

冬季晴天日におけるつくば市のヒートアイランド:予備観測の結果

Preliminary Analyses of Urban Heat Island Phenomenon on a Typical Winter Day in Tsukuba City

日下 博幸 *^{1,2} 大庭 雅道*³ 鈴木 智恵子*⁴ 林 陽生*¹ 水谷 千亜紀*¹
Hiroyuki Kusaka Masamichi Ohba Chieko Suzuki Yousay Hayashi Chiaki Mizutani

*¹ 筑波大学大学院生命環境科学研究科 Graduate School of Life and Environmental Sciences, University of Tsukuba

*² 筑波大学計算科学研究センター Center for Computational Sciences, University of Tsukuba

*³ 筑波大学陸域環境研究センター Terrestrial Environmental Research Center, University of Tsukuba

*⁴ 県立浦安高校 Urayasu High School

Corresponding author: Hiroyuki KUSAKA, kusaka@ccs.tsukuba.ac.jp

ABSTRACT

A field experiment is performed in Tsukuba City, Ibaraki Prefecture, on the early morning 17 Feb 2008. As a result, we found the actual condition of the city-scale urban heat island phenomenon under the clear weak wind weather condition. The shape of the heat island is rectangular with northwest-southeast direction, and its center is found in the Takezono area including commercial areas. The heat island intensity at 0600 Japan Standard Time (JST) is 5 °C. Observed vertical profile of the temperature reveals that the atmospheric stability is almost neutral over the central park near the station although it is strong stable over the open space in the University of Tsukuba. Additionally, the temperature difference between the two sites is confirmed from surface to 30 m above the ground, and the difference in the surface air temperature between the two sites is 4°C.

キーワード: ヒートアイランド, 観測, つくば市, つくばエクスプレス, 接地逆転層

Key Words : Urban heat island, Observation , Tsukuba City, Tsukuba Express, Surface inversion layer

1. はじめに

ヒートアイランド現象を対象とした気候学・気象学研究として、これまで、現地観測によってヒートアイランドの実態を把握する研究^{(1),(2),(3)}, 都市化に伴う気温の長期変化に関する研究^{(4),(5),(6)}, 数値実験によってヒートアイランドのメカニズムを明らかにする研究^{(3),(7),(8)}などが遂行されてきた。しかしながら、実在する都市において都市の発展と気温上昇の関係を直接調べた研究はほとんどない。

茨城県つくば市は、県南西部、東京から北東に約 50km の距離に位置する人口約 20 万人の都市である。約 30 年前から大学や研究機関が移転され、研究学園都市として発展を遂げた。そのつくば市が近年、第二の発展期を迎えている。東京都（秋葉原）とつくば市を結ぶ（直通の）つくばエクスプレスが開通し、各駅の周辺では開発が盛んになってきた。つくば駅周辺では近年新たにショッピングセンターなどの商業施設や高層マンションが建設されている。つくば駅の隣駅である研究学園駅周辺でも同様にスーパーマーケットや戸建て住宅などが増えてきているが、現時点で

はそれほど都市化していない。しかしながら、現在建設中の市庁舎が完成した暁には、つくば駅周辺のように市街地化が進むと予想されている。このような発展途上の都市“つくば”を研究対象地とすることは、都市の発展がヒートアイランドに及ぼす影響を実際に、リアルタイムに検証する上でまたとない好機である。

そこで、本研究では、つくば市を対象として、気温分布の実態を多地点の定点観測によって明らかにすることを目的とする。本稿では、2008 年 2 月 17 日の早朝に行った予備観測の結果を中心に紹介する。

2. 観測地域と観測方法

2.1 観測地域の概要

つくば市全域は筑波研究学園都市と呼ばれており、つくば駅（図 1, 2）を中心に南北に広がる約 2700ha の地域（図 2）は研究学園地区と呼ばれている。しかしながら、本稿では研究学園駅を中心とした新しい市街地と区別するため、以後、つくば駅を中心とした研究学園地区のことをつくば

市の中心部と呼ぶことにする。

つくば市の市街地は、つくばエクスプレスのつくば駅がある吾妻と商業施設が多くある竹園を中心に南北に広がっている(図2,3,4,9)。竹園の南に位置する二ノ宮・並木に2階建ての木造家屋や4階建ての鉄筋コンクリートの集合住宅などからなる住宅地があり、吾妻の北に位置する天久保・春日に学生たちが住んでいる2階建ての木造集合住宅からなる住宅街が広がっている。



図1 つくば駅前の景観。(2007年に著者が撮影)。

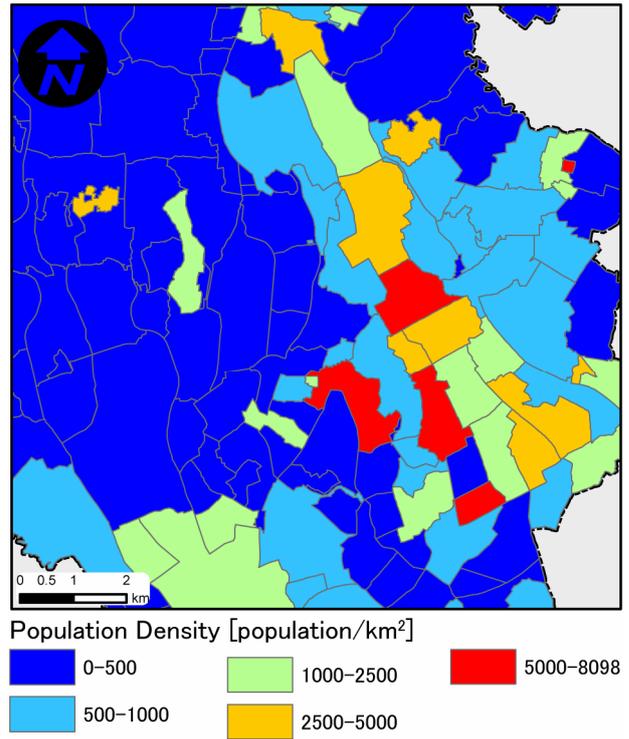


図3 観測対象地域の人口密度(2005年の国勢調査より)。細実線は町庁字界,太破線はつくば市の行政界を意味する。

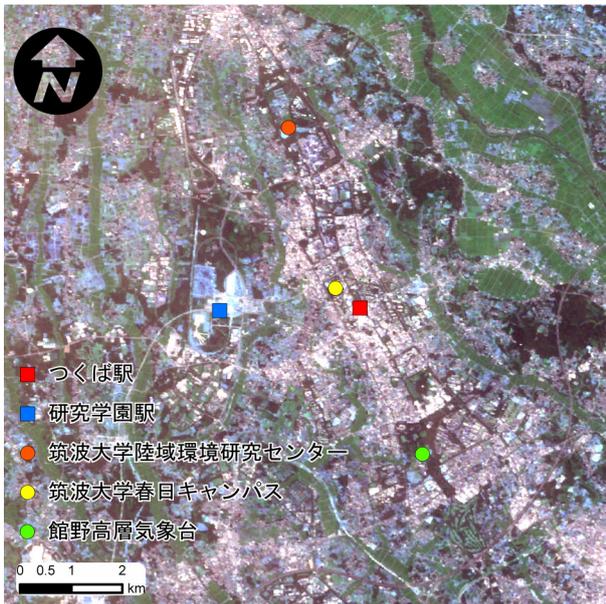


図2 観測対象地域。(2006年8月4日にALOS/AVNIR-2によって撮影)。

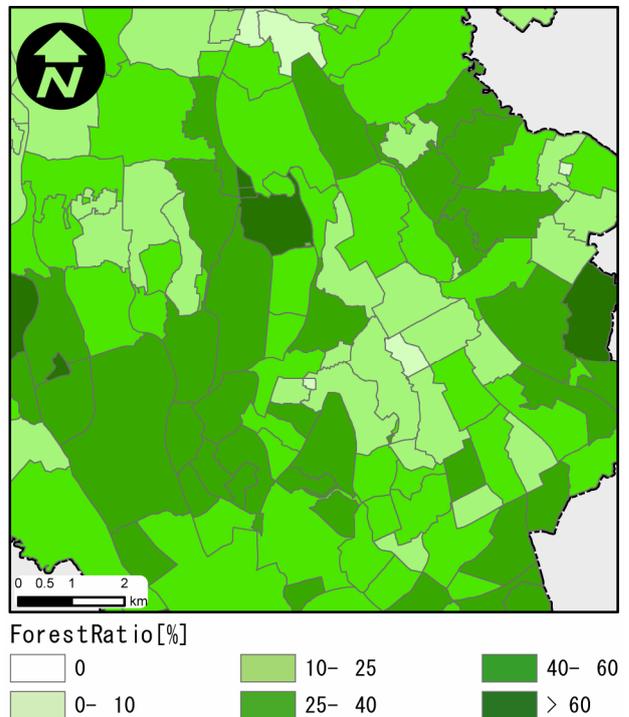


図4 観測対象地域の緑被率。(2006年現在)。

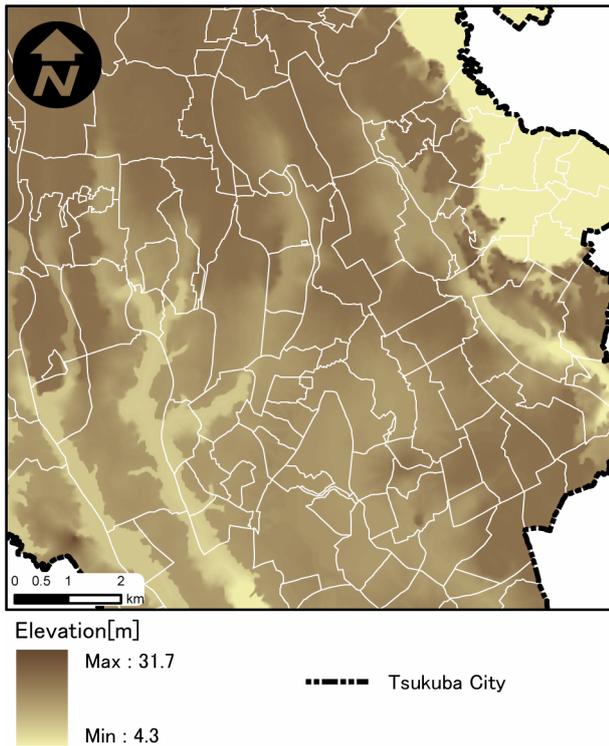


図5 観測対象地域の地形。(2006年現在)

つくば市の中心部とその周囲の人口密度、緑被率、地形をそれぞれ図3、図4、図5に示す。つくば市中心部の人口密度は 1km^2 あたり500-30000人となっており地域差が大きいが、周囲に比べるとどこも高い。つくば駅付近で特に高く、 1km^2 あたり2500人、場所によっては5000人以上の地区もある。ALOS/AVNIR-2(2006年8月撮影)データから算出したつくば市の中心部の緑被率はおよそ40%未満であり、つくば駅に近く商業地や住宅街では25%未満と特に低い。一方、周囲の緑地率はおよそ25-60%程度であり、西側や東側の一部の地域で特に高い。地形は全体的に平坦で、起伏はほとんどない。

2.2 観測方法

筑波大学のスタッフ・学生により、2008年2月17日の日の出前後と日没前後に、アスマン乾湿計による地上気温観測、係留気球による地上から高度約48mまでの気温の鉛直分布観測を実施した。アスマン乾湿計を用いた地上気温観測は日の出前後と日没前後に行った。実施時刻は、5:30, 6:00, 6:30, 7:00, 17:30, 18:00, 20:30, 21:00である。それぞれの回において、26名それぞれの観測者が移動して街区内と公園等のオープンスペースの計2箇所観測した。街区とオープンスペースの間の移動には、つくば市中心部では徒歩、郊外では車を用いた(移動時間はどちらも5分以内)。オープンスペースの観測地点は全部で26地点とした(図9)。

係留気球観測は、春日地区と吾妻地区の境界付近に位置する筑波大学春日キャンパス運動場で実施した。係留気球が地上高さ48mまで達するまでの時間は約37分であった。

3. 観測結果

3.1 観測日の天候

2月17日は西高東低冬型となる典型的な冬型気圧配置の日で(図6)、天候は晴れであった(図7)。観測当日の早朝には、地上風速 1m/s 前後の西北西の風が吹いていた。その後、日の出とともに徐々に風速は増し15時には 7m/s 前後まで増加した。その後風速は弱まり、夜間の風速は 2m/s 以下に減少した(図8)。

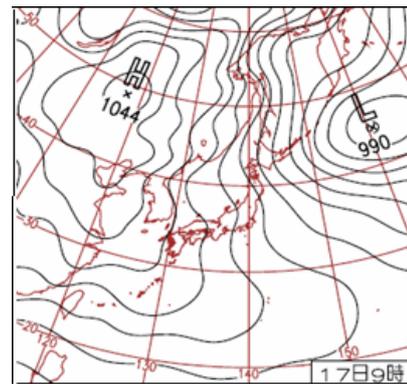


図6 地上天気図。2008年2月17日午前9時。(気象庁のホームページより)。

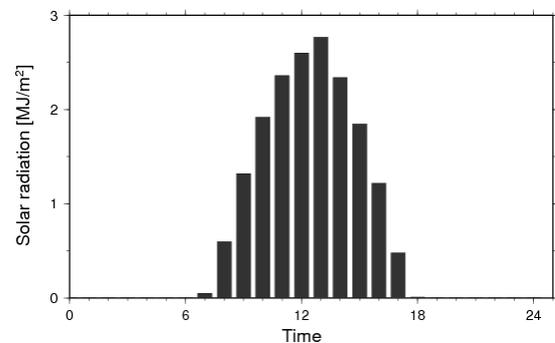


図7 館野高層気象台で観測された全天日射量。2008年2月17日。

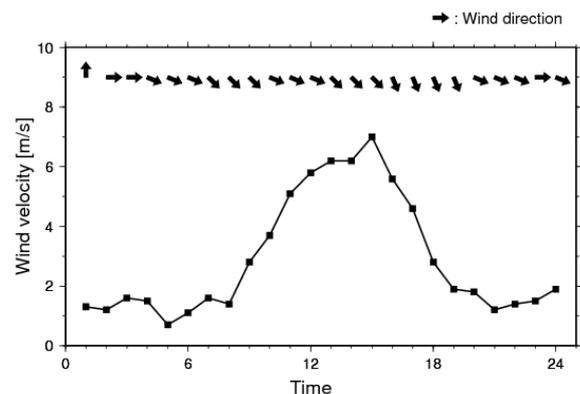


図8 館野高層気象台で観測された風向と風速。2008年2月17日。

3.2 地上気温の水平分布

観測期間中、最も明瞭にヒートアイランドが認められた2月17日午前6時における地上気温の水平分布を図9に示す。ここで、気温分布の作成にあたっては、公園等のオープンスペース内の草地上26地点で観測した気温、筑波大学陸域研究センター（天王台）で観測されている気温、および館野高層気象台（長峰）で観測されている気温を用いた。

はじめに、ヒートアイランドの形に着目する。この図から、つくば市のヒートアイランドが南北に伸びていることがわかる。ヒートアイランドの中心は竹園・東新井・二ノ宮に出現しており、観測された気温は-2.5℃以上である。郊外に比べると5℃近く高い。次に気温が高い地区は、吾妻と並木である。これらの地区の北側に位置する住宅街である天久保地竹園や吾妻に比べるとやや気温が低く、-4.0～-3.5℃である。ただし、それでも郊外に比べると2.5℃以上高い。つくば市の市街地が南北に広がっていること、最も都市化が進んでいる地区が吾妻と竹園であること、この時の風向が北西風であったことから、これらの結果を理解することはできる。

ヒートアイランドを詳細に見てみると、北西部と南東部で気温が大きく違うことがわかる。春日、並木はいずれも住宅地であるが、北西部に位置する春日でのみ、-4.0℃以下の気温が観測されている。春日は学生街であり建築物も主として木造アパートであるのに対して、並木は主として鉄筋コンクリートの公務員宿舎からなる住宅街であることから、建物等の蓄熱効果がヒートアイランドに重要な役割を果たしていると考えられる。ただし、北東部にある別の学生街（天久保）の気温が春日ほど低くないことから、西北西の風、すなわち郊外からの寒気移流もこの時間帯のヒートアイランドに影響を与えている可能性がある。

次に、郊外に着目する。郊外の中でも、つくば市の北西部にある高野、北東部にある栗原、東にある古来、南にある長峰の気温が-6.5～-7℃と非常に低いことがわかる。長峰の気温が低い理由は、ここが気象研究所構内にあり緑地の規模が他の公園にくらべてはるかに大きなためと考えられる。器差の影響もあると思われるが、その影響ですぐ近くの観測地点（東地区）で観測された気温との差を説明することは難しい。

3.3 街区内と公園内の地上気温

これまで、公園内で観測された気温を用いてヒートアイランドを議論してきた。ここでは、街区や公園の効果について議論する。表1は、つくば駅周辺の気温である。街区内と公園内の気温差は、吾妻で1℃、竹園で0.4℃である。竹園と吾妻の2地点の平均で、街区内の気温は公園内の気温よりも0.7℃高いことがわかる。表2は住宅街とその近くの公園で観測された気温を比較したものである。春日、花畑の住宅街とその近くにある公園における気温差は、それぞれ、0.8℃、1.0℃であり、2地点平均で0.9℃高い。

吾妻・竹園の公園の気温が春日・花畑の公園の気温より高いだけでなく、これらの住宅街における気温よりも高いことは、つくば市中心部の公園といえども、冬季晴天弱風日の早朝においては、ヒートアイランドの影響を強く受けており、その影響は公園（緑地）という局所的な影響よりも強いことを示唆している。

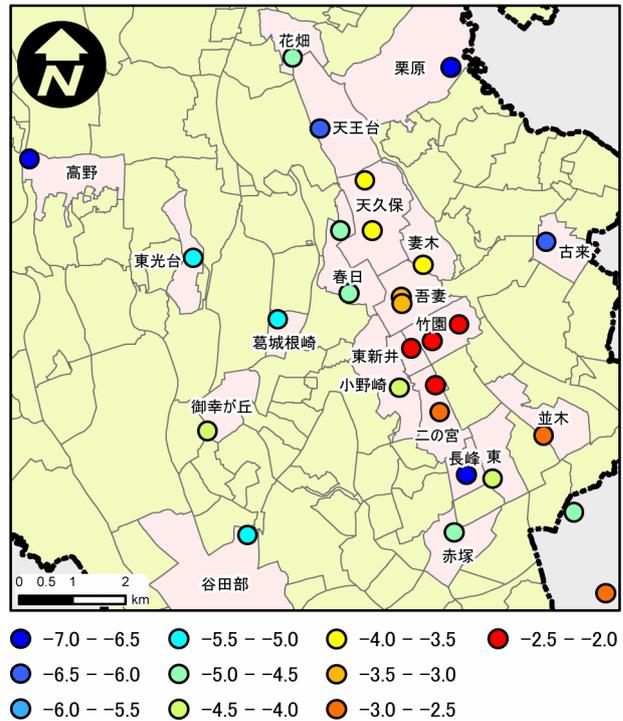


図9 公園等で観測された地上気温分布。2008年2月17日6時00分。天王台のデータには筑波大学陸域環境研究センターの観測値、長峰のデータには館野高層気象台の観測値を用いた。桜色の地域はつくば市内の観測地区。鶯色の地域はそれ以外のつくば市を示す。

表1 駅周辺における2月17日6時の気温。

	吾妻	竹園
街区	-2.3℃	-2℃
公園	-3.3℃	-2.4℃

表2 住宅地における2月17日6時の気温

	春日	花畑
街区	-4.6℃	-3.6℃
公園	-5.4℃	-4.6℃

3.4 気温の鉛直分布

図10は大気境界層下層の気温の鉛直分布である。筑波大学陸域環境研究センター（天王台）のタワーでルーチン観測されている気温の鉛直分布を見ると、地上高さ30m以下で約3℃の強い接地逆転が認められる。一方、筑波大学春

日キャンパスの運動場（春日）で係留気球を用いて観測された気温の鉛直分布には地上高さ 10m 以下において弱い逆転層が認められるが、陸域環境研究センターで観測されたような強い逆転層の存在は認められない。その結果、地上気温で約 3.3℃の差となっている。また、この結果はつくば市のヒートアイランドが少なくとも地上高さ 30m まで存在していることも示している。

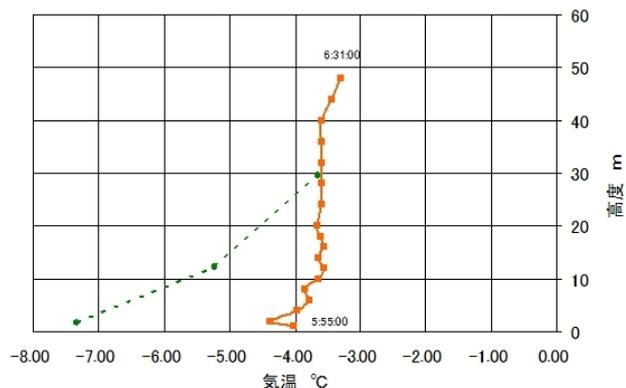


図 10 大気境界層下層の気温の鉛直分布. 2008 年 2 月 17 日 5 時 55 分から 6 時 31 分までの観測値. オレンジの実線が筑波大学春日キャンパス（春日）、緑の破線が筑波大学陸域環境研究センター（天王台）. 同高度で観測されたデータの観測時刻は両者で同じである。

4. まとめ

観測日のうち 2008 年 2 月 17 日は西高東低冬型の気圧配置となる典型的な冬日であった。天候は晴れで、早朝の風速は 1m/s 程度であった。冬季晴天日の早朝 6 時におけるつくば市のヒートアイランドの現状について以下のような結果が得られた。

- (1) 筑波大学 陸域環境研究センターでは、地上高さ 30 mの気温が地上高さ 2m の気温に比べて 4 度高くなる強い逆転層が観測された。一方、つくば市の中心地に位置する筑波大学春日キャンパスでは、そのような強い接地逆転層は観測されなかった。これらの結果から、つくばのヒートアイランドが高度 30m 程度まで存在する。
- (2) つくば市の市街地が南北に広がっていることから、つくば市のヒートアイランドも南北に広がった形をしている。
- (3) ヒートアイランドの中心は竹園に出現しており、中心街の気温は住宅街よりも 2℃程度、郊外の最も気温が低い場所に比べて 5℃程度高い。
- (4) つくば市内の住宅地の気温を比較したところ、中心部より西側に位置する住宅地のほうが東側に位置する住宅地よりも気温が 2℃程度低かった。西側の住宅地は郊外からの寒気移流の影響を受けている

可能性がある。

- (5) 冬季晴天弱風日の早朝においては、つくば市内の公園の気温はヒートアイランドの影響を強く受けており、その影響は公園の緑地効果のような局所的な影響よりも強いことが示唆された。

謝辞

本研究の一部は日本学術振興会の科学研究費補助金（若手研究（B）20700667）の支援により実施された。野外観測は、筑波大学大学院生命環境科学研究科の片岡久美研究員、同研究科の Gu Ying さん、秋本祐子さん、宮由可子さん、池田亮作君、野林暁君、依田知浩君、平家護君をはじめとする大学院生、筑波大学自然科学類の学生、防衛大学の菅原広史講師、明星大学の亀卦川幸浩准教授、産業総合技術研究所の近藤裕昭グループ長の協力によって実施された。ここに感謝の意を表します。

参考文献

- (1) 田宮 兵衛・大山秀樹, 小集落に夜間発生するヒートアイランドの実態と成因について, 地理学評論, 54(1981), pp.1-21.
- (2) 榊原保志・田中忍・伊藤由香, 長野市における夜間ヒートアイランド強度に対する風速と接地逆転の強さの関係, 天気, 44(1998), pp.119-126.
- (3) Ohashi, Y., Genchi, Y., Kondo, H., Y. Kikegawa, and Y. Hirano, Influence of air-conditioning waste heat on air temperature in Tokyo during summer: Numerical experiments using an urban canopy model coupled with a building energy model. J. Appl. Meteor., 46(2008), pp.66-81.
- (4) 野口泰生, 日最高・最低気温の永年変化に与える都市化の影響, 天気, 41(1994), pp.123-135.
- (5) 日下博幸・西森基貴・安成哲三, 最高・最低気温偏差の季節性を利用した都市化に伴う気温上昇率の推定, 天気, 45(1998), pp.369-378.
- (6) Fujibe, F., Long-term falling trends of pressure over the Kanto plain as evidence of increasing heat content in the lower atmosphere in the daytime of the warm season, J. Meteor. Soc. Japan, 72(1994), pp.785-792.
- (7) Martilli, A., Numerical study of urban impact on boundary layer structure: Sensitivity to wind speed, urban morphology, and rural soil moisture, J. Appl. Meteor., 41(2002), pp.1247-1266.
- (8) Kusaka, H., and F. Kimura, Thermal effects of urban canyon structure on the nocturnal heat island: Numerical experiment using mesoscale model coupled with urban canopy model, J. Appl. Meteor., 43(2004), pp.1899-1910.

(Received July 15, 2008, Accepted February 10, 2009)