

晴天日と曇天日のヒートアイランド強度の違いと 夜間ヒートアイランドの成因

榊原保志*・三枝あかね**

要 旨

夜間ヒートアイランドの成因を調べるため、長野県松本市において74回の自動車による移動観測を実施した。ヒートアイランド強度と風速の関係を曇天日と晴天日に分けて検討したところ、曇天日には風速が大きくなるにつれてヒートアイランド強度の上限値 $\Delta T_{u-r(sup)}$ は小さくなるのに対し、晴天日には単純に小さくなるのではなく、風速2~3 m/sで最大になった。晴天日のヒートアイランド強度の上限値と曇天日の上限値の差の風速依存性は天空率の減少によるものとは考えにくい。このことから接地逆転を妨げる都市大気との混合が夜間晴天日のヒートアイランド形成に重要な役割を果たしていることが示唆された。

1. はじめに

ヒートアイランドの研究は風が弱くよく晴れた夜間を対象としたものが多い。これはヒートアイランドがこの気象条件の時に明瞭に出現するとされるからである。ヒートアイランドには様々な成因があるとされる。ビルの冷暖房、工場の排熱、自動車のエンジン等から発生する人工熱の都市大気への放出、日中蓄積した太陽熱を夜間に放出する特性が大きい都市構成物質の存在、長波放射損失の低下をもたらす天空率の低下、建物等に起因する大気上下混合が接地逆転の発達を妨げること等が複合的に存在する。この晴天日のヒートアイランドの成因の重み付けを行うことはヒートアイランドモデル構築に示唆を与え、やがては都市計画に役立つと考える。

一方、曇天日夜間にもヒートアイランドは生じる。佐々倉(1950)は6時の雲量が10の時における東京の都市部にある大手町(中央気象台)と郊外の吉祥寺における最低気温の月平均の差は、すべての月で正になると指摘した。

晴天日と曇天日における都市内外の気温分布の違いに着目した研究には中川・山岸(1983)がある。早朝

の静穏曇天日の気温分布は静穏晴夜の場合と比べ気温分布の差異は小さいが、弱いながらもヒートアイランドは生じることを示した。ところが、山添・一ノ瀬(1994)は東京およびその周辺において10年間のアメダスの気温を利用して、11月における都市と郊外の気温差の平均を晴天日と曇天日に分けて時刻別に求めたところ、早朝時には従来の報告と一致する晴天日の気温差が曇天日より大きいことを示しているが、日没から21時までの時間帯では晴天日も曇天日も同程度の気温差になることを示した。

一般に、晴天静夜には郊外で接地逆転層がたびたび認められ、雲量や風速と同様にこの接地逆転層はヒートアイランドの発生に関連があるとされる。一方、都市域では次の2つのメカニズムによって逆転層は生じにくい。1つは地表面からの加熱であり、もう1つは機械的混合により接地層が攪拌され、上層の暖気と下層の冷気が混合される場合である(田宮・大山, 1981)。現実の都市を対象とした報告では、小都市で調査が行われ、いずれもヒートアイランドは後者の成因の寄与が多いとされる(田宮・大山, 1981; 榊原, 2001)。

一方、曇天日においては天空に雲が存在するため都市も郊外も放射による冷却に差は生じにくい。そして郊外は接地逆転が生じにくいので、都市大気が混合したとしても都市と郊外の気温差も生じにくい。この推論から、曇天日の都市と郊外の気温差が晴天日より

* 信州大学教育学部, ** 安曇野福祉協会。

—2001年9月3日受領—

—2002年4月26日受理—

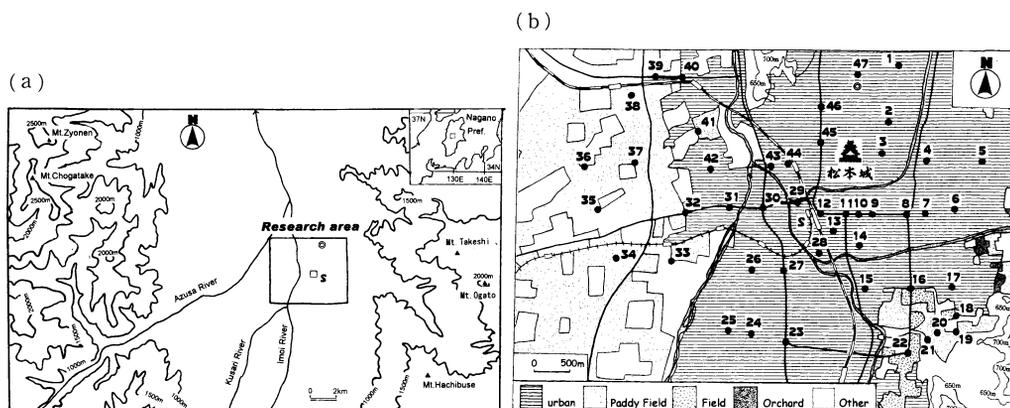


Fig. 1 (a), (b) Index Map of Matsumoto, Nagano. ◎ : Matsumoto Meteorological Observatory, ● : Observation sites, S : Matsumoto JR station.

小さくなると考えられる。

このことから日没から21時までの都市と郊外の気温差に関する山添・一ノ瀬 (1994) の結果は、日没後数時間のヒートアイランドが雲の存在の有無と異なる成因で形成されたものなのか、あるいは晴天と曇天日のヒートアイランドの特徴を示すものではなく単なる見かけ上の結果なのか等の疑問が生じる。たとえば、東京の大手町で観測された雲量が調査対象地域全体で同一であるとは考えにくいことから、地点の取り方に問題があることも考えられる。

そこで、本研究では日没後数時間におけるヒートアイランドの成因を調べるため、長野県松本市において自動車による移動観測を2年間に74回行い、市街地内外の気温分布から求めたヒートアイランド強度と雲量の関係について検討した。さらに、晴天日と曇天日における風速に対する夜間ヒートアイランド強度の違いからヒートアイランドの成因を考察したので、ここに報告する。

2. 研究の方法

2.1 調査対象地域

調査対象全域が同一の天候と仮定できる都市規模であり、典型的な郊外が隣接する長野県松本市の市街地およびその周辺を調査対象に選定した (第1図a)。松本市は国宝松本城が控える人口約20万人 (1999年11月1日現在, 208,544人) の城下町で、松本市中央にある市役所 (第1図bの地点3付近) の標高は海拔592mである。西側には蝶ヶ岳、常念岳などの2500mを越える北アルプスの山々、東側は美ヶ原・鉢伏山などの2000m程度の山に囲まれる。

市街地は松本駅の北東側に広がり、中でも駅から東側に走る駅前通りの両側の地区は中層ビルがいくつも建ち並ぶ (第1図b地点11-12)。それ以外の地域は低層住宅が密集し、市街地を形成している。駅の西側には大規模な水田域 (地点34-38) が広がり、南東方向に水田域と畑域 (地点19-21) がある。市街地は北の方角に緩やかに高度を増す。

地表面の土地被覆はヒートアイランドの出現に影響を与える (榊原ほか, 1996)。松本市の市街地及び郊外の道路路面は雪が降っても降雪量が少なく、路面全体が雪で覆われることは少ない。地面に育つ草は4月下旬から芽吹き、12月に枯れ草になる。5月中旬に水田域全体に一度に水が引かれるのに対し、水を抜く作業は稲の生育状況に応じて水田域毎に9月上旬から下旬にかけて徐々に行われた。水田域は少なくとも6月から8月の期間は灌水されていた。9月には稲穂が見られ、10月には収穫される。この期間以外の水田域は裸地になる。

2.2 測定方法

観測は第1図bに示す数字の順番で47地点を自動車で約70分要して移動し、気温を測定する移動観測である。この自動車による気温の移動観測の精度は 0.5°C 程度とされる (田宮, 1979)。観測地域で最も標高が高い所は地点48で621.9m、最も低い観測点は地点40で580.9mであり、観測地点間の最大標高差は約41mである。高度増加に伴う気温減率を $0.6^{\circ}\text{C}/100\text{m}$ とすると、調査地域内において高度差に起因する気温差は 0.25°C と見積もることができる。しかし、この値は自動車の移動観測の精度と比較して小さく、後述する本論で解析に利用した都市域の3地点の平均高度と郊外

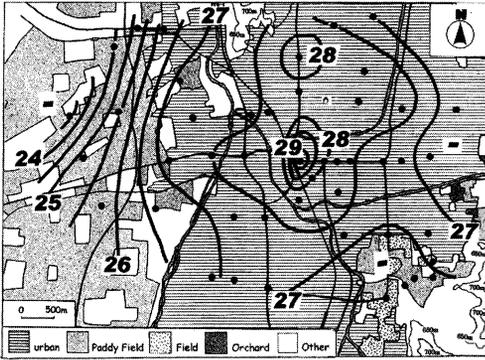


Fig. 2 Air temperature distribution with the most distinct heat island at 21 : 13-21 : 18, 17 Aug. 1999.

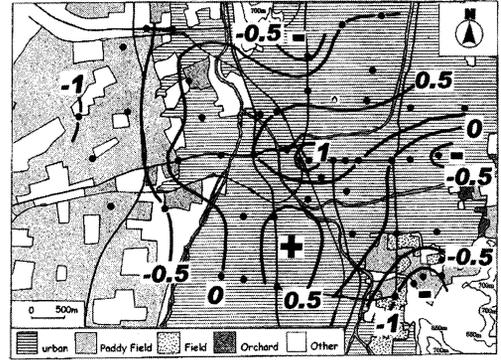


Fig. 3 Distribution of mean air temperature deviation for fine days.

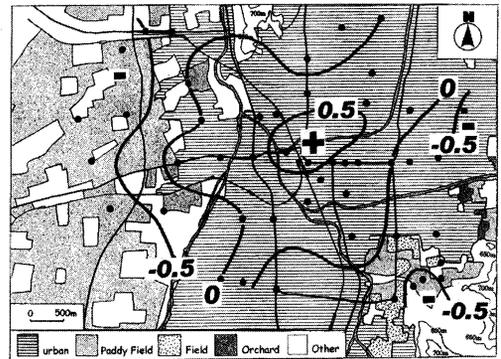


Fig. 4 Distribution of mean air temperature deviation for cloudy days.

域の3地点の平均高度との差はわずか4mであったので、標高差による補正は行わなかった。

観測は全てアスファルト舗装道路上の地点で行った。気温の測定はサーミスタ(日置電機(株)製、9021-01)を用いた。また、走行しながら測定を行うので特別な通風装置は付けていない。観測システムの説明や時差補正の方法などは榊原(1994)と同じである。

市街地とその周辺を代表する風向・風速、雲量、天気は、松本測候所(第1図aの◎)で観測されたものを利用した。ここは後述するように最も高温を示す市街地の中央ではないが、気温分布から判断して市街地の一部に属する。

2.3 調査日の気象状況

1998年12月から2000年12月にかけて、降水がない日の21時前後に延べ74回の観測を実施した(第1表)。観測実施日のうち21時の雲量が8以下の場合を晴天、9以上を曇天として分類すると、前者は45例、後者は29例であった。

3. 結果

3.1 特徴的な気温分布

まず、74回の観測のうち市街地と郊外の気温差が最も大きくなったのは第2図に見られる1999年8月17日の観測例である。観測時には南南東の風3.1m/sが吹き、天気は晴れであった。図から分かるように、松本駅に隣接する市街地(第1図b地点12)を中心に高温域が認められ、駅西方の水田域において低温域が見られる。都市域における気温の最高値と郊外における気温の最低値の差は6.1°Cに達した。この値はPark(1987)による都市規模とヒートアイランド強度の関係

によれば、日本型というよりむしろ西欧の同規模の都市に相当する。

天気毎の典型的な気温分布の特徴を知るため、晴天日の観測例から、すべての観測地点において欠測がなかった14例を選び、観測地点毎の気温の平均を求めた。そして全観測地点の平均気温を求め、この値をもとに観測地点毎に平均気温偏差を算出し、分布図にしたものが第3図である。図からわかるように、松本駅に隣接する市街地(第1図b地点12)を中心に高温域が認められ、駅西方の水田域と駅南東の果樹園と畑の混在域において低温域が見られる。晴天日と同様な方法で曇天日の10例において求めた平均気温偏差分布を第4図に示す。図から分かるように、晴天日の方が曇天日より気温の地域差が大きい。分布の傾向は類似している。このことは中川・山岸(1983)に一致する。

3.2 ヒートアイランド強度の年変化

ヒートアイランドの出現の強さを示すものとして、都市と郊外の気温差を示すヒートアイランド強度 Δ

Table 1 Observation days and associated meteorological data at Matsumoto Meteorological Observatory.

No.	観測日	観測時刻	ヒート アイラ ンド強 度	松本測候所														
				21h					3h	6h	9h	12h	15h	18h	21h			
				天気	風向	風速	下層雲 種類	雲量										
1	990126	2052-2152	1.4	快晴	NNW	2.2	Cu	1	10	10	10	2	8	1	1			
2	990301	2046-2154	1.9	晴れ	S	3.2	Cu	1	8	3	9.5	2	7	3	3			
3	990302	2015-2123	1.4	薄曇り	NW	2.2	Cu	1	2	2	1	3	6	2	9			
4	990403	2106-2212	1.2	曇り	NNW	2.6		0	9.5	9	9	2	6	10	9.5			
5	990407	2025-2133	1.4	晴れ	WNW	2.5	Cu	7	5	8	6	8	6	3	7			
6	990408	2042-2147	1.2	快晴	NNE	0.9		0	6	0.5	0.5	1	0.5	1	0			
7	990420	2019-2121	1.5	快晴	NNW	2.7	Cu	0.5	9.5	10	9.5	1	2	1	0.5			
8	990516	2014-2122	1.0	曇り	NNW	2.8	Cu	9	10	10	10	10	7	10	9.5			
9	990518	2024-2134	1.0	曇り	SE	4.9	Cu	2	9	9.5	7	5	9.5	10	9.5			
10	990521	2022-2131	1.4	薄曇り	N	1.8		0	0.5	0.5	0.5	0.5	2	10	9			
11	990522	2018-2121	2.5	晴れ	SSE	1.9	Cu	0.5	3	4	5	3	2	6	7			
12	990601	2009-2110	1.2	晴れ	NNW	1.9	Sc	1	0	0	0.5	1	1	1	3			
13	990716	2022-2136	1.4	曇り	NNW	2.1	Cu	5	10	9.5	9.5	9	9.5	10	9.5			
14	990726	2024-2126	3.1	晴れ	S	2.9	Cu	0.5	0	9.5	9.5	9	8	7	5			
15	990729	2016-2114	1.5	快晴	S	4.6	Cu	0.5	9.5	9.5	9	9	9	10	0.5			
16	990731	2027-2126	2.1	晴れ	SE	5.7		0	1	0.5	1	2	3	3	2			
17	990803	2014-2124	2.6	晴れ	SSE	3.7	Cu	5	0.5	0.5	1	0.5	1	4	5			
18	990811	2019-2134	2.9	晴れ	SSW	1.8	Cu	3	4	4	9.5	9.5	7	10	8			
19	990817	2013-2118	4.0	晴れ	SSE	3.1	Sc	3	5	9	9.5	0.5	1	4	5			
20	990822	2011-2108	1.8	曇り	NNW	1.4	Cu;Sc 2;7		9.5	9	3	8	9	10	9.5			
21	990823	2009-2117	2.1	曇り	N	1.1	Cu	1	9.5	9.5	6	4	9	9	9.5			
22	990825	2009-2109	1.5	曇り	NNW	1.9	Sc	9.5	10	9.5	8	2	4	8	9.5			
23	990829	2009-2111	1.5	曇り	NNW	2	Sc	2	0.5	0.5	3	2	1	2	9.5			
24	990830	2015-2119	3.7	薄曇り	SSW	0.8	Cu	0.5	2	9.5	7	6	9.5	10	9.5			
25	990831	2012-2119	1.8	快晴	SSE	3.2	Cu	0.5	9.5	8	1	3	4	3	1			
26	990908	2011-2114	2.6	曇り	N	1	Cu	2	10	9.5	9.5	3	6	10	9			
27	991006	2011-2120	0.6	曇り	S	5.8	Cu	7	9	3	1	0.5	9.5	9	9.5			
28	991009	2007-2112	2.1	晴れ	NNW	1.2	Cu	3	10	9	7	1	1	6	8			
29	991011	2002-2103	1.6	快晴	SE	1.6		0	4	5	0.5	0.5	1	0				
30	991021	2004-2112	2.0	晴れ	NNE	1.5		0	8	2	1	1	1	1	2			
31	991022	2018-2115	1.7	薄曇り	NNE	1.6	Sc	0.5	0	9.5	9.5	9.5	9.5	10	9			
32	991023	2017-2122	1.1	晴れ	NNW	1.3	Cu	3	10	10	0.5	9.5	9.5	10	3			
33	991025	2010-2119	2.1	快晴	N	0.5		0	0	1	0.5	0.5	0	0	0			
34	991029	2007-2114	3.9	晴れ	N	2.3	Cu	0.5	9	0.5	1	0.5	0.5	5	5			
35	991105	2017-2117	1.7	快晴	N	1.8		0	10	9	0.5	0.5	0	0	0			
36	991110	2022-2128	2.2	晴れ	N	1.7	Cu	0.5	6	9.5	9	2	1	1	3			
37	991111	2022-2125	0.5	曇り	SSW	2.1		0	1	8	5	9.5	9.5	10	10			
38	991114	2039-2139	1.9	曇り	NNE	1.3	Sc	0.5	0	10	10	0	0	0	9			
39	991120	2022-2127	1.5	晴れ	N	1.4		0	0	0.5	5	0.5	0.5	4	3			
40	991121	2023-2129	2.7	快晴	NNE	1.7		0	1	1	0.5	0.5	0.5	1	0			
41	991122	2023-2125	1.8	晴れ	NE	1.1		0	0	0.5	0	0	7	7	6			
42	991123	2026-2128	2.0	曇り	ESE	0.6		0	9.5	9.5	9.5	10	10	10	10			
43	991223	2015-2117	1.8	快晴	E	1.4		0	9.5	2	1	0.5	0.5	1	0			
44	991225	2040-2145	1.3	晴れ	SSE	4.1	Cu	6	9.5	6	9	9	3	7	6			
45	000108	2020-2126	1.4	快晴	SSE	2.3		0	2	8	9.5	9.5	1	1	0			
46	000114	2034-2134	0.6	薄曇り	N	2.4	Sc	0.5	5	1	0.5	0.5	9.5	10	9			
47	000115	2009-2114	0.7	晴れ	N	2.1	Cu	2	9.5	4	1	4	5	1	0			
48	000119	2015-2122	1.0	晴れ	S	4.7	Cu	8	9.5	6	0.5	0.5	0.5	2	8			
49	000126	2011-2113	1.3	快晴	NNE	0.4	Cu	0.5	9.5	10	9	2	7	1	0.5			
50	000127	2015-2121	0.7	晴れ	NNE	1.4		0	0	0	0.5	9.5	9.5	7	3			
51	000129	2044-2152	1.7	薄曇り	N	1.2		0	0.5	0	0.5	0.5	2	9	9.5			
52	000205	2015-2121	1.6	快晴	N	1		0	0	0	0	0	0	0	0			
53	000210	2029-2130	2.3	快晴	N	1.4		0	0.5	1	0.5	1	0.5	1	0			
54	000212	2026-2125	1.3	快晴	NNE	1.1		0	8	9.5	9.5	0.5	0.5	1	0			
55	000213	2032-2136	0.3	曇り	NNW	0.9	Cu	9.5	4	10	9.5	9.5	0.5	3	9.5			
56	000214	2019-2128	1.3	薄曇り	S	3	Cu	1	9.5	9.5	9.5	3	8	6	9.5			
57	000221	2020-2120	0.4	薄曇り	W	1.8	Cu	2	7	8	9.5	6	2	10	9.5			
58	000305	2028-2135	1.4	薄曇り	NNW	1		0	10	9.5	9.5	9	9.5	10	9.5			
59	000417	2046-2156	2.1	晴れ	NE	1.1	Cu	5	1	3	0.5	1	9.5	4	7			
60	000423	2033-2139	1.6	晴れ	S	2.7	Cu	4	9	7	1	0.5	0.5	1	4			
61	000518	2034-2153	1.9	晴れ	E	1.4	Cu	3	10	10	10	6	0.5	5	6			
62	000528	2026-2129	1.7	晴れ	SW	3.6	Cu	2	9.5	9	9.5	9.5	8	5	6			
63	000606	2022-2128	2.0	晴れ	W	1.3	Cu	8	8	7	1	1	1	2	8			
64	000607	2024-2130	1.9	晴れ	E	1.4		0	0	0.5	9.5	9.5	9.5	4	2			
65	000705	2027-2132	2.1	曇り	WSW	1.2	Cu	9	2	9	7	7	7	10	9			
66	000719	2039-2147	1.3	曇り	ESE	2.5	Cb;Cu 2;9		10	10	1	2	8	10	10			
67	000730	2036-2141	1.5	晴れ	SSE	5.3	Cu	2	6	6	4	9	5	4	4			
68	001001	2027-2133	0.9	曇り	E	1	Cu	9.5	10	10	10	8	9.5	10	9.5			
69	001004	2025-2131	1.5	曇り	NNE	1.7	Cu	9.5	9.5	10	1	2	6	3	9.5			
70	001119	2041-2141	0.7	曇り	N	1.3		0	1	9	10	9.5	9.5	10	9.5			
71	001121	2028-2131	0.7	曇り	NNW	4.1	Cu	9.5	10	10	10	9.5	9.5	10	9.5			
72	001122	2023-2129	0.2	晴れ	NNE	1.6	Sc	1	9.5	9	8	6	9	10	2			
73	001123	2039-2143	2.6	快晴	N	1.6		0	0	0	1	0	0	0	0			
74	001201	2053-2203	1.9	快晴	N	2		0	10	10	0.5	2	3	1	0			

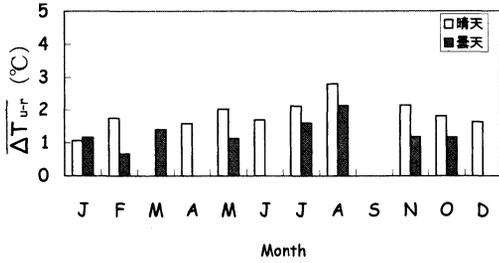


Fig. 5 Monthly mean heat island intensities.

T_{u-r} がたびたび用いられる。

この ΔT_{u-r} には、都市域の最も高い気温 T_u と郊外で最も低い気温 T_r の差と定義される方法 (Oke, 1973) と、都市と郊外から数地点を選び、それらの気温の平均値をそれぞれ算出して、その気温差を算出する方法 (田宮・大山, 1981; 小林, 1990) がある。後者の方法で求めた ΔT_{u-r} は前者より小さい値になるが、データの信頼性が高い。

本論では後者の方法を採用し、気温分布の様子から判断して都市域で高温域になった地点11, 12, 13における気温の平均を T_u 、郊外で低温域になった地点34, 36, 38の気温の平均を T_r とした。前者はJR松本駅に隣接する中層ビルが建ち並ぶ商業地であり、後者は大規模な水田域である。

この方法で観測毎に算出した ΔT_{u-r} を月ごとに分類して、さらに晴天日と曇天日に分け、平均を求めた(第5図)。ただし、ここで述べる月平均のヒートアイランド強度 ΔT_{u-r} は第1表に掲げた日から求めたものである。雨が多く降る月は調査可能な日が少ないこともあり、月ごとに観測事例数に偏りがある。ただし、観測が複数ない月は図から除いた。

その結果、晴天と曇天の両方の平均が得られた月は7つになった。図から分かるように、1月を除き晴天の ΔT_{u-r} は曇天の場合より大きい。晴天日、曇天日ともに8月の ΔT_{u-r} が最も大きい。

3.3 ヒートアイランド強度と風速

風速に対するヒートアイランドの影響を調べるために曇天日と晴天日に分けて検討を行った。第6図は曇天日における21時の風速と ΔT_{u-r} の散布図である。図中の線は ΔT_{u-r} の上限 (以下 $T_{u-r(sup)}$) を表したもので、風速以外の要因によるヒートアイランド効果が極大となる位置を示すと考えられる。図から分かるように、風速が大きくなると $\Delta T_{u-r(sup)}$ は小さくなる。

晴天日における風速に対する $\Delta T_{u-r(sup)}$ を見ると、風

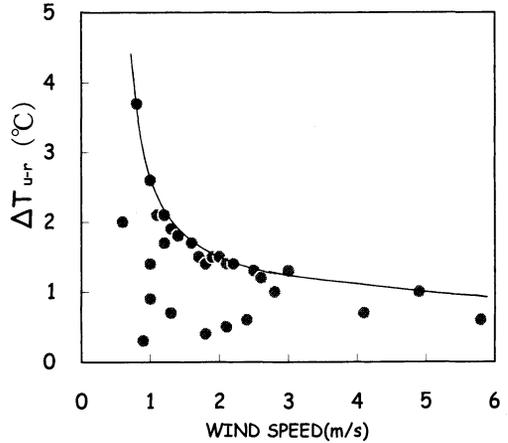


Fig. 6 Relation between wind speed and heat island intensity for cloudy days.

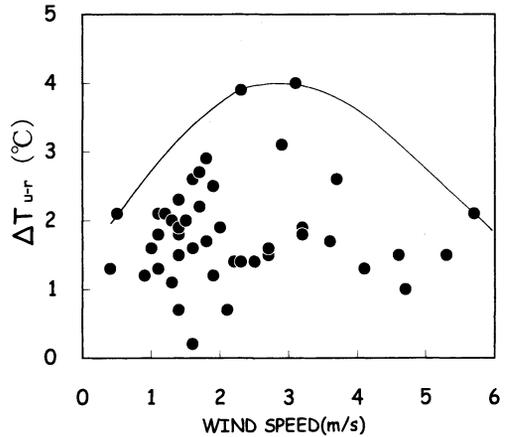


Fig. 7 Relation between wind speed and heat island intensity for fine days.

速が大きくなると単純に小さくなるのではなく、2~3 m/s 付近に最大が生じる傾向が見られる(第7図)。同様なことは、榊原 (2001) や権根 (1960) においても示されている。

ヒートアイランドと風速の関係については、Sundborg (1950) の観測や都市表面からの顕熱供給によりヒートアイランドが生じるとした数値モデル (Summers, 1965) の結果において、ヒートアイランド強度が風速に逆比例すると指摘されている。さらに、Oke (1973) はいくつかの都市における観測結果を利用してこの関係を発展させた。人口という都市規模のパラメータを導入し、多重回帰解析によりヒートアイランド強度は人口の1/4乗に比例し、風速の平方根に逆

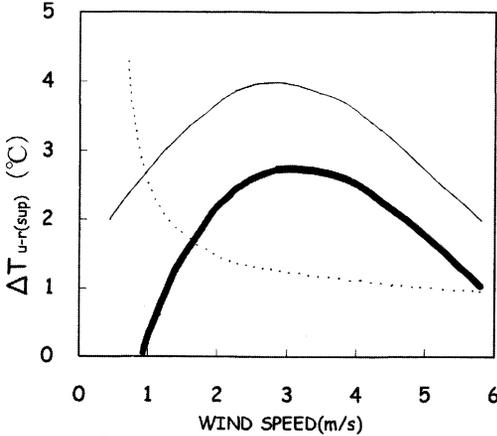


Fig. 8 Relation between wind speed and the supremum heat island intensity on fine days (thin line) and cloudy days (dotted line). The thick line is the difference between fine and cloudy days.

比例する関係を求めている。ただし、彼の用いた観測例は曇天日でなく、快晴日のものである。そしてヒートアイランド強度と風速の関係を示すグラフを見ると、大まかには風速の増大に伴い ΔT_{u-r} は小さくなるものの、 $\Delta T_{u-r(sup)}$ が極大になる風速は必ずしも観測データ中の最小風速ではないことに注意すべきである。むしろ10都市中9都市が1 m/s程度の風が吹いているときであった。

ここで、晴天日と曇天日のヒートアイランド強度の違いから松本市における夜間ヒートアイランドの成因を定性的に検討する。夜間晴天日には①建物の冷暖房や工場の排熱等による人工熱②蓄熱を増加させる都市を構成する材質③長波放射損失を減少させる天空率の低下④接地逆転を妨げる都市大気の混合が効くと考えられるが、曇天日の③と④は他の成因と比べ相対的に小さいと仮定する。さらに①と②は夜間の晴天日と曇天日に同程度に働くと仮定すると、晴天日のヒートアイランド強度から曇天日のものを差し引いたものは③と④の成因と考えられる。

第6図と第7図をもとに曇天日と晴天日における $\Delta T_{u-r(sup)}$ の曲線を同一グラフに表すと第8図のようになる。図からわかるように、1 m/s以上の風速では晴天日の $\Delta T_{u-r(sup)}$ は曇天日より大きい、この両者の差は③と④の成因によるものと考えられる。

この $\Delta T_{u-r(sup)}$ の差は風速1 m/sから3 m/sまで増大しその後徐々に減少する。3 m/s付近では曇天日の

$\Delta T_{u-r(sup)}$ の2倍近くに達し、無視できない大きさである。さらに、この風速の増大に伴う $\Delta T_{u-r(sup)}$ の差の変化は③では説明できない。④による成因ならば、次のように考えられる。弱風時には風速の増大に伴い徐々に都市大気の混合が始まり、ある風速に達すると混合による作用は飽和に達する。やがて、風速が強くなるに従い郊外で接地逆転が形成されにくくなるので、都市大気の混合による $\Delta T_{u-r(sup)}$ の差は風速が増大するにつれて小さくなる。このことが正しいならば都市大気の混合による成因は夜間晴天日のヒートアイランド形成に重要な役割を果たすことが示唆される。

ただし、一般風が弱いときにはヒートアイランドが生じると、都市大気は不安定になり、都市域に位置する観測所の風速が強くなるとする説明(Shreffler, 1979; Bornstein, 1977)も成り立ち、都市大気の混合の成因論については、引き続き検討が必要である。

4. おわりに

長野県松本市市街地内外の47地点を対象として日没後数時間の時間帯に気温の観測を74回行い、晴天日と曇天日に分けて夜間ヒートアイランドの発達過程について検討した。以下その結果を示す。

- (1) 晴天日の月平均ヒートアイランド強度は曇天日より大きい傾向が見られ、平均気温偏差分布においても晴天日の方が明瞭にヒートアイランドが出現した。
- (2) ヒートアイランド強度の上限は曇天日では風速の増大に伴い徐々に小さくなるが、晴天日は単純に小さくならず風速が2~3 m/s付近で最大になった。
- (3) 松本市の夜間ヒートアイランドの成因については、人工熱や日中蓄熱された熱の夜間の放熱といった地表面からの加熱よりも建物による都市大気の混合と長波放射損失の減少を引き起こす天空率の低下が有力である。なかでも晴天日のヒートアイランド強度の上限値と曇天日の上限値の差の風速依存性が天空率の低下による成因では説明できないことから、都市大気混合の寄与がヒートアイランド形成に大きな影響を持つことが示唆された。

ただし、曇天時の蓄熱量は晴天日より小さいこと、曇天日の夜間気温逆転強度は晴天日より小さいため都市表面からの大気加熱が同程度であったとしても、都市と郊外の気温差は小さくなること等も考えられ、決定的な結論とするには、今後都市内外において気温や熱フラックスの鉛直プロファイルの観測が望まれる。

謝 辞

松本測候所の職員の方にはデータ閲覧に際し、ご協力いただいた。また、長野県自然保護研究所の浜田 崇氏には本論に対して有意義なコメントをいただきました。ここに謝意を表します。

参 考 文 献

- Bornstein, R. D. and D. S. Johnson, 1977 : Urban-rural wind velocity differences, *Atmos. Environ.*, **11**, 597-604.
- 榎根 勇, 1960 : 東京とその周辺地域における日最低気温分布の都市気候学的考察, *地理学評論*, **33**, 564-572.
- 小林 守, 1990 : 関東平野の諸都市の都市規模と都市ヒートアイランド強度, 都市化の進展に伴う都市気候の変化に関する研究(西沢利栄編), 昭和61年~平成元年度科学研究費補助金(一般研究(A))研究成果報告, 55-61.
- 中川清隆, 山岸恒二, 1983 : 金沢に夜間発生するヒートアイランド, *開発と保全*, **12**, 1-36.
- Oke, T. R., 1973 : City size and the urban heat island, *Atmos. Environ.*, **7**, 769-779.
- Park, H., 1987 : Variations in the urban heat island intensity affected by geographical environments, *Environ. Res. Cent. Pap.*, (11), 1-79.
- 榎原保志, 1994 : 越谷市に見られるヒートアイランド強度, *天気*, **41**, 515-523.

- 榎原保志, 2001 : 都市表面からの顕熱供給と都市大気の混合による夜間ヒートアイランド形成に及ぼす影響の比較, *天気*, **48**, 305-311.
- 榎原保志, 原 芳生, 加藤俊洋, 1996 : 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, *天気*, **43**, 537-543.
- 佐々倉航三, 1950 : 小気候学, 古今書院, 167pp.
- Shreffler, J. H., 1979 : Urban-rural differences in tower-measured winds, *St. Louis, J. Appl. Meteor.*, **18**, 829-835.
- Summers, P. W., 1965 : An urban heat island model ; its role in air pollution problems, with applications to Montreal, Paper presented to "First Canadian Conference on Micrometeorology" in Toronto, 12-14 April, 32pp.
- Sundborg, A., 1950 : Local climatological studies of the temperature conditions in an urban area, *Tellus*, **2**, 222-232.
- 田宮兵衛, 1979 : 小気候・局地気候一特に移動観測の方法について一, *天気*, **26**, 633-640.
- 田宮兵衛, 大山秀樹, 1981 : 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**, 1-21.
- 山添 謙, 一ノ瀬俊明, 1994 : 東京およびその周辺地域における秋季夜間の晴天日と曇天日のヒートアイランド, *地理学評論*, **67A**, 551-560.

Causes of Nocturnal Heat Island and the Difference between Heat Island Intensity on Fine and Cloudy Days

Yasushi SAKAKIBARA* and Akane MIEDA**

* Faculty of Education, Shinshu University, Nagano 380-8544, Japan
E-mail : ysakaki@gipwc.shinshu-u.ac.jp

** Azumino Welfare Association

(Received 3 September 2001 ; Accepted 26 April 2002)

Abstract

Automobile traverses were done seventy-four times to gather data on air temperature distributions in Matsumoto City, Nagano, to study the causes of the nocturnal heat island phenomenon. The relationship between wind speed and the supremum heat island intensity when other factors ideally

foster development of heat island is discussed separately for fine and cloudy days. The supremum heat island intensity $\Delta T_{u-r(sup)}$ of cloudy days becomes smaller when the wind is stronger, while that of fine days does not follow the same rule: $\Delta T_{u-r(sup)}$ is largest for 2-3 m/s wind. This dependence of the temperature difference on wind cannot be explained by canyon radiative geometry. A possible explanation leads that the mixing of the urban atmosphere plays a significant role in the nocturnal heat island formation on fine days by preventing the development of strong surface inversion.

第52回理論応用力学講演会と講演募集のお知らせ

開催日: 2003年1月28日(火)~30日(木)

開催場所: 日本学術会議 (東京都港区六本木7-22-34)

開催趣旨: 日本学術会議主催「理論応用力学講演会」は力学に関する最も権威ある世界の組織 IUTAM の開催する国際会議の国内版として開催されてきました。力学が細分化する中で、各々の分野の先端的研究を集めて、幅広い力学研究の動向を確かめ合うことが本講演会の目的です。本年度も、多くの力学の共通語を中心としたオーガナイズドセッションとパネルディスカッションを組み、ご要望にお応えしたいと存じます。皆様の多数のご参加をお待ちしております。

主催: 日本学術会議 メカニクス・構造研究連絡委員会

共催: 日本機械学会, 日本気象学会, 日本建築学会 他

ホームページ: 本講演会に関する詳細・最新情報は、<http://www.jsme.or.jp/nctam> に掲載されています。

テーマ企画一覧:

○特別講演題目/講師

- ・数値流体戦略基盤ソフトウェアの開発/小林敏雄 (東京大学)

他, 1編

○パネルディスカッションテーマ/モデレータ

- ・複雑流体/徳山道夫 (東北大学)
- ・ナノテクノロジーの近未来像/川合知二 (大阪大学)

他, 2編

○オーガナイズドセッションテーマ/オーガナイザ

- ・機能性半導体製造プロセスにおける熱物質流動制御/柿本浩一 (九州大学), 渡辺匡人 (学習院大学)
- ・機能性流体とシステム化/西山秀哉 (東北大学), 須藤誠一 (いわき明星大学)

他, 22編

○一般セッション

固体力学, 流体力学, 固体-流体力学, 数値解析, その他

講演申込: オーガナイズドセッション, 一般セッションいずれも, 2002年9月20日(金)までに, 本講演会ホームページからお申し込み下さい。

詳細問合せ先:

実行委員会幹事 森下 信 (横浜国立大学)

Tel&Fax: 045-339-4090

E-mail: mshin@ynu.ac.jp