法・技術

- (1) 屋上・ベランダなどの人工地盤上で緑化を行う場合、土壌・植栽・設備などの積載荷重がかかるほか、屋上付属施設の配置や避難路の確保などとの調整を図り、植栽場所を適切に選定するとともに、荷重が平均的に分散するよう留意する。
- (2) 屋上やベランダなどの緑化のトラブルで最も多いのは漏水である。このため、建物内部への漏水を防ぐ防水工法、余剰水を速やかに流す排水設備と排水勾配、植物の根の伸長から防水層を守る防根対策など、適切な緑化工法・緑化技術で整備する。

緑化手法・技術	概要
植栽箇所	生育環境、屋上付属施設、避難経路、積載荷重等を考慮して選定。
積載荷重対策	土壌、排水層、植栽樹木などの積載荷重制限のクリア。荷重の平均分散。
防水工法	微細な部分まで洩れなく防水（排水ドレインの水仕様、壁面の立ち上がり）。
排水設備	排水層、暗渠排水管、ルーフトレインの設置。排水勾配。目詰まり防止。
防根対策	防水層を根の伸長に耐えるような構造に整備。防根用シートの併用。

解説

建築上の面からみた建築空間緑化の主な緑化手法・技術を、表Ⅱ.4.2-1に示す。

表Ⅱ.4.2-1 建築上の面からみた建築空間緑化の主な緑化手法・技術

緑化手法・技術	主なポイント
① 植栽箇所	<p>建築空間は、日照、降水、風、土壌などの生育環境条件が厳しいため、樹種選定や樹種構成にあたっては、それらの点を十分考慮する必要がある。</p> <p>特に風は、建築物の高さや他の建築物との位置関係によってかなり強さが異なるため、植栽木の風倒や乾燥による生育障害などが生じないように、風の弱い場所に植栽場所を設けたり、防風垣の設置など、植栽の配置も工夫する必要がある。日照条件についても、終日日陰になるような場所は避けるとともに、日陰では耐陰性の強い樹種を導入する。植栽配置にあたっては、積載荷重が偏らないように、均等な荷重分布になるように配置する。</p> <p>また、エレベーター施設、給水槽、換気塔などの屋上付属施設の配置や避難経路に支障がないように、他の屋上利用の目的との調整を図ることが重要である。</p>
② 積載荷重対策	<p>建築空間の緑化にあたっては、その植栽にみあった植栽基盤の整備が重要であり、植栽箇所には、植栽基盤の重量と植栽木の重量の総量が荷重としてかかる。</p> <p>生育基盤については、降水や灌水による湿潤時には乾燥時に比べて水分量が増加する。植栽木については、植栽時にはそれほど重くなくても、時間の経過に伴い成長するため指数関数的に重量が増大するため、計画設計段階の荷重検討の際に、植栽時だけでなく、成長後の樹木重量の増加分を見込んでおく必要がある。</p> <p>新築の場合には、積載荷重に耐えうる構造の躯体をつくる必要があるが、荷重の増大は即建設費の増大に繋がるため、人工軽量土壌などで対応する。一方、既存建築物の場合には、設計積載荷重の範囲内で可能な植栽を行うことになるが、軽量の緑化基盤を造成すれば、その分多様な植栽をすることができる。</p> <p>植栽荷重を躯体全体の支持構造の問題と捉えれば、荷重分散を図る構造設計を第一に考えるが、高木により特に重くなる場所については、柱や梁で受け止めるなど、植栽配置は荷重対策としても十分に検討する必要がある。</p>

<p>③ 防水対策</p>	<p>屋上などの人工地盤上の防水は、建築物内部への漏水を防ぐために十分に行う必要がある。基本的にはアスファルト防水工法やアスファルトシート防水などの適切な防水工法により防水の徹底を図る。</p> <p>防水層の劣化は、温度変化や紫外線によるため、植栽箇所の下防水層は一般に劣化しにくい。植栽箇所と非植栽箇所との境界部分などで特に劣化しやすい。このため、屋上全面に人工軽量土壌を盛り、通行する場所だけ舗装する方法もある。</p> <p>特に土壌と接する部分や排水ドレインの水仕舞いに注意して設計することが重要である。また、人工地盤からの壁面の立ち上がりについては、土壌表面よりも少なくとも15cm以上とって十分な余裕をもたせる。</p>
<p>④ 排水対策</p>	<p>屋上などの建築空間で最も多いのは漏水トラブルである。漏水の原因としては、防水層そのものからの漏水はごく少なく、原因の多くはルーフトレインや排水管の目詰まりによる滞水である場合が多い。</p> <p>このため、適切な排水勾配（最低でも1/100以上、できれば1/75以上とする）をとる。ルーフトレインは最低2箇所以上設置することを原則とし、土壌粒子や落葉による目詰まりを防止するとともに、目詰まりの点検確認ができるような空間（枘）を設けておくことも重要であり、日常的な点検管理が欠かせない。</p>
<p>⑤ 防根対策</p>	<p>植栽木の根が防水層の隙間に侵入すると、漏水の危険性が飛躍的に増大する。このため、防水層を根の侵入・伸長に耐える構造にするとともに、防根用シートの併用なども考える必要がある。</p> <p>防根用シートには、不透水系シートと透水系シートに大別される。前者は、不透水性のポリエチレンフィルムなどで、植栽基盤の排水層の下に敷き込むが、排水層まで根が侵入・伸長し、排水機能を低下させるおそれがある。後者は、化学繊維を密に織ったもので微細な根も通さない物理的なものと、化学物質で根の生育を止める化学的なものがあるが、いずれも排水層の上に敷き込むため、排水層の排水機能を低下させないメリットがある。</p> <p>防根用シートの設置にあたっては、土壌表面よりも少なくとも15cm以上とって余裕をもたせること、シートが浮かないように注意すること、排水枘の周りも必ず防根用シートを立ちあげることなどがあげられる。</p>

2-2 植栽の面からの緑化手法・技術

- (1) 屋上・ベランダなどの人工地盤上で緑化を行う場合、植栽基盤となる土壌条件が通常自然地盤の植栽地とは大きく異なる上、降水・日照・風などの環境条件が植栽木の生育にとってかなり厳しい環境にある。このため、これらの環境圧を可能な限り緩和できるよう、植栽基盤の充実を図る必要がある。
- (2) しかし、積載荷重制限などの建築構造上の制約や利用上の制約などから充実した整備が困難な場合が多く、これらとの調整により現実的な対応策を検討する必要がある。植栽の面から特に重要なのは、建築物の積載荷重制限や対象空間の環境条件に適した土壌の選択、乾燥を防ぐための人工的な灌水設備、マルチングによる蒸散や土壌飛散の抑制、支柱などによる防風対策、環境圧や周辺環境に配慮した植栽構成と配置などである。

緑化手法・技術	概要
土壌	軽量土壌などの採用、有効土層の確保。
灌水設備	スプリンクラー、ミスト、点滴パイプ、浸出しパイプなどの灌水設備。
保水対策	保水・乾燥防止のためのマルチングによる蒸発防止、土壌飛散の防止。
防風対策	従来型支柱、ワイヤー支柱、地下支柱などによる防風対策。耐風性樹種。
植栽構成・配置	風などの生育環境や周辺環境への影響に配慮した植栽構成・配置。

解説

植栽上の面からみた建築空間緑化の主な緑化手法・技術を、表Ⅱ.4.2-2に示す。

表Ⅱ.4.2-2 植栽上の面からみた建築空間緑化の主な緑化手法・技術

緑化手法・技術	主なポイント
土壌	<p>建築空間の緑化では、通常自然地盤の植栽に比べて生育環境条件が厳しいため、事前に植栽基盤の充実を図ったり、植栽後のきめ細かな維持管理でそれを補っていく必要がある。</p> <p>図Ⅱ.3.3-1 (p123) に示すように、樹木の大きさが大きくなるほど、必要な土壌厚も厚くなる。また、灌水などの管理の有無や頻度とも関係し、管理が粗放になれば、その分必要な土壌厚も厚くなる。</p> <p>植物体を維持し正常な生育を図り、その樹種本来の大気浄化能力を発揮させるためには十分な土壌厚を確保する必要があるが、積載荷重の問題は避けられず、軽量な土壌改良材を混ぜて軽量化を図ったり、人工軽量土壌を活用する。</p> <p>人工地盤緑化による荷重の試算例を表Ⅱ.4.2-3に示す。最近では、人工地盤などの荷重制限や植栽基盤の薄層化に応じて、根鉢が薄く軽量の植物材料（軽量薄型に根鉢を養生した樹木。従来の樹木に比べて重量比で30～50%程度と軽い。）も市販されており、このような樹木を用いるのも一つの方法であるが、最初からあまり大きくなる樹木は導入しないのが得策である。</p>
灌水対策	<p>降水はあっても地下からの水の供給のない屋上やベランダの人工地盤の植栽地においては、無降雨の日が続くと乾燥害が発生しやすい。このため、植物の生育に必要な水分を補給するための給水設備、灌水設備の設置が必要である。また、自然地盤であっても、降水がほとんどない高速道路の高架下などにおいても状況は同様である。</p> <p>給水設備については、植物の生育の維持に必要な水分の補給のために、植栽規模に応じた給水管を設置する。雨水貯留水などの活用を図るのが望ましい。</p>

	<p>灌水装置には、散水栓（スプリンクラー）やドリップ式の点滴パイプなどがあり、最近では壁面緑化にミスト式の灌水装置なども導入されている。施工面積が広い場合には省力化を考えると自動灌水装置などが有効であるが、人力によって灌水している場合も多い。降水の状況や季節によって必要とする水の量も変わるので、自動灌水装置でも季節により灌水量や灌水間隔を調整する必要がある。土壌水分センサーは、設置場所によって水分の変動量が大きいことに留意し、数ヶ所に設置するのが望ましい。</p>
保水対策	<p>土壌の保水や乾燥防止のために、土壌表面をマルチング材で被覆する。マルチング資材には、敷き藁、バークチップ、ウッドチップ、樹皮繊維などがあるが、美観や施工性の面ではバークチップや樹皮繊維などが優れている。</p> <p>マルチングの効果については、水分蒸発の抑制による土壌の保水や乾燥防止の効果のほか、雑草繁茂の抑制、土壌侵食や飛散の防止、踏圧の抑制などがあげられる。</p>
防風対策	<p>建築空間の植栽地は、自然地盤の植栽地に比べて一般的に風が強いにも係わらず、それを支える土壌基盤は薄いことが多い。このため、樹木の風倒対策として自然地盤よりも一層確実な樹体の支持が必要である。</p> <p>しかし、人工地盤では土壌厚が薄く、土壌が軽量であることから従来の布掛け、八つ掛け支柱などが適用できない場合も多い。このため、ワイヤー支柱や根鉢固定型の地下支柱などが開発され多用されている。</p>
植栽構成と配置	<p>植栽構成としては、建築空間特有の様々な環境圧を軽減させるため、可能であれば、常緑樹と落葉樹、高木・中低木・地被類などを組み合わせた多層林構造の複合植栽とするのが望ましい。</p> <p>土壌厚が薄い場合や風が強い場所では、高木樹種の生育が難しいため、無理に高木を植栽せずに、中低木や地被類を導入する。また、高木を植栽する場合も、風上側に耐乾性や耐風性の強い常緑樹の高木を群植し、中低木を密植するなどして植栽地内部に風を入れないようにし、環境圧が緩和されたその風下側に環境圧に比較的弱い樹種を植栽するなど、配置にも工夫が必要である。</p> <p>また、高木などを屋上に植栽することにより周辺に日照障害が生じたり、落葉や土壌などの飛散、倒木などの落下被害などの悪影響が生じないように、周辺環境に配慮した植栽配置が求められる。</p>

表 II.4.2-3 人工地盤緑化による荷重の試算例

		地被類	低木	中木	高木		
					2～3m	3～5m	5m以上
人工 軽量土壌	土壌厚 (cm)	10	15	25	30	45	60
	植栽基盤荷重 (kg/m ²)	55	100	140	170	270	360
	植物重量 (kg/m ²)	1	15	15	15	20	30
	総重量 (kg/m ²)	56	115	155	185	290	390
一般 改良土壌	土壌厚 (cm)	15	30	45	60	90	/
	植栽基盤荷重 (kg/m ²)	310	470	710	940	1410	
	植物重量 (kg/m ²)	1	15	15	15	20	
	総重量 (kg/m ²)	311	485	725	955	1430	

注 1) 植物重量の算定にあたっては、樹冠の広がりや考慮して最大の密度に植栽する場合を想定し、樹木 1 本あたりの重量、植栽密度をそれぞれ低木 (3kg/本、5本/m²)、中木 (15kg/本、1本/m²)、高木 (2～3m) (50kg/本、0.3本/m²)、高木 (3～5m) (200kg/本、0.1本/m²)、高木 (5m以上) (300kg/本、0.1本/m²) と仮定した。また、地被類については、芝生の重量として 1kg/m² とした。

注 2) 植栽基盤重量の算出にあたっては、人工軽量土壌、一般改良土壌、排水層資材の湿潤時の比重をそれぞれ 0.6、1.5、0.2 と仮定した。

注 3) 建築基準法による許容積載荷重は、一般屋上広場の場合 180kg/m² である。

《灌水設備》



スプリンクラー
(首都高速 5 号池袋線 (東京都板橋区))



自動灌水設備
(経団連会館 (東京都千代田区大手町))



点滴式の灌水チューブ
(御殿山プロジェクト (東京都品川区北品川))



点滴式の灌水チューブ
(霞ヶ関ビル (東京都千代田区霞ヶ関))



生育基盤一体型の灌水設備
(虎ノ門ファーストガーデン
(東京都港区虎ノ門))



ドライミストによる灌水設備
(東京駅八重洲口グランルーフ
(東京都中央区八重洲))

《マルチング》



バークチップによるマルチング
踏圧防止と土壌の乾燥防止を兼ねている。
(御殿山プロジェクト (東京都品川区北品川))



バークチップによるマルチング
(丸の内パークビルディング
(東京都千代田区丸の内))

《踏圧防止》



踏圧防止のための根際部の養生
(オルト横浜
(神奈川県横浜市神奈川区))



グレーチングによる根際部の養生
(さいたま新都心ケヤキ広場
(埼玉県さいたま市大宮区))

《防風対策》



伝統的な八つ掛け支柱
 (富士ゼロックス四季彩の丘
 (神奈川県横浜市西区))



伝統的な八つ掛け支柱
 (御殿山プロジェクト (東京都品川区北品川))



ワイヤー支柱
 (首都高速大橋 JC 目黒天空庭園
 (東京都目黒区大橋))



ワイヤー支柱
 (首都高速大橋 JC 目黒天空庭園
 (東京都目黒区大橋))



生育基地下支柱
 (品川インターシティ セントラルガーデン
 (東京都港区港南))



地下支柱
 (首都高速大橋 JC 目黒天空の庭
 (東京都目黒区大橋))

3. 壁面等の緑化

3-1 ツル植物による壁面緑化

- (1) 壁面緑化は、ツル植物特有の性質である「絡まる」、「巻きつく」、「吸いつく」、「垂れる」、「這う」などの生育特性を利用して、建築物の壁面のほか、石塀、コンクリート擁壁、遮音壁などを緑化する方法が一般的であるが、壁面の前面に近接して樹木を植栽して隠す手法などもある。
- (2) ツル植物は一般に生育が旺盛で伸長速度が速いため面的な被覆も早く、しかも乾燥に耐えやせ地でもよく生育できるものが多いため、環境圧の厳しい都市の建築空間の緑化に適した植物である。
- (3) 新たな用地の取得が困難な都市の現状において、比較的狭い空間でも生育が可能で、しかも植栽面積の割には壁面被覆により十分な葉量が確保できるツル植物の導入による壁面緑化は、今後の都市緑化において特に実現性の高い緑化手法である。
- (4) 建築物の外壁のほか、都市内に様々な形でみられる接道部の石塀やコンクリート構造物、幹線道路沿道の遮音壁などを緑化することは、大気浄化の面でも特に有効であると考えられ、また、視認性が高いことから都市景観形成の上でも効果的であると考えられる。

解説

1 壁面緑化用ツル植物の条件

ツル植物には数多くの植物があるが、そのうち壁面緑化に使用できるツル植物の特性を表Ⅱ.4.3-1に示す。

表Ⅱ.4.3-1 壁面緑化に用いられるツル植物の特性

壁面緑化に用いられるツル植物の特性
① 生育が旺盛で、年間伸長量が大きく、面的な被覆が速い。
② 乾燥に耐え、やせ地でもよく生育し、狭い空間での緑化も可能である。
③ 強健で、形や大きさが比較的自由に調整できる。
④ 葉の形や色、つやなどが美しい。
⑤ 放任しても維持管理が比較的容易である。



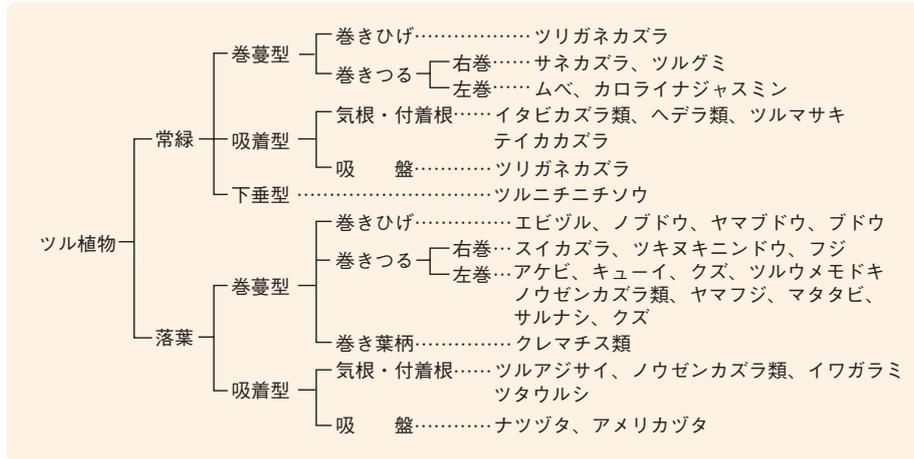
カロライナジャスミン
JR 潮見駅前プラザ二番街
(東京都江東区潮見)



テイカズラ
御殿山プロジェクト
(東京都品川区北品川)

2 登はん方式などによるツル植物の分類

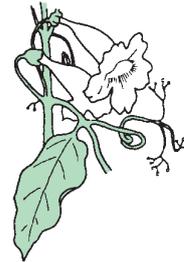
壁面緑化などに多用されているツル植物を登はん方式により分類し、図Ⅱ.4.3-1に示す。ヘデラ・ヘリックスやオオイタビは常緑の吸着型（気根）、ムベやカロライナジャスミンは常緑の巻つる型、ヘデラ・カナリエンスやツルニチニチソウは下垂型、フジやスイカズラは落葉の巻つる型、ナツツタは落葉の吸着型（吸盤）である。



吸着型: 気根
ヘデラ類



吸着型: 吸盤
ナツツタ



巻蔓型+吸着型:
巻きひげ+吸盤
ツリガネカズラ



巻蔓型: 巻きつる (左巻)
ツルウメモドキ



巻蔓型: 巻きつる (右巻)
スイカズラ



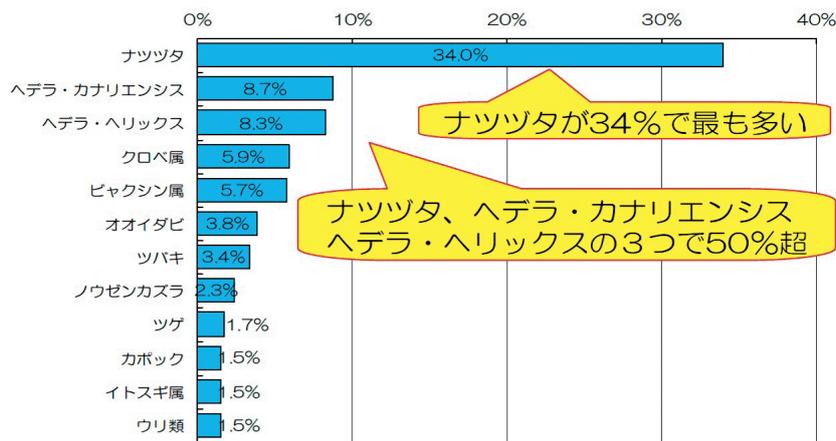
巻蔓型: 巻き葉柄
クレマチス類

図Ⅱ.4.3-1 ツル植物の登はん方式による分類 (社団法人道路緑化保全協会、1983)

3 東京都内の壁面緑化によく用いられているツル性植物 (東京都「壁面緑化ガイドライン」)

東京都（2006）によると、東京都内で壁面緑化に使用されている植物は、図Ⅱ.4.3-2 に示すように、ナッツタが最も多く 34.0%、次いでヘデラ・カナリエンス 8.7%、ヘデラ・ヘリックス 8.3% で、上位3種で50%を超えていた。次いで、クロベ属 5.9%、ビャクシン類 5.7% の常緑針葉樹を挟んでオオイタビ 3.8% となっている。

また、京都市では、ヘデラ類が 53% と最も多く、以下ナッツタ 17%、ツルバラ 8%、トケイソウ、カロライナジャスミン、テイカカズラ（いずれも 2%）と続く。



図Ⅱ.4.3-2 東京都内の壁面緑化に使用されている植物の内訳（東京都、2006）

壁面緑化で多く用いられている主なツル植物を表Ⅱ.4.3-2 に示す。東京都や京都市で多用されているナッツタ、ヘデラ・ヘリックス、オオイタビは直接登はん型（吸着型）、ヘデラ・カナリエンスは下垂型、トケイソウ、カロライナジャスミン、テイカカズラは巻き付き型（巻つる型）、また、ツルバラはかぎ状のとげで引っかかるタイプである。

表Ⅱ.4.3-2 壁面緑化に多用されている主なツル植物（東京都、2006）

登はん方式	主なツル植物
直接登はん型（吸着型）	ナッツタ、オオイタビ、ヘデラ・ヘリックス、ノウゼンカズラ
巻き付き型（巻つる型）	カロライナジャスミン、テイカカズラ、ニシキテイカ、クレマチス類、アサガオ類、ツクヌキニンドウ、スイカズラ、ムベ、ビグノニア、ニガウリ、ヘチマ
下垂型	ヘデラ・カナリエンス、コトネアスター、ビンカ・マジョール、ツルニチニチソウ

コラム ツル植物の登はんの仕組み

ナッツタは、巻きひげの先端にある吸盤で壁に付着する。巻きひげの先端が球状に膨らみ、これが壁面に触れると吸盤状に変形し、吸い付くようにして壁をはい上がる。一方、ヘデラ・ヘリックス、オオイタビ、テイカカズラ、ノウゼンカズラは、壁面に触れた枝の葉腋付近に気根ができ、気根から多糖類やタンパク質などが分泌されて付着する。

出典) 東京都（2006）：壁面緑化ガイドライン



丸の内パークビルディング三菱1号館
タワー塔の大きな三つの円柱にカセット型緑化ユニットを導入し高さ10m程度まで緑化。
(東京都千代田区丸の内)



京都烏丸御池 新風館
屋根や壁面に囲まれた半室内空間を観葉植物など多様な植物で憩いの空間を創出。
(京都市中京区場之町)



銀座ニコラス・C・ハイエックセンター
14階建ての半屋外アトリウムにプランターの棚を52層積み重ねて多様な植物で緑化。
(東京都中央区銀座)



市川市立大洲中学校接道部
県道238号の接道部の塀をテイカカズラを導入して壁面緑化。脚部は低木のシャリンバイ。
(千葉県市川市大洲)



住友商事神田錦町ビル
建物周辺の狭隘な路地を利用して壁面緑化。テイカカズラ、シダ類等の多様な植物を導入。
(東京都千代田区神田錦町)



神田錦町トラッドスクエア
総合設計制度による公開空地。交差点角の一角のポケットパークを多様な植物で緑化。
(東京都千代田区神田錦町)



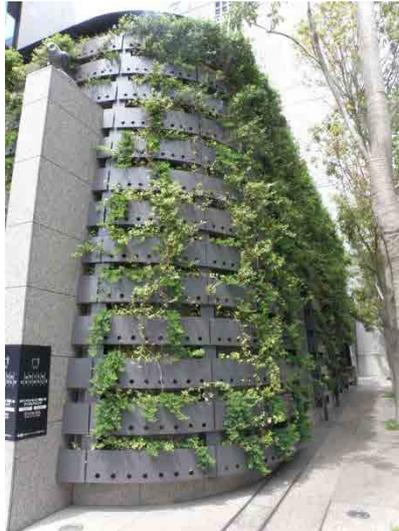
東京駅八重洲口グランルーフ
 駅周辺の高層ビルを繋ぐペデストリアンデッキを壁面緑化。ドライミストにより灌水。
 (東京都中央区八重洲)



板橋清掃工場
 清掃工場の躯体の外壁をユニット化した緑化パネルで緑化。ヘデラ・カナリエンシス、ムベなど。
 (東京都板橋区高島平)



パソナグループ本部
 バルコニーにプランターを設置し、外壁フェンスにツルバラなどで緑化している。
 (東京都千代田区大手町)



三井住友海上駿河台新館付近
 地下鉄新御茶ノ水駅に繋がる地下通路で入口付近の台形状建屋の壁面を緑化している。
 (東京都千代田区神田駿河台)



品川サンケイビル
 賃貸オフィスビルの2～8階の西向き壁面を緑化。コンテナユニットを各階に設置し、室内からも緑が楽しめる構造。
 (東京都港区港南)

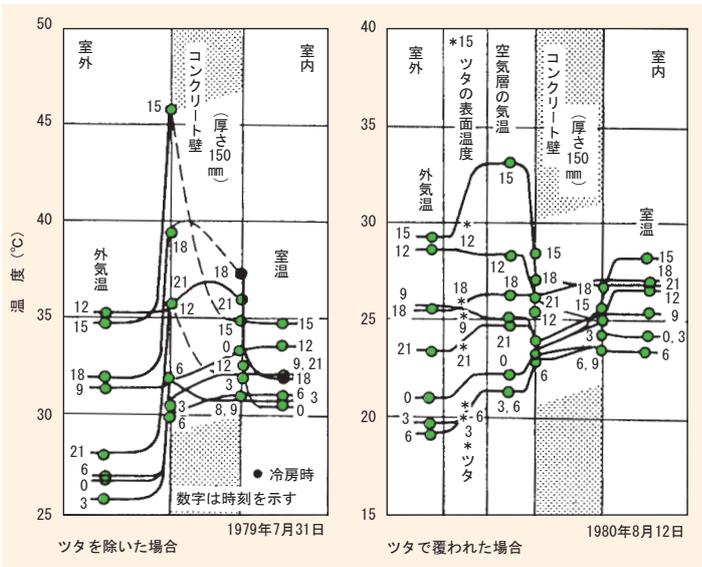
3-2 壁面緑化の効果

壁面緑化は、都市景観形成の面ばかりでなく、下記のような快適な生活環境の保全・創出の効果が近年の調査研究で確認されており、最近ではヒートアイランド対策として注目され、各地の地方公共団体などでガイドラインの策定などによる情報提供が行われている。

効果	概要
都市景観形成	緑による人工構造物の被覆による都市景観の向上
ヒートアイランド現象の緩和	壁面の被覆による熱環境改善によりヒートアイランド緩和
室内の熱環境の緩和	日射遮蔽による室内の熱環境の緩和と省エネルギー効果
生物の誘引効果	導入植物の工夫により訪花昆虫や採餌昆虫などが増加
建築・構造物の保護	建築躯体の膨張・収縮を招く熱伝導の低減、緑による遮蔽
大気浄化	ガス状汚染物質の吸収、粒子状汚染物質の捕捉

解説

梅干野ら（1985）は、西日対策として西向きの壁面にナッツタで壁面緑化した住宅で日射の遮蔽効果を調べた。その結果を図Ⅱ.4.3-3に示す。日射を受けたツタの葉温やツタと壁面との間の空気層の温度はかなり上昇するものの、ツタで遮蔽された壁面の表面温度は直射日光を受けた壁面のそれに比べて最大10℃程度低くなった。また、外壁の屋内側表面温度は、ツタによる被覆のない場合焼け込みが最大になる時間帯では室温よりも5℃以上も高くなるが、ツタで被覆されている場合には室温よりも高くなることがほとんどなかった。外壁の屋内側・屋外側の表面温度をもとに壁体における熱流を算出すると、西日を直接受けるコンクリート打ち放しの外壁では、屋外側面で最大200kcal/m²・hの日射熱流入がみられるが、ツタで壁面を被覆することによって約1/4に減少することが確認された。室内側の熱流は、被覆のない場合、夕方、約50kcal/m²・hの日射熱流入があるが、ツタで被覆した場合には、ほとんどゼロに近くなる。



図Ⅱ.4.3-3
ツタを導入した壁面緑化による西日の遮蔽効果（夏季晴天日の断面温度分布）
（梅干野、1985）

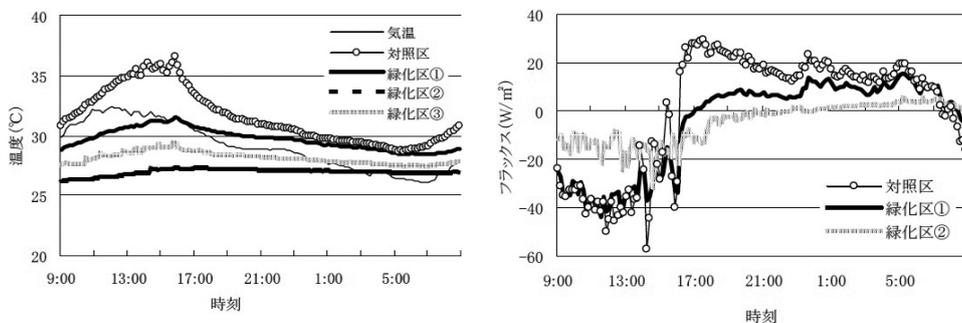
松井（1990）は、ツル植物であるアケビを用いて住宅の南側壁面に緑のスクリーン（3m × 3m）を設け、建物の空調に係わる省エネルギー効果の実証試験を行った。スクリーンを設置した棟と設置しなかった棟とで室内を一定温度に維持するために必要な冷房運転の消費電力量を比較した結果を表Ⅱ.4.3-3に示す。植物スクリーンを設置した場合、設置しない場合に比べて21～42%、平均でも30%以上の電力消費量の削減効果を示した。また、アサガオ、ヘチマ、ヒョウタン、ツルムラサキなどを用いて、ツル植物の種類による省エネルギー効果の違いを検討した結果、葉が多く、よく繁る植物であれば、同じような効果が得られることが確認された。

表Ⅱ.4.3-3 ツル植物のスクリーンによる夏季の冷房に要する電力消費量の削減効果（松井、1990）

試験 No.	冷房運転中の最高室内温度 (°C)	消費電力量 (kWh)		節電率 (%)
		植物あり	植物なし	
1	31	1.08	1.55	30
2	30	0.97	1.40	31
3	27	0.39	0.67	42
4	31.5	0.60	0.90	33
5	29	0.74	0.94	21
6	28.5	0.90	1.25	28
平均	29.5	0.78	1.12	31

注) 消費電力量は、午前8時から11時の間、室温を28°Cに維持するのに要した冷房の電力量を示す。

東京都農林総合研究センターの渋谷ら（2007）は、ヒートアイランド対策の基礎資料とするために、東京都における壁面緑化の実態調査とパネル型壁面緑化の温熱環境評価を行った。パネル設置型壁面緑化の温熱環境評価の実験では、東京都新河岸処理場内の西側壁面で夏季に実施し、真夏日と熱帯夜を記録した9/11と9/12の結果を解析した。試験区は、緑化区①（下垂型壁面緑化）、緑化区②（パネル設置型壁面緑化：ピートモスブロック）、緑化区③（パネル設置型壁面緑化：ヤシ繊維マット）、対照区（無被覆壁面）で、いずれも植物はヘデラ・カナリエンシスを導入した。各試験区における壁面表面温度（左図）と貫熱流量（右図）の推移を、図Ⅱ.4.3-4に示す。壁面緑化による温熱環境緩和効果が確認されたが、その効果は工法の違いによって差異がみられた。パネル設置型壁面緑化は、壁面温度、貫熱流量の結果から、下垂型壁面緑化に比べて効果が大きいことが確認された。その原因はツル植物の被覆率の違いによるものと考えられ、効果を高めるためには、オオイタビのように葉がよく繁るツル植物の導入、最適な植栽間隔、生育基盤や誘引方法の工夫によって被覆率を高めることが重要であると考えられた。



図Ⅱ.4.3-4 パネル設置型壁面緑化による壁面表面温度（左図）と貫熱流量（右図）の比較（渋谷ら、2007）

3-3 緑のカーテンづくり

- (1) 近年、各地の地方公共団体、学校、市民レベルで緑のカーテンづくりによる取組が行われている。緑のカーテンづくりは、ツル性植物を外壁近くに生育させることで日射を遮蔽し、また植物の蒸散作用も得られることから、暑い日には室内温度が室外よりも5～10℃程度下がることが期待される。室内温度の低下により真夏の冷房温度を控えることができ、省エネルギー効果が期待され、CO₂を削減を身近で行うことができ、地球温暖化対策にも繋がる。
- (2) 近年、地方公共団体の環境研究所などを中心に、ヒートアイランド対策としての緑のカーテンづくりに係わる温熱環境改善などの研究が盛んに行われている。

解説

1 学校による緑のカーテンづくりの例

緑のカーテンは、建築物の外周や窓の外に垂らしたネットなどにヘチマ、アサガオ、ゴーヤ、キュウリなどのツル植物を這わせた自然のカーテンである。この緑のカーテンは、建築物に直接日光が当たることを防ぎ、熱線である赤外線を反射し、断熱効果をもつ。また、葉の気孔を通じて水分が蒸発するため、カーテン内の気温の上昇を防ぐといわれている。

近年、地球温暖化対策、都市域におけるヒートアイランド対策などの一環として、夏の省エネを図るため、各地方公共団体により家庭、店舗・事業所、学校などで緑のカーテンづくりの普及が進んでおり、地方公共団体の主催で緑のカーテンづくりのコンテストなども行われている。

板橋区立高島第五小学校（板橋区高島平）において、緑のカーテンの効果を調べるために、標準有効温度（SET）、大気中のNO_x濃度、浮遊粉塵濃度、葉面付着粉塵、緑のカーテンの生育状況を調べた。その結果、緑のカーテンは4階建て校舎の屋上にまで達し、緑のカーテンの全体葉面積は420m²で、単位土地面積当たりの葉面積（葉面積指数と呼ばれる）は、13になった。これは、わが国の林冠が閉鎖した森林の葉面積指数が、落葉広葉樹林で3～7、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、単位植栽面積当たりの葉量はこれらの森林の2倍以上に相当した。この葉量からNO₂吸収量を推定すると、吸収量は約550gと推定され、これは胸高直径20cm程度のクスノキが1年間に吸収するNO₂量の3本分程度に相当するとみなされた。



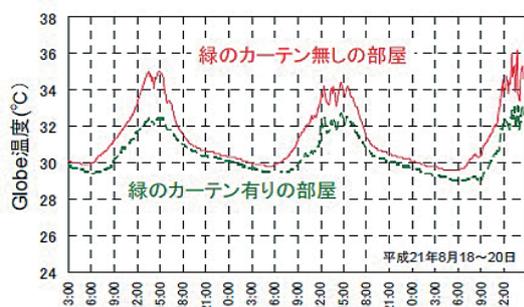
板橋区立高島第五小学校の緑のカーテン
ヘチマの生育が旺盛で4階建て校舎の屋上に達した。単位土地面積あたりの葉面積は13にも達する。

2 緑のカーテンづくりの効果に係わる研究事例

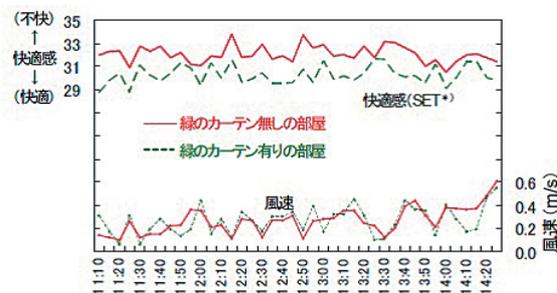
横浜市環境科学研究所（2008）は、市内69箇所で開催された緑のカーテンについて、温度の低減効果を調べた。その結果、晴天日の日向では温度低減効果は10℃程度であり、曇天日や日陰では3～4℃程度であった。また、教室内の温度環境を観測した結果、緑のカーテンのある教室はない教室に比べて最大1.4℃程度室内温度が低いことが確認された。

横浜市環境科学研究所は、居室の南側に面したガラス窓外側に植えられた8m²の緑のカーテンについて、7～9月の夏季3ヶ月間での緑のカーテンによる省エネ効果とCO₂削減効果を試算した。その結果、省エネ効果については、家庭用エアコン（8畳用）1台分を毎日1時間～1時間半程度稼働させる程度の効果が推定された。また、CO₂削減効果については、スギが吸収固定するCO₂量の約9本分の削減効果があるものと推定された。

山梨県環境科学研究所は、緑のカーテンづくりの取組が県内に広がりつつあることから、その温度上昇抑制効果などを精査し、省エネ効果、夏季の生活環境、健康への影響について検討した（宇野、2010・2011）。赤外線カメラ、温湿度計、風速計、Globe温度計による温熱環境の測定によって、緑のカーテンの設置が緑のカーテンを設置した建物の屋外・屋内の温熱環境の改善に寄与していることが確認できた。また、緑のカーテンの生育状況により屋内への風の流入に違いがみられ、窓を開放する場合は、ある程度葉を間引いて風を屋内に取り込むほうが有効であると考えられた。



図Ⅱ.4.3-5 緑のカーテンの有る無しによるGlobe温度の違い
(宇野、2010・2011)



図Ⅱ.4.3-6 緑のカーテンの有る無しによる窓開放時の快適感
(宇野、2010・2011)

成田（2007）は、緑のカーテンが導入されている杉並区立の小学校を対象に、単に気温差のみでなく、体感指標に寄与する放射環境や通風条件まで含めた系統的な実測調査を行い、さらに懸念される室内照度についても評価を試みた。その結果、緑のカーテンは教室の放射環境の改善に大きく寄与しており、窓が開放され気温差が小さい場合にも体感温度は大きく異なった。一方、緑のカーテンは通風阻害というマイナス面も併せもっており、外壁との距離を確保するなど、緑のカーテンの作り方に工夫が望まれた。標準有効温度（SET）による評価では、放射環境改善による体感温度の低下は、通風阻害による上昇量の2倍程度と見積もられた。照度については、緑のカーテンのない教室に比べて1/3程度に小さくなるが、緑のカーテンのない教室でも通常点灯されていたため、照明エネルギーの増大にはならなかった。

コラム

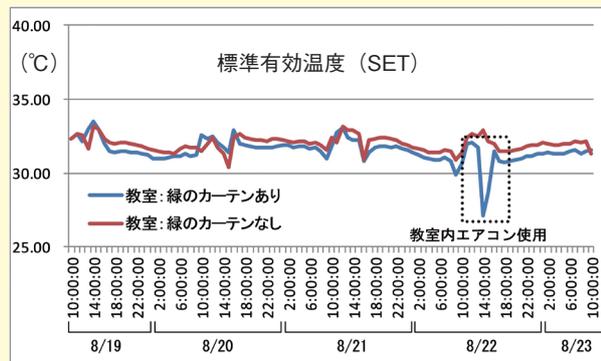
緑のカーテンの 대기浄化効果 (板橋区立高島第五小学校の例)

緑のカーテンに係る温熱環境改善効果については、東京都、山梨県、横浜市等の環境研究所などで実証研究が行われている。ここでは、校舎の4階屋上まで達する見事なカーテンがつけられている東京都板橋区高島第五小学校で行った 대기浄化効果に着目した調査の一部を紹介する。

屋外の緑のカーテンのある屋外・ない屋外、教室内の緑のカーテンのある教室・ない教室の4箇所で標準有効温度 (SET) を測定し、緑被による放射環境の改善効果、通風阻害による風速低減を把握するなど、総合的な温熱環境評価を試みた。それに加えて、上記4箇所に大気の捕集サンプルを設置し、大気中のNOx濃度 (NO、NO₂)、粒子状物質濃度 (SPM、PM2.5) を比較した。また、葉をサンプリングし、葉面付着粉塵の質量濃度、炭素成分、イオン成分、金属成分を分析し、その低減効果を把握した。さらに、葉面積を推定し、緑のカーテンによるNO₂吸収量を試算した。

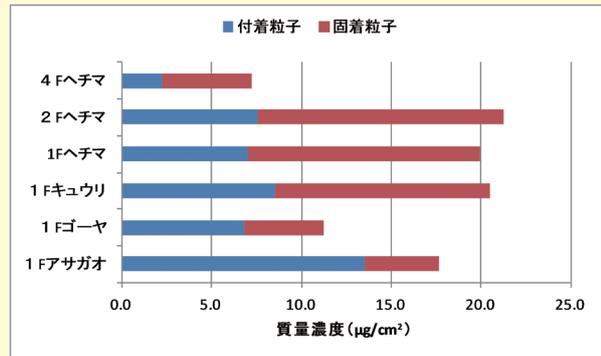
■ 標準有効温度 (SET)

標準有効温度 (SET) は、緑のカーテンのある教室の方がない教室よりも全般的に低くなっており、緑のカーテンによる体感温度の低減効果を確認することができた



■ 葉面付着粉塵

葉面付着粉塵の質量濃度を比較すると、最も多いのはキュウリ及びヘチマで $20 \mu\text{g}/\text{cm}^2$ 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。水洗処理により比較的容易に洗い出される付着成分とクロロホルム処理により表層のワックス層を溶解抽出して得られる比較的強固に付着している固着粒子の割合は、キュウリやヘチマでは付着粒子：固着粒子 = 4：6、ゴーヤでは6：4、アサガオでは8：2となり、植物の種類により相違がみられた。また、1階、2階、4階でサンプリングしたヘチマで比較すると、採取位置の違いによる付着粒子と固着粒子の割合は同程度で、大きな違いはみられなかった。



■ 葉面積の推定とNO₂吸収量の試算

緑のカーテンの全体葉面積は 420m^2 (植栽土地面積 32m^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) を求めると

1.3程度になる。わが国の林冠が閉鎖した森林の葉面積指数は、落葉広葉樹林で3～7、常緑広葉樹林で5～8程度であるといわれていることから、緑のカーテンの単位植栽面積当たりの葉量はこれらの森林の2倍以上になる。葉面付着粉塵の質量濃度を仮に $20 \mu\text{g}/\text{cm}^2$ ($0.2\text{g}/\text{m}^2$) とすると、緑のカーテン全体の葉面付着粉塵量は 84g と推定された。また、三宅・戸塚 (1991) の汚染ガス吸収モデル式を適用すると、7～10月の4ヶ月間の緑のカーテンによるNO₂吸収量は約 550g と推定された。これは、胸高直径 20cm 程度のクスノキが1年間当たりに吸収するNO₂量の3本分程度の量に相当し、吸収効果は大きいと考えられる。

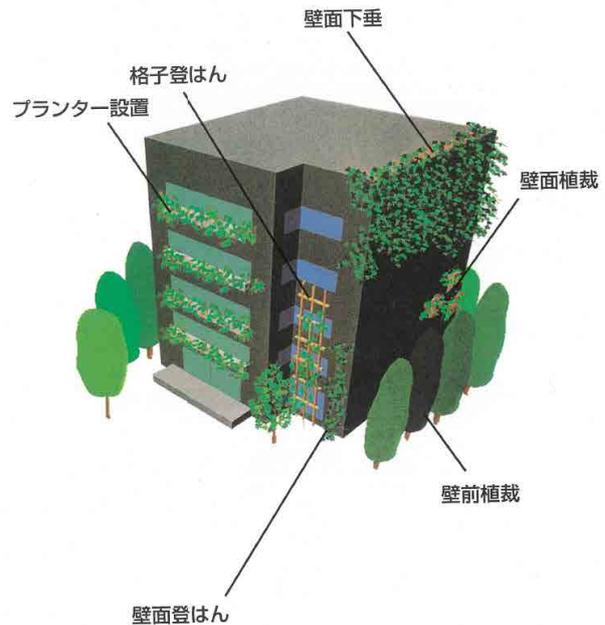
出典) 株式会社ブラック研究所 (2014)：独立行政法人環境再生保全機構委託業務「 대기浄化植樹事業の効果の把握及び効果的推進のための調査研究報告書 (2013年度)」

3-4 壁面緑化の方法

- (1) ツル性植物は、登はん方式や伸長量などが種によってかなり異なるため、壁面緑化の実施にあたっては、植栽地の環境条件、建築物の構造や壁面の素材・仕上げ・規模などを十分検討して導入植物や緑化方法を選定する。
- (2) 既存建築物の場合、建築物の構造や壁面の素材・仕上げ・規模などにより適用可能な緑化方法が制限されるが、新築の場合には、植栽及びツルの誘引（登はん・下垂）のために必要な補助資材を計画設計段階で導入しておけば、様々な緑化手法を採択することができる。

解説

建築物の壁面をはじめブロック塀、コンクリート構造物、遮音壁など、緑化の対象となる壁面は、構造や機能、素材や仕上げが変化に富んでいる。一方、ツル植物も登はん方式や伸長速度が様々で多くの種類がある。このため、壁面の特性やツル植物の特性を照らし合わせながら、表Ⅱ.4.3-4、図Ⅱ.4.3-7に示すように、適切な緑化方法、植物を選定することが重要である。



図Ⅱ.4.3-7 壁面緑化の対象場所と緑化方法

表Ⅱ.4.3-4 ツル植物等による壁面緑化の方法（沖中、1990）

緑化形式		緑化方法	適用植物	備考
壁面被覆	壁面登はん	植物を壁面に直接附着させて登はんさせる。	附着性ツル植物	壁面の素材・仕上げが重要。滑り面は附着が困難。
	格子登はん	壁面に設置した格子の絡ませて、又は誘引させて登はんさせる	巻き付き性、引掛り性、附着性ツル植物	附着性ツル植物は誘引が必要。外構の植栽地など。
	壁面下垂	壁面の上部に植物を植栽し、壁面に下垂させる。	下垂性ツル植物	壁面上部に植栽地を確保。
	プランター設置	ベランダや窓際に設置したプランターに植物を植栽する。	ツル植物 中低木	プランター設置のスペースを確保。
	壁面植栽	壁面に整備した培地（生育基盤）に直接植物を植栽する。	特殊な草本類 一般の草本類	培地（生育基盤）の耐久性が重要。
壁前植栽	壁前植栽	壁の前面に高木、中低木を植栽する。	高木 中低木	—

注1) 附着性ツル植物：吸盤型、附着根型。自力で壁面に附着し登はん。

注2) 巻き付き性ツル植物：巻きひげ型、巻き葉柄型、巻つる型。樹木の枝や格子に巻き付いて登はん。

注3) 引掛り性ツル植物：トゲ型、枝葉型。樹木の枝や格子に引掛りながら登はん。

3-5 壁面緑化の緑化工法と基本的留意事項

- (1) 壁面緑化を行う都市の建築空間は、植栽基盤の制約や様々な環境圧を受けるなど、通常の植栽地に比べると極めて厳しい環境条件下にある。
- (2) また、狭小な植栽場所や、いったん伸長したツル植物が手に届かないことも多いため、植栽後の維持管理が容易に行えないような場合も多い。
- (3) このため、植栽にあたっては、以下のような事項に十分留意する必要がある。
 - ① 植栽基盤の整備を十分に行う
 - ② 導入する植物を適切に選定する
 - ③ 導入植物の特性に応じて、適宜必要な登はん補助資材を設置する
 - ④ ツル性植物の伸長成長は比較的早いのが、壁面の被覆には時間を要する
 - ⑤ 大気浄化の面では、接道部や遮音壁などの汚染物質発生源近傍での植栽が効果的

解説

1 既存事例にみる失敗の原因

ツル植物による壁面緑化は、従来から様々な場所で行われているが、せっかく緑化したのにもかかわらず失敗した例も多い。失敗の主な原因を表Ⅱ.4.3-5に示すが、これらの事項はとりもなおさず壁面緑化を行う際の基本的留意点でもある。

表Ⅱ.4.3-5 既存緑化事例にみる壁面緑化の失敗の原因

壁面緑化の失敗の原因	
①	植栽基盤の整備が不十分
②	ツル植物の特性に関する知識の欠如、植物選択の誤り
③	植栽した植物の形状が不適切（苗木を植栽しなかった）
④	活着するまでの灌水などの養生不足
⑤	肥料切れのため徐々に生育が衰退
⑥	繁茂し過ぎて下枝の「枯れ上がり」や密生による「蒸れ」のために衰退
⑦	雑草繁茂による被圧のために衰退
⑧	灌水管理を怠り、干天時に乾燥害で衰退
⑨	排水不良による根腐れにより衰退
⑩	登はん補助資材の選定を誤り、壁面に誘引できない
⑪	強風や、成長による自重の増加、樹体の老齢化により壁面から剥離

2 ツル性植物の伸長速度と被覆に要する時間

ツル植物のツルの年間伸長量は図Ⅱ.4.3-8に示すように、一般の樹木と比べると成長速度が速い。年間の伸長成長量は、成長の速いナツツタ、スイカズラ、フジなどで平均約2.5m（最大約5m）、成長速度が中庸のヘデラ類、ムベ、アケビなどで平均1～1.5m、成長が比較的遅いイタビカズラ、テイカカズラなどでは平均0.7～1m程度である。

壁面緑化で大気浄化を図る場合、壁面を可能な限り広い面積で覆って、植物の生育に支障がない範囲内で葉面積の総量が増えることが望ましい。しかし、ツル植物の伸長速度に応じて壁面を徐々に覆うことになるため、緑化が完成するまで、すなわち壁面がツル植物で全面覆われるまでには、伸長速度に応じて、ある程度の時間を要することも承知しておかなければならない。

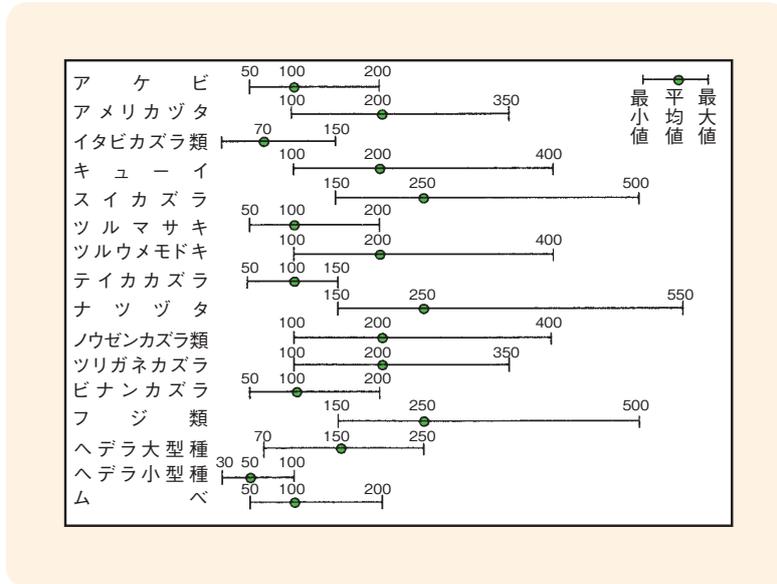


図 II.4.3-8 主要ツル植物の年間生育量（ツルの伸長量、東京標準、単位：cm/y）
（社団法人道路緑化保全協会、1987）

上記の伸長速度を踏まえ、高さ 5m の建築物全面を被覆するのに要する年数を試算した結果を表 II.4.3-6 に示す。ツル植物は、気根や吸盤などの登はん器官が新しいツルにしかできないため、登はん形式のツル植物で壁面緑化する場合には小さな苗木を植栽するが、伸長量の大きいナツツタ、スイカズラ、フジなどでは、高さ 5m 程度の壁面で約 2 年程度、10m 程度の高さの壁面でも 4～5 年で壁面が被覆できる。ただし、これは苗木がしっかり活着して、その後順調に生育・成長できた場合の話である。一方、伸長速度が比較的遅いイタビカズラ、テイカカズラ、ビナンカズラなどでは、高さ 5m の壁面を全面被覆するまでには 4～5 年を要するといわれている。

表 II.4.3-6 高さ 5m の建築物壁面を全面被覆するのに要する年数（東京標準）
（社団法人道路緑化保全協会、1983）

ツルの伸長量	吸着型ツル植物	巻つる型ツル植物	緑化完成年
伸長量：極大	ナツツタ	スイカズラ、フジ	約 2 年
伸長量：大	ノウゼンカズラ、アメリカツタ	ツルウメモドキ、キウイフルーツ	約 2 年
伸長量：中	ヘデラ類	ムベ、アケビ	約 3 年
伸長量：小	イタビカズラ、テイカカズラ	—	約 4 年

3-6 植栽基盤の整備

ツル植物による壁面緑化の対象地の多くは、通常、植栽後の維持管理が容易に行えないような場所である。また、ツル植物の多くは、一般の造園樹種に比べて地下部（根）に対する地上部（ツルとそれに着生する葉）の割合が大きいため、健全で永続的な生育を維持するためには、十分な根張り空間を確保するとともに、必要に応じて土壌の入れ替えや土壌改良を行うのが望ましい。

解説

壁面緑化における植栽基盤整備の留意点を表Ⅱ.4.3-7に示す。

表Ⅱ.4.3-7 壁面緑化における植栽基盤整備の留意点

項目	留意点
植栽基盤の構造	<ul style="list-style-type: none"> ● 土壌の厚さは、通常の場合、最低30cm以上必要であるが、屋上、ベランダなどの人工地盤の植栽地では、地下からの水分や養分の供給が望めないため、60cm以上の厚さを確保するのが望ましい。 ● 植栽地の幅は50cm以上確保するのが望ましいが、土地の制約やその他の事情によりそれが困難な場合で、最低でも30cm以上確保する必要がある。 ● 屋上やベランダにプランターを設置し、下垂型のツル植物（ヘデラ・カナリエンシスなど）を植栽し、壁面に下垂させるのも一つの方法である。
植栽地の土壌条件	<ul style="list-style-type: none"> ● 壁面緑化の対象地は、そのほとんどが狭隘な場所で、植物の生育にとってもあまり好ましい土壌とはいえない。有効土層厚の不足、水分や空気の不足、養分の欠乏、アルカリ性、堅密土壌などの問題点を抱えている場合が多い。 ● このため、必要に応じて土壌を入れ替えたり土壌改良を行うなど、植栽基盤の充実を図るのが望ましい。
養分の供給（追肥）	<ul style="list-style-type: none"> ● 植栽する植物の種類、日照や降雨の有無を含めた土地条件、植栽基盤の整備状況などによって異なるが、ツル植物の生育状況に応じて、最低でも数年に一度の頻度で追肥を行うのが望ましい。 ● 葉色が淡くなったり、ツルの伸長量や葉の着生量が著しく低下するなど、明らかに肥料切れの徴候を示す場合には、必ず追肥を行う必要がある。 ● 特に長大な建築物壁面やコンクリート擁壁などを緑化する場合には、ツル植物一株で大きく広がる葉群を維持していくためには、十分な水と養分の供給が必要であり、追肥が欠かせない。



経団連会館
狭隘な場所での植栽基盤整備。
(東京都千代田区大手町)



さいたまスーパーアリーナ
プランターと灌水設備と登はん補助資材。
(埼玉県さいたま市大宮区)



二番町ガーデン
2階～6階のバルコニーからヘデラ類を用いて緑化し、近隣への西日反射を抑制。
(東京都千代田区二番町)



銀座ニコラス・G・ハイクセンター
プランターと灌水設備と登はん補助資材。
(東京都中央区銀座)



神田錦町トラッドスクエア
生育基盤と登はん補助資材が一体化。
(東京都千代田区神田錦町)



新丸ビル 駐輪場
プランターを積み重ねヘデラ類などを導入。
(東京都千代田区丸の内)

3-7 登はん・下垂補助資材の整備

- (1) ツル性植物による壁面緑化を確実かつ効果的に行うためには、壁面の素材や仕上げ、導入植物の特性などを十分考慮し、必要に応じてネットや格子などの登はん・下垂のための補助資材を設置する。
- (2) フェンス、パーゴラ、ポールなどの工作物に巻つる型のツル性植物を絡ませて、壁面緑化と同様、立体的に緑化する手法もある。

解説

1 登はん・下垂補助資材の設置

ツル植物を登はん形式により分類すると、表Ⅱ.4.3-8に示すように、気根、付着根、吸盤などで他物に吸着する吸着型と、ツルなどによって他物に絡まる巻つる型とに大別できる。

吸着型のツル植物は、コンクリートブロックやコンクリートの打ち放しのよう表面がある程度多孔質で凹凸がある場合は比較的容易に付着し登はんするが、滑り面の場合は、壁面の表面処理を行って粗い多孔質のテクスチュアにしたり、壁面にヘゴなどを取り付けて、登はんの補助を図る。一方、巻つる型のツル植物の場合には、ツルが絡まるための足場が必要であり、ネット、格子、柵などの登はん補助資材を設置する。

表Ⅱ.4.3-8 主要ツル植物の登はん補助資材の適合性（小沢・近藤、1987）

登はん方式	ツル植物	登はん補助資材なし	表面処理ヘゴ等の取付	ネット	目の細かい鉄線等格子	目の粗い鉄線等格子	柵状のポール
吸着型	イタビカズラ類	◎	◎	△	△	×	×
	ツタ	◎	◎	○	○	×	×
	ヘデラ・ヘリックス	○	◎	○	○	×	×
	ヘデラ・カナリエンシス	△	○	○	○	×	×
	ツルマサキ	○	◎	○	○	×	×
	テイカカズラ	○	◎	△	△	×	×
巻つる型	アケビ	×	×	○	○	○	○
	アメリカヅタ	×	△	◎	◎	○	△
	カロライナジャスミン	×	×	◎	◎	○	○
	サネカズラ	×	×	○	○	△	△
	シナサルナシ	×	×	○	○	◎	○
	スイカズラ	×	×	◎	◎	◎	◎
	ツキヌキニドウ	×	×	◎	◎	○	○
	ツリガネカズラ	×	△	◎	◎	◎	◎
	ツルウメモドキ	×	×	○	○	○	△
	トケイソウ	×	×	◎	◎	○	△
	ノウゼンカズラ	×	△	○	○	○	△
	フジ	×	×	◎	◎	◎	◎
	ブドウ類	×	×	○	○	◎	○
	ムベ	×	×	○	○	○	○
	下垂型	ツルニチニチソウ	×	×	×	×	×

注) 適合性は、◎：十分登はんする，○：登はんする，△：ある程度登はんする，×：登はんしない



板橋清掃工場
 緑化パネルはステンレス製メッシュと植栽コンテナを一体化し、格子状フレームにはめ込む。
 (東京都板橋区高島平)



横浜バイクオーター
 壁面にコンテナユニットと格子状の登はん補助資材を設置しヘデラ類などで壁面緑化。
 (横浜市神奈川区)



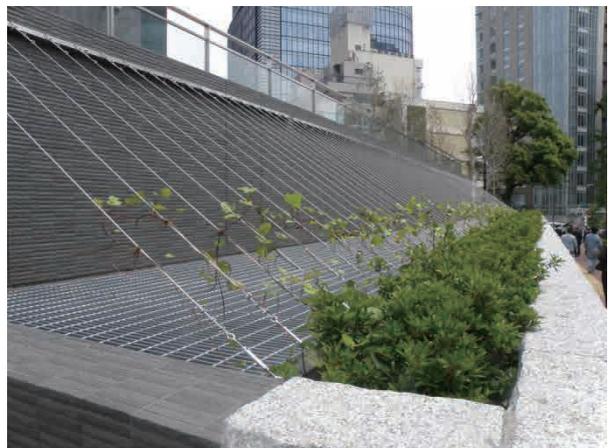
つくばセンタービルノバホール付近の外構
 階段横のコンクリート壁面に格子状の金網フェンスを設置し、ツル植物を導入。
 (茨城県つくば市吾妻)



集合住宅敷地外周のコンクリート塀
 コンクリートの壁面に格子状の誘引金網を設置し、オオイタビを導入。
 (東京都板橋区相生)



JR 潮見駅前プラザ二番街駐車場
 駐車場外周上部にプランターを設置し下垂性のカロライナジャスミンを用いて緑化。
 (東京都江東区潮見)



Sola City の外構
 公開空地の外構に斜めにワイヤーを張って、ヘデラ類を誘引している。
 (東京都千代田区神田駿河台)

2 工作物を利用したツル性植物による緑化

建築物の壁面、ブロック塀、コンクリート擁壁などの緑化のほか、竹垣、フェンス、柵、パーゴラ、アーチ、ポールなど、様々な形態の工作物に巻つる型のツル植物を絡ませ、立体的に緑化する方法がある。

この方法は、土地価格が高騰し土地利用の制約の大きい都市域において、緑化を推進していくために有効な緑化手法であり、都市の建築空間においても実現の可能性の高い緑化手法である。工作物の種類によって表Ⅱ.4.3-9に示すような仕立て方がある。

表Ⅱ.4.3-9 工作物を利用したツル植物の仕立て方

工作物の種類	ツル植物の仕立て方
① フェンス仕立て	住宅などの周囲にフェンスを設置し、ツル植物を絡ませる。
② トレリス仕立て	板を格子状に組んだトレリスを設置し、ツル植物を絡ませる。
③ 柵仕立て	木製や鉄製の柵を設置し、生垣がわりにツル植物を絡ませる。
④ パーゴラ仕立て	藤棚に代表されるように、棚やパーゴラを設置しツル植物を絡ませる。
⑤ アーチ仕立て	パイプなどでアーチをつくり、ツル植物を絡ませて緑のトンネルにする。
⑥ ポール仕立て	木、竹、金属などのポールを立て、ツル植物を絡ませる。
⑦ 立体花壇	カセットパネルやラックを組み立て、草花による立体花壇にする。



江戸川区清新町緑道
木製のパーゴラを設置し、フジを絡ませて藤棚を作っている。
(東京都江戸川区清新町)



東京都農林総合研究所江戸川分場
園路沿いに単管パイプでアーチをつくり、アケビを絡ませて緑のトンネルを形成している。
(東京都江戸川区鹿骨)



第5章 植物材料の選択

1. 都市建築空間に適した植物の条件

大気浄化を主眼とした都市建築空間での植栽に適した植物の主な条件として、

- (1) 都市建築空間の厳しい特殊環境に耐えうる、環境への適応性の高い植物
- (2) 都市美観形成上、景観的に優れた植物で、住民嗜好にもあった鑑賞性の高い植物
- (3) 移植や維持管理が比較的容易で、剪定や刈込にも耐えうる樹種
- (4) 大気汚染に対する耐性が強く、環境変動に対して浄化能力が低下しにくい植物

解説

大気浄化を主眼とした緑化では、第一に大気浄化能力の高い樹種を選ぶことが重要である。しかし、建築空間では、緑化の対象地が人工地盤であったり、ビルの谷間に挟まれた狭隘な場所であるなど、植物の生育にとっては決してよい環境条件ではない。人工地盤の場合、積載荷重制限の関係から、たとえ人工軽量土壌を用いても自然地盤に匹敵するような十分な土壌厚を確保することは難しい。地面から隔絶されているため、土壌動物や微生物を含めた土壌生態系という面でも一般の自然土壌とはかけ離れている。地下からの水や養分の供給もないため、灌水や施肥などの日常的な維持管理に頼らざるをえない。コンクリートやアスファルトに囲まれ、植物の生育の根幹をなしている根系の十分な発達のみこめず、自然地盤のように自由に根が伸ばせない。また、日照条件一つとっても、ビルの陰になって終日暗かったり、一方では周辺のビルの反射を受けて強烈な反射光を浴びるなど、環境条件が極端なことも建築空間の大きな特徴の一つである。

このように環境条件が極端な建築空間で緑化を行うためには、少しでも植物の生育に適した環境へと、その損なわれている部分を補えるような生育基盤の整備が必要であるが、それにも限界があるため、それぞれの生育場所の環境条件にも耐えられるような樹種選定が重要になってくる。

一方、都市緑地に一般的に求められているのは、緑による都市景観の向上、緑によって得られる憩いや安らぎ、爽やかさといった心理的作用に負うところも大きく、新規開発された緑豊かな中高層マンションの価値や大規模商業施設の集客力の向上、企業のイメージアップなどの経済効果にも表れている。このため、樹種選定にあたっては、心地よい緑陰を形成する、花が美しい、美しい実をつける、紅葉が映えるといったような植物の鑑賞性、美的価値も重要な要素になる。

また、建築空間の緑化では、植栽前の植栽基盤の整備に匹敵する事項として、植栽後の日常的な維持管理も極めて重要であるため、剪定や刈込、移植などの管理が容易な植物であることも樹種選定の重要な要素であると考えられる。

以下、屋上、ベランダ、壁面など、主要な植栽環境毎に植物材料の選定基準を整理した。

2. 植栽環境と植物材料の選択基準

2-1 屋上緑化の場合

- (1) 屋上緑化においては、植栽基盤の整備や植栽後の維持管理が重要であるが、現実には必ずしも十分に行えるわけではなく、また、日照の照り返し、夏季の乾燥、強風など、様々な環境圧を受ける。
- (2) このため、大気浄化能力が高いことや大気汚染に対する耐性があることに加えて、これらの屋上やベランダに特有の厳しい生育環境に耐えうる植物、すなわち耐乾性があり照り返しや強風に強い植物などを中心に選択するのが望ましいと考えられる。
- (3) また、大気浄化の面では本来は成長の速い植物が望ましいが、屋上などの空間的な制約や建物の積載荷重などを考慮すると、樹種特性として、高木でもあまり大きくならない樹種、剪定や刈込に耐える樹種を選択する。

解説

屋上緑化において最も問題になるのは、建築物の積載荷重と漏水である。積載荷重制限によって植栽基盤の重さ、構造と内容が規定されるため、導入される土壌の特性や厚さによって、高木、中木、低木、地被といった植物の種別や樹種がほぼ限定される。

光条件については、屋上であるため一般的に日射しを遮るものがなく、十分な日照条件が確保される。しかし、逆に照り返しが強く、厳しい日射を遮るものがないため、日陰や半日陰を好む植物にとっては日射しが強烈過ぎて葉が日焼けするなど、障害を起こすことも考えられる。基本的には好日性、好陽性の植物を選定することとし、照り返しの防止のため、コンクリートやアスファルト舗装の面積はなるべく減らすようにする。日陰や半日陰を好む植物を植栽する場合は、高木や中木の下や生垣の陰に植えるなど、植栽場所を工夫する。

水分条件については、屋上は降雨を直接受けるため、漏水を防止するために排水が徹底されていることが必要である。また、積載荷重制限のために十分な土壌厚が得られないことなどから、降雨が少なく日射しが厳しい夏季を中心に乾燥しやすい。一方、通気性・排水性が不十分な場合には、過湿による根腐れなども生じやすく、屋上の水分条件については二面性をもっていることに留意する必要がある。樹種選定にあたっては、基本的には乾燥に強い植物を選定するが、十分な灌水設備が設置され、日常的な灌水管理の徹底が保証されるのであれば、水分環境に対する植物の特性は制限要因にはならない。

強風については、屋上は遮るものがないため、一般に風が強い。それに加えて、土壌厚が薄いため、深くまで十分に根を張ることが難しい。このため風倒に注意する必要があるが、屋上では根が浅く広く張るような浅根性の樹種が向いている。業務ビルや大型商業施設では、生育空間がある程度確保できることから、強健で乾燥に強い樹種であれば、支柱などの防風対策を十分にすることによってボリュームのある高木樹種を選ぶこともできる。戸建住宅など生育空間が限られている場合には、中低木を主体に、高木でも樹高に比較して枝張りの小さな樹種を選定する。

樹種選定にあたっては、資料編の樹木特性表のほか、樹木図鑑、関係書を参考にするとよい。

2-2 ベランダ緑化の場合

- (1) ベランダやバルコニーで緑化を行う場合、建築構造や空間的な制約から、一般に高木樹種は難しく、中低木、ツル性植物、草花程度の植栽にならざるをえない。
- (2) 戸建住宅や集合住宅の場合には個人の嗜好にあわせて様々な植物を植えることも考えられるが、業務ビルや大型店舗では維持管理などにも左右され、建築物全体の統一性を考慮した樹種を選択するが多い。
- (3) 植物の生育環境としては、屋上と同様、かなり厳しい点に留意する必要がある。

解説

1 ベランダ緑化における構造的制約

ベランダやバルコニーは、一般に狭隘であり、建築構造や法令（建築基準法、消防法など）により、それほど広い植栽空間を確保することができない。

また、積載荷重制限などから十分な植栽基盤を整備することも難しく、土壌厚も制限される。

このため、樹種選定にあたっては、プランター、コンテナ、鉢などを利用して、それほど大きく枝葉や根を広げることのない中低木やツル植物が主体になる。それも困難な場合には、草花や野菜などを選定せざるをえない。また、近年においては、緑のカーテンづくりが家庭などでも流行しており、ヘチマ、ゴーヤ、ブドウなどのツル植物による緑のカーテンも有効である。

2 その他選定にあたって留意すべき事項

ベランダやバルコニーは、屋外と室内を繋ぐ接点として貴重な場所であり、住宅団地などにおいては人目にさらされる場合が多い。

そういう意味では、中高層住宅や戸建住宅において、遮蔽効果をもたせるために中低木を植栽したり、低木や草花を中心とした鑑賞性の高い植物を選ぶと修景効果も期待できる。

比較的規模の大きい場合を除くと、業務ビルや大型商業施設においても、生育場所の狭隘さから維持管理作業が困難な場合も多いので、維持管理の難易度から樹種選定する場合も多い。

ベランダやバルコニーでの樹種選定にあたっては、資料編の樹木特性表のほか、樹木図鑑、関係書を参考にするとよい。

3 草本植物の大気浄化能力

草本類については、大気浄化能力はほとんど調べられていない。大気浄化能力の指標の一つである光合成能力（純光合成速度）の測定例を表Ⅱ.5.2-1に示す。樹木の場合と同様、大気浄化能力は葉量にも左右されるため一概にはいえないが、純光合成速度が大きいほど、汚染ガスの吸収速度も大きく、単位葉面積当たりの大気浄化能力も大きいとみなすことができる。測定されている植物が穀物や野菜に偏っているのは否めないが、樹木の純光合成速度が6～16mgCO₂/dm²・h程度であることを考慮すると（木村・戸塚、1973）、草本類の大気浄化能力も決して小さなものではないことが示唆される。草本類の葉量については、生育最盛期の葉面積指数が4～5前後で、樹木の3～9と比較してもそれほど遜色ないが、木本類（樹木）に比べると生育期間が圧倒的

に短く、しかも生育初期は芽生えがでていだけで、葉面積指数も小さいため、生育期間中の累積的な葉量という観点でみると、樹木よりもかなり小さいと言わざるをえない。また、大気汚染物質の植物体内での蓄積・固定の観点からみると、草本の場合は、汚染ガスが葉内に取り込まれても、たいていは短期間のうちに枯れ、分解してしまうが、樹木の場合は、幹や枝の材の部分に長期間蓄積・固定されるため、その点でも草本よりも木本のほうが有利である。

表 II.5.2-1 草本植物の光合成能力 (単位: mgCO₂/dm²·h) (中村, 1986)

C3 植物	純光合成速度	C4 植物	純光合成速度
(単子葉植物)		(単子葉植物)	
イネ	41	トウモロコシ (熱帯)	57
コムギ	32	トウモロコシ (温帯)	40
コムギ (野生)	34	テオシント	47
オオムギ	27	サトウキビ	60
エンバク	36	バーミュダーグラス	82
ライムギ	26	パールミレット	60
イタリアンライグラス	18	キビ sp.	68
オーチャードグラス	25	バヒアグラス	43
トールフェスク	30	ジョンソングラス	66
レッドフェスク	35	モロコシ	60
ケンタッキーブルーグラス	38	ローズグラス	35
リードカナリグラス	30	ジャングルグラス	62
アシ	32	オヒシバ	77
ヌカキビ	34	メヒシバ	45
キビ sp.	27	イヌビエ	61
カモジグサ sp.	45	ハマスゲ	63
ヨシ sp.	23	スズメノヒエ	40
(双子葉植物)		(双子葉植物)	
ハマアカザ	31	ハマアカザ sp.	38
フダンソウ	24	イヌビユ	41
テンサイ	30	アオビユ	77
インゲンマメ	27	ヒユ sp.	67
ダイズ (日本産)	27		
ダイズ (米国産)	36		
ソラマメ	18		
エンドウ	33		
アルファルファ	26		
アカクローバ	29		
ヒマ	31		
ホウセンカ	19		
ワタ	38		
シマアオイ	18		
サツマイモ	24		
アサガオ	14		
トマト	22		
バレイショ	26		
トウガラシ	25		
ピーマン	34		
タバコ	23		
キュウリ	29		
ヒマワリ	45		
ホテイアオイ	18		
チョウセンアサガオ	47		
キバナノハウチワマメ	63		
平均	30	平均	57

2-3 壁面緑化の場合

- (1) 壁面緑化の場合には、狭小な植栽箇所のため一般に土壤条件が悪い上、日照の照り返しによる輻射熱、方位によっては日陰になりやすいこと、また高架下などでは降水がないなど、環境圧がより厳しい場合が多い。
- (2) また、壁面の素材や仕上げにより壁面に付着したり登はんでくる能力が左右され、規模や方位により成長量の差や壁面を被覆するまでに要する時間が異なる。
- (3) 壁面緑化に適する植物の条件としては以下に示すような事項が挙げられるが、一般的にはツル性植物が最適であり、実際にもよく用いられている。
 - ① 永続的な緑化が可能な植物
 - ② 生育が旺盛で、年間伸長量が大きく、面的な被覆も早い植物
 - ③ やせ地でもよく生育し、乾燥に耐え、狭隘な空間でも生育できる植物
 - ④ 維持管理が比較的容易な植物
 - ⑤ 姿かたちが美しい植物
- (4) 最近では、生育基盤と灌水装置が一体化されたカセット式などの立体花壇の技術開発が進み、建築空間においてもかなり普及しつつある。このような立体花壇では、ツル植物に係わらず、草花、観葉植物、シダ類など、多様な植物の導入が可能であり、鑑賞性も高い。

解説

壁面の日照条件は、植栽場所の壁面の方向によって決まるが、近年は全面にわたって熱線反射ガラスが張られ総ガラス張りのビルも多く、この周辺は西日を西の方向から受けるとも限らない。一般に南面や西面では、かなり強い日射が長時間あたるため、好日性・好陽性の樹種を選択する。東面では比較的問題は少ないが、北面や高架下など、日射しがほとんどない場所では、耐陰性の強い樹種を選定する必要がある。

水分条件については、壁面自体は一般的に保水力がないため、壁面の上部や下部に植栽することが多いが、上部は乾燥しやすく、下部は過湿になる場合がある。高架下など、降水のない場所では地下からの水の供給も得にくいいため、給水設備や灌水のための灌水設備が必須である。そのため、樹種選定にあたっては、乾燥に強い強健な樹種を選定する。

ツル植物は、見かけよりも長く伸長する機会が多いため、良質な土壤を確保する必要がある。一般に壁面緑化を行う植栽場所では、土壤の質、厚さ、養分、水分などで十分とはいえない場合が多いため、耐乾性、耐瘦地性の強い強健な樹種を選定する。また、灌水、施肥などの日常的な管理を十分に行うことが重要である。

壁面緑化においては従来ツル植物が多く使われてきたが、近年では立体型のコンテナや植栽基盤と灌水装置が一体化したカセット式の緑化パネルや立体花壇が普及してきているため、花壇に植えるような草花や、観葉植物、シダ類など、ポット植えの植物も導入されている。



第6章 都市建築空間緑化の維持管理

1. 植栽の維持管理

- (1) 生育環境の厳しい都市建築空間の植栽地では植栽の管理が重要であり、日常的な点検監視とともに、灌水、剪定・刈込、防風対策、病虫害防除、施肥、枯損木の処理と補植など、適切な管理を行う必要がある。
- (2) 屋上、ベランダ、壁面の緑化において最も重要なのは灌水であり、植栽基盤や植物の生育の状態や季節にあわせて灌水量や灌水間隔を変えるなど、こまめな水管理が欠かせない。
- (3) また、大気浄化の効果を高めるためには植栽した樹木を大きく伸び伸びと育てることが望ましいが、積載荷重の面からは荷重が大幅に増加するのは好ましくないため、剪定や刈込によってある程度生育をコントロールすることも重要である。また、剪定や刈込は枝葉を更新し活力度の向上を図るという意味合いもある。

解説

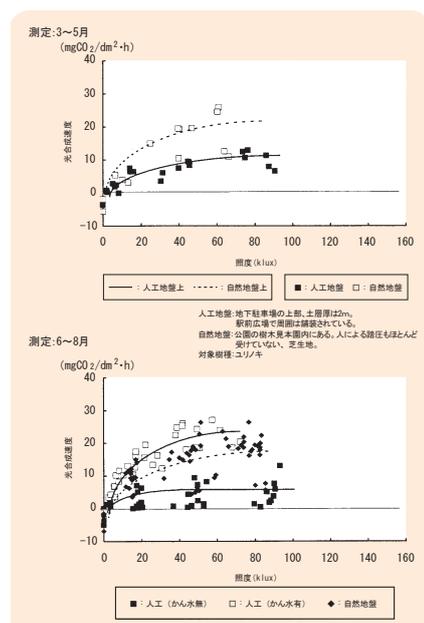
生育環境の厳しい建築空間の植栽地においては、下記のように様々な生育阻害要因が想定され、通常の自然地盤の植栽地よりも綿密に計画立てて日常的な維持管理を行う必要がある

生育阻害要因

- 大気汚染
- 高温や水分不足による乾燥害
- 水分、養分の欠乏（人工地盤）
- 日照阻害
- 強度の照り返し（人工構造物、舗装、ビルの反射ガラス）
- 強風（ビル風）

1 灌水

ユリノキの光-光合成曲線について、公園の自然地盤に植栽されているものと地下駐車場の上の人工地盤に植栽されているものとを比較し、図Ⅱ.6.1-1に示す。6～8月の人工地盤については、灌水を行った場合と行わなかった場合も示している。いずれの時期においても自然地盤に比べて人工地盤では飽和光合成速度、すなわち光合成能力が低下していることがわかる。これは、人工地盤では自然地盤に比べて、土壌厚が薄いこと、地面と隔絶されているため地下から水分の供給がないこと、周辺が舗装され、通行人などの踏圧があることなど、様々な要因が考えられる。人工地盤での灌水の有無を比較すると、灌水を行わなかった場合の



図Ⅱ.6.1-1 人工地盤と自然地盤での光合成の比較

光合成速度は自然地盤の約 1/4 に低下したが、灌水を行った場合には自然地盤の 1.4 倍とむしろ高くなった。これは、降水の少ない夏季に測定を行ったため、自然地盤といえども水分条件がかなり悪化していたと考えられ、人工地盤でも灌水によって水分状態がかなりよくなったことが示唆される。

光合成速度が高まるということは、光合成能力が高まることを意味し、それに伴って汚染物質の吸収量が高まることが想定される。これらの測定結果から、人工地盤をはじめ水分条件の厳しい建築空間において大気浄化の効果を高めるためには、灌水などの適切な水管理が欠かせないと考えられる。

降水があっても、地下からの水分の供給がなく夏の渇水状態などが生じやすい人工地盤の植栽地や、自然地盤であっても降水が期待できない高速道路の高架下などの植栽地においては灌水が不可欠である。このため、日常の監視・観察を怠らず、必要に応じて灌水することが重要であるが、水の確保にあたっては、可能な限り雨水貯留水や中水などの循環水の利用を図ることが望ましい。

灌水の頻度、灌水量、方法などを表 II.6.1-1 に示す。

表 II.6.1-1 建築空間の植栽地での灌水の方法

項目	内 容
灌水頻度	植栽地の土壌の特性（主に保水性）、根張り空間の広さ、無降雨日数などにもよるが、基本的には、夏季は3日に1回、春季・秋季は1週間に1回、冬季は2週間に1回を標準とする。日常的な監視・観察によりこまめに行うことが望ましい。
灌水量	1回の灌水量は、排水層や土壌特性にもよるが、多すぎると根腐れの原因になるため、土壌の保水可能な水分量の 1/3 ～ 1/5 程度を標準とする。
灌水方法	小規模な植栽地では、ホースを用いて人力で水やりする方法が安全である。大規模な植栽地や管理を行いにくい植栽地では、スプリンクラー、ドリップ式の点滴パイプ、散水パイプによる地表灌水方式、また土壌水分の状況に応じて散水する自動灌水装置などがある。



自動灌水装置

右に見えるのは灌水制御盤で、自動的に灌水される仕組みになっている。

(東京都千代田区大手町)



地表灌水装置

ドリップ式の点滴パイプが植栽箇所には並べられている。スプリンクラーのように飛散しない。

(東京都港区芝公園)

2 剪定・刈込

大気浄化の面では、豊かな緑量を確保することが重要であることから、剪定・整枝は最小限にとどめ、過密になった場合の枝透かしややむをえない場合の支障枝の剪定など、樹木の自然生長を重んじた、いわゆる弱剪定方式、自然生長方式により行うのが望ましい。

しかし、積載荷重の問題や都市美観の維持のためにはある程度の樹冠のコントロールは必要であり、必要ならやむをえない。

3 強風対策

屋上やベランダの植栽木は、強風の上に、積載荷重の問題から土壌圧が薄く、人工軽量土壌を用いるため倒伏しやすい状況にある、このため、植栽木については、支柱により十分支持する必要がある、プランターや鉢もしっかり固定しておく必要がある。

支柱の方式としては、伝統的な鳥居支柱、ハツ掛け支柱、布掛け支柱などがあるが、近年はワイヤー式支柱や地下に埋め込まれ目立たない地下支柱などがあり、状況に応じて使い分けるのが望ましい。



ワイヤー支柱
人工軽量土壌のため通常の支柱が効かないため植
根に金具で固定している。
(東京都世田谷区大橋)



地下支柱
ここでは金具で見えているが、土壌や地被植物で
隠せば目立たない。最近都心でも増えている。
(東京都世田谷区大橋)

4 落葉や剪定枝条の処理

建築空間の植栽地では、積載荷重の問題やその建築や用途の本来的な機能との関係から、通常の植栽地よりも剪定や刈込の頻度が多くならざるをえない場合もある。

このため、比較的大規模な植栽地では、その際に発生する大量の剪定枝条や落葉について、焼却処分するだけでなく、堆肥化やチップ化により再利用を図るなど、維持管理の面でも細かな配慮が望まれる。

2. 施設の維持管理

- (1) 都市建築空間の緑化では、建築物の保全との関連から、排水設備や防水層、灌水施設などの施設の管理も重要である。
- (2) 屋上やベランダの緑化のトラブルで最も多いのは漏水である。漏水を未然に防ぐためには、排水孔、ルーフドレインの日常の点検整備が特に重要であり、また落葉の時期や台風・梅雨・集中豪雨の直前・直後には点検や清掃・整備を十分に行う必要がある。
- (3) また、スプリンクラー、散水パイプ、点滴パイプなどの灌水設備の定期点検や整備も重要である。

解説

1 排水施設の点検・整備

建築空間の植栽地においては、漏水のトラブルが一番多い。その主な原因は、管理点検の不足によるルーフドレインや排水管の目詰まりが原因で滞水し、防水層の立ち上がりを超えて漏水したものがほとんどである。防水層が破損したり、劣化するなどして防水層自体が原因となる漏水は少ない。

目詰まりの原因は、落葉、土壌、ごみなどの些細なものであり、これは日常の点検・整備で十分対応できるものである。しかし、これを怠ると、致命的な漏水に繋がりがかねない。

2 灌水施設の点検・整備

灌水頻度や灌水量は、植栽地の土壌の保水性、根張り空間の広さ、無降雨日数や植栽されている植物の特性などによって決まってくるが、最近は自動灌水装置を設置するケースが多く、機械に任せがちになる。しかし、機械ゆえに故障も多く、定期的な点検・整備が欠かせない。

植栽完成後、ただちに機械任せにするのは避け、順調な稼働には相当期間の調整が必要であり、機械装置に信頼がおけるようになるまでには最低でも1年程度の試行錯誤の期間を設けておくのが望ましい。

また、地表部分に散水管を設置した場合、地方によっては冬の凍結への注意が必要であり、極寒期に入る前に水抜きを忘れないことも大切である。



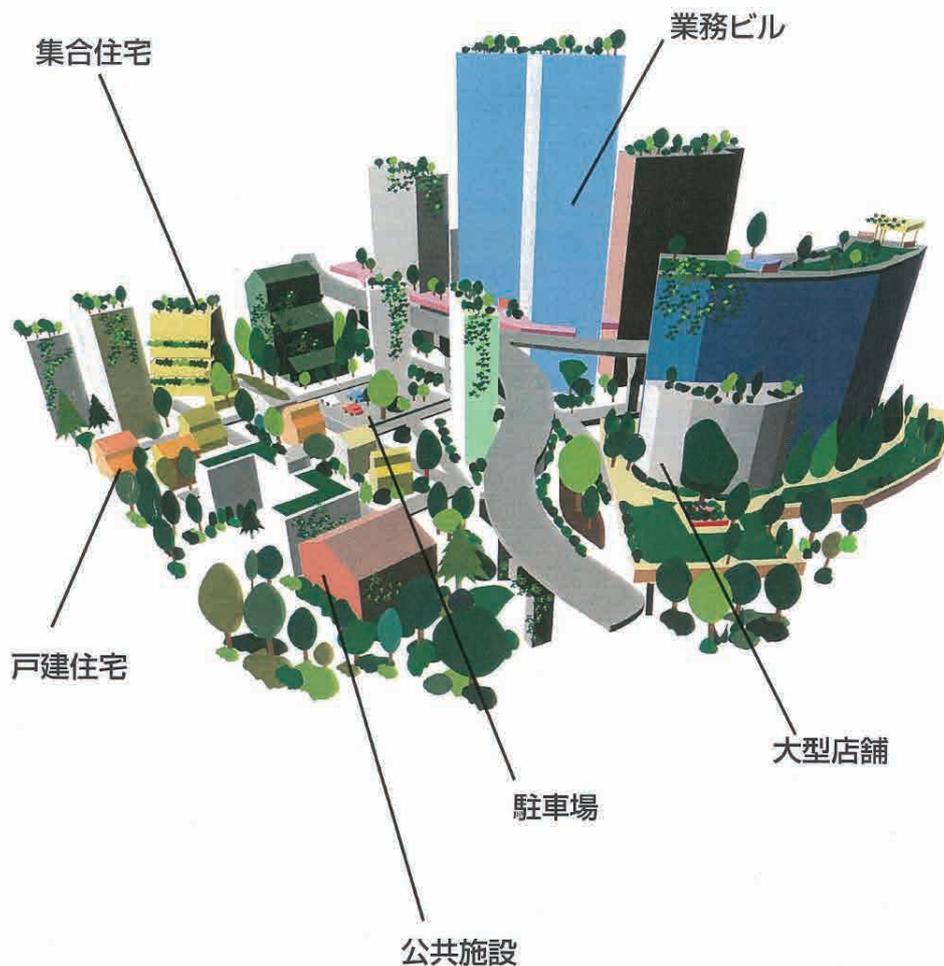
第7章 建築用途別の緑化事例

緑化が可能な建築空間を分類する場合、屋上、ベランダ、壁面など、緑化対象空間ごとに分類する方法や、自然の降雨がない、日照がほとんどない、ビル風など風が特に強いなど、植栽木の生育に不利な環境要因をとりあげるなど、環境要因の特徴で分類する方法などがある。

しかし、庁舎・学校・公民館などの公共施設、戸建住宅・集合住宅・中高層マンションなどの住宅地域、大型商業施設・業務ビルなどの商業・業務地域、工場・倉庫などの工業地域などに分けると、地域や施設によって敷地内の植栽可能空間の規模や特性がそれぞれ異なっており、また建築空間の状況にもそれぞれ特徴がある。

また、それぞれの施設や敷地に求められる諸機能や、大気浄化のための植栽の意義もそれぞれ自ずと異なり、大気環境の改善を主眼とした緑化の計画・実施にあたっては、これらの点を十分考慮する必要がある。

このため、ここでは、実際に大気浄化を主眼とした建築空間の緑化に際して、参考となるよう、公共施設、住宅、業務ビル、大型店舗・商業施設、工場、駐車場の六つの土地利用・施設を対象に緑化の方針と先進的な緑化事例を例示した。



1. 公共施設

- (1) 学校、庁舎、公民館、福祉施設、清掃工場などの都市域を代表する公共施設は、地域住民との結びつきが強く、市民に幅広く利用される施設であることから、親しみのある空間として整備する必要がある。
- (2) 土地面積で見ると、都市の中では比較的広い空間をまとめて保有している施設の一つであり、今後、外構など、緑化を行う余地が比較的多く残されている施設であるが、建築物も比較的大きいことから、屋上・ベランダ・壁面などの建築空間についても緑化の余地が比較的残されている。
- (3) したがって、これらの公共施設は、都市緑化の中核となるという重要な役割が期待されるとともに、民間で実施する場合の参考になるように、今後、建築空間の緑化を重点的に進めていきたい施設である。
- (4) これらの公共施設は、他の公共施設とともに一団の公共ゾーンを形成していることが多いことから、緑化にあたっては、隣接する公共施設や道路の街路樹、公園緑地などの緑との連続性を図っていくことが望ましい。

事例



本郷給水所公苑

東京都水道局の本郷給水所の排水施設（排水池）の上に人工地盤を設けて築造された公園緑地である。

1977年12月開苑のため、屋上緑化としてはごく初期のものである。

池と流れを中心とした和風庭園（写真左）とフランス式幾何学模様の洋風庭園（写真下）からなっている。

大気浄化の面では、樹木が多い点で和風庭園の部分の役割が大きい。

（東京都文京区本郷）





葛西水再生センター 臨海球技場
下水処理施設の上の人工地盤に球技場を作り、クロマツやアキニレなどの高木で緑地を創出。
(東京都江戸川区臨海町)



つくばセンタービル ノバホール前広場
建物周辺に広がる広場にケヤキを植栽し、大きく伸び伸びと育てて、安らぎのある緑陰を形成。
(茨城県つくば市吾妻)



東京都中央卸売市場食肉市場
水処理センター屋上の人工地盤に多様な高木、中低木を組み合わせ、憩いの場を創出。
(東京都品川区北品川)



東京都下水道局ポンプ所東品川屋上庭園
ポンプ所の2階・3階の屋上に花壇・バラ園・野草園・水辺ビオトープなど明るい緑地を整備。
(東京都品川区東品川)



目黒区総合庁舎本館
築40年の既設の本館屋上を全面改修した和風庭園で、屋上緑化の情報基地として整備された。
(東京都目黒区上目黒)



原宿警察署
警察署建物の三面にプランターと誘引格子を設置し、ヘデラ類を導入して壁面緑化を行っている。
(東京都渋谷区神宮前)

2. 住宅（戸建住宅・集合住宅）

- (1) 住宅は人間生活の基本的な場であり、これらの集合体である住宅地は清浄な空気、適度な日照、静けさ、美しい街並みなど、快適な生活環境の保全が求められている。
- (2) このうち戸建住宅は、個々の敷地面積は比較的小さいものの、都市全体に占める空間総量としては相当程度の割合を占めるものと想定される。また、都市域や郊外によくみられる中高層の集合住宅は、住棟間に比較的広い空地をとっているため、都市の中では、今後、植栽できる可能性の高い場所として位置付けられ、緑豊かな場所であれば、その分価値も高まる。
- (3) したがって、住宅地における緑の増加は、都市全体の緑の増加に大きく影響し、大気浄化に果たす役割も大きいものと期待される。
- (4) 戸建住宅ではベランダが、集合住宅では住棟回りの外構、住棟間を結ぶペデストリアンデッキ、駐車場の上部、屋上・ベランダ・壁面などが建築空間緑化の対象の場になる。
- (5) 特にベランダは、住民嗜好にあわせて鉢やプランターを置いて草花や緑のカーテンを育てるなど、都市空間の圧迫感を減少させ、明るく開放的な景観づくりの一助ともなり、また住民参加による緑化が図られる場所であることから、都市緑化に対する住民への啓発の意味においてもその効果は大きい。

事例



UR アーベインピオ川崎
住棟の屋根や庇、駐車場や集会場の屋根の上の人工地盤を緑化し、都市の緑の拠点となっている。
(神奈川県川崎市幸区大宮町)



オーチャードプラザ & オーベルグランディオ
隣接する集合住宅高層棟に囲まれた中庭の駐車場を立体化し、コミュニティスペースを創出。
(神奈川県川崎市幸区)



オルト横浜
住宅・業務・商業・公共施設が複合した駅前庭園
都市で、セントラルパークを中心に植栽。
(神奈川県横浜市神奈川区新子安)



サンスクエア川崎 駐車場人工地盤
集合住宅団地の駐車場上の人工地盤を樹木や花壇
により明るく親しみやすい緑地空間を創出。
(神奈川県川崎市日新町)



パークコート赤坂 ザタワー
新築高層マンションの外構を公開空地として緑地
整備。3階にプライベートガーデンの屋上緑化。
(東京都港区赤坂)



御殿山プロジェクト
「御殿山の原風景」の再生をコンセプトに地域の
自然再生に貢献する大規模な緑地を創出。
(東京都品川区北品川)



赤坂インターシティホームタイプバイカウント
既存の斜面緑地を残し、これと隣接する一体的な
緑地を駐車場の屋上緑化により整備。
(東京都港区赤坂)



赤坂ガーデンシティ
高層マンション周辺の地下駐車場の上の公開空地
と低層階屋上を一体化して屋上緑化。
(東京都港区赤坂)

3. 業務ビル

- (1) 商業・業務地域は、一般に建蔽率が高く、敷地内に占める建築面積の割合が他の地域に比べて著しく大きい。このため、新たな植栽可能空間の確保は難しく、またたとえ確保できたとしても狭隘な空間のため建築物等に被陰されて日照不足などの問題を生じやすい。
- (2) しかし、近年の業務ビルなどにおいては、都市の再開発などに伴い公開緑地などとして一般に開放されることが多く、緑あふれる潤いのある広場が形成されて、人々の憩いの場になるなど、都市環境の向上に寄与するところも大きい。
- (3) 業務ビルには屋上・ベランダ・テラス・ペDESTリアンデッキ・壁面など、建築空間に緑化の余地が多いことから、大気環境の保全を主眼とした都市緑化を推進していきたい場所の一つである。

事例



NTT 幕張ビル
建築物の外構にサツキを中心に低木の植え潰しを行い、接道部の高木の列植をしている。
(千葉県美浜区中瀬)



六本木ヒルズ アークガーデン
サントリーホール屋上の人工地盤を緑化。ルーフガーデン、コンテナガーデンなど多様な緑。
(東京都港区六本木)



アクロス福岡 ステップガーデン
隣接する天神中央公園との一体化を意図した屋上緑化で、面積 5,400m² とわが国最大規模。
(福岡県福岡市中央区天神)



イオンタワー
建物外構をタブノキ、ヤマモモ、コブシなどの多様な樹種を導入し、ボリューム豊かな緑。
(千葉県千葉市美浜区中瀬)



キャノン幕張ビル & 住友ケミカルビル
建物外構やペデストリアンデッキを中心に花木を多用して親しみやすい緑地空間を創出。
(千葉県千葉市美浜区中瀬)



丸の内パークビルディング 三菱1号館
オフィス棟との間に中庭風の広場を創出。円柱をカセット型緑化ユニットにより壁面緑化。
(東京都千代田区丸の内)



丸の内東京ビル TOKIA ベランダ緑化
業務ビルの2階と4階のベランダに高木を導入して緑化。
(東京都千代田区丸の内)



虎ノ門商船三井ビル
建物周辺の外構やペデストリアンデッキに高木・中低木・地被類など多様な植物で緑化。
(東京都港区虎ノ門)



新丸の内ビル 屋外テラスの緑化
低層基壇部の6階・7階に設置された屋外テラスをオリーブなどで緑化し憩いの場を創出。
(東京都千代田区丸の内)



東京ガス ガスの科学館
建物の緩やかに傾斜した屋根に芝生広場を整備し、屋根の上とは思えない緑地空間を創出。
(東京都江東区豊洲)



東京プリンスホテルパークタワー芝公園
隣接する芝公園・増上寺・東京タワー周辺の景観に配慮し、駐車場等の人工地盤上を緑化。
(東京都港区芝公園)



横浜バイクォーター
テラスや外構を中心に樹木を植栽するとともに、緑化パネルを導入してヘデラで壁面緑化。
(神奈川県横浜市神奈川区金港町)



東京国際フォーラム
会議場・展示場周辺の外構の人工地盤上にケヤキの大径木を植栽し緑陰を形成。
(東京都千代田区丸の内)



品川インターシティ & 品川グランドcommons
巨大な業務ビルの中に多様な高木を導入し、都心のオフィス街では最大級の緑地空間を創出。
(東京都港区港南)



富士ゼロックス「四季彩の丘」
一階の外構と繋がる丘状の庭園で、2階から3階に設けられた4箇所のテラスで構成される。
(神奈川県横浜市西区高島)



幕張テクノガーデン
低層階のテラスなどを中心に高木と中低木を組み合わせることで緑量豊かな緑地を創出している。
(千葉県千葉市美浜区中瀬)



六本木アークヒルズ
 建物外構のテラスやベランダを緑化。カラヤン広
 場周辺は来訪者の憩いの場になっている。
 (東京都港区六本木)



六本木ヒルズ
 人工地盤「66 プラザ」と地上 45m の「グリーン
 マスダンバー」の人工地盤を緑化し整備。
 (東京都港区六本木)



三井住友海上駿河台新館
 野鳥や蝶が好む樹種を中心に「いきもの」と「ひと」
 に配慮した緑地で、壁面緑化実験中。
 (東京都千代田区神田駿河台)



虎ノ門ファーストガーデン 壁面緑化
 プランター一体型緑化システムと登はん補助資材
 を導入しツル植物で9階までの壁面を緑化。
 (東京都港区虎ノ門)



二番町ガーデン
 オフィスビル7階屋上の屋上庭園と2～6階のバル
 コニーから西日反射軽減のため壁面緑化。
 (東京都千代田区二番町)



JR 新浦安駅前プラザマーレ 壁面緑化
 駅前の複合商業施設の壁面に生育基盤や登はん補
 助資材を設置しヘデラ類で壁面緑化。
 (千葉県浦安市入船)

4. 大型店舗・商業施設

- (1) 一般に買い物客は、人々で賑わう場所で、かつ快適で美しく清潔感に溢れた商店街やデパート、ショッピングセンターなどに集中する傾向がある。このため、商店やショッピングセンターなどの前庭などを緑化して環境や景観の改善を図ることは、買い物客の獲得や商店・企業のイメージアップにも効果的であり、地域全体のイメージアップや活性化にも大きく寄与するところである。
- (2) しかし、商業地域、特に都心の商業地域では、一般に建蔽率が著しく高く、植栽可能空間の確保が難しく、たとえ確保できたとしても狭隘な空間のため建築物に被陰され、日照不足になりやすい。
- (3) このため、これらの場所で緑化を行う場合には、建築物の外構や屋上・ベランダ・壁面などが主体になるが、店舗の前面や周囲は買い物客の通行や商品展示の場所であることから、それらの妨げにならないように、商業地域としての本来機能との調和に配慮して緑化を進めることが重要である。
- (4) また、植栽可能空間の確保が難しい場合であっても、工夫次第で緑化が可能である。近年では、高木樹種の植栽が可能な可搬式のプランター、コンテナ植物、組み立て式の緑化パネルなども開発されているので、それらの利用や草花や観葉植物の導入による壁面緑化なども取り入れ、彩溢れる緑に包まれた親しみのある緑地空間の形成も可能になっている。

事例



さいたま新都心 けやき広場
さいたまアリーナと駅西口を繋ぐ2階の人工地盤上に県木のケヤキが立ち並ぶ憩いの場。
(埼玉県さいたま市大宮区)



なんばパークス
階段状の商業棟屋上を地上から8階まで連続した緑地として整備。自然と都市を重層させた。
(大阪府大阪市浪速区難波中)



玉川高島屋 屋上庭園
1969年の開業当初から取り組み始めた屋上庭園。四季の森など、屋上に憩いの場を創出。
(東京都世田谷区玉川)



晴海アイランド トリトンスクエア
商業施設としてのグレードアップと集客力向上を目指して花を中心とした緑地空間を創出。
(東京都中央区晴海)



東京ドームシティ ミーツポート
公園内の複合商業施設屋上に高木・中木を配置し、緑量豊かな安らぎのある緑地空間を創出。
(東京都文京区後楽)



アークヒルズ アークガーデン
サントリーホール屋上の人工地盤。ルーフガーデン、フォーシーズンズガーデンズ、コンテナガーデンなど。
(東京都港区六本木)



丸の内パークビルディング 三菱1号館
ビルの中庭と低階層屋上を緑化。タワー塔の円柱をカセット型緑化ユニットによる壁面緑化。
(東京都千代田区丸の内)



ラザーナ川崎
複合商業施設の屋上、バルコニーなどを高木樹種やツル植物で緑化している。
(神奈川県川崎市幸区堀川町)

5. 工場

- (1) 工場や事業所は、大気汚染防止法により、排出または飛散する大気汚染物質について、物質の種類ごと、施設の種類・規模ごとに排出基準などが定められており、各種対策を講じてきたことによってひとところに比べると排出量が減ってきているが、その生産活動・事業活動によって大気汚染物質や騒音の発生源（固定発生源）になっている場合が多いため、発生源対策の一環として大気浄化を主眼とした緑化を効果的に実施する場所の一つである。
- (2) 施設の種類や規模によっても異なるが、中大規模工場のなかには植栽可能空間がかなりまともに残されている場合が少なくない。このため、都市における植栽可能空間が限られている今日、工場敷地内における緑地の増加は、都市全体の総量としての緑量にも大きく影響し、特に工場地帯における緑化は大気環境の改善のためにも今後推進していきたい。

事例



キヤノン川崎事業所

県道 140 号に面した広大な事業地敷地内の緑化。敷地外周を中心にクスノキ、シラカシなどの高木樹種を植栽し、接道部はヒイラギモクセイ、イヌツゲなどの常緑低木を生垣状に仕立てている。
(神奈川県川崎市幸区柳町)



アサヒビール吹田工場

敷地北西部の国道 479 号に面した植栽地と敷地南西部の敷地外周の植栽帯からなる。高木には、アラカシ、クスノキの常緑樹と落葉樹のエノキが用いられている。低木は、ドウダンツツジ、ヒラドツツジ、サツキなどのツツジ類である。
(大阪府吹田市西の庄町)

6. 駐車場

- (1) 都市域では高速道路に加え、幹線道路を中心に自動車が増え、規模の異なる数多くの駐車場がいたるところにみられる。
- (2) 自動車が増え集合する場であるという点からみれば駐車場も都市域における大気汚染の主要な発生源の一つと考えられる。そのような観点からみれば、移動発生源の発生源対策として、道路沿道ばかりでなく駐車場についても可能な限り濃密に緑化すべきことは異論の余地がなく、大気環境の改善においても極めて有効な場所の一つと考えられる。
- (3) また、都市景観の向上の面からも緑化することが望ましいことから、駐車場は、今後、大気浄化を主眼とした緑化を進める場合の対象地として重視したい場所である。
- (4) しかし、駐車場としての機能を効率よく満たすために、通常は敷地面積一杯に舗装された駐車スペースが広がり、緑化されている駐車場はきわめて少ないのが実状であり、今後、緑化を進める上でも空間的な制約は大きいといわざるを得ない。
- (5) そうした中で、最近では中高層集合住宅を中心に、駐車場を地下に埋めて、その上部の人工地盤上を緑化して住民の憩いの場所として活用したり、駐車場を立体化して、その屋上や壁面を緑化するケースが増えており、付加価値を生んでいる。
- (6) また、駐車場の敷地外周部では比較的制約が少なく、駐車ゾーンを区分する区分帯を緑化するなど、工夫次第で駐車場の緑化も可能であると考えられる。

事例



メッセモール（市営地下駐車場）
地下駐車場の上の広大な人工地盤に多様な植栽を施して幕張メッセ周辺に緑地空間を創出。
（千葉県千葉市美浜区中瀬）



検見川マリンハイツ 駐車場
集合住宅の住棟間の駐車場屋上の人工地盤を緑化し、住民らの憩いとやすらぎの場を創出。
（千葉県千葉市美浜区真砂）



千葉みなとバスターミナル
バスターミナルの敷地外周に高木・中低木を組み合わせた遮蔽効果の期待できる緑地を創出。
(千葉県千葉市中央区中央港)



JR 潮見駅前プラザ二番街駐車場
駐車場の上にプランターを設置し、下垂性のカラライナジャスミンを垂らして壁面緑化。
(東京都江東区潮見)



東京プリンスホテル パークタワー芝公園
駐車場等の上の人工地盤に芝生公園、バラ園、植栽地などを整備。周辺の増上寺にも景観配慮。
(東京都港区芝公園)



霞ヶ関ビル 地下駐車場
地下駐車場の上の人工地盤に高木樹種のイチヨウを植栽している。土壌厚は1mに満たない。
(東京都千代田霞ヶ関)



新丸ビル駐輪場
ビルの北側に設けられた駐輪場の壁面緑化。ヘデラ類などの耐陰性の強い樹種を導入。
(東京都千代田区丸の内)



日本工業倶楽部
業務ビルの北側に位置する駐輪場の壁面を耐陰性の強いヘデラ類などの地被植物で緑化。
(東京都千代田区丸の内)



第Ⅲ編 道路緑化編



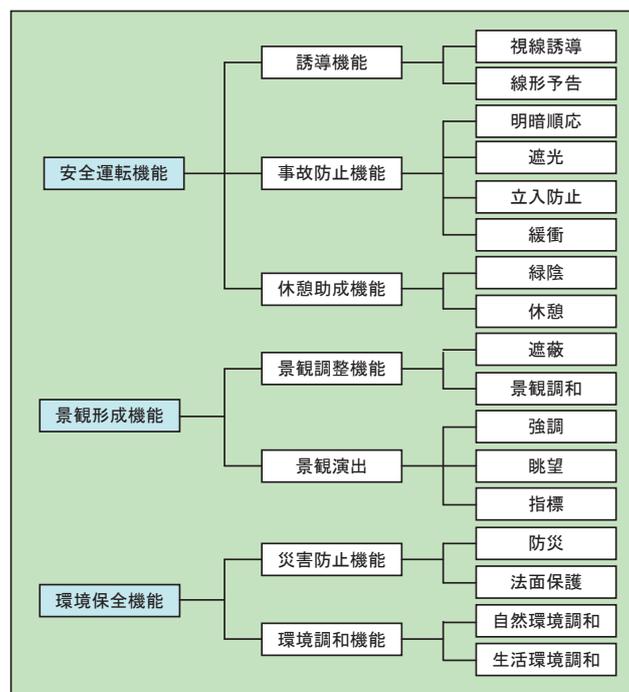
第1章 道路緑化の目的と効果

- (1) 道路緑化の目的や期待する機能は、安全運転、景観形成、環境保全など、多岐にわたっている。このような機能は植物以外の人工の機器で代替できないわけでは決してない。大気浄化だけに限ってみれば、沿道に空気清浄機などを設けてもよいわけであり、ある一つの目的だけであれば、むしろ人工の機器のほうが効果的である場合も少なくない。
- (2) ここであえて植物を利用する理由は、道路というハードな人工構造物に対して、植物というソフトな自然物による機能が、人工的な機器などに比べ、他の何ものにも替え難いこと、また、緑による憩いややすらぎなどの心理的な機能も含め、多岐にわたる機能が相乗的に期待できるからである。

解説

道路緑化の目的と機能については、図Ⅲ.1.1-1に示すように多様なものがあげられるが、大別すると、安全運転に寄与する機能、景観形成に係わる機能、環境保全に係わる機能があげられる。このうち大気浄化に係わる機能は環境保全機能に含まれる。

個々の機能については、交通案内板、ガードレール、遮音壁などの人工構造物の方が効果が大きい。道路緑化により沿道に緑地帯を形成すると、これらの機能が複合的な効果をもたらされる。特に利用者や沿道の住民などに与える潤いややすらぎ、安心感といったような緑の心理的な効果は、他の何ものにも替え難い特徴的な機能である。



図Ⅲ.1.1-1 道路緑化によってもたらされる機能（社団法人道路緑化保全協会、1977）



第2章 沿道緑地の大気浄化効果

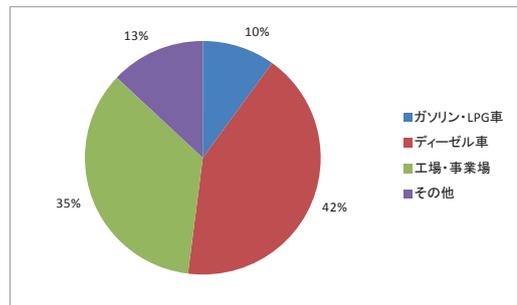
1. 沿道における大気汚染の現状

- (1) わが国の大気環境は、1960年代半ば、様々な規制や対策によりSO₂やCOについては大きく改善された一方、NO₂濃度はごく最近まで高濃度で横ばい状態が続いていた。最近、自動車排出ガス規制の効果などにより一般局での汚染は概ね改善されたが、幹線道路周辺の自排局では未だ十分とは言い難い汚染状況にある。
- (2) SPMによる汚染は、首都圏などの都市域では長年、高濃度が続いていたが、2002年に施行され、2007年に改正された「自動車から排出される窒素酸化物及び粒子状物質の特定地域における総量の削減等に関する特別措置法」（以下「自動車NO_x・PM法」という。）によるディーゼル車対策によって著しく改善された。しかし、より微小な粒子の健康影響が確認されたことから、2009年にPM2.5の環境基準が定められ、全国的に環境基準達成率は未だ低い状況である。
- (3) このように、これまで大気汚染の主役であったNO₂やSPMが比較的改善傾向にあることから、従来のようなNO₂などによる汚染対策として緑地帯の設置が求められるような地域は限られてきているが、ディーゼル車から排出されるPM2.5などを考慮すれば、幹線道路周辺での緑地帯による効果が大きいと期待される。

解説

1 大気汚染の状況

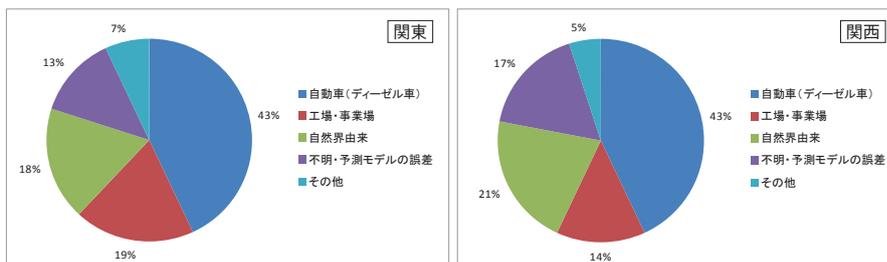
自動車NO_x法（現自動車NO_x・PM法）に基づく特定地域におけるNO_xの発生源別排出量の割合（1997年度）を、図Ⅲ.2.1-1に示す。NO_xの42%がディーゼル車、10%がガソリン・LPG車で、これらを合計するとNO_xの52%が自動車から排出されていることになる。自動車から排出されるNO_xの約8割がディーゼル車からの排出になる。



図Ⅲ.2.1-1 自動車NO_x法特定地域における窒素酸化物の発生源別排出量（H9年度）（環境省、2000）

関東及び関西の粒子状物質の発生源別寄与濃度の割合（1994年度）を、図Ⅲ.2.1-2に示す。関東、関西いずれも粒子状物質の43%が自動車（全てディーゼル車によるもの）から排出されたものになっている。

このように、大都市圏においては、NO_xの52%、粒子状物質の43%が自動車からの排出量であり、特にディーゼル車からの排出が大半を占めている。



図Ⅲ.2.1-2 関東及び関西における粒子状物質の発生源別寄与割合（H6年度）（環境省、2000）

2 沿道における大気汚染物質濃度

総論編の「わが国の大気環境の現状」で示したように、沿道のNO_x濃度、NO₂濃度が著しく高くなるのは、全国の大気汚染常時監視測定局の測定結果から明白である。自動車から排出されるNO_x量の約8割はNOであるため、主要幹線道路近傍のNO濃度は周辺的一般環境大気よりも著しく高濃度になる。これが道路から離れるに従って拡散し減衰する（小川、2013）。

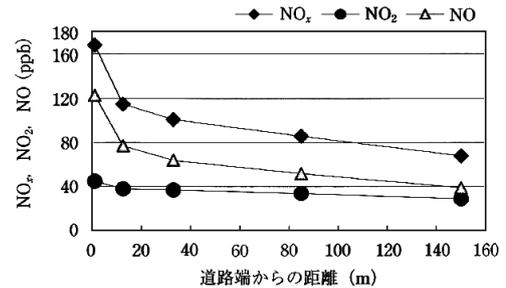
小川（2013）は、埼玉県内の主要幹線道路での測定結果に基づき、沿道の大気汚染の状況を整理している。

図Ⅲ.2.1-3は、埼玉県内浦和所沢線沿道でNO_xを2ヶ月間連続測定した結果である。道路から30m程度までの減衰が大きいがわかる。33m地点ではNO_xは1/3に、NO₂は半減している。このような道路端からの距離減衰は、一般に日射が強いほど、風が強いほど大きく、そのため深夜には距離減衰が小さくなる。

図Ⅲ.2.1-4は、浦和所沢線での道路からの距離別にNO_x濃度の日変動を示したものである。NO_x濃度は、朝と夕方から夜にかけて高く、日中は大きく低下する。この変化は交通量の変動パターンに似ているが、朝夕は大気が安定し拡散しづらく、日中は日射で大気が暖められ、鉛直方向に拡散しやすくなることも関係している。

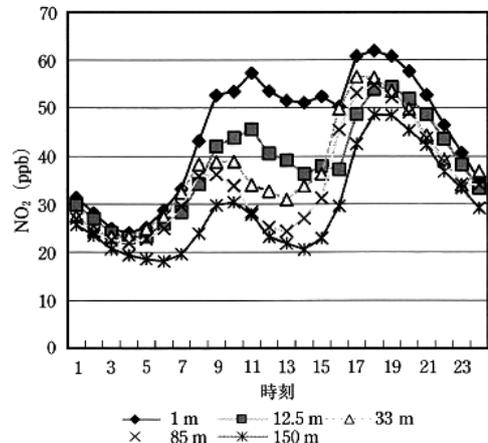
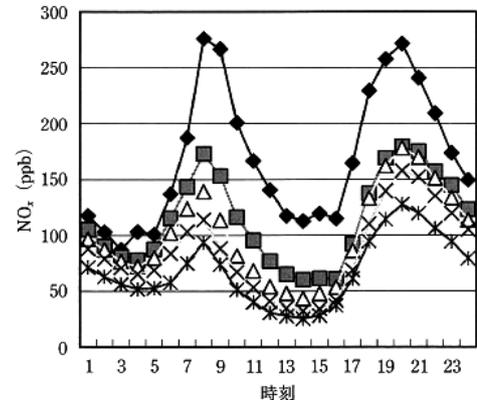
図Ⅲ.2.1-5は、常時監視結果（埼玉県、2011）に基づき、1年間の季節変動を示したものである。NO_x、NO₂とも、年間を通じてみると冬季に濃度が高い傾向がみられる。これは、冬季にいくぶんNO_x排出量が増えることにもよるが、基本的には冬季には地表付近が冷やされて大気が安定化し、大気が拡散しにくくなるためである。地表が熱せられて大気が不安定になる夏季には汚染物質が上空高く拡散しやすくなるため、濃度は比較的上昇しにくい。

このように、日中低く朝夕に高い汚染物質の日変動、夏季に低く冬季に高い汚染物質の季節変動は、日中高く夜間に低い日変動、夏季に高く冬季に低い年変動を有する植物の光合成などの生理活性の変動とは残念ながら異なっている。

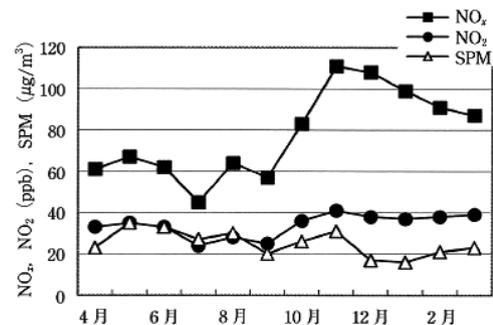


図Ⅲ.2.1-3 県道浦和所沢線沿道におけるNO_x、NO₂、NO濃度の距離減衰（埼玉県環境部、1978より作成）

1978年10～12月に埼玉県内浦和所沢線（現さいたま所沢線）道路端からの距離別に5地点（1,12.5,33,85,150m）を連続測定。日交通量2.7万台。



図Ⅲ.2.1-4 県道浦和所沢線道路端からのNO_x、NO₂濃度時刻変動（埼玉県環境部、1978）1977年10～12月。日交通量2.7万台。



図Ⅲ.2.1-5 埼玉県戸田美女木常時監視測定局におけるNO_x、NO₂、SPM濃度の月平均値変化（2011年度）埼玉県常時監視システムより作成
<http://www.taiki-kansi.pref.saitama.lg.jp/kankyo/main>

2. 沿道緑地の大気浄化効果

2-1 沿道における緑地の大気浄化効果のメカニズム

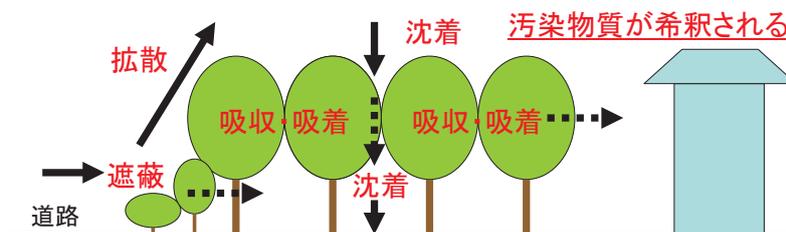
- (1) 沿道緑地における大気汚染物質の低減効果のメカニズムについては、枝葉により汚染物質を遮蔽・遮断する遮蔽効果、汚染物質を上空に拡散する拡散効果、汚染物質を気孔を通じて植物体内に取り込む吸収効果、汚染物質を葉面などに付着・固着させて物理的に捕捉する吸着（沈着）効果などがあげられ、これらの作用が複雑に作用し、互いに影響しあいながら、結果として汚染物質の低減をもたらしているものと考えられる。
- (2) 従来、吸収効果は気孔開度に関連して光合成や蒸散速度が大きい樹種ほど大きいと考えられ、吸収効果が注目されていたが、実際の野外緑地等での研究が進んで、吸収効果よりも遮蔽効果や拡散効果の方が大きいこと、気孔を介しての吸収効果に加えて、葉面などに沈着する吸着効果も無視できないことなど、低減効果のメカニズムはより複雑であることなどが明らかにされつつある。しかし、遮蔽効果と拡散効果、吸収効果と吸着効果が汚染物質の低減にそれぞれ何割程度寄与しているのかなど、詳しいことは未だわかっていない。

解説

沿道緑地における大気汚染物質の低減効果のメカニズムを図Ⅲ.2.2-1に示す。緑地による汚染物質の低減効果は、遮蔽、拡散、吸収、吸着（沈着）の四つに分けられる。このうち遮蔽は、密生した枝葉の存在により緑地内への大気の流れが阻害・遮蔽されることにより、緑地の反対側に汚染物質が流れ込まないようにする効果である。拡散は生い茂った枝葉により樹冠に沿って樹冠上方に持ち上げられ上方に拡散する効果である。吸収は、植物が光合成などの生理作用を通じて空気を植物体内に取り込む際に、空気中の汚染物質が気孔を通じて植物体内に吸収される効果である。また、吸着は、葉面などに汚染物質が付着し、物理的に捕捉される効果である。

ここで注意したいのは、吸収や吸着は、汚染物質の葉内への吸収や葉面などへの吸着によって、大気中の汚染物質濃度がその分低下するのに対して、遮蔽や拡散は保全対象である場所の汚染物質濃度は低下するものの、大気中の汚染物質総量自体には変化がないことである。

吸収については、以前は気孔の開き具合に関連し、光合成などの生理活性の盛んな植物ほど効果が大きいと考えられていた。しかし、野外で実際に調査してみると、吸収や吸着よりも物理的な遮蔽や拡散の効果のほうがより大きいことなどが確認されている。また、最近の研究によると、気孔の開き具合のほかに、汚染物質に対する解毒作用や植物体内での代謝作用の違いなど、低減効果のメカニズムはより複雑であることが明らかにされつつある。まだ研究段階であり、未解明なことが多いが、これらの作用が複合的に作用し、互いに複雑に影響しあいながら、結果として緑地による汚染物質の低減効果をもたらしているものと考えられる。



図Ⅲ.2.2-1
沿道緑地における大気汚染物質の
低減効果のメカニズム
(三澤、1981より作成)

2-2 大気汚染物質の低減効果に影響を及ぼす要因

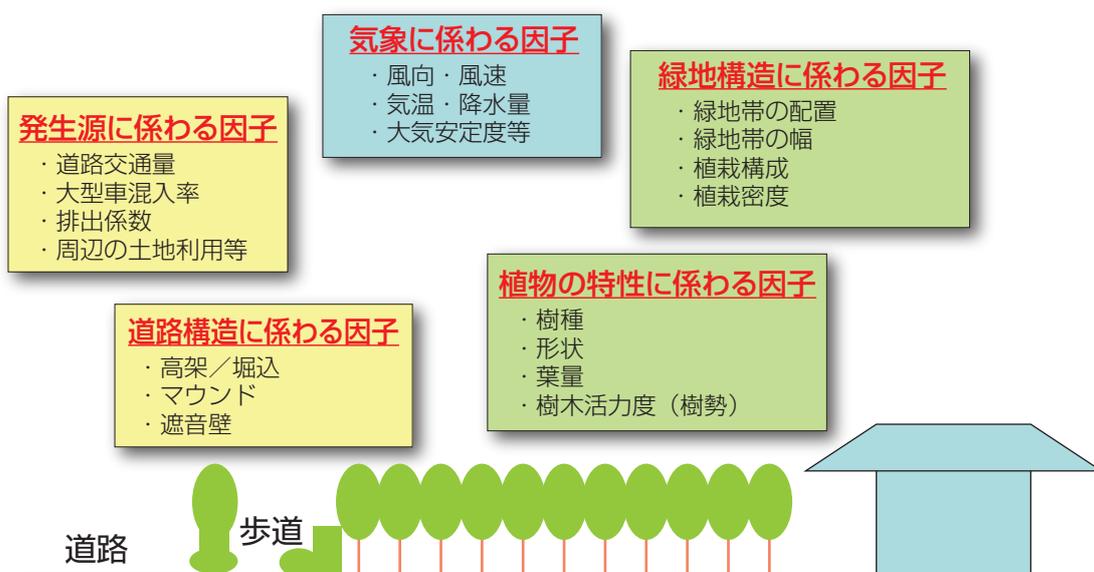
- (1) 沿道緑地の整備により大気汚染物質の低減効果を高めるためには、低減効果に影響を及ぼす各種要因を考慮して、植栽樹種の選定、植栽配置、植栽構成、維持管理などを検討する必要がある。
- (2) 大気汚染物質の低減効果に影響を及ぼす要因としては、道路交通量などの発生源に係わる要因、高架・掘割などの道路構造に係わる要因、風向・風速・地形などの気象条件に係わる要因、植栽配置・植栽構成などの緑地構造に係わる要因、樹種などの樹木特性に係わる要因など、多岐にわたる要因が考えられる。

解説

沿道の緑地整備により大気汚染物質の低減効果を高めるためには、これらの効果に影響を及ぼす各種要因を考慮して、植栽樹種の選定、植栽配置、植栽構成及び植栽後の維持管理などを検討する必要がある。

緑地の大気汚染物質の低減効果に及ぼす諸要因を、図Ⅲ.2.2-2に示す。道路交通量、大型車混入率などの発生源に係わる要因、風向・風速、大気安定度などの気象に係わる要因、高架、マウンド（盛土）などの道路構造に係わる要因、緑地帯の配置、植栽構成などの緑地構造に係わる要因、樹種、形状などの植物の特性に係わる要因など、様々な要因があげられる。

このうち、気象に係わる要因については、図Ⅲ.2.1-4(p182)の大気汚染物質の日変動、図Ⅲ.2.1-5(p182)の大気汚染物質の季節変動にみるように、沿道緑地の植物による影響よりも風や大気の大気安定度の方が沿道の大気汚染物質濃度に及ぼす影響はずっと大きい。このため、沿道緑地による汚染物質の低減効果に関する野外調査を困難にさせている。



図Ⅲ.2.2-2 沿道緑地の大気汚染物質低減効果に係わる諸要因

2-3 沿道緑地の大気浄化効果の測定例

- (1) 都市緑地や沿道緑地による大気浄化効果の測定例によれば、緑地外に比べて緑地内の大気汚染物質濃度が低下する低減効果があることが確認されているが、大規模な緑地よりも小規模の緑地の方が低減率が大きかったり、植物の活性が高い日中や夏季での効果が必ずしも大きくなかったりと、植物による吸収から期待される結果と異なっている場合がある。
- (2) 幹線道路等の沿道で大気汚染物質の低減効果を調べた測定例によれば、長期間の平均値としてNO₂やSPM濃度が低減することなどが明らかにされているが、植栽の構造や風向きなどの拡散条件などによって、低減効果が著しく変動することなども確認されている。

解説

小川ら（1986）は、植物群落による大気浄化効果の季節変動を明らかにするために、埼玉県内の平林寺の隣接群落内外で6～12月にNO_x、ダストの連続測定を行った。その結果、調査期間中のN系風時間帯における汚染物質の低減率は、ダスト>NO₂>NO_xの順で、NO₂の夜間の低減率は19.1%で日中の10.5%の約2倍であった。群落内外の汚染物質の濃度差は、対照濃度と正の相関、風速・日射量・気温などの気象要因とは負の相関を示した。これらの結果から、植物は風や日射が強いほど、また気温が高いほど汚染物質を吸収するとしても、野外条件下ではこれらの条件が大気の拡散速度を速めるため、野外条件下での植物による汚染物質の低減効果の把握を困難にしていることが確認できた。

小川ら（1987）は、国道17号沿いの上尾運動公園の沿道緑地帯でNO_x濃度などを連続測定した。調査期間中の平均低減率は、NO₂14.1%、NO10.3%、ダスト10.2%であった。NO₂濃度の低減率は秋季～冬季が夏季をやや上回ったが、大気拡散速度の大きい夏季に低減率が低下したと考えられた。調査結果から、植物群落による吸収よりも群落の閉鎖性による遮蔽や拡散による低減効果の方が大きいと考えられた。また、植物のNO₂吸収に係わる既往知見に基づき緑地帯4,000m²のNO₂吸収量を算定すると、148～270g/dayとなり、これは緑地帯前面の道路200m区間で排出され拡散していく自動車排出ガスによるNO_x量の0.9～1.6%に過ぎなかった。

松本ら（1988）は、沿道緑地帯による大気汚染物質濃度の低減効果を明らかにするために、国道17号バイパス沿いの与野公園内外でNO_x濃度の分布調査を行った。その結果、緑地内の周辺に対する平均的な低減率は、NO9.9%、NO₂4.5%で、低減率は冬季（落葉期）よりも夏季（着葉期）の方が大きかった。風向別の解析では、横断風の時には道路からの汚染物質が緑地内に流入しやすく、緑地帯による低減効果が現れやすかった。緑地帯による汚染物質濃度の低減効果は、道路端では緑地の遮蔽効果などの物理的作用によるところが大きく、道路から離れた場所では植物による吸収作用と遮蔽による物理作用の両方が寄与しているものと考えられた。

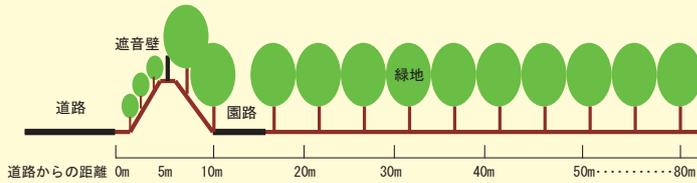
小川ら（1990）は、1985年（第1報）から1990年（第8報）までの一連の研究の総括として、沿道緑地による大気汚染物質の低減効果を評価した。その結果、連続して密植した沿道緑地帯は、その構造に起因する遮蔽効果と緑地内外の拡散・反応速度の違いにより、植物の有する吸収能力以上に汚染物質濃度を低下させていることがわかった。その効果は局地的であるとはいえ、現実的な交通量の削減や走行改善、排出ガス規制などと比べてもかなり大きいものと評価された。

コラム

沿道緑地での粒子状物質捕捉効果（千葉県習志野緑地での例）

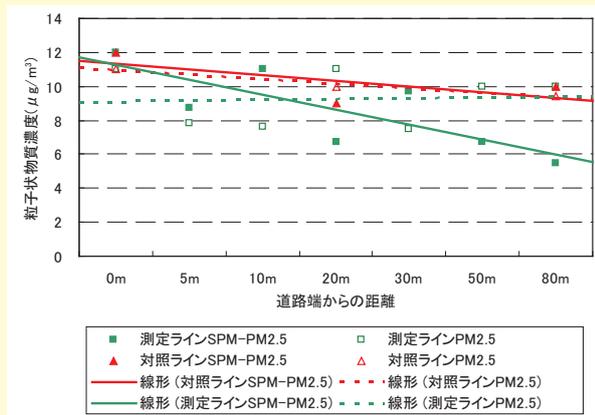
幹線道路の沿道緑地の粒子状物質捕捉効果を把握するために、国道357号（日交通量55,000台）及び東関東自動車道（同75,000台）に隣接する東京湾岸の千葉県習志野緩衝緑地の香澄公園で大気中の浮遊粉塵濃度と葉面付着粉塵の調査を行った。

林相の発達程度のよい典型的な場所（習志野の森）に道路方向に直角の方向に測定ラインを設け、道路端から0m、5m、10m、20m、30m、50m、80mに測定地点を設定し、林相の疎らな場所（習志野の草原）を対照ラインとして比較した。

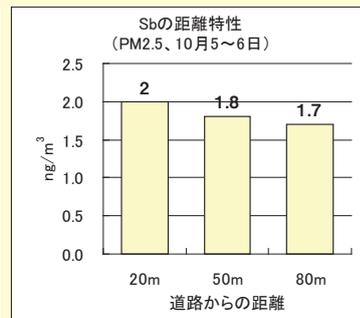
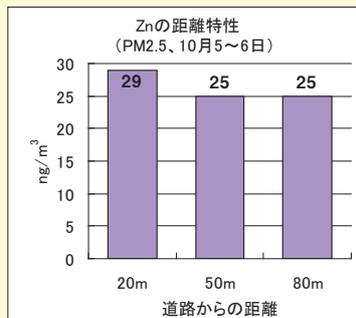
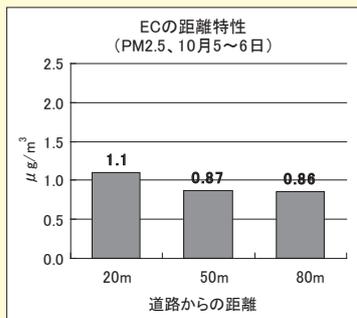


■大気中の浮遊粉塵

道路端からの距離に伴う粒子状物質の質量濃度の変化を、SPMからPM2.5を差し引いた粗大粒子とPM2.5の微小粒子にわけ、図に示した。SPM-PM2.5の粗大粒子は距離減衰の傾向が認められたが、PM2.5の微小粒子は不明瞭であった。樹林の発達する測定ラインと未発達な対照ラインを比較すると、SPM-PM2.5の粗大粒子では、樹林の発達する測定ラインの方が未発達な対照ラインよりも直線の傾きが急になり、樹林による粒子状物質の低減効果が確認された。これは粗大粒子が道路近傍で沈着しやすいのに対し、微小粒子では軽いため空気中に滞留しやすいためであろうと考えられる。



PM2.5について、ガソリン・重油などの燃焼に伴い発生しやすい元素状炭素（EC）や自動車走行が主な発生起源である金属成分のZn、Sbに着目すると、いずれも距離減衰が認められ、道路近傍で発生したPM2.5に対しても沿道緑地が効果的に機能していると考えられる。



出典) 株式会社ブラック研究所 (2013): 独立行政法人環境再生保全機構委託業務「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報告書 (2012年度)」



第3章 沿道植栽における配慮事項

1. 局地的大気汚染対策としての沿道緑地の条件

- (1) 沿道緑地の大気浄化効果のうち吸収効果や吸着効果は植物体内への吸収や植物体表面への吸着により、大気中の汚染物質がその分低減するのに対し、遮蔽効果や拡散効果は保全対象である居住空間などの濃度は低下するものの、大気中の汚染物質の総量は変わらない。
- (2) しかし、局地汚染の低減を目指すのであれば、遮蔽効果や拡散効果を含め、より広い意味での大気浄化効果が期待される。
- (3) 大気汚染レベルや居住空間との位置関係によっても異なるが、局地汚染などの著しい幹線道路沿道の居住空間では、緑地帯をできるだけ広くとるとともに連続した密度の高い植栽により遮蔽効果・拡散効果を高めることが重要であり、冬季にも効果を発揮できる常緑樹の方が望ましい。これに対して居住空間が十分離れているような場所では、汚染された大気が緑地内に流入しやすいように疎らな植栽構造として汚染物質の吸収効果・吸着効果を高め、大気中の汚染物質の総量を低減させるような植栽を行うことが重要である。

解説

小川（2013）は、埼玉県内における沿道緑地における一連の研究を通じて、沿道汚染対策としての緑地帯の評価を行っている。

緑地帯の前面道路から排出され拡散されてくる NO_x 排出量と緑地帯による NO_2 吸収率を表Ⅲ.3.1-1 に示す。上尾運動公園の場合、6～12月の平均で NO_2 は 4.1ppb、14% 低減している。道路端の NO_2 濃度が 40.1ppb、道路から 14m 離れた対照地点が 29.1ppb なので、対照地点での前面道路を走行する自動車からの NO_2 濃度の寄与分は $40.1 - 29.1 = 11\text{ppb}$ である。そのうち 4.1ppb が低下したということは、道路から 14m 離れた対照地点では、自動車排出ガス寄与分の $4.1/11 \times 100 = 37.3\%$ を低減させたことになり、局地的対策としては著しい効果といえる。植物による NO_2 吸収量に関する既存文献に基づき上尾運動公園、与野公園の沿道緑地帯による NO_2 吸収量を求めると、それぞれ1日あたり 148g、140g になり、前面道路からの NO_x 排出量のそれぞれ 0.9%、0.5% が吸収されたと推定された。実際の NO_2 の低減率はそれぞれ 14.1%、7.0% であることから、吸収量との差は遮蔽し拡散されたものであると推定され、これらのことから沿道緑地帯は、 NO_2 、 $\text{PM}_{2.5}$ などが高濃度となる幹線道路沿道などの局地的対策として有効であると評価できる。

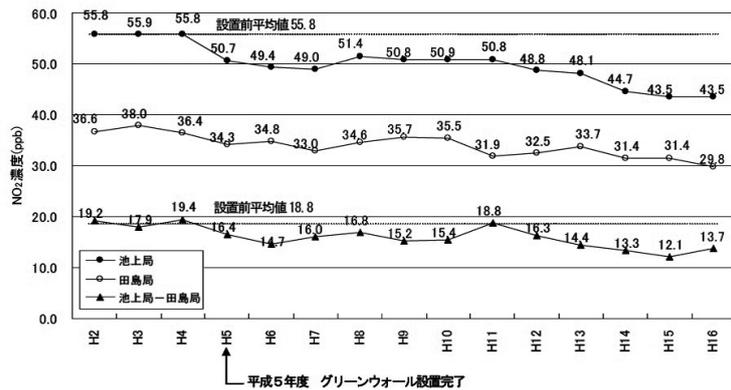
このように沿道緑地帯の整備は局地的対策として重要であるが、汚染レベルや周辺の居住環境によって対応は異なる。汚染レベルの高い幹線道路が居住環境に隣接する場合には、緑地帯の幅を広くとるとともに、連続した密度の高い植栽により遮蔽・拡散の効果を高めることが優先される。一方、居住環境が十分に離れている場合には、密度を低くして緑地内への汚染物質の流入を促し吸収・吸着の効果を高めて、少しでも汚染物質の総量を低減させることが重要である。

表Ⅲ.3.1-1 緑地帯前面道路からの NO_x 排出量と緑地帯による NO_2 吸収率（小川、1989,1993）

調査地点	緑地帯規模	交通量 (台/日)	NO_x 排出量 (kg)	NO_2 吸収速度 ($\text{mg}/\text{d} \cdot 100\text{cm}^2$)	NO_2 吸収量 (g)	吸収割合 (%)	NO_2 低減率 (%)
上尾運動公園 (両側)	長さ 200m 幅 14m	43,000	17.2	0.07	148	0.9	14.1
与野公園 (片側)	長さ 150m 幅 13.6m	80,000	27.5	0.14	140	0.5	7.0

竹内ら（2006）は、川崎市川崎区の池上新町交差点付近で、交差点の大気環境改善を目的に産業道路の中央分離帯に設置されているグリーンウォール（植栽した遮音壁）について、常時監視データと風洞実験などから沿道の大気環境への影響を検討した。

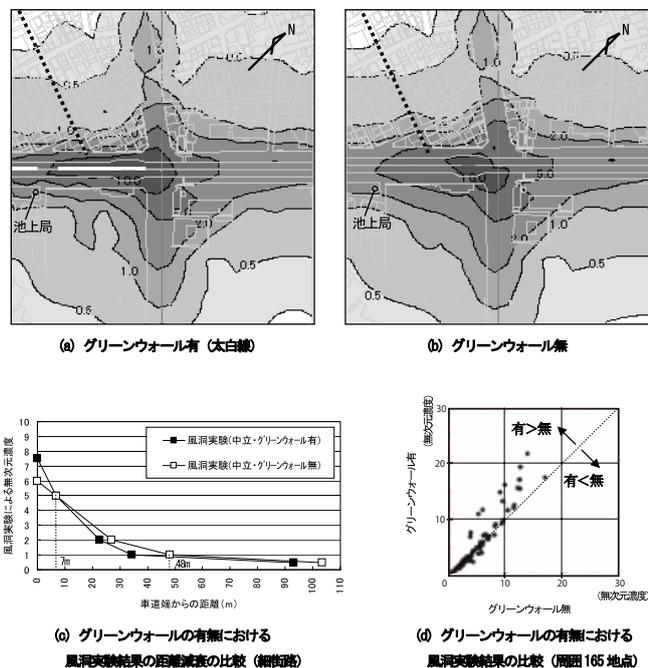
グリーンウォール設置前後の測定局のNO₂濃度の推移を図Ⅲ.3.1-1に示す。池上局のNO₂濃度に関しては、グリーンウォール設置後、横ばいか減少傾向を示し、少なくとも設置前の濃度を超えることはなかった。しかし、交差点周辺の濃度については常時監視データでは検証できないため、風洞実験を行って検討した。



図Ⅲ.3.1-1 グリーンウォール設置前後の池上新田交差点付近測定局のNO₂濃度（年平均値）の推移（竹内ら、2006）

16方位を年間風向頻度を考慮した風洞実験の結果を、図Ⅲ.3.1-2に示す。グリーンウォールの有無で比較すると、車道端から7m程度まではある場合の方が濃度が高いが、7mから50m程度までは逆にない場合の方が濃度が高くなることがわかった。これは、グリーンウォールがある場合には、風下の地上における風速の水平方向成分が小さいため、汚染物質が滞留しやすいが、風下遠方への移流は起こりにくいのに対し、グリーンウォールがない場合には、風下の地上における風速の水平方向成分が大きいため、汚染物質は滞留しないが、風下方向への移流は起こりやすいことを示唆している。

上記のように、植栽による遮蔽効果により風の状況が変化し、汚染物質の動向に影響を及ぼす可能性が大きいことから、植栽にあたっては、汚染レベルを低減すべき居住環境の位置などに留意することが重要である。



図Ⅲ.3.1-2 グリーンウォールの有無による16方位の年間風速頻度を考慮した風洞実験結果の比較（竹内ら、2006）

2. 大気浄化に主眼を置いた沿道緑地整備の基本的考え方と整備のポイント

(1) 大気浄化に主眼をおいた沿道緑地整備のポイント

- できるだけ発生源である道路に近接させる
- できるだけ緑地帯の幅を広くする
- できるだけ立体的な緑にする
- できるだけ連続的な緑にする
- できるだけ健全な生育を保つ

(2) 基本的考え方

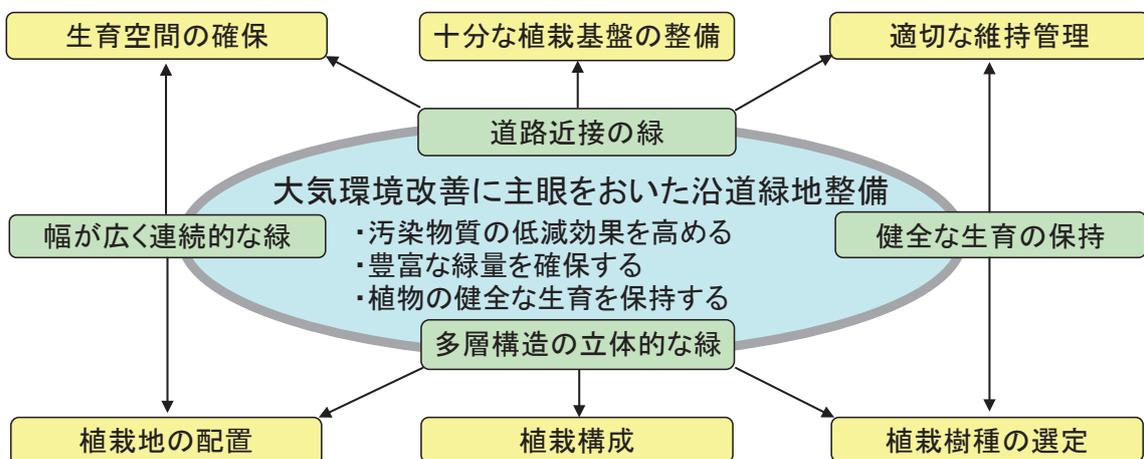
- ①良好な植栽基盤の整備
- ②十分な生育空間の確保
- ③大気浄化及び空間特性に適した緑地の配置
- ④大気浄化及び空間特性に適した植栽構造
- ⑤大気浄化及び空間特性に適した植物の選定（樹種選定）
- ⑥適切な維持管理

解説

大気環境の改善を主眼とした緑地整備では、緑地による汚染物質の吸収・吸着や遮蔽・拡散により汚染物質の低減効果を高めるために、大気浄化能力の高い植物を導入して、その効果を高め、それらにより豊富な緑量を確保するとともに、植物の健全な生育を維持することが重要である。

そのためには、図Ⅲ.3.2-1に示すように、緑地の配置としてできるだけ道路に近接して植栽すること、緑地帯の構造として緑地帯の幅を広くとること、多層構造の立体的な緑地とすること、そして個々の植物が健全に生育することが重要なポイントである。

このため、整備の基本的な考え方として、植栽配置としては道路の走行方向に連続した幅の広い緑地帯を設けるとともに、大気浄化能力の高い樹種を中心に、常緑樹・落葉樹、高木・中低木・地被類などを適宜組み合わせ合わせた緑量豊かな植栽構成とすることが重要である。また、植栽した樹木が将来にわたって健全な生育を維持できるように、十分な植栽基盤を整備すること、枝葉が伸び伸びと伸長できるように生育空間を確保すること、更に植栽後の適切な維持管理が必要である。



図Ⅲ.3.2-1 大気浄化に主眼を置いた沿道緑地整備のポイントと基本的考え方

3. 植栽基盤の整備

- (1) 道路緑化の対象地は、一般に狭隘な生育空間・生育基盤、劣悪な土壌条件、乾燥化、自動車による排出ガス、通行人などによる踏圧など、都市特有の厳しい生育環境にあるため、植栽した樹木なども生育を阻害されやすい。
- (2) このため、道路緑化にあたっては、植栽した樹木が何よりも健全に生育し、その樹木本来の大気浄化能力を十分に発揮できるように、植栽基盤を整備して良好な生育環境をつくることが重要である。

解説

沿道緑地整備の対象地は、歩道植栽帯の植栽柵にみられるように、一般に生育基盤が狭隘で、周辺がアスファルト舗装やコンクリート構造物に被覆され、乾燥しやすく、水分や養分に乏しい劣悪な土壌であることが多い。また、走行する自動車排出ガスなどによる大気汚染に加え、通行人などによる踏圧や締め固めなど、都市特有の厳しい環境下にあり、植栽された樹木の生育や成長も阻害されやすい。

このため、植栽された樹木が何よりも健全な生育を維持し、その樹種が本来有している大気浄化能力を十分に発揮できるように、次善の方策として、十分な植栽基盤整備により良好な生育環境を確保することが重要である。

植栽基盤に係わる主な環境圧とそれに対応した植栽基盤の整備の内容を表Ⅲ.3.3-1に示す。

表Ⅲ.3.3-1 植栽基盤に係わる主な環境圧と植栽基盤整備の内容

	主な環境圧	基盤整備の概要
生育地盤	狭隘な生育地盤による根の伸長阻害	有効土層（必要土壌厚）の確保 土壌中の帯水層、礫層、固結層の除去
土壌の理化学性	土壌の固結、保水性の低下	良質土壌の客土 耕耘、土壌改良材施用による膨軟化による物理性の改善
	乾燥化	低木や地被類による地表面の被覆、パークチップ、ウッドチップなどのマルチングによる地表面からの蒸発の抑制 給水設備、灌水設備の整備
	透水性の低下	透水性舗装、透水性平板などによる透水性の改善
	栄養分の欠乏	施肥、土壌改良材による保肥性の改善
	排水性の低下（水供給過多）	舗装により地下への降水の浸透が妨げられると、植栽木の根元などに水が集中することがあり、排水設備を整備
人為影響	通行人等による踏圧	ツリーサークルなどによる侵入防止

4. 生育空間の確保

- (1) 都市域における街路空間は一部を除いて一般に狭隘であり、植栽された樹木の生育空間も狭隘であるが、大気浄化効果を最大限に発揮させるためには、可能な限り樹木を大きく伸び伸びと育てることが効果的である。
- (2) このため、沿道建築物のセットバックにより街路空間を拡幅したり、電線・電話線を地下ケーブルにして共同溝に整理したり、交通標識や信号の設置場所を工夫するなど、生育空間の確保を図ることが重要である。

解説

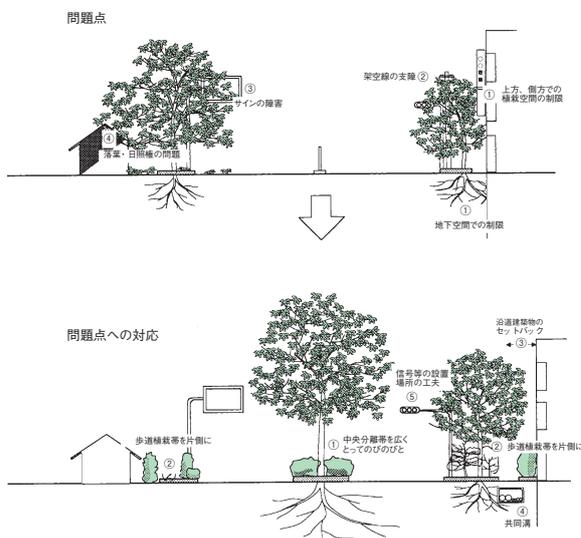
都市域の街路空間は一般に狭く、街路樹などの樹木も制限されるが、沿道緑地による大気汚染物質の低減効果を最大限高めるためには、可能な限り大きく伸び伸びと育てるのが望ましい。

街路樹については、従来から剪定・整枝を前提とした管理が一般的であったが、街路景観の保全の面から、一時期、仙台市、名古屋市、大阪市、神戸市などにおいて、樹形を整えるための最小限の剪定にとどめ、自然仕立てによりできるだけ街路樹を大きく伸び伸び育てる方法がとられていた時代もあった。しかし、大量の落葉の問題や樹冠が広がって暗くなるなど、近隣住民からの苦情や伐採の要望も多く、なかなか定着してこなかったのが実状である。

沿道の街路空間における生育空間の問題点と対応を表Ⅲ.3.4-1に示す。様々な問題があるが、工夫しながら生育空間を少しでも広く確保していくことが重要である。

表Ⅲ.3.4-1 都市の街路空間における樹木の生育空間の問題点とその対応

問題点	対応
① ビルや住宅などの建物により生育空間（上方、側方あるいは地下）が制限される。	① 中央分離帯を広くとって、そこでの植栽を充実させる。
② 電線、電話線などの架空線の支障になる。	② 道路の両側でなく、片側に広くとって植栽を充実させる。
③ 信号や道路標識などのサインの支障になる。	③ 建物をセットバックし前面を植栽にあてる。
④ 落葉や日照権の問題など、沿道住民への影響が大きい。	④ 電線、電話線などを地下の共同溝に整理する。
	⑤ 信号や交通標識の設置場所を工夫する。



図Ⅲ.3.4-1 街路空間における樹木の生育空間の問題点とその対応

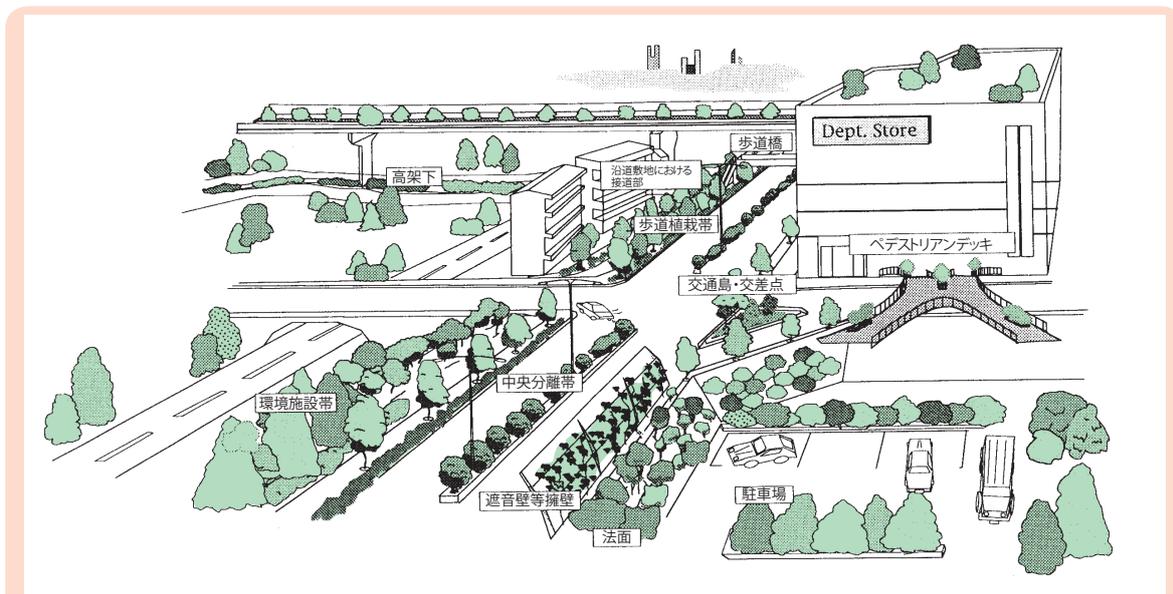
5. 植栽配置

- (1) 植物による大気汚染物質の吸収・吸着効果や遮蔽・拡散効果は、植物の生育に影響を及ぼさないような通常の汚染物質濃度の範囲内では、一般に汚染物質濃度が高いほど効果が大きいと考えられることから、汚染物質が上空や周辺に拡散してしまう前に、できるだけ排出ガスの発生源である車道に近い場所に植栽するのが効果的である。
- (2) このため、道路の中央分離帯や歩道植栽帯の車道側を積極的に緑化するとともに、道路の敷地内ばかりでなく、隣接する公有地や民有地の接道部を生垣などにより積極的に緑化することが重要である。
- (3) これにより、植栽による吸収・吸着効果ばかりでなく、大気汚染物質の遮蔽・拡散効果が期待でき、特に局地汚染の著しい居住空間などでは効果的である。

解説

沿道緑地の大気汚染物質の低減効果のうち吸収効果は、植物に生育障害を及ぼさないような通常の汚染濃度の範囲内では、一般に濃度に比例して効果が大きくなる。このため、走行する自動車から排出された汚染ガスが上空に拡散してしまう前に、できるだけ汚染物質の発生源である道路近傍で吸収するのが効果的である。

大気浄化効果が期待される街路空間での沿道緑地のイメージを、図Ⅲ.3.5-1に示す。道路の敷地内ばかりでなく、道路に隣接する公有地や民有地の緑の連続性を図ったり、接道部を生垣状の植栽にすると、遮蔽や拡散による効果が期待でき、局地的対策として有効である。



<沿道緑地整備の主な対象地>

歩道植栽帯、中央分離帯、交差点・交通島、遮音壁などの擁壁
環境施設帯、歩道橋、ペDESTリアンデッキ、高架下緑道、沿道敷地における接道部

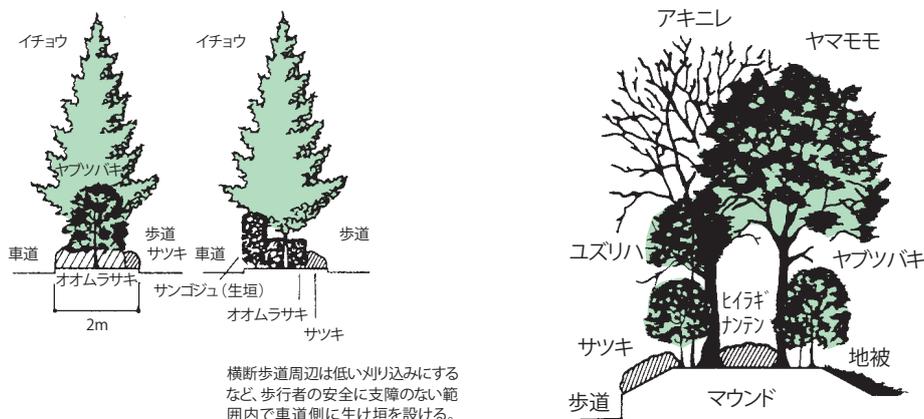
図Ⅲ.3.5-1 大気浄化効果が期待される沿道緑地のイメージ

6. 植栽構成

- (1) 限られた緑地のなかで最大限の大気浄化効果をあげるためには、落葉樹と常緑樹、高木と中低木を適宜組み合わせた多層構造の立体的な複合植栽が望ましい。
- (2) 水平的な植栽構成としては、自動車排出ガスの発生源に近い車道側に植栽するのが効果的であることから、車道側に複合植栽や生垣状の植栽を行う。また、隣接する公有地や民有地の敷地外周の接道部などで生垣状の植栽を行うことも効果的であり、特に遮蔽効果や拡散効果が期待できる。
- (3) 住宅地域など、特に生活環境の保全が求められる場所では、筑堤（盛土によるマウンド造成）などを含めた植栽が、汚染物質の吸収・吸着ばかりでなく、遮蔽・拡散の上でも効果的であり、景観的にも優れていることから、環境施設帯として整備されている場所が多い。

解説

大気浄化に主眼を置いた沿道緑地整備における効果的な植栽構成のイメージを図Ⅲ.3.6-1及び表Ⅲ.3.6-1に示す。限られた植栽地のなかで最大限の効果を発揮するためには、常緑樹と落葉樹、高木と中低木、地被類などを適宜組み合わせた多層構造の複合植栽が効果的である。



図Ⅲ.3.6-1 大気浄化に適した植栽構成のイメージ

表Ⅲ.3.6-1 大気浄化を主眼とした植栽構成の基本的考え方

植栽構成の基本的考え方	
①	限られた植栽地の中で緑のボリュームを増やすために、常緑樹と落葉樹、高木と中低木、地被類などを適宜組み合わせた立体的な多層構造の複合植栽とする。
②	植栽帯が広い場合や中央分離帯のように上方や側方に交換的な制約が少ない場合には、たとえ単層であっても、大きく伸び伸び育てれば、相応の大気浄化効果が期待できる。
③	車道側では、大気汚染に対する耐性のある樹種を多用し、常緑樹を導入して生垣状の植栽を行いこまめな剪定・刈込により葉量を増やせば、遮蔽効果や拡散効果が期待できる。
④	大気浄化の効果と植栽地の特性及び周辺の土地利用等の社会環境をよく考慮し、最も適切な植栽構成を選択する必要がある。



④ 複合植栽

歩道植栽帯は、高木・中木・低木の組み合わせによる複合植栽で、緑量が豊富である。

街路樹の主木はケヤキで、その他の高木としてシラカシ、ユズリハ、エゴノキなど。中木はモッコク、ヒイラギモクセイなど、低木はドウダンツツジ、アベリア、サクラなどである。中低木に常緑樹が多いため遮蔽効果が期待できる。

(つくば学園東通り／茨城県つくば市竹園)

複合植栽 ①

京葉線と道路を隔てた集合住宅団地側に幅員 15m 程度の緩衝緑地帯が整備されている。

高木はタブノキ、ヤマモモ、シラカシ、マテバシイなどの常緑樹が主体で、中木はモッコク、ツバキ、キョウチクトウなど、低木はオオムラサキツツジ、サツキなどから構成されている。

(京葉線通り・緩衝緑地帯／千葉県千葉市美浜区真砂)



④ 複合植栽

高木は主木としてケヤキとクスノキが交互に植栽され、その他アラカシ、ユズリハ、キンモクセイなどの常緑樹、ハナミズキ、イロハモミジ、サルスベリ、モクレンなどの落葉樹など、多様な樹種で構成された複合植栽である。

剪定や刈込がきく樹木や花や実の美しい樹木が多く、明るく親しみやすい緑地である。道路側の遮音壁もイタビカズラなどで覆われている。

(東京放射 36 号 (通称三六道路)／東京都板橋区小竹町)



7. 植物の選定（樹種選定）

- (1) 植物による大気浄化を効果的・効率的に進めるためには、大気浄化能力の高い植物を用いるのが望ましいが、道路特有の厳しい生育環境を考慮すると、生育阻害要因を緩和し、良好な生育環境を整えるには限界がある。このため、植物の特性をよく考慮した上で生育環境にあった樹種選定をする必要がある。
- (2) 汚染物質の濃度が高い車道側では大気汚染に対する耐性のある樹種を選定したり、冬季の低減効果を期待する場所では常緑樹を導入するなど、植物の特性、生育環境、期待する効果などを十分考慮して樹種選定を行う。

解説

大気浄化を主眼とした沿道緑地の整備にあたっては、潜在的な大気浄化能力が高い樹種、大気汚染に対する耐性のある樹種、環境の変化によって大気浄化能力が影響されにくい樹種であることが重要である。

しかし、都市の道路環境特有の厳しい生育条件を考慮すると、それにも限界があり、植栽時に十分な生育基盤の整備を行って植物の生育阻害要因を少しでも緩和するとともに、植栽後の維持管理も重要になってくる。

図Ⅲ.3.5-1（p192）に示したように、沿道緑地整備の対象地には様々な場所が想定されるが、それぞれの場所毎に植栽木の生育環境、本来の空間特性や緑地に求められる機能が異なっている。

このため、沿道緑地整備の主な対象地ごとに、その場所の環境条件、空間特性とそれらに応じて樹種選定にあたって特に考慮すべき樹種特性を整理し、表Ⅲ.3.7-1に示す。

表Ⅲ.3.7-1 沿道植栽地の主な環境条件、空間特性と選定の際に考慮すべき樹種特性

植栽地	環境条件	空間特性	考慮すべき樹種特性
歩道	狭隘な植栽樹、土壌の乾燥化、大気汚染、舗装の照り返し	生育空間の制約、街路景観、歩行者に親しみやすい空間	遮蔽効果、防音効果、大気汚染耐性、耐剪定性、鑑賞性
中央分離帯	狭隘な植栽樹、土壌の乾燥化、大気汚染、舗装の照り返し	生育空間の制約が比較的少ない、街路景観	大気汚染耐性、鑑賞性
交差点・交通島	狭隘な植栽樹、土壌の乾燥化、大気汚染、舗装の照り返し	見通しの確保を最優先、街路景観上重要なポイント	大気汚染耐性、低木・地被、耐剪定性、鑑賞性
遮音壁等の擁壁	日照不足、高温と乾燥、強風、大気汚染、水分条件の不安定	生育空間は垂直方向に広い、道路走行方向に連続	耐陰性、耐瘦地性、耐風性、耐乾性、登はん性（ツル植物）
環境施設帯	大気汚染 広い幅員	生活環境の保全、緩衝帯の役割、車道と歩道の分離	大気汚染耐性、耐剪定性 観賞性
歩道橋	狭隘な植栽樹、人工地盤、高温と乾燥、強風、大気汚染	橋上は人工地盤、脚部は日陰、街路景観上重要なポイント	耐乾性、耐瘦地性、耐風性、耐陰性、耐剪定性、鑑賞性
ペDESTリアンデッキ	狭隘な植栽樹、人工地盤、高温と乾燥、強風	人工地盤、人の往来が多い、街路景観上重要なポイント	耐乾性、耐瘦地性、耐風性、耐陰性、耐剪定性、鑑賞性
高架下	土壌不良、日陰で日照不足、無降水、地下水遮断	道路走行方向に連続的な空間、圧迫感のある空間	耐陰性、耐乾性、耐瘦地性、大気汚染耐性
緑道	広い幅員	生育空間の制約が比較的少ない、植栽地と園路を主体とした緑地	耐剪定性、鑑賞性
沿道敷地の接道部	大気汚染	生活空間の一部、街路景観上重要なポイント	大気汚染耐性、遮蔽効果、防音効果、耐剪定性、鑑賞性

8. 植栽木の維持管理

- (1) 植栽後の維持管理は、植栽基盤の整備とともに極めて重要である。植栽した樹木が健全に生育し、その樹種本来の大気浄化能力を十分に発揮できるように、剪定・刈込、灌水、病虫害防除、施肥など、適切な維持管理を行う必要がある。
- (2) 街路樹は通常剪定し樹冠の調整が行われているが、空間的な制約の少ない場所では、剪定を最小限に控え、大きく伸び伸びと育てることが大気浄化の面では特に効果的である。

解説

植栽後、その樹種本来の大気浄化能力を発揮させるためには、健全な生育を維持することが重要である。植栽後の維持管理項目とその内容を、表Ⅲ.3.8-1に示す。

表Ⅲ.3.8-1 沿道緑地における植栽後の維持管理

項目	維持管理の内容
① 剪定と刈込	<p>大気浄化の面からは、豊かな緑量を確保するために、剪定・刈込は最小限にとどめ、過密になった場合の枝すかしややむをえない場合の支障枝の枝落としなど、樹木の自然生長を重んじた弱剪定方式、自然生長方式の管理を図りたい。</p> <p>植栽空間に比較的余裕がある場合、例えば幅員を広くとった中央分離帯、環境施設帯や緑道などでは、弱剪定方式として緑量の確保に努める。植栽空間が狭隘な場合は、樹木が大きくなると様々な問題が発生し、地域住民から苦情が寄せられることもあるため、剪定や刈込を必要に応じて行う必要があるが、そのような場所ではあらかじめ大きくなり過ぎるような樹種は選ばないなど、樹種選定時から配慮することが重要である。</p> <p>生垣などでは、定期的な刈込によって枝葉が密生し、葉も更新されるため、生育状況がよくなり、大気浄化の面でも好ましい。</p>
② 落葉・剪定枝条などの処理	<p>維持管理によって生じた剪定枝条や落葉は、焼却処分は避けて、堆肥化やチップ化により再利用を図るのが望ましい。</p>
③ 病虫害防除	<p>植栽木がその樹種本来の大気浄化能力を発揮するためには、健全な生育が前提になる。このため、健全な生育を図るとともに、都市美観の保持や病虫害被害を蔓延させないために、必要に応じて病虫害防除を行う。</p>
④ 施肥	<p>沿道緑地整備の場合、その立地的特性から水分や養分が欠乏するケースが多い。特に、歩道橋やペデストリアンデッキなどの人工地盤上の植栽地や狭隘な植栽地であることが多い遮音壁などの擁壁や交通島などでは施肥が不可欠である。施肥による樹勢の回復は、病虫害、風害、大気汚染や干ばつなどに対する抵抗性の増加にも繋がるため、定期的に行うのが望ましい。</p>
⑤ 灌水	<p>基本的には降水による水分の供給が考えられるが、周辺をアスファルト舗装やコンクリート構造物に被覆され、地表面が狭隘な植栽樹に限られる場合には周辺や地下からの水分供給が乏しく乾燥しやすい。特に歩道橋やペデストリアンデッキなどの人工地盤上では、降水はあるものの地下からの水の供給がないため、夏季の無降雨が長く続く時期には土壌が乾燥し枯れやすい。このため、必要に応じて灌水が必要であり、給水設備や灌水設備の設置が必要になる。</p> <p>この場合、雨水を貯留して有効利用を図るのが望ましい。</p>
⑥ 保護作業	<p>植栽木が倒伏しないようあらかじめ十分な植栽基盤整備を行って根の発達を促進するとともに、必要に応じて風倒防止のための支柱を設置する。</p>
⑦ 補植など	<p>沿道緑地においても環境条件が特に厳しい場合には、著しい枯損や枯死木が発生する。このため、生育阻害要因を必要に応じて改善するとともに、欠損した箇所にも補植などを行って緑地の回復を図る。</p>



第4章 沿道植栽の事例

1. 歩道植栽帯

- (1) 沿道緑地のうち歩道植栽帯は、中央分離帯とともに自動車の排出ガスの発生源である車道に最も近接した場所に位置している。
- (2) 植物による大気浄化効果は、植物の生育に影響を及ぼさないようなごく低濃度の汚染物質濃度の範囲内においては、汚染物質の濃度に比例して増加することが期待されることから、排出ガスが周辺や上空に拡散してしまう前に、できるだけ排出ガスの発生源である車道に近い中央分離帯や歩道植栽帯に植栽するのが効果的である。

解説

歩道植栽帯の緑化の目的と効果

- ① 沿道の大気環境を改善し、都市気候を緩和する。
- ② 遮蔽効果や吸収効果により交通騒音を軽減する。
- ③ 車道と歩道の境界を明確に分離し、道路の安全性を高める。
- ④ 人工的な道路環境に緑を導入し、都市に自然を呼び戻す。
- ⑤ 街路景観を改善し、都市に潤いのある親しみやすい緑地空間を創造する。
- ⑥ 歩道植栽帯は、防風・防火の効果もあり、緑陰を提供する。
- ⑦ 街並みを特徴づけ、都市に風格を与える。

歩道植栽帯の環境条件

- ① 大気汚染物質の濃度が一般に高く、植物の生育に影響を及ぼす可能性がある。
- ② 植栽樹は周辺が舗装され、土壌の自然の堆積様式や水循環が攪乱され、乾燥化が著しい。
- ③ 落葉などが清掃され、有機物の還元による養分の自然循環が断たれ、地力が徐々に減退する。
- ④ 夏季の舗装による照り返しなど、都市特有の厳しい環境を呈する。
- ⑤ 場所によっては、歩行者などによる踏圧の影響も考えられる。
- ⑥ 人の通行、信号やサイン、周辺の家屋などとの関係から、空間的制約を受けることが多い。

歩道植栽帯の緑化のポイント

- ① 歩道の幅員が広い場合は、植栽帯の幅を広くとり、常緑樹と落葉樹、高木と中低木と地被類を適宜組み合わせ多層林形態の葉量の多い樹林帯を形成する。
- ② 車道側では大気汚染に対する耐性があり、年間を通じて大気浄化効果がある常緑高木を主体に緑のボリュームを高め、歩道側では落葉樹や花や実の美しい花木を多用して、四季の変化に富んだ潤いのある親しみやすい歩道空間を創出する。
- ③ 自動車排出ガスの流入を遮断し上空に拡散させるために、車道側には大気汚染に対する耐性がある常緑樹を用いて生垣状の植栽をする。生垣は植栽帯の幅が狭い場合にも有効な植栽方法である。
- ④ 歩道の幅員が狭く、植栽空間に余裕がない場合には、あえて車道の両側に植栽帯を設けず、片側だけにして植栽帯を設ければ、生育空間に比較的余裕ができ、高木植栽も可能になる。
- ⑤ 隣接する公園緑地や、公共施設・公開空地などの緑地など、既存の緑地との連続性を図り、これらを一体的に整備してボリュームのある沿道緑地を形成すると、大気浄化の面で効果的であり、都市景観の形成の上でも望ましい。



行幸通り
 東京駅を視点としたビスタを形成し、広い生育区間にイチョウが伸び伸びと生育している。
 (東京都千代田区皇居外苑／丸の内)



都道 414 号 絵画館前
 明治神宮造営に伴い計画された。絵画館に向かってビスタを形成する 4 列のイチョウ並木。
 (東京都港区北青山)



桜田通り
 官庁街の歩道植栽帯。胸高直径 40 ～ 60cm、樹高 12 ～ 15m に達するトチノキが生育する。
 (東京都千代田区霞ヶ関)



都道 413 号 表参道
 歩道植栽帯に連なるケヤキ並木で、剪定を最小限に控え伸びやかに枝葉を広げ、緑陰を形成。
 (東京都渋谷区神宮前)



田園調布のイチョウ並木
 駅前から住宅街に延びる街路にイチョウ並木がある。大径木であり大気浄化効果が期待できる。
 (東京都大田区田園調布)



成城学園前 サクラ並木
 大正末期～昭和初期にかけて計画的につくられた住宅地のサクラ並木。胸高直径 50 ～ 70cm。
 (東京都世田谷区成城)



県道 276 号
歩道植栽帯を広くとり、住宅地、業務地の特性に応じて樹種選定。高木と中低木による複合植栽。
(千葉県浦安市美浜)



県道 276 号
花木を多用して、公園緑地のようなやすらぎのある親しみやすい緑地空間を創出している。
(千葉県浦安市美浜)



官庁街大通り
当初の副道が歩道となり、クロマツとソメイヨシノが植栽され、シンボルロードとして整備。
(青森県十和田市西十二番町)



つくば学園東大通り
歩道植栽帯の幅員が広いので、高木と中低木の組み合わせによる複合植栽で葉量を高めている。
(茨城県つくば市竹園)



千葉みなと 臨港プロムナード
歩道植栽帯の幅員を広くとり、片側 2 列 + 片側 1 列の植栽。高木はクスノキ、低木はサツキ等。
(千葉県千葉市中央区中央港)



東京外郭環状道路 & 国道 298 号
歩道植栽帯の幅員を広くとり、高木のクスノキ、中木のキンモクセイなどの常緑樹を導入。
(埼玉県草加市旭町)



生垣状の植栽（海浜幕張国際大通り）
高木樹種の植栽のほか、車道側に低木を二重の生垣状に植栽し、遮蔽効果を高めている。
（千葉県千葉市美浜区ひび野）



高生垣（志木街道志木駅東口付近）
植栽空間が狭いため、車道側にシラカシの高生垣を創出し遮蔽効果を高めている。
（埼玉県新座市東北）



片側に寄せた植栽帯（放送大学前）
車道の両側ではなく、片側（住宅側）に寄せて歩道植栽帯を整備し、重点的に植栽。
（千葉県千葉市美浜区若葉）



セットバック（放送大学前）
施設の敷地をセットバックし、その前面に植栽帯を創出し、多様な植物を植栽している。
（千葉県千葉市美浜区若葉）



つくば方式の植栽（つくば学園西大通り）
2本の樹木を3m間隔でまとめて植栽すると、樹冠が短期間に整えられ緑量を増やせる。
（茨城県つくば市東新井）



築堤による植栽（海浜大通り）
道路の海側に幅員の大きなマウンドを造成して緑化し、緑のボリュームを増やしている。
（千葉県千葉市美浜区美浜）

2. 中央分離帯

- (1) 中央分離帯は、往復交通量の分離、対向車線の誤認防止、視線誘導、夜間走行時の対向車線のヘッドライトの遮蔽など、道路交通機能上重要な交通施設である。
- (2) しかし、歩道植栽帯とともに、排出ガスの発生源である車道に最も近いことから、沿道緑地整備により大気環境保全を図る上では最も重要な場所の一つである。
- (3) 中央分離帯は、道路に隣接する沿道の建物などによる植栽空間の制限や、電線・電話線などの架空線や信号・道路標識などのサインの視認障害、周辺居住地などの日照権問題など、植栽する上で障害の多い道路施設の中で、障害が比較的少ない場所であり、大気浄化に主眼をおいた沿道緑地整備にとって最も有効な場所に位置している。

解説

中央分離帯の緑化の目的と効果

- ① 植栽により、誘導効果、夜間の対向車のヘッドライトの遮光、歩行者横断の抑制が期待できる。
- ② 植栽により、沿道の大気環境を改善し、都市気候の緩和にも寄与する。
- ③ 人工的な道路環境に緑を導入し、潤いのある都市景観の形成を図る。
- ④ 歩道植栽帯とともに、街並みを特徴づけ、都市に風格を与える。

中央分離帯の環境条件

- ① 車道に最も近いため、大気汚染物質の濃度が高く、交通量の多い道路では生育に影響を及ぼす。
- ② 幅員により異なるが、一般に土壌は人為により移動・攪乱された造成土壌である。
- ③ 夏季においてはアスファルト舗装などの照り返しが厳しく、都市特有の厳しい環境を呈する。
- ④ 信号やサイン、車や歩行者からの見通しなどとの関係から、空間的制約を受ける場合がある。

中央分離帯の緑化のポイント

- ① 樹種選定にあたっては、大気汚染に対する耐性があり、樹冠が広がり葉量の多い大木になる高木樹種を選定する。大気浄化能力が相対的に高いのは落葉樹であるが、冬季の大気汚染対策が課題の場所では、冬季でも効果を発揮できる常緑樹を選定する。
- ② 幅員が狭い場合には、中低木や地被類による列植や寄せ植えが主体にならざるをえないが、幅員が広い場合には、常緑樹と落葉樹、高木と中低木、地被類などを適宜組み合わせた多層林形態のボリュームのある植栽を行って、緑量を高めると効果的である。また、大木になる高木樹種を大きく伸び伸びと育てるのも効果的である。
- ③ 歩道植栽帯は沿道民有地の日照権の問題など植栽上様々な障害が生じやすいが、中央分離帯ではこれらの制約が比較的軽微であるため、歩道植栽帯の幅を減らしてでも中央分離帯を広くとって、自然仕立てにより高木樹種を大きく伸び伸びと育てるのも一つの方法である。
- ④ 交差点付近は交通の流れが重なり局地的汚染が著しい場所であるが、走行車両や横断歩行者からの見通しの確保が最優先されるため、低木や地被類を主体とした植栽にならざるをえない。



仙台市定禅寺通り
幅員 46m の広幅員道路で、中央分離帯の定禅寺公園はケヤキの 2 列植栽。歩道植栽帯は各 1 列。
(宮城県仙台市青葉区国分町)



県道 276 号
幅員を広くとって、高木・中低木の組合せにより緑量が多く、大気浄化効果も期待される。
(千葉県浦安市美浜)



千葉市真砂クスノキ通り
中央分離帯の幅員が広いので、高木のクスノキを大きく伸び伸びと育てている。低木はサツキ。
(千葉県千葉市美浜区真砂)



千葉市海浜松風通り
中央分離帯には、地域特性を活かして高木のクロマツを植栽。低木はカイヅカイブキの刈込。
(千葉県千葉市美浜区高須)



都道 405 号外堀通り
アイストップに迎賓館を据えたビスタを形成。中央分離帯・歩道植栽とも高木のユリノキ。
(東京都新宿区四谷)



県道 101 号新川通り
中央分離帯は樹高 15m 程度に達するケヤキを大きく伸び伸びと育てている。歩道はクスノキ。
(神奈川県川崎市川崎区小土呂橋付近)

3. 交差点・交通島

- (1) 交差点やそこにある交通島は、交通の流れを誘導し、歩行者の安全を確保するなど、道路交通上重要な施設である。
- (2) 交差点周辺では、交差する交通の流れが重なり、またしばしば発生する渋滞のため排出ガスによる局地的大気汚染が顕著であり、そのような場所に緑地帯の整備の意義は大きい。
- (3) しかし、交差点では交通安全の確保が第一であり、植栽にあたっても見通しの確保に十分配慮する必要がある、剪定や刈込が可能な中低木や地被類を導入するのが一般的である。
- (4) 歩道橋の橋詰付近のデッドスペースでは高木・中低木による複合植栽も可能である。

解説

交差点・交通島の緑化の目的と効果

- ① 交差点付近は、交通の流れが重なるため大気汚染物質の濃度が一般に高い。緑化により交差点周辺の大気環境の改善を図るとともに、都市気候の緩和に寄与する。
- ② 交差点は、都市景観上もポイントとなる重要な場所の一つである。緑化により、道路という人工的な空間に緑を導入することにより、安全で安らぎのある空間を提供する。

交差点・交通島の環境条件

- ① 大気汚染物質の濃度が高く、植物の生育を阻害するおそれがある。
- ② 比較的広い交通島の場合は問題が少ないが、狭隘な交通島では植栽基盤が不良の場合が多い。
- ③ 周辺がアスファルト舗装なので囲まれ、照り返しが強いほか、自動車走行による風を受けやすい。
- ④ 見通しの確保が最優先されることから、空間的に制約を受ける場合が多い。

交差点・交通島の緑化のポイント

- ① 大気汚染物質の濃度が高いため、常緑樹を主体に大気汚染に対する耐性のある樹種を選定する。
- ② 比較的広い交通島では、常緑樹と落葉樹、高木と中低木を適宜組み合わせることで緑のボリュームを増やすことも可能であるが、安全確保を最優先し、見通しの確保に留意する必要がある。
- ③ 比較的狭い交通島では、低木や芝生、ヘデラ類などの地被類を導入する。
- ④ 高木を用いる場合、見通しの確保のために、枝下の見通し（高さ約2.5m以下）をよくする必要がある。樹種を選定とともに、枝落とし、剪定などの管理を徹底することが重要である。見通しの確保という点では、ランドマークとして、むしろ枝下高の高い高木樹種を孤立木的に植栽するのも一つの方法であり、葉量が多いという点で、大気浄化の上でも効果的である。
- ⑤ 交差点の角地など、空間的な制約の比較的小さい場所では、常緑樹と落葉樹、高木と中低木、地被類などを適宜組み合わせることで多層林形態の葉量の多い緑地が形成できる。いわゆるポケットパルク的な沿道緑地になり、大気浄化効果の面でも期待できる。



つくば学園東大通り
 交差点の交通島では、見通しの確保を図るために
 低木のサツキが用いられている。
 (茨城県つくば市竹園)



つくば学園南大通り
 交差点では、見通しの確保を図るために、刈込の
 効くサツキなどの低木が多用されている。
 (茨城県つくば市千現)



都道 465 号蓮根歩道橋
 交差点の交通島では、見通しの確保のために、ツ
 ツジ類などの低木や地被類が用いられている。
 (東京都板橋区蓮根)



都道 465 号蓮根歩道橋
 同じ場所でも交差点から少し離れると、クスノキ、
 ケヤキなどの高木も植栽されている。
 (東京都板橋区蓮根)

4. 遮音壁等の壁面

- (1) 道路の遮音壁、擁壁、高速道路の高架の橋脚などの壁面は、都市景観を損ねるため修景の必要があるが、自動車の排出ガスの発生源に最も近く、大気浄化を主眼とした沿道緑地整備の上でも最も効果的な場所の一つである。
- (2) これらの場所の多くは、壁面などの向きにもよるが、一般に南向きでは照り返しが強く、北向きでは日照不足になりやすい上、植栽場所が狭隘で土壌条件もよくないため、必要に応じて土壌の入れ替えや土壌改良など、生育基盤を改善するのが望ましい。
- (3) 壁面の前面に余裕がある場合には、高木の列植や高木・中低木の組み合わせにより緑量のある樹林帯を形成し、植栽空間が狭い場合には、登はん補助資材などを設置して厳しい環境条件にも耐えうるツル植物の導入なども考えられる。

解説

遮音壁等の壁面の緑化の目的と効果

- ① 沿道の大気環境の改善を図るとともに、ヒートアイランド対策などの都市気候の緩和を図る。最近では、東京都、埼玉県などの地方公共団体においてヒートアイランド対策として壁面緑化が積極的に取り組まれており、補助・助成制度なども整備されてきている。
- ② 都市域に緑を増やすとともに、視認性が高いコンクリートなどの人工構造物が修景されることから、都市景観の向上の面でも効果が期待できる。
- ③ 緑化により、市街地に潤いがあり、親しみやすい緑地空間を創出する。
- ④ 遮音壁などからの反射光を遮蔽し、安全走行上からも有効である。
- ⑤ 壁面を緑で被覆することにより、直接日射が当たることを抑制し、劣化の防止に繋がる。

遮音壁等の壁面の環境条件

- ① 壁面の日当りは壁面の方向で決まる。一般に東向きは比較的問題が少ないが、北向きはほとんど直射日光が射さないため、日照不足になりやすい。南向きや西向きでは厳しい陽光にさらされ、照り返しも厳しく、夏季の日中の表面温度は60℃にも達する。
- ② 遮音壁や擁壁自体は保水力がない場合が多く、壁面の下部や上部に植栽されるため、そこでの水分条件が問題になる。高速道路などの遮音壁や擁壁では、上部の構造物のために自然の降雨がほとんどなく、地下や周辺からの水分の供給も期待しにくいいため、土壌が著しく乾燥しやすい。
- ③ 高架下のコンクリート構造物、擁壁、遮音壁などを緑化する場合、有効土層の不足、水分や養分の欠乏、堅密な土壌など、生育基盤が不良である場合が多い。このため、必要に応じて土壌を入れ替えたり、土壌改良をするなど、土壌の理化学性を改善する必要がある。

遮音壁等の壁面の緑化のポイント

- ① 壁面の緑化は、一般にツル植物を導入するが、緑化の成否は、壁面の性状、導入するツル植物の選定、登はん補助資材・下垂補助資材などによって決まる。また、壁面の前面に比較的余裕がある場合には、壁面の前面に近接させて樹木を植栽して遮蔽する方法もある。
- ② ツル植物は、登はん方式や伸長量などが種によってかなり異なる。このため、壁面の構造、素材や仕上げ、規模（高さや広さ）、植栽地の位置・場所などを十分検討して、緑化方法や導入する植物の選定を行う必要がある。壁面緑化に導入するツル植物の特性や植栽上の留意点は、「都市建築空間緑化編」の第4章に示したとおりである。
- ③ 巻きひげや巻つる型のツル植物は、壁面を登はんさせるための足場が必要であり、ネット・格子・柵などの登はん補助資材を設置する必要がある。格子の場合、ツル植物の種類によって適する格子の大きさが異なる。アケビ、ヘデラ類などは比較的細かな格子（5～10cm程度）が適し、フジ、ブドウなどは比較的粗い格子（20cm程度以上）が適している。格子の大きさは、基本的には葉が容易に抜けられる程度の間隔が必要であり、選定にあたっては導入するツル植物の葉の大きさに留意する。生長後の将来的な重量やその時の風圧に耐える強度とともに、植栽後は格子の取り換えが難しく、長期間にわたって利用するため、耐久性についても十分考慮する必要がある。

- ④ 気根・吸盤などの吸着型のツル植物の場合は、コンクリートブロックやコンクリートの打ち放しのように表面が多孔質で凹凸があれば、比較的容易に壁面を登はんできる。しかし、滑り面の場合は、そのままでは登はんできないため、表面処理を施して多孔質で凹凸のあるテクスチャにしたり、格子などの登はん補助資材を設置する。
- ⑤ 壁面上部に植栽する下垂型のツル植物の場合は、ツルが自然に下垂するが、伸びたツルが風に吹かれて壁面に擦られることにより生育障害を引き起こすため、ある程度誘引する必要がある。
- ⑥ このほか、ツル植物以外の植物を利用して壁面緑化する方法として、壁面の前面に樹木を植栽して遮蔽・修景する方法がある。この場合、壁面の下部に相応の植栽空間が必要である。植栽空間が比較的広い場合には、常緑樹と落葉樹、高木と中低木の組み合わせによるボリュームのある樹林を形成する。植栽空間が狭い場合には高木や中木を列植する。また、最近では、生育基盤と登はん補助資材が一体化され、カセット式になった緑化パネルなどが普及しており、この場合は草花や観葉植物などの導入も可能である。ただし、高価である上、日常的なこまめな管理が必要であり、遮音壁などの粗放な管理が余儀なくされる場所には適さない。



東京外郭環状道路 & 国道 298 号
遮音壁の前面に植栽帯を幅広くとり、多様な樹木を導入してボリュームのある緑地を創出。
(埼玉県川口市安行)



東京外郭環状道路 & 国道 298 号
遮音壁の前面をクスノキ、ヒマラヤスギ、サワラなどの高木樹種を用いて遮蔽している。
(埼玉県川口市安行)



東京外郭環状道路 & 国道 298 号
遮音壁の前面に手前に傾斜をもたせて盛土し、高木や中低木の組み合わせで複合植栽。
(埼玉県草加市旭町)



東京外郭環状道路 & 国道 298 号
遮音壁の前面に盛土を行い、緑化ブロックを導入してサツキやアベリアなどを植栽している。
(埼玉県草加市新善町)

5. 環境施設帯

- (1) 環境施設帯は、騒音や大気汚染など、道路走行に伴い発生する各種環境影響を防止・軽減し、沿道住民の生活環境の保全に資するために、道路空間と周辺地域との間に緩衝地帯として設けられる道路の付帯施設である。
- (2) 車道周辺に一定幅員の用地を確保し、そこに植樹帯、側道、歩道、環境影響防止用の盛土（築堤）などを設けて、騒音・振動、排出ガスの低減のほか、日照確保、気象緩和、道路景観の向上などを図るものである。
- (3) 環境施設帯は、一般の道路植栽地に比べて幅員がかなり広く余裕もあるため、常緑樹高木を主体に多種類の植物による混交林の造成が可能である。高木・中低木・地被類、常緑樹・落葉樹の組み合わせにより多層林形態の樹林を形成することによって、より緑量豊かな植栽帯を形成することができ、大気浄化を主体とした緑地整備の上でも効果的である。

解説

環境施設帯の緑化の目的と効果

- ① マウンド造成（築堤）により、道路からの騒音・振動の抑制、大気汚染物質の遮蔽・拡散を図る。
- ② 植栽により、騒音・振動の緩和、大気浄化、気象の緩和を図り、快適環境の保全に供する。
- ③ 車道・歩道の分離により歩行者の安全を確保する。
- ④ 街路景観の向上とともに、市街地に潤いのある親しみやすい緑地空間を創出する。

環境施設帯の環境条件

- ① 環境施設帯は、道路が団地や住宅地を通過する場所で、沿道の生活環境を保全するために設けられる道路施設で、植樹帯・副道・歩道などから構成されている。
- ② 緩衝地帯として幅 10～20m 以上の用地が確保されているため、一般の道路に比べると植栽空間に余裕があり、多様な緑化が可能である。
- ③ マウンド造成（築堤）は遮音壁などに比べると圧迫感が少なく、日照や通風などの二次的な障害も少ない上、盛土によって必要土壌厚も確保されるため、植栽のための土壌条件も一般の植栽地と同様、比較的良好な場合が多い。

環境施設帯の緑化のポイント

- ① 植栽帯の幅が、通常の道路植栽地に比べてかなり余裕があり、日照や落葉の問題など、近隣住民からの苦情なども少ないため、常緑樹の高木を主体に多様な植物による混交林の造成が可能である。植栽構成としては、常緑樹と落葉樹、高木と中低木、地被類の組み合わせによって多層林形態の立体的な緑地の創出により、緑量の豊富なボリュームのある緑地になり、大気浄化の面でも遮蔽・拡散、吸収・吸着の効果が期待できる。
- ② マウンド造成（築堤）及びそこでの植栽は、大気汚染物質の遮蔽・拡散、吸収・吸着や騒音・振動の抑制など、地域の生活環境の保全上、重要な役割を担っている。築堤での植栽構成としては、車道側は常緑樹を主体に緑のボリュームを高め、冬季を含めた年間を通じての大気浄化効果を期待する。宅地側（歩道側）は、落葉樹を主体に、花や実の美しい樹木を多用するなど、四季の変化を感じられる、憩いのある親しみやすい緑地空間になるよう配慮する。
- ③ 植栽箇所としては、大気汚染物質が上空に拡散してしまう前に、できるだけ自動車排出ガスの発生源である車道に近い場所に植栽するのが効果的である。このため、築堤の車道側の石積や擁壁をヘデラ類などのツル植物を導入したり、緑化ブロックなどを用いてツツジ類などを植え込むのも大気浄化の面で効果的である。
- ④ 環境施設帯の歩道は、歩道植栽帯を含め通常の歩道に比べると幅員がかなり広いいため、常緑樹と落葉樹、高木と中低木、地被類と草花を適宜組み合わせ、多様で明るい緑地空間の創出が可能であり、安全で安心な歩道空間として、地域の街づくりにも貢献が期待できる。



東京放射 36 号（通称三六道路）
幅員 5m 前後の築堤を行って多様な樹種を導入してやすらぎのある親しみやすい緑地を創出。
（東京都練馬区小竹町）



三ツ目通り & 首都高速 9 号深川線
住宅団地との間に築堤を行い、高木、中低木、地被類の複合植栽により葉量の多い緑地を形成。
（東京都江東区辰巳）



国道 357 号 & 東関東自動車道
車道側に築堤し遮音壁を設置。マテバシイ、タブノキ、ヤマモモなどの常緑広葉樹を植栽。
（千葉県習志野市香澄）



東京外郭環状道路 & 国道 298 号
遮音壁と側道間に幅員の広い植栽帯を設けボリュームのある緑地を形成している。
（埼玉県川口市安行）



東京外郭環状道路 & 国道 298 号
側道・歩道の周りに幅員の広い植樹帯を設け、多様な樹種を導入して緑量豊富な緑地を創出。
（埼玉県草加市旭町）



東京外郭環状道路 & 国道 298 号
歩道植栽帯にはサクラ類やハナミズキなど、花や実の美しい親しみのある緑地空間を創出。
（埼玉県草加市旭町）

6. 歩道橋

- (1) 歩道橋は、これまで植栽が行われることは少なかったが、道路や近隣から最も目立ちやすい道路付帯施設の一つであり、都市景観の向上の上でも景観的な配慮が望まれる。
- (2) 特に橋詰（橋のたもと）は都市域の中でもデッドスペースになりやすい場所であるため、このような場所を市街地のポケットパークとして緑地の整備を行うことは大気浄化を主眼とした緑地整備の上でも効果的である。
- (3) また、歩道橋は、生育基盤である土壌条件が一般によくなく、日照不足や降水遮断による乾燥化などが懸念されることから、常緑樹を主体に耐陰性が強く、大気汚染に対する耐性も強い樹種や地被類などを中心に植栽する。

解 説

歩道橋の緑化の目的と効果

- ① 歩道橋の上の埃っぽい空間や橋詰のデッドスペースを活用して、緑を導入し潤いのある親しみやすい都市空間を創出する。
- ② コンクリートなどの人工構造物を緑化し、都市景観の向上を図る。
- ③ 従来緑が皆無であった場所を緑化することにより、大気環境の改善や都市気候の緩和に多少なりとも寄与できる。

歩道橋の環境条件

- ① 歩道橋の建設工事の際に、土壌の移動・攪乱により建設残土や瓦礫が混入していたり、コンクリートの打設により土壌がアルカリ化するなど、植栽用土壌として適さない場合が多い。
- ② 歩道橋の橋上では、植栽基盤は人工基盤であり、地下からの水の供給がなく乾燥しやすい。また、逆に人工地盤の排水が悪い場合は、降水が植栽樹に滞水し、根腐れが生じやすい面もある。
- ③ 歩道橋の橋詰は通常デッドスペースになっているが、日陰になりやすく日照不足になりやすい。
- ④ 歩道橋の橋上では、橋の下が空間であり、周辺も開けているため風が強い。
- ⑤ 自動車排出ガスによる大気汚染物質により植物が生育阻害などの影響を受けやすい。

歩道橋の緑化のポイント

- ① 歩道橋の橋詰は、デッドスペースになりやすく、歩道橋の中では植栽の余地が最もある場所である。このため、歩道橋では橋詰を主体に緑化するが、車道に最も近い場所の一つであり、大気浄化の面でも効果的な場所である。植栽にあたっては、常緑樹を主体に、耐陰性や耐乾性が強い強健な樹種で、大気汚染に対する耐性のある樹種を選定する。
- ② 歩道橋の橋詰は、日陰になりやすい上に、降水が遮断されやすいなど、土壌条件もよくない場合が多い。このため、コンクリート擁壁を含め、ヘデラ類などの強健なツル植物などで緑化するのも一つの方法である。
- ③ 歩道橋の橋上は一般的には幅が狭く緑化の余地はない。しかし、比較的幅が広く、積載荷重の面でも支障がなければ人工地盤を整備し、緑化することも可能である。ただし、地下からの水の供給がないため植栽樹の土壌が乾燥しやすいため、必要に応じて灌水設備を設置するのが望ましい。



歩道橋の橋詰の緑化
 デッドゾーンである歩道橋の脚部を高木と中低木の組み合わせで緑化している。
 (千葉県千葉市美浜区中瀬)



歩道橋の橋詰の緑化
 デッドゾーンである歩道橋の脚部を高木と中低木の組み合わせで緑化している。
 (千葉県千葉市美浜区中瀬)



歩道橋の橋詰の緑化
 歩道橋の橋詰付近と背後の駐車場上の人工地盤の緑化が連続し、一体化している。
 (メッセモール／千葉県千葉市美浜区中瀬)



歩道橋の橋詰の緑化
 歩道橋の橋詰付近を高木・中低木、地被類などの多様な植物の組み合わせで緑化している。
 (メッセモール／千葉県千葉市美浜区中瀬)



歩道橋の上の緑化
 歩道橋の上の両側に人工地盤の植栽地と灌水設備を設置し、低木とササ類で緑化している。
 (大宮ほこすぎ橋／埼玉県さいたま市大宮区)



歩道橋の上の緑化
 歩道橋の上の両側に人工地盤の植栽枡を設け、低木の植え潰しにより緑化している。
 (パークブリッジ／東京都世田谷区砧公園)

7. ペDESTリアンデッキ

- (1) 駅前のロータリー、商業・業務地域のビル間、中高層住宅の住棟間など、近年、人と車両を分離するペDESTリアンデッキ（歩行者専用デッキ）が増えている。
- (2) ペDESTリアンデッキの下の道路（車道）は一般に交通量が多く大気汚染物質濃度も高いことから、このような場所で緑地整備を行うことは都市景観の向上ばかりでなく、大気浄化の面でも効果的であると考えられる。
- (3) ペDESTリアンデッキの上で植栽を行うことは積載荷重の上で問題があるが、近年は当初から緑化することを前提とした構造などにより緑化事例を増えてきている。

解説

ペDESTリアンデッキの緑化の目的と効果

- ① 最近、都市に増えている人工構造物であるペDESTリアンデッキを緑化し、潤いのある親しみやすい都市空間を創出して、都市景観の向上を図る。
- ② 沿道の大気環境の改善や都市気候の緩和にも寄与する。
- ③ 人の行き来が多い場所の修景を図ることにより、都市のイメージアップにも繋がる。

ペDESTリアンデッキの環境条件

- ① 植栽基盤は人工地盤であり、地下との繋がりがなく、水分や養分の供給がない。また、植栽柵も狭隘な場合が多いため、土壌が乾燥し、養分が欠乏しやすい。このため、灌水施設の設置が必要であり、必要に応じて肥料の施肥を行う。
- ② ビルの北側などでは日陰になりやすく、日照不足が生じやすい。
- ③ 中高層ビル周辺ではビル風が発生しやすく、また位置が自然地盤よりも高いため、風が全般的に強く、樹木が倒れたり、生育阻害を受けやすい。

ペDESTリアンデッキの緑化のポイント

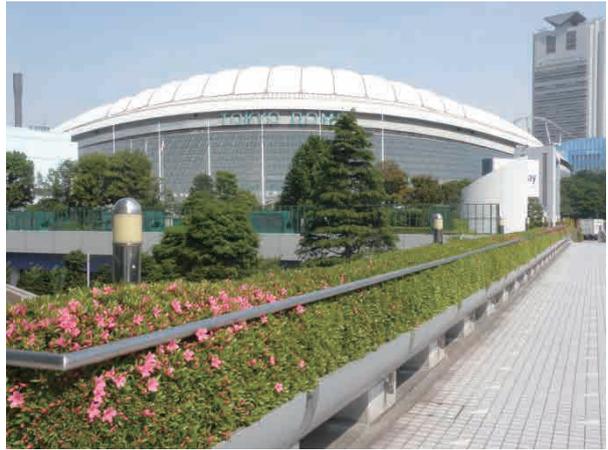
- ① 大気浄化の効果を高めるためには、緑のボリュームを増やすことが望ましいが、積載荷重制限の問題がある上、ペDESTリアンデッキ本来の機能である歩行者の通行を妨げないように、緑化することが重要である。
- ② 生育環境が厳しいことから、耐乾性、耐瘦地性の強い強健な樹種で、成長してもあまり大きくなりすぎない高木樹種や中低木を主体に、剪定や刈込に耐える樹種を選定する。
- ③ 通行人が多いことから、花や実の美しい中低木、地被類や草花を導入し、明るく親しみやすい緑地空間を創出するのは望ましい。



JR 東京駅八重洲口 グランルーフ
南北タワーを繋ぐ大屋根グランルーフのペDESTリアンデッキに観葉植物等を導入して
壁面緑化。
(東京都中央区八重洲)



キャノン幕張ビル & 住友ケミカル幕張ビル
人工的な通路空間にオリーブとツツジ類・アセビ
等の低木を導入し親しみやすい空間を創出。
(千葉県千葉市美浜区中瀬)



東京ドームシティ ミーツポート
JR 水道橋駅から東京ドームに向かうペデストリアン
デッキを低木のサツキで修景している。
(東京都文京区後楽)



JR 武蔵溝ノ口駅前
中低木の花木を主体に植栽し、四季の変化が感じ
られる親しみやすい緑地空間を創出。
(神奈川県川崎市高津区溝口)



日本 IBM 幕張ビル
ビル間を繋ぐペデストリアンデッキに帯状の植栽
柵を設置しアベリアなどの低木で緑化。
(千葉県千葉市美浜区中瀬)



幕張テクノガーデン
低層階屋上のペデストリアンデッキに広い面積で
ヒラドツツジ、サツキなどの低木を植栽。
(千葉県千葉市美浜区中瀬)



横浜ベイクォーター
ペデストリアンデッキのスカイウェイを高さ2m
前後の生垣状仕立てのフイリマサキで緑化。
(神奈川県横浜市神奈川区金港町)

8. 高架下

- (1) 高速道路や、踏切における慢性的な交通渋滞をなくし、より安全で快適な生活環境を創出することを目的とした鉄道路線の立体化などに伴い都市域には高架が増えつつある。高架下は、面積的にみれば必ずしも広い空間とはいえないが、道路や鉄道に沿って直線的に長いのが特徴である。
- (2) 圧迫感があり、暗く、埃っぽく、殺伐としたこのような未利用空間を植栽し、親しみやすい空間に変えていくことには大きな意義がある。特に道路の場合は、移動発生源である車道に沿った緑の連続性という点で、今後、大気浄化を主眼とした緑化を積極的に進めていきたい場所の一つである。
- (3) しかし、高架下は、日陰になりやすく、降雨が遮られて乾きやすいなど、植物の生育にとっては厳しい環境にあることから、耐陰性や耐乾性に強い植物の導入、スプリンクラーなどの灌水施設の設置、灌水や病虫害対策を含めた日常的な保育管理や監視が欠かせない。

解説

高架下の緑化の目的と効果

- ① 沿道の大気環境の改善を図るとともに、ヒートアイランド現象などの都市気候を緩和する。
- ② 都市域に緑を増やし、都市景観の向上を図る。
- ③ 高架下は、圧迫感があり暗い空間で、汚れた、埃っぽい、殺伐とした空間であったが、緑化により潤いのある親しみやすい緑地空間を創出する。
- ④ 高架下は、従来フェンスなどに囲まれていた未利用の空間であったが、緑化により土地の有効活用を図るとともに、分断されていた地域社会を繋ぎ、地域住民の連帯を強める効果も期待される。

高架下の環境条件

- ① 土壌は一般に自然の現況土壌であるが、建設工事による土壌の移動・攪乱により、建設残土や瓦礫が混入していたり、コンクリート打設に伴うアルカリ化など、植栽用土壌としては、土壌の理化学性は不良である場合が多い。
- ② 高架下は、橋脚や橋桁などにより日陰になりやすく、日照不足になりやすい。
- ③ 雨水が橋桁や橋脚に遮られて自然の降水がない上、周囲からの地下水の供給も期待できないため、乾燥しやすい。
- ④ 自動車排出ガスなどにより大気汚染物質の濃度が高く、植物の生育を阻害しやすい。

高架下の緑化のポイント

- ① 高架下の生育環境条件を踏まえ、耐乾性、耐瘦地性、耐陰性が強い強健な樹種を選定する。
- ② 降水がなく、周囲からの水の供給も期待できないことから、灌水施設を整備して定期的に灌水するのが原則である。灌水装置としては、降雨による葉面の付着粉塵の洗い出しが期待できないことから、スプリンクラー方式が望ましいが、散水できない場合は、ドリップ式の灌水ホースなどで対応する。給水施設としては、高架の上に降った雨などを貯水タンクに貯めて、雨水の有効利用を図るのが望ましい。
- ③ 人の立ち入りによる物理的な損傷や踏圧による土壌の締め固めを防ぐため、植栽密度を高めたり、ヘデラ類などの地被植物で被覆したり、低いフェンスを設置するなど、人の立ち入りを未然に防ぐことが望ましい。
- ④ 植物の生育にとって極めて厳しい生育環境であることから、一般の植栽地などでは問題にならないような病虫害による被害が蔓延し、致命的なダメージを受けやすい。また、都市の美観の向上を目的としていた緑化が、生育不良により、かえって荒廃した景観を形成しかねない場合もある。このため、定期的な監視とともに、必要に応じて適切な管理を行うことが重要である。



首都高速 5号池袋線
上り線・下り線の間を利用して高木樹種のケヤキが植栽されている。
(東京都板橋区中台)



国道 357号臨海橋
歩道橋の緩やかなスロープの下の無降水の日陰地をヘデラ・カナリエンシスで緑化。
(東京都江戸川区臨海町)



首都高速 5号池袋線
高速道路の高架下の中央分離帯に耐陰性の強い樹種の組み合わせにより植栽されている。
(東京都板橋区高島平)



首都高速 5号池袋線
高木のマテバシイ、低木のヤツデ、アベリア、地被類のヘデラ類などが導入されている。
(東京都板橋区高島平)



首都高速 5号池袋線
高速道路の高架下の日陰、無降水の厳しい環境に耐陰性があり乾燥にも強いヘデラ類を導入。
(東京都板橋区高島平)



首都高速 5号池袋線
降水が全くないため、スプリンクラーが設置され、毎日定時に灌水が行われている。
(東京都板橋区高島平)

9. 緑道

- (1) 緑道は都市公園の一種であり、植樹帯や園路（歩行者路や自転車路）を主体にした緑地であり、公園・学校・ショッピングセンター・駅前広場などの公共サービス施設と居住区域を結ぶように配置される
- (2) 車の入れない歩行者専用空間であり、都市生活の安全性と快適性の確保と同時に、災害時には避難路にもなる。
- (3) 幅員は10～20m程度が標準的であり、ある程度植栽可能空間が確保されていることから、都市域における快適生活環境の保全を中心に、大気浄化を主眼とした緑地整備の上でも重要な場所の一つである

解説

緑道の緑化の目的と効果

- ① 植栽により、大気浄化、騒音・振動の緩和、気象の緩和など、快適生活環境の保全に供する。
- ② 車道・自転車道・歩道を分離し、歩行者や自転車運転者の安全を確保する。
- ③ 災害時には避難路として活用するため、植樹帯などとして整備する。
- ④ 街路景観の向上とともに、地域に潤いのある親しみやすい緑地空間を創出する。

緑道の環境条件

- ① 緑道は、近隣住区あるいは近隣住区間を連結するように設けられる緩衝緑地の一種で、植樹帯・歩行者路・自転車路などから構成される緑地である。
- ② 緩衝緑地として、幅10～20mを標準とされているため、一般の道路に比べると植栽空間に余裕があり、多様な緑化が可能である。
- ③ 公園、学校、ショッピングセンター、駅前広場などを相互に結ぶように配置され、日常生活の行動圏を繋ぐ緑地空間である。
- ④ 地方公共団体によっては、近年、暗渠化されていく中小河川の上流を有効活用する方策として緑道の整備に重点をおいて、自然を取り戻し、歩行者の安全と緊急時の避難経路の確保を図っている。

緑道の緑化のポイント

- ① 植栽帯の幅が通常の道路植栽と比べてかなり余裕があり、日照や落葉の問題など、近隣住民からの苦情なども少ないことが想定されるため、高木を主体とした多様な植物による混交林の創出が可能である。植栽構成としては、常緑樹と落葉樹、高木と中低木を組み合わせにより、多層林形態の立体的な樹林形態を形成し、緑量の豊富なボリュームのある緑地を創出する。緑地による遮蔽・拡散、吸収・吸着の効果が高まり、大気浄化の面でも効果が期待できる。
- ② 植栽箇所としては、大気汚染物質が上空に拡散してしまう前にできるだけ自動車発生源に近い場所に植栽するのが効果的であるため、道路などが隣接する場合には、車道側に、大気汚染に対する耐性がある常緑樹を主体に、生垣状の植栽を行ったり、複合植栽により遮蔽効果を高めると効果的である。ただし、環境施設帯と異なり、必ずしも幹線道路が隣接するわけではないことに留意する必要がある。生育空間に制約がなければ、剪定などを最小限にとどめ、高木を大きく伸び伸びと育てれば、大気浄化の効果は一層期待できる。
- ③ 日常生活の行動圏を繋ぐ緑地であるため、花や実が美しい花木や草花を多用し、明るく憩いややすらぎのある親しみやすい緑地の形成を図るのが望ましく、それが地域づくりや街づくりに繋がるものと期待される。



江戸川区臨海町緑道
JR 葛西臨海公園駅から地下鉄西葛西駅を結ぶ緑道。多様な樹種で構成され、緑量も多い。
(東京都江戸川区臨海町)



江戸川区臨海町緑道
多様な樹木からなる緑道で、歩道及び自転車道の上空は緑のトンネルに覆われている。
(東京都江戸川区臨海町)



江戸川区清新町緑道
周辺よりも地盤が高く、植栽地も盛土され、石積みながされている。有効土壌厚も厚い。
(東京都江戸川区臨海町)



江戸川区清新町緑道
親水公園に繋がり、花木、藤棚、花壇、ベンチなども多く、地域住民の憩いの場になっている。
(東京都江戸川区臨海町)



やすらぎの道神明
暗渠化された小河川の上を有効活用して整備された緑道で、地域住民に愛され続けている。
(神奈川県川崎市幸区神明町)



やすらぎの道神明
ケヤキ、シラカシ、マテバシイのほか、ソメイヨシノ、ツツジ類などの花木も多い。
(神奈川県川崎市幸区神明町)

10. 沿道敷地における接道部

- (1) 大気汚染物質濃度が高く騒音レベルが高い幹線道路の沿線では環境改善の緊急性が一般に高く、緑地によるこれらの影響緩和が期待されている。このため、大気浄化を主眼とした緑地整備を重点的に実施する必要がある。
- (2) しかし、土地の制約の大きい都市の市街地では、街路樹整備や環境施設帯の造成などの道路敷地内での緑地整備を新たに進めることは困難な場合が多く、道路敷地内に十分な植栽スペースが見込めない場合には、道路に接する沿道敷地内の接道部の緑化の意義が大きい。
- (3) このため、幹線道路沿いの緑地整備にあたっては、これまで述べてきた道路敷地内の緑地整備に加えて、沿道の公共用地、民有地の緑化を積極的に進めていく必要がある。
- (4) 特に、沿道敷地の接道部は、排出ガスの発生源である車道に近いことから、大気浄化を主眼とした緑地整備を行う上で効果的な場所の一つであり、都市景観の向上を含め、緑地による様々な効果が期待できる。

解説

沿道敷地の接道部の緑化の目的と効果

<公共用地の場合>

- ① 植栽により、大気環境の改善、騒音の緩和、都市気候の緩和を図る。
- ② 都市に潤いのある親しみやすい緑地空間を創出し、アメニティを高める。
- ③ 都市化に伴う緑地の減少を補い、地域住民に憩いとやすらぎの場を提供する。
- ④ 緑豊かな街づくり、都市景観の形成など、地域における拠点、中核としての役割が期待される。

<民有地の場合>

- ① 住宅地では、庭木などにより快適な生活環境を保全し、遮蔽・防犯・防火の効果も期待される。
- ② 商業・業務地域では、環境や景観の保全、企業のイメージアップや地域の活性化が期待される。
- ③ 工場では、緩衝効果や遮蔽効果とともに、従業員の憩いの場、企業のイメージアップに繋がる。

沿道敷地の接道部の環境条件

<公共用地の場合>

- ① 学校などの公共施設は、市街地の中では比較的広い空間をまとめて保有している。
- ② このため、緑化を行う余地が比較的多く残されており、特に接道部は空間的な制約が少ない。

<民有地の場合>

- ① 戸建住宅では、個々の面積は狭いものの、接道部などでは緑化の余地が残されている。
- ② 中高層集合住宅では、かなり広い共有空間があり、緑化の余地が十分にある。
- ③ 商業・業務地域では、空間的な制約が大きいものの、接道部には緑化の余地が残されている。
- ④ 工場では、小規模な町工場では緑化の余地が少ないが、中大規模工場では余地が十分にある。

沿道敷地の接道部の緑化のポイント

<公共用地の場合>

- ① 植栽地が広い場合は、常緑樹と落葉樹、高木と中低木を混じえて多層林形態のボリュームのある緑地を形成する。狭い場合には、生垣状の植栽が有効である。
- ② 空間的な制約が少ない場合には、剪定・刈込を最小限にとどめ伸び伸びと生育させ緑量を増やす。
- ③ 大気浄化能力の高い樹種を中心に、花木などを多用し、潤いのある親しみやすい緑地を創出する。
- ④ 隣接する他の公共施設、街路樹、公園などとの連続性を図り、まとまった緑地帯を形成する。

<民有地の場合>

- ① 戸建住宅では、生垣を中心に、緑化協定などにより統一し、緑の連続性を図る。
- ② 中高層集合住宅では、敷地外周部や住棟間を中心に多層林形態の緑量豊かな樹林を形成する。
- ③ 商業・業務地域では、空間的な制約が大きいいため、ビルの外構や壁面を工夫しながら緑化する。
- ④ 工場では、敷地外周部を中心に多層林形態の緑量豊かな樹林を形成し、大きく伸び伸びと育てる。



キャナルサイドビル
業務ビル外構の接道部を多様な樹種で修景。高木の主木はあまり大きくなならないエゴノキ。
(東京都品川区東品川)



都立工芸高等学校
建築物をセットバックし、接道部に石積みにより盛土を行って約10mの幅員の緑地帯を整備。
(東京都文京区本郷)



市川市立大洲中学校
県道283号に面した学校の接道部をツル植物のテイカカズラで壁面緑化。脚部はシャリンバイ。
(千葉県市川市大洲)



キヤノン川崎事業所
広大な事業所敷地外周の接道部をクスノキ、シラカシ、シマトネリコなどで緑化している。
(東京都川崎市幸区柳町)



都道405号外堀通り迎賓館前付近
外堀通りに面した民有地接道部の生垣。こまめに刈込むと枝葉が密生し遮蔽効果が大きくなる
(東京都新宿区四谷)



都道450号江戸川球場付近
街路樹はヤマモモとハナミズキの交互植栽で、隣接する公園緑地と連続し一体化している。
(東京都江戸川区清新町)

引用文献

第 I 編 総論編

- 青山高義ら (2009) : 日本の気候景観、古今書院
- 石津純一 (1986) : 図解生物学データブック、丸善
- Yuko, Itoh. et al. (2007) : Estimation of sources in a Japanese cedar ecosystem using stable isotope analysis, *Applied Geochemistry*, 22, pp1223-1228
- 伊豆田 猛・松村秀幸 (1997) : 植物保護のための対流圏オゾンのクリティカルレベル、大気環境学会誌、32、pp73-81
- 伊豆田 猛ら (1996) : ブナ苗の成長、ガス交換速度及びクロロフィル含量に対する環境レベルのオゾンの影響、大気環境学会誌、31(2)、pp95-105
- 伊豆田 猛編著 (2006) : 植物と環境ストレス、コロナ社
- 岩城英夫 (1981) : わが国におけるファイトマスの地理的分布について、環境情報科学、10(1)、pp54-60
- 内嶋善兵衛・清野 豁 (1985) : 日本における自然植生の純一次生産力の分布、農林水産技術会議事務局 (BCP-85-1-1-1)、農業環境技術研究所・九州農業試験場、p121
- 大原利真ら (2003) : 光化学オキシダントの全国的な経年変動に関する解析、大気環境学会誌、38(1) pp47-54
- 大政謙次・安保文彰 (1978) : 植物による大気汚染物質の収着に関する研究 (1) SO₂ の局所収着と可視障害発現との関係、農業気象、34(2)、pp51-58
- 大政謙次ら (1979) : 植物による大気汚染物質の収着に関する研究 (2) NO₂、O₃ あるいは NO₂ + O₃ 曝露下における収着について、農業気象、35、pp77-83
- 大政謙次ら (2000) : 緑地のオゾン収着機構の実験的検討—植物と土壌のオゾン収着速度の解析—、環境科学会誌、13(1)、pp33-42
- 小川和雄ら (1982) : 道路周辺における浮遊粉塵について (第 1 報)、埼玉県公害センター年報、第 9 号、pp43-48
- 小川和雄・石井達三 (1983) : 道路周辺における浮遊粉塵汚染について (Ⅱ) —久喜市内、大宮栗橋線周辺における実態調査—、埼玉県公害センター年報、第 10 号、pp13-19
- 小川和雄・高野利一 (1986) : 植物群落の大気浄化効果に関する研究 (第 1 報)、埼玉県公害センター年報、第 12 号、pp45-51
- 小川和雄・高野利一 (1986) : 植物群落の大気浄化効果に関する研究 (第 2 報)、埼玉県公害センター年報、第 13 号、pp56-62
- 小川和雄ら (1988) : 植物群落の大気浄化効果に関する研究 (第 4 報)、埼玉県公害センター研究報告、第 15 号、pp63-71
- 小川和雄ら (1989) : 植物群落の大気浄化効果に関する研究 (第 6 報)、埼玉県公害センター研究報告、第 16 号、pp78-85
- 小川和雄ら (1990) : 植物群落の大気浄化効果に関する研究 (第 8 報)、埼玉県公害センター研究報告、第 17 号、pp37-44
- 小川和雄 (1992) : 埼玉県内緑地の生産力に基づく大気浄化量の推定、埼玉県公害センター研究報告、第 19 号、pp33-42
- 小川和雄 (1993) : 沿道緑地帯による窒素酸化物低減効果に関する研究 (第 7 報)、埼玉県公害センター年報、第 17 号、pp30-36
- 片山幸士ら (1991) : 森林内外での浮遊粉塵の挙動、京都大学農学部演習林報告、63、pp52-59
- 兼保直樹ら (2011) : 九州北部の離島及び大都市部における PM2.5 濃度の通年での挙動、大気環境学会誌、第 46 巻第 2 号、pp111-118
- 株式会社ブレック研究所 (1988) : 昭和 62 年度環境庁委託業務「大気浄化植樹手法確立のための基礎調査報告書」

株式会社プレック研究所 (1989) : 昭和 63 年度環境庁委託業務「大気浄化植樹手法確立のための基礎調査報告書」

株式会社プレック研究所 (1991) : 北九州市委託業務「幹線道路等における大気浄化植樹実態調査報告書」

株式会社プレック研究所 (2014) : 独立行政法人環境再生保全機構委託業務「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報告書 (2013 年度)」

環境省 (2013) : 平成 25 年度版 環境・循環型社会・生物多様性白書
<http://www.env.go.jp/policy/hakusyo/h25/pdf.html> (2013.9.3 アクセス)

環境省 (2013) : 平成 24 年度版 ヒートアイランド対策ガイドライン 改訂版 (都市環境気候図の作成方法を含む)
http://www.env.go.jp/air/life/heat_island/guideline/h24.html (2014.9.3 アクセス)

環境庁大気保全局大気規制課監修・大気環境に関する緑地機能検討会編集 (1989) : 大気浄化植樹指針—緑のインビテーション—

気象庁ホームページ : 気象庁の観測点での地上付近のオゾン濃度の経年変化
http://ds.data.jma.go.jp/ghg/kanshi/ghgp/o3_trend.html (2014.9.26 アクセス)

吉良竜夫 (1965) : 樹形のパイプモデル、北方林業、192、pp69-74

吉良竜夫 (1976) : 陸上生態系—概論—、生態学講座 18、共立出版

久野春子・新井一司 (2000) : 都市近郊の大気環境下における樹木の生理的特徴 (I) —光化学オキシダントによる広葉樹 4 種のガス交換速度への影響—、日本緑化工学会誌、第 25 巻 第 3 号、pp208-220

久野春子・横山 仁 (2003) : 都市近郊の大気環境下における樹木の生理的特徴 (II) — 24 樹種のガス交換速度、日本緑化工学会誌、第 28 巻 第 4 号

公害健康被害補償予防協会 (1995) : 改訂版 大気浄化植樹マニュアル—きれいな大気をとりにもどすために—

国立公害研究所 (1987) : 植物の大気環境浄化機能に関する研究、国立公害研究所研究報告、第 82 号

斎藤正彦ら (2013) : 丹沢山地における樹木のオゾン取込み量の推定、大気環境学会誌、48(6)、pp251-259

島根大学総合科学研究支援センター (2013) : ひらめき☆ときめきサイエンス「細胞の世界—ミクロの世界をさぐる—」、走査型電子顕微鏡による写真集 植物の表面 (気孔や毛)
<http://shimane-u.org/gyoji/SEM%20album.pdf> (2014.9.3 アクセス)

樹木の設計編集委員会編 (1977) : 樹木の設計—緑の創造—、産業技術センター

墨田区ホームページ : 雨水利用
http://www.city.sumida.lg.jp/sumida_info/kankyohozen/amamizu/ (2014.9.3 アクセス)

関口和彦 (2010) : PM2.5 —第 1 講 PM2.5 の特性—、大気環境学会誌、45(4)、pp54-60

清野 豁・内嶋善兵衛 (1988) : 日本における自然植生の純一次生産力のメッシュ分布図、農業水産技術会議事務局 (BCP-88-1-2-2)、農業環境技術研究所、p131

仙台市建設局百年の杜推進課 (2012) : 仙台市みどりの基本計画 2012 - 2020
http://www.city.sendai.jp/shizen/midori/keikaku/1193533_1729.html (2014.9.3 アクセス)

Shinozaki, K., Yoda, K., Hozumi, K., and Kira, T. (1964) : A quantitative analysis of plant form — the pipe model theory I. Basic analysis, *Jap. J. Ecol.*, 14, pp97-105

Shinozaki, K., Yoda, K., Hozumi, K., and Kira, T. (1964) : A quantitative analysis of plant form — the pipe model theory II. Further evidence of the theory and its application in forest ecology, *Jap. J. Ecol.*, 14, pp133-139

独立行政法人国立環境研究所 (2007) : 日本における光化学オキシダント等の挙動解明に関する研究、国立環境研究所報告 第 195 号

- 東京都ホームページ : 東京都における光化学オキシダント及び浮遊粒子状物質濃度
: <http://www.nies.go.jp/pmdep/ctype/resurt/r203/pdf/3/13.pdf>
(2013.9.3 アクセス)
- 東京都ホームページ : 東京都環境白書データ集 2000
: https://www.kankyo.metro.tokyo.jp/basic/plan/white_paper/data/2000.html
(2014.9.3 アクセス)
- 都市緑化技術開発機構 (1994) : 公園・緑化技術 5 ヶ年計画
- 只木良也・蜂屋 欣二 (1978) : 森林の現存量と物質生産、帝国森林会編「森林学」、共立出版
- 只木良也 (1990) : 開発に伴う植生の環境保全機能低下の量的推定の試み、信州大学環境科学年報、12、pp36-45
- 戸塚 績 (1987) : 植物の生産力に基づく各種植物群落のガス吸収量の評価、国立公害研究所研究報告、第 108 号、pp19-24
- 戸塚 績・三宅 博 (1991) : 緑地の大気浄化機能、大気環境学会誌、26(4)、pp71-80
- 名取俊樹・戸塚 績 (1980) : 二酸化窒素の短期及び長期曝露に伴う植物のガス取着速度を支配する植物側の要因について、大気汚染学会誌、15、pp329-333
- 日本建築学会編 (2000) : 都市環境のクリマアトラスー気候情報を活かした都市づくりー、ぎょうせい
- Hill, A.C. (1971) : Vegetation : A sink for atmospheric pollutants, *J. Air. Pollut. Contr. Assoc.*, 21, pp341-346
- 藤沼康実ら (1985) : 大気浄化植物の検索ー広葉樹における葉面拡散抵抗特性の種間差異ー、国立公害研究所研究報告、第 82 号、pp13-28
- Fujinuma, Y., Furukawa, A., Totsuka, T., and Tazaki, T. (1987) : Uptake of O₃ by various street trees, *Environ. Control Biol.*, 25(2), pp31-39
- 古川昭雄 (1987) : 大気浄化能力の植物種間差異、国立公害研究所研究報告、第 108 号、pp25-32
- 古俣 修ら (2002) : 新潟県における大気中オゾン濃度レベルー AOT40 を用いた評価についてー、新潟県保健環境科学研究所年報、第 17 巻、pp65-67
- 平野靖史郎 (2010) : PM2.5 ー第 3 講 PM2.5 の毒性ー、大気環境学会誌 第 45 巻 第 5 号 pp69-73
- 松江正彦ら (2009) : 日本における都市樹木の CO₂ 固定量算定式、日本緑化工学会誌、35(2)、pp318-324
- 松村秀幸ら (1996) : スギ、ヒノキ、ケヤキ苗の乾物成長とガス交換速度に対するオゾンの影響、大気環境学会誌、第 31 号、pp247-261
- 丸田頼一 (1983) : 都市緑地計画論、丸善
- 三澤 彰 (1981) : 緑地帯の大気浄化機能に関する研究ー特に自動車走行に伴う粉塵の葉面吸着量についてー、造園雑誌、44(4)、pp191-202
- 三澤 彰・町田千鶴 (1985) : 沿道植栽木の樹葉による粉塵吸着・吸収特性に関する研究、造園雑誌、49(5)、pp125-130
- 三宅 博 (1990) : 植物の生産力に基づく緑地の大気浄化機能の評価、文部省「人間環境系」研究報告書、038-N31、p1530
- 山神真紀子ら (2011) : 名古屋市における PM2.5 の化学組成と高濃度発生パターンを経年変化、大気環境学会誌、第 46 巻第 3 号、pp139-147
- 横浜市緑政局 (1984) : 横浜市全域植生調査報告書
- 若松伸司 (2011) : PM2.5 に関する海外動向と測定・モニタリング・成分分析に関する今後の課題、大気環境学会誌、第 46 巻 第 2 号 pp77-83

○その他参考文献

- 小川和雄・高野利一（1987）：植物群落の大気浄化効果に関する研究（第3報）、埼玉県公害センター研究報告、第14号、pp47-54
- 小川和雄（1993）：沿道緑地帯による窒素酸化物低減効果に関する研究、埼玉県公害センター研究報告、第20号、特1-99
- 酸性雨研究センター（2005）：増えつづける対流圏オゾンの脅威
- 古川昭雄（1987）：大気汚染に対する感受性の植物種間差、国立公害研究所研究報告、第108号、pp211-223
- 松本利恵ら（1990）：植物群落の大気浄化効果に関する研究（第7報）、埼玉県公害センター研究報告、第17号、pp30-36

第Ⅱ編 都市建築空間緑化編

- 泉 岳樹・松山 洋 (2004) : 東京都 23 区における屋根面積の実態把握と屋上緑化可能面積の推計、日本建築学会計画系論文集、第 581 号、pp83-88
- 宇野 忠 (2010・2011) : 特定研究「壁面緑化による温度上昇抑制効果と夏季の健康に関する研究」平成 21 年度報告書及び平成 22 年度報告書
- 沖中 健 (1990) : 壁面緑化の考え方と工夫、緑の読本シリーズ⑭、公害対策技術同友会
- 小沢知雄・近藤三雄 (1987) : グランドカバープランツ、誠文堂新光社
- 株式会社ブレック研究所 (1992) : 公害健康被害補償予防協会委託業務「大気浄化植樹事業の効果的推進のための調査報告書」
- 株式会社ブレック研究所 (2014) : 独立行政法人環境再生保全機構委託業務「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報告書 (2013 年度)」
- 国土交通省ホームページ : 国土交通省 屋上庭園－屋上緑化とその効果－
: http://www.mlit.go.jp/crd/park/shisaku/gi_kaihatsu/okujyo/index.html (2014.9.4 アクセス)
- 国土交通省ホームページ : 国土交通省 屋上庭園－屋上緑化とその効果－ (パンフレット PDF 版)
: http://www.mlit.go.jp/crd/park/shisaku/gi_kaihatsu/okujyo/panf.html (2014.9.4 アクセス)
- 輿水 肇 (1985) : 建築空間の緑化手法、彰国社
- 佐俣満夫・福田亜佐子 (2009) : 緑のカーテンによる省エネ及び CO₂ 削減効果の試算、横浜市環境科学研究所報告、第 33 号、pp1-4
- 渋谷圭助ら (2007) : 東京都における壁面緑化の普及実態調査及びパネル設置型壁面緑化の温熱環境評価、東京都農林総合研究センター研究報告、第 2 号、pp119-127
- 社団法人道路緑化保全協会 (1983) : 実務者のためのツル植物による環境緑化の手引き
- 大成建設株式会社 (1989) : 東京電力株式会社委託調査「屋上緑化に関する調査」報告書
- 坪松 学・深沢竹彦 (2002) : 航空機撮像データによる屋上緑化可能面積の評価に関する研究、環境情報科学論文集、16、pp399-404
- 東京都 (2006) : 壁面緑化ガイドライン
- 東京都新宿区 (1992) : 都市建築物緑化モデルプラン集
- 都市緑化技術開発機構特殊緑化共同研究会 (1996) : 新・緑空間デザイン技術マニュアル
- 中村保典 (1987) : 各種植物の光合成と呼吸能、石津純一編「図解生物学データブック」、丸善
- 成田健一 (2007) : 緑のカーテンが教室の温熱環境に及ぼす効果、環境情報科学論文集、Vol.21、pp501-506
- 平舘俊太郎 (1999) : 根から分泌される有機酸と土壌の相互作用－土壌による吸着反応と有機酸による溶解反応、化学と生物、Vol.37.No.7、pp454-459
- 福田亜佐子ら (2008) : 緑のカーテンの温度低減効果、横浜市環境科学研究所研究報告、第 32 号、pp22-26
- 梅干野 晃ら (1985) : ツタの西日遮蔽効果に関する実験研究、日本建築学会計画系論文集、第 351 号、pp11-17
- 松井民憲 (1990) : 植物を利用した省エネルギー、緑の読本シリーズ⑭、「公害と対策」臨時増刊 Vol.26. No.5 (通巻 316 号)
- 山崎真理子ら (2009) : 熱的薄い壁体建物の屋上・壁面緑化による冷房負荷低減効果、日本建築学会技術報告集 第 15 巻 第 29 号、pp155-158

第Ⅲ編 道路緑化編

- 小川和雄・高野利一（1986）：植物群落の大気浄化効果に関する研究（第2報）、埼玉県公害センター年報、13、pp56-62
- 小川和雄・高野利一（1987）：植物群落の大気浄化効果に関する研究（第3報）、埼玉県公害センター年報、14、pp47-54
- 小川和雄・高野利一（1989）：植物群落の大気浄化効果に関する研究（第6報）、埼玉県公害センター年報、16、pp78-85
- 小川和雄ら（1990）：植物群落の大気浄化効果に関する研究（第8報）、埼玉県公害センター年報、17、pp37-44
- 小川和雄（1993）：沿道緑地帯による窒素酸化物低減効果に関する研究、埼玉県公害センター研究報告、20、pp1-99
- 小川和雄（2013）：植栽による大気浄化機能の評価、戸塚 績編著「大気・水・土壌の環境浄化 みどりによる環境改善」、朝倉書店、pp26-42
- 環境省 自動車 NO_x 総量削減削減方策検討会（2000）：自動車 NO_x 総量削減削減方策検討会報告書
- 株式会社プレック研究所（2013）：独立行政法人環境再生保全機構委託業務「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報告書（2012年度）」
- 埼玉県（2011）：大気汚染常時監視システム、年報等
<http://www.taiki-kansi.pref.saitama.lg.jp/kankyo/main>（2014.9.3 アクセス）
- 社団法人道路緑化保全協会（1977）：道路緑化の実務－植栽編－（昭和52年版）
- 竹内 淨ら（2006）：グリーンウォールの大気環境への影響に関する考察、川崎市公害研究所年報、第33号、pp16-21
- 三澤 彰（1981）：緑地帯の大気浄化機能に関する研究－特に自動車走行に伴う粉塵の葉面吸収量について－、造園雑誌、44(4)、pp191-202
- 松本利恵ら（1988）：植物群落の大気浄化効果に関する研究（第5報）、埼玉県公害センター年報、15、pp72-79



資料編

植栽のための
植物特性一覧表

植栽のための植物特性一覧表

No	樹種	種別		大気汚染抵抗性	成長度	耐乾性	耐陰性	耐潮性	耐風性	耐瘦地性	鑑賞性			耐剪定性	用途	備考				
		常緑／落葉	高木／中木／低木								実	花	葉				移植難易度	管理難易度	調達難易度	道路緑化
1	アカマツ	常	高	弱	速	乾	陽	弱	中	強		○	中	中	弱	○	大気汚染に弱い			
2	イヌマキ	常	高	強	速	中	陰	強					中	易	易	強	○	丈夫で生垣にも用いられる針葉樹		
3	カイヅカイブキ	常	高	強	速	乾	陽	強				○	難	易	易	弱	○	芽先をつみ樹形整理。赤星病のためナシ生産地では規制		
4	クロマツ	常	高	中	速	乾	陽	中	中	強		○	中	中	中	中	○	大気汚染に強く街路樹にも利用。海岸地域		
5	スギ	常	高	弱	速	湿	中	中	弱	弱			難	中	中	強	○	大気汚染に弱く枯れる。刈り込みにも耐える		
6	イチョウ	落	高	高	強	速	中	陽	中		○	○	易	易	中	強	○	成長が速く病害虫の少ない強健な樹種		
7	アラカシ	常	高	中	強	速	中	中	中	中	○		中	易	易	強	○	○	剪定に強く生垣などのにも利用。シラカシよりもやや温暖地向き	
8	イスノキ	常	高		中	陰							中	易	中	強	○		萌芽力が強く剪定や移植にも耐える。温暖地	
9	ウバメガシ	常	高	中	強	遅	乾	中	中	強	○		難	易	易	強	○	○	大気汚染に強く刈込にも耐える。海岸地域に自生	
10	カクレミノ	常	高	中	強	遅	湿	陰	強			○	中	易	易	強	○	○	耐陰性が強い。成長が遅く管理がらく	
11	ガジュマル	常	高		中	陰	強						中	易	中		○		温暖地向き。幹から気根を出す独特の樹形	
12	カナメモチ	常	高	低	強	速	中	中	強	弱		○	中	中	易	強	○	○	剪定に強く生垣に適する。芽出しが紅く美しい	
13	カナリーヤシ	常	高	強	速	中	陽	強				○	易	中	中		○		温暖地向き。別名フェニックス	
14	クスノキ	常	高	中	強	速	中	中	中	強			易	中	中	強	○		寿命が長く巨木になる。成長が速く庭木には適さない	
15	クロガネモチ	常	高	中	強	遅	中	中	強		○		易	易	中	中	○	○	大気汚染にも強く街路樹にも用いる。野鳥誘致	
16	サカキ	常	高	低	強	中	陰	弱	弱	弱			中	中	中	中	○		枝が密生しないため自然仕立ても可。神社境内木	
17	サンゴジュ	常	高	中	強	速	中	陰	強	強	○		易	易	中	強	○	○	耐火力があり、防災のための生垣に利用。野鳥誘致	
18	シュロ	常	高	強	遅	中	中	強				○	易	易	中	弱	○		耐陰性が強く日陰でも育つ	
19	シラカシ	常	高	中	強	速	中	中	強	強	○		中	易	易	強	○	○	関東では防風・防潮の生垣に多用される	
20	シロダモ	常	高	低	強	速	湿	中	陰		○	○	難	易	易	強	○		開花・結実が重なるため花と実を同時に鑑賞	
21	スダジイ	常	高	中	強	中	中	中	強	弱	○		易	易	易	強	○		大木になるが、刈込にも耐え生垣にも利用	
22	タイサンボク	常	高	中	強	速	中	陽	強	弱	○		難	中	中	弱	○		移植が難しく根回しが不可欠	
23	タブノキ	常	高	中	強	速	中	中	強	弱			難	易	易	強	○		大木になる	
24	ツバキ類	常	高	強	遅	中	陰	強	中	中	○	○	易	中	中	弱	○	○	多様な園芸品種。チャドクガによる被害	
25	ヒメユズリハ	常	高	低	強	中	陰	強			○	○	○	易	易	弱	○	○	ユズリハほど大きくならず庭木にされる	
26	フサアカシア	常	高		速	乾	陽	強	弱		○	○	中	易	中	強	○		別名ミモザ。風で倒れやすく剪定が必要	
27	ホルトノキ	常	高		遅						○	○	難	中	中	強	○		温暖地向き	
28	マテバシイ	常	高	中	強	速	中	陽	強	強	○		易	易	易	強	○	○	大気汚染に強く、防塵・防火などの生垣に利用。耐潮性強	
29	モチノキ	常	高	中	強	遅	中	陰	強		○	○	易	中	易	強	○	○	剪定や刈込に耐える	
30	モッコク	常	高	中	強	遅	中	陰	強	中	○	○	易	中	中	弱	○	○	庭木の定番。透かしや間引きなどの剪定。野鳥誘致	
31	ヤマモモ	常	高	高	強	遅	中	中	強	強	○		易	易	中	強	○	○	根に根粒菌が共生し窒素固定。果実は食用	
32	アオギリ	落	高	高	強	速	中	中	強	弱	○		易	易	中	強	○		大気汚染に強く緑陰樹や街路樹に多用	
33	アカシデ	落	高	中	中	速	中	弱			○	○	易	易	易	弱	○		自然樹形が美しい	
34	アキニレ	落	高	高	強	中	中	陽	強			○	易	易	易	強	○		大気汚染にも強い	
35	アメリカデイゴ	落	高			中	陽				○	○	中	易	強	○	○		温暖地向き。開花のため枝の切り戻しが重要	
36	イヌシデ	落	高	中	中	速	中	弱					易	易	易	弱	○		自然樹形が美しい。別名ソロ	
37	イロハモミジ	落	高	中	弱	速	中	陽	弱		○	○	○	易	中	中	中	○	○	自然樹形が美しい
38	エゴノキ	落	高	高	弱	速	中	陰	強		○	○	中	易	易	弱	○	○	自然樹形が美しい	
39	エノキ	落	高	高	弱	速	中	陽	強		○		強	中	易	強	○		大木になる。昔、一里塚として植栽されていた	
40	エンジュ	落	高	中	中	速	中	陽	中	弱	○	○	中	中	中	強	○		大気汚染に比較的強く街路樹・公園樹に多用	
41	オニグルミ	落	高	強	速	湿	陰	中			○		難	易	弱				日当たりと冷涼な気候を好む	
42	カキノキ	落	高	高	弱	速	中	陽	強		○	○	難	易	易	強	○		枝先に結実するため剪定に注意が必要	
43	カシワ	落	高	中	中	速	湿	陽	強	強	○	○	難	中	難	弱	○		潮風に耐え防風林に利用	
44	カロリナポプラ	落	高	強	速	湿	陽	強	強		○	○	難	中	中	強	○		強健で都市環境にも育つが、風倒しやすい	

45	キリ	落	高	高	弱	速	中	陽	中				○		中	中	中	弱	○			成長が速いため、植栽場所に要注意
46	クヌギ	落	高	高	中	速	中	陽	中				○		中	易	易	弱	○			強健で成長が速く手間もかからない
47	クリ	落	高	中	弱	速	中	陽	強	強			○		難	中	易	弱	○			根に根粒菌が共生するため瘠せ地でも可
48	ケヤキ	落	高	高	弱	速	中	陽	弱	強	弱				易	中	易	強	○	○		大気汚染に弱く、かつて生物指標として利用
49	コナラ	落	高	中	強	速	乾	陽	弱	強			○		中	易	易	弱	○	○		自然樹形が美しい。雑木林の構成種。株立ちあり
50	コブシ	落	高	中	弱	速	湿	中	中				○		難	易	易	弱	○	○		自然樹形で育てる。早春に咲き人気がある
51	ヤエザクラ類	落	高	中	中	速	中	陽	弱				○		難	中	易	弱	○			サクラ類は大気汚染に弱い。成長が速いことに注意
52	サルスベリ	落	高	高	中	中	乾	陽	強	弱			○		易	中	中	強	○	○		花つきをよくするためにその年の枝を切り戻す
53	シダレザクラ	落	高	高		速	中	陽	弱	弱			○		難	中	易	弱				アメリカシロヒトリなどの病害虫被害に注意
54	シダレヤナギ	落	高			速	湿	陰	強	弱	強			○	中	易	中	強	○			きれいな樹形を保つには毎年強剪定する
55	シラカンバ	落	高		中	速	湿	陽	弱	弱	強			○	中	中	中	弱	○	○		寒冷地向き。自然樹形が美しい。テッポウムシ被害
56	シンジュ	落	高	高	強	速	中	陽	中				○	易	中	易	中	○				中国原産。別名ニワウルシ
57	スズカケノキ	落	高	中	強	速	中	陽	中	弱			○		易	中	中	強	○			強風で倒れやすい。別名プラタナス
58	センダン	落	高	高	中	速	湿	陽	中				○		弱	中	中	弱	○			温暖地向き。自然樹形が美しい
59	ソメイヨシノ	落	高	中	弱	速	中	陽	弱				○	○	難	易	難	弱	○	○		自然樹形が美しい。寿命が短い。成長が速い
60	タイワンフウ	落	高			速							○	○		中	中	弱	○			街路樹や公園木として植栽
61	トウカエデ	落	高	中	強	速	中	陽	中				○	○	易	易	易	強	○			大気汚染に強く、街路樹や公園木として利用
62	トチノキ	落	高	中	中	速	湿	陰	中		弱		○	○	難	易	中	中	○			山野の溪谷沿いに自生。自然樹形が美しい
63	ナツツバキ	落	高		中	速	中	中	中	中			○	○	中	易	易	弱	○	○		自然樹形が美しい。乾燥にやや弱い
64	ナナカマド	落	高		強	遅	中	中	中		中		○	○	中	易	中	弱	○			自然樹形が美しい。寒冷地向き
65	ナンキンハゼ	落	高	高	中	速	湿	陽	強	強			○	○	中	易	中	強	○	○		街路樹や公園木として植栽。成長が速いため強度剪定が必要
66	ニセアカシア	落	高	高	強	速	乾	陽	中	弱	強			○	易	易	中	強	○			風倒ししやすい。河川敷での分布拡大が問題
67	ハクモクレン	落	高	中	弱	速	中	中	中				○		難	易	易	弱	○	○		シモクレンと異なり大木になるので注意
68	ハルニレ	落	高	高	弱	速	中	陽	強				○		易	中	中	弱	○			街路樹や公園木に利用され、大木になる
69	ハンノキ	落	高	中	中	速	湿	陽	中				○		易	易	易	強	○			湿潤地に自生するが、乾燥にも耐える
70	プラタナス類	落	高	中	強	速	中	陽	中	弱			○	○	易	中	中	強	○			大気汚染に強く街路樹や公園木に利用される
71	ベニスモモ	落	高			中		陽					○	○					○			樹高2～3m程度の耐寒性のサクラ
72	ポプラ類	落	高	高	中	速		陽		弱					難	中	中	強	○			成長が速いため大木になり、風倒ししやすい。浅根性
73	ミズキ	落	高	高	弱	速	湿	陽	中				○		中	易	難	強	○			湿潤な山腹斜面に自生。枝が水平に広がる
74	ムクノキ	落	高	高	弱	速	中	陽	強				○		易	易	難	強	○			河川沿いの湿潤地に自生。公園木にも利用
75	モミジバズカケノキ	落	高	中	強	速	中	陽	中				○	○	易	中	易	強	○			大木になり、街路樹や公園木に利用される
76	モミジバフウ	落	高	中	強	速	中	陽	中				○	○	易	易	易	中	○			大木になり、街路樹や公園木に利用される
77	モモ	落	高	高	弱	速	中	陽	強				○	○	易	易	易	強	○			過湿を極端に嫌うため、水はけのよい場所
78	ヤチダモ	落	高		中	速	湿	中	中						易	易	強	○				河畔林など湿潤で日当たりのよい場所
79	ヤマザクラ	落	高	中	弱	速	中	陽	弱				○	○	難	中	易	弱	○			大気汚染に弱い。枝張りが広がることに注意
80	ヤマモミジ	落	高	中	弱	速	湿	中	弱				○	○	易	中	易	弱	○	○		自然樹形が美しい
81	ユズリハ	常	高	低	強	遅	湿	陰	強				○		難	易	難	弱	○	○		大気汚染や潮風に強い
82	ユリノキ	落	高	高	強	速	中	陽	中	弱			○	○	難	易	中	弱	○			成長が速いため、植栽場所に要注意
83	リョウブ	落	高	中	弱	速	中	陽	中				○		易	易	易	強	○			庭木や街路樹に利用できる。西日を嫌う
84	イチイ	常	中		中	遅	中	陰	中		弱		○	○	難	中	中	強	○	○		刈込みに強い生垣に利用
85	トベラ	常	中		強	速	中	陰	強				○	○	易	中	易	強	○	○		潮風や大気汚染に強い。海岸地域に自生
86	ネズミモチ	常	中	中	強	速	中	陰	強				○		易	易	中	強	○	○		大気汚染に強く強健で刈込みに耐える。野鳥誘致
87	マサキ	常	中	高	強	速	中	陰	強				○	○	易	中	中	強	○	○		大気汚染や潮風に強く生垣に利用。ウドンコ病発生
88	イヌツゲ	常	中	中	強	遅	中	陰	強				○		易	易	易	強	○	○		萌芽力が強く刈込に耐え、生垣に利用。野鳥誘致
89	オリーブ	常	中			速	乾	陽	強				○	○	難	中	中	強	○	○		寒さに弱く、暖地向き。やや乾燥を好む
90	キョウチクトウ	常	中		強	速	乾	陽	強				○		難	易	易	中	○			大気汚染に強く、工場緑化や道路緑化に適す
91	キンモクセイ	常	中			中	中	陰	弱				○		易	中	易	強	○	○		大気汚染に弱く、かつて生物指標に利用
92	サザンカ	常	中	低	強	遅	中	陰	強				○		易	中	易	強	○	○		古くから庭木や生垣に利用。チャドクガ発生
93	トウオガタマ	常	中			速	中	中					○		難	易	易	弱	○	○		温暖地向き。別名カラタネオガタマ
94	トウジュロ	常	中			遅	中	陰	強				○			易	弱	○				耐陰性が強く日陰でも育つ。中国原産
95	トウネズミモチ	常	中	低	強	速	中	陰	強				○		易	易	易	強	○	○		鳥散布により分布域が拡大している。野鳥誘致
96	ヒイラギ	常	中	低	強	遅	中	陰	強				○	○	難	易	中	強	○	○		庭木や生垣として利用。芳香を楽しめる。
97	ヒイラギモクセイ	常	中	低	強	中	湿	陰	強				○		易	易	易	強	○	○		庭木や生垣として利用。芳香を楽しめる。

98	ヒサカキ	常	中	低	強	遅	中	陰	強				○	○	易	中	易	強	○	○	日陰に耐え成長も遅いため庭木・生垣に利用。野鳥誘致		
99	ヤブツバキ	常	中	低	強	遅	中	陰	強				○	○	中	中	易	弱	○	○	古くから親しまれている花木で園芸品種が多い		
100	レッドロビン	常	中			速	中	中	強					○	中	易	易	強	○	○	新葉が紅く美しい。別名ベニカナメモチ		
101	ウメ	落	中	中	弱	遅	中	陽	強				○	○	易	中	易	強	○	○	多様な園芸品種。剪定のタイミングが重要		
102	シデコブシ	落	中	高	弱	速	湿	中	中					○	難	易	易	弱		○	日当たりのよい湿潤地を好む		
103	シモクレン	落	中	中	弱	速	湿	陽	中					○	難	中	易	弱	○	○	樹高は3～4mでハクモクレンほど大きくならない		
104	ニワトコ	落	中	高	強	速	湿	中	中				○	○	易	中	難	強	○	○	日当たりのよい湿潤地を好む		
105	ハナズオウ	落	中	高	弱	速	中	陽						○	難	易	易	弱	○	○	根に根粒菌が共生し瘠せ地にも耐える		
106	ハナミズキ	落	中			速	中	陽					○	○	○	易	易	弱	○	○	大きくなり過ぎないため近年多用されている		
107	ヒメシャラ	落	中			速	中	陰	中		弱			○	○	難	中	弱	○	○	自然樹形が美しい。乾燥を嫌う		
108	マユミ	落	中	高	強	速	湿	陽	中					○	○	易	易	中	○	○	自然樹形が美しい		
109	ライラック	落	中			速	中	中						○			易		○	○	別名ムラサキハシドイ。暑さに弱く寒冷地向き。芳香あり		
110	アオキ	常	低	低	強	速	乾	陰	強				○	○	易	易	弱	○	○	○	耐陰性がとくに強く、日陰でも生育できる		
111	アセビ	常	低	低	強	遅	乾	陰	中					○	易	中	易	強	○	○	日当たりのよい場所を好み、水切れに注意		
112	アベリア	常	低	中	強	速	中	中	中					○	易	易	易	強	○	○	大気汚染に強く強靱で、道路緑化にも多用		
113	オオムラサキツツジ	常	低	高	強	速	中	陽	中					○	易	易	易	強	○	○	剪定に耐えるため生垣に利用。花後に刈込み		
114	タチカンツバキ	常	低			遅	中	陰	強					○	易	易	易	強	○	○	サザンカに比べて枝が横に広がるのが特徴		
115	クチナシ	常	低		強	速	中	陰	中					○	○	難	中	易	弱	○	○	オオスカシバによる被害が多い	
116	コトネアスター	常	低			速	乾	陽						○	○	○	中	易	易	強	○	○	別名ベニシタン。枝の伸び方にタイプあり。野鳥誘致
117	サツキ	常	低	中	強	速	中	陽	中					○	○	易	中	易	強	○	○	刈込に強く盆栽にも多用されている。河岸の岩上に自生	
118	シャリンバイ	常	低	中	強	遅	中	中	強					○	○	難	易	易	弱	○	○	大気汚染に強く道路の中央分離帯に多用	
119	ジンチョウゲ	常	低		強	遅	乾	陰	中					○	難	中	中	弱	○	○	耐陰性・耐乾性に強く日陰でも生育できる。芳香あり		
120	タマイブキ	常	低			速	陽	強						○	難	中	易	弱	○	○	ビャクシンの園芸品種。丸く玉状に仕立てる		
121	チャノキ	常	低	中	強	速	中	中	強					○	○	難	中	易	強	○	○	萌芽力が強く生垣に利用。チャドクガの被害	
122	ツゲ	常	低		強	遅	中	中	強		弱			○	○	難	中	強	○	○	剪定に耐え、生垣や刈込に利用		
123	ドワーフコニファー類	常	低			遅	乾	陽						○		易	易		○	○	矮性針葉樹類の総称		
124	ナギイカダ	常	低			遅	乾	陰						○	○	○	難	易	弱	○	○	葉に鋭い棘あり	
125	ナンテン	常	低	中	遅	湿	陰	中						○	○	○	易	中	中	弱	○	○	若いうちは放任、成長し込み入ったら間引く。野鳥誘致
126	ハクチョウゲ	常	低			速	中							○	易	易	易	強	○	○	強靱で萌芽力もあるため生垣に適する		
127	ハマヒサカキ	常	低	低	強	遅	中	陰	強					○	○	易	易	易	中	○	○	強靱で潮風や乾燥にも強く刈込にも耐える	
128	ヒイラギナンテン	常	低	低	強	遅	乾	陰						○	○	○	易	易	弱	○	○	耐陰性に強く日陰でも生育できる。芳香あり	
129	ピラカンサ	常	低		強	速	中	中	中					○	○	難	易	易	強	○	○	別名タチバナモドキ。野鳥誘致効果が大きい。棘あり	
130	ヒラドツツジ	常	低	中	強	遅	乾	中	弱					○	易	中	易	強	○	○	玉造や生垣に利用。道路緑化に多用		
131	フッキソウ	常	低				中	陰						○					○	○	湿りを好む地被植物		
132	マルバシャリンバイ	常	低	中	強	遅	中	中	強					○	○	難	易	易	弱	○	○	大気汚染に強く道路の中央分離帯に多用	
133	ヤツデ	常	低	中	強	遅	中	陰	強					○	○	易	易	易	弱	○	○	縁起木として玄関先に植栽される	
134	ヤマツツジ	常	低	中	中	中	中	陽	中					○	易	中	中	強	○	○	仲間が多く、クルマツツジは園芸品種		
135	アジサイ類	落	低			速	湿	陰	強					○	易	易	易	強	○	○	丈夫で育てやすく多くの品種がある		
136	イボタノキ	落	低			速	乾	中	中	強				○	易	易	易	強	○	○	山地に自生。萌芽力が強く生垣に適する		
137	ウツギ	落	低		強	速	湿	陰	中	強	強			○	易	易	易	強	○	○	瘠せ地にも耐える		
138	ウメモドキ	落	低	中	弱	速	中	陽	中					○	○	易	易	易	強	○	○	自然樹形が美しい。日当たりのよい湿潤地。野鳥誘致	
139	オオデマリ	落	低	中	中	遅	中	中						○	易	易	易	中	○	○	成長が遅く萌芽力も弱いため剪定は軽度		
140	コデマリ	落	低			速	中	中						○	易	易	易	中	○	○	株立ち。風通しが悪いとカイガラムシが発生		
141	タニウツギ	落	低		強	速	湿	陽	中					○	易	易	易	強	○	○	山地の溪流の湿潤地に自生		
142	ドウダンツツジ	落	低			中	中	陽	弱					○	○	易	易	易	強	○	○	刈込に耐え整形しやすい。紅葉が美しい	
143	トサミズキ	落	低	高	弱	速	中	中	中					○	易	易	易	弱	○	○	四国の蛇紋岩地帯に自生。切り戻し剪定		
144	ニシキギ	落	低	高	弱	速	中	陰	中					○	○	易	中	易	強	○	○	枝に着いているコルク質の「翼」が特徴。紅葉が美しい	
145	ハコネウツギ	落	低	高	強	速	湿	陽	強					○	易	易	易	強	○	○	水はけがよく肥沃な土壌を好む。株立ち状で強健		
146	ハマナス	落	低			速	中	陰	強	中				○	○	易	易	易	弱	○	○	耐寒性は非常に強いが夏の高温多湿が苦手。海岸に自生	

147	ヒュウガミズキ	落	低	高	弱	速	中	中	中					○		易	易	易	弱	○		自然樹形が美しいが、刈込みによる整形も可	
148	ミツマタ	落	低			速	中	陰						○		難	中	易	弱	○		日当たりと水はけのよい適潤地。和紙の原料	
149	ミヤギノハギ	落	低		中	速	中	陽	中		強			○		易	中	易	強	○		日当たりと水はけのよい場所。根元で剪定	
150	ムクゲ	落	低	高	強	速	湿	陽	中					○		易	易	易	強	○		強靱な樹種で管理に手間がかからない。花期が長い	
151	ムラサキシキブ	落	低			速	中	陰	強				○			易	易	易	中	○	○	冬の間に切り戻しを行う。ほかにコムラサキあり	
152	ヤマハギ	落	低	高		速	中	陽	弱		強			○		易	中	易	強	○		山腹工や法面緑化に多用される	
153	ヤマブキ	落	低		中	速	湿	中	中					○		易	易	易	強	○		山野に自生。乾燥を好まない	
154	ユキヤナギ	落	低		強	速	中	中	中					○	○	易	中	易	強	○	○	密生すると病虫害が発生するため間引く。株立ち状	
155	レンギョウ	落	低	高	強	速	中	陽	中					○		易	中	易	強	○	○	強靱な樹種で管理に手間がかからない。株立ち状	
156	ロウバイ	落	低			速	中	中						○		難	中	易	強	○	○	移植は困難で植栽は落葉時期に行う	
157	クマザサ	常	笹				中	陰						○		易	易	易	強	○		適潤な場所を好み日陰でも生育する	
158	クロチク	常	竹				中	陰						○				易	強	○		適潤な日当たりのよい場所を好む	
159	トウチク	常	竹				中	陰						○				易	強	○		別名ダイミョウチク。寒さに弱い	
160	ナリヒラダケ	常	竹				中	陰						○		易	易	易	強	○		「業平竹」の名称が姿形がよいことから命名	
161	オカメザサ	常	笹		強		乾	陰	強					○		易		中	強	○	○	適潤な場所を好み日向でも日陰でも育つ	
162	コグマザサ	常	笹				中	陰	強					○		易		中	強	○	○	クマザサの矮性品種であり大きくならない	
163	モウソウチク	常	竹			速	中	陰						○		易	易	易	強			大きくなった竹は根が張り扱いづらく要注意	
164	オオイタビ	常	蔓			遅	中	陰	強				○	○		易	中	強	○	○		気根による吸着タイプ	
165	クレマチス類	落	蔓				中	陽						○		易	中	易	強	○	○	多品種。テッセン・カザグルマなどの日本産もこの仲間	
166	サネカズラ	常	蔓			速	中	陰					○	○	○	易	易		強		○	巻き付きタイプ。別名ビナンカズラ。下部が透けやすい	
167	ジャスミン類	常	蔓				中	陽						○	○	易	中	易	強	○	○	巻き付きタイプ。ハゴロモジャスミン、カラライナジャスミンなど	
168	ツキヌキニンドウ	常	蔓			速	中	陽						○	○	易	易	中	弱	○	○	巻き付きタイプ。名称は茎が葉真中から突き抜けるため	
169	ヘデラ類	常	蔓		強	速	乾	陰	強		中			○		易	易	易	強	○	○	吸着根タイプ。別名アイビー、セイヨウキヅタ	
170	ムベ	常	蔓			速	中	陰					○	○	○	易	易	中	強	○	○	巻き付きタイプ。日当たりがよく適潤な土壌を好む	
171	トケイソウ	半	蔓			速	中	陰					○	○	○		中	易	中	○	○	多品種・栽培品種。巻きひげタイプ。実は食用	
172	アケビ	落	蔓			速	乾	中						○	○	○	難	中	易	強		○	巻き付きタイプ。果実は食用
173	ノウゼンカズラ	落	蔓			速	中	陽						○		易	易	易	強	○	○	気根による吸着タイプ。地表をはわせるると根が出やすい	
174	ツタ	落	蔓		強	速	中	陰	強					○		易	易	難	強	○	○	吸盤と巻きひげで登はんするタイプ。落葉。別名ナツツタ	
175	ツルバラ類	落	蔓				中	陽	弱					○		易	易	易	強		○	寄りかかりタイプ。自ら絡みつかないため誘引が必要	
176	キヅタ	常	蔓		強	遅	中	陰	強					○		易	易	易	強	○	○	常緑。別名フユツタ。山野に自生	
177	フジ	落	蔓			速	中	陽						○	○	易	易	易	強	○	○	巻き付きタイプ。棚仕立て。ノダフジ系とヤマフジ系	
178	スイカズラ	常	蔓			速	中	陽	強					○	○	易	易	易	強	○	○	巻き付きタイプ。芳香性。上部で繁茂し下部で透けやすい	
179	テイカカズラ	常	蔓			遅	中	陽	強					○	○	易	易	易	強	○	○	気根による吸着タイプ。山野の林床に自生	
180	アイビーゼラニウム	常	多				乾	陽		中				○	○	易	中	易	強	○		成長すると下垂。支柱やフェンスに誘引。吊り鉢に向く	
181	アカンサス	常	多				乾	陰	強					○	○	易	易	易		○		排水のよい土壌を好む	
182	キチジョウソウ	常	多				中	陰						○	○	○	易	易	易		○	林内に自生。ヤブランに似る	
183	シャガ	常	多				中	陰						○	○	易	易	易		○		人里近くの林内に自生。明るい日陰地を好む	
184	ジャノヒゲ	常	多				乾	陰	強					○	○	○	易	易	易		○	別名リュウノヒゲ。似たものにノシランがある。密に生育	
185	ゼラニウム	常	多				乾	陽						○	○	易	中	易	強	○		過湿や高温に弱い。伸びすぎたら切り戻す。花期が長い	
186	タツタナデシコ	常	多				乾	陽	強	中				○	○	易	易	易		○		ナデシコの仲間を総称してダイアンサスと呼ぶ	
187	ツワブキ	常	多				乾	陰	強					○	○	易	易	易		○		海岸付近に自生。明るい日陰を好む	
188	ディモルフオセカ	常	多				中	陽						○		易	易	易		○		日当たりのよい適潤地を好む	
189	パーベナ	常	多				中	陽		中				○	○	易	易	易		○		茎が立ち上がるもの・匍匐するもの。花期が長い	

190	ペゴニア類	常多			中陽			弱	○	○	易	易	易	強	○	ペゴニア・センパフローレンスなど。ペランダなど
191	マツバギク	常多			乾陽		強強		○	○	易	易	易		○	日当たりのよい乾燥しやすい瘠せ地
192	ヤブラン	常多			中陰		強中		○	○	易	易	易		○	山野の林床に自生する
193	カンナ	落多			中陽				○	○	易	易	易		○	寒さに弱い
194	シラン	落多			中陰		中		○	○	易	易	易		○	日当たりのよい場所を好む。栽培品が逸出。西日を避ける
195	ダリア	落多			中陽				○		易	中	易		○	球根を分球して増やす
196	インパチェンス	／	1		中陰				○		易	易	易		○	高温多湿を好むが、夏の直射日光は避ける。花期が長い
197	サルビア類	／	1		中陽				○		易	易	易		○	サルビア属には多様な種・品種がある。ペランダなど
198	ハナスベリヒユ	／	1		中陽				○	○	易	易	易		○	別名ボーチュラカ
199	ベチュニア	／	1		中陽				○		易	易	易		○	多様な品種がある
200	コウライシバ	／	芝		乾陽		中強		○		易	中	易	強	○	匍匐茎で拡大。維持管理に手間を要す。冬季は枯れる

凡例

○種別（常緑／落葉）：

常：常緑樹，落：落葉樹

○種別（高木／中木／低木）：

高：高木，中：中木，低：低木，竹：竹類，笹：笹類，蔓：ツル植物，多：多年生草本，1：一年生草本

○大気浄化能力：大気浄化能力の高いものから高・中・低に3区分

○大気汚染抵抗性：大気汚染に対して強いものから強・中・弱に3区分

○成長度：成長速度の速いものから速・中・遅に3区分

○耐乾性：乾燥を好むもしくは乾燥に耐えられるなど乾燥に強いものから強・中・弱に3区分

○耐陰性：日陰を好むもしくは日陰に耐えられるなど日陰に強いものから陰・中・陽に3区分

○耐潮性：潮風に対する耐性の強いものから強・中・弱に3区分

○耐風性：強風でも倒れにくいなど風の物理的影響に対して強いものから強・中・弱に3区分

○耐瘦地性：土壌養分の要求度との関係から比較的養分の不足に耐えられるものから強・中・弱に3区分

○鑑賞性（実）：果実が美しいもの・面白いもの，食用や野鳥誘致に有利なもの

○鑑賞性（花）：花が美しいもの

○鑑賞性（葉）：紅葉や芽だしの頃の葉の色が美しいもの，葉の形が面白いもの

○移植難易度：移植が容易なものから易・中・難に3区分

○管理難易度：日常的な維持管理が容易なものから易・中・難に3区分

○調達難易度：苗木や成木の購入・兆冊が容易なものから易・中・難に3区分

○耐剪定性：萌芽力が強く強度の刈込に耐えられるものから強・中・弱に3区分

○用途（道路緑化）：道路緑化によく用いられるもの

○用途（屋上／ペランダ緑化）：屋上，ペランダ，テラスなど，建築空間の緑化によく用いられているもの

○用途（壁面緑化）：都市建築空間のうち壁面などの緑化によく用いられるもの

●本資料は、下記の文献をもとに大原正之が作成した。

相賀 徹編著（1990）：園芸植物大辞典1～6，小学館。

飯島 亮，安俊比古（1974）：庭木と緑化樹1・2，誠文堂新光社。

上原敬二（1961）：樹木大図説I・II・III，有明書房。

上原敬二（2012）：樹木ガイドブック，朝倉書店。

小沢知雄・近藤三雄（1987）：グランドカバープランツ—地被植物による緑化ハンドブック，誠文堂新光社。

荻住 昇（1979）：樹木根系図説，誠文堂新光社。

環境庁大気保全局大気規制課監修・大気環境に関する緑地機能検討会（1989）：大気浄化植樹指針—緑のインビテーション，第一法規出版

公害健康被害補償予防協会（1995）：大気浄化植樹マニュアル—きれいな大気をとるもどすために。

建設省道路局企画課道路環境対策室監修，社団法人道路緑化保全協会編集（1997）：道路の樹木，社団法人道路緑化保全協会。

国土交通省国土技術政策総合研究所緑化生態研究室（2009）：わが国の街路樹IV，国総研資料，第506号。

講談社編（2006）：都市空間を多彩に創造する屋上緑化&壁面緑化，講談社。

日経アーキテクチャ編（2009）：建築緑化入門—屋上緑化・壁面緑化・室内緑化を極める！，日経BP社。

日本公園緑地協会（1975）：造園施工管理 技術編，社団法人日本公園緑地協会。

日本緑化センター（1976）：工場緑化ハンドブック。

藤沼康実，町田 孝，岡野邦夫，名取俊樹，戸塚 績（1985）：大気浄化植物の検索—広葉樹における葉面拡散抵抗特性の種間差異，国立公害研究所研究報告，第82号，13-28。

林業試験場（1971）：保健保全林—その機能・造成・管理，林業試験場研究報告，第239号。

出典）戸塚績編著（2013）：みどりによる環境改善—大気・水・土壌の環境浄化—，朝倉書店

大気浄化植樹 マニュアル

2014年度改訂版

発行日：平成 7年 3月 第1版
平成12年 3月 第2版 第1刷
平成15年 3月 第2刷
平成16年 8月 第3刷
平成17年12月 第4刷
平成18年 8月 第5刷
平成27年 1月 第3版

企画・編集：株式会社プレック研究所

発行：独立行政法人環境再生保全機構 予防事業部
〒212-8554
神奈川県川崎市幸区大宮町1310
ミュージア川崎セントラルタワー8階
TEL 044-520-9572

印刷：株式会社DMI

独立行政法人
環境再生保全機構



この冊子は、再生紙を使用し、環境にやさしい植物性大豆油インキで印刷しています。

リサイクル適性 (A)

この印刷物は、印刷用の紙へリサイクルできます。