

水面及び緑地が都市域の熱環境・風環境に与える影響に関する数値実験的研究

法政大学大学院デザイン工学研究科 学生員 落合 岳士
法政大学デザイン工学部 非会員 坂本 翔太
法政大学デザイン工学部 正会員 鈴木 善晴

1. 研究の背景と目的

都市部でのヒートアイランドに代表されるような特殊な都市気候が、気温上昇の要因となっていることは古くから研究されている。ヒートアイランド現象の原因として、コンクリートやアスファルト面の増加による地表面被覆の人工化、オフィスビルや交通機関など都市機能を維持する人間活動に伴う排熱などが挙げられる。ヒートアイランドによる気温の上昇は、熱中症などの健康被害や日常生活の不快感を増大させるとともに、空調の稼働に伴う消費エネルギーの増加、集中豪雨の発生など様々な形で人間生活へ影響を与えるようになってきている。その緩和策として自然環境の効用を重視した緑地や水面の効果が期待されており、屋上緑化、壁面緑化、街路樹、公園、森林、都市河川などを対象とし、熱環境への影響に関する研究が多くみられる。特に大規模緑地においては、そのクールスポットとしてのマスの大きさや、夜間におけるにじみ出し現象などの広域への効果が期待されている。

本研究では、緑地や水体などの土地利用が都市域の熱環境や風環境に対して与える影響を明らかにするため、領域内における各熱輸送量の変化率、風環境の変化、歩行者レベルにおける暑熱環境に対する指標などに着目し、対象領域の大規模緑地や水体を土地利用変化させ、異なる気象条件の下、実験的なシミュレーションを行った。

2. モデルの概要とその計算条件

本研究では、領域気象モデル WRF¹⁾ (The Weather Research and Forecasting Model) を用いてシミュレーションを行った。同モデルは、米国大気研究センター、米国環境予測センター、米国海洋大気庁、米国空軍気象局などが中心となり、実用的な天気予報とそれに関連する研究のために開発された現在において最新の気象モデルである。主な特徴として、予報方程式からなる雲物理モデル、日射量、大気放射量などの放射モデル、地表面温度、土壌温度、土壌水分量、積雪量などの地表面モデル等、多数の力学法則が取り入れられていること、モデルに様々な観測値をなじませる手法(データ同化)が整備されていること、数キロメートルから数千キロメートルと言った幅広い領域に対応できることがあげられる。

本研究では、初期値及び境界条件として、大気データ及び海面水温データは NCEP (アメリカ環境センター) から提供されている FNL データを用いた。地形標高には USGS (U.S. Geological Survey) 提供の緯度・経度 30 秒 (約 0.925 km) の分解能のデータを用い、土地利用データは国土数値情報土地利用細分メッシュ (100m メッシュ) を使用した。対象地域を中心にネスティング手法を用いており、Domain1 には解像度 500m の 100 × 100 格子、解析の主な対象となる Domain2 は解像度 100m の 100 × 100 格子とした。計算日時は、夏季の風環境に顕著な変化を含む 2007 年 8 月 3 日 0 時~7 日 24 時の 5 日間とした。

対象とする領域は、東京都市ヶ谷を中心とした都市域における水面・緑地環境に着目し選定した。本研究では、大規模緑地である皇居外苑に 3 ケースの土地利用変化を与え、各ケースに対して人工排熱を考慮する場合としない場合を選定し、以下の 6 ケースについてシミュレーションを行った。

CaseA-1: 現状	CaseB-1: 現状 (人工排熱なし)
CaseA-2: 皇居外苑を都市化	CaseB-2: 皇居外苑を都市化 (人工排熱なし)
CaseA-3: 皇居外苑を水体化	CaseB-3: 皇居外苑を水体化 (人工排熱なし)

Domain2 における CaseA-1, CaseA-2, CaseA-3 の土地利用状態を図-1 に示した。なお、土地利用を変化させる際には、国土数値情報の利用分類の No.1 (黒色: 都市), No.16 (白: 水体), No.15 (ピンク: 混合林), No.19 (赤: 不毛または疎かな植生) を使用した。本研究で使用した土地利用状態は必ずしも各地の土地利用状態を正確に表しきれない場合があるが、本研究では土地利用変化による相対的な影響の違いに着目して解析を行った。

3. 結果と考察

以下では、日平均風速が強い 4 日と弱い 6 日のシミュレーション結果について述べる。本研究での解析の手順として、まず対象領域における気温の日変化を各ケースごとに比較した後、領域内における各熱輸送量の変化率、風環境の変化、暑熱環境に対する指標などを用いて都市域の大規模緑地周辺の熱環境・風環境に及ぼす影響について解析を行った。なお、評価領域を図-1 の CaseA-1 で示した領域とする。図-2 に 4 日と 6 日における CaseA-1 と CaseA-2 の気温変化、図-3 と図-4 おいて、4 日の各ケースの評価領域における気温変化、各ケースの評価領域における風速の発生頻度分布を示す。

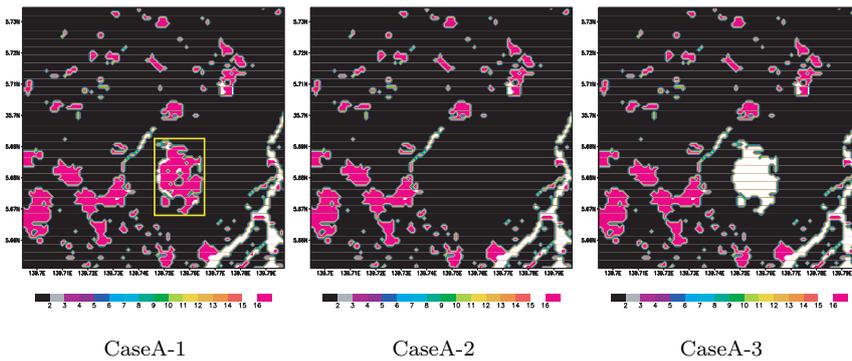


図-1 各ケースのシミュレーションに用いた土地利用状態

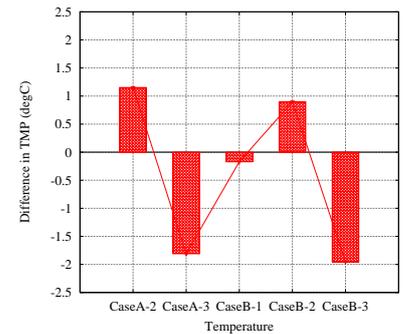


図-3 各ケースの評価領域における気温変化

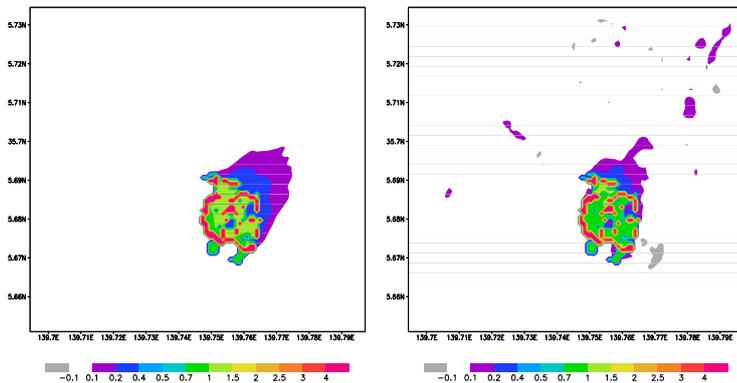


図-2 4日と6日における CaseA-1 と CaseA-2 の気温変化

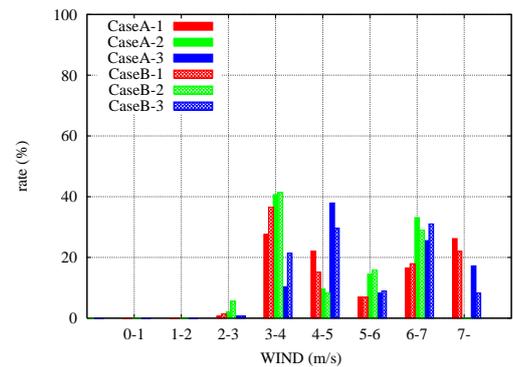


図-4 評価領域における風速の発生頻度分布

土地利用状態による気温への影響を考察するために、4日と6日における CaseA-1 と CaseA-2 の気温変化を比較すると、図-2 にて4日、6日ともに土地利用変化をさせた領域で 1 以上の気温上昇がみられる。周辺への影響として、風上側では気温の変化はみられないが、風下側に位置する都市域において、4日では約 1.8km、6日では約 1km 後方まで 0.1~0.4 の気温上昇が生じたことが分かる。影響面積としては風が弱い6日に比べ、風が強い4日の方が広範囲であるから、周辺への影響は風の影響を大きく受けると考えられる。

次に各ケースの評価領域における気温変化について考察を行う。緑地に対して水体では約 2 の気温変化があることから、気温低減効果として、緑地より水体の方が大きいことが分かる。人工排熱による影響は全ケースとも 0.1~0.3 の違いが生じているが、土地利用の違いに比べて、その影響が小さいことが分かった。

最後に風への影響を考察すると、図-4 より都市化したケースは他のケースに比べ、強風の発生頻度が低下し、弱風の発生頻度が増加していることが分かる。この結果は他の日でも同様な傾向が見られることから、都市の存在が風の強さを弱める働きがあると考えられる。

4. まとめと今後の課題

本研究では、領域内における各熱輸送量の変化率、風環境の変化、暑熱環境に対する指標などを用いて、緑地や水体が都市域の熱環境や風環境に対して与える影響を明らかにするため、対象領域の大規模緑地や水体を都市域に変化させ実験的なシミュレーションを行った。その結果、大規模緑地や水体が都市の気温を下げる働きがあり、その影響は風下側で大きく、風上側ではほとんど影響がないことがわかった。

今後は都市域における緑地や水体の形状や規模、位置の違いが熱環境の影響範囲にどれだけ関与するのかを明らかにする必要がある。例えば現状における都市環境において消失してしまった旧土地利用を再現して熱環境の評価を行い、熱環境の改善対策としての将来的な土地利用条件を提案していくことが課題の一つとして挙げられる。また土地利用変化を与えることに偏らず、同じ土地利用条件下で日照時間や風向き等の気象条件の違いの影響についても、多角的に評価することで、それぞれの関係性をより明確にすることが求められる。このような総合的環境条件を考慮した熱環境評価を検証していく予定である。

参考文献

- 1) 日下博幸：領域気象モデル WRF と都市気候研究への応用と課題，地学雑誌，pp.285-295，2011.