

草加松原団地における小気候学的調査*

—ヒートドライアイランドを中心にして—

榊原保志**

要旨

団地のヒートアイランド等を調べるため、20名による移動観測が夕方に行なわれた。日没1時間前頃から急激に気温が低下する時間帯が団地外であったが、団地内の気温変化は日没に直接反応せず、14時から18時にかけて直線的に気温の低下が生じた。そのため、日没前後にヒートアイランドが現れ始めた。次に団地の乾燥化について調査した。団地内は一般に相対湿度は低く、日没頃にはっきりした低湿度域が発生した。水蒸気圧の分布は、団地を中心とする低水蒸気圧の島(これをドライアイランドと呼ぶことにしたい)の形になった。また強弱のちがいはあるが、日中から団地内は常に水蒸気圧が低く観測された。結果は、都市の相対湿度の低下は都市の高温化によると考えられているが、団地の場合は水蒸気圧の影響も無視できないことを意味する。

1. 序論

現在、世界の人口は今世紀末には今の人口の50%増しになり、ふえた人口の50%は都市に集中すると考えられている。そのため、多くの人々の環境を守るために都市気候を調査する意義は大きい。都市における気候の特徴とは、(1) 気温の上昇(ヒートアイランド)、(2) 水蒸気圧の低下、(3) 相対湿度の低下等が考えられている(吉野正敏, 1977; 大後美保・長尾隆, 1972)。しかし、全ての気象要素を同時または少ない時間のうちに測定すると、多くの人数と測器が必要になる。そして対象都市の面積が大きすぎる難点がある。そこで田宮(1968)、田宮・武藤(1974)は、都市気候現象が存在すると考えられる団地で、ヒートアイランドの特性を調べた。Norwine(1973)は、シカゴの郊外のショッピングセンターで、ヒートアイランドの存在を確かめた。小都市・小集落でも同様の現象が観測された例がある(Kopec, 1970; Saron and Koplowitz, 1972; 田宮・大山, 1981)。しかし、今ま

での研究の多くは温度因子から手をつけているが、他の因子は余り調査されていない。

以上のことから、本研究では比較的観測の容易な住宅団地において、温度・湿度・水蒸気圧の水平分布を調べた。

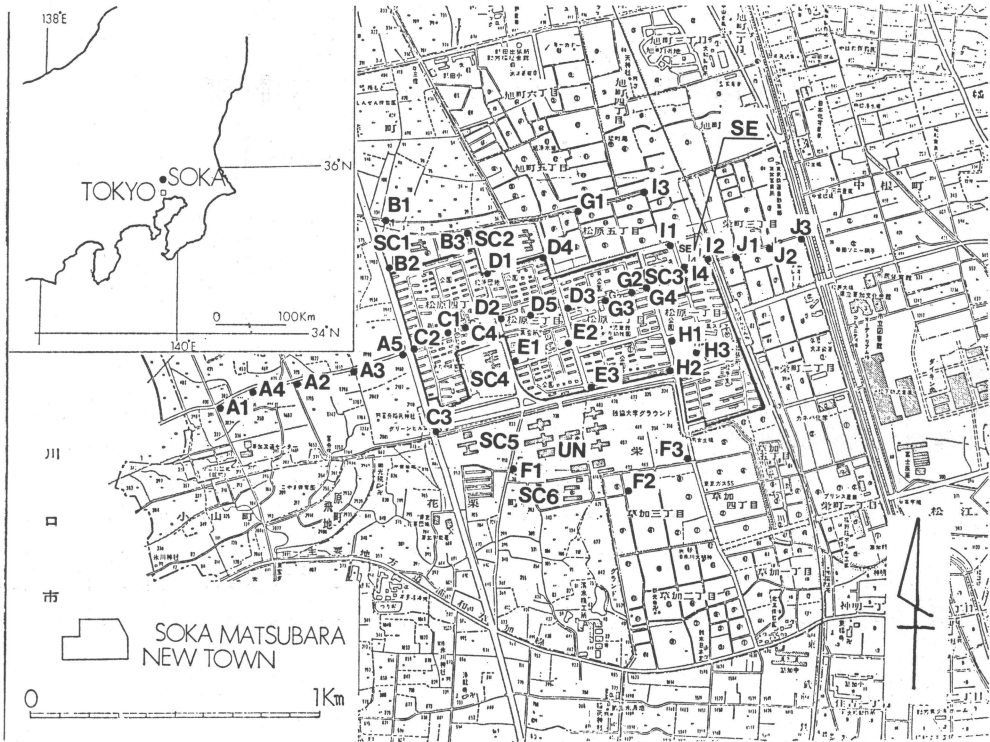
2. 研究の方法

2.1. 観測場所

草加松原団地は埼玉県南部にあり、東京湾から約22 kmに位置している(第1図)。この団地は、東西約1.1 km、南北約0.7 kmの大きさで、世帯数5,923、人口約16,000人(1980年10月国勢調査)であり、団地としては全国でも大規模なほうである。また建物は比較的単純な形に配列されていて、大部分が4階建て(高さ11.4m)、一部2階建て(高さ6.2m)の鉄筋コンクリートの建物である。団地内は、工場はもちろん焼却炉などの熱源は存在しない。団地のまわりには一般住宅があるが、畑も見られる。団地の東側に東武日光線、西側に草加バイパスがある。このバイパスはかなりの交通量が予想される。団地以外の中層建築物として、栄小学校(地上高約11.4m)、栄中学校(地上高約11.4m)、花栗小学校(地上高約11.4m)、花栗中学校(地上高約18.6m)、北谷小学校(地上

* Local Climatological Studies in Soka Matsubara New Town.—Heat and Dry Island—

** Yasushi Sakakibara, 東京都足立区立第七中学校。
—1981年9月14日受領—
—1981年11月30日受理—



第1図 草加松原団地の位置と観測地点。

SC1:花栗小 SC2:栄中 SC3:栄小 SC4:北谷小 SC5:花栗中 SC6:花栗南小
UN:独協大学 SE:汚水処理場 本図は 昭文社発行一万分の一都市地図, 草加市(昭和55年)を使用し作成したものである。

高約11.4m), 花栗南小学校(地上高約11.4m・約15.0m), 独協大学(地上高約36m)がある。また, 夏期は海風の影響を受けるが, 冬期はほとんどその影響を受けない。

2.2. 観測の方法

実施した観測は, [A] 団地内外28地点において観測したもの(昭和55年12月25日・30日), [B] 団地の中心を横切る直線上で観測したもの(昭和55年12月27日・29日・昭和56年1月8日)の2種類である。

観測は2人1組で班を作り, あらかじめ決めておいた観測地点(3~5地点)を予定時刻(午後1時・2時…)約10分前から移動観測をはじめ, 20分程度で測定を終了した。観測高度は1.2mとした。

測定器具は, 一般に使用されているアスマン乾湿計・中浅式風向風速計・手持ち風向風速計の他に, 自作の紙製の放射除けのついた乾湿計(簡易アスマン乾湿計)をうちわで通風して使い, せんこうの煙と方位磁石で風向

を求めた(第1表)。

風向風速計は, 気象庁の風洞実験室で観測計画期間中に検定した。全ての簡易アスマン乾湿計は, アスマン乾湿計を基準にして補正した。

2.3. 一般のデータの入手先

雲量は草加市消防署本署, 温度は昭和55年12月中に關しては松原団地から南方約1.8kmの草加市消防署西分署, 昭和56年1月8日は団地から東方約3.2kmの青柳分署のデータを使用した。西分署から青柳分署へデータ入手先を変えたのは消防署内部の事情で, 西分署が昭和55年12月で観測を中止した。したがって, このことに関して特別な理由はない。また, 一般風に関しては, 団地北方約1kmの新田小学校のデータ(測定高度約10.5m)を使用させていただいた(第2表)。

2.4. 時差補正の方法

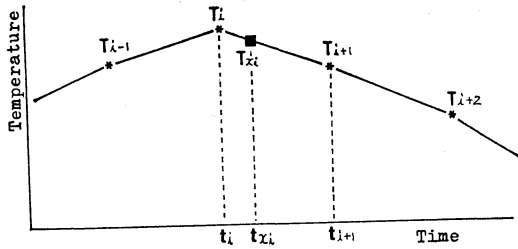
補正の方法は, 一般には1つの定点の変化をまわりの変化に等しいとして補正する方法が多く用いられている

第1表 各観測地点で使用した測器 (A型の観測は昭和55年12月25日・30日, B型は昭和55年12月27日・28日・昭和56年1月8日に行なった).

型	観測器具					
	地点番号	アスマン乾湿計	簡易アスマン乾湿計	中浅式風向風速計	手持ち風向風速計	せんこうの煙・方位磁石
A	A ₁ , A ₂ , A ₄		○	○		
	D ₁ , D ₂ , D ₃ , D ₄ , D ₅ その他の地点	○	○		○	○
B	A ₁ , A ₂ , A ₄		○	○		
	D ₃ , D ₅ , G ₃ その他の地点	○	○		○	○

第2表 観測期間の気象条件 (主として草加市消防署の記録による).

期日	時刻	雲量	温度(°C)	湿度(%)	風速(m/s)/ 風向	期日	時刻	雲量	温度(°C)	湿度(%)	風速(m/s)/ 風向	
昭和55年 12月25日	12	0	11.5	37	5.4 NW	12月30日	16	3	7.0	33	4.7 NNW	
	13	0	11.5	37	5.1 N		17	3	6.5	35	3.6 NW	
	14	0	11.5	37	4.6 NNW		18	3	5.0	40	3.3 NW	
	15	6	10.5	35	4.9 NNW		19	3	4.0	51	2.9 NW	
	16	6	9.5	48	2.2 NNE		昭和56年 1月8日	12	1	9.5	28	4.7 NNW
	17	6	8.0	46	3.5 N			13	1	10.0	27	5.5 NNW
	18	6	7.0	56	3.9 N			14	2	10.0	29	5.2 NNW
	19	6	5.5	61	1.5 NW			15	2	9.0	30	4.1 N
12月27日	12	0	8.0	46	2.2 SSW	16		2	8.0	33	4.1 NNW	
	13	0	9.0	37	2.0 SSW	17		2	7.0	36	3.8 NNW	
	14	7	8.5	31	2.2 WSW	18		2	5.5	40	2.7 NNW	
	15	7	8.0	35	2.4 N	19	2	5.0	43	2.8 NW		
	16	7	7.5	34	2.9 WNW	昭和56年 1月8日	13	0	9.0	53	4.8 WNW	
	17	7	5.0	53	2.9 WNW		14	0	9.5	48	4.2 NNW	
	18	7	4.0	69	2.3 NW		15	0	9.0	50	3.9 NNW	
	19	7	3.0	65	3.5 NNW		16	0	8.0	53	3.0 N	
12月29日	12	1	7.0	33	3.2 NW		17	0	6.0	58	3.3 N	
	13	1	8.0	35	3.7 NNW		18	0	5.0	66	3.8 NNW	
	14	3	8.5	35	5.2 NNW		19	0	5.0	67	3.5 NNW	
	15	3	8.0	33	5.2 NNW							



第2図 時差補正.

T_i : 測定気温, t_i : 測定時刻, T_{x_i} : 求めたい時刻の気温, t_{x_i} : 求めたい時刻.

が、今回の観測では定点観測ができなかったため、気温の時間変化は次の測定まで直線的に変化すると仮定して求めた(第2図)。測定気温を $\dots, T_i, T_{i+1}, \dots$ とし、その時の測定時刻を $\dots, t_i, t_{i+1}, \dots$ とおくと、求めたい時刻 t_{x_i} (今回の観測では13時, 14時, 15時, 16時, 17時, 18時である)の気温 T_{x_i} は、次の式から求められる。

$$T_{x_i} = \frac{(T_{i+1} - T_i)(t_{x_i} - t_i)}{t_{i+1} - t_i} + T_i \quad (1)$$

相対湿度・水蒸気圧も同様な方法で補正した。

$$RH_{x_i} = \frac{(RH_{i+1} - RH_i)(t_{x_i} - t_i)}{t_{i+1} - t_i} + RH_i \quad (2)$$

$$e_{x_i} = \frac{(e_{i+1} - e_i)(t_{x_i} - t_i)}{t_{i+1} - t_i} + e_i \quad (3)$$

2.5. 水蒸気圧の算出方法

乾球の示度を $t(^{\circ}\text{C})$ 、湿球の示度を $t'(^{\circ}\text{C})$ で表わせば、蒸気圧 e (mb)は次の式によって求めることができる。

$$e = e'_s - K \cdot P(t - t') \quad (4)$$

この式で e'_s (mb)は、 $t'(^{\circ}\text{C})$ に対応する飽和蒸気圧である。湿球が凍っているときには、氷の面についての飽和蒸気圧の値をとる。 P (mb)はその場所の気圧である。 K は乾湿計定数といわれているもので、湿球の形や湿球をうるおしている水が凍っているかどうかによって異なるが、特に湿球のまわりに吹き流れる風の速さ、つまり通風速度によって変る。

そこで、2.5 m/s 程度の通風速度を出すアスマン乾湿計のような通風装置のついた乾湿計に対する K の値は、一般にはスプリングの公式にもとづき、 $K = 0.000662$ を用いることになっている。また気圧 P は絶対値にくらべて変化の量が小さいので、あまり影響しない。このため、特に正確な値を求める場合を除き、 $P = 1,007$ mbとして計算している。したがって K と P の値を(4)式に

代入する。

$$\begin{aligned} e &= e'_s - 0.000662 \times 1007 [\text{mb}] \times (t - t') \\ &= e'_s - 0.667 \times (t - t') \end{aligned} \quad (4')$$

今回の水蒸気圧の値は(4')の式にもとづいて求められた。

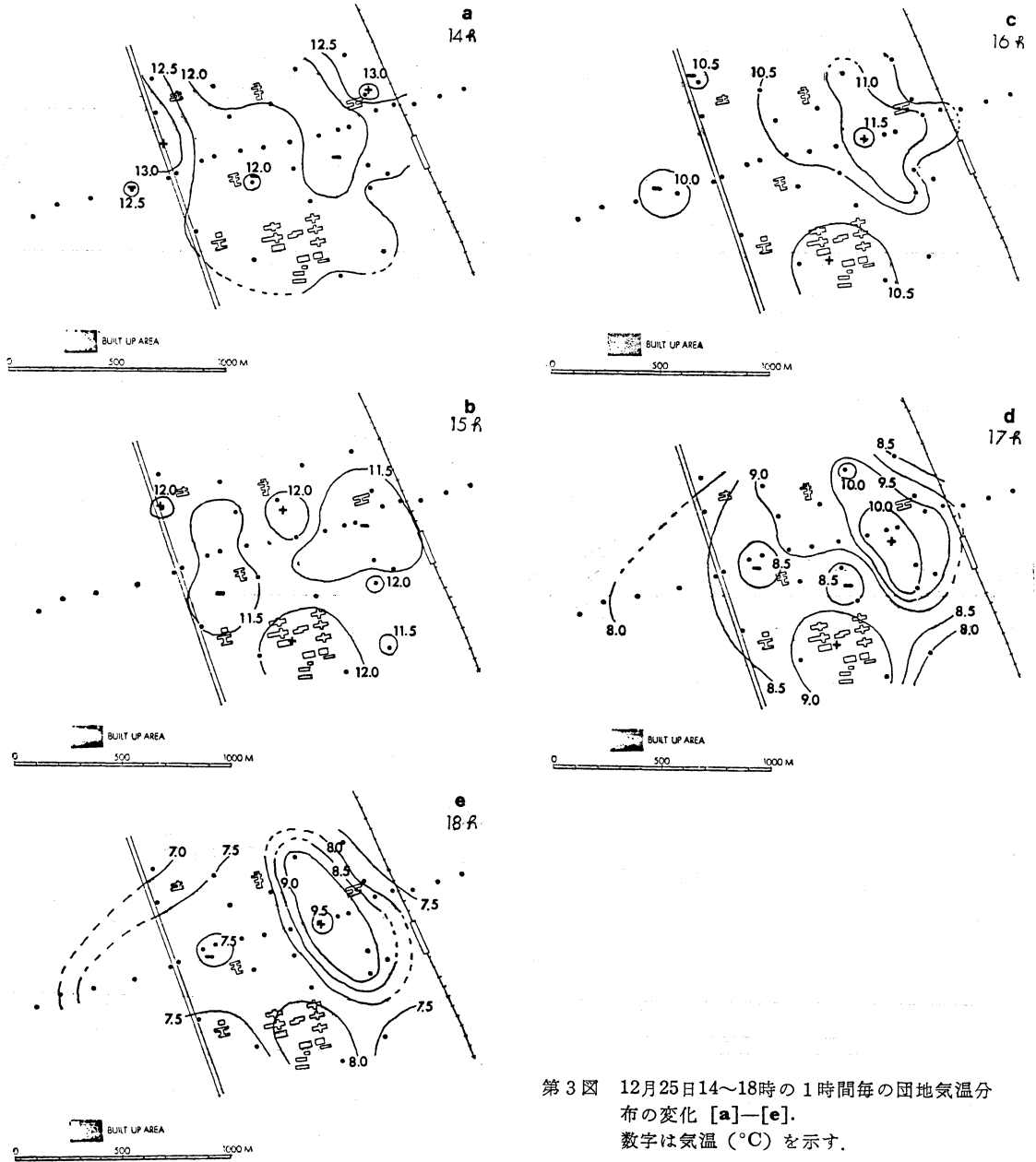
3. 観測の結果

3.1. 気温

団地の気温分布を、昭和55年12月25日14時から18時まで1時間毎に求めた(第3図)。当日は約4 m/sの北風が吹いており、日中は雲量0であったが、15時頃から雲が出てきた。これによると、14時・15時はむしろ団地内の気温の方が低い所もある。しかし、太陽が団地の建物群にかくれ始める時刻(16時頃)から、団地内の気温が高くなる、さらに18時になると、団地外と内の気温差が大きくなり、ヒートアイランドがはっきりしている。

次に昭和55年12月25日・27日・29日・30日の団地内外における午後(13~18時)の気温の変化をグラフにした(第4図)。25日は測定を14時から始めたのでなんとも言えないが、27日の団地外の気温変化のグラフを除いて、14時に最高気温を示している。団地外と内の最高気温の出現する時刻のずれを比較すると、差が生じたとは判断できない。これは1時間程度の測定間隔では疎すぎることを意味する。しかし、最高気温自体はわずかであるが団地外の方が高くなっている。この理由の1つとして、団地建物の構成物質が大きな熱容量を持っているから、同じ日射量を受けても団地部は暖まりにくいと考えられる。また、太陽の下端が団地の建物群に入る16時頃から、ヒートアイランドは急激に成長する。このことは次のように考えられる。団地内では日没にはあまり影響がないように14時頃から直線的に気温が降下するが、団地外では日没の1時間前頃から急激に気温が降下する。そのため、この時刻からヒートアイランドが成長し始める(特に25日と27日)。

次に、昭和55年12月25日・27日・29日・30日・昭和56年1月8日の午後2時の団地の中心を、東西方向に直線上に通る気温分布を示す(第5図)。これによると、ヒートアイランドは午後2時には観測されたとは判断し難い。草加バイパス付近はたくさんの交通量があるにもかかわらず、高温部にならなかった。このことは次のように考えられる。バイパスには非常に強い風がたびたび吹いていた。これは、バイパスが団地の横を通り、しかも風向と同じ向きにのびているのでビル風の影響である。そのため、

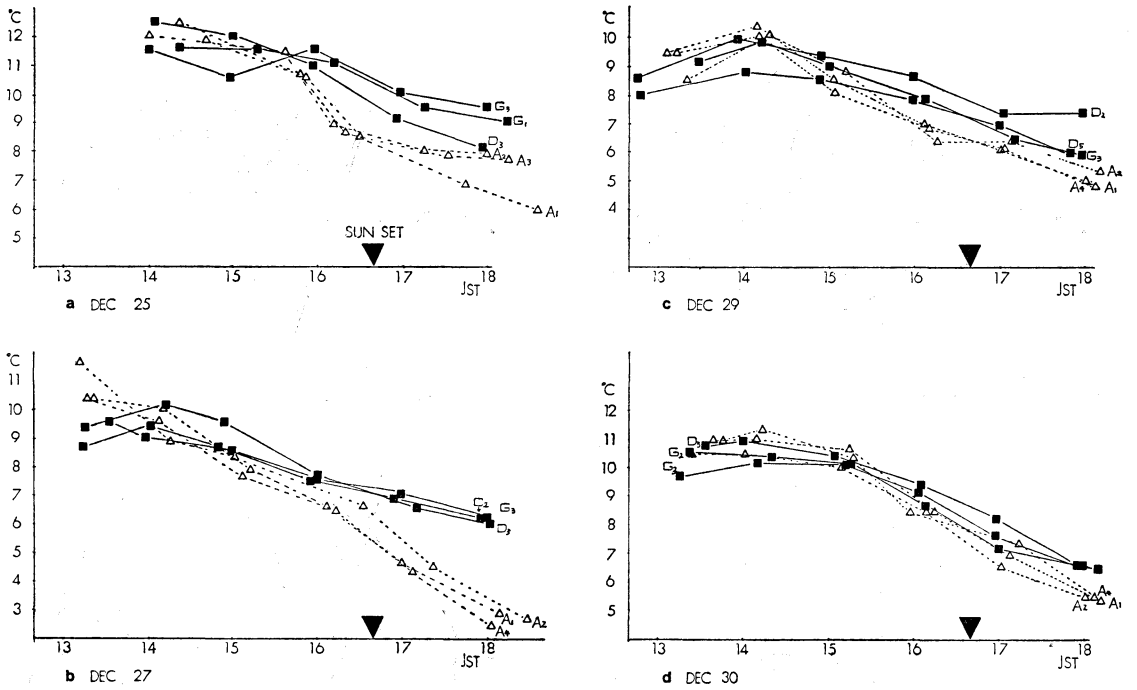


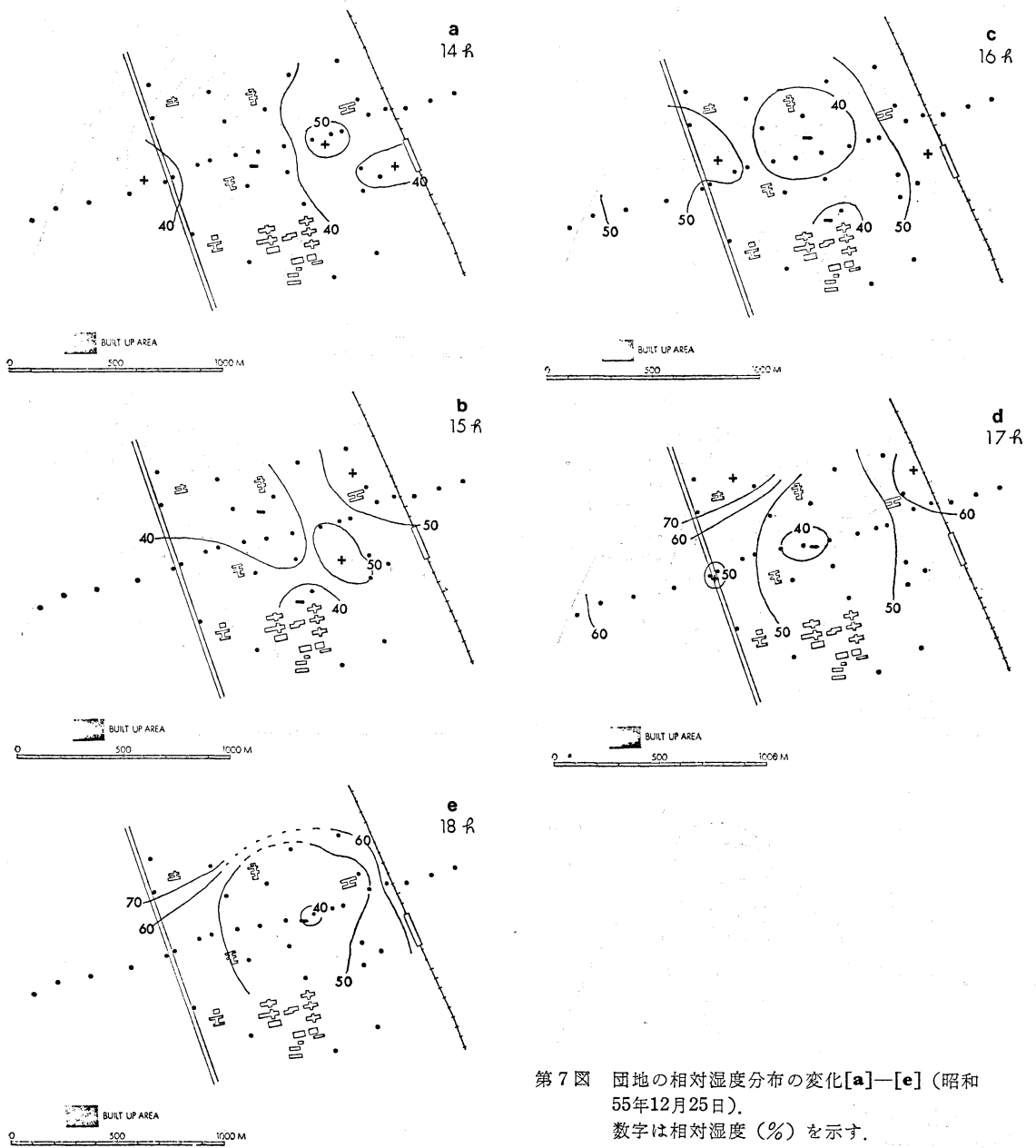
第3図 12月25日14~18時の1時間毎の団地気温分布の変化 [a]—[e].
数字は気温 (°C) を示す.

車から放出される熱は水蒸気や二酸化炭素と同様吹き飛ばされる。そして団地のヒートアイランドの影響を受けない風上の団地外の空気がバイパスに流れ込んでいるので、バイパス部は予想されるほど気温は上昇しにくいだろう。

次に、午後6時の団地の中心を、東西に直線上に通る地

点の気温分布を示す(第6図)。団地内の最高気温 T_u と団地外の最低気温 T_r の差、 $\Delta T_{u-r} = T_u - T_r$ を見れば、12月25日が 2.9°C 、27日が 3.6°C 、29日が 2.3°C 、30日が 1.1°C 、1月8日が 3.6°C である。また、そのグラフの形からも、団地内部が高温になっているのがわかる。そして都市のヒートアイランドで見られる縁辺部で





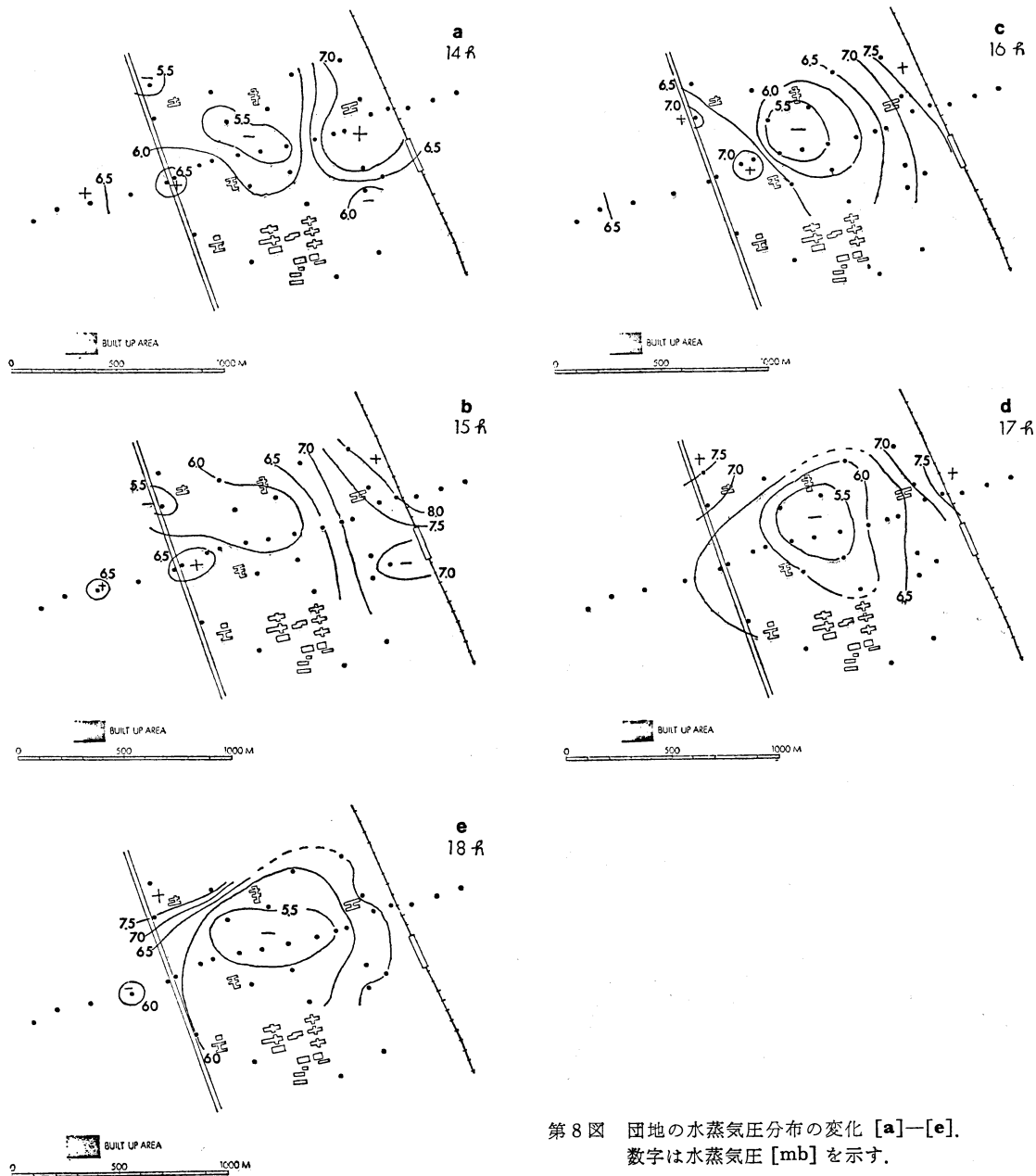
第7図 団地の相対湿度分布の変化[a]—[e] (昭和55年12月25日)。数字は相対湿度(%)を示す。

こと、② アスファルトやコンクリートの占める面積の増大である。気温の上昇に関しては、夜間にヒートアイランドが団地部に発生しているという種々の観測結果(田宮, 1968, *et al.*)から確かなので、湿度に大きな影響をあたえていると考えられる。ところで、今回の気温の日中の観測では、団地内と団地外では差は見られな

った。つまり、夜間の低湿度に関しては高温ということで説明できるが、日中の場合はむしろアスファルトやコンクリートでおおわれている地域増加による水蒸気圧の低下が原因であると考えられる。

3.3. 水蒸気圧

昭和55年12月25日の水蒸気圧の分布を示す(第8図)。



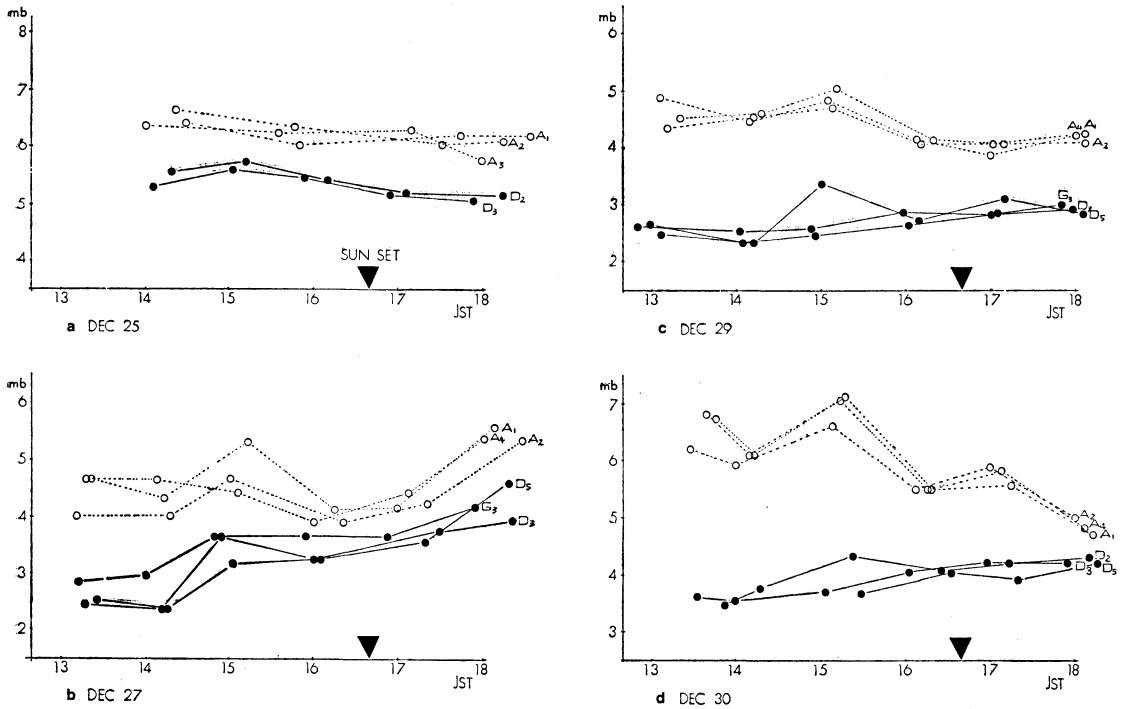
第8図 団地の水蒸気圧分布の変化 [a]—[e].
数字は水蒸気圧 [mb] を示す.

14時の分布では、湿度の分布と似た団地内の分布が見られる。団地東部に高水蒸気圧域、西部に低水蒸気圧域が存在している。全体の傾向としては、日中から夕方にかけて団地内には低水蒸気圧域が存在し、夕方になるにつれてそれがはっきりしてきた。それは熱の島（ヒートアイランド）と同様に、団地の中央を中心とする円状の形を

しており、低水蒸気圧の島（これをドライアイランドと呼ぶことにしたい）のようである。12月30日に再度水平分布を調べるために観測を行なった(図なし)。当日は顕著なヒートアイランドは出現しなかったが、ドライアイランドは25日と同様に日中から見られた。

次に昭和55年12月25日・27日・29日・30日の午後の水

「天気」29. 2.



第9図 団地内と団地外における13~18時の水蒸気圧変化。

—●— 団地内
○..... 団地外

蒸気圧の変化を示す(第9図)。水蒸気圧は変化の仕方が日によって異なる。25日・27日のように団地内・団地外の水蒸気圧の変化が並行する場合と、29日・30日のように逆行する場合があります。種々の気象条件によって変化する。また、団地内は夕方において相対的に低い値を示すようである。

4. おわりに

以上述べてきたように、16,000人程度の住宅団地にも、一般に都市で観測されているヒートアイランドが観測された。14時頃は団地内外の差はあまりなく分布の形も複雑であった。日没前後(太陽が地平線の建物にかくれ始める時刻から)に急激に気温が低下する時間帯が団地外であったが、団地内の気温は日没にすぐに反応するのではなく、14時ごろから18時までは直線的に低下するので、日没前後に団地部にヒートアイランドが現われ始める。また、湿度は日中から団地部のほうが低い値を示しており、夕方にははっきりした乾燥域が団地部に現われた。これは一般には団地部の高温化の為であると考えられてい

るが、水蒸気圧の分布を調べてみると、似た形の低水蒸気圧の島(ドライアイランド)が団地部に形成されていた。団地部の低湿度化には、水蒸気の減少が大きな影響をもたらすように考えられる。団地は鉄筋コンクリートの建物と舗装道路でおおわれている部分が多く、裸地や植物が少ないので、地面からの蒸発量が少なくなり、空気中の水蒸気量は少なくなるであろう。

いずれにしても、今回の観測で団地内にドライアイランドが形成されていたことを見出した。

謝辞

観測に際し御協力いただいた草加市役所・草加消防署・日本住宅公団の皆さまに厚く御礼申し上げます。気象研究所の藤田敏夫・田宮兵衛の両先生には日頃から御指導を頂いただけでなく、本原稿に対して適切な助言・コメントを頂戴いたしました。ここに謹んで感謝の意を表します。

文献

Kopec, R.J., 1970: Further observations of the

- urban heat island in a small city, *Bull. Am. Met. Soc.*, 51, 602-606.
- Scharon, D. and R. Koplowitz, 1972: Observations of the heat island of a small town, *Met. Rdsch.*, 25, 143-146.
- 大後美保, 長尾 隆, 1972: 都市気候学, 朝倉書店.
- 田宮兵衛, 1968: 住宅団地における夜間の温度分布, *地理学評論*, 41, 695-703.
- , 武藤禎夫, 1974: 住宅団地において夜間観測される高温域について, *気象研究ノート*, 119, 196-205.
- , 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.
- Norwine, J.R., 1973: Heat island properties of an enclosed multi-level suburban shopping center, *Bull. Am. Met. Soc.*, 54, 637-641.
- 吉野正敏, 1977: 日本および外国の諸都市における気候の変化, *気象研究ノート*, 133, 1-25.

気象学会および関連学会行事予定

行 事 名	開 催 年 月 日	主 催 団 体 等	場 所
月例会「長期予報・大気大循環」	昭和57年3月23日		気象庁内
日本気象学会創立100周年記念式典	昭和57年5月25日	日本気象学会	日本教育会館
昭和57年日本気象学会春季大会	昭和57年5月26日～28日	日本気象学会	日本教育会館
第19回理工学における同位元素研究発表会	昭和57年7月5日～7日		国立教育会館
第8回レーザーレーダ(ライダー)シンポジウム	昭和57年7月8日～9日	レーザーレーダ研究会	山王共済会館
第2回水資源に関するシンポジウム	昭和57年8月3日～5日	空気調和・衛生工学会ほか	科学技術館(東京)
Regional Scientific Conference on Tropical Meteorology (熱帯気象学に関する地域科学会議)	昭和57年10月18日～22日		筑波研究交流センター
International conference on the physics, chemistry, and meteorology of precipitation scavenging, dry deposition, and resuspension	1982年11月29日～12月3日	American Meteorological Society et al.	Los Angeles