

都市環境緩和機能を考慮した緑地形成に関する研究

- 東京都内の大型緑地におけるヒートアイランド緩和効果の検討 -

Study on formed green tracts for the function of urban heat island mitigation

- reductional effect of heat island in large-scale green tracts of Tokyo -

都市基盤工学研究室 06ME207 大柿 定良 (Sadayoshi OGAKI)

指導教員: 窪田 陽一 教授

Abstract

Recently heat island effect has become a major issue in urban areas. Green tracts are expected to play a vital role in mitigating this effect. This study aims to investigate the effectiveness of different tree species for the mitigation of heat island effect, in large-scale urban green tracts. In this study, 9 tree species in Yoyogi-park and 5 tree species in Meiji-shrine were selected and their surface temperatures were measured by using infrared thermal images. Results show that the surface temperature level would differ based on the tree species. But such observed levels of temperature differences were not sufficient to make a significant contribution for heat island mitigation. Further, even within the same species, surface temperature varied across different locations within the same site. This difference can result from soil condition of the particular location. Thus this study shows that the soil condition of the tree base of tree growth is more influential than the tree species.

Keywords: infrared thermal image, Yoyogi-park, Meiji-shrine

1. はじめに

近年、都市において道路建築構造物の高密度化・高層化、内燃機関廃熱量の増大などで、都市の熱環境が悪化し、ヒートアイランド現象が進行している。この状況を改善するものとして、樹林地や農地、公園などのオープンスペースが効果的であると言われている。緑地の主要構成要素である植物には、蒸散作用による温度低下、地表被覆による気温上昇抑制などの機能があるからである。このような機能から、都市地域のヒートアイランドを緩和するクールアイランドの可能性が、緑地には期待されている。

一般に、都市の熱環境を広域的に調査する際には、熱赤外画像が用いられる。既存研究では、土地被覆や土地利用の状況との関係性を明らかにしている研究が多くみられる。しかし、緑地を樹種類別に分類した緑地の樹種別類型と熱赤外画像との関係性を明らかにしている研究や、樹種別による温度低下効果を調査している研究は多くない。さらに、大規模緑地では、大部分の面積を占めている緑地の影響が高いため、より温度低下効果が高い

樹種を植栽することがヒートアイランド緩和に大きな影響を与える。

そこで、本研究では東京都内の大規模緑地を例にして、カラー可視画像と熱赤外線画像を用い、樹種別の樹冠温度の違いや構成要素、地盤高さ別の熱赤外線温度などを調査し、緑地の温度低下効果（都市環境緩和効果）を検証することを目的とした。

2. 調査方法

(1) 調査対象地

対象地は東京都内の大型緑地である代々木公園、明治神宮とした。東西に約1000m、南北に約1800mに広がり、都内最大級規模の緑地を形成している。代々木公園は樹林面積が34.9ha、芝生面積が4.6ha、平均樹高が10~20m程度の高木から成る森林公園である。また、噴水やバードサンクチュアリといった水環境があり、一部分の地中には雨水などを浸透させる浸透枘などが設置されている。明治神宮は樹林面積が60.9ha、芝生面積が2.4ha、平均樹高10~20mの常緑広葉樹林から成っている。また、明治神宮内には3つの池がある



図-1 代々木公園・明治神宮のカラー可視画像

に加え、湧水、水路があり、水環境が豊富である。

(2) 対象地の樹種調査

樹種の判別には現地調査を行った。その調査結果から、カラー可視画像上に樹種群落を記入した(図-1)。

(3) 熱赤外線画像の概要

本研究で使用した熱赤外線画像(図-2)の概要を以下に記す。

- ・ 撮影日：2007年8月10日
- ・ 時刻：12時～13時
- ・ 撮影高度：約610m(2000ft)
- ・ 熱赤外線画像解像度：2m
- ・ 可視画像解像度：36cm

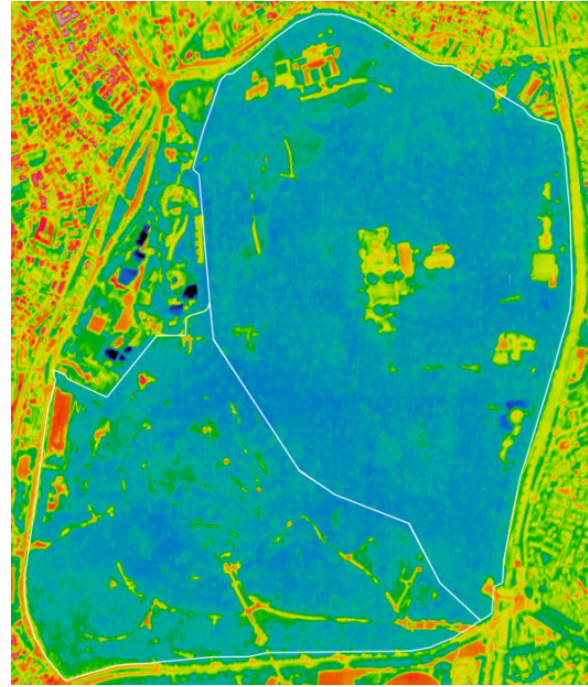
本研究で使用した熱赤外線画像の各ピクセル値は放射輝度温度であるために、大気の影響などを受け、実際の地表面温度とは異なっている。しかし、相対的な温度差は考察可能であると考えられる。

(4) 画像解析

緑地の都市環境緩和効果を検証するため、対象地の構成要素別の熱赤外線温度、樹種別の樹冠温度、地盤高さ別の樹冠温度を解析した。

(a) 構成要素別の熱赤外線温度

対象地の熱赤外線温度分布の特質を把握するため、構成要素別に分けたカラー可視画像と熱赤外線画像を重ね合わせ、構成要素別の熱赤外線温度を計測した。構成要素は樹林、



24°C 49.5°C

図-2 代々木公園・明治神宮の熱赤外線画像

水面、芝生、道路・建物の4つに分類した。それぞれの面積は樹林34.9ha、水面0.6ha、芝生4.6ha、道路・建物3.9ha(代々木公園)、樹林60.9ha、水面0.8ha、芝生2.4ha、道路・建物5.9ha(明治神宮)であった。

(b) 樹種別の樹冠温度

樹種別の都市環境緩和効果を把握するため、樹種別に樹種別の樹冠温度を計測した。計測樹種は対象地内で、被覆面積が高い代表的な樹種とした。代表的な樹種として、代々木公園はケヤキ(*Zelkova serrata*)、イチョウ(*Ginkgo biloba*)、ソメイヨシノ(*Prunus ×yedoensis*)、クスノキ(*Cinnamomum camphora*)、スタジイ(*Castanopsis cuspidata*)、マテバシイ(*Pasania edulis*)、ヒマラヤスギ(*Cedrus deodara*)、アカマツ(*Pinus densiflora*)、ヒノキ・サワラ(*Chamaecyparis obtusa*・*Chamaecyparis pisifera*)の合計9つの樹種。明治神宮はケヤキ、コナラ(*Quercus serrata*)、イチョウ、クスノキ、スギ(*Cryptomeria japonica*)の合計5つの樹種とした。

(c) 地盤高さ別の樹冠温度

地形による都市環境緩和効果を把握するため、地盤高さ別に分けた地形図と熱赤外線画像を重ね合わせ、地盤高さ別の樹冠温度を計測した。地盤高さは国土院発行の1万分の1地形図を用いて、2m刻みで地盤高さを分類した。対象地の特徴として、代々木公園

は起伏があまりなく、平地が大部分を占めている。明治神宮はより起伏があり、谷・丘などが形成されている。

3. 結果

(1) 構成要素別の熱赤外線温度

熱赤外線画像による温度は、代々木公園・明治神宮ともに樹林、水面、芝生、道路・建物の順に高い値となった(図-3)。構成要素別の差は樹林-道路・建物の差5.9℃(代々木公園)、樹林-芝生の差1.2℃(両対象地)、樹林-水面の差0.5℃(代々木公園)となった(図-3)。

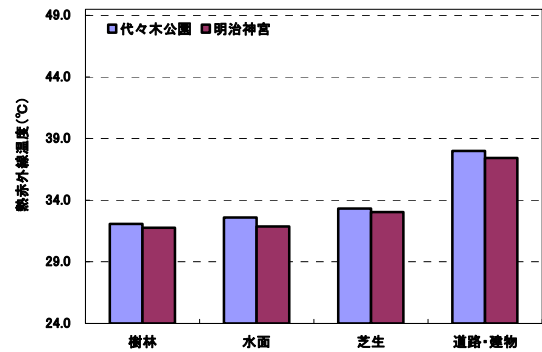


図-3 構成要素別の熱赤外線温度

(2) 樹種別の樹冠温度

代々木公園では、樹冠の熱赤外線温度はイチヨウが最も低く(31.8℃)、ヒノキ・サワラが最も高い値(33.0℃)となった(最大差1.2℃、図-4)。樹種を落葉樹、常緑樹、針葉樹とする生活形別でみると、落葉樹、常緑樹、針葉樹の順に樹幹温度は高い値(最大差0.7℃)となった(図-4)。

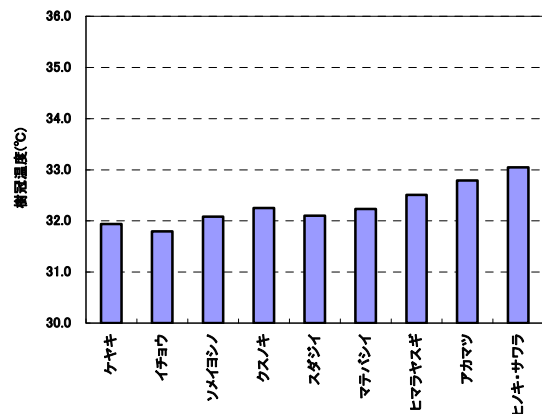


図-4 樹種別の樹冠温度 (代々木公園)

明治神宮では、樹冠温度はケヤキ、コナラが最も低く(31.6℃)、イチヨウが最も高い値(32.0℃)となった(最大差0.4℃、図-5)。落葉樹、常緑樹、針葉樹とする生活形別でみると、差がない傾向であった(図-5)。

(3) 地盤高さ別の樹冠温度

代々木公園では、樹冠温度は30m~32m、32m~34m、34m~36m、36m~38mが最も低く(32.0℃)、28m~30mが最も高い値(32.5℃)となった(図-6)。樹冠温度は24m~30mと30m~38mの2つに分類できる傾向にあり、30m~38mが低い樹冠温度となっている(図-6)。

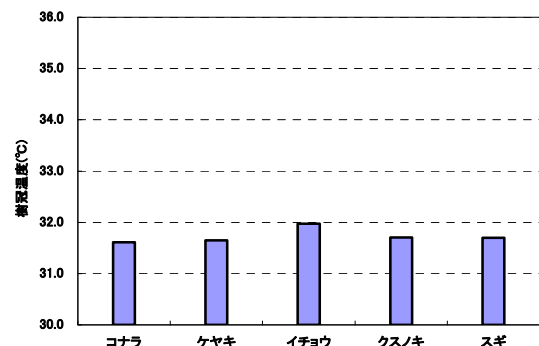


図-5 樹種別の樹冠温度 (明治神宮)

明治神宮では、樹冠温度は28m~30mが最も低く(31.5℃)、24m~26mが最も高い値(31.9℃)となった。樹冠温度は全体的に違いない傾向であった(図-6)。

4. 考察

(1) 樹種別の樹冠温度

樹種別の樹冠温度差の結果をみると、代々木公園では0.1℃~1.2℃、明治神宮では0.1℃~0.4℃の差がある(図-4、5)。ここで、図-3より、樹林-芝生の差1.2℃(両対象地)や樹林-道路・建物の差5.9℃(代々木公園)を考慮すると、1.0℃程度の差が都市環境緩和に効果があると考えられる。そのため、代々木公園では落葉樹・常緑樹と針葉樹とでは都市環境緩和効果に差があるが、落葉樹と常緑樹とでは効果に差がないと考えら

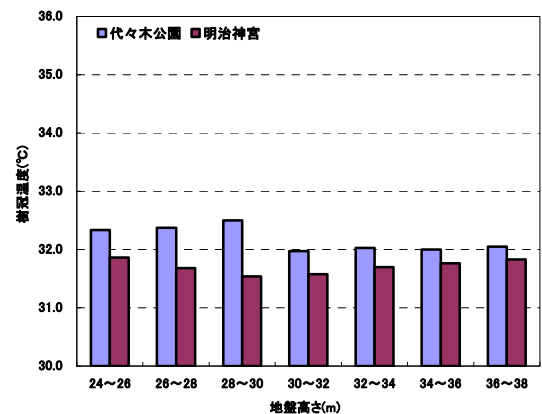


図-6 地盤高さ別の樹冠温度

れる。また、落葉樹間、常緑樹間でも効果に差がないと考えられる。明治神宮では落葉樹、常緑樹、針葉樹別では効果に差がなく、樹種別でも差がないと考えられる。以上より、樹種別の樹冠温度に違いはあるものの、針葉樹を除けば、樹種別の都市環境緩和効果に大きな差はないことが考えられる。

地盤高さ別の樹冠温度差をみると（図-6）、代々木公園では0.3℃～0.5℃、明治神宮では0.1℃～0.4℃であったが、1.0℃程度の差がないため、都市環境緩和効果に違いはなく、地形はここではほとんど影響していないことが考えられる。

(2) 地盤土壌の影響

代々木公園内緑地全体の熱赤外線画像をみると、樹林表面温度には違いがある。そこで、同じ樹種で樹林表面温度が低い群落と高い群落とに分けると、樹冠温度が低い群落と高い群落の違いとして、高い群落の方に、地下鉄が通っていることが挙げられる。そのため、地下鉄などの地下構造物が樹林の生育基盤である土壌条件に影響を与えていると想定される。また、樹冠温度が低い群落では噴水やバードサンクチュアリ（池）といった水環境があり、地中には雨水などを浸透させる浸透枡があるなど、土壌水分量が大きく影響していると想定される。明治神宮では、明治神宮内に3つの池があるのに加え、湧水もあるため水環境が豊富である。そのため、明治神宮では樹種別の樹冠温度の差があまりない結果となっている。以上より、計測した樹冠温度は対象地内の潜在的な水系などの土壌水分量などが関係しているものと考えられ、土壌条件でも土壌水分が影響していると想定される。

(3) 地盤土壌の影響の検証

次に、同じ樹種における樹冠温度の低い群落（土壌1）と高い群落（土壌2）の樹冠温度を解析した。計測の結果、樹冠温度の高い群落と低い群落との差はケヤキ、イチヨウで0.8℃、ソメイヨシノ、クスノキ、ヒマラヤスギで0.6℃であり（図-7）、同じ樹種でも土壌により明らかな差があることがわかった。そのため、樹種別の差では都市環境緩和効果があまりないが、土壌条件の違いにより1.0℃近くの樹冠温度の差があり、都市環境緩和効果にも違いがあることがわかる。

すなわち、植栽された樹種の差よりも、生育基盤である土壌条件の影響がより大きいことが示唆された。

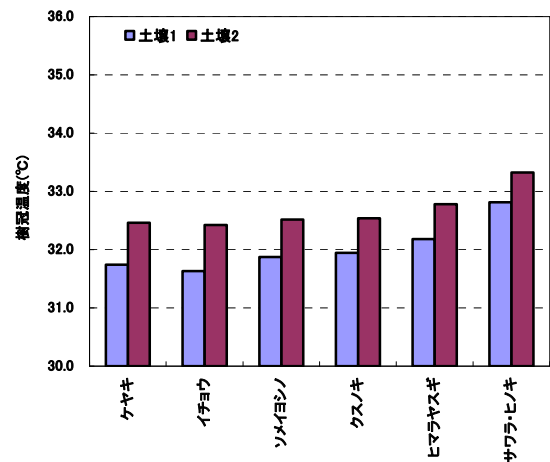


図-7 土壌別の樹冠温度

5. まとめ

本研究では、樹種別の樹冠温度には違いがあり、落葉樹<常緑樹<針葉樹の順に樹冠温度が高い傾向があることがわかった。既存研究でもそのような記述がある。しかし、樹種別では都市環境緩和効果に大きな差がない結果であった（針葉樹を除き）。ここでは、植栽された樹種の差よりも生育基盤である土壌条件による影響が大きいという結果であった。そのため、緑地形成をする上では最初に、土壌条件を適したもの（土壌水分条件が高い）とし、その上で、植栽する樹種には針葉樹よりも落葉樹・常緑樹の方に都市環境緩和効果があるといえる。

今後の課題として、土壌条件の調査も併行し、緑地の熱赤外線温度との関係性を明確にすることが必要である。

【参考文献】

- 1) 宮脇昭・奥田重俊・井上香世子：明治神宮宮域林の植物社会学的研究、1980
- 2) 桐原啓真・三上岳彦：熱赤外線画像による大規模公園緑地からの放散熱量の推定、環境システム研究論文集、vol.29、pp103-108、2001
- 3) 住宅・都市整備公団 南多摩開発局、財団法人 日本緑化センター：多摩ニュータウンにおける緑化と大気熱環境（その2）、1994