

# ヒートアイランドの現在と未来

○青柳暁典、藤部文昭、山本 哲、志藤文武(環境・応用気象研究部)、清野直子(予報研究部)

## 1. はじめに

この100年間、東京大手町では約3°Cの気温上昇が観測されている(Fujibe 2009)。他方、全球平均での地上気温上昇は100年で $0.74 \pm 0.18^\circ\text{C}$ であり(IPCC 2007)、大手町の顕著な気温上昇は、観測所周辺の都市化によるヒートアイランド現象の影響を受けていると考えられる。このような都市域での平均気温の上昇は、夏季の厳しい暑熱環境をさらに悪化させ、熱中症の発生を助長する可能性もあるとして近年注目されている。このため気象庁では、平成16年3月に策定された「ヒートアイランド対策大綱」に従い、「ヒートアイランド監視報告」を気候情報課から発行し、各地の気温上昇傾向やその要因分析結果を公表しているところである。

このような背景のもと、気象研究所環境・応用気象研究部では、ヒートアイランド現象等、都市特有の気象を再現可能とする都市気象モデルの開発を実施してきた。本発表では、都市気象モデルによるシミュレーション結果を利用して、関東甲信地方の過去30年間の都市化に起因する気温上昇の現状と、首都圏の都市発展シナリオに基づいたヒートアイランドの近未来像について概観する。

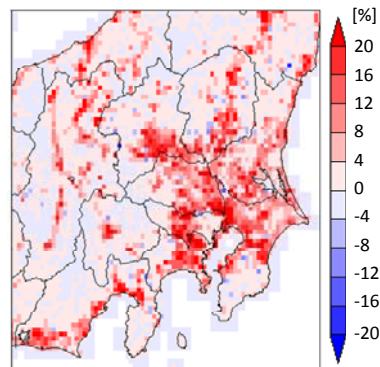
## 2. ヒートアイランドの再現

### 2. 1. 関東甲信地方の土地利用変化(都市化)

国土交通省国土計画局発行の国土数値情報には、約100mの分解能(緯度3秒、経度4.5秒)で土地利用情報が収録されている。初版の1976年度版と最新版の2006年度版とを比較すれば、その間30年間の土地利用の変化を調べることができる。第1図は、建物用地や道路などの人工地表面がこの30年間に増減した割合を表現している。東京23区の周辺地域、高速道路や鉄道に沿った地域で人工地表面が増加していることが分かる。他方、東京23区内では、人工地表面の割合の変化はほとんどない。これは、1976年当時、既に東京23区内は人工地表面に覆われていたことを表している。

### 2. 2. 実験設定

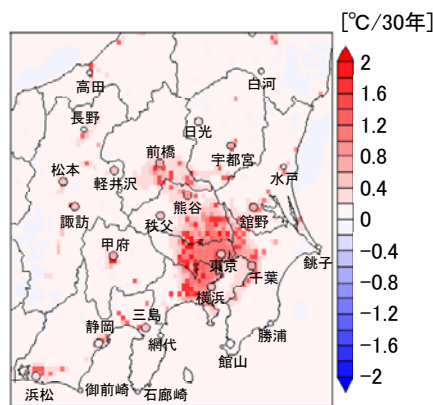
前項の土地利用情報に加え、首都圏の人工排熱マップ(妹尾ほか 2004)や東京都都市整備局の地理情報システム(GIS)データなどをもとにして、都市気象モデル(水平解像度4km)の下部境界条件を設定する(第1表)。この設定のもと、夏場(7, 8月)2か月間に相当する数値実験を実施する。



第1図: 1976年から2006年にかけての人工地表面の増減。4km格子内の面積割合の差で表示している。

第1表 数値実験の設定一覧

	実験1976	実験2006
国土数値情報	1976年度版	2006年度版
人工排熱分布	排熱なし	妹尾ほか(2004)
建物形状(高さとの比)	0.25	0.75(東京都内はGISで推定)



第2図: 実験2006と実験1976による夏季平均気温の差分(シェード)と、アメダスデータから算出した夏季地上気温の上昇量(○印:ただし、北半球平均の30年間の上昇量 $1.0^\circ\text{C}/30$ 年を差し引いている。また、○印の大きさで上昇傾向の有意性を示す)。

### 2. 3. 実験結果

第2図は、実験2006と実験1976で得られた2か月間の平均地上気温の差を表したものである。土地利用変化(都市化)の大きな領域に沿って、平均地上気温が高くなる様子が見られる。また、土地利用の変化がほとんどない東京23区内においても、人工排熱の増加や建物形状の変化(ビル群の高層化)を反映したことによる気温上昇が表現された。

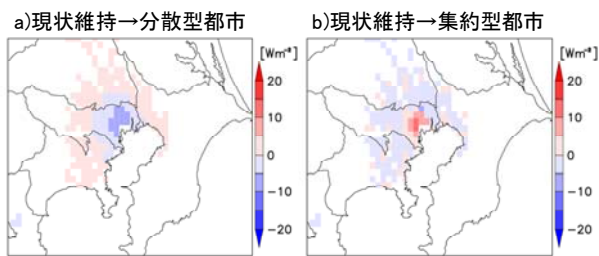
第2図には、アメダス地点における、1976年から2006年の

夏季(7, 8月)平均気温の上昇量も示されている。アメダスデータでみられるような、沿岸域よりも内陸域で気温上昇が大きい様子が都市気象モデルでも再現された。この結果は、近年における各地の気温上昇は、観測所周辺数kmの土地利用の変化に大きく影響されていることを示唆するものである。

### 3. 都市シナリオ別にみたヒートアイランドの未来像

#### 3.1. 分散型都市シナリオと集約型都市シナリオ

近未来都市シナリオとして、山形ほか(2011)の社会経済モデルによって構築された分散型都市シナリオと集約型都市シナリオ及び現状維持シナリオの3つを利用する。これらのシナリオは、2000年代の人口密度・建物密集度・交通量などを初期値とし、社会経済モデル中の法的拘束力を変化(例えば、分散型都市では、安価な燃料費・無料の高速料金・市街化調整区域の制限撤廃、等)させて将来の人口や建物の集中・分散状態を予測計算したものである。これらのシナリオをもとに、人工排熱や土地利用状態、建物縦横比などの水平分布を算定し、都市気象モデルの下部境界条件として与える。第3図には、これらシナリオの一例として、現状維持の状態から分散型都市及び集約型都市となった場合の人工排熱の変化量予測を表示する。



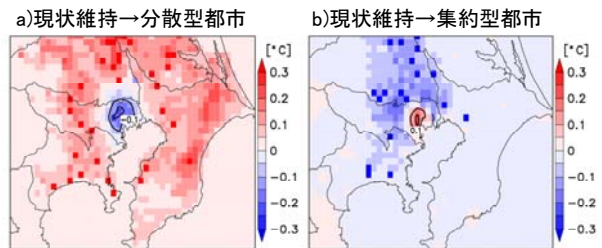
第3図: 社会経済モデルによる人工排熱変化量予測。  
ただし、法的拘束力を極端化しているため、必ずしも現実的ではないことに注意。

#### 3.2. 全球気候モデルからのダウンスケーリング

都市計画策定後の都市域の変化は、建築物の建替サイクル程度の時間経過が必要である。そこで、都市シナリオの適用可能な将来気候として、2041年～2060年の近未来20年間をシミュレーションのターゲットとする。大気の初期値・境界値は第5期気候モデル国際比較実験CMIP5(Coupled Model Intercomparison Project Phase 5)の気候モデルの一つであるMIROC-5のデータセットを用いる。これを一旦、気象庁の非静力学気候モデルNHRCMで20kmの気象場へとダウンスケーリングし、さらに、都市シナリオに基づくパラメータ設定を施した4km格子の都市気象モデルにて高解像度化する。対象期間は、近年の暑熱環境の悪化が懸念されている夏季(各年の7, 8月)とする。

#### 3.3. 実験結果

近未来の都市形態として分散型の都市シナリオを適用した場合には、夏季の平均気温を領域全体で0.06°C程度、人口増加の大きなところで最大1.1°C押し上げる可能性があることが分かった(第4図a)。これは、分散した居住区からの移動に使われる人工排熱の増加や、植生地が人工地表面に変化することによる蒸発散の減少に起因している。他方、都市の集約型シナリオを適用した場合には、人口が極度に集中する東京都心で気温が上昇(最大で0.22°C)するものの、領域全体では-0.02°C程度、人工地表面から植生地へ変化した領域で最大-0.78°Cの気温変化が予想された(第4図b)。



第4図: 都市シナリオを考慮した首都圏の近未来夏季平均気温の変化量。

### 4. まとめ

気象研究所環境・応用気象研究部で開発された都市気象モデルを用いることによって、過去30年間の土地利用変化に起因する局所的な気温上昇を再現することができた。さらに、都市シナリオに基づく近未来気候シミュレーションから、都市計画如何で将来のヒートアイランド像が変わり得ることも示された。これらの結果は、周辺の地表面状態が局地的な気候に与える影響の大きさを示すとともに、気候シミュレーションにおける地表面過程の重要性も示唆している。気候・気象の再現・予測精度向上に向け、これからも都市・植生地を含む精緻な陸面モデルの開発・改良が必要である。

### 参考文献

Fujibe, F., 2009: Detection of urban warming in recent temperature trends in Japan. *Int. J. Climatol.*, 29, 1811-1822.  
 IPCC, 2007: IPCC第4次評価報告書政策決定者向け要約, 気象庁訳, 81pp.  
 妹尾ほか, 2004: 潜熱割合を考慮した人工排熱時空間分布の推計と局地気象に対する影響, *水工学論文集*, 48, 169-174.  
 山形与志樹ほか, 2011: 土地利用モデルを用いた東京都市圏の土地利用シナリオ分析, *環境科学会誌*, 24, 169-179.

※本研究の一部は、環境省環境研究総合推進費「S5-3:温暖化影響評価のためのマルチモデルアンサンブルとダウンスケーリングの研究(平成19年度～平成23年度)」として行われた。主任研究者:高藪 出(環境・応用気象研究部)。