

最近の東京における都市気温分布の変化について

—大気汚染常時測定局とAMeDASデータによる解析—

松本 淳 宇田川 満 伊藤 政志
(非常勤研究員)
 早福 正孝 朝来野 国彦

1 はじめに

東京における気温が都市化の進行にともなって上昇してきていることについては、古くから多くの研究がある。^{1) 2) 3) 4)} また気温分布の経年変化については、河村が、⁵⁾ 1951年以降の1月と8月の5年平均値の分布を示し、吉野は土地利用や人口と関係づけて論じた。⁶⁾ また三上は、グローバルな気候変動による気温変化と都市効果による気温変化とを統計的に分離することを試みた。⁷⁾

このように従来から多くの研究がなされている東京の都市気温であるが、東京における都市化の進行は、今のところ、とどまるところを知らないという様相を呈している。最近10年間をみても、多摩地区での緑被率の減少、⁸⁾ 自動車台数の増加・冷房の普及など都市気温のより一層の上昇をもたらすことが予想される現象がひき続き進行している。一方、下町や南部地域では、わずかではあるが緑被率が増加し、⁸⁾ 都心部を中心に再開発などで高層建築が一層増加するなど、都市構造そのものも変わりつつある。また、最近では景気が比較的好調であり、経済活動の活発化にともなう人工熱発生量の増加も考えられる。このような都市の変化が気象にどう影響するかということは、都市気候を考える上で重要な検討課題である。温度場の変化は、風の場へも影響を与えていくことが考えられ、さらには汚染質の輸送過程にも変化が生じる可能性がある。したがって、大気汚染防止の観点からも温度場と風との関係を把握しておくことが必要である。

また、近年はグローバルスケールでの温暖化が、地球的な問題としてクローズアップされてきている。このような大規模スケールでの気温上昇が起こった場合、さらに都市温度が上昇することが懸念される状況にある。

しかし、一口に都市気候といっても、東京の都市構造はきわめて複雑であり、少数の観測地点の観測値からだけで結論をだすことは難しい。気象庁のAMeDASシス

テムでも、都区内にはわずか7か所しかなく（うち1点は小河内で都市気温の分布には使えない）、毎月の気象月報に気温分布図は掲載されているものの、都市効果を見るには不十分である。

一方、東京都の大気汚染常時測定局には、一般環境大気測定局35局があり、気温・湿度・風についての毎時のデータが10年以上にわたって蓄積されてきている。この気象データは、風については大気汚染そのものとの関係も深く、これまでも多くの研究に使用されてきた。しかし、他のものについては、南関東大気環境調査⁹⁾に一部が使用された他には、ほとんど解析されたことがなかった。本データは、気象観測を第一義的な目的としているわけではないので、設置場所の高度・地表状態・周辺環境などが地点によって随分異なっている点や、欠測が比較的多い点は問題である。しかし、このデータを有効に活用することができれば、かつて河村⁴⁾がAMeDASシステム展開以前の比較的地点密度が高い区内観測所等のデータを用いて解析したのと同じ程度のスケールで、東京の都市気温分布の最近の様相を明らかにすることが期待できる。これにより、比較的研究が多かった1970年代以前とそれ以降の変化を追跡しておくことも可能になってくる。

そこで本報告では、東京都の大気汚染常時測定局観測資料と気象庁のAMeDASデータとを用いて、最近の東京における都市気温分布の変化について解析した。

2 資料と方法

使用した資料は、東京都の毎年の特別な大気汚染測定局磁気テープデータと気象庁統計室の地域気象資料時日別ファイル磁気テープデータである。

東京都のデータについては、大気汚染常時測定局35局と池袋・公研・東京タワーを加えた38か所の毎時の気温

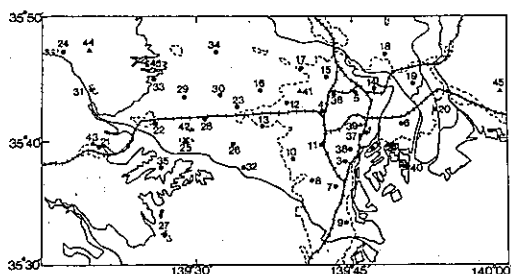
観測資料を用い、観測地点が大幅に増加した1975年以降の平均気温・最高気温・最低気温の各月及び年平均値を求めた。算出にあたっては、欠測時間が1日4時間以上の日は欠測とみなし、欠測日が月6日以下のものについてのみ、平均値を算出した。

また気象庁は1976年以降、AMeDASシステムの展開を行っており、東京都については1976年12月以降のデータが得られる。そこで毎時のAMeDASデータを使用し、都内6地点と埼玉県・千葉県各1地点について、同様に気温データを作成した。

解析は、以上の2種類のデータを使用し、まず各観測地点における年平均の日平均気温・最高気温・最低気温の経年変化を1975~1987年の期間について求めた。次いで各月及び年平均の日平均気温・最高気温・最低気温の各年及び3年平均値の分布図を作成し、東京における最近10数年間の年気温の時空間変動の実態を明らかにした。ここでは、年平均値の経年変化と年及び1・8月の気温分布の変化について主に報告を行う。なお、観測地点の位置と名称は、図1に示した。

3 経年変化

図2は、都心部の大手町(AMeDAS)・副都心近くの



丸印：都測定局 1.都庁前 2.晴海 3.港 4.国設東京 5.文京 6.城東 7.品川 8.目黒 9.雑谷 10.世田谷 11.渋谷 12.中野 13.久我山 14.荒川 15.板橋 16.石神井 17.練馬北 18.足立 19.葛飾 20.江戸川 21.八王子 22.立川 23.武蔵野 24.青梅 25.府中 26.調布 27.町田 28.小金井 29.小平 30.田無 31.福生 32.狛江 33.東大和 34.清瀬 35.多摩 36.池袋 37.公習研 38.東京タワー
三角印：AMeDAS 39.大手町 40.新木場(新砂) 41.中新井 42.府中 43.八王子 44.青梅 45.所沢

等高線は100m、点線は昭和61年修正の国土地理院発行20万分の1地勢図上での市街地

図1 観測地点の位置

国設東京・近郊の小金井・及び都心からは遠い青梅の年平均の日平均気温・最高気温・最低気温の経年変化である。全体的に各地点の経年変化傾向は、最高・最低・日平均気温ともにきわめて類似している。傾向としては、1979年を高温の極とし、1984年または1976年を低温の極とする、上昇→下降→上昇という形になっている。このため、ここ10年位のタイムスケールでは、特に近年高温化がめだってきているという傾向は認められない。この傾向は、気象庁が示した、都市化の影響の少ない地点によって作られた、日本における気温変化の傾向とおおむね一致しており、比較的大きいスケールでの気候変動を反映しているものと考えられる。なお、1985年以降は、都内全地点で昇温傾向が顕著になってきている。

さらに細かく検討してみると、大手町では、1978年以降、国設東京では1983年以降、小金井では1979年以降に、最低気温が最高気温に比べて相対的に上昇する傾向が、わずかながら認められる。このため、最低気温では、1980年代初頭の低温化傾向があまりはっきりしていない。これは都市化の影響とみられるが、青梅ではそのような傾向は認められない。

そこで、大手町と青梅の気温差をヒートアイランドの強さの指標とみなし、その3年平均値の経年変化をみると表1のようになる。最高気温では、2地点の差はほとんど変化していないが、最低気温は一貫して都心の大手町のほうが上昇傾向にある。また、日平均気温では、1985年以降に差が拡大する傾向がある。したがって、都心部のヒートアイランドは近年より強まっている可能性が高い。

4 分布の変化

3で指摘したヒートアイランド強度の変化が水平的に

表1 大手町と青梅の3年平均気温における気温差の経年変化(°C)

	76~78	79~81	82~84	85~87
MEAN	1.9	1.9	1.8	2.1
MAX.	0.9	0.7	0.9	0.9
MIN.	2.4	2.6	2.7	2.9

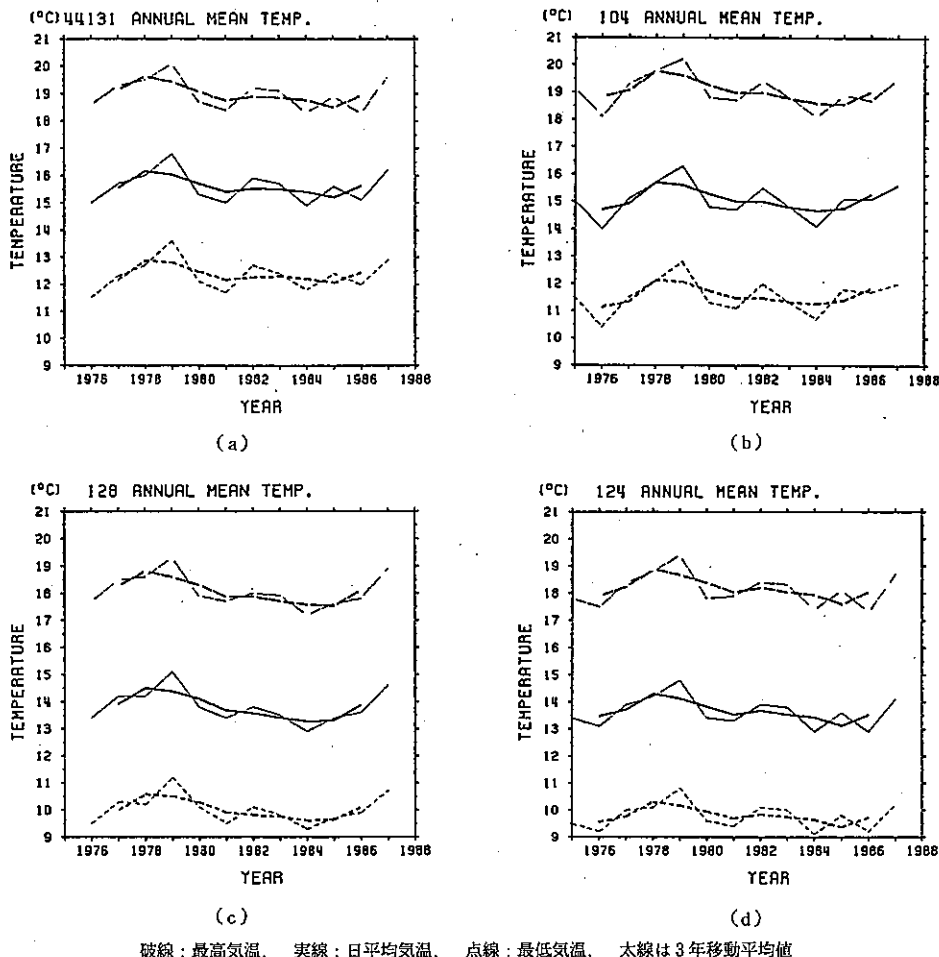


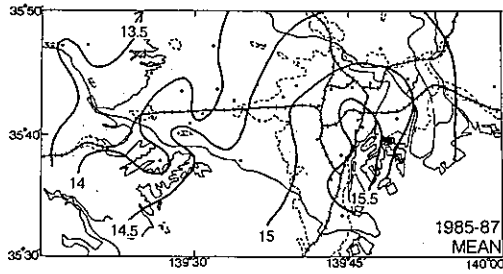
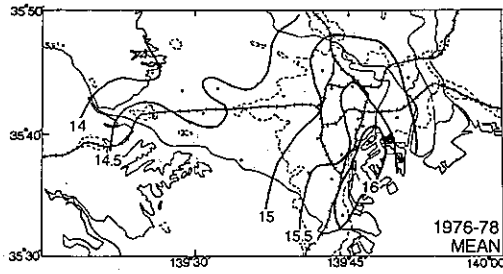
図2 大手町 (a)・国設東京 (b)・小金井 (c)・青梅 (d) における年平均気温の経年変化

どのように現れているかを明らかにするため、次に都内での気温分布の変化を解析した。図3～図5は、1976年から3年ごとに平均した年平均の日平均気温・最高気温・最低気温の分布の例である。

全体的な経年変化を反映し、1979～81年に、もっとも高温になっている(図は省略)。日平均(図3)では、分布状況にあまり大きな変化は見られないが、1985～87年以降、都心部の高温域が拡大する傾向が顕著になっている。最低気温(図4)では、都心部と郊外との温度差がもっとも顕著にわかり、都心部の高温域の拡大が1985～87年にみられるほか、1976～78年には比較的是っきり

していた都心部と周辺部との間の気温傾度の大きい地域が、不明瞭になりながら西へと移動していく傾向がみられる。最高気温(図5)では、高温域はいずれの年でも比較的広域に現われ、中心ははっきりしない。ただし、1982～84年までは、南部の湾岸部に高温域がみられたものが、1985～87年にははっきりしなくなっている。

次に、季節ごとのちがいを明らかにするため、1月と8月の月平均最低気温と最高気温の3年毎の平均値の分布を調査した。月平均気温の経年変化が、年平均値とは必ずしも一致しないため、気温の絶対値では異なっているが、各月ともに、分布パターンとしては、年平均値と



等温線は0.5°C間隔 (図3~7)

図3 年平均気温の分布 (°C)

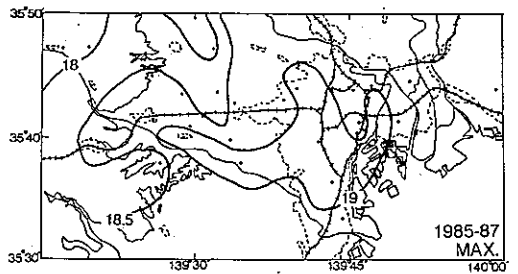
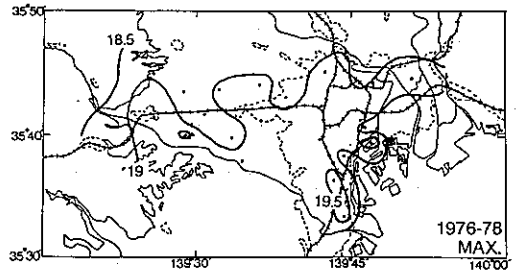


図5 年平均最低気温の分布 (°C)

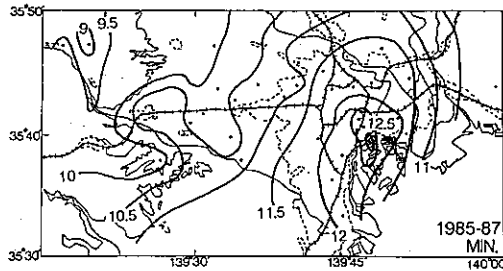
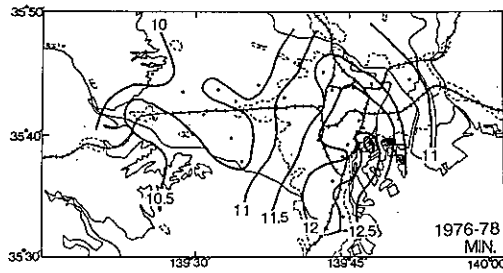


図4 年平均最高気温の分布 (°C)

同様の变化傾向が認められて、河村の結果と比較すると、1月(図6)は最低気温における高温域が1971~75年に比べて1976~78年に拡大している。また、8月(図7)は、最低気温の高温域が、湾岸部だけでなく山の手線内の地域へも拡大している点が新たな変化として起きている。

このように東京の気温分布パターンは、1970年代後半から1980年代初頭にかけては、あまり顕著な変化は示さなかったが、1980年代半ば以降急速に変化が起ころつつある。図8は1985~87年と1976~78年の9年間の気温変化量を年平均の最低気温のみでみたものである。全体的には、0.1°C以下のほとんど変化のない地点が多く、この間における気温変化が小さいことが空間的にも示されている。その中で広域的にみられる変化としては、都心部の大手町を中心とし、副都心方面と北東部にのびる高温化と雑谷を中心とする、南東部の低温化の2つが特徴的に認められる。詳しくみるとこの変化は、特に1982年~84年と1985~87年との間でめだたて大きくなっており、全域的な気温が上昇傾向にはいっているなかで、都心地域での変化が特に大きいことが注目される。なお局地的な変化が1地点だけで大きい、練馬北・田無・立川については、

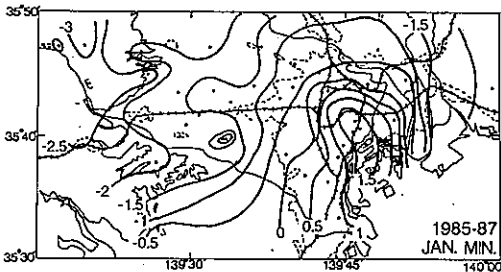
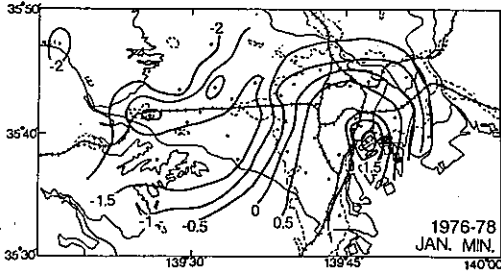


図6 1月の月平均最低気温の分布(°C)

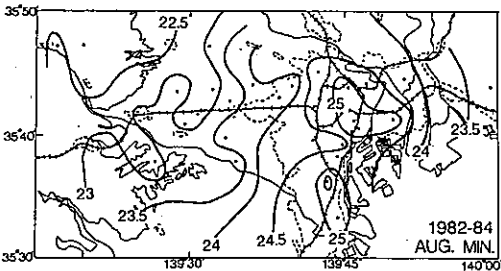
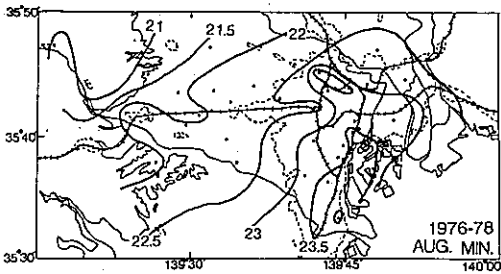
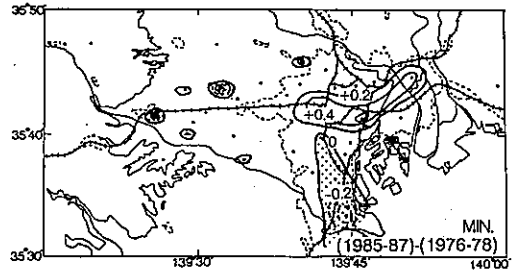


図7 8月の月平均最低気温の分布(°C)



等温線は0.2°C間隔、負偏差域にハッチをかけた。

図8 年平均最低気温の1985~87年と1976~78年間の変化量(°C)

データの信頼性に問題があるものと思われる。

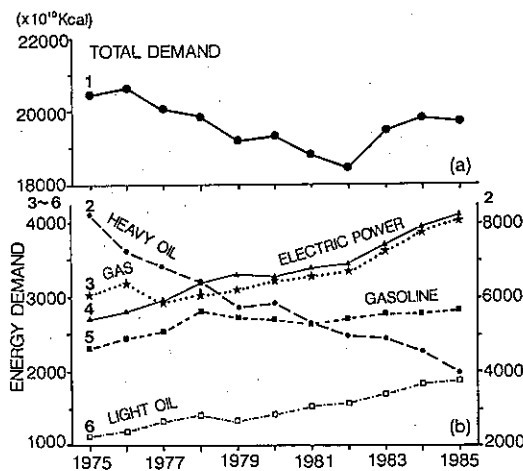
5 考察

都市が高温になる原因としては、いろいろ考えられているが、吉野は、次の五つが重要であるとしている。¹⁰⁾すなわち、1) 都市内での燃烧熱 2) 浮遊粒子状物質などによる煙霧層がもたらす温室効果 3) 建築物の幾何学的影響による風への影響 4) 建築物の構成物質による蓄熱や、長波放射のしゃへい効果 5) 水収支の変化による潜熱放出の減少、の五点である。

これまで示してきた気温分布の変化の原因を明確にするためには、これらの諸点について詳しく検討を加えなくてはならない。しかし全てを検討することは、資料入手の困難さもあって容易ではない。そこでここでは、燃烧熱の指標となると考えられる、都内のエネルギー需要の経年変化のみをとりあげて検討した。

図9は、生活文化局による都内のエネルギー総需要(a)と種類別エネルギー需要の経年変化である。¹²⁾総需要は1976年をピークに、1982年まで減少傾向にあったが、1983年以降再び増加傾向にある。総需要が減少傾向にあったことが、1980年代初頭まであまり気温分布の変化が顕著でなかったことに関係しているものと考えられる。一方、1983年以降は(1985年までの資料しか得られていないが)、電力・ガス・軽油の増加が特にめだち、逆に重油は一方的に減少を続けている。

これは東京都全体の統計であり、簡単には結論づけられないが、重油が主に工業及び火力発電用であることを



11)
 (文献による, 単位は100億kcal)
 1: 総需要 2: 重油 3: ガス 4: 電力
 5: ガソリン 6: 軽油

図9 東京都におけるエネルギー需要の変化

考慮すれば、産業構造の転換や工場移転にともなう京浜工業地帯での燃焼熱の減少が考えられる。これにより、雑谷を中心とする地域で気温が低下していることが推察される。また電力やガスの需要増加が都心部の昇温に寄与している可能性があるが、なぜ都心部だけが昇温しているかということについては、今のところよくわからない。

このように、エネルギー需要は4で示した気温分布の変化を定性的にある程度は説明することができる。もっとも、都市温度の形成要因は複雑であり、また自然の天候変動によっても変化するので、原因については、さらに詳しい検討が必要である。ただ、近年エネルギー総需要が増加傾向にあると同時に、気温も上昇傾向にあることについては、注意を払っておく必要があると思われる。

6 まとめ

東京都の大気汚染常時測定局観測資料と気象庁のAMeDASデータとを用いて、1975~85年の期間の東京における都市気温分布の変化について解析した。得られた結果は以下のようにまとめられる。

- (1) 東京の年平均気温は、1975年以降上昇→下降→上

昇という変化をしている。高温のピークは1979年、低温のピークは1976年から1984年に認められ、現在は昇温期に当たっている。

(2) 都心部の大手町を中心とする地域では、最高気温に比べて、最低気温が相対的に上昇する傾向にあり、その変化量は、9年間で0.6℃ほどである。特に1980年代中盤以降に変化量が大きくなっている。また雑谷を中心とする南部地域では、逆にこの9年間で0.4℃ほど最低気温が低下している。他の地域では、この期間とくに顕著な温度上昇は認められない。

(3) 月別では、1, 8月ともに傾向は年平均と類似している。これまで指摘されていない新たな現象として、8月の最低気温が内陸部でも高温の極を形成するようになってきている。

(4) 温度分布において、1970年代後半から1980年代初頭にかけては、あまり変化がなかったのに対し、1980年代中盤以降、変化が顕在化している。その原因のひとつとして、都内におけるエネルギー需要の変化が考えられる。

今回の調査結果により、一応既存の気温観測網により、東京の都市気候の概略が、ある程度はつかめることが明らかになった。継続的な観測が続けられていることは高く評価できる。しかし、大気汚染常時測定局データの中には、周辺域と比較した場合、著しく不自然なものもあった。今回はそのようなデータについては、主観的に判断し、等温線を引く際には無視した(それでもなお図8に見られた程度の特異な値がでていた)。データの信頼性が高まれば、より詳細な解析が行えるはずである。

また、三上¹³⁾が示したように、実際の温度分布は都市内部に存在する公園・緑地等の存在により、さらに細かいスケールでは、ずっと複雑になっていることが予想される。そのような数百mスケールでの現象が今回明らかにしたような10kmスケールでの現象とどう関係しているのか、今後検討していく必要がある。このような視点からの研究ができる精度で、データを収集していくことが、都市構造の変化に対応する気候変化を定量的に把握するために必要である。全地球的な温暖化が懸念される状況下で、今後は測定精度の向上と観測網の充実を図ることが望まれる。

最後にAMeDASデータを提供していただいた気象庁統計室、エネルギー需要の資料を提供していただいた東

京都生活文化局ならびにAMeDASデータの整理を全面的に手伝っていただいた東京大学地理学教室研究生の江口 卓氏に深く感謝します。

引用文献

- 1) 榎根 勇：東京における都市域の拡大にともなう気温の上昇, 天気, 7, p. 269-274 (1960).
- 2) 福井英一郎：日本における最近の気温上昇, 地理学評論, 41, p. 447-490 (1968).
- 3) 荒川秀俊：東京の都市化と湿度・温度のvari, 天気, 16, p. 23-24 (1969).
- 4) Maejima, I. et al., :Recent Climatic Change and Urban Growth in Tokyo and its Environs, Geogr. Rept. Tokyo Metrop. Univ., 14/15, p. 27-48 (1980).
- 5) 河村 武：都市気候の分布の実態, 気象研究ノート, 133, p. 26-47 (1977).
- 6) Yoshino, M. M. :Changes of Air Temperature Distribution due to the Urbanization in Tokyo and Its Surrounding Regions, Sci. Rept. Inst. Geoscience, Univ. Tsukuba, Sect. A, 2, p. 45-60 (1981).
- 7) 三上武彦：東京およびその周辺地域における気温変動の時間的・空間的構造, 東大教養学部人文科学紀要, 69, 6, p. 30-50 (1979).
- 8) 東京都環境保全局自然保護部：'87 東京都緑の倍增計画 -緑豊かな東京をめざして-, 東京都, p. 20-32 (1987).
- 9) 気象庁：南関東大気環境調査報告書, 気象庁, p. 68-90, p. 157-167 (1977).
- 10) 気象庁：異常気象レポート89', 大蔵省印刷局, p. 6-83 (1989).
- 11) 吉野正敏：新版 小気候, 知人書館, p. 57-69 (1986).
- 12) 東京都生活文化局：東京都におけるエネルギー需給構造とその将来動向に関する調査, 東京都, p. 5 (1987).
- 13) 三上武彦：都市内部における公園緑地の気候, お茶の水女子大学人文科学紀要, 35, p. 21-36 (1982).