

低気圧通過時における東京都区部にみられた気温変化の地域特性

— 2004 年 12 月 5 日早朝の異常昇温時の事例 —

市野 美夏* 秋山祐佳里* 安藤 晴夫 横山 仁
山口 隆子 石井康一郎 三上 岳彦**
(*非常勤研究員 **首都大学東京 都市環境学部)

要 旨

2004 年 12 月 5 日の早朝、関東地方の北を北東進する低気圧の通過に伴い、関東南部では著しい気温上昇が起こった。Metropolitan Environmental Temperature and Rainfall Observation System (METROS) が東京都区部における詳細な昇温現象を観測した。この昇温現象により、都区部のほとんどの地域では一様に気温 20℃以上の高温部となった。一方、都区北西部では気温上昇はみられず、METROS 観測網内に境界域があることが明らかとなった。また、昇温現象が南東部の沿岸域から始まり、北西部へ広がり、再び南東部へと後退したことが確認できた。

キーワード：気象観測システム、メソスケール気象学、都市気候、低気圧

Regional Characteristics of Temperature Variations in the Metropolitan Area with the Extratropical Cyclone Passing

— The Case Study of Remarkable Temperature Risings in the
Early Morning on December 5th, 2004 —

ICHINO Mika *, AKIYAMA Yukari *, ANDO Haruo, YOKOYAMA Hitoshi,
YAMAGUCHI Takako, ISHII Koichiro, MIKAMI Takehiko **
* Associate Researcher, ** Tokyo Metropolitan University

Summary

Temperature in southern Kanto was rising in the early morning on December 5th, 2004, as the extratropical cyclone passed through the north of Kanto. METROS (Metropolitan Environmental Temperature and Rainfall Observation System) obtained the temperature rising phenomenon in Tokyo metropolis with high resolution. Temperatures at almost observed points were higher than 20 degrees while ones at the points in the northwestern area were not increasing. It demonstrated there was the boundary line of the temperature rising phenomenon in METROS area. The phenomenon moved from the southeast to northwest, and moved back from northwest to southeast.

Key word : observation network, meso-scale meteorology, urban climate, extratropical cyclone

1 はじめに

東京都は、2002 年 7 月からヒートアイランド現象の実態把握のため、東京都区部に Metropolitan Environmental Temperature and Rainfall Observation System（以下 METROS と呼ぶ）を構築し、連続観測を行っている。METROS 観測に関してはすでに報告されている¹⁾。METROS には、23 区の計 106 地点で気温・相対湿度を測定する METROS100、20 地点で風向、風速、気温、相対湿度、降水量、気圧を観測する METROS20 がある。

METROS100 は約 2.5 km、METROS20 は約 5 km 間隔の観測網で空間分解能の高い観測値が得られる。気象庁の観測網、たとえば、AMeDAS（約 20 km 間隔）では、都区部内に 4 点しかなく、複雑な分布を示す気象現象については十分な分解能があるとはいえない。また、AMeDAS では相対湿度、気圧の観測はなく、METROS20 のデータは観測要素という面からも、ヒートアイランド研究のみならず、メソスケールにおけるさまざまな気象研究分野にとって重要な観測といえる。AMeDAS データは予報業務ばかりでなく、大気汚染予測、集中豪雨に関するメソ擾乱解析、風環境や風力エネルギー評価などに利用されている。METROS についても、ヒートアイランドの調査、研究、対策のみならず、多方面への利用を目的としてデータを提供することが可能である。たとえば、METROS は、台風や低気圧通過時における都市部の様子を 10 分毎の高い時間分解能で観測している。METROS 観測期間に得られたこれらのデータは、メソスケールの気象数値予報モデルの開発分野においても、モデル検証デー

タとして提供することも可能であると考える。

そこで、本報告書ではメソスケールの気象解析における METROS データの有益性を示す事例として、2004 年 12 月 4 日～5 日にかけての低気圧通過時の都市部の詳細な気温変化について報告する。

なお、扱う昇温現象とは 5 日早朝（3:00～9:00）に南関東域で観測された、気温上昇からその後の急激な下降までをさす。昇温時とはこの上昇から下降までの時間帯を指す。本解析では、昇温現象の起こった地域と起こらなかった地域の気温時系列から昇温開始、昇温終了、昇温時間を算出し、各地点の昇温現象の有無、推移について報告する。

2 データ

2.1 METROS データ

図 1 は METROS の観測地点である。解析に用いたデータは METROS100 の気温、相対湿度と、METROS20 の風向、風速、気温、相対湿度、降水量、気圧である。対象期間は、低気圧の接近、通過した 2004 年 12 月 4 日正午から 5 日正午である。METROS20 および METROS100 は 10 分値であり、降水量は測定時刻前 10 分間の積算値、風速は測定時刻前 10 分間の平均値である。また、気圧は同地点の気温を用いて、海面校正してある。

METROS100 及び METROS20 の解析対象データは、器差補正後、時系列図、平面分布図を作成し、周辺の観測地点と比較して著しく異なった値、および明らかに観測上のミスと考えられた値は欠測とした。また、METROS100 については、解析期間内で暴風雨

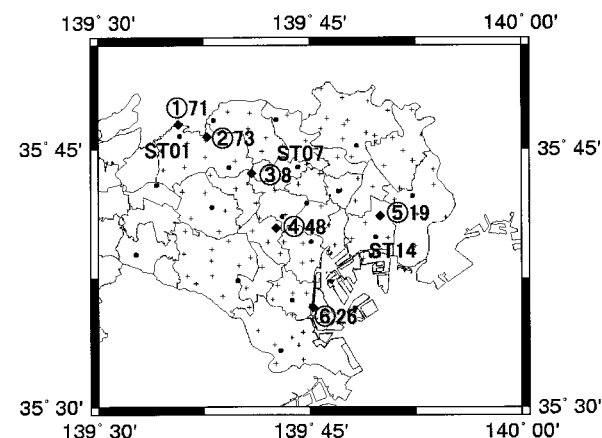


図 1 METROS 観測地点（●は METROS20、◆および+は METROS100 の地点、◆は図 5 作成に用いた地点を示す）

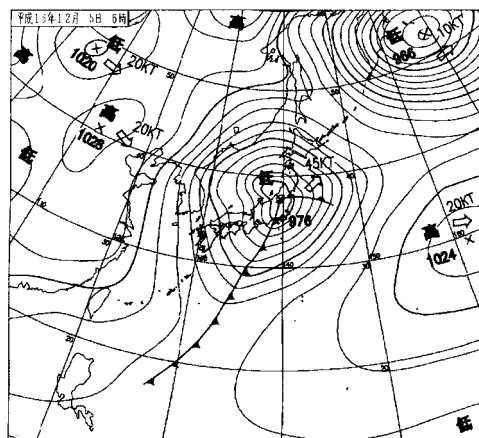


図 2 地上天気図（2004 年 12 月 5 日 6:00）気象庁

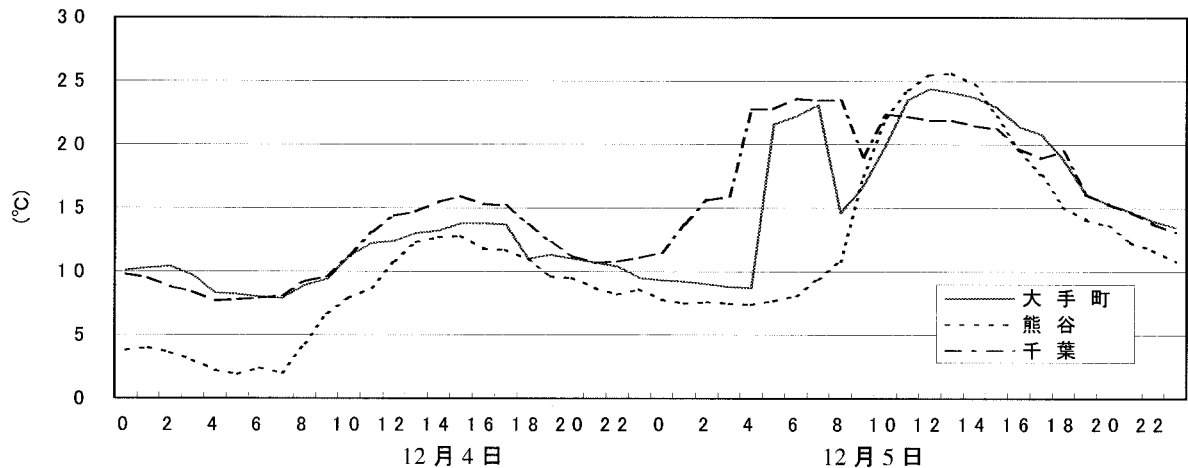


図3 大手町・熊谷・千葉における低気圧通過時の気温の時間変化

により測器の冠水が起こったと見られるエラーがあり、全 106 地点のうちこれらを除く 92 地点のデータを使用した。

METROS20 に関しては、高度と空間分布的な観点から、内陸部である ST01（高度 61 m）、沿岸部である ST14（高度 31 m）、その中間である ST07（高度 41 m）を用いた。METROS20 は都市キャノピー上端に設置する目的のため、各地の測器設置高度が異なる。そのため、これらの観測値を地点間で比較する際には高度による補正が必要である。ST01 はやや高度が高いが、適当な ST02（高度 44 m）が欠測であったため、利用した。データの補正については検討の余地があり、風速について絶対値の比較は行わないことにする。

2.2 気象庁データ

東京都区部よりも大きなスケールで低気圧通過に伴う気象状況の把握のため、気象庁の地上気象観測データを利用した。用いたデータは熊谷、千葉、大手町（官署）の気温時別値である。

3 12月5日早朝の昇温現象の解析

まず、2004 年 12 月 4 日～5 日の関東域における早朝の昇温現象の様子について概略を示す。次に、METROS20 および METROS100 から、この昇温現象が METROS スケール内で、どのような地域差が生じていたかを詳述する。

3.1 気象庁データにおける概況

図 2 は、2004 年 12 月 5 日午前 6 時の地上天気図である。2004 年 12 月 4 日から 5 日にかけて、低気

圧が発達しながら日本列島を縦断した。日本列島上を北東進してきた低気圧の中心が 5 日午前 6 時に関東地方に最も接近したと思われる。低気圧の中心は北緯 37 度東経 140 度であり、中心気圧は 976hPa であった。東京都区部を含む関東南部はこの低気圧の暖域内にあった。東京以南では昇温現象が起こり、冬季の早朝にもかかわらず、気温は 20℃を越えた。

気象庁の地上気象観測によると、南関東域の観測点ではこの早朝の昇温現象は観測されたが、北関東域の観測点では見られなかった。大手町、熊谷、千葉における低気圧通過時の気温の時間変化を比較すると、5 日の未明から早朝にかけて、大手町、千葉では低気圧の暖域によるとみられる昇温現象があった。しかし、熊谷ではみられなかった（図 3）。

3.2 METROS20 データ

図 4 は、METROS20 でとらえた 4 日 12:00 から 5 日 11:50 までの ST01、ST07、ST14 における気圧（a）、気温（b）、降水量（c）、風向（d）、風速（e）の時系列である。なお、降水量は 1 時間積算値である。

① 気圧

図 4（a）によると、気圧は全 3 地点とも 5 日 6:00 に最低となり、ST14 では 975.5hPa を記録した。図 2 の低気圧の中心気圧 976hPa とほぼ同程度であり、METROS 観測地点が低気圧の中心にかなり近かったと示唆される。

② 気温

図 4（b）では、沿岸部の ST14 で 5 日 4:00 に気温が著しく上昇し、4:30 には 20℃を越えた。7:00 に

は 23.1℃に達した後、降下を始め、8:00 には 14.8℃まで下がった。ST07 では、気温の上昇は 5:00 以降で、ST14 より遅く、6:30 に 22.3℃となった後、7:30 には 12.2℃まで低下している。ST07 で昇温現象は見られたものの、ST14 よりは短かったことがわかる。一方、内陸部の ST01 では 7:20 までは 10℃以下を保っており、その後も図 4 に見られるような、本

来の日変化を示し、本報告における早朝の昇温現象は見られなかった。以上から、沿岸部では、昇温現象の開始が早く終了が遅く、昇温時間が長い。一方、内陸部では昇温現象がなかった。中間部では沿岸部よりは昇温開始が遅く、終了が早く、昇温時間が短かったと考えられる。

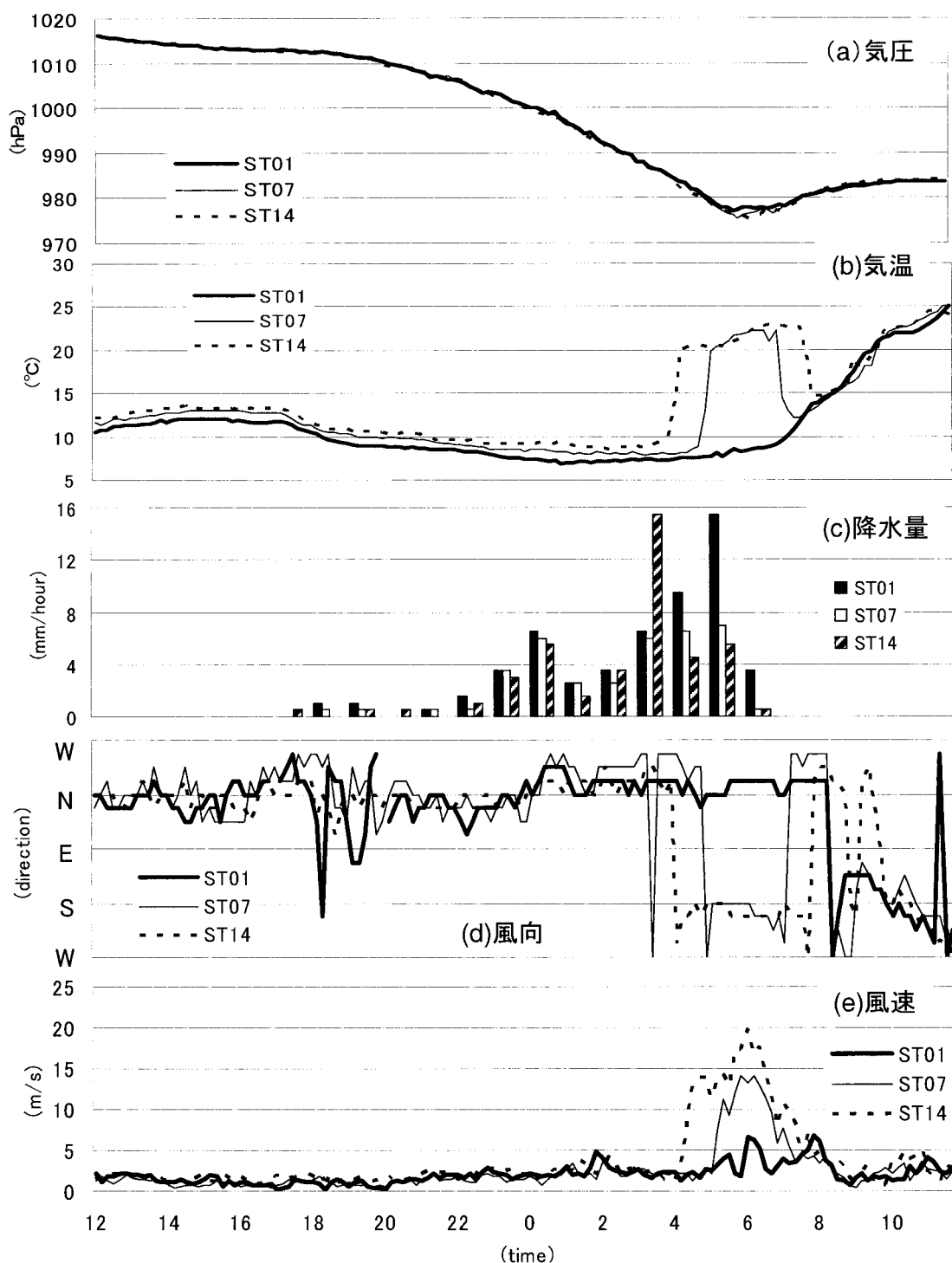


図 4 ST01・ST07・ST14 (METROS20) における気温の時間変化 (2004 年 12 月 4 日 12:00 ~ 5 日 12:00)
(a) 気圧、(b) 気温、(c) 降水量、(d) 風速 (太線・黒: ST01、白: ST07、破線・斜線: ST14)

③ 降水量

図4(c)では、4日18:00頃から翌朝まで降水がみられる。観測値は10分値であり、それによると降水の変化は地点ごとに異なり、ST07では、5日5:00前10分間の2mmを最高値に10分間で0.5mm～1.0mmの降水が断続的にあり、4日～5日にかけての降水量は36.5mmである。一方、ST01では5日5:00に4mmを観測し、総降水量は55mmとなった。ST14においても、5日の4:00前10分間に4.5mmを観測したが、総降水量は42mmであった。内陸のST01での降水が極大となる時刻は5:00過ぎに現れており、降水量はST14と同程度であった。降水からは、気温で見られたような沿岸部から内陸部への傾向はなく、地域ごとにばらつきが見られた。

④ 風向・風速

図4(b)から、風向は沿岸のST07とST04では昇温開始と同時にN方向からS～SW方向への変化があったが、ST01では、同様の風向の変化はみられない。全地点で本来の日変化に伴う気温上昇とともに、9:00以降はSを中心に吹走した。風速をみると(図4(e))、ST07、ST14では、昇温開始に伴うS～SW方向への風向変化に対応して、風速も大きくなる。ST14では10分間の平均風速が19.9m/sに達し、かなりの強風であった。最大瞬間風速は5日6:00に33.8m/sを記録している。ST07についても5:50と6:10に平均風速14.1m/sとなり、6:20に最大瞬間風速は30.4m/sを記録した。一方、ST01では、6:00頃やや風速が大きくなっているが、最大瞬間風速でも6:20に12.7m/sで、平均風速は7:50に6.8m/s、最高値は13:30の8.3m/sであった。風系からST01、ST07、ST14では状況はかなり異なっていたことがわかる。

⑤ まとめ

以上、METROS20の3地点の比較から、低気圧の接近に伴い、5日6:00頃を中心とする4:00から8:00にかけて、SW方向からの強風とともに気温が上昇し、ST07、ST14では12月の早朝にもかかわらず20℃を越えた。また、気温は、風向がN方向に戻り風速が弱まると下降し、昇温現象のみられなかったST01と同程度の気温となった。その後は、昇温現象の有無に関係なく、ST01、ST07、ST14とも本来の日変化と思われる気温変化となった。

3.3 METROS100の気温変化

ST01、ST07、ST14で見られた沿岸部と内陸部の気温変化の違いについて、METROS100を用いて検証してみる。図5は都区部で昇温現象が起こった5日の3:00～10:00までの気温変化を示したものである。用いたデータは図1の地点①71、②73、③8、④48、⑤19、⑥26(以下、地点①、地点②、……と記す)である。地点①から地点⑥に向かって北西部から沿岸部へととなっている。沿岸部に関しては、東部と南部側に地点を取った。図5に各地点での12月5日3時から10時の気温変化を示す。各地点の気温変化は①(紫)、②(青)、③(緑)、④(黄色)、⑤(赤)、⑥(茶)である。東京都心部から沿岸部をカバーする地点④、地点⑤、地点⑥の気温変化パターンは類似している。METROS20の3地点との関係は、地点①とST01、地点③とST07、地点⑤とST14が同様の気温変化をしていた。

地点①の気温変化は、METROS20のST01と同様に本来の日変化と思われる時系列を示し、7:10までは10℃以下を保っており、6:00前後の昇温現象は見られなかった。同様の気温は、北西部の練馬区、板橋区に設置されたポイントでも観測され、北西部では昇温現象が起こっていないことが確認できた。

一方、地点①以外では昇温現象が見られ、図5から、気温の上昇は沿岸部の南部に位置する地点⑥が最も早く、地点⑤、地点④、地点③、地点②の順で進んでいる。逆に、気温の低下は地点②から始まり、地点③、地点④、地点⑤、地点⑥と進んでいる。図4(b)の

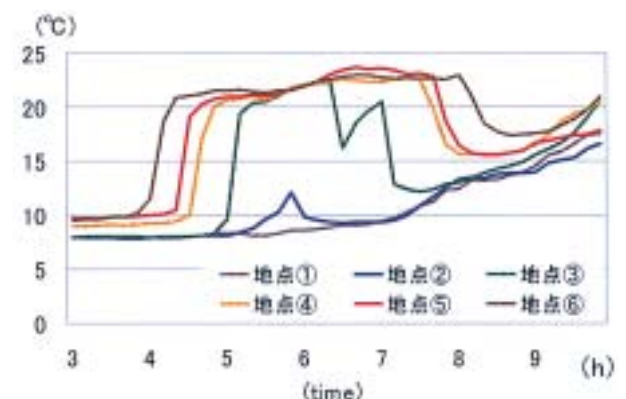


図5 METROS100の気温変化

図1の地点①71、②73、③8、④48、⑤19、⑥26の12月5日3:00～10:00の気温時系列。東京都区部北西部から南西部にかけての代表的な気温変化パターン。

3 地点の結果とも一致し、昇温現象が南東部沿岸部から始まり、北西部へと広がった後、再び南東沿岸部へ後退したことを示している。

図 6 は昇温時間の長さの分布である。ここで、昇温時間とは、2004 年 12 月 5 日 3:00 ～ 10:00 で、昇温現象の起こらなかった METROS100 の 4 地点の気温時系列を基準にし、その傾きがより大きく変化した時間から戻った時間までとする。各地点における昇温開始、終了の時刻を 10 分単位で求め、その差から昇温時間を導いた。

図 6 から、昇温時間は都区内南東部の沿岸で最も長く、北西部に向かうにしたがって短くなっている。昇温時間は最長の地点で 300 分を超えていた。また、昇温時間が 0 分以下の地域が北西部にあり、昇温現象の有無の境界線がこの付近にあったと考えられる。昇温時間の等値線は、主に SW－NE の走向で、昇温時間の長短の違いは SW－NE 方向の分布を持ち、沿岸部から内陸部に向かって小さくなっている。

図 5、図 6 の結果から、昇温現象が南東部の沿岸域から始まり、北西部へ広がり、また南東部に後退と一様に変化し、その変化は SW－NE の走向をもって進

んだことが確認できた。

図 7 は 2004 年 12 月 5 日 6 時の METROS100 の 92 地点より作成した気温分布図である。北西部には等温線の込み合った気温傾度の大きな領域が見られる（以下、単に気温傾度の大きな領域と呼ぶ）。この気温傾度の大きな領域の北西側には 10℃以下の低温域があり、地点①を含む昇温現象の見られなかった地点はこの部分にある。図 5 の地点①の気温変化と図 6、図 7 から、気温傾度の大きな領域の北西側では、図 3 の熊谷の気温変化と同様に、低温を保ったまま気温は変化し、昇温現象がおこらなかったことが示された。

次に、図 7 で気温傾度の大きな領域の暖気側の 20℃の等温線（以降、単に不連続線と呼ぶ）の南東側では、一様に 20℃以上となっていて、温暖な気塊内にこの範囲が覆われていたことがわかる。図 5 で昇温現象のあった地点の気温変化を詳細に見ると、地点③、地点④、地点⑤、地点⑥は昇温時間の長さは異なるが、どの地点も 5:00 過ぎには気温が 20℃を超え、6:00 には 22℃弱となる。つまり、昇温時は地点③から地点⑥まで広範囲にわたり、同程度の気温まで一様に上昇していた。これは、6:00 に北西部を除いた地域が一様

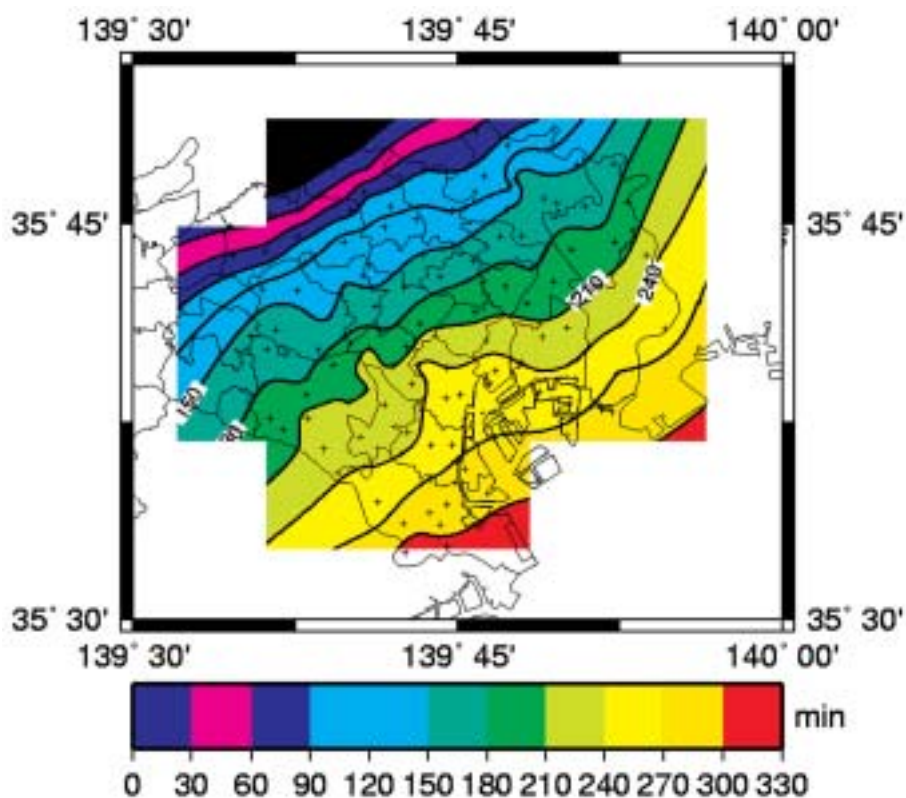


図 6 METROS100 における昇温時間の分布（分）

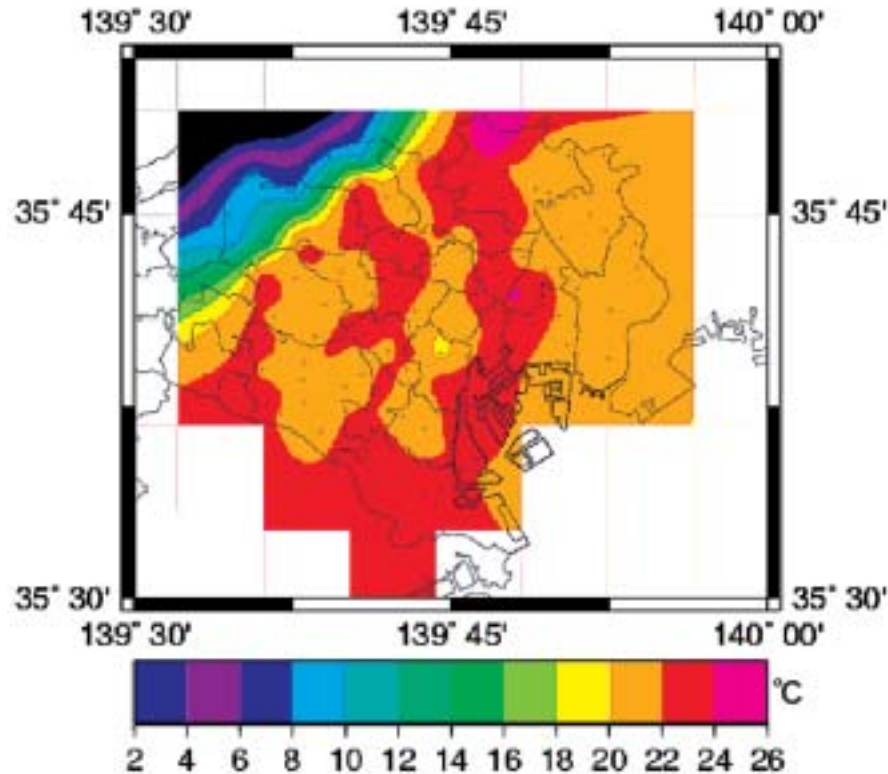


図7 METROS100 における東京都区部の 2004 年 12 月 5 日 6:00 の気温分布 (°C)

に 20 °C 以上となっている図 7 の結果とも一致している。

一方、図 5 の地点②の気温変化を見ると、他の 4 地点とは異なり、気温は 15 °C に達していない。地点②と同様の変化を示した地点は、昇温現象のなかった地点のやや南側で、練馬区、板橋区のほぼ中心部に SW - NE 方向でライン状に分布していた。これらの地点は図 7 において気温傾度の大きな領域内にあたり、20 °C を超える温暖な気塊は、地点②を含むこれらの地点までは達しなかったことがわかった。

また、図 5 の地点③の気温変化では、昇温時に一端気温が下降し、再び上昇、下降するといった気温の極大を 2 回もつ特徴的な変化を示している。地点③と同様の気温変化を示した地点は不連続線の南東側に SW - NE 方向でライン状に分布する。

このような気温変化は、1 時間値の気象庁データからは確認できない。また、空間分布は AMeDAS ではその空間密度が粗く、地点③と同様の気温変化をしている地域を確認することはできない。気温傾度の大きな領域は暖気と寒気の境界にあたり、今回、このような局地前線帯における詳細なデータが得られたことは

メソスケールの気象学的立場からも重要なことといえる。

4 まとめ

以上のように、温帯低気圧の通過に伴い、12 月 5 日の 6:00 前後を中心に都区部南東側は 20 °C 以上の温暖な気塊内に入り、関東南部でみられた昇温現象が現れた。一方、都区部北西側では昇温現象は見られず、昇温現象の境界域が METROS の観測網内を斜断し、気温傾度の大きい領域内の詳細なデータが得られた。

昇温現象を起こした温暖な気塊は南部沿岸部から、SW - NE 方向の線上に沿って沿岸部から北西部へ向かって広がり、昇温現象の境界部へ達した後、北西部から南東沿岸部へ後退した。また、12 月 5 日 6:00 には沿岸部から内陸部にかけて温暖な気塊内に入り、気温は一律に 20 °C 以上となった。

昇温時間も温暖な気塊の進行に合わせて、沿岸部で長く内陸部で短いという結果となった。しかしながら、図 6 を見ると、240 分の等値線は内陸側へ蛇行した形で昇温時間が長くなっている。この原因については、地形によるものか、都市構造や都市効果によるものか

など数値モデルなどを使った解析による定量的な解明が必要と考えられ、今後の課題とする。

METROS20、および METROS100 により得られたデータはさまざまな気象条件下における都市環境の実態把握において重要なだけでなく、メソスケール気象学においても貴重なデータであることが改めて確認できた。今後は各研究機関と連携をとり、これまで蓄積した METROS データの活用を進めていきたいと考えている。

参考文献

- 1) 安藤晴夫・塩田 勉・森島 済・小島茂喜・石井康一郎・泉 岳樹・三上岳彦、2003：2002 年夏期における都区部の気温分布の特徴について、東京都環境科学研究所年報 2003、pp.81-87.