〔報告〕

# 緑を活用した都市の熱環境改善に関する研究（その２）
## －街路空間における温熱環境の実態と街路樹植栽効果の検討－

横山　仁　安藤晴夫　成田健一*　菅原広史**　赤坂郁美***　高橋一之
（*日本工業大学　**防衛大学校　***非常勤研究員）

### １　はじめに

都市において緑は、都民に潤いや安らぎを与えるだけでなく、都市防災やヒートアイランド対策などの都市環境の改善効果のほか、美しい都市景観の創出や生態系の保全などさまざまな役割があるとされ、近年ますますその役割に期待が寄せられている。中でも、緑のヒートアイランド緩和機能に着目した場合、周辺地域より気温が低く、クールアイランドを形成していることが古くから知られている。また、シミュレーション等においても、ヒートアイランド対策として都市緑化の効果が特に大きいことが示されている。東京都では、今後 10 年間で、校庭芝生化や屋上・壁面の緑化など様々な都市緑化を図るとともに、大規模緑地を幹線道路の街路樹等で結び、緑のネットワーク形成による広域的なヒートアイランド現象の緩和を目指すこととしており、さらなる環境改善に向けた緑化推進等の緩和対策の推進が求められている。

そこで、本研究では、主要都道及びその周辺における緑化や緑地保全等によるヒートアイランド現象の緩和効果について調査を行ったので、その結果を報告する。

### ２　調査の概要

(1) 都道街路空間内における温熱環境の測定

①気温の実態

今後 10 年間で街路樹を中心とした熱環境改善対策が予定されている都道街路空間において、気温の実態を調べた。図 1 に、今回気温観測を行った測定地点の位置を示す。温度計は、T&D 社製の RTR-52 を用い、測定間隔は 1 分毎とした。データの回収は、約 1 週間～10 日毎にデータ回収器により行った。温度計のセンサ部は、白色プラスチック製の自然通風シェルター内に装着し、街路灯の高さ約 2.5m に設置した。

②街路樹の有無による街路温熱環境改善効果

街路樹はその下を歩く歩行者の温熱環境を緩和するとともに、街区スケールでも顕熱を減少させ、ヒートアイランドを抑制する効果が期待される。そこで、街路樹の有無による顕熱の違いを測定し、街路樹によるヒートアイランド緩和効果を評価した。測定を行った中央区八丁堀・入船地区にある東京都労働スクエアの跡地は、幅約 40m の細長いアスファルト舗装となっている。また、新大橋通りを挟んで反対側にある同じ幅員の中央区立桜川公園は、樹木が列植的に配植され街路樹の密な街路と考えることができる。そこで、労働スクエア跡地を無街路樹道路、桜川公園を有街路樹道路として設定し計測を行った。植生調査を行った結果、有街路樹道路は樹高 6～22m の樹木が植栽されており、植被率は約 52%である。地面は一部にコンクリート舗装部分があるものの、地面の多くが芝生と裸地で覆われている。計測エリア図を図 2 に示す。計測期間は平成 20 年 8 月 19 日～9 月 5 日である。顕熱の測定にはシンチロメータ（Scintec 社製

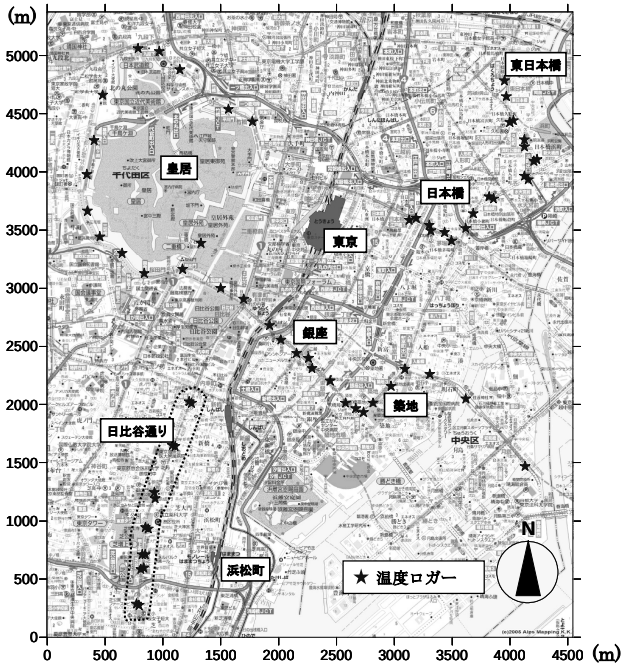


図 1. 気温分布の測定地点マップ(出典：Alps Mapping K.K)

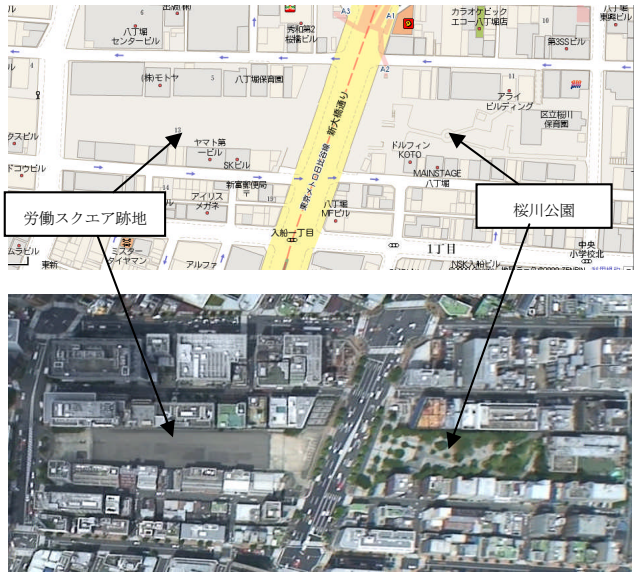


図 2. 計測エリアの地図（上）および空中写真（下）（地図出典：Google Map）

図 3. シンチロメータの設置状況（左図：無街路樹道路地上、右図：有街路樹道路屋上）

SLS-20）を用いた。シンチロメータは送受光器間でのレーザー光の揺らぎを計測し、揺らぎの大きさと 2 本のレーザー光での揺らぎの相関から顕熱を算出する計器である。一般に使われる超音波風速計よりも測定対象エリアが広く、送受光器間での平均的な顕熱を計測できるため、さまざまな構造物で覆われる都市には有利である。図 3 に測器の設置状況を示す。

(2)街路樹植栽に伴う温熱環境改善効果の予測

街路樹植栽に伴う温熱環境改善効果を、汎用の屋外放射環境シミュレーションツール「サーモレンダー」（エーアンドエー㈱）を用いて予測した。本ツールは、対象とする街区の全表面での熱収支計算を行い、全表面温度分布を算出するもので、建物や樹木の形状、材料等の再現により、温熱環境を予測するものである。本ツールを用いて、街路における表面温度と、MRT（平均放射温度：全方向から受ける熱放射を、平均化して温度表示したもの）の改善効果について調べた。

## 3　調査結果

（1）都道街路空間内における温熱環境の測定

①街路樹の有無による気温の違い

気温については、街路樹や緑地帯が存在する清洲橋通りと日比谷通りを中心に検討した。

清洲橋通りの明治座付近にあるケヤキ並木によるとみられる気温低下効果を調べたところ、街路樹のない道路よりも街路樹がある道路のほうが気温が低く、気温低下量は最大で約 1.5℃であった（図 4）。風向依存性は不明確であるが、日射量が大きくなる最高気温時頃にやや大きくなる傾向が認められた。

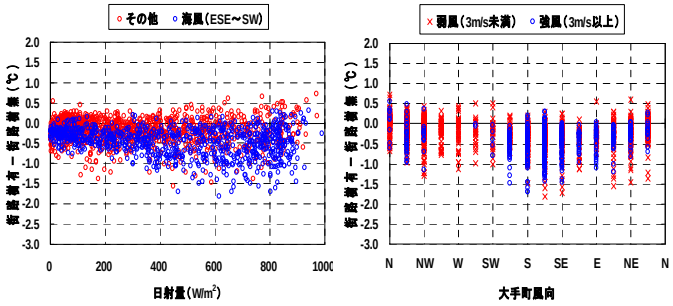


図 4.　街路樹による気温低下量（左図：日射量との関係、右図：風向との関係）

②街路樹の有無による温熱環境の違い

図 5 は、観測期間中における無街路樹道路（労働スクエア跡地）および有街路樹道路（桜川公園）の顕熱の日変化を、また、図 6 は、最も日射量が多く高温となった 9 月 3 日の顕熱の時間変化を示したものである。

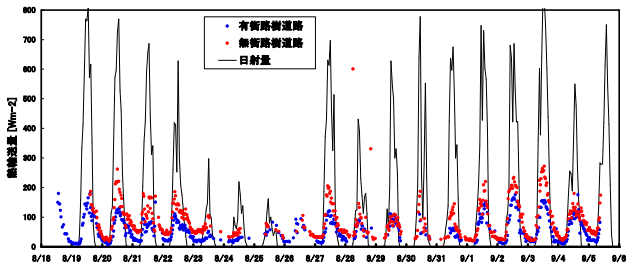


図 5.　無街路樹道路および有街路樹道路における顕熱の日変化

両図から明らかなように、有街路樹道路は、無街路樹道路に比べて日中の顕熱が低く、有街路樹道路の顕熱は無街路樹道路の約 5～6 割となっていた。したがって、道路の約半分を緑化することによって、ヒートアイランドの主要因とされる顕熱が日中平均で 4～5 割削減されることが明らかとなった。

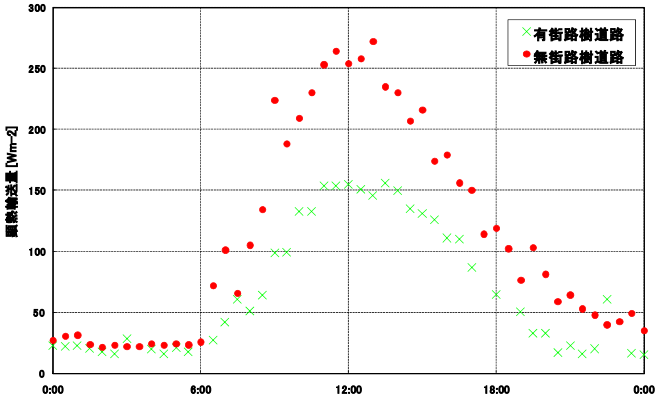


図 6. 晴天日（9 月 3 日）における無街路樹道路および有街路樹道路の顕熱の時間変化

③表面温度の違い

図 7a に、2007 年に上空 600m よりサーモカメラによって撮影した有街路樹道路（桜川公園）と無街路樹道路（労働スクエア跡地）の熱画像を、図 7b には、2008 年夏期に地上より撮影した熱画像をそれぞれ示す。

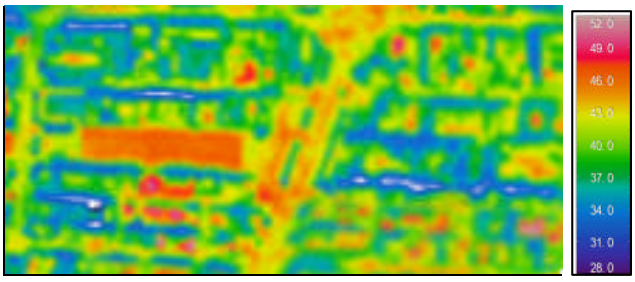

図 7a. 上空 600m から撮影した熱画像（2007 年 8 月 7 日 12 時、放射率 1.00、下図は実画像）

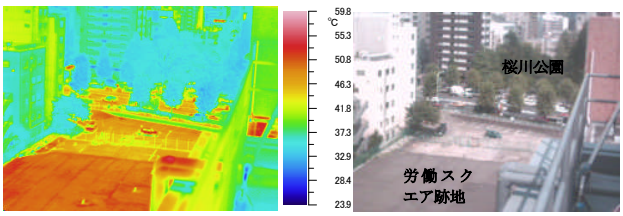


図 7b. 地上ビル屋上から撮影した熱画像（2008 年 8 月 19 日 13 時 40 分、放射率 1.00、右図は実画像）

両図より、無街路樹道路に比べて有街路樹道路は表面温度が低く、快適な温熱環境となっていることが示唆された。図 7b の熱画像から両街路の表面温度を比較すると、無街路樹道路のアスファルト舗装では約 50℃となっていたのに対し、有街路樹道路の樹木表面は、平均で約 35℃を示しており、15℃近い温度差が見られた。

(2) 都道街路空間内における街路樹植栽等対策の実施に伴う温熱環境改善効果の予測

①無街路樹道路への植栽による暑熱環境緩和効果

無街路樹道路において幅約 40m×長さ約 120m の仮想街路空間に樹高の異なる樹木（樹高 10m と樹高 20m）を計 20 本配置することによる街路環境の暑熱環境緩和効果を検討した。図 8 に、“樹木なし”と“樹高 10m”を比較した表面温度の結果を時刻別に示す。6 時及び 18 時については両ケースとも表面温度分布にほとんど差が生じなかったが、9 時においては、緑陰部分がコンクリート面とほぼ同じ表面温度で約 32℃となり、“樹木なし”の仮想街路空間の約 4 割を緑陰部分が占めている。緑陰範囲内の表面温度については外側が若干高いものの大差はなかった。12 時及び 15 時においては緑陰部分がコンクリート面よりも表面温度が低くなり、緑陰範囲は 9 時と同様に仮想街路空間の約 4 割を占めている。12 時については緑陰内の表面温度に差が生じ、中心部は縁部分よりも約 2℃低かった。

図 9 に“樹木なし”と“樹高 20m”を比較した表面温度の結果を時刻別に示す。図 8 と比べて異なる点として、“樹高 20m”のケースは 9 時・12 時・15 時で緑陰面積が広く、“樹木なし”のケースにおける仮想街路空間全体の約 8 割を占めている。さらに 12 時及び 15 時において北側建物群の南側正面に周囲の建物表面温度より約 3℃低い緑陰範囲を形成しているのがわかる。

図 10 に“樹木なし”と“樹高 10m”を比較した MRT の結果を時刻別に示す。①で示したように 6 時及び 18 時では緑陰範囲の MRT が周辺よりも若干高くなっている。また、9 時及び 15 時において緑陰部分の MRT は周辺部分よりも約 1℃低いが、効果の現れている範囲が仮想街路空間全体の約 1 割であった。また、12 時では緑陰部分がアスファルト面よりも約 2℃低く、効果範囲は仮想街路空間全体の約 1 割であった。

図 11 に“樹木なし”と“樹高 20m”を比較した MRT の結果を時刻別に示す。図 9 と異なる点として 6 時及び 18

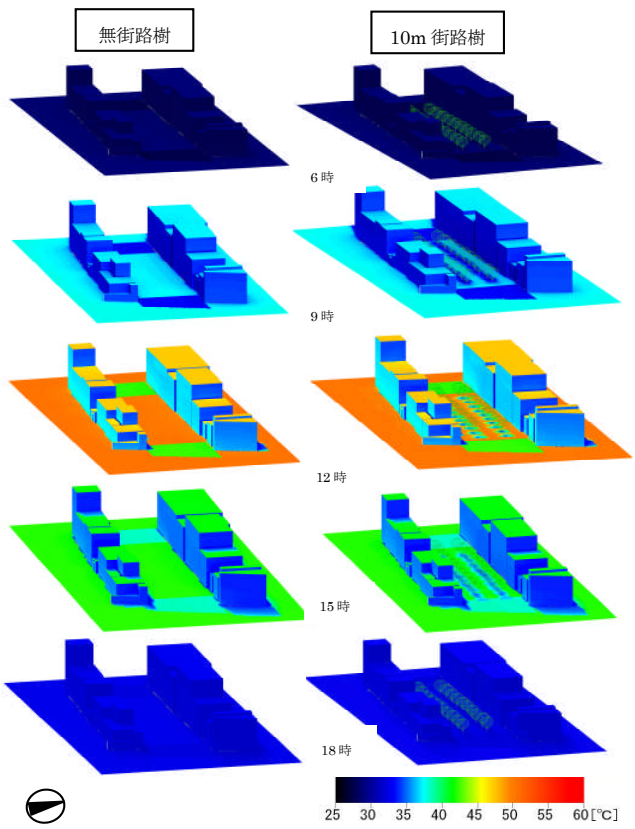


図 8.　時刻別表面温度分布（樹高 10m の場合）

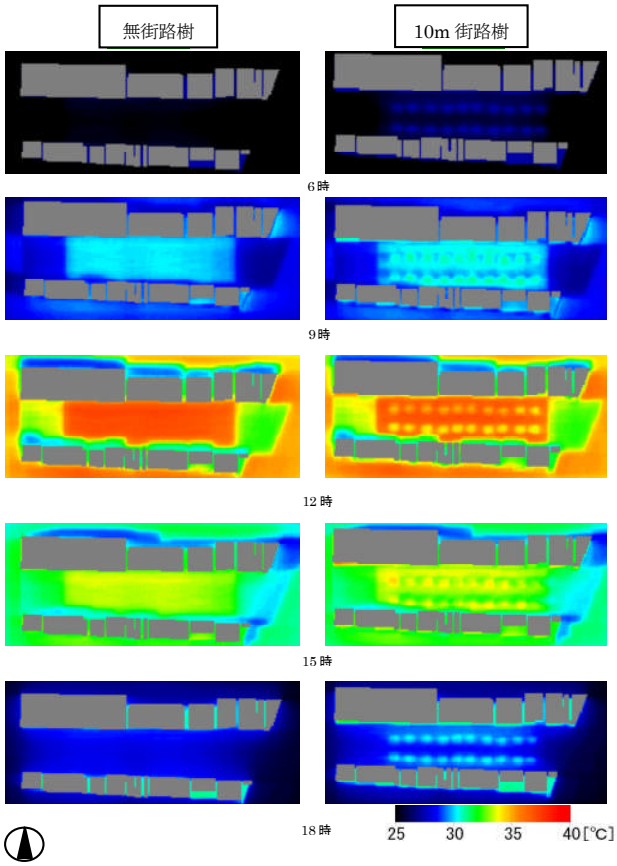


図 10. 時刻別の MRT 分布（樹高 10m の場合）

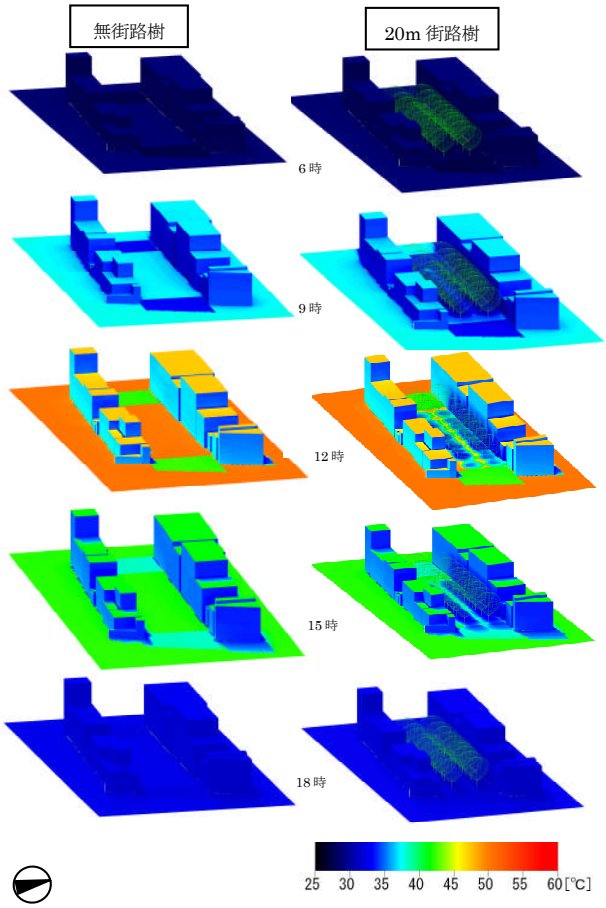


図 9.　時刻別表面温度分布（樹高 20m の場合）

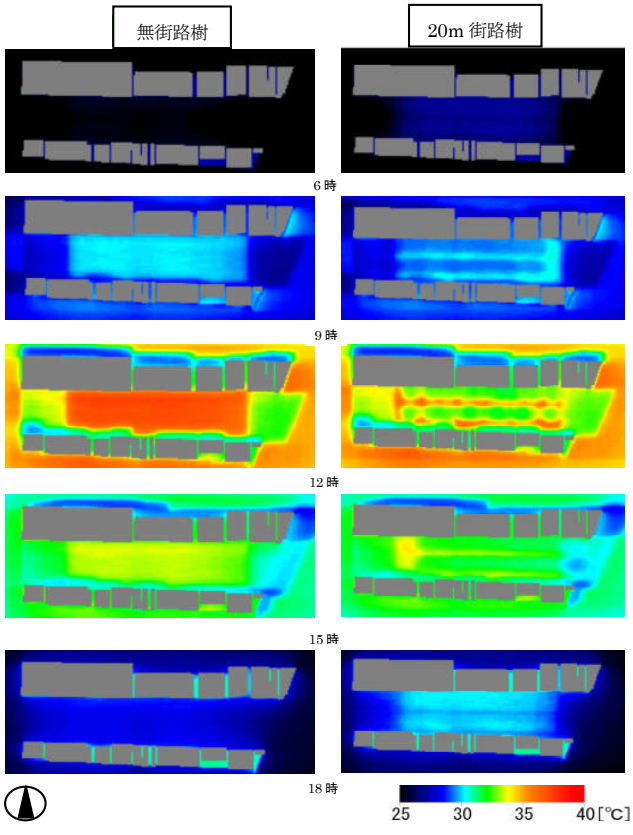


図 11. 時刻別の MRT 分布（樹高 20m の場合）

時において周辺より高いMRT値を示す範囲が広いことである。また、9時及び15時においてアスファルトよりも低いMRT値を示す範囲が広く、仮想街路空間全体の約8割を占めている。12時ではアスファルトよりMRTが約3℃低い範囲がやはり仮想街路空間全体の約8割を占めている。

以上のように、街路空間に樹木を植えることで緑陰が発生し、表面温度低減や放射環境改善が確認できたが、樹木の樹高によって効果に差が生じ、幅約 40m×長さ約120mの仮想街路空間全体では樹高20mの樹木を計20本配置することで空間全体の放射環境が改善されたのに対し、樹高10mでは緑陰範囲は形成されるものの顕著な放射環境改善は確認できなかった。連続し、かつ、広範囲な緑陰形成を図るためには、樹高および樹木本数に対する十分な検討が不可欠であると考えられる。

## 4. まとめ

大都市オフィス街をモデル地区とした熱環境管理の推進を目的に、都市緑化や緑地の保全等ヒートアイランド対策効果に関する調査を行った結果、以下の知見を得た。

①実在街路空間を対象に、街路樹や大規模公園・緑地帯等の効果を調べた結果、最大で約 1.5℃の気温低減効果をもたらしていることがわかった。

②街路樹によるヒートアイランド緩和効果を評価するために、有街路樹道路と、無街路樹道路における温熱環境を測定した結果、有街路樹道路は、無街路樹道路に比べ、顕熱がおよそ4～5割削減されていた。

③街路樹植栽に伴う温熱環境改善効果をシミュレーションした結果、12時の有街路樹道路では、緑陰となっている地面の表面温度が、砂利面の表面温度よりも約 5℃、無街路樹道路のアスファルト面よりも約 14℃低かった。また、無街路樹道路のアスファルト部分を幅約 40m×長さ約 120m の仮想街路空間とし、樹高の異なる樹木を計20 本植樹したと想定しシミュレーションを行った結果、12時において樹高20mのケースはアスファルト面よりも表面温度で最大約 15℃低い範囲が仮想街路空間面積の約8割を占めていたが、樹高10mでは4割程度にとどまっていた。 MRT 値に関しては、12 時における樹高 10mのケースの場合、周囲のアスファルトと同じMRTを示す範囲がほとんどであるが、樹高20mの場合は、アスファルトよりも約3℃低いMRT値を示す範囲が仮想街路空間全体の約8割を占める結果となった。樹高20mのケースでは、仮想街路空間の放射環境がかなり改善されたのに対し、樹高10mでは緑陰範囲は形成されるものの顕著な放射環境（MRT）の改善は期待できないことが明らかとなった。

謝辞

本調査にあたり、環境省自然環境局皇居外苑管理事務所、国土交通省東京国道事務所、同気象庁地球環境・海洋部、東京都建設局第一建設事務所、東京都土木技術支援・人材育成センター、中央区土木部、同環境部、㈱カントー、ミツヤゴルフ㈱、共伸ビルサービス㈱、㈱沢京の関係各位に大変お世話になりました。記して厚く御礼申し上げます。

なお、本報告は、環境省「平成20年度大都市オフィス街をモデル地区とした熱環境管理推進事業」委託業務の一部を取りまとめたものである。