

over heat and cool islands, J. Meteor. Soc. Japan, 53, 440-457.

気象庁, 2002: 20世紀の日本の気候, 財務省印刷局, 116 pp.

近藤裕昭, 2001: 人間空間の気象学, 朝倉書店.

近藤裕昭, 劉発華, 1998: 1次元都市キャノピーモデルにおける都市の熱環境の研究, 大気環境学会誌, 33,

179-192.

Niino, H., 1987: The Linear theory of land and sea breeze circulation, J. Meteor. Soc. Japan 65, 901-921.

Sawai, T., 1978: Formation of urban air mass and the associated local circulation, J. Meteor. Soc. Japan, 56, 159-174.

304:306 (地球温暖化; 都市化)

1-2. 地球温暖化と都市化による気温変化について

鬼頭 昭 雄*

1. 日本の過去100年間の気温変化

気象庁では、日本国内の約150地点で地上気温の観測を行っているが、気候の経年変化の調査のためには、長期間にわたって観測を継続している地点を選んで統計を行う必要がある。気象庁(2002)は、全国17地点(網走, 根室, 寿都, 山形, 石巻, 伏木, 長野, 水戸, 飯田, 銚子, 境, 浜田, 彦根, 宮崎, 多度津, 名瀬, 石垣島)を都市化などによる環境の変化が比較的少ない地点としている。それによると全国平均した年平均気温のトレンドは+1.0°C/100年である(統計期間1901-2000年)。中小都市とはいえ、都市化の影響を除く統計的操作は行われていないので、若干の影響はあろう。第1表は環境省(2001)から引用した季節別、地域別の値であるが、夏は南ほど昇温が大きく、冬は北ほど昇温が大きく、一年を通すと全国ほぼ同じ上昇量という結果になっている。過去100年間の経年変化は地域・季節毎に異なっており、南西諸島の夏季気温は上昇し続けているが、北日本の夏季気温には数十年スケールでの大きい変化がみられる(気象庁, 2002)。

IPCC(2001)によると、過去100年間に全球地上気温は $0.6 \pm 0.2^\circ\text{C}$ (陸上では 0.7°C)上昇したとされており、日本の気温上昇量 1.0°C は全球平均値よりも大きい。モ

* 気象研究所気候研究部, kitoh@mri-jma.go.jp

第1表 日本の平均気温トレンド。単位は°C/100年, 統計期間1898-1999年(環境省, 2001による)。

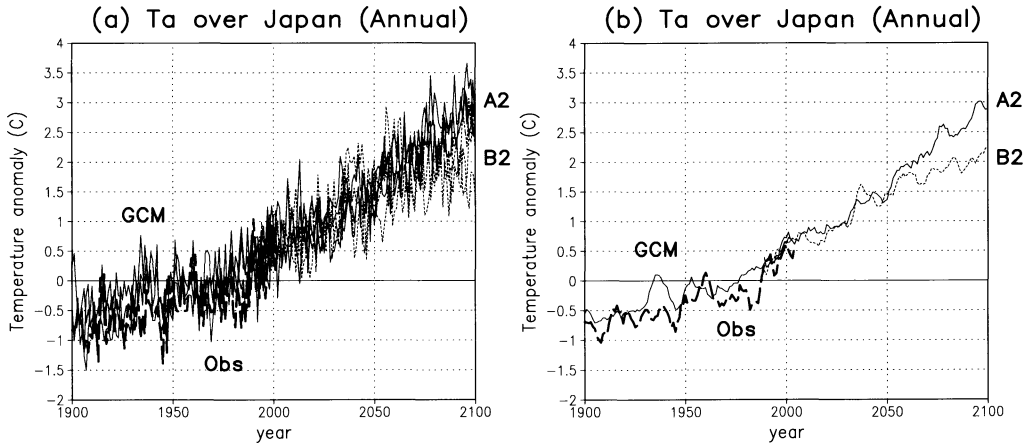
	年	春	夏	秋	冬
全国	1.0	1.3	0.9	1.0	1.0
北日本	1.0	1.3	0.5	0.8	1.5
東日本	1.1	1.4	0.8	1.0	1.0
西日本	1.0	1.3	1.0	1.0	0.8
南西諸島	1.0	1.1	1.1	1.1	0.6

第2表 日本の大都市の気温トレンド。単位は°C/100年(気象庁, 2002による)。

	年	1月	8月	Tmax	Tmin
札幌	2.3	3.0	1.5	0.9	4.1
仙台	2.3	3.5	0.6	0.7	3.1
東京	3.0	3.8	2.6	1.7	3.8
名古屋	2.6	3.6	1.9	0.9	3.8
京都	2.5	3.2	2.3	0.5	3.8
福岡	2.5	1.9	2.1	1.0	4.0
大都市	2.5	3.2	1.8	1.0	3.8
中小都市	1.0	1.5	1.1	0.7	1.4

デルによる気温の経年変化再現実験からは、日本付近は全球平均より少し高い程度であり、上述の中小都市気温にも都市化の影響は入っているものと思われる。

第2表は気象庁(2002)による大都市(札幌, 仙台, 東京, 名古屋, 京都, 福岡)の平均気温および、日最高気温と日最低気温の年平均値のトレンドである(統計期間は地点により異なる)。中小都市での年平均気温



第1図 (a) MRI-CGCM2による歴史ラン(2000年まで)およびSRES-A2とSRES-B2シナリオラン(2100年まで)について、それぞれ3アンサンブルのモデル計算により求めた日本の年平均気温偏差の経年変化。太破線は全国17地点平均の観測値。(b) (a)と同じ、ただし5年平均値で、モデル結果については3アンサンブルの平均値。

変化は100年あたり $+1.0^{\circ}\text{C}$ だが、大都市では $+2.5^{\circ}\text{C}$ もの昇温が観測されており、都市化の影響がはっきりと現れている。また8月に比べて1月の上昇量が大幅に大きい都市が多い。

全球的には、日最高気温より日最低気温の昇温が大きく、日較差が減少している(IPCC, 2001)。日本の最高気温と日最低気温の上昇量を比べると、中小都市では日最高気温が $0.7^{\circ}\text{C}/100$ 年に対し、日最低気温が $1.4^{\circ}\text{C}/100$ 年と2倍の昇温量であり、日較差が減少している。このことは大都市ではより顕著である。大都市の日最高気温のトレンドは中小都市より少し大きいものに対して、日最低気温は $3.1\sim 4.1^{\circ}\text{C}/100$ 年も上昇しており、都市化による日中と夜間の気温変化の特徴が現れている。熱帯夜の年間日数は増加、冬日の年間日数は減少しているが、ともに中小都市より大都市での変化が大きい(気象庁, 2002)。

2. モデルによる日本の気温変化の再現と予測

気象研究所では1850年以降の観測された温室効果ガス、太陽活動、火山による成層圏エアロゾルを与えた歴史ランと、1990-2100年のSRES-A2及びSRES-B2シナリオに基づく気候予測ランを行っている(行本・野田, 2002)。SRESシナリオとは2000年にIPCCにより「排出シナリオに関する特別報告書」として発表された定量的シナリオである。

第1図は歴史ランとA2およびB2シナリオランの日本の年平均気温の経年変化である。初期値の異なる

3ケースのアンサンブルモデルの計算結果を示した。太破線は観測結果で、上述の国内17地点の平均値である。図ではともに1961-1990年からの偏差で示した。気候モデルの空間解像度は約280 kmであり、地形・標高などの対応づけは困難であるが、2000年までの歴史ランのアンサンブル平均で $1.07^{\circ}\text{C}/100$ 年と実測に近い大きさの気温トレンドを再現している。また将来予測実験では、A2シナリオにより今後100年間に 2.52°C の年平均気温上昇を予測している(B2シナリオでは 1.64°C)。A2(B2)の全球平均気温変化は 2.29°C (1.45°C)であり、おおむね海上で全球平均以下、陸上で全球平均以上の変化である。環境省(2001)では、シナリオが上述のものとは異なるものの、世界の11の全球気候モデルによる二酸化炭素1%/年漸増実験の結果を比較している。それによると、日本付近では北ほど、かつ大陸に近い西ほど、上昇量が大きい特徴が見られる。また日本付近の上昇量は、全球平均よりやや大きい値となっている。ただし、シナリオが変わっても気温変化の空間パターンはあまり変わらないことが知られているため、日本の気温上昇量を求めるには、全球の平均気温上昇量を基準に推定すれば良いと考えられる。

3. まとめ

20世紀における日本の気温トレンドは中小都市で $+1.0^{\circ}\text{C}/100$ 年、大都市で $+2.5^{\circ}\text{C}/100$ 年であった。今後、地球温暖化による昇温と都市化による気温変化との相

対的割合はどのように変わるのであろうか。地球温暖化による昇温は加速することが予測されている。一方で、都市化による昇温に上限はあるのだろうか。中小都市ではどうだろうか。

今後の気候変化においては全球的な地球温暖化が加速される一方で、都市化の影響が複合的に加わってくるため、都市気候を表現するモデルの導入が温暖化予測研究においても必要であろう。

参考文献

IPCC, 2001: Climate Change 2001: The Scientific

Basis. J. T. Houghton *et al.* (eds.). Cambridge University Press, Cambridge, UK, 881pp.

環境省地球温暖化問題検討委員会温暖化影響評価ワーキンググループ, 2001: 地球温暖化の日本への影響2001, 環境省.

気象庁, 2002: 20世紀の日本の気候. 財務省印刷局, 116 pp.

行本誠史, 野田 彰, 2002: 気象研究所気候モデルMRI-CGCM2の気候感度, 日本気象学会2002年秋季大会講演予稿集, C158.

304 (都市気候)

2-1. 都市気象モデルからみた熱帯夜の形成機構

ー都市の凸凹効果の検討ー

日下博幸*・木村富士男**

1. はじめに

都市気象モデルを用いた数値実験は都市のヒートアイランド研究の有力な手段の一つと考えられている。本稿では、最初に都市気象モデルをスケール別にメソスケールモデル、都市キャノピーモデル、数値流体力学(CFD)モデルの3種類にまとめ、個々のモデルの特徴を紹介する。次に、筆者らのモデルを用いて、夏季の夜間ヒートアイランド現象の要因を検討する。

2. 都市気象モデル

都市の地表面はアスファルトやコンクリートなどで覆われている。このため蒸発量は減少し、熱容量・熱伝導率は大きくなる。また、都市の地表面はキャニオン(凸凹)構造をもつため、運動量や放射収支にも大きな影響をおよぼしている。このほかにも人工排熱、

大気汚染、地表面の非一様性など都市は郊外と異なる特徴を持つ(第1表)。

数値モデルによって都市の気象を再現するためには、これらの特徴をモデルに取り入れる必要がある。ただし、モデル内での取り扱い方は、そのモデルの取り扱うスケール、とりわけモデルの解像度に大きく依存する(第2表)(日下, 2004)。

(1) メソスケールモデル

都市全体規模のシミュレーションを目的とする場合、運動方程式・質量保存則の式・熱力学第一法則の式・水蒸気の保存式・状態方程式からなる力学コアと放射・乱流・降水・地表面モデルなどの物理モデルによって構成されるメソスケールモデルが広く使われている。メソスケールモデルでは、接地層の相似則、地表面熱収支式、地中の熱伝導方程式から計算されるフラックスが大気モデルの拡散項の下部境界条件として働く。したがって、この計算で使われている粗度、低層スタント数、蒸発効率、アルベド、熱伝導率、熱容量などのパラメータや物性値を都市用に設定することでモデルに都市の効果を反映させることができる

* 電力中央研究所流体科学部,
h-kusaka@criepi.denken.or.jp

** 筑波大学地球科学系・陸域環境研究センター。

© 2004 日本気象学会