

第9章

東京都区部における緑地面積が大気汚染に与える影響

八巻 璃咲

要約

緑地の増加は、国内外の研究から大気汚染物質の減少に有効であると考えられている。しかし、既存研究では、地域単位のデータを用いて緑地の増加が大気汚染に与える影響を実証的に検討したものが少ない上に、網羅的な大気汚染物質への影響は明らかにされておらず疑問も残る。そこで、本稿は、日本の東京都区部を事例として、長期的・網羅的な観点から、緑地と大気汚染物質の関連を明らかにすることを試みる。具体的には、1986年から2021年までの区部別・大気汚染物質別のパネルデータを構築した上で、緑地が大気汚染物質に与える影響を検証した。分析結果からは、緑地の増加が温室効果ガスである CH₄、及び光化学スモッグの原因となる OX を生成する成分となる THC を減少させることが明らかになった。緑地の増加が特定の大気汚染物質の抑制において政策的な重要性を有すると考えられる。

1. はじめに

近年、大気汚染が世界的に問題視されている。WHOによると、屋内外の大気汚染の複合的な影響によって毎年 670 万人が早期に死亡していることが明らかになっている¹。これらの早期死亡は低・中所得国に集中しているものの、2019 年時点で世界の 99%の人口が WHO の定める大気質ガイドラインの基準を満たさない場所に住んでいるとされる²。このように世界的に大気汚染による健康被害が問題となっている。

一方、日本は環境省が設定する環境基準の達成率という意味では、多くの大気汚染物質が環境基準を満たしているものの、光化学オキシダント (OX) などのいくつかの物質汚染がやはり問題化している。たとえば、環境省の令和 4 年度の観測結果では、微小粒子状物質 (PM_{2.5})、二酸化硫黄 (SO₂)、二酸化窒素 (NO₂)、浮遊粒子状物質 (SPM)、一酸化炭素 (CO)

¹ [https://www.who.int/news-room/fact-sheets/detail/ambient-\(outdoor\)-air-quality-and-health](https://www.who.int/news-room/fact-sheets/detail/ambient-(outdoor)-air-quality-and-health) (2024 年 11 月 17 日)。

² [https://www.who.int/news-room/fact-sheets/detail/ambient-\(outdoor\)-air-quality-and-health](https://www.who.int/news-room/fact-sheets/detail/ambient-(outdoor)-air-quality-and-health) (2024 年 11 月 17 日)。

のすべての物質が、ほぼすべての一般局・自排局で環境基準を達成しているが、OX については、一般局で 0.1%、自排局では 0%の達成率に留まっている³。OX 注意報発令レベルの超過割合が多い地域における OX の濃度は長期的には減少傾向にあるが、令和 3 年度と比較して発令延べ日数は微増している⁴。最大都市である東京都における状況も同様の傾向である⁵。OX はいわゆる光化学スモッグの原因物質であり、高濃度になると粘膜を刺激し、呼吸器に影響を与えるほか、農作物等への影響も明らかにされている⁶。このように光化学スモッグなどの特定の大気汚染は、日本においても問題になっている。

大気汚染物質を減少させる解決策の一つとして、緑地の存在があげられる。まず、ガス状の大気汚染物質は、植物の葉の表面にある気孔に取り込まれ、葉の内部で細胞間の空間に拡散されることで、葉に永久に取り込まれる⁷。また、粒子状の大気汚染物質は、植物の表面に堆積することで一時的に除去される⁸。これらのメカニズムを通じて大気汚染物質は減少する。加えて、緑地はヒートアイランド現象の緩和においても効果的であると考えられている。ヒートアイランド現象は、都市部の上空の空気を暖め、大気汚染物質の拡散を妨げるダストドームを生じさせる原因の一つとなっており、緑地の増加は気温の低下を通じて、このようなメカニズムを抑制しうる。このように、緑地の増加は、直接的・間接的に大気汚染物質を減少させることが期待される。

国外においては、緑地面積の増加が、様々な大気汚染物質の減少を促すことが明らかにされている (Currie and Bass 2008; Jaafari et al. 2020; Taha et al. 2000)。しかし、日本で環境基準を達成していない OX と緑地面積の関係については検証されていないなど、網羅的な研究は行われていない。また、国内においては、緑地面積が NO₂ に与える影響や、葉面と大気汚染物質の吸着の関係についてなど、様々な研究が行われているものの (阪井 1987; 三澤 1981)、大気汚染の緩和において緑地の増加の重要性が叫ばれる中、緑地面積が大気汚染物質に与える影響に関する研究は少なく、実証研究に乏しい状況が続いてきた。

上記の問題意識から、本稿では、1986 年から 2021 年までの東京都 23 区別・大気汚染物質別のパネルデータを構築した上で、緑地面積が大気汚染物質に与える影響を明らかにする。本稿の分析結果からは、緑地の増加が温室効果ガスであるメタン (CH₄) と、光化学スモッグの原因となる OX を生成する成分となる全炭化水素 (THC) を減少させることが示された。これらの知見を踏まえると、緑地の増加が特定の大気汚染物質の減少を促すことに

³ https://www.env.go.jp/press/press_03287.html (2024 年 11 月 17 日)。

⁴ https://www.env.go.jp/press/press_03287.html (2024 年 11 月 17 日)。

⁵ 東京都においては、令和 5 年度の観測結果によると環境基準が設定されている 6 物質のうち 5 物質の PM_{2.5}・SO₂・NO₂・SPM・CO は一般局、自排局ともに 100%であったものの、日本の観測結果と同様に OX は一般局で 0%と達成率は低く、自排局では測定が行われていない。 <https://www.metro.tokyo.lg.jp/tosei/hodohappyo/press/2024/09/02/16.html> (2024 年 11 月 17 日)。

⁶ https://tenbou.nies.go.jp/download/explain_materials.html (2024 年 11 月 17 日)。

⁷ <https://www.nps.gov/articles/000/uerla-trees-air-pollution.htm> (2024 年 11 月 15 日)。

⁸ <https://www.nps.gov/articles/000/uerla-trees-air-pollution.htm> (2024 年 11 月 15 日)。

貢献するものと考えられる。

続く第 2 節では、大気汚染の影響と要因に関する先行研究を概観した後、第 3 節では、緑地率が大気汚染物質に与える影響について本稿の理論仮説を導出する。第 4 節では、データと分析方法を提示したのちに、第 5 節では、実際の分析結果について議論する。第 6 節では、本稿で得られた知見を踏まえて、東京都における緑地のあり方や今後の研究の課題について示唆を述べたい。

2. 先行研究

大気汚染物質は様々な影響を与える。例えば、OX は高濃度化することで光化学スモッグを発生させ、人体への影響とともに農作物への被害も与えている（中村・松中 1974）。SO₂・窒素酸化物（NO_x）による雨水の酸性化によって酸性雨が発生する（玉置 2000）。大気汚染物質による鉄の腐食促進や酸性雨による銅の腐食による文化遺産・文化財への影響が明らかにされている（古明地 1993）。SO₂などを総称した硫黄酸化物は呼吸機能や死亡率に及ぼす影響が明らかにされている（常俊 1989）。CO は温室効果ガスであるメタンの寿命を長くし、HC は光化学スモッグの原因だと考えられている（大野ほか 1997）。このように、大気汚染物質は人間の健康、植物、文化財に被害をもたらすと考えられる。

2-1. 大気汚染物質の発生要因

福井ほか（2014）によると、SO₂ は発電所と廃棄物焼却施設以外の工業部門を中心とする大規模燃焼が発生源である。OX は大気中の揮発性有機化合物（VOC）と NO_x の混合系が紫外線を受けることによる化学反応により生成される（石丸・小川 2004）。NO_x は高速道路や幹線道路に沿って濃度が高くなる傾向があることが明らかになっており、ディーゼル車の増加、化石燃料の消費など自動車や工場からの排出ガスが要因として示されている（大野ほか 1997; 水野谷・水飽 1998; 李ほか 2000）。SPM は工場や自動車の排出ガスに含まれる汚染物質であり、大気中の VOC が化学反応を起こし、反応性生成物が凝集することによって生成される（石丸・小川 2004; 李ほか 2000）。CO・PM_{2.5} は自動車が最も排出寄与の大きい発生源である（福井ほか 2014）。

2-2. 緑地と大気汚染物質の関連

先行研究では、実測調査やシミュレーションの手法を用いて、国内外で緑地と大気汚染物質との関連が明らかにされてきた。例えば、緑地のオゾン（O₃）への影響があげられる。Taha et al. (2000) は、米国で最もスモッグが多い地域とされるロサンゼルス盆地を対象と

して、大気質等のシミュレーションから、緑被率の増加が気候や大気質に与える影響を考察している。分析結果からは、緑被率の増加が、気温を減少させるとともに、O₃の露出量を減少させる可能性が示唆されている (Taha et al. 2000)。O₃は、OXの大部分を占める成分である⁹。したがって、O₃を減少させることで光化学スモッグの発生を緩和させることができると考えられる。

また、緑地のNO₂への影響も明らかにされている。田村ほか (1999) によると交通量の多い都心にあり規模の大きい公園を含む広範囲で実測調査を行ったところ、緑地率の高い地点では、相対的に夏季にNO₂濃度が低くなる傾向が見られたが、明確な関係が見られていないと述べている。一方で、阪井 (1987) は、夏季において道路緑化がNO₂の削減に対して有効な手段であることを明らかにしている。加えて、自動車排出ガスの拡散防止¹⁰の面でも有効な機能を果たすことが指摘されている。

その他にも、多様な大気汚染物質との関連が研究されている。三澤 (1981) によると、葉面による粉塵吸着量は群葉近傍の粉塵濃度及び暴露期間にほぼ直線的に相関することが示されている。国内の研究にとどまらず、国外における研究も数多く存在する。フランスのストラスブール市内の公共緑地の樹木は1年間に約88トンの汚染物質を除去していると推計される (Selmi et al. 2016)。特にPM₁₀¹¹を約7%削減することがわかっているが、他の大気汚染物質への影響は小さいと考えられている (Selmi et al. 2016)。トロント市街地の屋上・壁面緑化の大気汚染削減効果を調査した研究では、樹木、低木、緑の屋根、壁面緑化がNO₂・O₃・PM₁₀・SO₂の汚染除去割合を高めることが明らかになっている (Currie and Bass 2008)。また、テヘランを対象とした研究でも、緑地はCO・NO₂・O₃・PM₁₀・PM_{2.5}・SO₂による大気汚染を緩和させる統計的に有意な効果が示されている (Jaafari et al. 2020)。

このように先行研究では、大気汚染物質の影響・要因、及び緑地の大気浄化効果が明らかにされている。しかし、多くの研究が緑地と大気汚染物質の短期的な空間的相関に注目する傾向があり、緑地の長期的な変化を捉えた研究は少ない。本稿は、世界有数の都市領域である東京都区部に注目して、区の緑地の長期的変化と大気汚染物質の関連を検証する。次節では、先行研究で得られた多くの知見をもとに、東京都都区部における緑地が大気汚染物質に与える影響を理論的に検討する。

3. 理論仮説

先行研究では、各種の実測調査・シミュレーション研究から、樹木、屋上緑地、壁面緑地

⁹ <https://www.env.go.jp/council/06earth/y060-kondan01/ref05.pdf> (2024年11月14日)。

¹⁰ 拡散とは、障害物としての植物により汚染質が広がり希釈され汚染質濃度を低下させる効果があるが、全体の総量は減少しないことを指す (阪井 1987)。

¹¹ 捕集効率が50%となる空気力学径が10 μ mとなる粒子。 <https://www.nies.go.jp/kanko/news/20/20-5/20-5-05.html> (2024年12月2日)。

などの緑化により大気汚染物質が減少することがわかっている (Selmi et al. 2016; Currie and Bass 2008)。これらの効果は大気汚染物質の形状によってそのメカニズムが異なっている。まず、SO₂・NO₂・CO・O₃などのガス状の大気汚染物質は植物の葉の表面にある気孔が有害な汚染物質を取り込み、葉の内部で細胞間の空間に拡散されることで、植物の葉に永久的に取り込まれる¹²。一方、PM_{2.5}などの粒子状の大気汚染物質は植物の表面に堆積することで一時的に除去される¹³。ガス状の大気汚染物質は大気中に再浮遊したり、雨によって流出物に溶解されたり、土壌に移行されたりするため、植物は一時的な滞留場所として考えられている¹⁴。このようなメカニズムで緑地が大気汚染物質を減少させることが明らかになっている。

加えて、ヒートアイランド現象も大気汚染を引き起こす一つの要因だと考えられている。都市のヒートアイランドは、逆転層という壁で包まれたドーム構造をしているため、ドームの中で排出された汚染物質は内部を循環し、ドーム外に出られない状態が続くことで大気汚染が進行する (三上 2006)。ヒートアイランド現象の主な原因は人口排熱の増加、地表面被覆の人工化、都市形態の高密度化だとされる (鍵屋・足永 2013)。その緩和効果の一つとして緑化の推進があげられる¹⁵。具体的に緑が果たす役割としては冷涼な空気のかたまりの形成、冷涼な空気の移動のスムーズ化などがあげられる¹⁶。

したがって、緑化が大気汚染物質を吸収するという直接的効果と気温を低下させることでダストドームによる大気汚染物質の充満を抑制するという間接的効果の両方のメカニズムを通じて、大気汚染を緩和する効果がある。よって、以下の仮説が導出できる。

仮説 東京都区部において緑地率が増加するほど、大気汚染物質が減少する。

4. データと方法

4-1. データ

上記の理論仮説を検証するために、「大気汚染常時監視データ¹⁷」に基づき、1986年から2021年まで1年ごとに計測された大気汚染物質別及び東京都区部別のパネルデータを構築した。

¹² <https://www.nps.gov/articles/000/uerla-trees-air-pollution.htm> (2024年11月15日)。

¹³ <https://www.nps.gov/articles/000/uerla-trees-air-pollution.htm> (2024年11月15日)。

¹⁴ <https://www.nps.gov/articles/000/uerla-trees-air-pollution.htm> (2024年11月15日)。

¹⁵ <https://www.mlit.go.jp/kisha/kisha03/04/040625/01.pdf> (2024年11月12日)。

¹⁶ <https://www.mlit.go.jp/kisha/kisha03/04/040625/01.pdf> (2024年11月12日)。

¹⁷ 「国立環境研究所 環境展望台 月間値・年間値データファイル」を用いた。
<https://tenbou.nies.go.jp/download/> (2024年11月12日)。

まず、本稿の分析に用いる従属変数は、国立環境研究所の環境展望台で月別・測定局別に観測されている 11 種類の大気汚染物質観測データを用いる。具体的には、SO₂・OX・NO₂・NOX・CO・一酸化窒素 (NO)・非メタン炭化水素 (NMHC)・CH₄・THC・SPM・PM_{2.5} の 11 種類の大気汚染物質である。この観測データを測定局の所在地の区部ごと、大気汚染

表 1 変数説明

変数名	変数説明	出典
大気汚染物質月別平均値	区部別での観測所別の観測値の合計÷観測所数。	「大気汚染常時監視データ」
SO ₂ 月別平均値	二酸化硫黄 (SO ₂) の観測値の月別平均値。	
OX月別平均値	光化学オキシダント (OX) の観測値の月別平均値。	
NO ₂ 月別平均値	二酸化窒素 (NO ₂) の観測値の月別平均値。	
NOX月別平均値	窒素酸化物 (NOX) の観測値の月別平均値。	
CO月別平均値	一酸化炭素 (CO) の観測値の月別平均値。	
NO月別平均値	一酸化窒素 (NO) の観測値の月別平均値。	
NMHC月別平均値	非メタン炭化水素 (NMHC) の観測値の月別平均値。	
CH ₄ 月別平均値	メタン (CH ₄) の観測値の月別平均値。	
THC月別平均値	全炭化水素 (THC) の観測値の月別平均値。	
SPM月別平均値	浮遊粒子状物質 (SPM) の観測値の月別平均値。	
PM _{2.5} 月別平均値	微小粒子状物質 (PM _{2.5}) の観測値の月別平均値。	
緑地率	公園等、農用地、水面・河川・水路、森林・原野の面積の合計÷総面積。	「東京の土地利用」
昼夜間人口比率	昼間人口÷総人口。	「e-Stat」
高齢化率	65歳以上人口÷総人口。	

表 2 記述統計

	観測数	平均値	標準偏差	最小値	最大値
SO ₂ 月別平均値	511	0.0054	0.0036	0.0000	0.0160
OX月別平均値	323	0.0322	0.0073	0.0120	0.0510
NO ₂ 月別平均値	823	0.0314	0.0101	0.0087	0.0630
NO _X 月別平均値	823	0.0546	0.0292	0.0097	0.1670
CO月別平均値	628	0.8788	0.5684	0.1000	3.7000
NO月別平均値	823	0.0233	0.0180	0.0010	0.1095
NMHC月別平均値	511	0.0054	0.0036	0.0000	0.0160
CH ₄ 月別平均値	496	1.9239	0.0580	1.7600	2.1667
THC月別平均値	496	2.1722	0.1339	1.1200	2.5700
SPM月別平均値	349	728.2883	38.2727	368.5000	744.0000
PM _{2.5} 月別平均値	242	14.8440	3.4368	7.1000	22.2000
緑地率	823	0.1176	0.0555	0.0311	0.2418
昼夜間人口比率	823	2.5393	4.3909	0.7542	27.3117
高齢化率	823	0.1665	0.0420	0.0708	0.2546

物質ごとに集計して月別の平均値を算出した。本稿では、観測データを最も長期間収集できる4月の平均値のデータを用いる。ただし、4月の観測データがないOX、及びSPMは5月の平均値のデータで代替する。

次に、独立変数として、緑地率を用いる。具体的には、東京都が公開している『東京の土地利用』に基づき、1986年から2021年まで5年ごとに計測された東京都区部の公園等、農用地、水面・河川・水路、森林・原野の面積の合計を区部の総面積で除して緑地率を計算した¹⁸。

その他には、統制変数として、昼夜間人口比率、高齢化率を用いる。e-Statの1980年から2020年まで5年ごとのデータに基づき、昼夜間人口率は昼間人口を総人口で除した。高齢化率は65歳以上人口を総人口で除した。

緑地率、昼夜間人口比率、高齢化率は5年ごとにしか収集されないため、データが収集できない年度は、各年度の最新の値を当てはめた。

表1は、上記の変数群を整理した変数一覧であり、表2は記述統計である。

4-2. 推定方法

上記の変数を用いて、緑地率が気汚染物質に与える影響をパネルデータ分析によって推定する。パネルデータ分析を用いることで個体間の水準差や時間毎の水準差を統制する

¹⁸ 緑地の定義は、以下に依拠した。<http://www.chiikiseikatsu.org/databook2014/databook2014tnk.pdf> (2024年11月12日)。

ことができるが、時間毎に変化する可能性がある個体の水準差は統制することができない。そのため、時間毎に変化する可能性がある昼夜間人口比率、及び高齢化率を統制変数として用いることで統制する。

5. 分析結果

まず、表3では、区別パネルデータから、Model 1~4まで、それぞれSO₂・OX・NO₂・NOXについて、東京都区部内の緑地率の変化が大気汚染物質月別平均値の変化に与える効果を検証した。Model 1では、昼夜間人口比率が増加すると、1%水準で統計的に有意にSO₂が増加している。緑地率・高齢化率については統計的に有意な効果はなかった。Model 2¹⁹では、昼夜間人口比率が増加すると、5%水準で統計的に有意にOXが減少している。緑地率・高齢化率については統計的に有意な効果はなかった。Model 3では、緑地率・昼夜間人口比率・高齢化率のすべてで統計的に有意な効果は見られない。Model 4では、昼夜間人口比率が増加すると、1%水準で統計的に有意にNOXが増加している。緑地率・高齢化率については統計的に有意な結果は出なかった。

次に、表4では、区別パネルデータから、Model 5~8まで、それぞれCO・NO・NMHC・

表3 大気汚染物質の月平均値に対する緑地率の効果
(SO₂・OX・NO₂・NOX)

	従属変数			
	大気汚染物質月別平均値			
	Model 1	Model 2	Model 3	Model 4
	SO ₂	OX	NO ₂	NOX
緑地率	-0.0030 (0.0026)	0.0005 (0.0090)	0.0173 (0.0113)	0.0783 (0.0475)
昼夜間人口比率	0.0003 ** (0.0001)	-0.0007 * (0.0003)	0.0002 (0.0002)	0.0032 ** (0.0011)
高齢化率	-0.0088 (0.0080)	0.0027 (0.0492)	-0.0019 (0.0263)	-0.1425 (0.1372)
時間効果	YES	YES	YES	YES
個体効果	YES	YES	YES	YES
調整済みR ²	0.8963	0.7442	0.9219	0.8412
N	511	323	823	823

(1) ***: p < 0.001, **: p < 0.01, *: p < 0.05, †: p < 0.1。

(2) ()内は区部ごとにクラスター化したロバスト標準誤差。

¹⁹ OXは4月の観測値がないため、5月の観測値で代替している。

表4 大気汚染物質の月平均値に対する緑地率の効果
(CO・NO・NMHC・CH4)

	従属変数			
	大気汚染物質月別平均値			
	Model 5 CO	Model 6 NO	Model 7 NMHC	Model 8 CH4
緑地率	1.763 (1.033)	0.0618 (0.0396)	-0.0030 (0.0026)	-0.4826 (0.0746) ***
昼夜間人口比率	0.0126 (0.0213)	0.0029 (0.0009) **	0.0003 (0.0001) **	-0.0046 (0.0033)
高齢化率	-0.8817 (2.869)	-0.1405 (0.1145)	-0.0088 (0.0080)	0.1396 (0.2033)
時間効果	YES	YES	YES	YES
個体効果	YES	YES	YES	YES
調整済みR ²	0.7824	0.7745	0.8963	0.6036
N	628	823	511	496

(1) ***: $p < 0.001$, **: $p < 0.01$, *: $p < 0.05$, †: $p < 0.1$.

(2) ()内は区部ごとにクラスター化したロバスト標準誤差。

CH4 について、東京都区部内の緑地率の変化が大気汚染物質月別平均値の変化に与える効果を検証した。Model 5 では、緑地率・昼夜間人口比率・高齢化率のすべてで統計的に有意な効果はなかった。Model 6 では、昼夜間人口比率が増加すると、1%水準で統計的に有意に NO が増加している。緑地率・高齢化率については統計的に有意な効果はなかった。Model 7 では、昼夜間人口比率が増加すると、1%水準で統計的に有意に NMHC が増加している。緑地率・高齢化率については統計的に有意な効果はなかった。Model 8 では、緑地率が増加すると、0.1%水準で統計的に有意に CH4 が減少している。昼夜間人口比率・高齢化率については統計的に有意な効果はなかった。

最後に、表 5 では、区部別パネルデータから、Model 9~11 まで、それぞれ THC・SPM・PM2.5 について、東京都区部内の緑地率の変化が大気汚染物質月別平均値の変化に与える効果を検証した。Model 9 では、緑地率が増加すると、0.1%水準で統計的に有意に THC が減少している。昼夜間人口比率・高齢化率については統計的に有意な効果はなかった。Model 10²⁰では、昼夜間人口率が増加すると、5%水準で統計的に有意に SPM が減少している。緑地率・高齢化率については統計的に有意な効果はなかった。Model 11 では、緑地率・昼夜間人口比率・高齢化率の説明変数すべてで統計的に有意な効果はなかった。

以上の検証から、CH4・THC については、緑地率が増加した地域ほど、大気汚染物質が減少するといった統計的に有意な負の関連が見出された。これらの結果は仮説に整合的な

²⁰ SPM は 4 月の観測値がないため、5 月の観測値で代替している。

表5 大気汚染物質の月平均値に対する緑地率の効果
(THC・SPM・PM2.5)

	従属変数		
	大気汚染物質月別平均値		
	Model 9 THC	Model 10 SPM	Model 11 PM2.5
緑地率	-0.7106 (0.1612)	*** -43.3990 (74.5328)	13.5944 (62.0140)
昼夜間人口比率	-0.0008 (0.0035)	4.9495 * (1.9686)	0.2684 (0.2414)
高齢化率	-0.2143 (0.3168)	-313.2134 (352.4662)	-12.1214 (10.3476)
時間効果	YES	YES	YES
個体効果	YES	YES	YES
調整済みR ²	0.5287	0.0006	0.9439
N	496	349	242

(1) ***: $p < 0.001$, **: $p < 0.01$, *: $p < 0.05$, †: $p < 0.1$ 。

(2) ()内は区部ごとにクラスター化したロバスト標準誤差。

結果であった。他方、SO₂・NO_x・NO・NMHC・SPMでは、昼夜間人口比率が増加した地域ほど、大気汚染物質が増加するなど、都市活動によって大気汚染が進む傾向が見られる。これらは直感的な結果であり、大気汚染物質の月別平均値が大気汚染状況の測定として一定の妥当性を有する証左であると考えられる。

6. 結論

本稿では、1986年から2021年まで1年ごとに計測された大気汚染物質別及び東京都区部別のパネルデータを用いて、東京都区部の緑地率の増加が大気汚染物質に与える影響を明らかにしてきた。本稿の分析結果からは、第一に、緑地率の増加がCH₄の減少に効果をもたらしていることが確認できた。CH₄は炭化水素に分類され、CO₂の次に地球温暖化に影響を与える温室効果ガスであることがわかっている²¹。そのため、緑地率の増加が地球温暖化を緩和させることが示唆された。第二に、緑地率の増加がTHCの減少に影響をもたらしていることが確認できた。THCはCH₄とそれ以外の炭化水素であるNMHCを総称し

²¹ <https://www.nies.go.jp/whatsnew/20200806/20200806.html> (2024年11月17日)。

た炭化水素である²²。NMHC は太陽の紫外線によって大気中の NOX と光化学反応を起こすことで光化学スモッグが発生する原因物質である OX を生成する²³。そのため、緑地率の増加が光化学スモッグを緩和させることを示唆する結果と言える。

上記の知見に基づけば、東京都区部における緑地率の増加が、温室効果ガスの減少による地球温暖化を緩和させ、OX を直接的に減少させるわけではないものの光化学スモッグの緩和に寄与している可能性があると考えられる。東京都区部における 1986 年から 2021 年にかけての緑地率は 0.4%ほど減少している。現在東京都では、屋上緑化の推進や校庭の芝生化などを行い、緑化を推進の取り組みを積極的に行っている²⁴。東京都による屋上緑化への助成金制度は存在しないが、東京都公園協会による東京都都市緑化基金や区で独自に助成を行っている自治体もある²⁵。これらの取り組みが、東京都区部における緑化に寄与すると考えられる。ただし、本稿の分析では、先行研究で多くの研究者によって明らかにされていた緑地率の増加が CO・NO₂・PM_{2.5}・SO₂ に与える影響において有意な結果が確認されなかった点は注意されたい。

最後に、本稿の今後の研究課題について言及しておきたい。本稿では、区部の大気汚染物質の月別平均値を求める際に、区部ごとに設置されている大気汚染物質の観測値の和を単純に観測所数で除した値を用いている。そのため、区内の観測所ごとの近隣緑地と観測値との関連など、よりミクロな空間的相関は確認できなかった。今後は、区などの行政単位よりも小規模な地理的単位で、緑被と大気汚染との関連を長期的に観察する試みが求められる。これらの点は、今後の研究課題としたい。

7. 参考文献

- 石丸泰・小川進. 2004. 「改正大気汚染防止法 (VOC 規制) と揮発性有機化合物 (VOC) の排出抑制について」『DNT 技術コーティング技報』: 25-32.
- 大野栄治・森杉壽芳・高木真志・鈴木慎治. 1997. 「ディーゼル車抑制策による大気汚染物質の削減効果」『環境科学会誌』 10(1): 29-37.
- 鍵屋浩司・足永靖信. 2013. 「ヒートアイランド対策に資する「風の道」を活用した都市づくりガイドライン」『国総研資料』 730: 1-171.
- 古明地哲人. 1993. 「大気汚染の文化財への影響」『大気汚染学会誌』 28(5): A103-111.
- 阪井清志. 1987. 「緑地帯の大気浄化機能に関する基礎的研究」『都市計画論文集』 22: 25-30.
- 玉置元則. 2000. 「日本の酸性雨調査研究の現状と今後の課題」『大気環境学会誌』 35(1): A1-

²² <https://www.nishi.or.jp/homepage/nishisora/other/yogo/#:~:text=> (2024 年 11 月 17 日)。

²³ <https://www.nishi.or.jp/homepage/nishisora/other/yogo/#:~:text=> (2024 年 11 月 17 日)。

²⁴ <https://www.kankyo.metro.tokyo.lg.jp/nature/green> (2024 年 12 月 9 日)。

²⁵ <https://www.kankyo.metro.tokyo.lg.jp/nature/green> (2024 年 12 月 9 日)。

A11.

- 田村優佳・吉野博・北条祥子・安田延壽・佐藤洋・佐々木澄. 1999. 「都市内緑地の暑熱緩和・大気浄化効果に関する実測調査」『日本建築学会技術報告集』 5(9): 167-170.
- 常俊義三. 1989. 「大気汚染の人体影響に関する疫学的研究—呼吸器症状・呼吸機能に及ぼす影響」『大気汚染学会誌』 24(2): 75-89.
- 中村拓・松中昭一. 1974. 「大気汚染にたいする指標植物の利用—(1) 光化学オキシダントにたいするアサガオの感受性とその変動要因」『日本作物学会紀事』 43(4): 517-522.
- 福井哲夫・國領和夫・馬場剛・神成陽容. 2014. 「大気汚染物質排出インベントリー EAGrid2000-Japan の年次更新」『大気環境学会誌』 49(2): 117-125.
- 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着量について」『造園雑誌』 44(4): 191-202.
- 水野谷剛・水鉋揚四郎. 1998. 「日本における大気汚染物質排出抑制のための最適税政策に関する研究」『地域学研究』 29(3): 1-23.
- 李海峰・高偉俊・吉田公夫・湯屋博史・尾島俊雄. 2000. 「東京都区部の地域における大気環境の影響要因に関する研究」『日本建築学会径角形論文集』 537: 85-91.
- Currie, Beth Anne and Brad Bass. 2008. “Estimates of Air Pollution Mitigation with Green Plants and Green Roofs Using the UFORE Model.” *Urban Ecosystems* 11: 409-422.
- Jaafari, Shirkou, Shabani, Afshin Alizadeh, Moeinaddini, Mazaher, Danehkar, Afshin, and Yousef Sakieh. 2020. “Applying Landscape Metrics and Structural Equation Modeling to Predict the Effect of Urban Green Space on Air Pollution and Respiratory Mortality in Tehran.” *Environmental Monitoring and Assessment* 192(412): 1-15.
- Selmi, Wissal, Weber, Christiane, Riviere, Emmanuel, Blond, Nadege, Mehdi, Lotfi and David Nowak. 2016. “Air Pollution Removal by Trees in Public Green Spaces in Strasbourg City, France.” *Urban Forestry & Urban Greening* 17: 192-201.
- Taha, Haider, Meier, Alan, Gao, Weijun, and Toshio Ojima. 2000. “Mitigation of Urban Heat Islands: Meteorology, Energy, and Air Quality Impacts.” 『日本建築学会計画系論文集』 529: 69-76.