



Title	積雪期のヒートアイランド（I）：観測
Author(s)	播磨屋, 敏生; HARIMAYA, Toshio; 谷口, 恭 他
Citation	北海道大学地球物理学研究報告, 45, 1-14
Issue Date	1985-03-15
DOI	<a href="https://doi.org/10.14943/gbhu.45.1">https://doi.org/10.14943/gbhu.45.1</a>
Doc URL	<a href="https://hdl.handle.net/2115/14131">https://hdl.handle.net/2115/14131</a>
Type	departmental bulletin paper
File Information	45_p1-14.pdf



積雪期のヒートアイランド ( I )  
—— 観 測 ——

播磨屋敏生・谷口 恭

北海道大学理学部地球物理学教室

大平 貴裕\*・平松 親

北海道大学大学院環境科学研究科環境構造学専攻

(昭和59年11月19日受理)

**The Urban Heat Island during the Snow Cover Period ( I )**  
—— Observation ——

By Toshio HARIMAYA and Takashi TANIGUCHI

Department of Geophysics, Faculty of Science, Hokkaido University

Takahiro OHIRA\* and Chikashi HIRAMATSU

Division of Environmental Structure,

Graduate School of Environmental Science, Hokkaido University

( Received November 19, 1984 )

Studies on the temperature and humidity structures of urban heat islands were carried out at Iwamizawa, Hokkaido, Japan, both from January to March and in November, 1983. The horizontal distributions of temperature, relative humidity and water vapor pressure near the surface were measured by means of thermistor thermometers through automobile traverses across the city, the vertical profiles of temperature and relative humidity were measured at two observational points by using a modified radiosonde equipment attached to a tethered balloon, and wind speed profiles were obtained through the pilot balloon method.

The observational results were as follows. Heat islands existed both in the daytime and in the early morning of all days when observations were made. Regarding the nocturnal heat island, the intensity on clear days was strong in comparison with that on cloudy days.

---

\* 現在所属：日本気象協会関西本部

\* Present affiliation : Kansai Branch, Japan Weather Association

And the diurnal heat island depended on freshness of snow cover surface and whether there was bright sunshine or not.

On typical clear nights, the heat island intensities were nearly equal in the shallow and deep snow cover periods and the horizontal distributions of temperature were similar.

Relative humidity was generally lower in city center and dense residential areas than in rural areas, but in some cases the patterns were complex. And water vapor pressure was higher in urban areas than in rural areas.

A multiple regression equation was applied between temperature and parameters such as altitude, land use and distance from the city center point. It was shown that in the daytime a fresh snow cover surface, which was considered to have almost uniform albedo all over the city, made the fine structure of the heat island simple and weakened the intensity. On the contrary, an old snow cover surface made land use more distinct and strengthened the intensity. It was also shown that in the early morning, snow cover of about one meter in depth made land use uniform, and the fine structure became simple.

## I. ま え が き

都市気候の特徴的な現象として、都市域が郊外に比べて気温が高いというヒートアイランド現象が挙げられる。ヒートアイランドについての観測例は多数あり、それらの特徴は、Garstang et al. (1975), 河村 (1977), Oke (1978, 1982), 原田 (1982) にまとめられている。

都市域と郊外の気温差の季節変化については、原田 (1982) は夏季に気温差が大きくなることを示唆しているが、河村 (1977) は気温差は冬季に大きくなり、積雪地域では逆に冬季に気温差が小さくなる傾向があることを指摘している。Leduc et al. (1980, 1981) は、ケベックでは夏季と冬季とで気温差に変化がなかったことを示し、また、冬季には雪や氷が存在し、土地利用が均一化されると述べている。

しかし、北海道の大部分の都市のように、冬季に積雪に覆れる都市に対して、その積雪が都市のヒートアイランドに及ぼす効果を研究した例はほとんどない。それで、この点に主眼を置いたヒートアイランドの研究を行なった。積雪の効果を調べるためには、夏季と冬季との比較よりも、積雪期直前（または初期）と積雪の多い時期との比較の方が気象条件が近く、妥当であると考えられるので、積雪初期と多積雪期において観測を実施した。また、従来の観測例は夜間だけのものが多かったが、本研究では日中も観測を行なった。

研究対象の都市には、典型的なヒートアイランドの気温分布を見るために、内陸の平野の中にあって海陸風の影響を受けにくく、かつ周辺部の境界が比較的明瞭である岩見沢市を選んだ。岩見沢市は、北緯 43 度 10 分東経 141 度 50 分付近の石狩平野東縁に位置し、東側は丘陵になっている。そして面積は 207.5 km<sup>2</sup>、人口は 84,112 人（1984 年 1 月末現在）の中規模の都市である。

## II. 観 測 方 法

観測は、原則として、日中の最高気温が出現する 14 時頃および翌早朝の最低気温が出現する 5 時頃を、それぞれ中心時刻とする約 2 時間 20 分にわたる自動車による移動観測と、2 定点における

観測の2種類であった。

移動観測では、Fig. 1に示した測定点1から76で、乾球温度(気温)と湿球温度を2台のサーミ

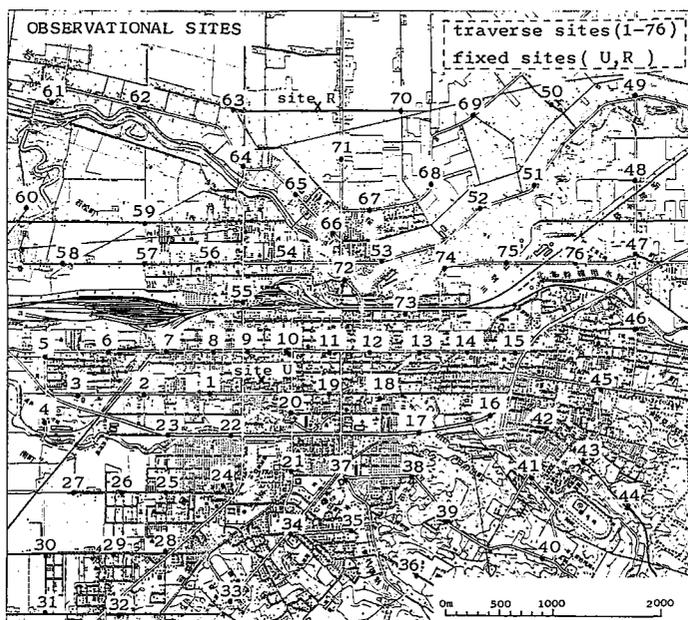


Fig. 1. Observational area (Iwamizawa, Hokkaido) and sites where temperature and humidity were measured.

スター温度計を用いて測定した。センサーは、自動車の屋根の左前部の高度約2.7mの位置に取付けた。佐橋(1983)によると、センサーの設置は自動車最前部の高度1.5mの位置が最も良い。しかし、当観測では道路状態が悪く振動が大きかったため、日射よけの筒をつけたセンサー2本を最前部に固定するのは困難であった。また、使用した自動車ではこの位置は視界を妨げてしまうので、センサーの位置を高くすることでボンネットからの熱の影響を除く方法を選んだ。

測定は、各測定点で一旦停車して、サーミスター温度計のメーターを直読して行ない、停車中の約10秒間は日射よけの筒の後部にあるファンによって通風した。

一方、定点では、自記温湿度計を設置して連続記録をとった。また、係留気球に、炭素被膜湿度計を装着したJWA-76T型低層ゾンデを取付け、気温と相対湿度の鉛直分布を測定した。風速の鉛直分布は、パイボール観測から求めた。

気温と湿度の水平分布図を描く際の時間補正には、都心の定点での自記温湿度計の記録を用いた。

### III. 観 測 結 果

#### 1. 気温の水平分布

##### (a) 日中

1983年1月～3月と11月とに、日中に10例の観測を行なった。降雪のあった2例を除く8例

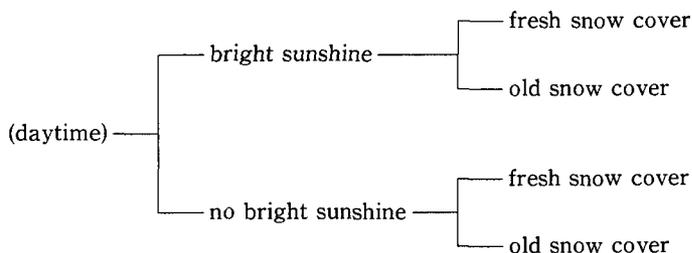


Fig. 2. Categories of observations in the daytime.

は、日照の有無と積雪の状態から、Fig. 2のように、(i)日照があり新雪が積っている場合、(ii)日照があり積雪が古い場合、(iii)日照がなく新雪が積っている場合、(iv)日照がなく古い積雪の場合の四つに分類された。なお、ここで言う「新雪」とは、その日に初めて日射にさらされる積雪という意味で用いている。これら四つに分類した中から、(i)と(ii)の気温の水平分布の代表例を、それぞれ Fig. 3と Fig. 4に示す。

Fig. 3は、1月27日14時のものである。前日(26日)から断続的に7時30分まで降雪があった。非常に弱いですが、ヒートアイランドが見られた。ヒートアイランドの強さ(都心部と郊外との気温差)を、測定点の中で最も気温の高い3地点の平均と、最も気温の低い3地点の平均との差として定義すると、この日は約 $1.4^{\circ}\text{C}$ であった。

Fig. 4は、翌日の1月28日14時のものである。前日(27日)の7時30分以降、降雪はなく積雪は古い状態であった。比較的顕著なヒートアイランドが存在し、その強さは約 $3.7^{\circ}\text{C}$ であった。

10例の日中の観測例のヒートアイランドの強さをまとめたのが Table 1である。日照があり新

Table 1. Heat island intensity in the daytime.

date	time(JST)	warmest( $^{\circ}\text{C}$ )	coldest( $^{\circ}\text{C}$ )	heat island intensity( $^{\circ}\text{C}$ )
bright sunshine				
fresh snow cover				
	27 Jan. 14:00	2.7	1.3	1.4
	1 Mar. 14:45	-1.0	-2.5	1.5
	23 Nov. 13:30	6.4	4.8	1.6
old snow cover				
	28 Jan. 14:00	6.5	2.8	3.7
	9 Mar. 14:30	0.9	-2.2	3.1
	29 Nov. 13:30	5.9	-1.4	7.3
-----				
no bright sunshine				
fresh snow cover				
	16 Mar. 14:00	2.3	-0.8	3.1
old snow cover				
	28 Feb. 14:45	-3.0	-5.8	2.8
-----				
snow fall				
	1 Feb. 14:45	-1.7	-3.2	1.5
	21 Nov. 13:30	3.9	2.0	1.9

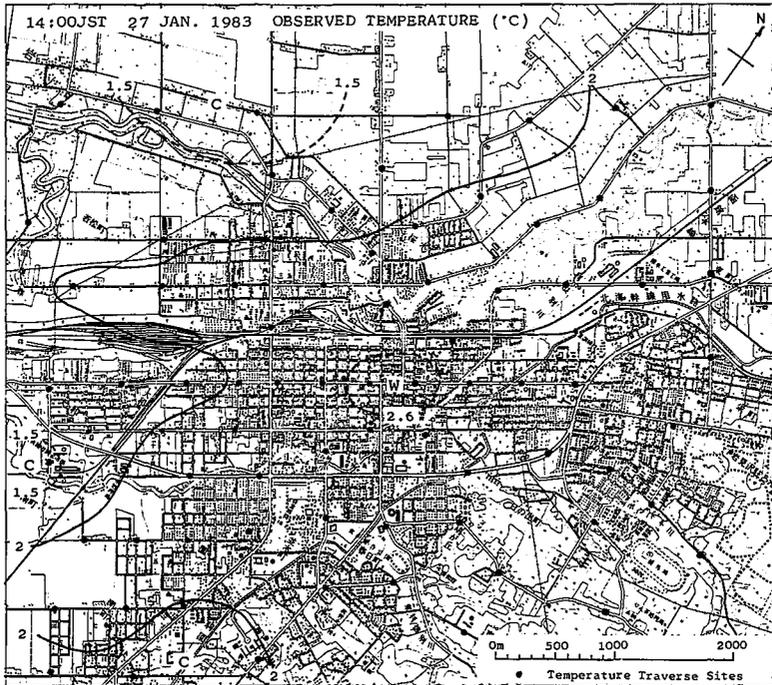


Fig. 3. Horizontal distribution of temperature under the conditions that there was bright sunshine and the surface was covered by fresh snow.

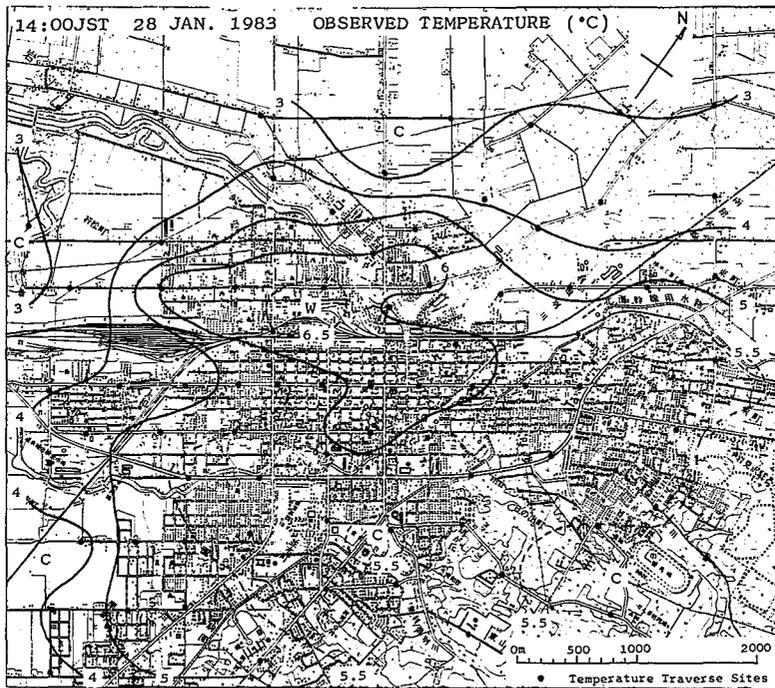


Fig. 4. As in Fig. 3 except for the conditions that there was bright sunshine and the surface was covered by old snow.

雪が積っている場合は、 $1.4\sim 1.6^{\circ}\text{C}$ の強さを示し、ヒートアイランドは弱かった。日照があり積雪が古い場合は、 $3.1\sim 7.3^{\circ}\text{C}$ で比較的強かった。また、日照がない場合は、新雪が積っているときも、古い積雪のときもほぼ同程度であった。

これらの観測結果から、次のことが推論できる。

① 新雪は都市全域を一様に覆うので、日照があるとき、都市全域をほぼ一様なアルベードにして、ヒートアイランドを弱めている。

② 古い積雪は、都市部ほど黒っぽく郊外ほど白っぽいいため、日照があるときに都心部ほどアルベードを小さくして、ヒートアイランドを強める傾向がある。

ヒートアイランド形成における古い積雪の効果は、積雪の少ないとき(11月29日、15 cm)が、積雪が約1 mあるとき(1月28日、3月9日)に比べ、顕著であった。これは、積雪が約1 mあるときも、除雪や排雪などによって、道路上では都心部ほど積雪は黒っぽくなっているが、周囲にはこれを打ち消すように作用する多くの白っぽい積雪が存在するために、あまり顕著にならなかったと考えられる。

### (b) 早朝

1983年1月～3月と11月とに、早朝に8例の観測を行なった。これらを、Fig. 5のように、(i)

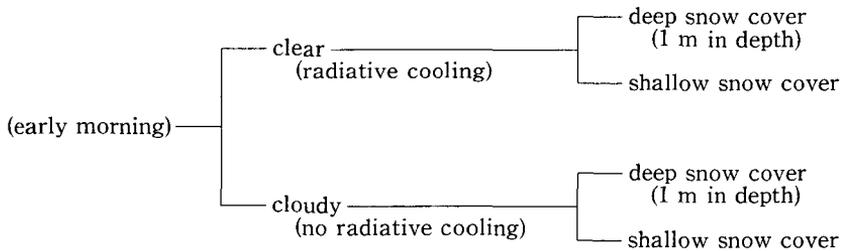


Fig. 5. Categories of observations in the early morning.

晴れて積雪が多い(約1 m)場合、(ii)晴れて積雪が少ない(0～20 cm)場合、(iii)曇って積雪が多い場合、(iv)曇って積雪が少ない場合の四つに分類して解析した。そのうち、(i)と(ii)の気温の水平分布の代表例を、それぞれ Fig. 6 と Fig. 7 に示す。

Fig. 6 は、3月10日5時のものである。星が見えたが、全天に薄い雲がかかっているような天気だった。顕著なヒートアイランドが存在し、その強さは約 $6.6^{\circ}\text{C}$ であった。最も暖い地域は標高の高い(都心部より約30 m)東側の密な住宅地で、低温域は標高の低い西側の郊外であった。これは、風が弱く、非常に強い接地逆転層が存在していたためである。

Fig. 7 は、11月29日5時のものである。観測時間中ほぼ快晴であったが、雲がかかり始めていた。顕著なヒートアイランドが存在し、その強さは約 $5.1^{\circ}\text{C}$ であった。Fig. 6と同様に、都心部だけでなく標高の高い東側の住宅地にも高温域が見られた。これは、放射冷却によって接地逆転層が存在していたためである。さらにこの影響は、等温線がほぼ南北に走るような形(高度を反映する方向)としても現れており、この傾向は Fig. 6にも見られた。



Table 2. Heat island intensity in the early morning.

date	time(JST)	warmest(°C)	coldest(°C)	heat island intensity(°C)
clear				
deep snow cover				
10 Mar.	05:00	-5.4	-12.0	6.6
29 Jan.	06:00	0.8	-8.8	9.6
2 Mar.	05:30	-8.4	-16.0	7.6
17 Mar.	05:00	0.7	-3.0	3.7
shallow snow cover				
29 Nov.	00:00	-1.3	-7.8	6.5
29 Nov.	05:00	-6.5	-11.6	5.1
-----				
cloudy				
deep snow cover				
1 Mar.	05:15	-5.6	-8.6	3.0
shallow snow cover				
24 Nov.	05:00	3.6	1.4	2.2
30 Nov.	05:00	4.9	-3.6	8.5

8例の観測のヒートアイランドの強さを示したのが Table 2 である。晴れた日のヒートアイランドの強さは、曇った日のそれに比べて強かった。そして晴れた場合については、積雪が多いときと、少ないときとを比較すると、僅かに前者の方がヒートアイランドが強いようであるが、放射冷却の強さが一様でないことを考慮すれば、両者はほとんど違ってないとみなすべきである。放射冷却の強さがヒートアイランド形成におよぼす影響は、第IV章で述べられる。なお両者に大きな違いがなかったことに関しては、パートII（大平・播磨屋，1985）で、数値計算によって考察される。

## 2. 湿度の水平分布

日中の相対湿度は、10例のうち6例は都心部と密な住宅地が郊外に比べて低く、残り4例は複雑な分布を示した。早朝の相対湿度は、8例のうち4例は都心部と密な住宅地の方が低かった。しかし、逆に都心部と密な住宅地の方が高かった例が1例あり、Fig. 8のように複雑な分布を示す例が3例あった。

水蒸気圧でみると、日中は10例のうち6例は都心部と密な住宅地が郊外に比べ高かったが、3例はやや複雑な分布を示し、残り1例は逆に都心部と密な住宅地の方が低かった。早朝の水蒸気圧は、8例すべて Fig. 9のように都心部や密な住宅地が郊外よりも高かった。

これらの結果をまとめると、相対湿度は都心部および密な住宅地で低い傾向があるが、複雑な空間分布を示すことが多かった。このことは Oke (1978) にも述べられている。水蒸気圧は、日中にやや複雑な分布を示すものが数例あったが、都心部および密な住宅地の方が高かった。小元 (1983) によれば、都市では人間生活や産業活動などによって、多量の水蒸気が大気中に放出

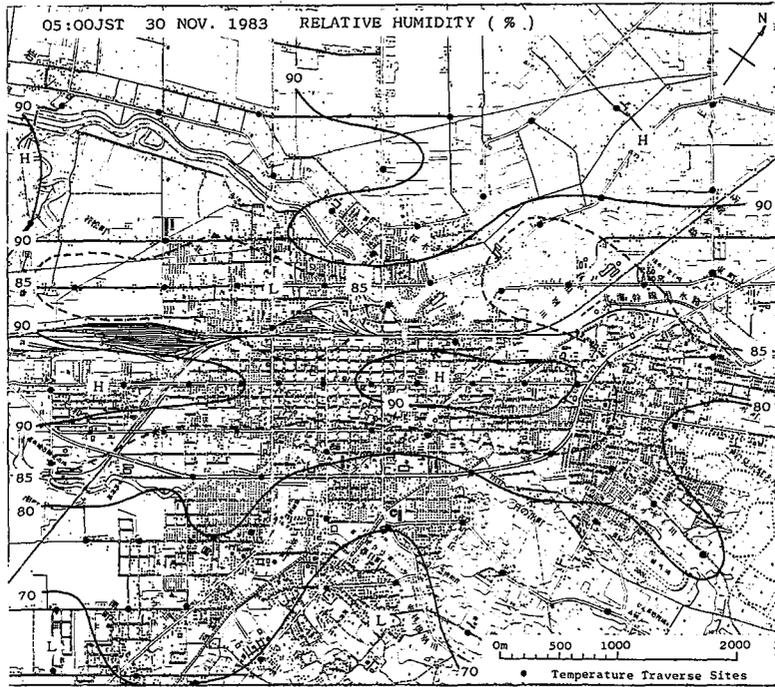


Fig. 8. Horizontal distribution of relative humidity.

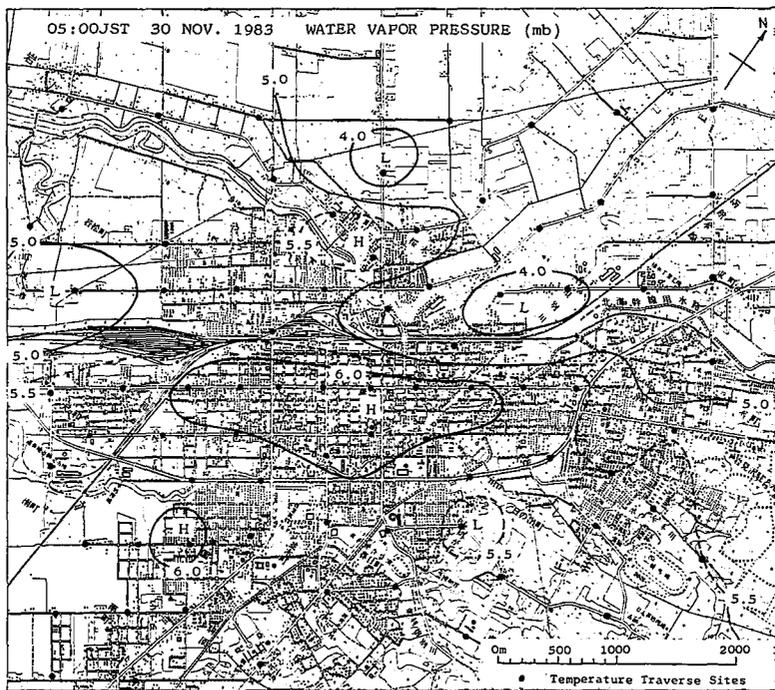


Fig. 9. Horizontal distribution of water vapor pressure.

されているため、市内の水蒸気量が郊外に比べ多くなることは珍しくはない。したがって、ヒートアイランドの湿度構造を記述するには、気温と水蒸気量で決まる相対湿度よりも、水蒸気圧を用いた方がよいと考えられる。

### 3. 鉛直分布

気温・相対湿度・風速の鉛直分布が、都心と郊外の2つの定点で測定された。その中から、ほ

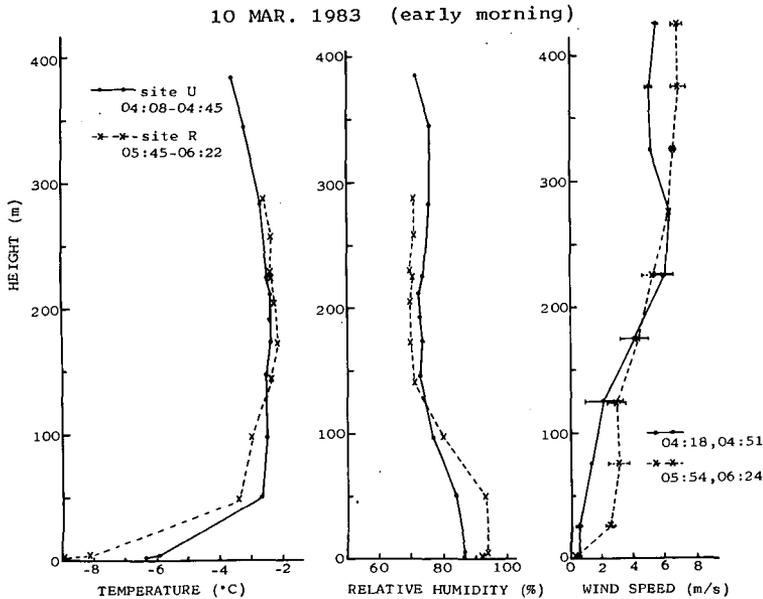


Fig. 10. Vertical distributions of temperature, relative humidity and wind speed.

ぼ快晴であった3月10日早朝のものを Fig. 10 に示す。強い接地逆転層が、都心で100 m 以下、郊外で170 m 以下に存在した。下層130 m までは、都心の方が気温が高く、約250 m 以上では乾燥断熱減率(0.98°C/100 m)に従っていた。相対湿度は、下層130 m までは都心の方が低かった。風速は、250 m 付近ではほぼ等しくなっているほかは、都心の方が小さかった。

## IV. 考 察

都市域内のある地点における気温は、測定点の高度、付近の土地利用、都心からの距離などによって異なる。そして土地利用の項は、積雪の影響を受ける。その積雪が、都市の土地利用形態に及ぼす効果をより客観的に調べるため、Leduc et al. (1981) と同様の手法で、測定された気温(時間補正済み)と、測定点の高度・土地利用・都心からの距離の三つの説明変数との間に、(1)式で示される形の重回帰線型式を適用した。

$$T = b_0 + b_A \cdot A + b_C \cdot C + b_D \cdot D \quad (1)$$

ここで、 $T$  は測定された気温(°C)、 $A$  は測定点の海拔高度(m)、 $C$  は土地利用のタイプ(1か

Table 3. Partial regression coefficient and standard error.

date	time(JST)	$b_0$	$b_A$	$b_c$	$b_D$	standard error
bright sunshine/fresh snow cover						
27 Jan.	14:00	2.114	0.014	0.004	-0.186	0.261
1 Mar.	14:45	-1.371	0.004	0.048	-0.229	0.388
23 Nov.	13:30	5.893	0.009	0.046	-0.269	0.218
bright sunshine/old snow cover						
28 Jan.	14:00	4.390	0.032	0.330	-0.541	0.597
9 Mar.	14:30	-1.119	0.019	0.272	-0.206	0.629
29 Nov.	13:30	0.585	0.018	0.822	-0.023	1.939
no bright sunshine/fresh snow cover						
16 Mar.	14:00	1.314	-0.015	0.247	-0.368	0.476
no bright sunshine/old snow cover						
28 Feb.	14:45	-4.463	0.017	0.192	-0.296	0.486
snow fall						
1 Feb.	14:45	-2.996	-0.006	0.184	0.056	0.333
21 Nov.	13:30	3.255	-0.003	0.125	-0.199	0.318
clear/deep snow cover						
10 Mar.	05:00	-8.553	0.076	0.163	-0.771	0.986
29 Jan.	06:00	-6.330	0.090	0.556	-0.257	1.703
2 Mar.	05:30	-13.701	0.056	0.721	-0.063	1.740
17 Mar.	05:00	-1.911	0.035	0.386	-0.232	0.822
clear/shallow snow cover						
29 Nov.	00:00	-4.983	0.051	0.459	-0.281	1.214
29 Nov.	05:00	-10.161	1.170	0.336	-0.340	0.739
cloudy/deep snow cover						
1 Mar.	05:15	-7.851	0.010	0.313	0.102	0.610
cloudy/shallow snow cover						
24 Nov.	05:00	1.610	0.028	0.169	-0.134	0.404
30 Nov.	05:00	-3.479	0.037	0.949	0.421	2.164

ら6)で, Leduc et al. (1980) の分類を使った.  $D$  は測定点 No. 11 (Fig. 1 参照) からの距離 (km) である.  $b_0$ ,  $b_A$ ,  $b_c$ ,  $b_D$  は偏回帰係数であり, 標準誤差とともに Table 3 に示した.

さらに, 気温と三つの説明変数との重相関係数  $r_{T(ACD)}$ , 気温と標高との偏相関係数  $r_{TA(CD)}$ , 気温と土地利用との偏相関係数  $r_{TC(AD)}$ , 気温と都心からの距離との偏相関係数  $r_{TD(AC)}$  を計算し, Table 4 に示した. 気温と土地利用との偏相関係数  $r_{TC(AD)}$  に注目すると, 以下のことが明らかになった.

(a) 日中

①新雪で日照があった日は 0.13~0.22 で, 日照がなかった日の 0.48 より小さな値を示した. したがって, 新雪は, 日照がある場合には土地利用を均一化するといえる.

②古い積雪では日照があった日は 0.41~0.51 で, 日照がなかった日の 0.39 よりやや大きい(偏回帰係数で見ても, 0.27~0.82 であり, 0.19 に対してやはり大きい). したがって, 古い積雪は,

Table 4. Multiple correlation coefficient and partial correlation coefficient.

date	time(JST)	$\gamma_{T(ACD)}$	$\gamma_{TA(CD)}$	$\gamma_{TC(AD)}$	$\gamma_{TD(AC)}$
bright sunshine/fresh snow cover					
27 Jan.	14:00	0.673	0.518	0.162	-0.440
1 Mar.	14:45	0.524	0.107	0.130	-0.375
23 Nov.	13:30	0.789	0.436	0.222	-0.644
bright sunshine/old snow cover					
28 Jan.	14:00	0.816	0.511	0.509	-0.527
9 Mar.	14:30	0.630	0.321	0.419	-0.219
29 Nov.	13:30	0.496	0.104	0.413	-0.008
no bright sunshine/fresh snow cover					
16 Mar.	14:00	0.795	-0.331	0.484	-0.468
no bright sunshine/old snow cover					
28 Feb.	14:45	0.696	0.361	0.389	-0.385
snow fall					
1 Feb.	14:45	0.585	-0.210	0.508	0.114
21 Nov.	13:30	0.697	-0.100	0.388	-0.395
clear/deep snow cover					
10 Mar.	05:00	0.747	0.653	0.174	-0.472
29 Jan.	06:00	0.596	0.510	0.320	-0.103
2 Mar.	05:30	0.539	0.339	0.405	-0.025
17 Mar.	05:00	0.660	0.432	0.449	-0.190
clear/shallow snow cover					
29 Nov.	00:00	0.600	0.425	0.375	-0.157
29 Nov.	05:00	0.795	0.729	0.437	-0.301
cloudy/deep snow cover					
1 Mar.	05:15	0.527	0.178	0.481	0.114
cloudy/shallow snow cover					
24 Nov.	05:00	0.715	0.614	0.408	-0.222
30 Nov.	05:00	0.462	0.190	0.424	0.132

日照がある場合には土地利用による差を大きくする傾向があるといえる。

#### (b) 早朝

早朝の場合は、放射冷却の強弱によって気温分布に及ぼす高度の影響が変化する。そこで、放射冷却の指標として、気温と高度との偏相関係数  $r_{TA(CD)}$  を見る ( $r_{TA(CD)}$  が大きいほど放射冷却が強い)。

①積雪が約 1 m あった時期では、晴れて放射冷却が強かった日 ( $r_{TA(CD)}=0.51\sim0.65$ ) は、土地利用との偏相関係数  $r_{TC(AD)}$  は 0.17~0.32 と小さい。晴れても放射冷却が弱かった日 ( $r_{TA(CD)}=0.34\sim0.43$ ) は、 $r_{TC(AD)}$  は 0.41~0.45 と大きくなる。さらに、曇った日 ( $r_{TA(CD)}=0.18$ ) には、 $r_{TC(AD)}$  は 0.48 と大きくなる。

②積雪が 0~20 cm と少ない時期では、放射冷却が強かった日 ( $r_{TA(CD)}=0.61\sim0.73$ ) も弱かった日 ( $r_{TA(CD)}=0.19$ ) も、 $r_{TC(AD)}$  はそれぞれ 0.41~0.44 と 0.42 でほぼ等しい。

したがって、約1mの積雪は、放射冷却の強い日に土地利用を均一化するといえる。これは、一般に大気が非常に安定な場合、乱流による顕熱や潜熱の雪面への輸送はほとんどなく、地中から雪面への伝導熱の相対的割合が増すことになる。その際、積雪はこの伝導熱を均一化して、ヒートアイランド内の微細構造を単純化すると考えられる。

## V. ま と め

1983年1月～3月の積雪が約1mの時期と11月の積雪が0～20cmの時期とに、岩見沢市で気温、湿度などの測定を中心としたヒートアイランドの観測を行なった。そして、重回帰線型式を気温と三つの説明変数（標高、土地利用、都心からの距離）との間に適用した。これらの観測結果と統計解析から、次のことが明らかになった。

(i) 日中のヒートアイランドは、積雪のアルベードに依存し、積雪の新旧と日照の有無で変化が見られた。すなわち、日照のある日中、新雪は都市全域のアルベードを均一化し、ヒートアイランドを弱める。一方、古い積雪は、都心部と郊外とのアルベードの差を大きくし、ヒートアイランドを強める傾向がある。

(ii) 早朝については、約1mの積雪は、放射冷却が強い日に、土地利用を均一化する傾向をもち、ヒートアイランド内の微細構造を単純化する。しかし、ヒートアイランドの強さについては、積雪の多い時期と少ない時期とで岩見沢市では顕著な差は見られなかった。この点については、パートII（大平・播磨屋，1985）で調べられる。

謝辞 本研究を行なうに当たって、観測資料の提供と貴重な助言を頂いた岩見沢測候所の下田正一所長、係留気球を上げるための場所を提供して頂いた岩見沢市中央小学校と岩見沢市西川町の中山巽氏、そして地図などの資料や助言を頂いた岩見沢市役所計画課の方々、深く感謝致します。さらに、観測に協力して頂いた吉弘雅士氏、村上正隆氏（北海道大学大学院環境科学研究科気象学講座）、真木雅之氏（北海道大学理学部地球物理学科気象学講座）に厚くお礼申し上げます。

## 文 献

GARSTANG, M., P. D. TYSON and G. D. EMMITT (1975): The structure of heat islands. *Rev. Geophys. Space Phys.*, **13**, 139–165.

原田 朗(1982): 大気汚染と気候の変化—人間社会と気候の関係—。気象学のプロムナード, **11**, 東京堂出版, 223 pp.

河村 武 (1977): 都市気候分布の実態。気象研究ノート, **133**, 204–225.

LEDUC, R., M. FERLAND, J. GAPIÉPY, G. JACQUES, C. LELIÈVRE et G. PAULIN (1980): Îlot de chaleur à Québec: cas d'été. *Boundary-Layer meteorol.*, **19**, 471–480.

LEDUC, R., G. JACQUES, M. FERLAND et C. LELIÈVRE (1981): Îlot de chaleur à Québec: cas d'hiver. *Boundary*

-*Layer Meteor.*, **21**, 315-324.

OKE, T. R. (1978) : *Boundary Layer Climates*, Methuen, 372pp.

OKE, T. R. (1982) : The energetic basis of the urban heat island. *Quart. J. Roy. Meteor. Soc.*, **108**, 1-24.

小元敬男 (1983) : 東京・京都にみる都市気候の変動. *地理*, **28** (12), 26-33.

大平貴裕・播磨屋敏生 (1985) : 積雪期のヒートアイランド (II) -数値計算-. 北海道大学地球物理学研究報告, **45**, 15-27.

佐橋 謙 (1983) : 自動車による気温の移動観測における観測誤差一特に自動車の影響を中心に-. *天気*, **30**, 509-514.