

疑似温暖化手法を用いた名古屋都市圏の 暑熱環境適応策に関する研究

青木 翔平¹・亀卦川 幸浩²・近藤 裕昭³・井原 智彦⁴・
高根 雄也⁵・原 政之⁶・足立 幸穂⁷

¹学（工） 明星大学大学院 理工学研究科 環境システム学専攻（〒191-8506 東京都日野市程久保2-1-1）

E-mail: 12mb001@stu.meisei-u.ac.jp

²博（工） 明星大学 教授 理工学部 総合理工学科（〒191-8506 東京都日野市程久保2-1-1）

E-mail: kikegawa@es.meisei-u.ac.jp

³博（理） 独立行政法人産業技術総合研究所（〒305-8569 茨城県つくば市小野川16-1）

E-mail: kondo-hrk@aist.go.jp

⁴博（工） 東京大学大学院 准教授 新領域創成科学研究科（〒277-8563 千葉県柏市柏の葉5-1-5）

E-mail: ihara-t@k.u-tokyo.ac.jp

⁵博（理） 独立行政法人産業技術総合研究所（〒305-8569 茨城県つくば市小野川16-1）

E-mail: takane.yuya@aist.go.jp

⁶修（理） 独立行政法人海洋研究開発機構（〒237-0061 神奈川県横須賀市夏島町2- 15）

E-mail: hara.masayuki@jamstec.go.jp

⁷博（理） 独立行政法人海洋研究開発機構（〒237-0061 神奈川県横須賀市夏島町2- 15）

E-mail: sachihoa@jamstec.go.jp

都市気象・建物エネルギー・人体熱収支連成モデルWRF-CM-BEM-HBMを用いて名古屋都市圏における現況の暑熱環境解析と疑似温暖化手法による2030年代の将来予測を行い、温暖化に伴う影響軽減のための適応策評価を試行した。2030年代の名古屋都市圏では、現況ケースに比べ高温域が拡大し名古屋市街地で約1℃の昇温が予測された。人工排熱削減の適応策を施した計算では、広域で地上気温の低下が確認でき、温暖化による昇温を相殺可能であることが分かった。緑化対策ケースでは、気温に対する効果は小さいものの、温冷感指標でみるとSET*で0.2～0.5℃、WBGTで最大0.4℃ほどの改善効果がシミュレートされた。

Key Words : pseudo global warming method, Nagoya, climate change adaptation, WRF-CM-BEM-HBM

1. はじめに

地球温暖化などに伴う気候変動の影響は都市部や山間部などそれぞれの地域特有の形で現れることが想定されており、様々な影響を与えることが懸念されている。これらの問題を受け、気候変動がもたらす地域環境への影響や人間健康などの影響を予測すると共に、気候変動適応策に関する研究が進められてきており、そのための高精度地域気候モデルの開発が試みられている。例えば、領域気象モデルWRF¹⁾に疑似温暖化手法²⁾を適用し、名古屋都市圏の将来の温熱環境や温暖化対策による効果について予測を行った研究例³⁾が存在する。

本研究では、我が国の大都市圏の中で最も猛暑日の出現頻度が高く、今後、更なる高温化が懸念される名古屋都市圏を対象に、将来的な気候変動がもたらし得る人間健康と都市エネルギー需要への両影響について、その予

測と影響軽減のための適応策評価を実施した。具体的には、都市域での局所的熱環境緩和策（ヒートアイランド対策）を温暖化に対する気候変動適応策と位置づけ、数値シミュレーションを行った。領域気候モデルWRFと著者らが開発した都市気象・建物エネルギー・人体熱収支連成モデル（CM-BEM-HBM^{4,5)}）の結合モデル（以降、WRF-CM-BEM-HBM）⁶⁾を用い、同モデルに疑似温暖化手法を適用し、気候変動予測計算を行った。その結果を解析することで、気候変動適応策による効果の推計を試みた。

2. 地域気象モデルの概要

(1) モデルの説明

本研究で使用したWRF-CM-BEM-HBMを構成する各サブモデルの概略は図-1の通りである。

a) メソスケール気象モデルWRF

Weather Research & Forecasting (WRF) モデルとは、実用的な天気予報とそれに関連する研究のために米国のNCEP/NCARで近年開発された完全圧縮性非静力学モデルである。本研究ではWRF-ARF V3.0.1.1を用いた。

b) 都市キャノピー・ビルエネルギー連成モデルCM-BEM

CM-BEMとは、多層都市キャノピーモデルCM⁷⁾と、ビル・エネルギー排熱解析モデルBEM⁴⁾の2つを結合したモデルである。CM-BEMは、人工排熱を介した都市気象と建物空調エネルギー需要の相互作用過程を表現することが可能なモデルであり、都市格子の陸面過程を計算するサブモデルとして、WRFに双方向接続してある⁹⁾。WRFより供給される境界気象条件のもとでCM-BEMにより算出される都市上空への運動量・顕熱・潜熱・放射の各フラックスは、WRFが計算対象とする上空大気層にとっての下端フラックス境界条件として採用される。一方、植生地等の非都市格子に対しては、植生・土壌からの蒸散・蒸発等を考慮した陸面の水・熱収支モデルであるNoah-LSM⁸⁾をWRFのサブモデルとして選択した。

c) 人体熱収支モデルHBM

HBM⁵⁾ (Human Body Model) は温熱指標である新標準有効温度 (Standard New Effective Temperature, 以降SET^{*})⁹⁾を、CN-BEM内で算出するために開発された人体熱収支サブモデルである。人体をコア (体深部) とシェル (表層部) に分割し、気象条件 (気温・相対湿度・風速・平均放射温度) と人体条件 (クロ値・代謝量) を考慮し熱収支を計算するモデルである。体温調節のための血流量変化や発汗といった温熱生理現象、皮膚表面・呼吸気道と大気間の顕熱・潜熱交換などの各プロセスを通じてコアとシェルの温度変化を解析し、屋外空間 (街路上 2m 高度) の SET^{*}が算出される。また、湿球黒球温度WBGTの予測も可能とするモデルである。

(2) 計算条件

名古屋市を対象としたWRF-CM-BEM-HBMによる数値実験について、その計算領域を図-2に示す。計算領域はd01, d02, d03の3つを設定し、ネスティング手法による計算を行った。各計算領域の水平格子数は、d01: 60×60, d02: 81×81, d03: 81×81に、水平格子間隔は、d01が4.5km, d02が1.5km, d03が0.5kmと内側に向かって解像度が向上するように設定した。WRF上での大気・海面・土壌に対する温度等の初期・境界条件の設定は、表-1中の外部データにもとづく。加えて、陸面の地形・土地利用についても、同表内の格子別データにもとづき設定した (表-1)。この他、放射計算や大気境界層の乱流スキームといったWRF上の物理オプションについては、表-2の通り設定した。

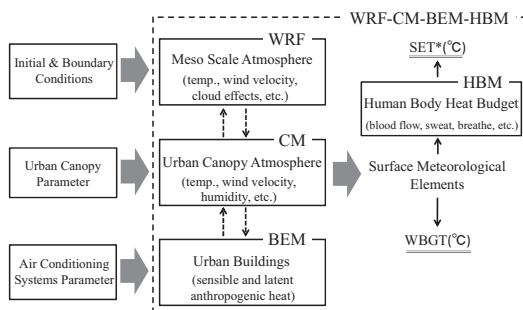


図-1 WRF-CM-BEM-HBMの概略

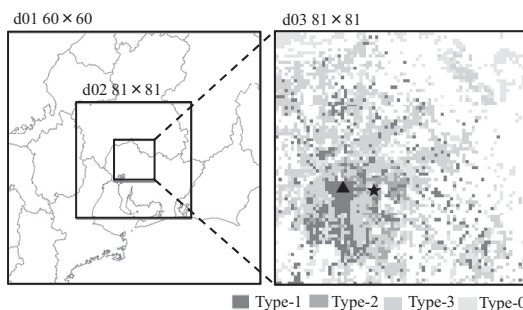


図-2 領域図と土地利用

(▲: 名古屋TV塔大気汚染常時監視局, ★: 名古屋気象台。
Type-1: 事務所系街区, Type-2: 耐火造集合住宅系街区, Type-3: 木造住宅系街区, Type-0: その他の都市街区)

表-1 WRFにおける初期・境界条件

Item	Setting
Initial & Boundary Conditions (time-varying)	Atmosphere Soil (moist. & temp.) Sea (SST) -NOAA / NCEP / FNL (Global final analysis data) Resolution: 1deg.(horizontal), 4 depth levels, 6hour
Boundary Conditions (Geographical data)	Land Use and Land Cover (LULC) For d01 & d02 -GSI LULC data Resolution: 10-100m(horizontal), 17category For d03 -GSI Digital Map 5000(Land Use) Resolution: 10m(horizontal), 15category -Digital Building Polygon Data Topographic -GSI elevation and slope data Resolution: 50m(horizontal)

GSI: the Geospatial Information Authority of Japan

表-2 WRFにおける物理オプションの設定

Physics Option	Adapted Option
Longwave Radiation	RRTM scheme ¹⁰⁾
Shortwave Radiation	Dudhia scheme ¹¹⁾
Microphysics	Lin et al. scheme ¹²⁾
Cumulus Parameterization (only for domain-I)	Kain-Fritsch scheme ¹³⁾
Planetary Boundary Layer	Mellor-Yamada-Janjic (Eta) TKE scheme ¹⁴⁾
Surface Layer	Monin Obukhov (Janjic Eta) scheme ¹⁴⁾
Land Surface Model	Noah Land Surface Model ⁸⁾
Urban Canopy Parameterization (only for urban grids in domain-III)	CM-BEM ⁶⁾

表-3 CM-BEMにおけるパラメータ設定 (Type-1: 事務所系街区における設定例)

Part	Material ^a	Thermal Conductivity (Wm ⁻¹ K ⁻¹)	Volumetric Heat Capacity (×10 ⁶ Jm ⁻³ K ⁻¹)	Albedo (-)	Emissivity (-)
Roof (Thickness 0.301m) (Layer spacing = 0.301m / 16 layers) ^a	lightweight concrete/concrete/rock-wool board (except 5th layer) ^c	0.477 (composite)	1.600 (composite)	0.20	0.97
	Insulation (air-gap/styrene-foam)(5th layer) ^c	0.026 (composite)	0.051 (composite)	-	-
Wall (0.225m /16 layers) ^a	tile/mortar/concrete/sealed-air-gap/plaster-board	0.673 (composite)	1.790 (composite)	0.20	0.97
	Window (glass)	-Areal fraction on the walls : 0.33 -Transmittance of solar radiation: 0.5 (with blinds)			0.87
Air Conditioning Systems ^b (cooling operation)	-System1(33%): Natural-gas-driven absorption type hot and chilled water generators (rated COP = 0.97) with water-cooled cooling towers placed on the rooftops of the buildings. -System2(67%): Electric air-source heat-pumps (rated COP = 2.58) with air-cooled heat exchangers placed at each storey of the buildings. -Target room temperature : 26°C				

^a Energy Conservation Center of Japan (2005) ¹⁵⁾^b Kikigawa et al.(2006) ¹⁶⁾ ^c The 1st layer is placed at the outside surface, whereas the layer with the maximum number at the indoor surface.

最も解像度の高いd03 (図-2) の都市グリッドへCM-BEMを適用した。建物の外壁や舗装道路といった人工地物の層構造とその熱物性値、冷房運転期間と冷房設定温度、及びエネルギー消費効率の指標などの設定は、文献⁹⁾の設定を踏襲した。表-3には設定の一部を示す。CM上で考慮される人工排熱のうち、BEMが予測対象としない自動車排熱については、大気汚染物質排出量インベントリデータ (EAGrid2000) ¹⁷⁾に収録されている自動車CO₂排出量から推計した。各都市グリッドにおける支配的な土地利用を国土地理院土地利用細分メッシュデータ¹⁸⁾、国土地理院数値地図5000 (土地利用) ¹⁹⁾、名古屋市長平成18年度建物用途別現況調査²⁰⁾の3つのデータから算出し、Type-1 (事務所系街区)、Type-2 (耐火造集合住宅系街区)、Type-3 (木造住宅系街区) の3つに分類した。CMが必要とする街区形状パラメータ (平均建物幅や高度別建物存在割合など) については、名古屋市長平成18年度建物用途別現況調査に収録されている建物ポリゴンデータから算出した。HBMの各パラメータの設定値は、文献⁵⁾を踏襲した。

(3) 解析条件

解析期間は記録的な高温が続いた2010年夏季の8月2日から8月9日に設定した。各計算ケースの詳細は表-4に示す。モデルの精度検証は、現況ケースであるCase0の計算結果を名古屋気象台と名古屋TV塔大気汚染常時監視局での測定データと比較する方法で行った。各地点の位置関係は図-2に示す。

将来予測は2030年代の夏季を想定しており、将来の気候変動の影響を考慮するために、疑似温暖化手法を用いた。本研究では、大気海洋結合モデルMIROC3.2 (medres) ²¹⁾のSRES A2シナリオ下で予測された2030年代

の気候値の現況からの差分量をWRF-CM-BEM-HBMの初期値・境界条件に上乘せし、将来予測計算を行った。Case1～Case3は2030年代の将来予測ケースであり、温暖化適応策を導入しないCase1に加え、排熱削減ケース (Case2)、緑化ケース (Case3) の2つの適応策導入ケースを設定した。Case2ではCM-BEMで計算される建物排熱と自動車排熱を100%削減し、Case3は都市の緑化ケースとして、地表面・屋根・壁面の都市の緑被率を表-4の通りに設定した。また2030年代の名古屋の将来人口²²⁾が現状の人口と比較し概ね変化が見られないことから、人口の増減がなく土地利用や都市域の街区形状にも変化がないものと仮定した。これらのことからCase1～Case3の将来シミュレーションにおいては、現況ケースであるCase0と同様の土地利用や街区形状パラメータなどの設定を使用し、計算を行った。

表-4 各計算ケースの設定

Case Name	Computation Period	Anthropogenic Heating	Vegetation Areal Fraction		
			Ground (-)	Wall (-)	Roof (-)
Case0	0900 LST 1 Aug. - 0900 LST 10 Aug. 2010	on	0.16*	0.00	0.00
Case1		on		0.00	0.00
Case2	0900 LST 1 Aug. - 0900 LST 10 Aug. 2030s	off		0.00	0.00
Case3		on	0.30	0.40 ^{Type-1} 0.49 ^{Type-2,3}	0.60

*各グリッドごとに設定。表内にはグリッド平均の値を示す。

3. 計算結果

(1) 気温の再現性

WRF-CM-BEM-HBMの精度確認のため、現況ケースであるCase0の気温の計算結果を名古屋気象台 (Obs.1; 測定高度1.5m) と名古屋TV塔大気汚染常時監視局 (Obs.2; 測定高度40m) の測定データと比較した。結果

を図-3に示す。

Obs.1を含むグリッドはType-3（木造住宅系街区）であり、Obs.2はType-1（事務所系街区）に該当する。各観測地点が含まれるグリッドの観測値と同じ高度でのCase0における計算結果を比較した。名古屋気象台が含まれるグリッドをGrid Aとし、名古屋TV塔が含まれるグリッドをGrid Bとした。Case0とObs.1の比較では、8月8日と9日に過大評価が見られるが、最高気温と最低気温の出現時刻、及び経日的な気温変化の傾向は概ね再現されていた。8月8日と9日は他の日に比べ、日照時間が少ないことからシミュレーションでは雲の再現が不十分だと考えられる。Case0とObs.2との比較では全体的に気温の過小評価の傾向が見られる。これらの問題点については、雲微物理モデル・放射モデルなどの検証や初期・境界条件に高解像度の気象庁メソ客観解析データを使用するなどにより改善を図っていく必要がある。

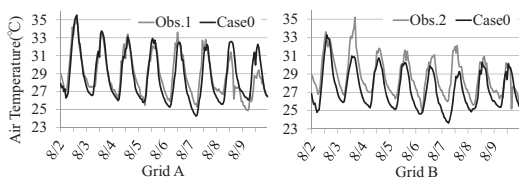


図-3 地点別気温の計算結果
(Obs.1：名古屋気象台，Obs.2：名古屋TV塔)

(2) 現況ケースと将来予測ケースの比較

前節の検証からCase0の計算期間のうちで晴天が続く気温の再現性が十分だった8月7日14時の地上2m気温分布の計算結果を各計算ケースごとに図-4に示す。Case0に比べ、Case1では高温域の拡大が見られ、特に名古屋市の北側の郊外域では最大で約5°Cの昇温が見られる。名古屋市街地では、平均で約1°Cの昇温が見れる。図-5にはGrid AとGrid Bの計算結果を示す。日中はGrid Aは約0.5°CのGrid Bでは約1°Cの昇温がみられ、夜間ではGrid A、Grid Bともに約1°Cの昇温が見られた。土地利用によって温暖化による昇温効果に違いが見られた。

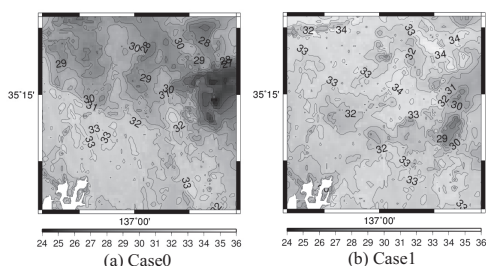


図-4 各計算ケースの8月7日14時の地上2m気温の計算結果

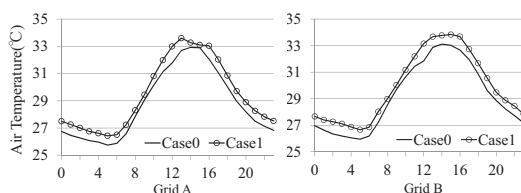


図-5 各地点別の気温計算結果

(3) 各種適応策の評価

a) 地上気温

各適応策の効果推計のために、各適応策ケースの計算結果について、Case1との気温差をとり比較を行った。

図-6は適応策別の地上2mの気温差の分布図である。

人工排熱の削減を施した(a)Case2-Case1では、名古屋市街地では平均で約0.3°C気温低下が見られ、名古屋市の北側の郊外域で最大で約5°Cの気温低下が見られる。人工排熱がより多く排出されるType-1（事務所系）街区では、日中で最大で約1°Cの気温低下が見られ、温暖化による昇温を相殺可能であることが分かった（図-7のGrid B）。人工排熱量が比較的に少ないType-3（木造住宅系）街区では、0.2～0.4°Cの気温低下に収まるが、名古屋市域の北側（風下側）に位置する郊外域に気温低下の効果が大きく見られたことから、対策を施した都市域だけではなく周辺地域にも影響を与える対策といえる。

緑化対策を施した(b)Case3-Case1では、地域や土地利用によらず0.2～0.4°Cの気温低下が見られる（図-6(b)Case3-Case1，図-7Grid B）。Type-1（事務所系）街区では23～5時にかけて昇温も見られることから緑化対策に関するパラメータの検討が必要である。

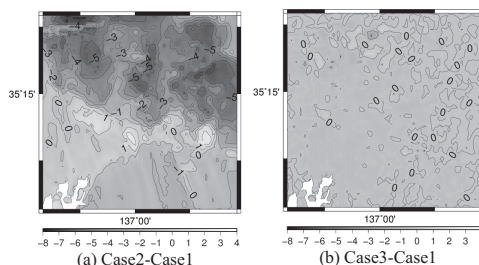


図-6 各適応策の効果の比較（8月7日14時 地上2m気温）

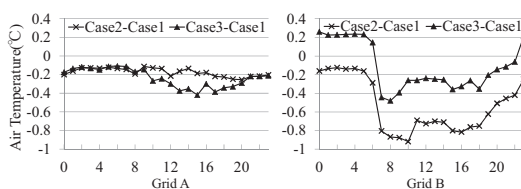


図-7 地点別適応策の気温差

b) 温冷感

前節と同様に各適応策ケースの計算結果とCase1の計算結果のSET*とWBGTの差をとり比較を行った。図-8はGrid Aにおける各適応策別のSET*とWBGTの計算結果を示す。Case3はSET*では0.4~0.8℃の温度差が見られたが、Case2では気温低下ほどの効果は見られなかった。

WBGTでも同様な傾向が見られ、Case3では最大で約0.4℃の温度差が確認できた。Case3の地表面温度は現況ケースのCase0よりも低く、Case1に比べ最大で約5℃の温度差が確認できる(図-9)。Case2は地表面温度にはほとんど影響を与えずCase1に近い値を示している(図-9)。これらのことからCase3はSET*やWBGTといった人体の温冷感に効果的な適応策と言える。Grid BではCase2、Case3ともにSET*が日中の一部の時間帯で0.2~0.5℃の低下が見られ、地表面温度でも同様な傾向が見られた。

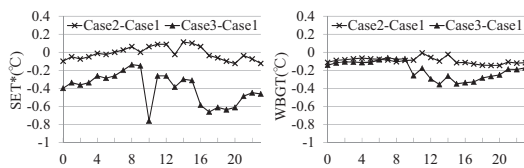


図-8 Grid Aにおける各適応策の効果の比較

(左: SET*, 右: WBGT)

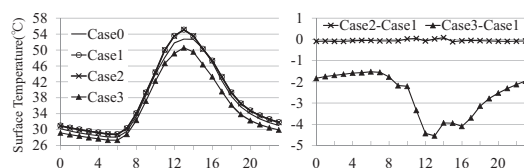


図-9 Grid Aにおける地表面温度の比較

c) 冷房電力需要

図-10にGrid Bの各計算ケースごとの時間別積算冷房電力需要の結果を示す。Case3はCase1に比べ、23~7時の間に200W/m²前後の冷房電力需要の増加が見られる。この増加は、Grid BのCase3における気温変化の傾向と整合しており、夜間の気温上昇が電力需要の増加に影響したと考えられる(図-6、図-10)。7時から電力需要のピークである16時にかけてCase3では、その他のケースに比べ、緩やかに上昇している。Case3では地表面と建物の表面温度を低下させる効果が大きく、日の出から日中までの電力需要に影響を与えたと考えられる。Case2はCase1とほぼ同様な計算結果となった。Grid AはCase2、Case3ともにCase1との冷房電力需要の差異がほとんど見られなかった。Grid AはType-3(木造住宅系街区)であり、夜間の冷房電力需要がType-1(事務所系街区)に比べ少ないためGrid Bほど影響は見られなかった。

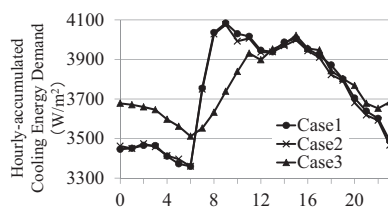


図-10 Grid Bにおける各適応策別の冷房電力需要

4. まとめ

本研究では、都市気象・建物エネルギー・人体熱収支連成モデルWRF-CM-BEM-HBMを用いて名古屋都市圏における温熱環境の現況解析と2030年代の将来予測を行い、影響軽減のための適応策評価を実施した。温暖化適応策には、人工排熱削減ケース(Case2)と緑化ケース(Case3)の2つの適応策導入ケースを設定し、適応策を導入しないCase1との比較を行い、その効果の推計した。モデルの精度検証は、現況ケースであるCase0の計算結果を名古屋気象台と名古屋TV塔大気汚染常時監視局での測定データと比較する方法で行った。WRF-CM-BEM-HBMは、解析グリッドにおける地上気温の日変化を概ね再現可能であった。

将来予測では、人口の増減がなく土地利用や都市域の街区形状にも変化がないものと仮定し解析を行った。

2030年代の名古屋都市圏では、現況ケースに比べ高温域が拡大し、名古屋市街地では約1℃の昇温が予測された。

多くの地域で昇温が見られる、名古屋都市圏に対し、人工排熱削減ケース(Case2)と緑化ケース(Case3)の温暖化適応策を想定し、その効果を推計した。Case2では広域で地上気温の低下が確認でき、温暖化による昇温を相殺可能であることが分かった。Case3では、Case2ほどの気温低下の効果が見られなかったが、人体の温冷感に近いSET*は0.2~0.5℃、WBGTでは最大で約0.4℃の温度差が確認できた。また地表・建物表面の温度緩和にも大きな効果があり、冷房電力需要にも影響を与えることが分かった。

謝辞: 本研究は文部科学省「気候変動適応研究推進プログラム(RECCA)」の1研究課題(研究代表者: 飯塚悟)の一環として行ったものである。ここに記して謝意を表す。

参考文献

- 1) Skamarock, W. C., M. L. Weisman, : A Description of the Advanced Research WRF Version 3, NCAR/TN.475+STR, 2008.
- 2) Kimura F., A. Kitoh : Downscaling by pseudo global warming method, The Final Report of the ICCAP, Research Institute for Human and Nature, Kyoto, Japan, 2007.

- 3) 飯塚悟・金原和矢・日下博幸・原 政之・秋本裕子, 夏季の名古屋の温熱環境を対象とした現況再現の精度検証と疑似温暖化を併用した将来予測の試み, 日本建築学会環境系文集, 第 75 巻, 第 647 号, pp87-93, 2010.
- 4) Kikegawa Y., Y. Genchi, Y. Oshikado, H. Kondo : Development of a numerical simulation system for comprehensive assessments of urban warming countermeasures including their impacts upon the urban buildings' energy-demands. *Applied Energy*, Vol.76, pp.449-466, 2003.
- 5) 大橋唯太・亀卦川幸浩・井原智彦, 数値気象モデルを利用した屋外熱中症リスクの評価手法に関する研究, 環境情報科学論文集, Vol.25, pp.335-340, 2011.
- 6) Kikegawa Y., A. Tanaka, Y. Ohashi, T. Ihara, Y. Shigeta : Observed and simulated sensitivities of summertime urban surface air temperatures to anthropogenic heat in downtown areas of two Japanese Major Cities, Tokyo and Osaka, *Theor. Appl. Climatol.*, DOI 10.1007/s00704-013-0996-8, 2013.
- 7) Kondo H., Y. Genchi, Y. Kikegawa, Y. Ohashi, H. Yoshikado, H. Komiyama : Development of a multi-layer urban canopy model for the analysis of energy consumption in a big city: Structure of the urban canopy model and its basic performance, *Bound-Layer Meteorol.*, Vol.37, pp.395-421., 2005.
- 8) Chen, F., J. Dudhia : Coupling an advanced land-surface/ hydrology model with the Penn State/ NCAR MM5 modeling system. Part I: Model description and implementation. *Mon. Wea. Rev.*, 129, pp.569-585., 2001.
- 9) Gagge, A.P., A.P. Fobelets, L.G. Berglund : A standard predictive index of human response to the thermal environment, *ASHRAE Transactions*, 92, pp.709-731., 1986.
- 10) Mlawer, E. J., S. J. Taubman, P. D. Brown, M. J. Iacono, S. A. Clough : Radiativetransfer for inhomogeneous atmosphere: RRTM, a validated correlated-k model for the longwave. *J. Geophys. Res.*, 102 (D14), pp.16663-16682, 1997.
- 11) Dudhia, J. : Numerical study of convection observed during the winter monsoon experiment using a mesoscale two-dimensional model, *J. Atmos. Sci.*, 46, pp.3077-3107., 1989.
- 12) Lin, Y. L., R. D. Farley, H. D. : Orville, Bulk parameterization of the snow field in a cloud model. *J. Climate Appl. Meteor.*, 22, pp.1065-1092., 1983.
- 13) Kain, J. S., J. M. Fritsch : Convective parameterization for mesoscale models: The Kain-Fritsch scheme, The representation of cumulus convection in numerical models, K. A. Emanuel and D.J. Raymond, Eds., *Amer. Meteor. Soc.*, pp.246, 1993.
- 14) Janjic, Z. I., : Nonsingular Implementation of the Mellor-Yamada Level 2.5 Scheme in the NCEP Meso model, *NCEP Office Note*, No. 437, pp.61, 2002.
- 15) 省エネルギーセンター, 平成 16 年度ヒートアイランド現象緩和に対する省エネ等の効果に関する調査報告書, 2005.
- 16) Kikegawa Y., Y. Genchi, H. Kondo ,K. Hanaki : Impacts of city-block-scale countermeasures against urban heat-island phenomena upon a building's energy-consumption for air-conditioning, *Applied Energy*, Vol.83, pp.649-668., 2006.
- 17) Kannari A., Y. Tonooka, T. Baba, K. Murano : Development of multiple-species 1 km × 1 km resolution hourly basis emissions inventory for Japan, *Atmos. Environ.* Vol.41, pp.3428-3439, 2007.
- 18) 国土地理院, 土地利用細分メッシュデータ, 2009.
- 19) 国土地理院, 数値地図 5000 (土地利用, 近畿圏), 2008.
- 20) 名古屋市,建物用途別現況調査結果 (建物ポリゴンデータ), 2006.
- 21) Nozawa T., T. Nagashima, T. Ogura, T. Yokohata, N. Okada, H. Shiogama : Climate change simulations with a coupled ocean-atmosphere GCM called the model for interdisciplinary research on climate: MIROC, CGER's Supercomputer Monograph Report 12, Center for Global Environmental Research, National Institute for Environmental Studies, Tsukuba, Japan, 2007.
- 22) 国立社会保障・人口問題研究所, 日本の将来推計人口, (平成 24 年 1 月推計), 2012 年 3 月 30 日公表版.

(2013. 7. 19 受付)

STUDY ON MEASURES FOR ADAPTAION TO FUTURE URBAN WARMING IN NAGOYA URBAN AREA USING PSEUDO GLOBAL WARMING METHOD

Shohei AOKI, Yukihiro KIKEGAWA, Hiroaki KONDO, Tomohiko IHARA,
Yuya TAKANE, Masayuki HARA and Sachiho ADACHI

The integrated simulation system of urban weather, building energy and human body heat budget models was applied to Nagoya urban area to simulate the presant thermal environment and to project its future change in 2030s by use of the pseudo global warming method. The effects of measures for adaptaion to future urban warming were also estimated through numerical simulations. As a result, summertime surface air temperature in Nagoya city was projected to increase by about 1°C in 2030s. This wariming was also predicted to be counterbalanced with the measure of anthropogenic heat reduction. On the other hand, urban greening measure was estimated to have less effect in warming alleviation but larger influence to improve human thermal comfot indicating the decreases in SET* by 0.2-0.5°C and WBGT of up to 0.4°C in Ngoya city.