住宅団地における夜間の気温分布について

田 宮 兵 衛*

東京都下ひばりヶ丘団地で、1966年の秋から冬にかけて、移動観測により5回にわたって夜間の気温分布を調べた。晴天かつ静穏の場合には都市気温分布と同様の団地気温分布が認められた。しかし、曇天あるいは強風のある場合には、団地気温は認められなかった。

同年12月10日から11日にかけて、団地気温分布の時間的変化を観測した。同時に団地内部の高架水溜により気温の垂直分布を観測し、接地逆転の発生していること、およびそれが風速の増大によりくずされ、団地内部と外部との気温差に影響を与えることを見出した。

I ま え が き

都市気候諸現象中、最も顕著なのは都市気温、すなわち都市内部が外部より気温が高いという現象である。しかしながら都市気温形成機構についての研究は未だ不十分である。その理由の一つとして、対象都市の面積が大きすぎるということが挙げられよう。一般的には、面積が大きくなればなるほどその面積内の地表形態・被覆状況・人間活動とそれに伴う熱源の分布等に差異を生じ、統一的取扱いを行いかねる。したがって、小さな都市あるいは集落を対象として都市気温形成機構の解明を試みることは合目的である。かかる観点より、比較的広い平坦地に均質な住宅だけの集合体として形成された住宅団地を選び気温観測を行った。その結果この場合においても都市気温類似現象の存在が明らかとなり、その成因に関し若干の考察を行った。

II 調査地域の選定とその概要

調査の対象とした住宅団地は、日本住宅公団のひばりヶ丘団地（東京都）である。この団地は、田無市・保谷市・久留米町にまたがり、西武池袋線ひばりヶ丘駅の南西約1kmの地点にある。団地周辺の地形は平坦で、建物は比較的単純な形に配列されて

いる。団地の面積は約33万5千 m^2 で、第1図に示した東西約500m、南北約600mの南北にやや長い五角形の中に全住宅用建物182棟と集会所等4棟が含まれている。このほか道路を隔てた東側に店舗が2棟ある。人口は約1万人、約2,700世帯が居住している。

住宅用建物は高さ約11.4mの4階建のものと、約5.7mの2階建のものがあり、後者は団地の西側と南側の部分に位置する。建物の間口はその含む戸数および規格により、10mから60mに近いものまで各種あるが、奥行はすべて約6mでほぼ等しい。

観測を行った1966年当時の団地周辺部の状態を見ると、西側から北側にかけてはあまり宅地化が進んでおらず空地ないしは畑地となっていた。しかし、

第1図 調査対象地域

* 東京教育大学大学院

第1表 観測期日とその当日の気象状態等

観測期日	観測時刻	日没時刻	日照時間	平均風速**(m/s)	風向	移動方法
'66 8.28*	2010—2141	1815	11.5	1.0	SSW	自転車
9.12*	1914—2100	1754	—	0.5	SSE	"
9.20	2008—2152	1742	10.1	0.0	—	"
10. 8	2014—2150	1716	6.4	0.0	—	"
10.13	2015—2155	1710	9.6	0.3	NNW	"
11. 3	1913—2048	1645	9.5	4.3	N	"
11.30	1855—1945	1628	2.1	0.1	—	自動車
12.10	1805—1906	1628	4.3	0.3	NNW	自動車
	1959—2045			1.0	NW	"
	2200—2240			1.2	N	"
12.11	0002—0042			0.5	N	"
	0200—0239			0.3	W	"
	0400—0438			0.3	NW	"
	0603—0642			0.3	SSE	"

* 予備観測

**観測時刻間の平均

北東側および南側には住宅あるいは商店がかなり密に建てられて居り、東側には日特金属工業の工場がある。したがってひばりヶ丘団地は完全に孤立した集落とは言いがたいが、周辺の一般住宅地との比較という意味も含めて観測を行った。

III 観 測 計 画

団地気温分布の測定は移動観測により実施した。観測には自転車あるいは自動車を用い、それらの地

上約1mの高さにサーミスター温度計を設置し、それにより測定を行った。観測を実施したのは46地点についてで、1回の観測に要した時間は自転車の場合に約2時間、自動車の場合には約1時間であった。ただし観測地点を道路上に選んだことにより、自動車の交通量が多い場合には排気ガスの影響を受けた。なお、11月3日以前の観測はすべて自転車で行い、11月30日および12月10～11日の観測には自動車を用了。

全観測ルートをR-1からR-4の4つに分割し、R-1完了後R-2へうつり、さらにR-3、R-4へ移動して観測を行った。R-1～4はいずれも団地の中心部(B)を通過するようにルートを設定した。これは1回の観測を完了するまでの1～2時間内における気温の時間的変動の影響を除去する基準とするためであった。すなわち、団地中心部の地点Bでは1回の観測に際し、各ルート毎に相異なる4つの時刻に気温測定が行なわれた。各地点の値はそれが属するルートにおける地点Bの観測値との差をもって示した。したがって地点Bの値は各例とも±0となる。第3図に補正前の観測値の例(9月20日)を示す。

1966年の秋から冬にかけて、2回の予備観測を行った後5回にわたり夜間(20時～22時頃)の団地内

第2図 観測地点およびルート

A：外部定点 B：内部定点

第3図 9月20日の移動観測によって得られた気温観測値

●団地内部観測点 ×周縁部観測点 +外部観測点

第4図 高架水槽にとりつけた通風装置およびサーミスター

外の気温分布観測を行った。さらに同年12月10日18時から翌11日6時の間に2時間おきに7回の移動観測を行った。

なお、団地気温の垂直的構造については団地中心部にある高架水槽に通風装置をもったサーミスター温度計を設置し、12月10日の夕刻から24時頃迄の間、1分30秒間隔で気温の自記記録をとった。温度計をとった高さは、25m・18m・12m・5m・1

mの5ヶ所である。最下点、1mの観測点は団地内部における定点も兼ねている。このほか、R-2の最西端の地点Aに団地外定点をおき、アスマン通風温度計で1分間隔の気温観測を行った。

観測当日の気象条件については、ひばりヶ丘団地の南東約5kmにある成蹊学園での観測値を参考とした。

IV 観 測 結 果

1. 水平分布

団地気温の存在を確認することと、ルート選定のため、8月28日および9月12日に自転車で予備観測を行った。その結果、晴天であった8月28日には団地気温が認められたが、曇天の9月12日には団地気温は認められなかった。

1) 9月20日 20:08~21:52

日中晴天で日照時間は10時間程度あり、観測時も晴れていて風は殆んど無かった。第5図(a)に示すように北西側の外部に最低温域が出現している。また、東側では団地内外の温度差は明瞭でない。

2) 10月8日 20:14~21:50

前回ほど天気は良くなかったが、観測時には風は殆んど無かった。この日は団地北東部の観測を行なわなかったが、最も低い観測値が得られたのは前回同様団地外部の北西部であった(第5図(b))。

3) 10月13日 20:15~21:55

天気は良かったが観測時には北々西の風が若干あった。団地気温の出現状況は第5図(c)に示すように、東側の一般住宅商店地域とあまり差が無く明瞭とは言えないが、西側については1°C程度の差があった。

4) 11月3日 19:13~20:48

この日は季節風の吹き出しを思わず北風が強く、観測時間の平均で4.3m/secあった。風の強い場合に団地気温は如何なる状態を示すかを調べるようになったが、予想されるように全域ほぼ一様な気温分布となり団地気温分布は認められなかった(第5図

第5図 ひばりヶ丘団地における気温分布〔a〕―〔e〕
数字は中心Bとの差を示す（観測期日の後の括弧内の数字は観測時間を表わす。等値線間隔は $\pm 0.5^{\circ}\text{C}$ ）

(d)).

5) 11月30日 18:55~19:45

午前中2時間ほどの日照があったが、午後から夜間にかけては完全に雲に覆われた。観測時は殆んど風は無かった。結果は第5図(e)に示すとおりで、団地内外大部分の地点は $\pm 0.5^{\circ}\text{C}$ 以内の差しか示さず、団地気温分布は認められなかった。

以上の諸観測で明らかになったと思われることを次にまとめてみる。

都市気温分布と類似した団地気温分布の存在は認められた。すなわち、団地内部ではあまり温度差は無く、周縁部で急激に気温が下がり、heat islandを

形成している。

なお、周辺の一般住宅商店地域と団地内部との差はそれほどでなく、最低気温を記録したのは常に北西側の最も住宅の少い地域であった。

天気との関連は、曇天であった11月30日の場合、団地気温分布は認められなかった。これは予備観測として行った9月12日の場合も同様であった。風との関連は、成蹊学園の観測で平均 4.3m/sec と、他の場合が 1m/sec 内外であったに比してかなり強かった11月3日には団地気温分布は出現していない。

2. 水平分布の時間的变化

第6図 12月10日18時~11日6時の2時間毎の団地気温分布の変化〔a〕~〔g〕

数字は中心Bとの差を示す（観測期日後の括弧内の数字は観測時間を表わす。等値線間隔は 0.5°C ）

第7図 12月10日18時～11日6時の観測時間平均の気温の変化
実線：内部定点(B) 点線：外部定点(A)
×：高架水槽の1m観測点の値

12月10日18時から翌11日6時迄の間の夜間を通じての団地気温分布の変化の様子は第6図(a)～(g)に示すとおりである。

この日は昼間あまり天気は良くなかったが、観測を始める頃から雲は少くなり、夜半に至って完全に晴れた。風は10日の20～22時の観測を除けば1m/secに達せず、殆んど無風と考えてよい。なお、観測はR-1の後半より始め以下順にR-2・3・4を経た後R-1の前半を行った。

図より明らかなように、時間の経過とともに団地気温分布は明瞭になり島状に高温域が出現した。低温域は夜間通じて団地外部の北西側に出現し、一方東側では団地外部との差はあまり明瞭でなく、外部のほうが逆に高くなることもあった。

第8図 a) 10分間平均風速の時間的変化(成蹊学園による) b) 高架水槽での高度別気温変化

読みとった気温の値は第7図に示したとおりである。ここで内部定点の値としたものは移動観測で内部定点を通過した際の5回の観測値の平均である。定点における自記記録の平均値と移動観測の際の平均値との差は、通風速度の相異等により0.5°C程度あったが時間的変化傾向は一致していた。また外部定点の値は内部定点通過時刻におけるアスマン通風温度計による読みとり値である。この図より、団地内外の両定点A、Bの気温の時間的変化はほぼ平行しており、同一の時間変化をしていたと解してよい。ただし、絶対値は団地内部が外部より平均2°C程度高かったことがわかる。なお団地外定点Aは団地の西側に設置していたことから考えて、団地気温分布が時間の経過とともに明瞭になるのは、団地外部全域で団地内部より大幅に気温が下がるからではなく、東側の部分での気温の下がり方が大きいことによるものであることがわかる。これは東側の観測地点のある道路がこの付近の幹線にあたっているため、自動車の通過量が比較的多かった18時から22時頃迄は排気ガスの影響があらわれたものと考えられる。

3. 垂直構造

第8図(b)に団地中心部にある高架水槽において12月10日17時から24時にかけて観測した気温の10分毎の値を示す。これによると一貫して接地逆転の現象が認められる。断面図にして示すと、第9図となり、18時に最も顕著で以後深夜になるほど弱まっている。第8図(a)に成蹊学園での風速の観測結果を示すが、これと比較すると風速が急激に増大する時、下層気温の上昇と上層気温の降下がおこり、逆転の破壊迄にはいたらぬがその強さが弱まっている事実が顕著に認められる。そのはっきりしたものが18時20分、20時20分、21時20分、22時30分頃に認められ、1m層の気温は著しい急昇を示している。気層の垂直混合がおこり気温成層が破壊さ

第9図 気温断面の時間的变化

第10図 外部定点(A)1m層, 内部定点(B)25m層および1m層の気温の比較同時観測の結果

れ一様化した結果と判断される。

さらに細い時間間隔で団地内部定点(B)の25mと1mの値および外部定点(A)1mの値を比較すると、団地内部で逆転がくずれる時、団地外部では気温の上昇がおこらず、団地内外の気温差が大きくなっている例が18時10分から40分にかけて明瞭に認められる。なお、先に1時間程度についての平均をとれば、団地内外の気温の変化はほぼ平行し、団地内部が常に約 2°C 高温であると述べたが、細く見るとかなりの変動があり22時50分すぎのように外部と内部が殆んど差を示さなくなる場合も認められた。前述の風速の記録と対応させてみると、差が大きくなった時には風速が増し(1810)、小さくなった時には風速が急激に減っている(2240)。

V 団地気温の成因およびあとかぎ

団地内で生成される人工熱を見積るためには、厳

密には、団地内各家庭で消費された各種燃料の総量がわからなければならないがそれについての調査はむずかしい。そこで建物内部が外気より 10°C 高く保たれていると仮定して、その際に建物内部から外部へ流れ出すはずの熱量を計算してみた。

団地建物の全表面積は $1.5 \times 10^6 \text{m}^2$ 、住宅用建物のコンクリートの壁の厚さは約20cmでその熱貫流率¹⁾は約 $3 \times 10^9 \text{cal m}^{-2} \text{hr}^{-1} ^{\circ}\text{C}^{-1}$ である。したがって

壁を通して漏出する熱量は $4.5 \times 10^9 \text{cal hr}^{-1}$ となる。さらに、窓や扉を開けたり、その隙間からの換気により漏出する熱量は、建物の全容積 $3.0 \times 10^6 \text{m}^3$ 、 1m^3 の空気の熱容量 $3.1 \times 10^2 \text{cal m}^{-3} ^{\circ}\text{C}^{-1}$ 、1時間当りの自然換気回数²⁾2、温度差 10°C をかけあわせたもので、 $1.9 \times 10^9 \text{cal hr}^{-1}$ となる。これと壁を通しての漏出熱量との合計は

$$6.4 \times 10^9 \text{cal hr}^{-1} \dots \dots \dots (1)$$

になる。

一方、高さ11.4m以下の団地全空間から建物の容積を除いた値は $3.5 \times 10^6 \text{m}^3$ となり、その熱容量は $1.1 \times 10^9 \text{cal } ^{\circ}\text{C}^{-1}$ である。ここで、風速1m/sec程度の風が常時あったとすると、団地空間の空気は1時間に6～7回いれかわることになり、その全熱容量は $6.6 \sim 7.7 \times 10^9 \text{cal } ^{\circ}\text{C}^{-1}$ となる。団地中心部が外部より 2°C 高く、周縁部で外部との差が0となり、平均で 1°C 高いとすれば、この状態を保つのに要する熱量は

$$6.6 \sim 7.7 \times 10^9 \text{cal hr}^{-1} \dots \dots \dots (2)$$

である。この(1)と(2)とは少くともオーダーに於ては一致している。それゆえ団地気温の成因として、1)人工熱を考えることは可能である。

しかしながら9月12日と11月30日の例が示すような曇天の場合、団地気温が発生していないという事実は他の成因を考える余地を残している。この

1) 三木 韶・千野 弘 (1966): 建築ハンドブック10・計画原論, 69p.
2) 同 74p.

場合、まず考えられることは、団地気温の主要な熱源が人工熱ではなく、2) 日中の太陽熱がコンクリート等により吸収保存され、それが夜間放出され団地気温を形成するということである。

また他の成因としては次のようなことも考えられる。すなわち接地逆転が存在する場合にある程度の風が吹くと、団地内部では建物の摩擦により風の乱れが大きく、周辺と比較して著しく垂直混合量が増加し、逆転が弱められ、3) 下層では気温が上昇し、その結果地表付近では団地内部が暖かくなるということである。これを確かめるには、風速1~2m/sec程度の風のある場合、団地内外に於て垂直流の大きさ、および25m層の気温の比較同時観測を実施することが必要で、その結果にまたざるを得ない。ただ曇天や強風のため接地逆転が形成されにくい状態の時、団地気温分布が認められなかったこと(曇天、9月12日・11月30日、強風、11月3日)および12月10日の観測(第10図)を考えあわせると、逆

転層の存在が団地気温分布形成の必要条件であるとの見解も成立するが、この場合には完全な無風時には団地気温分布が形成されないという現象の存在を確認する必要が生ずる。

これら1)~3)などの諸問題を順次解決していくことによって団地気温形成の機構が明らかにされることは十分期待できる。さらにそれは都市気温形成機構解明に有力な手がかりを与えることになるであろう。

本小論を、終始御指導下さった福井英一郎教授の退官記念として捧げる。

なお、本稿の作成にあたり、懇篤なる指導と校閲の勞をとられた関口 武博士に心から感謝する。また、有益な御助言を賜った東京教育大学地理学教室および気候談話会の諸先生方、観測に際し御助力頂いた新井 正、小林 徹、山下脩二、東浦将夫、川島弘保、新井二郎の諸氏、住宅公団、団地サービス株式会社、特に対馬誠吾氏に厚く御礼申し上げる。

(1968年8月1日受理)

NIGHT TEMPERATURE DISTRIBUTION IN A NEW-TOWN, WESTERN SUBURBS OF TOKYO

Hyoë TAMIYA

The moving observations in and around a New-Town at Hibariga-Oka (Lark Hill) have been carried out to measure a specimen of urban temperature distribution. This New-Town is located at the western outskirts of Tokyo and the distance between the centers of them is about 20 km and 1 hr's ride by the suburban and subway trains (Fig. 1). The town has been consisted of 182 residential buildings in the area of 335,000 m². Most of them are four storied and they have been lived by mostly commuters to Tokyo. And its total population reaches almost 10,000.

The temperature distribution has been measured several times during the second half of 1966, using a thermister thermometer mounted on a bicycle or an automobile about at 1 m above the ground. The observation route and observation points have been selected beforehand as were indicated on Fig. 2.

The observed temperatures at various points were converted into the relative values. This values were represented by the differences between the observed values and those of the central points (B) of the town respectively.

When they were calm and not overcasted, heat islands were identified clearly as on Sept. 20, Oct. 8 and 13 (Figs. 5 a, b and c). And almost every occasion, the lowest temperature was recorded at the western outside of the town. However, when the strong wind prevailed as on Nov. 3 (Fig. 5 d) or completely overcasted as on Nov. 30 (Fig. 5 e), heat islands were not observed.

Every two-hourly observations have been scheduled particularly from 1800 to 0600 on Dec. 10-11, and a process of heat island formation has been recognized.

At the beginning of the observation at 1800, there was no appearance of heat island (Fig. 6 a). However, heat island began to appear about at 2200 and then its formation became remarkable more and more as the time passed to midnight. The full formation of heat island on this occasion reached at the early morning at 0400 (Fig. 6 b-g). No appearance of heat island at the early evening might be influenced by the heat production caused by traffic congestion at the eastern-side of the town. And the full formation at 0400 might be attributed to the sparsity of the traffic. The comparison of the hourly mean temperature change of outside (A) and inside (B) of the town has shown no significant increase of the temperature difference between these two points as the time passed (Fig. 7).

The vertical temperature profiles up to 25 m has been also observed from 1700 to 2400 on Dec. 10 at the central part of the town. The temperatures at the height of 25 m, 18 m, 12 m, 5 m and 1 m have been recorded by electric thermometers installed on a water-tank tower. The profiles showed strong surface inversions all through the observation period. The largest temperature difference between 25 m and 1 m was 2.5°C at 1800. Then the difference began to decrease to 0.5°C at 2200 (Figs. 8 and 9).

Checking the sequences of the vertical temperature profiles and the wind situations (observed at the nearest weather observation station of 5 km away from the town) during the night of Dec. 10-11, it has been distinguished that the existence of fairly remarkable correlations between increasing of the wind speed and weakening of the surface inversion and sudden rise of surface temperature, as were recorded at 1820, 2020, 2120 and 2230 (Fig. 8). The surface temperature differences between inside and outside of the town have been shown on Fig. 10. The remarkable is the increasing of the difference just after the weakening of the surface inversion in the town as it were at 1810 to 1835 on Fig. 10.

The heat production by human activities in the town has been roughly estimated about 6.4×10^9 car/hr. This amount is evaluated almost equivalent with the total heat need to warm up the town air by 1°C . However, the amount of produced heat by the town might not be sufficient to create heat islands in temperature distribution. Besides that, breaking down of surface inversions and downward heat transport from the upper air inside of the town seems to be important for its formations. Such a phenomenon could be caused by disturbance of air-flow by dense buildings in the town.