

越谷市南東部における臨時定点観測による ヒートアイランド強度の特徴*

榊原保志*¹・原 芳生*²・加藤俊洋*³

要 旨

郊外に水田が広がる埼玉県越谷市南東部において、都市域と郊外を代表とする2つの地点に臨時観測点を設置し、約1年間にわたり気温観測を行った。ヒートアイランドは夜間には一年中認められ、中でも7月・8月と11月・12月の2つの時期に明瞭に出現した。そして7月・8月の正午にはすでに1°C以上のヒートアイランドが生じた。1日の変化では日没後数時間に最大になり、その後徐々に小さくなり、7時から11時の時間帯で最小になった。また、風速が大きくなるほどヒートアイランド強度が小さくなる傾向は、冬季に見られるものの夏季には認められなかった。さらに臨時定点観測と並行して移動観測を実施し、双方の信頼性を検証した。その結果、臨時定点における観測値は移動観測により得られる都市域と郊外の代表的な地点の平均値と比べ、どちらも約0.3°Cの差異が見られた。臨時定点観測と移動観測から得られるヒートアイランド強度には大まかな対応が見られることが分かった。

1. はじめに

都市気候の中で最も顕著に見られるのが、気温に出現する都市温度である。それは都市域と郊外の温度差で与えられ、ヒートアイランド強度 (ΔT_{u-r}) としてたびたび用いられている。

この ΔT_{u-r} の日変化・年変化を統計的に調べた例はオーク (1981) や Landsberg (1981) 等に紹介されている。 ΔT_{u-r} が最大になる時刻は日没後、数時間という例もあれば、日の出前という場合も示されていて、決定的な結論はない。

田宮 (1981) は、東京の都市温度について郊外に熊谷と勝浦を採用した2つのケースを考察し、郊外の選び方で気温差が最大になる時刻や季節が大きく異なる場合があることを示した。つまり、 ΔT_{u-r} の最大値

や変化傾向を調べる場合、観測地点の選び方が重要になる。

Oke (1973) は、観測地点の選び方に観測地点の周りの地形、湖の有無等を考慮して、ヒートアイランドを調査している。しかし、これらの問題をクリアしても、一般に気温データを入手できる気象官署や自治体による大気汚染常時監視測定局等は、必ずしも都市の中心部に位置するとは限らない。たとえ、観測所が郊外にある場合も、都市域の拡大に伴い都市化の影響を受ける地点に変化しつつある。そのため、既存の気象観測資料は、観測地点が必ずしもヒートアイランド研究に都合のよい場所でないことが考えられる。特に、大気汚染常時監視測定局のデータは欠測が多く、また観測地点が屋上や校庭などに設けられ、地上高や地覆の状態が不統一でアメダスデータと一緒に用いる際に注意を要する (山添・一ノ瀬, 1994)。

榊原 (1994) は郊外に水田が広がる都市において、自動車の移動観測により約1年間にわたり気温分布を調べ、ヒートアイランドの日変化や季節変化について考察している。しかし、都市を中心とした自動車等の移動観測から求める方法では、都市域の一番高温な地点と郊外域の一番低温な場所は特定できるものの、観測回数に限界があり、年間を通じた均質なデータは取

* The feature of heat island intensity with two extra stations method in the southeast part of Koshigaya city.

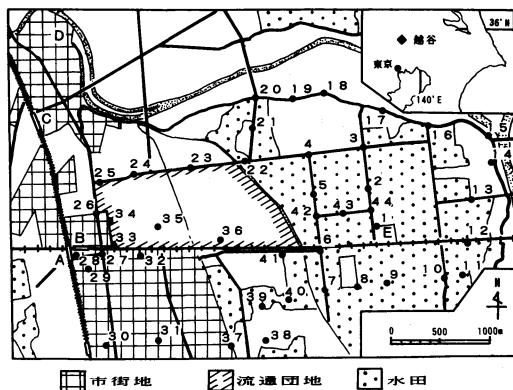
*¹ Yasushi Sakakibara, 信州大学教育学部.

*² Yoshio Hara, 大正大学文学部.

*³ Toshihiro Kato, 慶応義塾湘南藤沢中等部講師.

—1995年12月4日受領—

—1996年4月1日受理—



第1図 研究対象地区の概観。A：新越谷駅，B：南越谷駅，C：越谷駅，D：アメダス越谷，E：見田方遺跡公園。

れない。

本研究では、都市域と郊外の代表的2地点に百葉箱等を設置して得られた結果に基づき ΔT_{u-r} の時間変化を調べた。これにより得られたヒートアイランド強度は既存の観測所のデータから得られるヒートアイランド強度よりも実態に近いものと考えられる。これまで行われたヒートアイランド強度の統計的解析研究のほとんどが既存の観測所のデータを利用していることから、この臨時観測点で得られた結果は現状では十分意義のあるものと考えられる。さらに、この観測値と移動観測による観測値を比較し、双方の信頼性を検証した。その結果をここに報告する。

2. 観測方法と設置場所

埼玉県越谷市南東部では、これまでも気温(榊原, 1994)や水蒸気圧(榊原, 1995)に関する研究が行われており、代表的な都市域と郊外の地点を選びやすく、その場所の使用許可が得られたという理由から、調査対象とした。なお、駅(第1図AとB)の西側2 kmにも住宅地を挟んで大規模な水田域がある。

これまでの調査結果により、都市域の代表地点として第1図の地点28付近、郊外の代表地点として地点1付近を臨時観測点の場所に決めた。

前者は駅前ロータリ内にある緑地帯内の地点である(第2図a)。ここに百葉箱を設置し、あらかじめ標準温度計で検定した白金測温体センサとデータログ(株式会社コーナシステム製, KADEC-US)を収納した。移動観測点28の気温から百葉箱の気温を引いた値を求め、すべての移動観測例を選んで、気温差の平均値、標準

誤差、標準偏差を算出すると、 $0.186 \pm 0.084^\circ\text{C}$ ($\sigma=0.368$, サンプル数19)となった。

百葉箱が1台しかなかったので、郊外の地点にはその代用として見田方遺跡公園内の古代復元住居を利用した(第2図b)。その中に前者で使用したものと同タイプのデータログを置き、それと接続したセンサを地上高1.8 mになるように天井からつるした。この高さは気温観測としてはやや高いと思われるが、古代復元住居が市内小学校社会見学のコースになっていたので、その際じゃまにならないためにやむをえずこの高さにした。

古代復元住居の南北壁面上部には一辺40 cm程度の正三角形をした開放窓があり、換気状態は百葉箱よりも良好であるが、この窓から朝夕太陽光が入り込む季節があるため、センサ部に直達光が当たらないようにセンサの取り付け位置を配慮した。ちなみにデータログ保守点検の際、アスマン通風乾湿計で古代復元住居付近の外気温を測定し、その値とデータログの測定値と比較を何度か行ったが、その差異は 0.2°C 以上見られなかった。

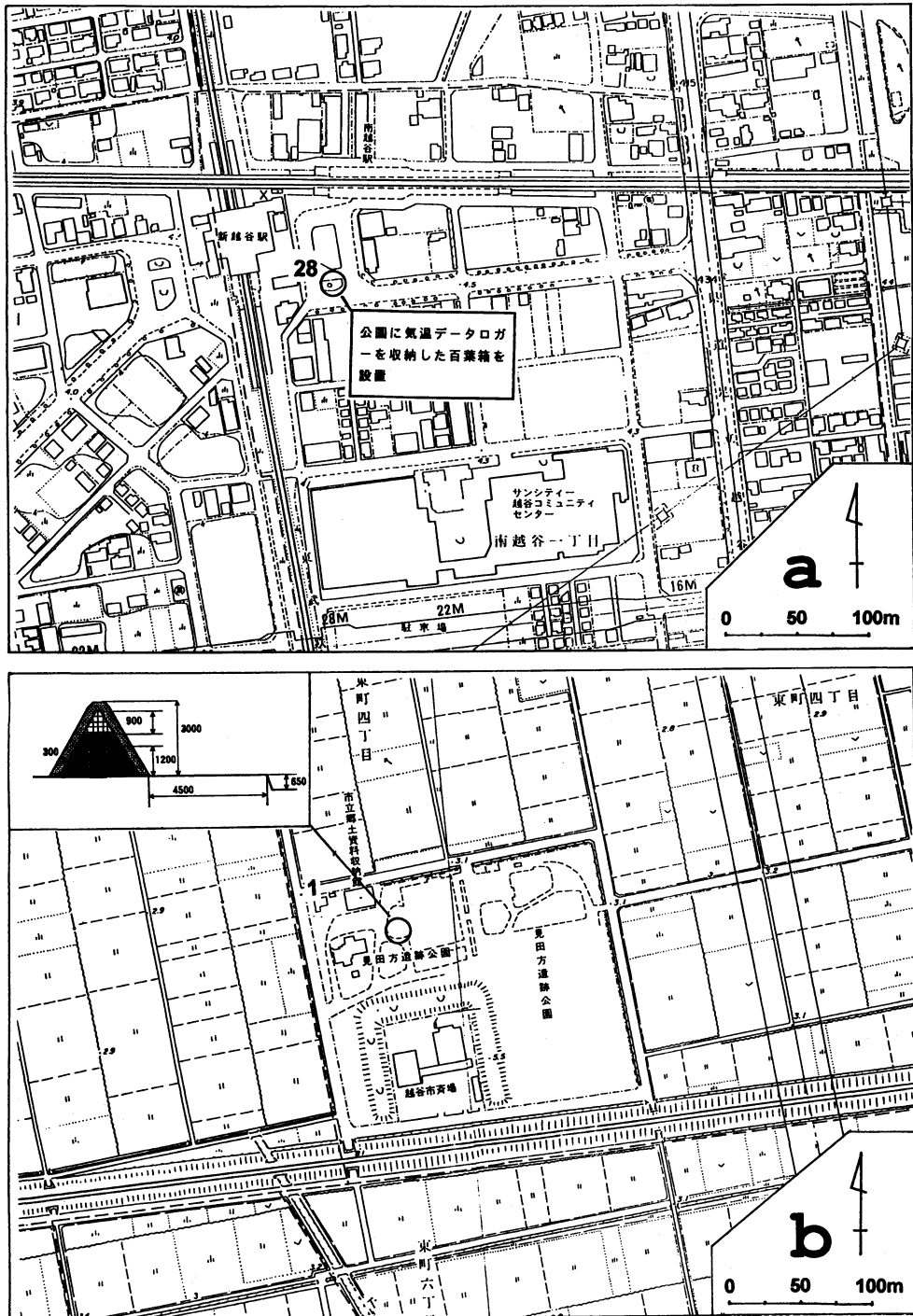
臨時定点観測は1994年3月28日15時から1995年3月29日17時にかけて1時間毎に行われた。この期間に自動車による移動観測を延べ19回実施した(第1表)。この表では、観測時間帯中央の時刻が日の出から日の入りの時間帯に分類されるときは「日中」とし、そうでないときは「夜間」とした。日中に分類されたものの中には日の出直後の観測例も含まれる。なお、移動観測の方法に関しては前報(榊原, 1994)と同様である。

3. 移動観測と臨時定点観測によるヒートアイランド強度の差異

臨時観測を行った2地点がヒートアイランド強度を算出する上で適切な場所にあるかどうかを検討する。ヒートアイランドが明瞭に出現した夏季早朝の観測例を選んで、自動車の移動観測による結果と臨時定点の観測値を比較すると(第3図)、都市域の駅前ロータリの観測地点は高温域に入っているが、古代復元住居の測定値は低温域付近にあるものの気温の最低値より 2°C 程度高い値を示している。

ここで、都市域を代表する地点として第1図の地点26, 27, 28, 29を、郊外を代表する地点として2, 5, 42, 43, 44を選び、それぞれの気温の平均値を求めた。

ヒートアイランド強度は都市域と郊外の平均値の差として算出した。この方法で得られたヒートアイラン

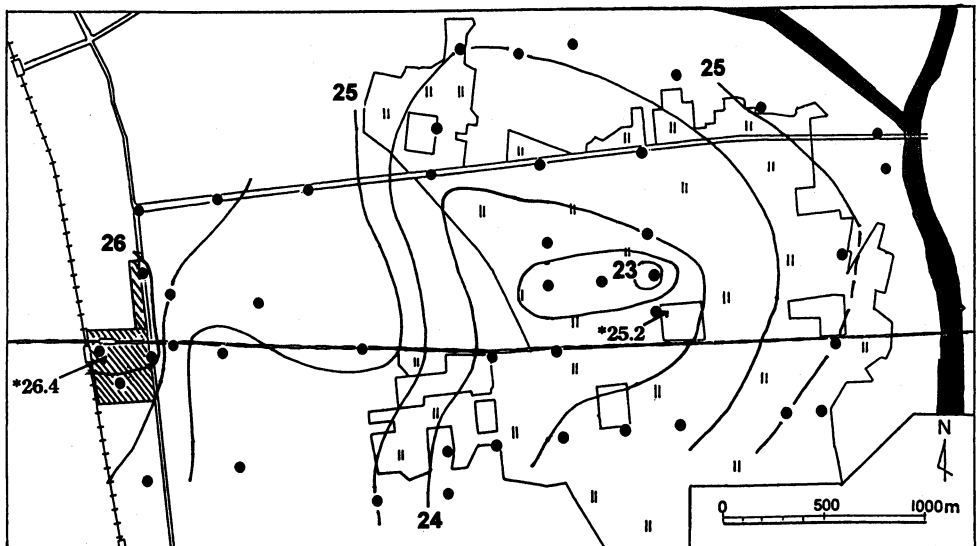


第2図 観測対象の概略. a:南越谷駅前ロータリ周辺 b:見田方遺跡公園周辺と古代復元住居.

第1表 調査日の気象状況

□：日中，■：夜間

観測 Run No.	観測日	観測時間	分類	アメダス越谷で観測された気象条件					ヒートアイランド 強度 (°C)
				時刻 h	気温°C	日照	風向	風速 m/s	
1	940423	1415-1502	□	15	18.7	0	ESE	2	0.7
2	940424	1404-1444	□	14	20.4	0	NE	2	0.3
3		2157-2240	■	22	16.9	0	-	0	1.0
4	940425	0339-0418	■	4	15.3	0	SE	1	1.0
5		1354-1438	□	14	23.2	0.6	S	3	0.6
6	940426	2135-2212	■	22	14.8	0	ENE	2	1.6
7	940427	1342-1429	□	14	20.7	0.2	SE	3	0.0
8		2137-2211	■	22	15.7	0	ENE	1	2.2
9	940430	1419-1508	□	15	18.8	0	ESE	3	0.0
10	940503	1342-1417	□	14	14.8	0	ESE	1	0.3
11	940507	1351-1436	□	14	25.0	0.7	SSW	2	1.3
12		2157-2237	■	22	19.8	0	-	0	3.8
13	940508	0348-0428	□	04	15.4	0	-	0	2.0
14		1238-1316	□	13	28.3	1.0	SSW	2	1.7
15		1338-1421	□	14	28.6	1.0	SSW	2	1.7
16	940818	0454-0532	□	05	24.7	0	-	0	2.7
17		1258-1336	□	13	33.9	0.9	SSE	2	1.4
18		2345-0027	■	24	27.7	0	S	2	2.0
19	940819	0440-0513	□	05	25.5	0	WNW	2	1.4



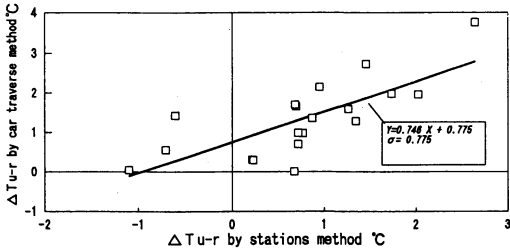
第3図 自動車の移動観測による気温分布と臨時定点観測の気温 (*印は臨時定点の測定値, 1994年8月18日4時54分から5時32分)。

ド強度は都市域の気温の最高値から郊外域の気温の最低値を引く方法 (Oke, 1973) で求めた値より小さいが、データの信頼性は高くなる。

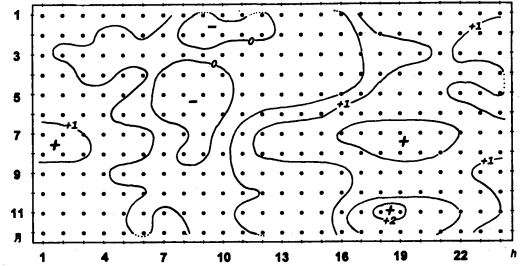
一方、臨時の定点観測で得られるヒートアイランド強度は、駅前ロータリ付近に設置した百葉箱で観測された値から古代復元住居で観測された気温を引いた値

とした。

すべての移動観測例を選んで、都市域の代表点の平均値を百葉箱の観測値から引いた値を算出した。その値の平均と標準誤差は $-0.304 \pm 0.095^{\circ}\text{C}$ ($\sigma=0.414$, サンプル数19) となった。同様に、郊外の平均値を古代復元住居の観測値から引いた値の平均と標準誤



第4図 移動観測と臨時の定点観測により求めたヒートアイランド強度の関係。



第5図 月別時刻別ヒートアイランド強度。

差は、 $0.319 \pm 0.124^{\circ}\text{C}$ ($\sigma=0.541$, サンプル数19) となった。

次に、移動観測によるヒートアイランド強度と移動観測時間帯に最も近い正時の臨時定点観測値によるヒートアイランド強度を比較した(第4図)。図からわかるように正の相関(相関係数=0.775)が見られ、大まかな傾向としては対応がとれることが分かった。これにより両者の相関が高いと見るか低いと見るかは議論の余地がある。しかし、先に述べたように臨時定点によるヒートアイランド強度は、既存の常時観測点によるヒートアイランド強度よりも実態に近いものと考えられる。その結果を次の節に示す。

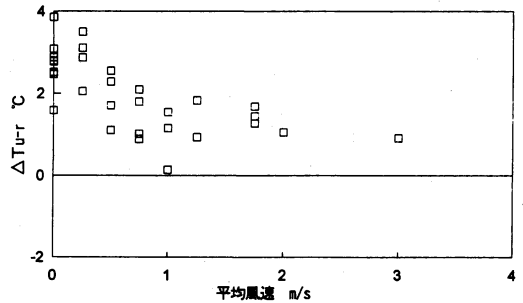
4. ヒートアイランド強度の変化

百葉箱等で得られたヒートアイランド強度の特徴を調べるため、月別時刻別ヒートアイランド強度を天気に関わらず、月の日数分だけ平均して比較した(第5図)。ただし、3月の値は1995年3月1日から臨時観測最終日前日の28日までの期間から算出した。

図から分かるように夜間のヒートアイランドは年間を通して出現し、7月・8月と11月・12月には 1.5°C 以上のヒートアイランド強度が認められる。また、7月・8月の正午にはすでに 1°C 以上にヒートアイランド強度が達していることは注目すべきことである。

関口(1970)によれば日の出前後にヒートアイランドが顕著に出現すると報告されているが、この時間帯のヒートアイランド強度はむしろ小さく、8時から10時にかけてマイナスになる月もあった。ヒートアイランドが最も明瞭に出現した時間は、1月から順に記すと21時、20時、21時、20時、19時、19時、19時、18時、18時、20時、18時、19時といずれも日没直後か数時間後の時間帯になった。

この時間帯に最大のヒートアイランド強度が出現するのは、日中より夜間の方が風速が小さいこと、そし

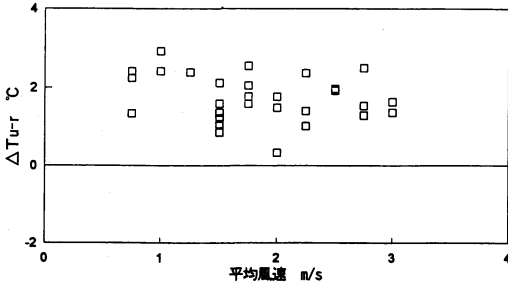


第6図 11月の18時から21時の時間帯における平均風速とヒートアイランド強度の平均値。

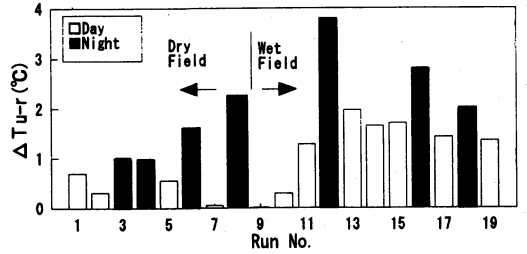
て越谷市のようなベッドタウン都市では人間活動による放熱が一日の中で夜間が最も大きくなると推定されること等によると考えられる。特に日の出前の時間帯は人間活動による放熱が小さいので、ヒートアイランド強度が小さいと考えてもおかしくない。

次に、風速に対する依存性を調べるため、ヒートアイランドが明瞭に出現した11月の18時から21時の時間帯を選び、平均風速とヒートアイランド強度の平均値の関係を第6図に示す。なお、風速はアメダス越谷の観測値を用いた。図から分かるように、大きなヒートアイランド強度は風が弱いときに生じている。この傾向については風速が強くなると都市内外の気温差は小さくなるとした河村(1977)の報告を裏付けるものである。ちなみに12月についても同様な結果を得た。

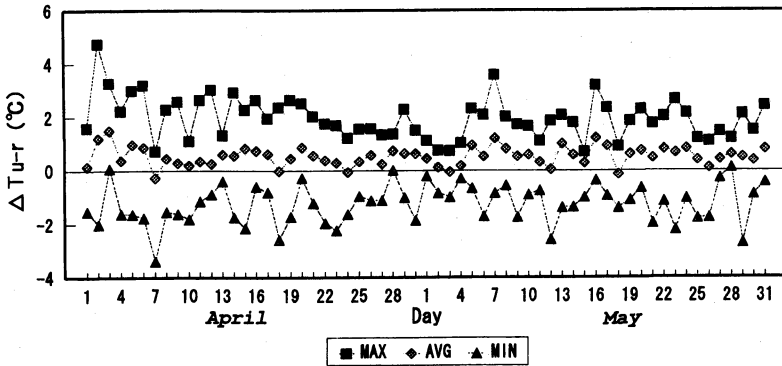
ヒートアイランドが顕著になったもう一つの時期の例として、8月における同時時間帯の18時から21時における平均風速とヒートアイランド強度の平均値の関係を第7図に示す。これによると風速に対するヒートアイランド強度の相関が認められない。8月の平均風速には 0.5 m/s 以下のものと 4 m/s 以上のものがなかったために、夏季のヒートアイランド強度は風速依存性が少ないものかどうかの決定的な結論を出せないが、



第7図 8月の18時から21時の時間帯における平均風速とヒートアイランド強度の平均値。



第8図 自動車の移動観測から求めたヒートアイランド強度 (□: 日中、■: 夜間)。



第9図 定点観測から求めた4月から5月のヒートアイランド強度の推移。

興味あることとして指摘しておきたい。同様なことは7月の同時間帯においても、さらに7月・8月における12時から15時の時間帯の結果においても認められた。

5. ヒートアイランド強度への局地環境の影響

ヒートアイランドは都市域と郊外の相対的な気温差によるので、郊外の環境の変化により、ヒートアイランド強度の大きさは変わると考えられる。

1994年4月27日の午前中に水門が開かれ、水田地帯に一齐に水が引かれた。水を抜く日は稲の生育に差があるために8月の下旬から水田ごとにまちまちである^{#1)}。ここで4月27日前後のヒートアイランド強度を比較することで、水田に水が張られる影響を自動車による移動観測結果から検討した(第8図)。図から分かるように4月末前後を境にヒートアイランド強度が大きくなっている。夜間の $\Delta Tu-r$ の変化はさほど大きくないのに対し、日中は明瞭な変化が表れており、非常に興味深い結果である。なぜなら水田により夜間の

$\Delta Tu-r$ の縮小傾向を指摘した Oke *et al.* (1991) と一致するからである。しかしながら、気象条件の統一やサンプル数が少ないこと等、今後検討が必要であろう。

次に、定点観測による4月から5月にかけてヒートアイランド強度の日最大値、平均値、最低値の推移を第9図に示す。これによると水田に水が張られたことによるヒートアイランドへの明瞭な影響は認められない。

水田に水が張られただけでは気温を下げるには不十分であると見させるが、先に述べたように水田の近くではその効果が日中現れている可能性もある。

6. おわりに

以上述べたように、臨時観測点によるヒートアイランド強度は、並行して実施した移動観測によるヒートアイランド強度とは、大まかな傾向として対応は見られたが、非常によい対応であったとはいえない。このことは、既存の常時観測所等のデータでヒートアイランドの性質を議論するときにはリスクが伴うといえる。

さらに観測地点が明らかな郊外に位置している場合

#1) 農家の方に対する聞き取り調査による。

でも、郊外には水田、森林、畑、果樹園などの異なる土地利用の形態があるため、郊外の気温が必ずしも同じでないと考えられる。今後郊外の異なる土地利用間における気温を比較する観測が必要であろう。

謝 辞

駅前ロータリー緑地帯と見田方遺跡公園古代復元住居使用許可に関して、越谷市役所公園緑地課の方にお世話になりました。お茶の水女子大学教授田宮兵衛先生にはデータログを貸していただいた。ここに謝意を表します。

参 考 文 献

- 河村 武, 1977: 都市気候の分布の実態, 気象研究ノート, 133, 26-47.
- Landsberg, L. E., 1981: The urban climate, International Geophysics Series, 28, Academic Press, N. Y., 275 pp.
- Oke, T. R., 1973: City size and the urban heat island, Atmos. Environ., 7, 769-779.
- オーク著, 斎藤直輔・新田 尚訳, 1981: 境界層の気候, 朝倉書店, 324 pp. (Oke, T. R., 1978: Boundary Layer Climates, Methuen, London, 372 pp.)
- Oke, T. R., G. T. Johnson, D. G. Steyn, and I. D. Watson, 1991: Simulation of surface urban heat island under 'ideal' conditions at night: Part 2 Diagnosis of causation, Boundary Layer Meteor., 56, 239-258.
- 榎原保志, 1994: 越谷市に見られるヒートアイランド強度—郊外が水田の場合, 天気, 41, 515-523.
- 榎原保志, 1995: 越谷市南東部における市街地と水田域の水蒸気圧差の特徴, 天気, 42, 355-361.
- 関口 武, 1970: 都市気候学, 天気, 17, 89-96.
- 田宮兵衛, 1981: 都市の環境とヒートアイランド, 地域, 8, 18-23.
- 山添 謙, 一ノ瀬俊明, 1994: 東京及びその周辺における秋季夜間の晴天時と曇天時のヒートアイランド, 地理学評論, 67A-8, 551-560.



第25回気候影響・利用研究会プログラム Japanese Study Group for Climate Impact and Application

日 時

1996年10月4日(金) 午後1時30分～5時

場 所

気象庁第一会議室
東京都千代田区大手町1-3-4
交通: 地下鉄大手町または竹橋

プログラム

気候変動影響の研究
—IPCC 第2次評価報告書第二作業部会(影響)
報告より—

I. 変動の危険なレベルは定められるか

- ① 総合評価報告書の結果
西岡秀三(国立環境研究所)

② 影響評価の方法論とその問題点

原沢英夫(国立環境研究所)

II. 個別分野の影響をどう読むか?

- ③ 草地 及川武久(筑波大学)
④ 水文・水資源 花木啓祐(東京大学)
⑤ 沿岸・小島嶼 三村信男(茨城大学)
⑥ 人間・健康 安藤 満(国立環境研究所)
⑦ 砂漠化 吉野正敏(愛知大学)

連絡先

〒305 つくば市小野川16-2 国立環境研究所
地球環境研究グループ 増田啓子
Tel : 0298-50-2524
Fax : 0298-56-4680