

論文の内容の要旨

論文題目 緑地がもたらす冷却効果と視覚効果による都市の快適性向上

氏名 外崎 公知

本論文は、近年暑熱化が進行している都市の快適性向上に資する緑地の冷却効果と視覚効果に着目し、その評価について定量的分析を行い、都市の快適性向上に資する効果的な緑化方策について検討したものである。具体的には、

第一に、緑地が有する夏季における冷却効果について推計を行なうこと、特にヒートアイランド現象の緩和に資する冷却効果が、日中と夜間でどのように発現するかを明らかにし、緑地の単位面積あたりの冷却効果を定量的に推計すること

第二に、都地による緩和が期待されるヒートアイランド現象は気象条件に左右される。一方で緑地の冷却効果も気象条件に大きく影響される。このため、都市の、特に緑地による冷却が大きいとされる夏季夜間における緑地の温度降下に対する気象条件の影響を明らかにすること

第三に、緑地の心理的機能を定量的に評価する指標である緑視率を客観的な定量データとして、正確・迅速に計測できる計測方法を提案するとともに、緑化による視覚効果について定量的に評価することが目的であった。

これに対して、以下の成果が得られた。

(1) 緑地が有する夏季における冷却効果の推計

緑地が有する夏季における冷却効果については、都市の暑熱化の緩和に資する冷却効果の日中と夜間における発現状況、緑地の単位面積あたりの冷却効果を以下のように示すことができた。

- 8月の日最高気温平均値と各要因データと単相関分析を行った結果、50mメッシュ、150mメッシュ、250mメッシュの各区域ともに樹林地面積と緑地面積が負の相関、人工排熱と延床面積が正の相関を示した。標高を除き、日最高気温平均値との相関係数が最も高い区域規模は150m区域であった。
- 日最高気温平均値を目的変数、樹林地面積と人工排熱量を説明変数とした重回帰分析の結果、都市における気温は、樹林地面積の増加が気温低下に寄与し、人工排熱量の増加が気温上昇の要因になるとの分析結果が得られた。分析範囲につ

いては、重回帰式の p 値、決定係数及び説明変数の p 値から、150m 区域が最も有意であった。

- 港区の樹林地 22,500 m^2 が有する冷却効果は、681.8GJ/day の人工排熱量を相殺する量に値し、これは、同区の平均的な規模・用途である 3,000 m^2 程度の延床面積を有する事業所建物の約 70 棟分から一日に排出される総熱量を相殺・抑制するに等しい。
- 日最低気温平均値を用いて検討した場合も、日最高気温平均値とほぼ同様の結果となった。
- 港区の樹林地 22,500 m^2 が有する冷却効果を、日中（日最高気温）と夜間（日最低気温）の 2 つの側面から評価すると、夜間における寄与度がより高いという結果が得られた。

（2）都市の夏季夜間における樹林地の冷却効果に与える風速と雲量の影響

都市の夏季夜間における樹林地の冷却効果に与える気象条件、特に風速と雲量の影響については以下のように示すことができた。

- 港区内 27ヶ所の気温観測点における平均気温の降下量(2時00分~4時00分、10分間隔)である温度降下量は、雨天日を除く、風向が SW 系統、風速が 2 m/s 以上の場合、風速と雲量に対して有意なマイナスの相関があることが確認された。
- 気温観測点間の気温偏差(2時00分~4時00分の平均偏差)である地点間気温偏差は、雨天日を除く、風向が SW 系統、風速が 2 m/s 以上の場合、風速と雲量に対して有意なマイナスの相関があることが確認された。
- 気温観測点 27ヶ所の 44 日間のデータ(N=1,188)を用い、温度降下量を目的変数に、樹林地面積、風速、雲量を説明変数に用いて重回帰分析を行った。温度降下量に対しては、雲量の係数が有意なプラス、風速の係数は風速 2.0m/s 以上の場合有意なマイナス、風速 2.0m/s 未満の場合有意なプラスに寄与することが分かった。また、樹林地面積の係数が有意なプラスであったのは、風速 2m/s 以上 3m/s 未満の区間だけであった。
- 上記の結果から、都市の緑地が有する夏季の夜間の冷却効果には、風向風速、雲量が影響することが示唆された。また、風速 2 m/s 前後で冷却の仕組みが異なり、風速がこれ以上の場合には接地逆転層と上空大気の混合が起り、大気から地表への顕熱が供給されるため、周辺大気の温度降下が期待できる。そして、風速が低下するに従いその効果は増加し、風速 2 m/s 前後で最大となることが示唆された。一方、風速がこれ未満の場合は、接地逆転層が強い安定層のため、そこで発生する冷気流の挙動が比較的狭い範囲の気温に大きな影響を与える可能性がある。周辺から流れ込む冷気流が気温を下げる場合があると同時に、丘陵地にお

いては逆に冷気流が流出し、その補償流としての暖気移流が発生し、気温が下がらない場合がある。気象条件や地形条件によっては、周辺大気への温度降下が必ずしも期待できないことや、温度降下の空間的広がりに関する不確実性が比較的高いことが示唆されることから、都市における緑地の配置・計画等の検討に当たっては、効果が不確実である点に留意する必要がある。

(3) 新たな緑視率による都市景観の快適性評価

緑地の心理的機能を評価する指標である緑視率を正確・迅速に計測する方法と緑化による視覚効果について以下のように示すことができた。

- 植物の葉の色度は、CIE1976UCSu'v'色度図上の u'値 0.188、v'値 0.523 を中心とする傾斜角約 10°の楕円の範囲内(緑視色度領域)にほぼ含まれる。緑視色度領域(グレイ領域を除く)によりデジタル画像から緑視領域を識別するアルゴリズムとデジタル画像処理技術の組合せにより、色度緑視率を速やかにかつ正確(方眼法による緑視率との相関係数 0.981)に計測できることが確認された。
- 緑の量が好ましい/好ましくないと快適/不快、好き/嫌い、上品/下品、落ち着かない/落ち着く、の4つの評価項目が高い相関性を示すとともに派手/地味の項目は相関性が低いことから、緑の量が好ましい/好ましくない、は快適性の概念に影響を与えているものと考えられる。
- 緑の物理量と緑の心理的評価との関係は、心理学(精神物理学)における刺激と反応の関係と考えられ、スティーブンスのベキ法則(非線形)を用いることが妥当であると示唆される。
- 評価画像の彩度を分割した反対色成分(赤、緑、黄、青の4成分)と色彩数を説明変数に、「快適さ」を目的変数に重回帰分析した結果、説明変数が全て有意で回帰式の決定係数が最も高い、赤成分、緑成分、黄成分の3つを説明変数とする回帰式が最も説明力が高くなった。この回帰式の係数が-278(赤成分)、+55(緑成分)、+47(黄成分)であり、特に赤成分が色度緑視率の効果に影響を与える可能性があることから、多彩な色彩が溢れる中心市街地と閑静な住宅街とでは、緑視率の要求水準が異なる可能性が示唆される。

以上、近年暑熱化が進行している都市の快適性向上に資するために、本研究では緑地の冷却効果と視覚効果に着目し、その評価について定量的分析を行い、その有効性について検討した。そして、緑地、特に樹林地の冷却効果と視覚効果を踏まえた効果的な緑化方策として「暑熱対策緑化街区」等を提案した。今後の研究の深化発展に向けては、学術的課題として冷却効果に関する他の条件(立地、都市形態、風速0.3m/s未満等)下での評価、緑視率の動的な知覚情報等への展開があり、社会実装上の課題

として暑熱化に対する緩和策と適応策の連携、視覚効果に関するシミュレーション手法の開発等がある。