

谷口市街地における夜間の気温分布と山風の相互作用

佐藤, 典人 / SATO, Norihito

(出版者 / Publisher)

法政大学文学部

(雑誌名 / Journal or Publication Title)

法政大学文学部紀要 / Bulletin of the Faculty of Letters, Hosei University

(巻 / Volume)

68

(開始ページ / Start Page)

71

(終了ページ / End Page)

98

(発行年 / Year)

2014-03

(URL)

<https://doi.org/10.15002/00010054>

谷口市街地における夜間の気温分布と山風の相互作用

佐 藤 典 人

要 旨

本研究では、高圧部に覆われて気圧傾度の緩い、静穏な夜間のもとで共に発現が予測される市街地のヒートアイランド現象と局地循環である山谷風吹送との相互作用に焦点を当てて、小気候学的な視座から追究を試みた。そのために、これら双方の現象の発現が想定される複数の谷口市街地を選定して現地観測を遂行した。その結果、以下の諸点などが把握された。1). 小気候観測をした3地域の谷口市街地に共通して、ヒートアイランド現象の発生と夜間の山風の吹送が識別された。加えて市街地の相対的に高温な大気は、山風の吹送に伴って風下側に変位する傾向にある。2). 八王子の市街地内外では、夜間のヒートアイランド強度がその人口規模から推定される値よりも小さい。これには当該地域の盆地状地形に起因する山風の流出と冷気の滞留が絡んでいると考えられる。3). 谷口市街地での大気の鉛直構造に着目すると、3層の階層構造が指摘できた。すなわち、それは地表付近の接地安定層、その上の山風が吹送・流入する気層、さらに上方での広域的な循環（海陸風循環）の3層である（第22図参照）。

キーワード：接地逆転、谷口市街地、ヒートアイランド現象、山風

I はじめに

人為活動が集中している都市域では、地表の改変に起因して放射収支が変わりやすい。それは地表のコンクリート化に伴う保温効果の増大や人工排熱の増加、裸地や緑地面積の縮小に因る蒸発散の低下、土中水分の減少に付随する潜熱放出の機会損失などが、いずれも市街地内への保温・蓄熱効果を助長しやすいゆえである。その結果、市街地の気温が周辺の郊外よりも高くなるヒートアイランド現象が夜間を典型として生ずる。

一方、ヒートアイランド現象が発現しやすい気圧傾度の緩い、静穏晴夜の天候のもとでは、放射冷却の進行に連動して接地逆転層の形成が始動する。その際、地表が傾斜していれば、その冷却で重力的に重くなった接地層大気が、摩擦を克服し

て低所へ移動することも容易に想定される。この現象が山地の斜面上で生ずる際には「冷気流」、ないし「斜面下降風」と、さらに山間の谷間で、夜間に上流側から下流に向かって吹き下る大気の流れは「山風」と、それぞれ呼称されている。

このようにヒートアイランド現象と「山風」の吹送という現象は、双方とも類似の気圧配置の下で生じやすい大気現象でありながら、温度的にはお互いに逆の現象と考えられる。つまり前者は相対的に高温となる反面、後者は通常、低温な大気の流下である。しかしながら、これらの現象は個別に扱われてきたため、双方の相互作用を視野に入れた形での研究はあまり蓄積されていない（森ほか：1997、狩野・三上：2003、佐藤ほか：2001、2004など）。だが環境問題などに高い関心を示すドイツでは、都市気温と山風吹送との相互作用に注目して、都市構造の検討がなされている

(Ernst : 1995 など)。

また近年、夏季を中心として日本列島の多くの地点で極端な暑さが記録^①されるようになった。それゆえ市街地の大気環境、とりわけ温度的なアメニティ（気温緩和）に言及する声が高くなる傾向にある。

そこで本研究では、高気圧に覆われるという共通の総観場の下でともに発生する可能性が高い、ヒートアイランド現象と山風の吹送という、温度的に相反する 2 つの小気候現象の相互作用に焦点を当てた。それにはここで着目した 2 つの現象の同時的な発生が予見される適地を選出する必要がある。そこで河川が山間部から平地に流れ出た谷口に立地する都市を対象地域として検討した。その結果、本稿では多摩川の支流・浅川流域の八王子市、多摩川本流の青梅市、それに鬼怒川支流・大谷川流域の日光市今市の 3 地域を調査対象地域として選定した。

II 本研究に関連する従来の研究

本研究の狙いに関連する 2 つの小気候現象は、前述のように従来、各々別個の研究課題として扱われてきた。例えば、都市域の気温の特異性に関しては、Howard (1833) がロンドンで市街地と郊外の温度差を指摘して以来、多くの関心が払われてきた。その研究史上、Sundborg (1950) による車を利用した短時間で都市気温の客観的な掌握や、Duckworth et al. (1954) の三次元的な解析、さらには Oke (1977) や Landsberg (1981) の一連の研究などは、多くの成果を我々に供与してきた。

日本においても三沢・吉村 (1931)、佐々倉 (1932) などの研究に端を発して以降、今日まで数多くの成果が報じられてきた^② (例えば、菅原ほか : 2011 など)。それら先人の研究を概観すると、次のように大別できる。すなわち、

- ①. 市街地の高温域発現の実態把握に関する研究
- ②. 市街地の高温大気の三次元的構造の解明

③. 市街地に形成される高温現象とその原因に関する検討

④. 市街地の高温現象と他の現象（大気汚染など）との関わり

⑤. 市街地内の緑地や水域の気温冷却効果への追究
などである。

他方、もう一つの小気候現象である山谷風に関するこれまでの研究はどうであろうか。山間の傾斜地では、土地利用との関りから農業気象学的に多くの耳目を集めてきた。例えば、立石 (1961)、今岡 (1964)、中村 (1976) などの研究はその一例である。しかし、こと斜面大気の下降原因に対する解釈では、必ずしも統一した見解が得られていない。と言うのも、斜面上では斜面下降風の流下時に常に気温が低下するとは限らず、それゆえ斜面上部で重力的に重い冷気の始動という説明にいささか疑問の余地が残るからである。

夜間にこの斜面下降風の規模が大きくなり、山間部の河谷上流から下流に向かって吹き下る場合には「山風」と総称されている。また、昼間には逆向きの「谷風」の吹送が想定される (Defant : 1951)。ヨーロッパアルプスの U 字谷でこの現象を観測した Reiter et al. (1983 ほか) の報文は、興味深い内容を教示している。しかしながら、わが国ではいわゆるこの局地的な循環系である「山谷風」の吹送に焦点を当てた研究例はそれほど多くない。それでも山間の河谷を対象に南北斜面の気温の違いを指摘した吉野・福宿 (1953) や谷方位の異なる谷間地を選定して気温の日変化を対照した佐藤ほか (1987) の研究が挙げられる。

しかし、本研究で着目している 2 つの現象の絡み合いという観点から展望すれば、それほど研究が遂行されていない。その意味では一部、冒頭でも触れた佐藤 (1997, 2006)、佐藤ほか (1992)、森ほか (前掲)、藤野・浅枝 (1999)、狩野・三上 (前掲)、浜田ほか (2011) などの結果は、視点の類似性から関心を抱く報文である。

よって、本研究と同一の着眼点、すなわち、ヒートアイランド現象と山風吹送との相互作用という

観点から調査研究の事例数を重ね、そこから帰納的に現象の実態を掌握、追究する必要がある。その意味において、この視点に立脚した研究の一環として本研究は位置付けられる。

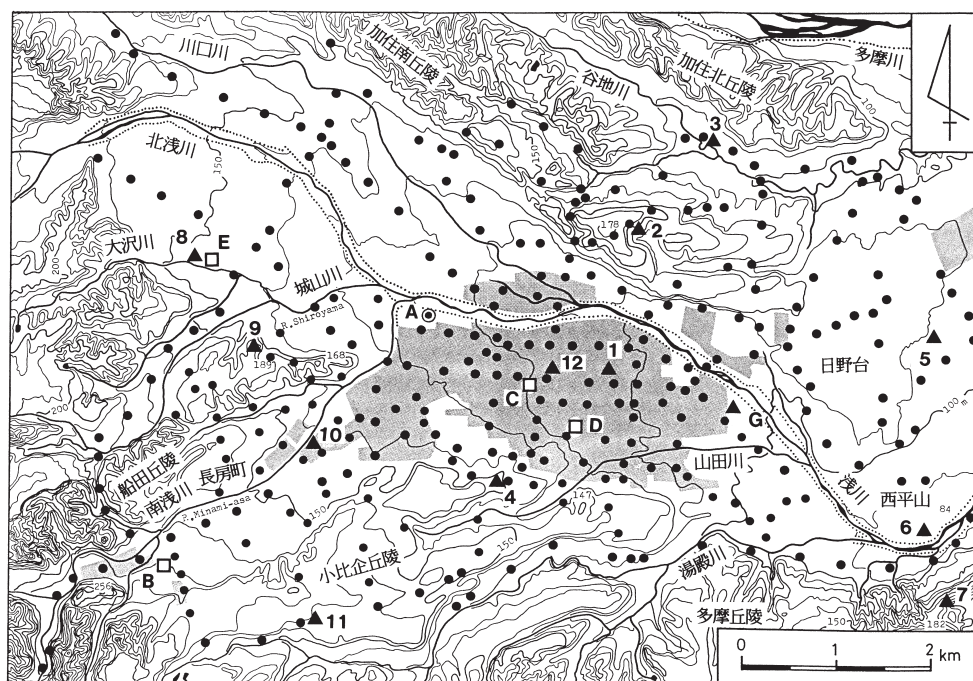
Ⅲ 研究対象地域の概要と観測内容

1. 八王子市の概要

八王子市は都心から西へ約 40 km 離れた位置に在り、人口およそ 55 万人（観測実施当時の 1984 年 3 月現在では約 40 万人）で、都下を代表する都市である。八王子市の主たる市街地は、多摩川の支流浅川右岸に発達している。市在住人口の 80% 近くが、いわゆる「人口集中地区」に居住するが、その面積は全体の 20 数% にすぎない。このような事実から、八王子市の人口や市街化区域の地域的な集中度は高いと言える。

西北西から東南東に流下する浅川とほぼ平行す

るように、北側に加住南丘陵と同・北丘陵が、南側に小比企丘陵や多摩丘陵がそれぞれ位置している。また、西方は徐々に高度を増し、関東山地に連なっているのに対して、東方は日野台地に画されている。結果的に八王子の市街地は、周囲を山地や丘陵地、台地に囲まれた、いわば地形的に閉塞した位置に在る。ここで注目したのは、八王子の市街地がこの盆状地形の低所に存在し、西の山間部から浅川が流れ出た所に該当する点である。その市街地の標高は 100~140 m 前後で、周りとの比高がおよそ 60~100 m 程である。第 1 図からも分かるように、丘陵を刻む小河川がほぼ東流し、いずれも多摩川へ直接、ないし間接的に合流している。それらは北から、南北の加住丘陵を分かち谷地川、加住南丘陵の南側で台地を刻む川口川、市街地上流で合流する北浅川、南浅川、城山川、南の小比企丘陵を源流とする山田川、それに多摩丘陵の北縁に沿って流下する湯殿川などであ



第 1 図 八王子市街地の概略と観測地点位置図

なお、黒丸は移動観測地点、三角は定点観測地点、四角は鉛直観測実施地点、網目は市街地を各々示す。

A：八王子市役所＝アメダス観測点、B：高尾パークハイツ、C：クレール八王子、D：市立第三小、E：市立式分方小、F：日野市立平山小、G：NTT 八王子、St.1：市立第一小、2：ひよどり山、3：埼玉神社、4：富士森公園、5：日野市立第六小、6：日野市立滝合小、7：長沼、8：市立式分方小、9：日吉神社、10：市立横山第二小、11：市立欄田小、12：八王子消防署

る。近年の都市化の進展は、これら河川の低地沿いのみならず、丘陵地の宅地造成をも促している。例えば、加住南丘陵のみつい台、船田丘陵の長房団地や緑ヶ丘住宅、小比企丘陵のめじろ台、多摩丘陵の絹ヶ丘地区、みなみ野地区などがそれである。

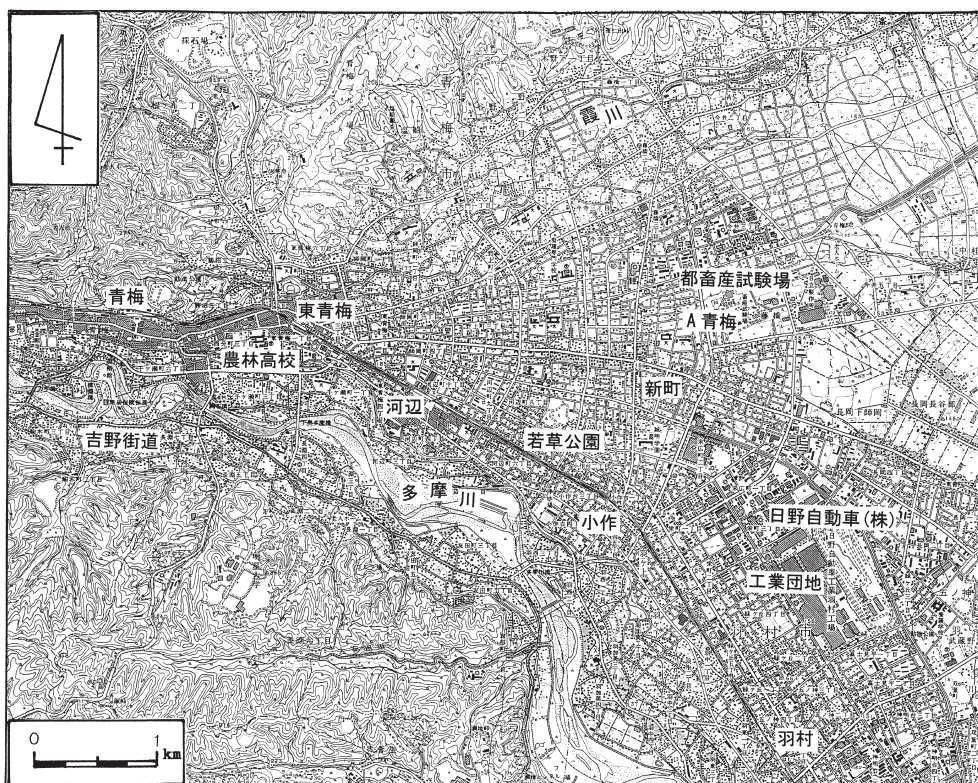
また、八王子は国道 20 号（甲州街道）と国道 16 号（外環状）の交差する交通の要地であり、かつ中央自動車道のインターチェンジもあることから、交通量が多い。そのため夜間の大型車両の往来や朝夕の交通渋滞が激しく、これらの市街地大気への熱的・質的影響は、避けられないと予測される。

2. 青梅市の概要

青梅市は東京の都心からおおよそ 40 km 西方に位置する、人口約 14 万人⁽³⁾ ほどの「谷口集落」

に起源を有する街（第 2 図）である。つまり多摩川が関東山地の山間部を流れ下り、武蔵野台地の平坦地に出た場所に青梅の市街地は立地している。

この青梅市は、武蔵野台地西端の平地に形成された扇状地の扇頂部に相当し、標高は 150～200 m の範囲にある。この台地は北を加治丘陵、南を草花丘陵に挟まれており、多摩川の現流路は、この台地的な扇状地の南縁をさらに下刻して流れているため、元の扇状地面は段丘化している。また、台地の北縁にはかつての多摩川の流路と想定される河谷を霞川が北東流して人間川に合流し、最終的には荒川に流出して東京湾に注いでいる。ゆえに、この霞川に沿った地域も台地の面より一段低く、いわゆる流路に沿った低所になっている。かくして、この多摩川の造った扇状地は、その後の多摩川自身による下刻作用によって、標高の高い台地へ転じたため水利の便が悪い。よって桑畑



第 2 図 青梅市周辺の概略

国土地理院発行：5 万分の 1「青梅」図幅より作成

や茶畑としての土地利用が長く続いた。そこに養蚕業や茶業の立地をこの地に促した背景がある。

この青梅市周辺は、総じて都心のベッタウシ的な機能を反映して一戸建ての住宅が多い。それでも、地表面粗度（ラフネス、Lettau: 1969）の点から市街地の気温分布に影響が及ぶと予想される集合住宅などの人工構築物は、JR 青梅駅を中心とする旧市街地よりも、台地上へその後に拓かれた東青梅や河辺、小作、羽村などの JR 青梅線各駅前を核として稠密化している。それに加えて、青梅市の南東部から羽村市にかけて立地している日野自動車工業をはじめとする工場群の存在も無視できない。これに対して、霞川沿いの低地や北東部の畑地周辺は裸地に近い状況にあるので、気温分布を考究する際には、土地利用とともに地形面の高低も無視できない。

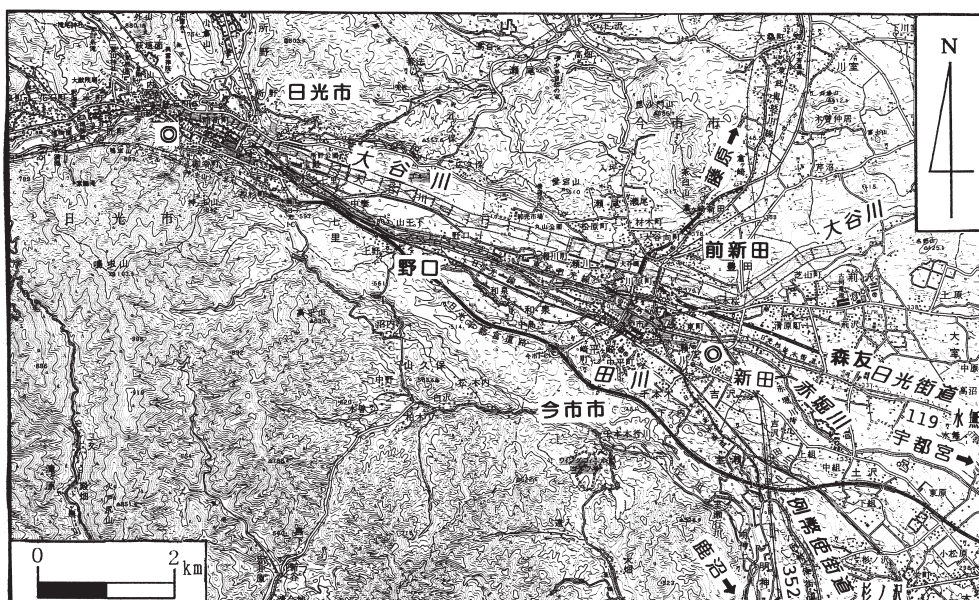
3. 日光市今市の概要

内陸部の谷口に位置する栃木県今市の市街地を中核として包含する範囲を妥当な研究対象地域として選定した（第3図）。この対象地域は宇都宮市の北西方向およそ 30 km に位置し、その標高

は約 300～600 m⁽⁴⁾ の範囲にあり西側ほど高い。この地域の西方には男体山（2,484 m）、日光白根山（2,578 m）などに象徴される日光連山、および足尾山地が聳える。この山間部を集水域として中禅寺湖を経て流下する大谷川が、平地に流れ出た所の扇頂部付近に鳥居前町として知られる日光市や交易商業町の今市市が位置している（現在では両市が合併して人口 9 万人を抱える「日光市」となった）。

調査地域の中心に当たる今市の市街地は、大谷川右岸をほぼ東西方向に走る国道 119 号を挟むような形で JR 今市駅と下今市駅（私鉄）の間に形成されている（第3図）。しかし、大谷川右岸側の狭隘な平坦部と建造物の密集した旧街並みの再開発の困難さから、近年では郊外に住宅地などが進出している。とくにそれは今市市街地の東部や北東部の前新田地区（郊外型大型店舗が立地）で目に付く。日光から今市方向へ東流する大谷川は、今市市街地の北東部で流路を大きく北東方向へ転流させて扇状地面を下刻し、その先で鬼怒川と合流している。

また、前述のように今市は扇頂部に立地し、そ



第3図 日光市今市周辺の概略

国土地理院発行：5万分の1「日光」図幅より作成

の東方に扇状地面が広がっているものの、大谷川の現河床面よりも一段高いこの扇状地面の土地利用開発を意図して、扇状地面を刻む赤堀川、田川、清水川など東流する小河川を活用した灌漑用水路がこの緩傾斜地に張り巡らされている。それゆえ今市市の市街地周辺では、本来、保水性に欠ける扇状地でありながら水田としての土地利用が卓越し、林地や畑地がこれに準じている。

また、この地域の幹線道路には“日光杉並木”として知られる街路樹が保存されており、日中でも杉並木内は鬱蒼とした日陰を呈している。今市の中心部で杉並木を有する 2 つの街道、すなわち、宇都宮から日光に至る日光街道（国道 119 号線）と、鹿沼から今市へ延びる例幣使街道（国道 352 号線）とが合流する。現在でも双方の街道沿いの杉並木は、その一部、ないしかなりの区間を主要国道として利用されている。とりわけ今市東方でその共用区間が長く、この杉並木による路上空間の被覆は、本研究での移動観測値（気温）への影響⁽⁵⁾を伺わせる。

いずれにせよ大谷川の谷口に位置する今市周辺では、高気圧に覆われた静穏晴夜のもとで市街地特有のヒートアイランド現象と同時に、山谷風循環発現の可能性が高い。この点において、本研究の目的にこの地域は適っている。

4. 小気候観測の内容

a. 八王子市の場合

気温の水平観測は基本的に定点と移動点の併用で行なった。定点は第 1 図に示した 12 点とし、自記温度計（太田計器製）を設置した。さらに八王子市役所（AMeDAS・八王子=A 八王子）のデータも併用した。これに対して、移動点の設定では使用する車の運転に支障がない限り、2.5 万分の 1 地形図に一辺 500 m の方眼をかけて求まる各メッシュ内に、1 測点設けるように配慮した。

移動観測の経路は、使用する複数の車の観測に要する時間の統一という点から、いずれの経路でも市街地と郊外の双方を含むように調整し、各移動観測経路の距離を 30~35 km にした。これは

すべての経路に沿う観測が、ほぼ 1 時間前後で終了すること、つまり時速 30~35 km の速度で車の運転をすること（河村：1957、佐橋：1983）を念頭に入れた理由による。結果的に、移動観測は 5 経路設定された。各観測経路とも測定地点数が 70 地点程度であったので、移動観測地点数の総数は 330~340 地点となった（第 1 図参照）。

なお、移動観測の測定値には、予め行なった検定に基づいて器差補正を施した上で時刻補正をした。対象地域には前述のように市街地内外のみならず、地形起伏もあるので補正を施した⁽⁶⁾。上述の手順によって求めた全測点の気温値の相加平均値を各観測毎に算出し、その偏差をもとに気温分布図⁽⁷⁾を作成した。

この気温の移動観測は、本研究の目的を念頭に入れて、春秋の高気圧に覆われた夜間を中心に実施した。最終的には、1983 年 11 月から翌年 11 月までの間に、延べ 14 日間、計 38 回の観測を遂行した。これに加えて、1984 年 11 月から 1985 年 12 月までの間に 6 日間、補足的な観測も行なった。

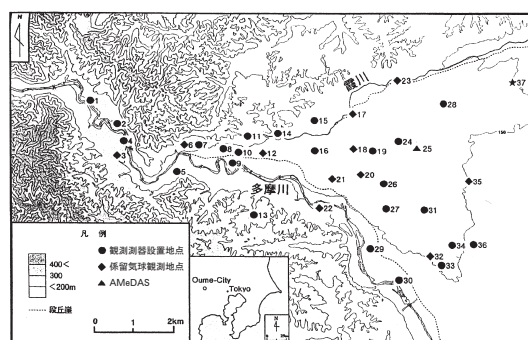
次に鉛直観測の内容について述べる。使用した機器は基本的に簡易のバルーン（トウテックス製）を使用して高度 100 m 前後までの気温（東邦電探製）と微風速計（佐野屋鉄工所製）の観測を遂行した。ただし、風向と高度はバルーン、ならびに係留ロープのなびく方位とその仰角をクリノメーターで計測して求めた。また、市街地中心部での同類の観測においては、TS2A 型気球（米国 AIR 製）を用いて、高度 300 m 付近まで計測を行なった。

さらに建造物を利用した鉛直方向の継続観測を並行して実施した⁽⁸⁾。この観測には熱電対を使用する多測点温度計（江藤電気製）と光電風向・風速計（牧野応用測器製）を併用した。これに該当する観測地点は、八王子市役所、高尾パークハイツ、クレール八王子、NTT 八王子などである（第 1 図参照）。この鉛直観測、とりわけ気球を用いた観測は、1983 年 11 月から 1986 年 12 月の間に、計 6 夜間にわたって実施した。

b. 青梅市の場合

本研究の基礎となる小気候観測は、1993年4月～1996年3月までの4年間にわたって計15回、延べ30日間行なわれた。また、観測対象地域における機器を設置した定点観測地点の分布⁽⁹⁾を第4図に示した。すなわち、現地における気象観測では、八王子の場合と同様に定点観測と移動観測を併用した。

この観測と並行して、長期巻自動記録温・湿度計（太田計器製）を観測地域内の学校に設備されている百葉箱内に設置した。さらに観測域内の複数地点に風のデータロガー（コーナーシステム製）とマイクロアネモ（牧野応用測器製）を据えた。山風の吹送に対してもっとも風上側に位置する市立第六小学校屋上には、多点風向・風速計（牧野応用測器製）を置き、長期にわたってデータを収集した。また、鉛直観測に使用した機器は、



第4図 青梅市周辺の定点観測点の分布

- | | |
|------------------|-------------------|
| 1. 青梅市立第六小学校 | 2. ブリヂストン奥多摩園 |
| 3. 青梅市立第五小学校 | 4. 武居家 |
| 5. 畑中保育園 | 6. 青梅市立青梅第一中学校 |
| 7. 東京都水道局水源管理事務所 | 8. マックコートII青梅 |
| 9. 釜の淵公園 | 10. サイレン青梅 |
| 11. 鉄道公園 | 12. 東京都立農林高等学校 |
| 13. 明星大学青梅キャンパス | 14. 青梅市立第四小学校 |
| 15. 青梅市立吹上小学校 | 16. 青梅消防署 |
| 17. 青梅市立第三小学校 | 18. 青梅市立霞台小学校 |
| 19. 大井戸公園 | 20. わかくさ公園 |
| 21. 青梅市立河辺小学校 | 22. 青梅市立友田小学校 |
| 23. 青梅市立今井小学校 | 24. AMeDAS 青梅の隣接点 |
| 25. AMeDAS 青梅 | 26. 東京都立誠明学園 |
| 27. さかえ児童公園 | 28. 茶畑 |
| 29. 羽村市立羽村西小学校 | 30. 東京都水道局羽村取水堰 |
| 31. ネオフィルター工業 | 32. 羽村市立富士見小学校 |
| 33. 富士見公園 | 34. 羽村市立武蔵野小学校 |
| 35. 瑞穂町立瑞穂第二小学校 | 36. 東京都立羽村高等学校 |
| 37. 埼玉県茶業試験場 | |

基本的に八王子市での観測方法とほぼ同様の内容で実施したゆえ詳細は割愛する。

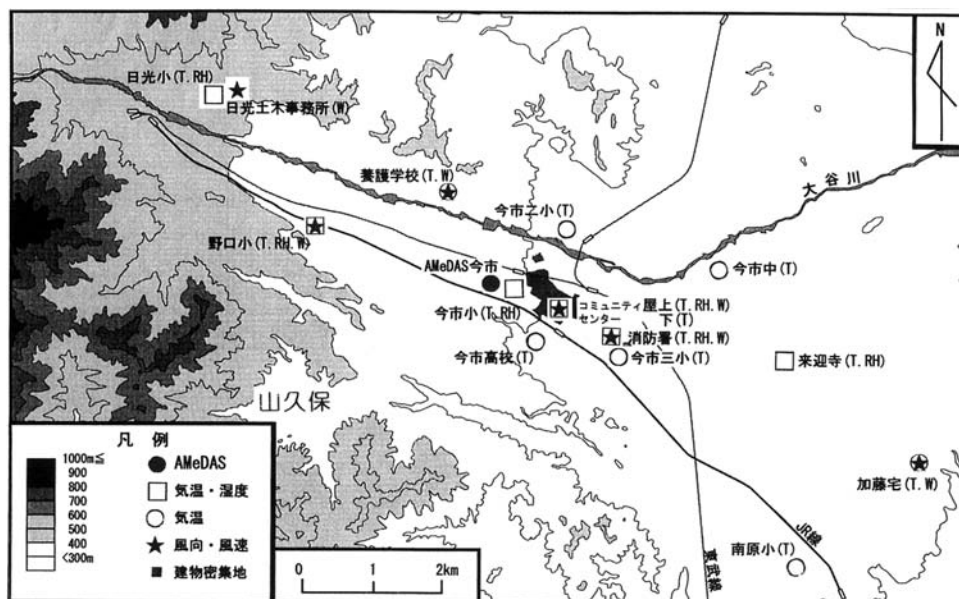
本研究の調査対象地域は比較的狭い領域ゆえ、公共の気象観測地点はそれほど多くない。それでも AMeDAS の青梅（A 青梅＝都畜産試験場内）と小河内ダム（A 小河内）の2地点、および対象地域の西南西に位置する御岳山山頂部（929 m）の都・御岳ビジターセンターの気象値、さらには北東部の台地上の茶畑内に在る埼玉県茶業試験場の測定値などを適宜、活用した。

c. 日光市今市の場合

本研究で採用した現地観測の内容は2つに大別できる。すなわち、その一つは、1999年10月から2000年12月までの期間にわたり気温、湿度と風向・風速の測器を、予め選定した地点（第5図）に設置して連続観測をする方法である。他の一つは、解明を図る現象の発生が期待される気象条件のもとで、有人の現地気象観測を行なう方法である。とくに後者では、大気鉛直的な状況を把握する狙いから係留気球を用いた観測と、平面的な気温分布を捉える狙いから車を使用した移動観測を並行して実施した。その内容は八王子市や青梅市の場合とほぼ同じである。

なお、定点での気温や湿度、および風向・風速の連続観測には、無電源のデータロガー（コーナーシステム製）を用いた⁽¹⁰⁾。

一方、係留気球を用いた鉛直観測においても、青梅市の場合と同様⁽¹¹⁾に実施した。また、今市周辺には本研究に寄与しうる気象観測点が複数展開されているので、それらの資料収集にも努めた。それはまず AMeDAS の資料であり、日光（中禅寺湖畔・中宮祠＝標高1,270 m）、今市、鹿沼、宇都宮の4地点が周辺地点として選出できる。これに加えて、今市市消防本部の気象データや AMeDAS 年報、および印刷天気図を併用した。なお、現地での小気候観測は、1999年10月から2000年12月まで間に、8夜間、計16回（延べ22日間）の移動観測（測点数は120～150点）などを実施した。



第5図 今市周辺地域に設置した測器の位置

測器の計測項目は、T=気温、RH=湿度、W=風向風速を示す。

IV 結果と考察

1. 八王子市での小気候観測の結果

a. 気温の水平分布

都心大手町（気象庁）と八王子（市立第四中学校）の気温を対比してみる（例えば、1978年1～2月のデータ）と、両地点の日最低気温の差は、天気によって日々異なるばかりでなく、晴天日に大きい。つまり放射冷却が促進される冬季の早朝などには、高気圧に覆われる春秋以上に、八王子は都心に比べて低温となりやすい反面、曇・雨天、あるいは強風の際には、双方の気温差が縮小する傾向にある（原嶋：1981）。

このような事実は、八王子の市街地が既述したように地形的に閉塞した、いわば盆地的な所に位置している関係から、静穏晴夜には放射冷却に加え、山風を含む涼涼な大気が周辺から流出して、低所の盆地底に滞留した結果と推察できる。こうして八王子では、盆状地形の低所への冷氣滞留を主とする気温の低下と、市街地での気温上昇とが相殺する状況にあると予想される。

第6図の静穏な早朝の気温偏差分布から、以下の事実が読み取れる。

①. 市街地の中でも、その中核をなす八王子駅（JRと京王線）周辺に偏差+2.0℃以上の地域が現れ、それを包含して高温域が発現している。

②. +1.0℃以上の地域は、東西に伸びる国道20号に沿って点在しているか、台地（日野台）や丘陵地（加住南丘陵のみつい台など）上の宅地化が進んでいる所に出現している。

③. 山田川以南では、ほぼ東西に伸びる負偏差域が現れ、とくに湯殿川の流路沿いに顕著な低温域が現出している。

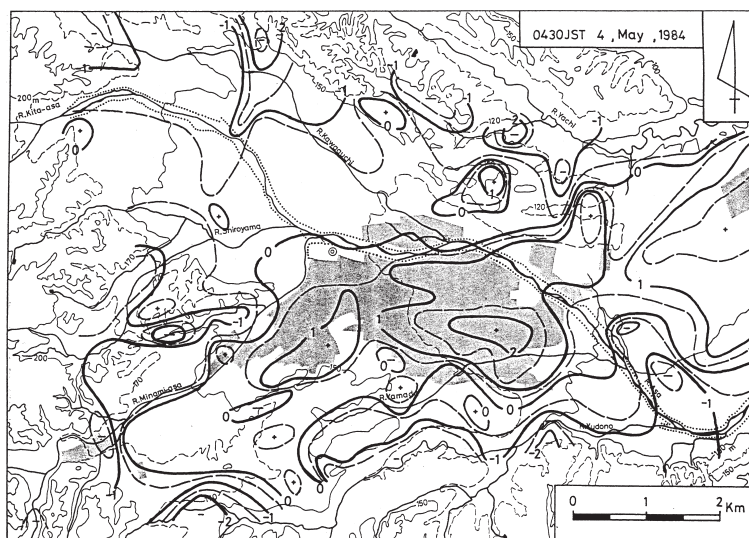
④. 局所的な負偏差域は、東端の浅川下流の西平山（日野市）、谷地川、城山川上流、および船田丘陵を刻む南浅川支流の低地（長房町）などに認められる。

⑤. 川口川上流に認められる -2.0°C を核とする負偏差域は、加住南丘陵の谷間から南方に舌状に張り出していることから、低温気塊の流出と考えられる。さらにこの冷氣は川口川の河谷に沿って市街地方向へ流下していることを、等値線の走行から判別できる。

これら正負の偏差域を、市街地、道路、造成住宅地、河谷などと対応させて注視すると、全体的に南東方向に変位している。これは A 八王子の風向などから推定して、地形的大勢に支配されて浅川沿いに吹送する山風に因り、風下側に市街地の大気が押し流された姿を物語っている。実際、気温分布の推移を日没後から時系列的に追跡すると、川口川や北浅川に沿って負偏差域が舌状に南東方向に進出している。これは八王子のヒートアイランド現象を考察する上で重要な点である。

一方、曇天下での気温分布（図略）には、晴天時のように気温の地域差が明瞭に現出せず、加えて市街地内外の気温差（＝ヒートアイランド強度）が小さい。

ここで対象地域における高・低温域出現の地域性を客観視するため、全観測事例計 38 回の気温偏差分布図から $\pm 1.0^{\circ}\text{C}$ の等値線のみ抽出して集積した（第 7 図）。この図から高・低温域の地域的棲み分けが明確に把握できる。とくに正偏差域は市街地中心の国道 20 号に沿って日野台地に至るまで伸び、それを包含する $+1.0^{\circ}\text{C}$ の閉曲線は、市街地中心のやや南東方向に現れている。逆に負偏差域の発現域も、第 6 図でのそれと一致している。とりわけ川口川に沿う舌状の低温域、南浅川支流の船田丘陵を刻む谷（長房町団地北接の谷）での局地的低温域、あるいは浅川下流の西平山の低温域などが特異である。このように小河谷に沿って低温域が形成されるのは、放射冷却や冷氣滞留の影響を被りやすい現れと理解できる。この点を傍証する意図から、八王子市を南北方向に横切って実施した移動観測の結果（図略）に、上記の内容が如実に現出しており、河谷の低所で低温、丘陵の高所で高温を各々示している。



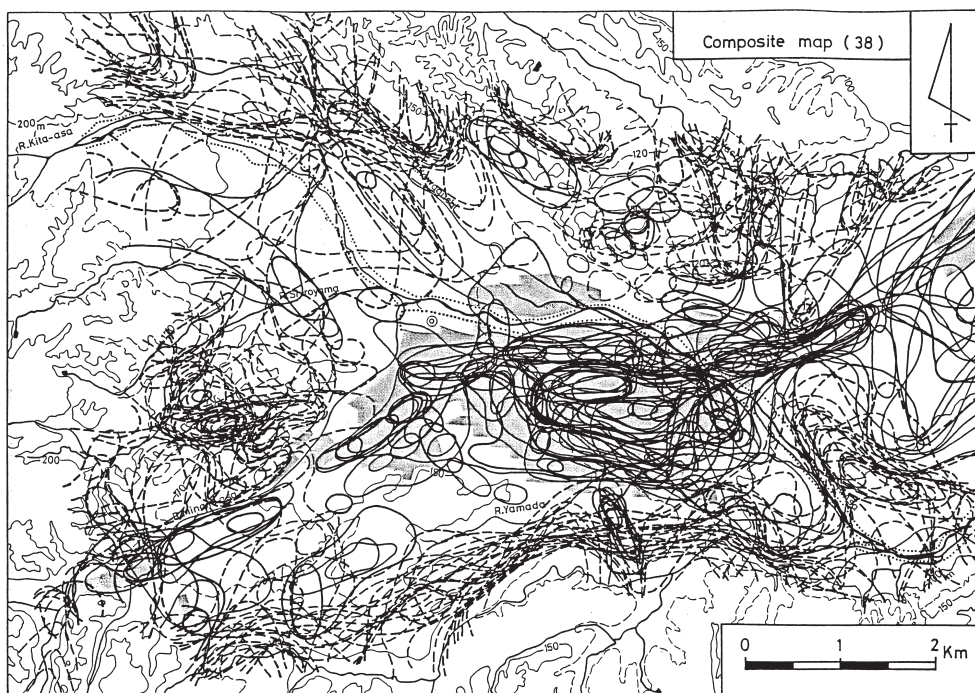
第 6 図 八王子周辺における気温偏差の平面分布（単位： $^{\circ}\text{C}$ ）

1983 年 11 月 21 日 21 時 45 分の状況（雲量：0，全測点の平均： 6.5°C ，標準偏差： ± 1.06 ）なお、図中の実線は 1.0°C 毎、鎖線は 0.5°C 毎に記入している。

全観測例をもとにして相加平均で求めた八王子市街地内外の気温差、つまりヒートアイランド強度は約 2.0°C 程度に留まる。個々の事例における局地的な低温域との最大気温差を加味しても $3.0\sim 4.0^{\circ}\text{C}$ 程である。これは八王子市の人口規模から、福岡（1980）や Oke（1973）の指摘結果に内挿して求まる値よりも小さい。また、榊原ほか（2003）に準拠すれば、八王子規模の都市ではその強度が 6°C と見積もられる。よって都市の人口規模から算定されるヒートアイランド強度を、八王子の場合は下回っている。この背景として、西の関東山地方向から流れ下る北浅川や川口川などに沿う形で、夜間に吹送する北西系の山風によって、さらには盆地状の地形起伏に支配された冷涼な大気の滞留が、市街地の気温上昇を抑制した姿と受容できる。

b. 建造物利用の鉛直的観測の結果

市街地の北西縁辺部に当る A 八王子（第 1 図 A）を利用して、高度別の気温と風向・風速の観測をした（1984 年 5 月）。また、市街地の南東方向に位置する NTT 八王子（第 1 図 G）で同様の観測を実施した（1983 年 11 月）。双方の地点で



第 7 図 38 事例の気温偏差分布図から抽出した偏差+1.0°C (実線) と -1.0°C (鎖線) の等値線集積図

の観測日時は異なるものの、ともに気圧傾度が緩く、雲量が 3 以下の好天であった。

これらの観測値をもとに気温と風向・風速の時間的な変化に注目した。それに拠れば、日中に比べて夜間の風速がやや弱い。なお、風向は浅川の流路方向に平行だが、昼夜で正反対を呈する。また、夜間の地表付近では上方の風速に関わらず周期的に 1.0 m/s 弱の浅川上流側からの風が吹いている。

一方、気温では高さ 10~20 m を上限とする接地逆転が 21 時頃から形成され、早朝に向かってその逆転度が強まる。そこで高度別に 5 分毎の風速と気温の変化量を求め、この接地逆転層の上端を挟んだ上下間の気層で、お互いの変化傾向の類似性を相関係数で比較した。その結果、風速では両気層で 0.3 以下、気温においては 0.5 の値が得られた。これに対して、逆転層よりも上方の複数の測器間の同様な相関係数は、風速で 0.6~0.7、気温で 0.7 という値が各々求められた。加えて、A 八王子で東寄りの風、すなわち、市街地方向

からの弱風吹送の際には、上部の複数の地点間の相関係数は、0.73~0.81 と強い正相関を示す反面、上下間のそれは -0.1~-0.2 と負相関をなしている。このような相互の関係は、接地逆転層の上限をある種の境界とする、上下の大気の異質性を示唆している。

そこで上記の鉛直的な境界付近の高度に相当する高さ 18.5 m で得られた夜間の測定値をもとに、5 分毎の風向とその間の風速、ならびに気温の変化との関連を第 8 図左 (A 八王子) に示した。この図から風向は北西系と南東系とに大別され、北西系の気温低下時にその風速がやや強まること、また、南東系の場合には昇温傾向にあり、0.5 m/s 以下の弱風を呈しやすいことなどが識別される。この事柄は市街地の北西縁辺部に在り、浅川の河畔に面する A 八王子の位置から鑑みて、浅川上流方向から山風相当の大気が低層に、かつ間欠的に吹送する際に気温が降下している事を意味する。また、この吹送が相対的に弱まった際に、南東方向の市街地を覆う大気の支配下に入り、気

温の上昇が生ずることをも教示している。

ならば、北西からの山風方向に対して市街地との位置関係が逆になる浅川下流（測点 G：NTT 八王子）では、上の A 八王子の場合とは逆の傾向を示すと想定される。第 8 図右は、1983 年 11 月下旬に測点 G で観測した結果をもとに、同じ処理を施したものである。ただし、測定高度は、建物の都合上 12.0 m である。この図の結果、確かに気温の上昇は、風上に位置する市街地方向からの風、つまり北西系の風向のもとで生じやすく、その風速も大きい。また、東寄りの風の出現頻度は少ないながら、その吹送時には気温の降下が見られやすい。しかし、同じ北西系の風向において気温の降下も生じている。この点は山風の冷涼な大気がさほど昇温することなく、浅川に沿って市街地を貫流した場合のみに発現する姿なのか否か、この結果だけでは即断できない。それにしても、北西系の風向下における気温上昇の事実が重要な点であり、これまで言及した内容と矛盾しない。

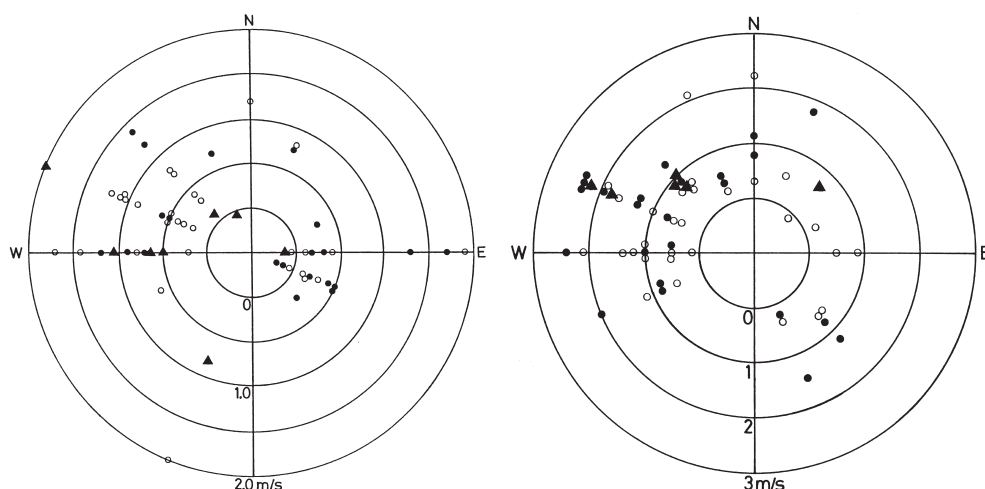
c. ゾンデ利用の鉛直的観測の結果

測器の都合上、気球を利用した複数地点におけ

る同時観測の遂行は不能であった。かくして、地点間の対比には似通った天候のもとで個別に遂行した観測結果の相互比較が可能な術となる。そこで市街地に相当する市立第三小（第 1 図中・D）での複数回の観測のうち、1983 年 11 月の夜半後の状態を第 9 図上に、同様に市街地の南東方向の郊外に該当する日野市立平山小（第 1 図中・F）でのそれ（1986 年 12 月の例）と同様な様子を第 9 図下に各々提示した。

まず地点 D の結果を見ると、夜間晴天で終始した日には、21 時頃から気温の逆転を示す安定層の形成が始動し、その上端は 120～130 m に現れる。その後、時間経過とともにその上限高度が 80～90 m 前後にまで漸減するが、その一方で逆転強度は増大して 2.0～3.0℃に達する。この時の風の状況に注目すると、安定層形成前の南～南東寄りの風（相模湾方向からの海風と推測される）が、21 時頃から安定層内では 2.0 m/s 以下の北西系の風（浅川上流方向に一致）に、かつその安定層以上の気層では北寄りで 2.0～6.0 m/s の風に、それぞれ変転している。

このように日没後、風向の交替に数時間要した後、河谷に沿っておよそ 120～130 m 以下の気層



第 8 図 八王子市街地の北西側（左）と南東側（右）における 5 分毎の風向風速と気温変化との対応

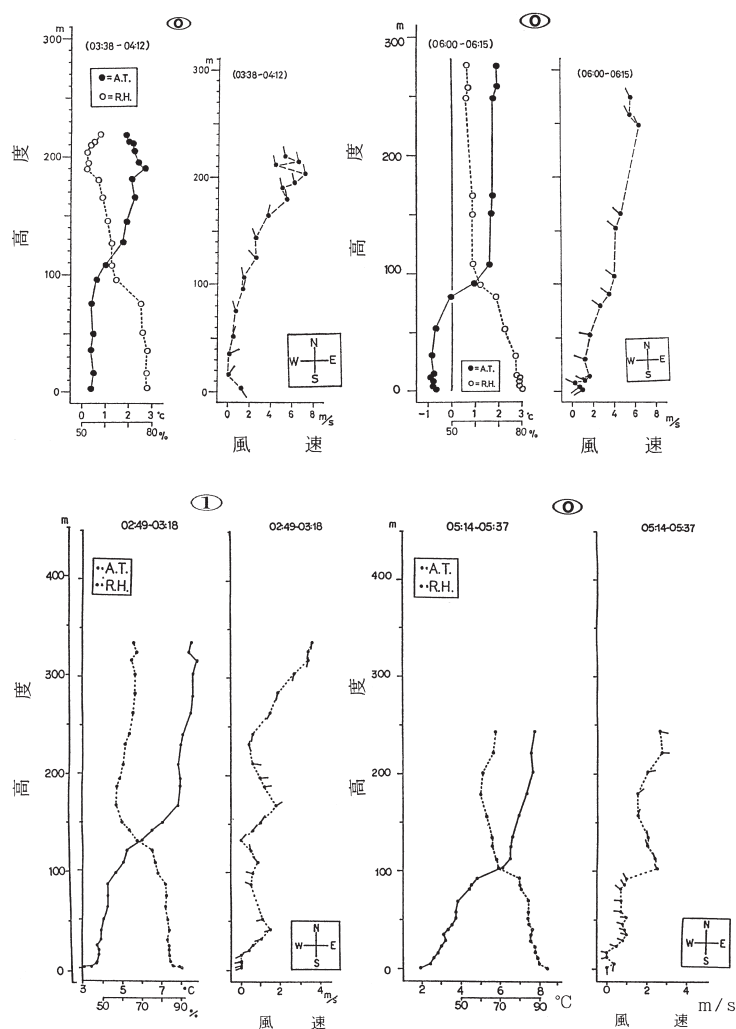
左図：八王子市役所（地点 A）の高度 18.5 m における場合（1984 年 5 月 3～4 日、雲量 3）

右図：NTT 八王子（地点 G）の高度 12.0 m における場合（1983 年 11 月 27～28 日、雲量 3）

なお、図中の黒丸は気温上昇、白丸は気温下降、黒三角は気温不変を各々示している。

に流れ込む低温な山風、およびそれ以上の高度で広域のスケールに規定されて吹く北～北西寄りのやや強い陸風という鉛直構造が描画される。ところで、一般的に夜間の放射冷却に伴って形成される接地逆転層、すなわち、温度的に安定な気層は、日の出直前に向けて徐々に厚くなり、日の出後は地表面付近の大気から昇温してその逆転を解消していくと考えられる。しかし、市立第三小（地点

D）では地表面付近の気温が早朝に向かって次第に低下していくものの、逆転層の上限高度は上述のように必ずしも増大しない。やはりこれは逆転層上限を挟む気層での風速の相違から、気層間で乱流による熱交換が促進され、着実に昇温しつつ風速も増大した現れと解釈が可能と思われる。因みに、曇天の下ではこのような接地逆転層の出現は認められない上に、夜間に雲量が急変した際に



第 9 図 静穏晴夜における気温（黒丸・実線）、湿度（白丸・点線）、および風向・風速の鉛直分布
（ただし、図上方の丸印内の数字は雲量を示す）

上図：八王子市立第三小（地点D）（左：1983年11月27日 3時38分～4時12分）
（右： ” 6時00分～6時15分）
下図：日野市立平山小（地点F）（左：1986年12月7日 2時49分～3時18分）
（右： ” 5時14分～5時37分）

は、それに呼応して逆転層の発生・強化、ないしは逆の消滅・弱화가判然とする。

これに対して、南東の郊外の地点 F の観測結果は、夜間の雲量減少とともに逆転層の形成が顕著に進行し、夜半に逆転層の上端高度が 150～200 m で、その逆転強度 4.0～5.0℃であったものが、早朝には高度 100～120 m 程で、同強度 5.0～6.0℃へと変化している。さらに平山小（地点 F）では、低層の逆転層内で定常的な西風となり、1.0 m/s 以下の弱風時に地表付近の気温低下が顕著なものに加え、逆転層の上限付近で風速が 3.0 m/s 程度の極大を示している。その上端から上方での風向は順転しつつ北寄りに転じている。

この地点 F（平山小）付近での弱風時の逆転強度の増大が特異なので、第 1 図中の定点 6（標高 85 m）と同 7（同 180 m）との気温差を図示した（第 10 図）。夜半以後の雲量の減少に应答して、気温の逆転が強化される様子と逆転の度合いの周期性が伺われる。気温の水平分布でも触れた西平山地区の低温は、この地点が日野台地と多摩丘陵との間の低所・滞留域であることに起因し、弱風時に接地層大気の放射冷却が進行しやすい現れと推測できる。また、浅川上流方向からの、換言すれば八王子市街地上を吹送ってくる相対的に高温な大気の、かつそれが山風とともに上方に拡散し

つつ、ある周期で流下してくる（既述）のであれば、その影響を被る西平山付近の大気は、接地層の放射冷却と北西からの相対的な暖気の流入との併合を通して、接地逆転層の鉛直方向への拡大とその強度が増して、気温変化にも周期性を伴うことになる。

かくて、同じ浅川上流からの山風であっても、市街地を挟んでその地点の位置が風上側か風下側かによって、あるいはその地点の地被状態や地理的条件に連動する静穏時の放射冷却の進展に左右されて、山風の吹送がその地点にとって相対的に冷氣となるか暖気となるかが規定される。この事実、先に市役所庁舎（地点 A）や NTT 八王子（地点 G）での観測値を根拠に言及した内容と調和的である。

以上に述べた内容と気温の接地逆転高度が浅川の上流側に比べて下流側で高く、しかもその強度が増大することなどから、八王子のヒートアイランドの構造は、山風との絡みを強く意識させる。このような構造は、その一部において Clarke et al. (1970) などのモデルと共通している。

2. 青梅市での小気候観測の結果

a. 気温の水平分布

気温の分布内容を相互に比較することを前提として、偏差分布を作成した。

第 11 図上は、1993 年 11 月の移動性高気圧に覆われて晴天となった早朝の事例である。雲量の少なさを反映して放射冷却進行の度合いがこの分布図からも伺える。すなわち、地点間の気温差が大きく、それゆえに、各地点の気温値から算出した標準偏差（±1.69）が曇天時に比べて大きい。便宜的に、市街地内外の気温差をもってヒートアイランド強度に置換すれば、その値は 4～7℃に達する。図中の河辺



第 10 図 気温の鉛直的な差とその時間変化（1986 年 12 月 6～7 日、雲量 0）

気温差＝定点 6（日野市立滝合小：標高 85 m）－定点 7（長沼：標高 180 m）

駅付近から JR 青梅線に沿って南東方向に伸びる高温域が顕著である一方、北東部の霞川沿いの低所は低温域を呈する。さらに西方の市立第五小方面の多摩川の谷間も局地的に低温を示している。加えて多摩川右岸の吉野街道（通称）に沿った地域でも、局所的に低温となる地域が複数検出され、その原因に関心が及ぶ。そこでそれらの局地的な低温域と地形図とを対照すると、いずれも右岸の丘陵地から多摩川に合流する小谷の地域に該当し、これらの小谷からの低温な大気の流下、ないし大気の滞留に伴う狭い区域での低温と認識された。

総じて東～南東方向へ拡がる高温域は、多摩川上流から流下する山風相当の西風に流されて風下側へ変位した姿なのか、工業団地群が熱源となった現れなのか、この段階では即断できない。しかし、同じ台地上でも北東方向の茶畑では、やはり相対的に低温域を形成しているゆえに、地表被覆の相違が一つの原因と判断できる。

そこで観測範囲を拡大して実施した結果の例を第 11 図下に示した（1996 年 2 月早朝）。この日は冬型の気圧配置が緩み、早朝の冷え込みが厳しかった。日没時に西の多摩川河谷ではいち早く気温の低下が始動している反面、市街地ではまだその状況に至っていない。その後、時間推移に伴って市街地の高温と郊外の低温という対照性が鮮明になり、相互の気温差（標準偏差： ± 1.14 ）が歴然としてきた。図示した早朝にはこの棲み分けが明瞭となった。つまり西方の多摩川本流の河谷や、北側の霞川沿いの低地や北東の茶畑で負偏差となる一方、JR 青梅線に沿った形で、河辺から小作、それに工業団地へと伸びる正偏差域が把握できる。これは東青梅付近を核とする主要市街地の地理的位置から見て、高温域が東～南東側に変位した様子を示す。なお、狩野・三上（前掲）に拠れば、日中の高温域は谷口に相当する東青梅付近に出現している。

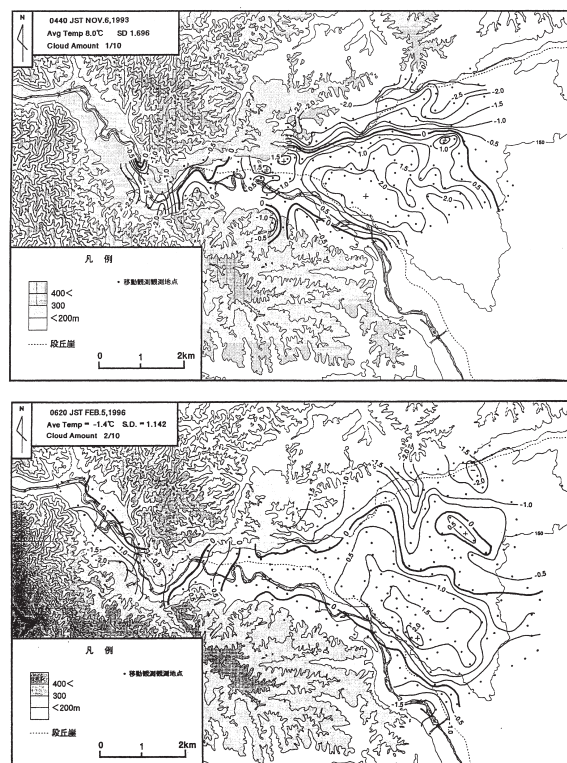
しかし、曇天の下では、気温分布の地域

差が消失し（図略）、地点間の標準偏差も ± 0.30 と縮小している。わずかに東青梅～河辺付近を中心として $+0.5$ の等偏差線が描画されるに留まる。

以上の気温の水平分布において、市街地に対応した高温域を示す基本的な形が、いささか位置的に東～南東方向にずれる点に注意を要する。この対象地域の気温の水平分布を規定している主たる因子は、大縮尺を用いて算出した地表面粗度（ラフネス）以上に、不透水域面積の大小に在ると言及できた（佐藤：1997）。

観測実施の季節を変えつつ、計 60 回ほどの移動観測の結果を集約すれば、次のような諸点を指摘できる。

- ①. 気温分布は極めて敏感に雲量の変化に反応している。つまりそれは晴天の下では市街地と郊外の気温差が拡大する、換言すれば、ヒー



第 11 図 青梅市周辺における気温偏差の平面分布（単位：℃）

上図：1993年11月6日 4時40分の偏差分布
（雲量：1，全測点の平均： $+8.0^{\circ}\text{C}$ ，標準偏差： ± 1.69 ）

下図：1996年2月5日 6時20分の偏差分布
（雲量：2，全測点の平均： -1.4°C ，標準偏差： ± 1.14 ）

トアイランド強度が増す傾向を示す一方で、曇天時にはその差が縮小する方向に転ずる。

- ②. 晴天時には、地形的に多摩川の谷口で、かつ扇状地の扇頂部に近い東青梅や河辺付近から JR 青梅線に沿った南東方向へ伸長する高温域が顕在化する。これはこの地域の市街地に該当し、さらに青梅～羽村の両市にまたがる工業団地域にも対応している。
- ③. 一方、低温域は対象地域の西方に該当する多摩川本流の河谷部や北東台地上の茶畑を主とする畑地、さらには北側の霞川の低地に沿う地域にほぼ一致している。とりわけ西の河谷部では、小谷が右岸から多摩川に合流する付近で、冷気の流出、ないし滞留に起因すると考えられる局所的な低温域の出現が顕著である。
- ④. 晴天時の市街地内外の気温差は、日没直後、ならびに日の出前に明瞭である。しかし、夜半前後にその差がいささか鈍化する傾向を示す。これに対して、日中の最高気温発現時などには、両者の差はそれほど小さくなく、等温線の走り方が極めて複雑な様相を呈する。なお、晴天時の夜間の風向きは、予測されたように、西を中心とする山風相当の風が吹送している。
- ⑤. 季節的に見れば、春・秋季の移動性高気圧に覆われた際や冬季の冷え込みが進行した時

に、ヒートアイランド現象が明確化し、かつその強度も拡大する。

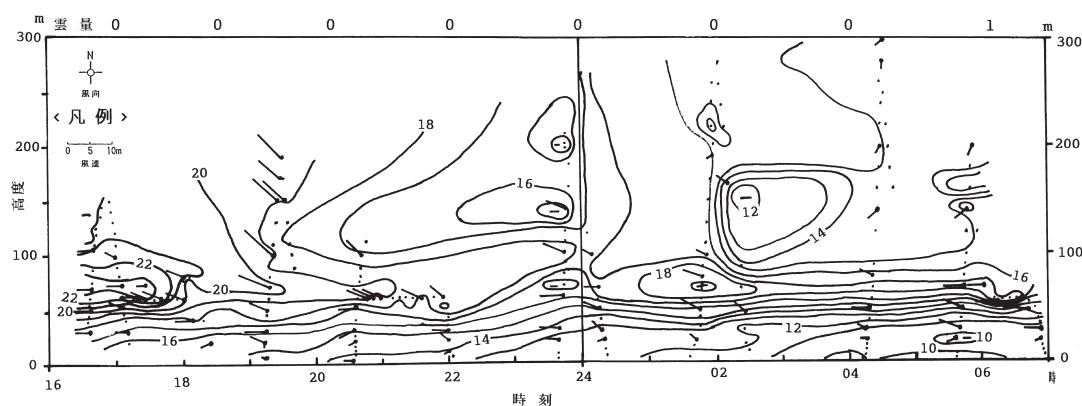
b. 市街地の大気の鉛直構造

青梅市を中心とする谷口の市街地に形成されるヒートアイランド現象が、西方から多摩川の谷に沿って夜間に吹送する、いわゆる、「山風」によって、どのような影響を被るのかについて掌握するため、気温と風の鉛直観測を実施した。

静穏晴夜には、山谷風の局地循環として吹送する山風は低温で重くなった大気の流出であり、それゆえに低温で重いその大気が市街地の相対的に暖かい大気を押し上げて、それを風下側へ押し流すであろうと想定できる。

だが、その一方で山風は吹き下りてくる過程で高度を下げて断熱的に昇温し、結果的に市街地の大气よりも相対的に高温となるか、もしくは市街地の建造物による地表面粗度の大小も手伝って、山風が市街地の接地気層の上方、ないし等温層に流入する形になるとも考えられる。

吹送する山風に平行する形で、気球を用いた鉛直観測点をその都度、西から東へと適宜、配置した。第 12 図に都立農林高校（第 4 図中の地点番号 12）での気球を用いた終夜観測の結果を示した。この夜間には、雲量が日没から日の出まで終始 0～1 で推移して好天であった。風上の多摩川河谷に在る市立第五小の気温よりも当然ながら多



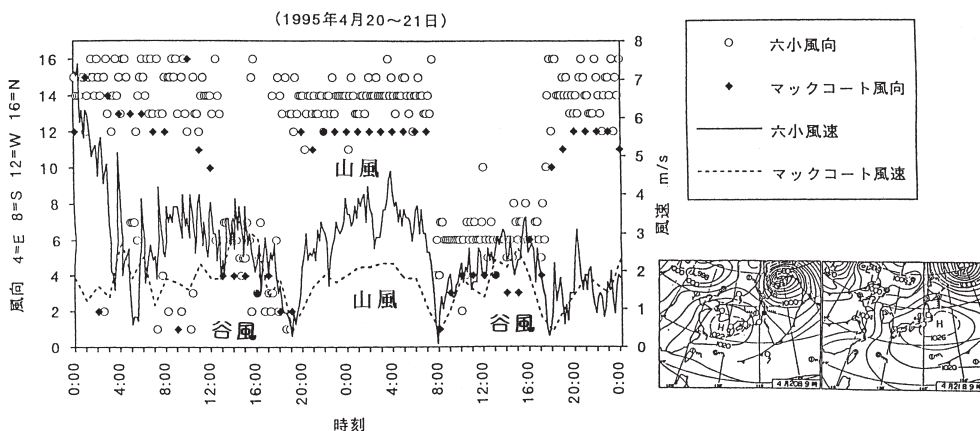
第 12 図 都立農林高校（第 4 図中の地点 12）における気温と風の鉛直分布
(1993 年 11 月 5～6 日)

少高め（ 2°C 程度）である。16時過ぎには既に気温の接地逆転が生じており、翌朝までその逆転層の上限はほぼ一定であった。その高度は地上から60～70 mの高さである。この逆転層内はほぼ無風に近い状態であるが、その気層の上限付近では西寄りの風が定常的に日の出まで継続して吹いている。さらにその上空（150 m よりも上方）になると、やや北寄りに風向が転じた風の出現が認められるけれども、夜半過ぎには弱化している。地面付近の気温は、早朝には 10°C 以下となり、やはり市立第五小の値より 2°C 高く、かつ逆転層上限の値とは 7°C 前後の差となって、逆転強度が拡大した。また、東側の市街地に位置する若草公園（第4図中の地点番号20）での観測結果も、概ね同様の傾向を示して逆転層の上限も70 m 前後と一致している。

青梅の谷口における山谷風の局地循環を連続的に捉えるために、市立第六小（第4図中の地点番号1）と青梅駅南口のマンション（第4図中の地点番号8）のそれぞれ屋上⁽¹²⁾に機器を設置して風を連続観測した。好天時の風の結果を第13図に示した。山風相当の風向は各々の位置する谷の方位に支配されており、市立第六小では北寄りの、地点番号8では西寄りとなっている。日中の谷風も双方で多少差が見られる。山風の風速では風上側の市立第六小で強く、機器設置高度の高い、地

点番号8のそれが弱い。8時と20時前後が山谷風の交替時刻と識別でき、当然ながらこの時刻を介在して風向が変化している。複数回の鉛直観測の結果から得られた内容は、次のように要約される。

- ①. 静穏・晴夜の下では、市街地内外ともに接地逆転層が形成され、その上限高度は郊外よりも市街地でやや高い。また、鉛直的な逆転強度は逆に郊外で大きい傾向にある。
- ②. 接地逆転層の形成は極めて敏感に雲量の変化に反応し、曇天時には当然のことながら逆転強度が弱化するか、等温層の生成に留まる。
- ③. 逆転層の上限付近では、山風と推測される西寄りの風の吹送が明瞭であるけれども、逆転層の形成がこの山風の進入高度を左右しているのか、あるいは山風の吹送が逆転層の上限を規定しているのか、その判別は難しい。
- ④. 逆転層内の大気の動きは小さく、とくに市街地では無風に近い状態を示す。そのため市街地内でも裸地などを核に放射冷却の進行が局所的に起こりえる。
- ⑤. 逆転層よりもさらに上方では、西寄りの風が徐々に北寄りのそれへ転ずることから、より広域的な大気の循環場を想定する必要がある。察するに、相模湾方向と関東平野内陸部との海陸風の循環が発現しているものと推察



第13図 青梅市立第六小（第4図中の地点番号1）とマックコート（同8）の屋上における風向・風速の日変化
(1995年4月20～21日)

できる。

- ⑥. 家屋密度などの値が小さいにも拘らず、東方の瑞穂第二小学校上空などで、市街地上空よりも気温が高い事実は、西寄りの「山風」相当の大气によって、市街地上の相対的に高温な大气が風下側の東方へ流された姿と解釈できる。この点は青梅市新町から A 青梅（都畜産試験場）にかけての高温域が、不透水域面積や地表面粗度の大小と不一致な事実への説明とも整合する。
- ⑦. 市街地に形成される、いわゆる、ヒートドーム的な高温層の形成は識別できたものの、西寄りの風がそれを破壊するまでには至らない。そこには市街地内の建造物の凹凸に起因する地表面粗度との関係が伺われる。
- ⑧. 夜間に青梅の谷口付近が、それほど高温にならない点を加味すれば、この谷口付近には、山風相当の低温な大气が進入し、市街地大气との攪拌・混合を促していると思われる。事実、狩野・三上（前掲）に拠れば、山風の吹送によって谷口とその東方の風下側との気温差は拡大し、山風は、谷口付近の市街地大气に対してヒートアイランドに伴う昇温を抑制していると言及している。

c. 広域循環場との対照

静穏晴夜、対象地域に形成される逆転層の上限付近を吹送する西寄りの風、およびその上方に出現する北寄りの風の存在に対して、若干の追究を試みた。つまり移動性高気圧に覆われた際（1994年11月11～12日）の広域場（南関東）の風の分布を吟味した（図略）。

それに依拠すれば、日没とともに各地点の風向がランダムとなり、青梅周辺は無風になっている。これが21時頃になって、A 青梅では多摩川の河谷の方向に支配された西寄りの風の吹送が始動している。もっとも A 青梅は、青梅市街地の中心からやや東方の都畜産試験場内に位置している。しかし、この時刻以降、朝方までここでは山風相当の西風を卓越している。

第13図に掲げた市立第六小での多摩川河谷に沿う山風吹送の始動時刻や上述した日没前後の風向の変化を考慮すれば、青梅付近の地上の西風は、広域場の風とは別個の動きを呈している。しかもこの西寄りの風は夜間に徐々に強まり、早朝には4.0 m/s 前後に達している。この朝方の風速の増大は、広域的な陸風との併合に因る相乗効果かも知れない。つまり日没直後には極めて局地的な循環によって始動した山風が、次第に広域的な循環と収斂する姿の現れとも言える。

かくして、この青梅周辺で日没前後から接地逆転層の上限付近を吹送する西寄りの風は、この地域固有の風、すなわち、「山風」と解釈でき、しかも、その西寄りの風の流入高度よりもさらに上方に現れる北西～北寄りの風は、関東平野内陸部と相模湾との間で生起する、より広域の海陸風循環に伴う大气の動きと理解すべきであろう。

このような点を踏まえ、静穏晴夜には谷口の青梅周辺での大气の鉛直構造は、3つの階層構造を成すと考えられる。つまりそれは地表に接する逆転層の大气であり、その上層に西から吹送・流入してくる固有の「山風」相当の風、さらにその上方には、広域的な海陸風の循環と想定される北寄りの大气が各々階層的に存在する3層である。

3. 日光市今市での小気候観測の結果

a. 気温の水平分布

第14図に示したのは、ともに高気圧に覆われて雲量が0～1の事例である。第14図上の早朝の気温分布を見ると、正の偏差域は今市市街地から東～南東へ伸びている。それとともに大谷川左岸の前新田地区も同様に正偏差を呈している。これに対して、負の偏差域は市街地南西側の家屋密度が疎の田川に沿った地域に現出している。これには晴夜である点から、放射冷却に伴う河川流路沿いの低地に冷気が滞留した結果と伺われる。その点から今市郊外の田畑地帯である東～南東方向で正偏差となる事実に留意したい。

つぎに第14図下に示した日時の違う21時前後のこの図においても、やはり今市市街地の南西側

の負偏差, および大谷川左岸の前新田地区や市街地から南東側に広がる正偏差域の対照性は識別できる。この日の夜半過ぎになってもこの気温の棲み分けは不変である。南西側の低温域の発現は, 他の事例でも共通して認められ, その点で定常的であるが, これには先述の背景に加え, 南西側の山地には山久保地区から連なる谷地形が存在し, 静穏晴夜にはこの谷沿いに低温な大気の流出が想定される。また, 大谷川左岸の前新田地区の正偏差の原因として, 既述のように郊外型大型店舗の立地とそれに伴う人為的影響の現れが挙げられる。

山風の吹送方向を根拠に思慮すれば, 今市市街地の風上側郊外の市立野口小で負偏差を示す反面, 風下に当たる南東方向の郊外では正偏差を呈する。しかも, このような気温分布には一定性が伺われる。

西側の負偏差域の拡がりを補強する狙いから, 日光市街地まで観測域を拡大した結果 (図略) に拠ると, 風上 (日光市街地) では負偏差の度合いが -1.5°C とより大きい。その一方, 今市市街地から東方にかけての地域でやはり正偏差となっている。西寄りの山風の吹送を考慮すれば, この正偏差域の東～南東側への変位は, 山風によって相対的な暖気が風下側へ流された姿とこの段階では想定できる。

以上から, 今市市街地から東～南東方向への高温域の伸長と, 市街地北西部や南西側の田川沿いの低温などが共通した気温偏差の地域性として言及できる。この東～南東側への正偏差域の拡がりは扇形に近似している。まさに冒頭に触れた今市の立地している扇状地の地形に似通った様相を見せているので, 実際の風の吹送状況と対比した。第 15 図に西方の扇頂部に位置する日光土木事務所 (第 5 図参照) から東の加藤宅まで, ほぼ東西方向に配列する 5 地点において, 好天時の風向・風速の経時変化を図示した。この図から次の点が理解できる。

①. 風向の急転から山谷風の局地循環が

明瞭である。

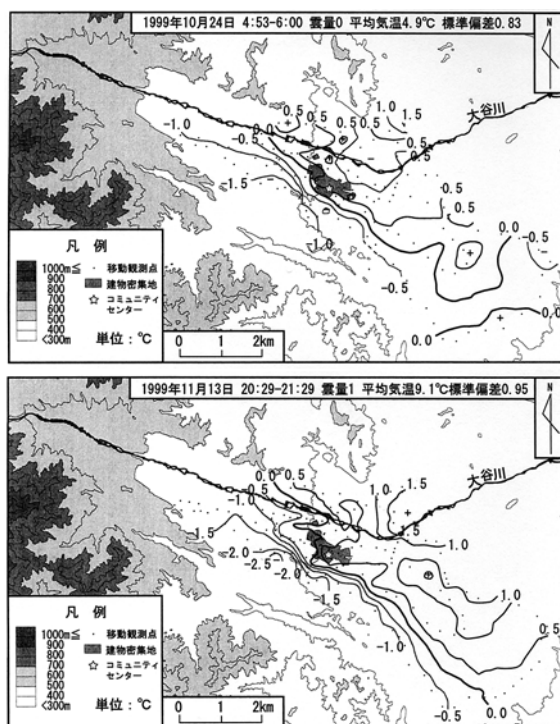
②. 谷風相当の東寄りの風の吹送する時間が山風のそれに比較して短い。これは対象地域が地理的に内陸に位置する現れと解釈できる。

③. 東の地点 (加藤宅) では昼間の谷風相当の風速が, 山風のそれよりも強い傾向にある一方, 山麓に近い西方の地点 (日光土木事務所) では山風の風速が大きい。

④. 風向の分散は東側 (加藤宅) ほど大きく, 西側 (日光土木事務所) ほどその分散が小さい。この結果から, 今市市街地の大気は風下側へ向うにつれて水平方向に拡散している。

⑤. 風速の変化は, 地表面粗度を反映して市街地の中央公民館 (コミセン) で大きい。

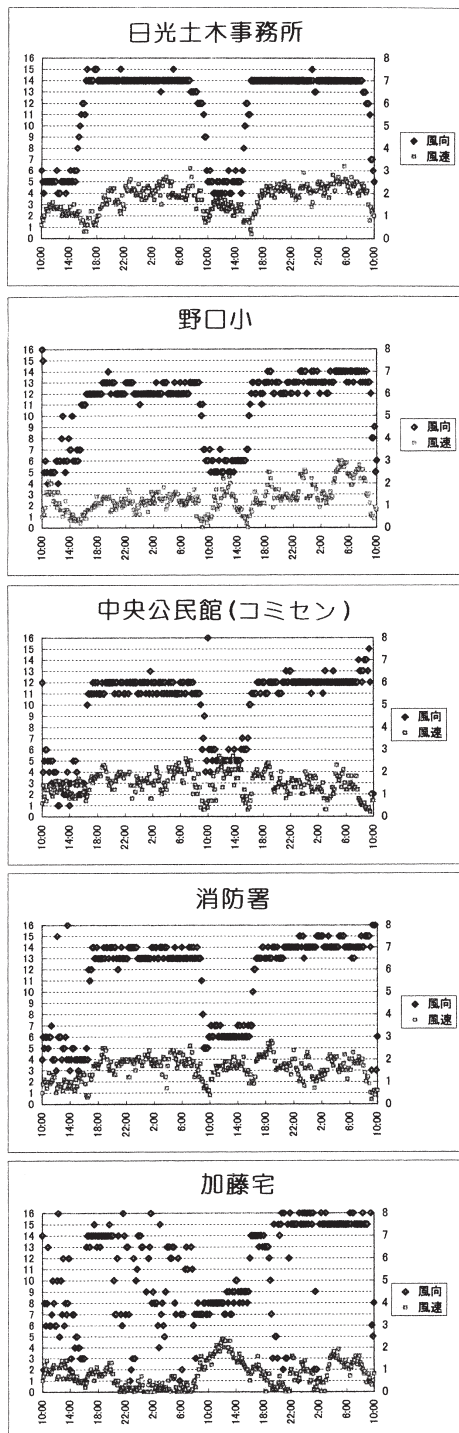
よって上記④を念頭に入れば, 今市市街地上の大気が西からの山風に流されて, 東方へ扇形に拡がることは, 気温分布との対応から整合的と言



第 14 図 今市周辺における気温偏差の平面分布 (単位: $^{\circ}\text{C}$)

上図: 1999 年 10 月 24 日 (4 時 53 分～6 時 00 分) の偏差分布
(雲量: 0, 全測点の平均: 4.9°C , 標準偏差: ± 0.83)

下図: 1999 年 11 月 13 日 (20 時 29 分～21 時 29 分) の偏差分布
(雲量: 1, 全測点の平均: 9.1°C , 標準偏差: ± 0.95)



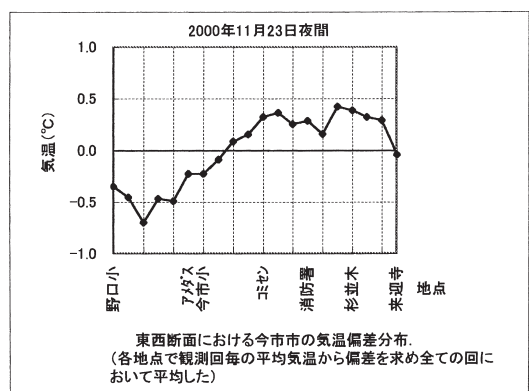
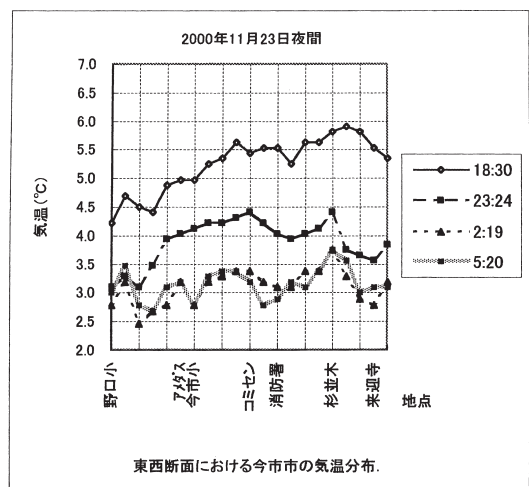
第15図 晴天日の今市周辺における風の経時変化
(2000年11月23～25日)

図中上の地点が大谷川上流側の地点を示す。なお、左縦軸は16方位の風向、右縦軸は風速(m/s)を表わす。

える。

これまで指摘した今市市街地を核とする東西での気温偏差の対照性を、視点をえてて追究を試みた。つまり今市市街地を東西に縦貫する国道119号線を主に利用した気温の縦断的な移動観測である。その結果の一部(2000年11月23日～24日)を第16図に例示した。

日没直後に相当する18時30分前後の観測では、西方郊外の市立野口小周辺で気温が低く、逆方向の郊外に相当する消防署から森友地区にかけて高温を呈している。その後、早朝に向けて全域的に気温の絶対値は低下するものの、西方郊外の低温や東方の森友地区にかけての高温は維持される。



第16図 国道119号線に沿う気温偏差の縦断分布
(2000年11月23～24日)

上図：各観測毎の気温縦断分布

下図：各観測毎の平均偏差の相加平均値の縦断分布

なおこの時、消防署付近は相対的に極小を示している。

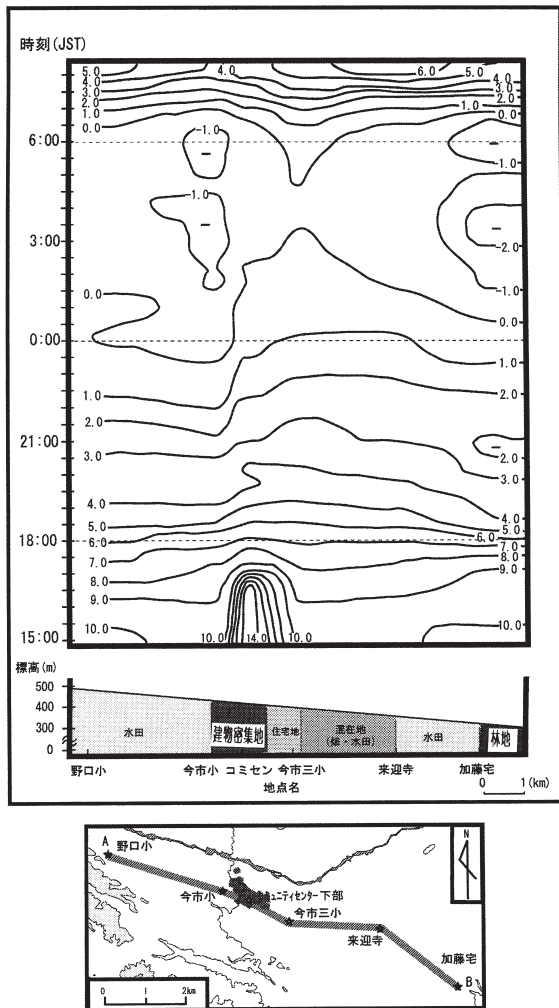
上述の気温の縦断変化は、全測点の平均偏差をさらに平均した図からも明白に分かる。つまり今市市街地の西方で低温となる一方、市街地の中央公民館（コミセン）付近から東方の消防署～森友地区に至る区域で高温を示している。この傾向は日時を変えた観測でも同様に識別された。しかも、このような気温の高低の分布は、先の平面的な気温偏差分布に対照して何ら矛盾するものではない。さらにこの状況を補完する意図から、今市市街地を貫く東西断面（市立野口小～加藤宅）で、夜間

を中心とする距離・時間断面のアイソプレスを描画した（第 17 図）。日没前、西の市立野口小や東の加藤宅は、ともに郊外の地点としていち早く、かつ歩調を合わせて気温低下が始動している。しかし、今市の市街地はまだ高温な状態にある。19 時過ぎ頃から今市西方郊外の気温低下が、市街地西側縁辺部に該当する市立今市小から中央公民館にかけて波及した結果、この付近と今市市街地東側との間で気温傾度が大きくなっている。また、この状況は早朝まで継続し、今市市街地から東方の来迎寺付近まで気温が高い様相、すなわち、高温域の東方への変位が伺われる。それでも来迎寺付近から東の加藤宅に至る間のように市街地から遠隔になると、低温に転じて郊外の性格を帯びている。このような事実は先の第 14 図の示唆する内容や気温の平面分布の様子と合致している。

b. ヒートアイランド現象と山風の対応

対象地域内の大気の動態を知るためには、気温などの水平分布のみならず鉛直分布の把握が求められる。そこで季節を変えて計 5 回にわたる気球を利用した鉛直観測を遂行した。好天に恵まれた際の事例を第 18 図に提示した。

終夜、雲量が少なく晴天のうちに終始したこの日の観測の結果（市立今市第三小／2000 年 11 月）に拠れば、24 日 17 時過ぎから高度 50 m 以下の接地層で早くも山風相当の北西の風が始動している。これが 18 時頃には高度 150 m 以下の低層全体で西～北西系に変転し、ほぼ早朝までの状態が持続している。これに対して、200 m より上層では 18 時前後に未だ南寄りの弱風、ないし無風に近く、風の状態と言える。その後、夜半近くの 23 時頃から北寄りの風に転じている。このように接地層で山風と思える西寄りの風が日没直後から吹送している半面、高度の増大とともにその風向が北寄りに変化しつつ、その吹送開始の時



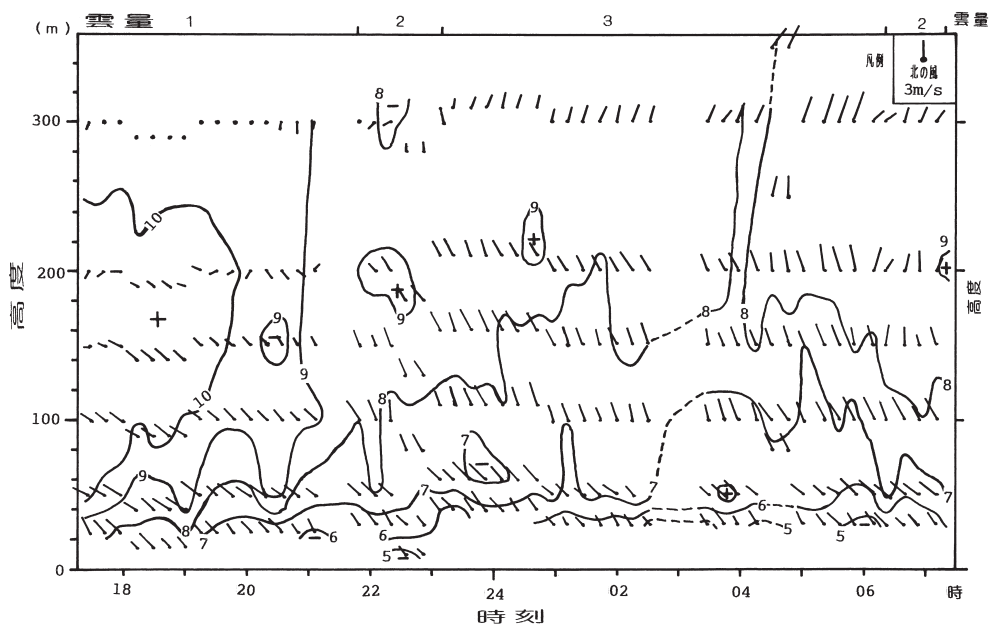
第 17 図 今市周辺の東西断面（市立野口小～加藤宅）における気温のアイソプレス（2000 年 3 月 17～18 日）

刻も遅延する。この事実から接地層近傍が局地的な大気の循環場である一方、200 m より上層はさらに広域的な風系場と関わりを有していると推察される。

他方、気温の鉛直分布に注目すると、日没後に高度 60 m 付近まで及んでいた接地逆転層の上限が西風の流入と符合して徐々に高度 100 m 位まで拡大し、これが早朝には 150 m 前後にまで発達している。だが、明瞭な接地逆転層の高度は 50~60 m ほどと指摘でき、この高度と地上との気温逆転度は $1.0\sim 2.0^{\circ}\text{C}$ である。

しかし、2000 年 12 月 17 日早朝に今市市街地東方の新田地区の裸地（水田）で観測した際の接地逆転度（図略）は 4.0°C ほどに及び、その逆転層の上限は約 30 m であった。この上限高度は今市市街地の西縁にある市立今市小でのその高さより低く、かつ逆転度も大きい。日時の違いこそあれ、観測点が郊外の裸地であることを考慮すれば、この時期の好天に恵まれた早朝の放射冷却の進行とともに、市街地内外でこの程度の気温の接地逆転度、ならびに逆転層上限高度の相違が現出するものと理解できる。

山風吹送の状況と市街地の気温との関わりに焦点を当てて、今市市街地を挟んだ風上側の市立今市小と、やや風下側に位置する市立今市第三小との気温鉛直分布を比較した（第 19 図）。この図では、山風の風速の強弱を対比して図示している。風速が弱いと、市立今市小では高度 40 m 付近を上限とする顕著な接地逆転層が形成されているのに対して、市立今市第三小ではその逆転の度合いが小さい。しかも、高度 50 m より上方では相互の温度差が 1°C 弱となり、地表付近の両地点間の気温差に比べて縮小している。しかし、風速が増大すると市立今市小の接地逆転層の発達も顕在化せず、市立今市第三小との気温に大差が生じない。つまり地表から上方まではほぼ一様に 1°C 弱の温度差を保持した状態にある。従って、山風の風速増大は接地逆転の形成を抑制し、大気の鉛直混合を促すものと見なされる。ゆえに、山風の風速が強まる（観測では 4.0 m/s 前後）と、地上でのヒートアイランド強度を弱体化させるとともに、高温大気の市街地風下側への押し流し、変位を促すと考えられる。これは第 19 図 c に図示した 24 日 3 時頃の地上気温の上昇⁽¹³⁾ や接地逆転層の消失とも

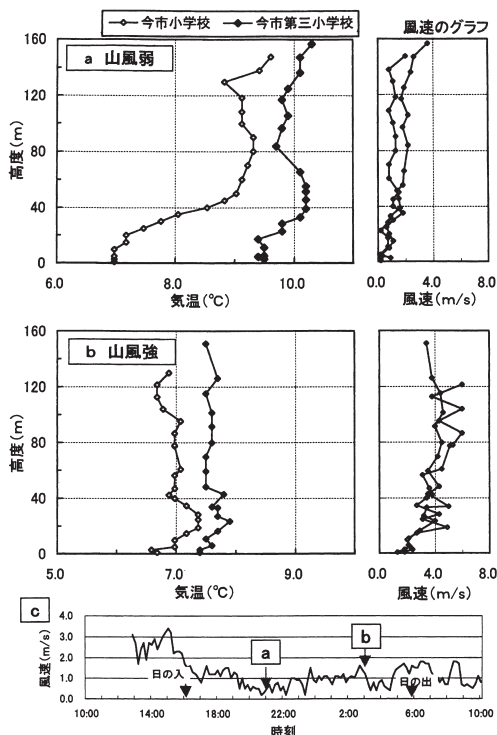


第 18 図 市立今市第三小での気温と風の鉛直分布とその経時変化（2000 年 11 月 24~25 日）

一致する。

してみれば、逆に山風の吹送が弱い際には、放射冷却が進行する郊外と建物密集でそれが励起されない市街地との気温差、つまりヒートアイランド強度が増大する。このような事実を根拠とするならば、山風の吹送は郊外における地表付近の放射冷却に伴う気温低下を緩和する方向に働き、山風はむしろ昇温さえ招来すると言える。ゆえに、広域的視野から俯瞰すれば、山風は山間地と平地部の大気の熱交換を担う一端かもしれないが、より局所的に拡大して見れば、むしろ夜間に放射冷却が進行する接地層大気に熱を付与する移流現象と言及できる。

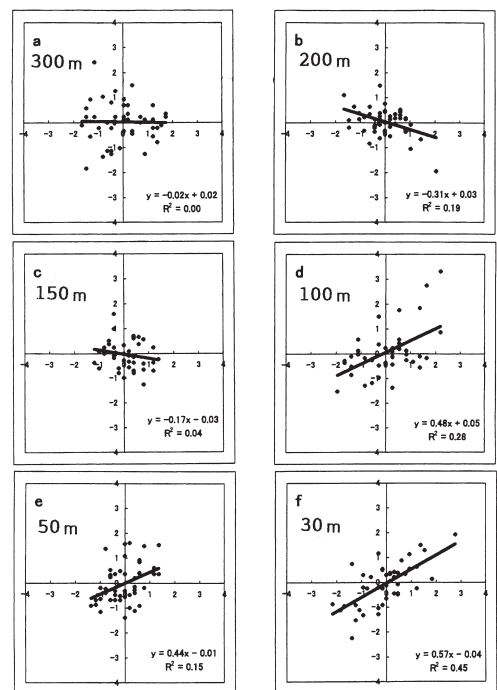
ところで、山風吹送の増強が大気の鉛直混合を促進し、地表近傍の大気をむしろ昇温させると指摘したが、この事柄は同時に混合層上部では相対



第 19 図 山風吹送の強弱と今市市街地における気温と風の鉛直分布 (1999 年 10 月 23～24 日の市立今市小と市立今市第三小の比較)

a : 山風弱風時, b : 山風強風時, c : 中央公民館屋上の風速の経時変化

的に気温低下の生ずることを意味する。この点を確証するため、2000 年 11 月のゾンデによる連続観測値をもとに、山風の風速が増大した時間帯を特定して高度別の気温変化量と風速変化量との関係を吟味した (第 20 図)。これを見ると、地表に近い高度 30 m では風速の増大とともに気温が上昇し、逆に風速の弱화가気温低下を示す正比例の関係が両者の間に認められる。これが上空の 100 m や 200 m の高さになると、風速の増大で気温が低下する負相関の関係に変換している。さらに上空の高度 300 m では双方が無相関に近い。しかるに山風の吹送は地表付近の大気に昇温を、やや上空の大気には降温をもたらし、そこには上述したような鉛直混合の様子を瞥見できる。加えてこの日の夜間における高度別風向風速の時間変化 (図略) をベクトルで見ると、西寄りの山風吹送は下層から始動して、上層へ順次波及している。すなわち、昼間の東寄りの谷風から西寄りの山風への交替過程が描画されており、より広域の場を



第 20 図 市立今市第三小における高度別の風速変化量 (x) と気温変化量 (y) との関係 (2000 年 11 月 24～25 日)

反映している高度 300 m 付近の気の方が高度 200 m よりも早い時間帯に風速の極小（風に相当）を迎えて、循環系の交替に移行する有り様が見える。第 17 図と第 18 図を併せて思慮すれば、少なくとも今市付近では高度 300 m 前後を境として、その上層と下層の気は相互に異質である可能性がここから示唆される。

すなわち、本研究の目的の一つに据えられた局地循環としての山風は高度 300 m 以下の気層で吹送しやすく、とくに弱風下で促進されがちな放射冷却に起因する接地逆転層の発達を抑制し、接地層大気に熱を供与している。それと同時に、山風により接地大気が攪拌される結果、接地逆転層の上限付近の気には気温低下を招来し、結果として対象地域の鉛直混合層の厚さを左右している。

V おわりに

気圧傾度の緩い一般場では、おもに水陸の熱的な差などに起因して、局地循環が生じやすい。これに該当するのは、沿岸部では海陸風であり、山間部では山谷風の吹送である。一方、同様の気圧配置下では、夜間を中心にヒートアイランド現象が現出しやすい。よって山間部と平坦地が接する谷口の市街地では、夜間に市街地大気の高温化とともに、相対的に低温と思われる山風の吹送が同時に発現すると予測される。温度的に逆であるこの両者の相互作用に関心が及び、その観点から複数の対象地域において観測を実施した。その結果、以下のような内容が把握された。

a. 八王子市での知見

- ①. 気温の水平分布では、相対的な高温域、低温域の棲み分けが定常的に発現しており、それは市街地の高温を除けば、ほぼ地形起伏に対応した様相を呈している。つまり丘陵地では高温を示す一方、河川沿いの低地では低温が識別された。
- ②. 市街地を貫く浅川に沿った縦断観測に拠れば、市街地内の浅川河畔で昇温し、郊外のそ

れて降温する姿が掌握された。加えて浅川上流の北西側から低温な大気の流下が認められ、市街地の高温な大気は浅川下流の南東方向に変位する傾向にある。つまり山風によって市街地の大気が風下側にシフトしている。

- ③. 北西からの山風吹送に対し、市街地を挟んで対称的な位置に在る市役所と NTT 八王子の観測結果は、風上側相当域の温度状況を反映して、山風方向の大気が冷氣、あるいは暖気と成り得ることを示唆している。
- ④. 気球観測から、市街地内外での接地逆転層の上限高度とその逆転強度に相違が認められ、そこに山風との係わりが伺われる。
- ⑤. 都市の人口規模などから算定した先人の研究に対照すれば、八王子のヒートアイランド強度は 4.0～6.0℃前後と推定できる。しかし、それが市街地で 2.0℃前後であり、小さい値に抑制されている。これには相対的に冷涼な山風の市街地への吹送、および盆状地形に因る冷氣の滞留がヒートアイランド強度を弱化させていると受け止められる。

b. 青梅市での知見

- ①. 谷口に位置する青梅市では、日没前後から多摩川上流側からの低温な大気が流下し、市街地風上側でヒートアイランド現象に伴う昇温を抑えている。その一方で、この山風の吹送が市街地大気を風下側に変位させている。その結果、青梅市街地の東～南東側で気温の正偏差域を呈しやすい。
- ②. 青梅の谷口に日没前後から吹送する西寄りの「山風」は、青梅周辺固有の局地循環と解釈され、鉛直的には最下層の接地逆転層を攪拌・混合するか、その逆転層の上方に流入している。この西風のさらに上層には、関東平野内陸部と相模湾との広域的な循環と想定される陸風が時間経過とともに徐々に明瞭化し、結果として鉛直的に 3 層から成る階層構造を呈している。

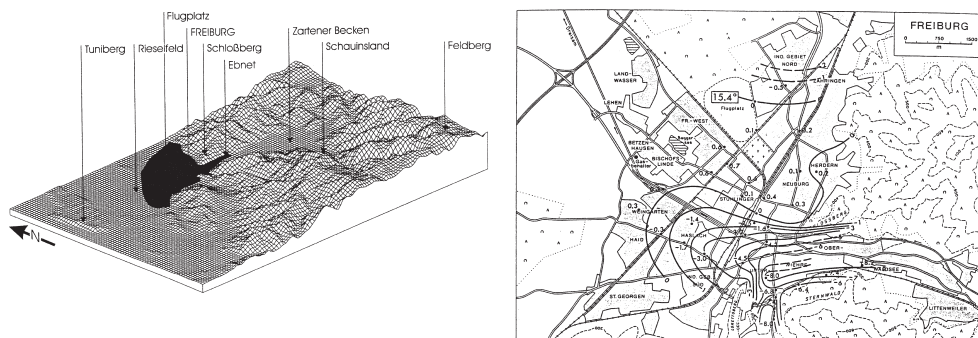
c. 日光市今市での知見

- ①. 気温の水平的な偏差分布では、正・負の偏差域の出現に一定の地域性が伺われ、とりわけ正偏差域は今市市街地の東方に偏在し、かつやや扇形状に拡散している。つまり市街地東部の郊外はそれほど低温とらない。
- ②. 西寄りの山風の風速が強い際には、建物密集地である市街地の高温域はやや不明瞭になるとともに、気温の正偏差域が市街地東方に拡がる様相を呈する。これは山風に因って相対的に高温な市街地大気が風下側に流された結果と理解できる。一方、山風の風速が弱い際には、今市市街地と高温域は位置的にほぼ一致する。
- ③. 上記②の内容は鉛直的な気温分布とも連関

し、山風の風速が強い際には接地逆転層の形成、とりわけ郊外でのそれが抑制され、地表付近の大気には熱の移流効果を山風がもたらししている。

- ④. 上記③に関わって、山風の吹送は、結果として今市市街地内外のヒートアイランド強度を縮小する方向に作用している。

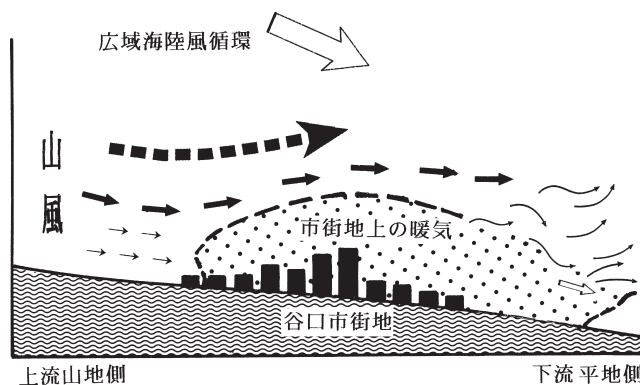
本研究では谷口に位置する複数の市街地を対象に小気候観測を実施した。それらに共通して認められる点は、夜間、山間部から流下する相対的に低温な山風が、市街地の大気を風下側に変位させている点である。しかし、本稿で対象とした3都市でも、山風に因る市街地大気の風下方向への変位の様子は同一ではない。それゆえ、ドイツ・フライブルグの場合（第 21 図）のように、舌状に



第 21 図 ドイツ・フライブルグ市における山風吹送の事例（S. A. Ernst: 1995 による）

左図：地形ダイアグラムによるフライブルグ市街地の描画

右図：フライブルグ市における気温分布図（1972 年 10 月 5 日 19 時）



第 22 図 谷口市街地における夜間の山風吹送時の大気の鉛直構造模式図

広域海陸風循環の矢印の向きは、山風の風向と違うことを示す。

冷気が流出する状況と一致するとは限らない。これには山風を市街地に引き込む都市構造なのか否か、および市街地の地表面粗度（ラフネス）の大小が大きく連関していると思われる。

また、静穏晴夜には放射冷却に伴って接地層大気は安定層を形成しやすい。よって山風の吹送がその上層に流入し、さらにその上方に広域的なスケールの循環場が存在している。その結果、第22図に示したように鉛直的に3層の階層構造を成す模式図を描きうる。ただし、山風流入の高度は、温度的に等しい気層、ないし地表面粗度や市街地の面積的広狭に規定されと考えられる。

本研究で得られた知見やヒートアイランド強度の天候差、および季節的相違を加味して市街地大気の温度環境を考究する必要がある。また、ここで得られた内容を直ちに他の谷口市街地へ画一的に置換して、一般化を図ることは早計かも知れない。それゆえ、今後ともこの視点からの研究事例を積み重ね、谷口市街地に共通する事象と個々の市街地固有のそれとを峻別することが要請される。その先において市街地大気環境改善・緩和に対する小気候学的視座からの提言が望まれる。

謝 辞

本研究を遂行するにあたり、多くの方々にご協力を賜ったので、ここに感謝の意を表する次第である。とくに、現地観測や観測値の整理などに参加・協力して下さった法政大学文学部地理学科・気候学ゼミナール（観測当時）、ならびに同大学院人文科学研究科地理学専攻気候学ゼミナールの諸君（観測当時）、さらには同OB・OGの皆さんにも、この場を借りて謝意を表したい。

また、観測調査の実施に際して便宜を図って戴いた八王子市、青梅市、羽村市、瑞穂町（当時）、今市市（当時）などの多くの関係機関、ならびに原嶋昌弘氏（当時、八王子市天気相談所）をはじめとする関係各位に対し、心から御礼を申し上げたい。

なお、本研究の一部は、1985年度と2001年度の日本地理学会学術大会において発表したものである。発表の席上で有益なご助言を賜った各位にこの場を借りて御礼申し上げる次第である。また、本研究には1983～1984年度、および1993～1995年度の働とうきゅう環境浄化財団の調査・試験研究助成金（双方とも代表者：佐藤典人）、さらに法政大学による『特色ある

教育研究の推進』特別事業として、1999～2000年度の2ヵ年間にわたる助成を受けて実施したものである。あらためて関係各位に衷心より謝意を表する次第である。

注 記

- (1) 2010年の夏と同様に、2013年の夏季の暑さが記憶に新しい。周知のように高知県四万十市・江川崎では、気象庁の観測史上、最高の気温となる41.0℃が記録された。それとともに、8月10日から同12日にかけて42時間余も連続して東京の日最低気温が25℃どころか30℃を下回らなかったことに関心が集まる。
- (2) 都市気候に関する研究の動向については、最近、中川（2011）が詳述しているので参考にされたい。敢えて付記するならば、関口（1960）による中小都市を扱った研究、設楽（1957）の都市気温の成因を考慮した研究、河村（1964）の熊谷市を対象にした詳細な解析、田宮・大山（1981）の小集落での実態把握と成因への考究、高橋ほか（1981）によるヒートアイランド現象と地表面粗度との対応、田坂ほか（1988）の都市キャニオン内の小気候観測、佐藤ほか（1990）のモデル的な住宅団地での風の吹送と高温域の変位、小園（1987）や佐藤ほか（1992）などの簡易気球を用いた気温と風の鉛直分布の把握、高橋・福岡（1994）の風速の鉛直分布と熱の拡散、あるいは浜田・三上（1994）の都市内緑地のクールアイランドの指摘、境田・鈴木（1994）の街路樹の熱的效果、榊原ほか（1998）の市街地での接地逆転と風速の対応など、いわゆる、都市固有の大気に関する成果には枚挙に暇が無いほどである。
- (3) 青梅市の人口は、本研究の観測当時（1993～1996年）には13.7万人であった。その後、2000年に14.1万人、2006年に14.2万人と推移しているものの、おおよそ14.0万人と言える。
- (4) 今市と日光の周辺に設定した定点観測点の中で、標高の最も高い地点は、西側の日光小学校で590m、同じく最低地点は東方の加藤鉄工所 310mである。
- (5) 杉並木の気温に及ぼす影響に関しては、並行して観測を実施したが、それについては稿を改めたい。
- (6) 付言すれば、ある任意の時刻に測定した移動点の値へ、定点の気温変化量を加減するという一般的な方法である。この場合、移動点と定点との対応が問題となる。ここでは予備観測により低地と丘陵地、あるいは市街地内外で気温の日変化傾向

に差異があることを掌握していたので、その結果をもとに各測定点の場所的性格を加味しながら、至近距離の定点に補正する方法を原則として採用した。また、移動経路の重複している 30 地点では、補正した値に差が生じた場合のみ、それらの相加平均値を便宜的にその地点の値として採用した。けれどもその処理に伴う不合理は認められなかった。

- (7) この理由は、観測実施の季節や時刻の相違によって観測値の絶対値が異なる分布図の比較を容易にする意図による。
- (8) この観測での機器の感温部には放射除けを装着した上で、孤立的な高い建造物で通風の良好な場所（非常用階段など）に固定して設置した。
- (9) 当初、対象地域の気温分布に関する情報が皆無に近かったので、予備的に観測を重ね、本研究の目的に適う形で観測点の数と配置を各観測毎に吟味した。それに加え、毎回の観測要員の多少も関係するので、移動観測点の数は、最少で 60 点、最大で 380 点となった。
- (10) 定点に設置した測器による気温・湿度は 5 分間隔、風向・風速は 10 分間隔である。なお、気温の測器は基本的に公共機関の百葉箱に収納して測定した。また、風のそれは測定値の代表性を確保する狙いから公共機関の屋上面を利用し、手摺と金具を活用して空間にセンサーが固定可能のように工夫して設置した。
- (11) 基本的に青梅市の場合と同様の観測方法なのだが、観測地点の条件が許容する限り、タワーゾンデ（米国 AIR 製）を活用した。これにより複数高度で連続観測が可能となる。
- (12) 建物屋上面からの放熱などの影響を回避するため、手摺と金具などを活用して空間にセンサーが固定可能のように工夫して測器を設置した。なお、市立第六小の屋上には、多点風向風速計マノックス（牧野応用測器製）を、また、青梅駅南口のマックコート（コーナースステム製）の屋上にはロガー（コーナースステム製）を各々設置して長期観測を行なった。
- (13) 24 日 3 時頃の地上気温の上昇や接地逆転層の消失は、市立今市小の温湿度計の連続値からも傍証され、より広域的な場の風系と調和しつつ、山谷風の局地循環と受容できる。図は省略したものの、静穏晴夜（1999 年 10 月 23～24 日の例）の定点における気温経時変化を見ると、市街地西方郊外に当たる市立野口小の気温が総じて低いうちに推移している。市街地の中心に位置しながら中央公民館（コミセン）の気温も 21 時以降には、その野口小と大差がなくなっている。ただし、山風の風速が増大した夜半後の 3 時～4 時にかけて

明瞭な昇温が出現している。この昇温はコミセンで顕著で、かつ継続時間も長い。これに対して、市街地東端にある消防署では常に他の地点よりも気温が高い。この傾向は日没前後よりも夜半から早朝にかけて顕在化し、その差は約 2℃に達している。しかも、この地点の昇温は山風の風速の増強に時刻的に一致している。それゆえ、山風の吹送は風上側の温度状況を反映して、コミセンには西方郊外の低温な大気を、消防署には市街地の高温な大気を運搬していると考えられる。

参考文献

- 今岡円七（1964）：斜面降下風の構造に関する観測とその考察. 農業気象, 20, p. 17-24.
- 小園 修（1987）：土浦市におけるヒートアイランドの立体構造. 地理評, 60A-11, p. 757-764.
- 狩野真規・佐藤典人（1998）：谷口に位置する市街地でのヒートアイランド現象と山風の吹送. 日本地理学会発表要旨集, 54, p. 90-91.
- 狩野真規・三上岳彦（2003）：谷口に位置する青梅市周辺におけるヒートアイランド現象と山風の吹送との関係. 天気, 50, p. 81-89.
- 河村 武（1957）：自動車による移動観測について. 天気, 4-11, p. 351-354.
- 河村 武（1964）：熊谷市における気温分布の解析. 地理評, 37-5, p. 243-254.
- 境田清隆・鈴木雅幸（1994）：密生した街路樹をもつ路上空間における晴天日の気温分布. 地理評, 67A, p. 506-517.
- 榊原保志・田中忍・伊藤由香（1998）：長野市における夜間ヒートアイランド強度に対する風速と接地逆転の強さの関係. 天気, 45, p. 119-12.
- 榊原保志・北原祐一（2003）：日本の諸都市における人口とヒートアイランド強度の関係. 天気, 50, p. 625-633.
- 佐々倉航三（1932）：信濃大町付近の気温分布と日中変化について. 地理評, 8-1, p. 1-11.
- 佐藤典人ほか（1987）：谷方位の相違と気温の分布. 水利科学, 31-3, p. 39-58.
- 佐藤典人ほか（1990）：モデル的な造成住宅地におけるヒートアイランドの実態. 法政地理, 18, p. 45-66.
- 佐藤典人ほか（1992）：八王子市の夜間気温に関する一考察. 法政地理, 20, p. 27-48.
- 佐藤典人（1997）：多摩川上流の谷口における山風の吹送と市街地の気象環境との対応. とうきゅう環境浄化財団研究助成報告書, 181, 190 p.
- 佐藤典人ほか（2001）：栃木県今市市におけるヒート

- アイランドと局地循環との相互作用. 日本地理学会要旨集, 60, p. 82.
- 佐藤典人ほか (2004): 栃木県今市市におけるヒートアイランド現象と山風の対応. 法政地理, 36, p. 1-16.
- 佐藤典人 (2006): 水辺の市街地や緑地における気温分布. 水循環, 62, p. 23-32.
- 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. 天気, 30-10, p. 509-514.
- 設楽 寛 (1957): 広島市の冬季気温に及ぼす建築物の影響. 地理評, 30, p. 468-483.
- 菅原広史ほか (2011): 都市内緑地におけるクールアイランド強度の鉛直構造. 地学雑誌, 120-2, p. 426-432.
- 関口 武 (1960): 山形県米沢市における都市気温分布. 東京教育大学地理学研究報告, 4, p. 17-40.
- 高橋日出男・福岡義隆 (1994): 都市域における風速の鉛直分布とヒートアイランドの立体構造. 地理評, 67A, p. 530-550.
- 高橋百之ほか (1981): 大垣市のラフネスパラメーターについて. 地理学評論, 54, p. 579-594.
- 田坂郁夫ほか (1988): 都市キャニオン内における気温分布および空気循環の観測. 地理評, 61A, p. 541-559.
- 立石由巳 (1961): 菅平における冷気の流出. 地理評, 49, p. 380-387.
- 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. 地理評, 54-1, p. 1-21.
- 中川清隆 (2011): わが国における都市ヒートアイランド形成要因, とくに都市ヒートアイランド強度形成要因に関する研究の動向. 地学雑誌, 120-2, p. 255-284.
- 中村圭三 (1976): 夜間の緩斜面上の冷気流と気温分布について. 地理評, 49, p. 380-387.
- 浜田 崇・三上岳彦 (1994): 都市内緑地のクールアイランド現象. 地理評, 67A, p. 518-529.
- 浜田 崇・一ノ瀬俊明 (2011): 山風の流入による夏季の都市気温への影響. 地学雑誌, 120-2, p. 403-410.
- 原嶋宏昌 (1981): 八王子の気象. かたくら書店, 110 p.
- 福岡義隆 (1980): 『図説・環境地理』. 古今書院, 193 p.
- 藤野 毅・浅枝隆 (1999): 盆地内における湖岸の小都市ヒートアイランド特性について. 天気, 46, p. 317-326.
- 三沢勝衛・吉村信吉 (1931): 長野県上諏訪町付近の早朝の気温分布. 地理評, 7-3, p. 170-179.
- 森 牧人ほか (1997): 長崎市中心地域における夜間の気温構造と局地風. 天気, 44, p. 113-120.
- 吉野正敏・福宿光一 (1953): 谷をはさむ南北斜面の気温. 農業気象, 8-1・2, p. 33-36.
- Clarke, J. F., and McElroy, J. L. (1970): Experimental studies of the nocturnal urban boundary layer. *WMO Tech. Note*, No. 108, p. 108-112.
- Defant, F. (1951): *Local Winds*. Comp. Met., A. M. S., Boston, p. 655-672.
- Duckworth, F. S., and Sandberg, J. S. (1954): The effect of cities upon horizontal and vertical temperature gradients. *B.A.M.S.*, 35, p. 198-207.
- Ernst, S. A. (1995): *Tagesperiodische Windsysteme und Belüftungsverhältnisse in Freiburg*. Freiburger Geographische Hefte, 49, 103 p.
- Howard, L. (1833): *Climate of London deduced from meteorological observations*. 3rd ed. in 3Vols, Harvey & Darton, London.
- Landsberg, H. E. (1981): *The Urban Climate*. Academic Press, New York, 275 p.
- Lettau, H. (1969): Note on aerodynamics roughness parameter estimation on the basis of roughness element description. *J. Appl. Meteor.*, 8, p. 828-832.
- Oke, T. R. (1973): City size and the urban heat island. *Atmospheric Environment*, 7, p. 769-779.
- Oke, T. R. (1977): *Boundary Layer Climates*. Methuen Co. Ltd., New York, 372 p.
- R. Reiter et al. (1983): Aerologische Untersuchungen der tagesperiodischen Gebirgswinde unter besonderer Berücksichtigung der Windfeldes im Talquerschnitt. *Meteorol. Rdsch.* 36, 225-242.
- Sundborg, Å. (1950): Local climatological studies of the temperature conditions in an urban area. *Tellus*, 2, p. 222-232.

The Interaction between Nocturnal Heat Islands and Mountain Breezes in Several Cities located on a Valley Mouth in Japan

SATO Norihito

Abstract

In this paper the author sought to clarify the interaction between the nocturnal heat island phenomenon and the mountain breezes in some cities located on a valley mouth under the meteorological high pressure conditions. As subjects of this study, the author selected three cities as the field of investigation : Hachioji, Ome, and Nikko-Imaichi. All these cities are situated on the valley mouth of a river in the Kanto District in Japan (Figs. 1, 2 & 3). The results of this study are summarized as follows:

1. In these cities the nocturnal heat island phenomenon can be recognized clearly and mountain breezes blow on the warm air over the urban area from the upper part of each river. Under certain meteorological conditions, the mountain breezes blow away the warm air over the city area to a leeward direction.
2. In Hachioji City the heat island intensity is a little weak in comparison with the city's population size. Perhaps because there is a basin around the Hachioji urban district, from a geomorphological viewpoint, a cold-air lake is formed during the night. Specifically, after sunset the air near the ground is cooled gradually by radiation from the earth while the air in the city is pooled from the surrounding area. These factors prevent the heat island phenomenon from developing a clear form.
3. The vertical structure of air over these cities is comprises three different air-layers. The bottommost air-layer is equal to the ground inversion layer, which is a stable layer that also occurs slightly in suburbs. Above this stable layer, a mountain breeze with a comparatively low temperature blows after sunset. Furthermore, above the layer of mountain breeze, wind circulated via land and sea on a wider scale blows as the prevailing wind. From these facts, a figure depicting the vertical structure of air over these cities located on a valley mouth is approximately that shown in Fig. 22.

Keywords: ground inversion, valley mouth settlement, heat island phenomenon, mountain breeze