

〔報告〕

# 緑を活用した都市の熱環境改善に関する研究 — 皇居、大丸有および日本橋・銀座地区における温熱環境の実態 —

横山 仁 安藤 晴夫 成田 健一\* 菅原 広史\*\* 岡田 朋和\*\*\* 石井康一郎

(\*日本工業大学 \*\*防衛大学校 \*\*\*現・東京都環境局都市地球環境部)

## 1 はじめに

都市化の進行に伴って、東京都心部の緑は減少し、市街地の緑は希少となってきた。こうした緑の減少に対し、都はこれまで「緑のマスタープラン」や「緑の東京計画」を策定し、緑の創出や保全の取組を続けてきた。

緑のヒートアイランド緩和機能に着目した場合、都市における緑地は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知られているほか、シミュレーション等の研究においても都市緑化の効果がヒートアイランド対策として特に大きいことが示されている。しかし、今後新たに都心部へ大規模緑地を創出することは、現実的にほぼ不可能であることから、オフィス街に点在する既存の公園緑地が持っている機能を定量的に把握することが重要である。

そこで、東京駅周辺のオフィス街である大手町・丸の内・有楽町・日本橋・銀座地区と、隣接する大規模緑地としての皇居および皇居外苑を対象として、気温・熱環境等を中心とした実測調査を行なった。

## 2 調査の概要

### (1) 調査内容

調査は、高緑被率街区（皇居・皇居外苑、日比谷公園）と低緑被率街区（大手町、丸の内、有楽町、日本橋、銀座地区）を対象に以下の測定を実施した。

#### ① 地表面温度分布

高緑被率街区と低緑被率街区において地表面温度を測定し、両街区の地表面温度の違いを検討。

#### ② 緑地からの冷気のにじみだし効果

皇居・皇居外苑、日比谷公園から延びる幹線道路の気温、風向風速を測定することで、日中および夜間における大規模緑地からの冷気のにじみだし効果を検討。

#### ③ 街区熱環境

高緑被率街区と低緑被率街区において街区内の顕熱を測定し、緑被率の異なる街区における熱環境を検討。

### (2) 調査項目

測定項目および測定機器を表1に、測定点を図1に示す。測定は2007年7月～9月にかけて行った。

表1 調査・測定項目と測定機器

調査項目	調査地点	測定項目	測定機器	型番	備考
地表面温度分布	高緑被率街区 低緑被率街区	表面温度分布	サーモカメラ	NEC三栄 TS7302	8月7日12時、21時
緑地からの冷気 導入効果	高緑被率街区	冷気流 (にじみ出し)	デジタル百葉箱	VAISALA WXT510	夜間(18時～6時)のみ
			超音波風速計	ブリード Wind Sonic	
			おんどとり	T&D おんどとりTR	
	低緑被率街区	垂直温度分布	おんどとり	T&D おんどとりTR	8月6日～8日の夜間
街区熱環境	高緑被率街区	気温分布	おんどとり	T&D おんどとりTR	
	低緑被率街区	顕熱フラックス (シンチレーション)	シンチロメータ	Scintec BLS900	建物屋上(約60m)に 送受信機設置
		放射収支	長短波放射計	ブリード CNR1	高さ110mに設置
		顕熱フラックス (露相法)	超音波三次元風速温度計	KALJO SAT	高さ110mに設置
		顕熱フラックス (シンチレーション)	シンチロメータ	Scintec BLS900	建物屋上(約60m)に 送受信機設置
潜熱フラックス	赤外線温度変動計	LI-COR CI7500	高さ110mに設置		
温度度計	通風式温度度計	英弘精機 MH202S	高さ110mに設置		

## 3 調査結果

### (1) 地表面温度分布及び気温分布

2007年8月7日12時における表面温度分布を図2に示す。図は上空をヘリコプターで移動しながら撮影した熱画像を張り合わせて作成したものである。射出率は1.00で固定し特に補正等は行っていない。表面温度は、建物屋上や道路等のコンクリート・アスファルト面が高く、緑地や水面で低い傾向が認められた。ただし、道路や建物のすべてが高温となっているわけではなく、道路の方位や周辺の環境、建物屋上の形状や構造（コンクリート仕上げかグレーチングか）等によって違いがみられた。また、道路では高幅員道路や交差点で表面温度が高い傾

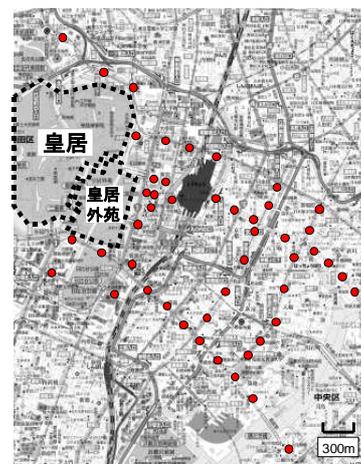


図1 調査エリアと測定点

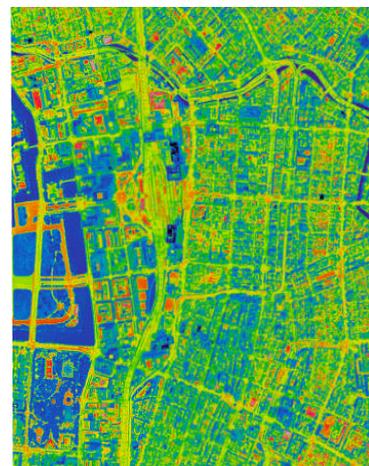


図2 2007年8月7日12時における表面温度分布

向が認められた。一方、皇居外苑や日比谷公園に代表される緑地やお濠や日本橋川等の水面の表面温度が低く、緑地では特に、芝生よりも樹木の表面温度が低かった。

図3に日中の13~14時における1時間平均気温(海風が卓越した8/6・12・15の3日間平均値)について皇居外苑エリアを含めた等温図を示す。測定の結果、皇居外苑内は市街地に比べ、約1~2℃低いことが確認できた。

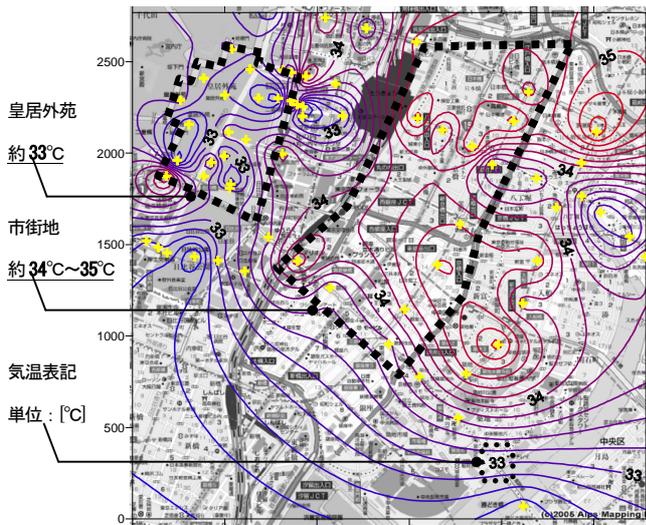


図3 皇居周辺の気温分布  
(海風が卓越した8月6, 12, 15日13~14時の1時間平均値)

(2) 緑地からの冷気のにじみだし効果

晴天・静穏な夜間、都市内の緑地から周辺市街地に向かって冷気の「にじみ出し」現象が起こっていることが報告されている。ここで言う「にじみ出し」とは、静穏な夜間に重力流的に冷気が全方位に流出する現象を指しており、一般風による乱流拡散を伴う風下市街地への冷気の移流現象とは異なる。現在、皇居外苑に隣接する丸の内街区では、皇居からの冷気を利用した街づくりが検討されている。ここでは、皇居周辺での冷気のにじみ出し現象の実態と、丸の内街区への波及効果について検討した。

図4に、にじみ出し発生夜の風向・風速と気温の時系列変化の一例を示す。二重橋の地点に注目すると、午前0時頃を境に風向が南よりから西北西に変わり、それと同時に約1℃の気温低下が生じている。北側の桔梗門でもほぼ同様の変化が認められるが、風向は二重橋ほど安定していない。これは測定点と濠の地形の関係による差と思われる。行幸通や馬場先門でも明確な風向変化と気温低下がみられるが、先の2地点に比

べると30分~1時間遅くなっている。

このときの濠の水温は気温より高いが、濠を越えた地点(国道北)でも馬場先門とほぼ同じ時刻に変化がみられることから、濠の存在による遅れはそれほど大きくない。

図5に、桔梗門から東京駅に至る測線に沿った気温差のisoplethを示す。ここでの基準温度は、東京駅周辺の4点の平均値を用いている。なお、図には桔梗門と国道北の2地点における風向風速も併示した。冷気フロントが濠の対岸へ到達する遅れは小さいが、日比谷通りを越えて丸の内街区に広がるまでに約1時間半の遅れが生じていた。そして、最も冷気が拡大した3時~4時半には、冷気先端が東京駅付近まで達していた。

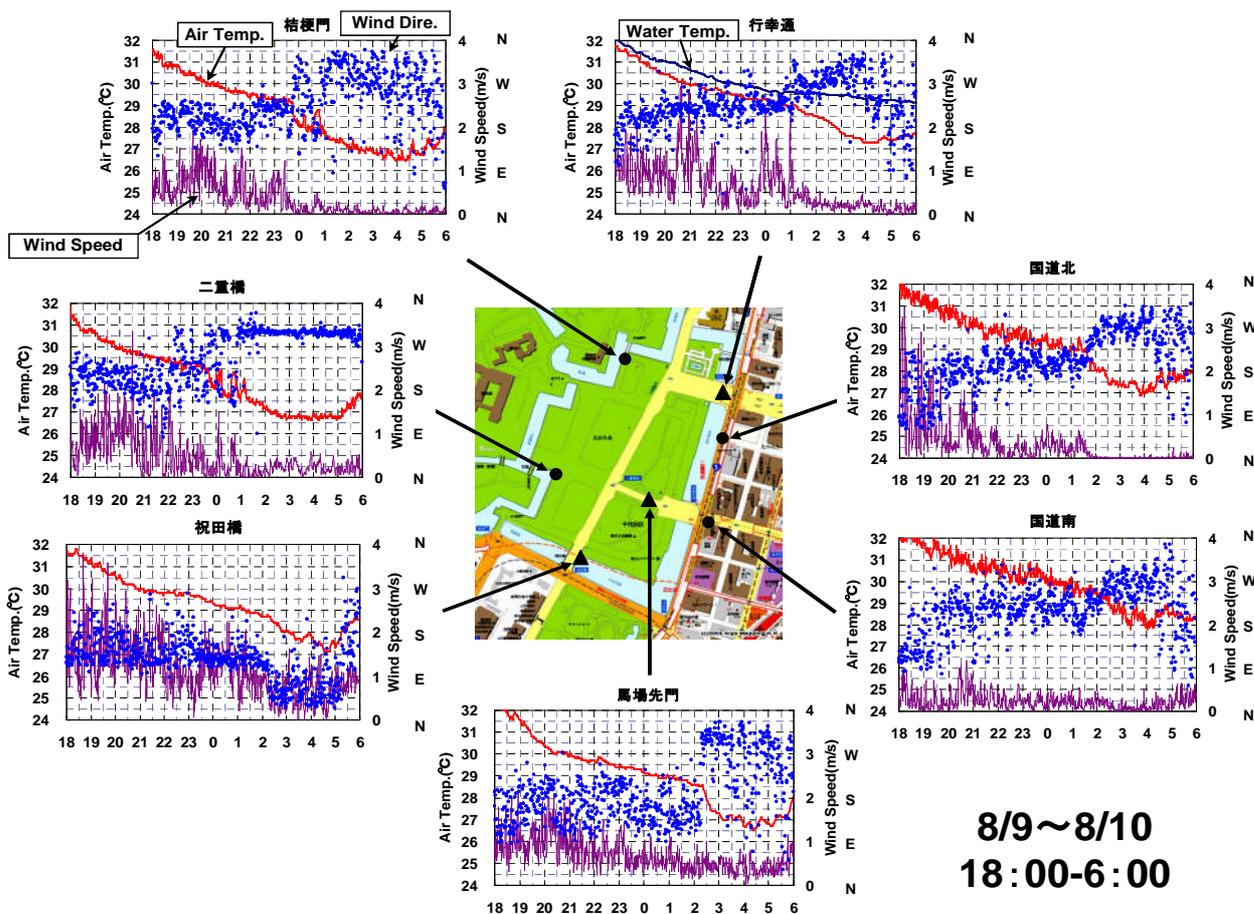
図6は、皇居外苑内に高所作業車を設置して測定した気温の鉛直分布(8月6日~7日)である。最も冷却した時間帯には、地上14m以下の層では、上空110mよりも低温となっている。明確な冷気層の厚さは17~18m程度と思われる。

図7は今回補足的に測定した、皇居北側の竹橋周辺の濠端の気温変化を表わしている。なお、参考として皇居外苑と東京駅丸の内南口地点の値を併示した。皇居北側の地点でも、外苑とほぼ同様の気温低下が認められることから、ここでも冷気のにじみ出しが起こっていたと推測される。また、比較のため、気象庁の大手町の気温変化を示したが、濠端の気温が最も低下した1時~2時の時間帯には、大手町の気温にも冷気のにじみ出しによると思われる影響が現れている。

(3) 街区熱環境

緑被率の異なる街区における熱環境の違いを検討するために、高緑被率街区と低緑被率街区における顕熱フラックスの測定を行った。全体の測定機器配置を図8に、測定機器の設置状況を図9に示す。調査対象街区として設定した皇居・皇居外苑と八重洲・銀座地区は、植生量が大きく異なり、それぞれ高緑被率街区、低緑被率街区と位置づけることができる。

街区熱環境を調べるため、シンチロメータを用いた顕熱フラックスの計測を行った。シンチロメータは皇居・皇居外苑を挟んだ建物A、Bの屋上(高さ60m以上)に送信機、受信機を設置した。低緑被率街区では建物C、D屋上(高さ60m以上)に送信機、受信機を設置した。



8/9~8/10  
18:00-6:00

図4 にじみ出し発生夜の風向・風速、気温の変化の一例 (1分平均値)

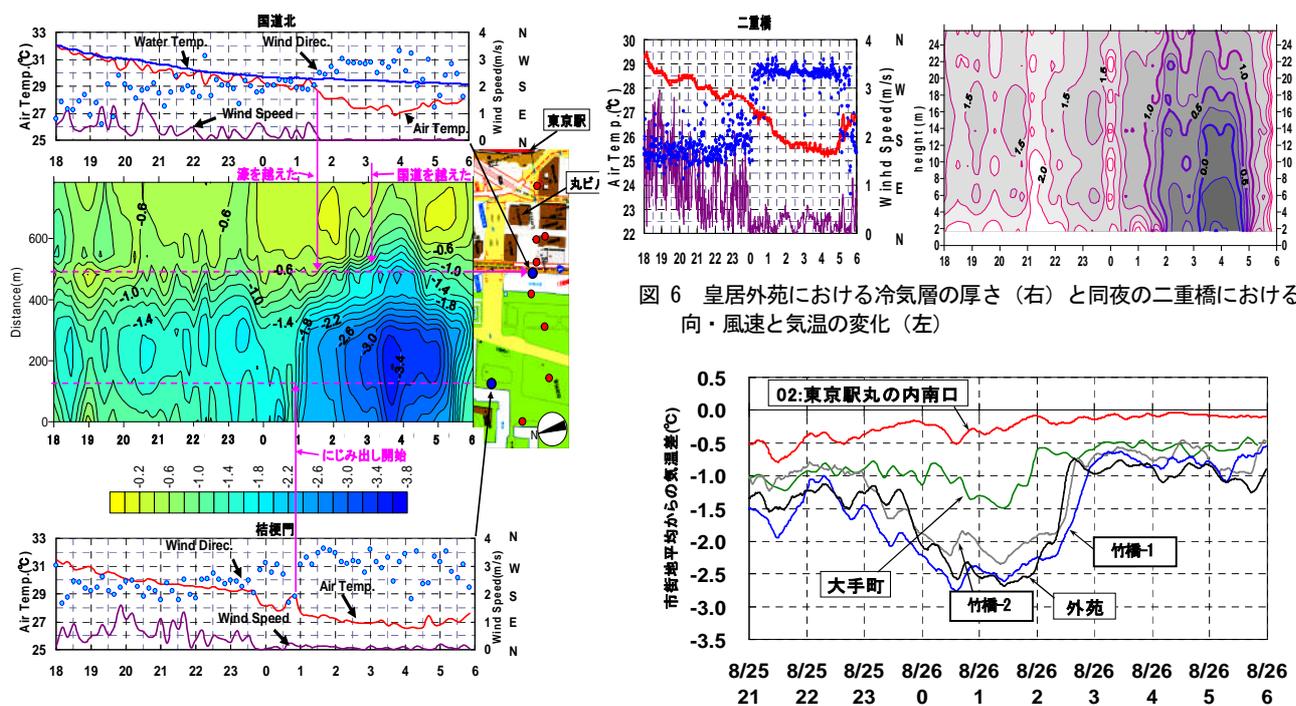


図5 桔梗門～東京駅測線の気温差 isopleth (8/9~10)

図7 皇居北側でのにじみ出しの一例—大手町への影響

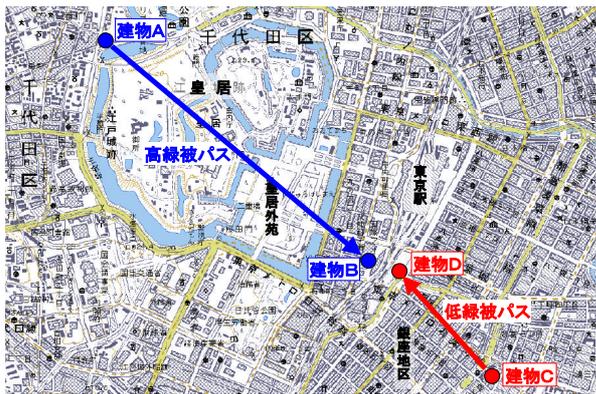


図8 測器設置の配置図 (矢印は光の送信方向を表す)

また、低緑被街区では、建物D屋上鉄塔(地上高110m)に超音波風速計と水蒸気変動計を設置し渦相関法による顕熱・潜熱フラックスの計測も行った。今回対象とした街区の建物高さは最大でも50m程度であり、一般に、フラックス計測には建物高さの2倍の高さが必要とされており、この鉄塔での計測はフラックス測定条件を満たしていると考えられる。この鉄塔では正味放射計による放射量(日射量、赤外放射量)の計測もあわせて行った。



図9 測定機器の設置状況

解析は、計測期間中において天候に恵まれた8月6～15日について行った。

低緑被および高緑被街区における日中(9～18時)のシンチロメータによる測定結果を図10に示す。正午付近の値と比較すると、高緑被街区での顕熱フラック

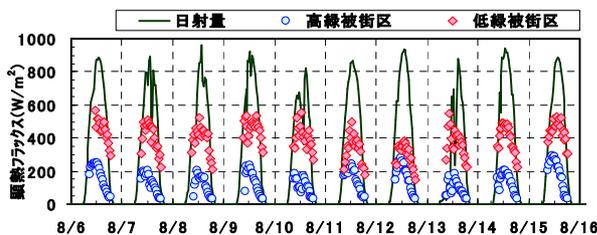


図10 低緑被街区と高緑被街区の顕熱フラックス

スは低緑被街区の約4割程度となっていた。また、低緑被街区では、日射量の約60%に相当する量が顕熱フラックスとなっているのに対して、高緑被街区ではおよそ25%にとどまった。これには緑被量の違いだけで

なく、人工的な排熱の有無も関係しているものと考えられた。

#### 4. まとめ

今回の測定から以下のことが明らかとなった。

- (1) 地表面温度は、建物屋上や道路等のコンクリート・アスファルト面で高く、緑地や水面で低い傾向が認められた。ただし、道路の方位や周辺の環境、建物屋上の形状や構造(コンクリート仕上げかグレーチングか等)等によると思われる違いがみられた。
- (2) 正午頃の表面温度は皇居外苑や日比谷公園に代表される緑地のほか、皇居のお濠や日本橋川等水面で低かった。緑地では、芝生よりも樹木の樹幹面の表面温度が低かった。
- (3) 日中(13～14時)の皇居外苑内の気温は市街地に比べ、約1～2℃低いことが確認できた。
- (4) 皇居外苑からにじみ出した冷気は、丸の内街区まで流出していることが確認された。ただし、水温の高いお濠や表面温度の高い道路の存在が、冷気の流出の妨げとなっていることが示唆された。
- (5) シンチロメータを用いて、低緑被街区と高緑被街区の顕熱を計測した結果、高緑被街区における顕熱フラックスは低緑被街区のおよそ4割であることがわかった。これには緑被量以外に、人工排熱の有無が影響しているものと考えられた。

#### 謝辞

調査・観測に際し、環境省皇居外苑管理事務所、住友不動産(株)、(株)東京国際フォーラム、中央区役所、(株)飛鳥建設、三菱地所(株)、気象庁、および東京都土木技術センターの関係者の方々に大変お世話になりました。記して深く感謝申し上げます。

本報告は、環境省委託事業「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」の一部をとりまとめたものである。