

夏期における東京都区部のヒートアイランドの実態について

— 2002 年～ 2004 年における METROS 観測結果 —

横山 仁 安藤 晴夫 山口 隆子 市野 美夏*

秋山祐佳里* 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

高密度に配置された METROS100 および METROS20 のデータをもとに、夏期における東京都区部の気温分布を調べた。その結果、今までわからなかった詳細なヒートアイランドの実態が明らかとなった。すなわち、日中は、主として都心から北および北西方向にかけて高温となる傾向が認められたが、夜間から早朝にかけては、都心及び東京湾岸を中心とした地域に明瞭な高温域が認められた。また、気温分布と比湿分布の解析から、海風の侵入にともない気温が低下する現象が認められたが、同時に、海風は都心等気温の高い地域の風下側に対して、高温化をもたらすことが推察された。このことから、今後、都心地域では重点的にヒートアイランド対策を講じることが必要であると考えられた。

キーワード：ヒートアイランド、東京都区部、気温分布、熱帯夜日数、気温 30℃以上の時間

Realities of Summer Urban Heat Island in Tokyo Wards

— Observation results of METROS since 2002 to 2004 —

YOKOYAMA Hitoshi, ANDO Haruo, YAMAGUCHI Takako,

ICHINO Mika *, AKIYAMA Yukari *, ISHII Koichiro,

MIKAMI Takehiko **

* Associate researcher ** Tokyo Metropolitan University

Summary

We examined the realities of urban heat island phenomena in Tokyo Wards in summer by analyzing data of the high density heat island observation net (METROS100 and METROS20). As a result, it became clear that the detailed reality of heat island in Tokyo Wards department which was not provided became clear so far. Main results are as follows. In daytime, air temperatures in the area where the central Tokyo toward the northern and northwest were high. On the other hand, there was high temperature area from the central Tokyo toward the Tokyo Bay; so-called heat island was appeared from late mid-night to early morning. By analyzing the distribution of air temperature and specific humidity, we were able to confirm the phenomena of air temperature decreasing by invasion of the sea breeze. At the same time, it was thought that it was necessary to execute the heat island measures emphatically as for the central Tokyo in the future, because it was suggested that the area in leeward become high temperature so that the sea breeze may transport high temperature air.

Key words : Heat Island, Tokyo Wards, Distribution of Air Temperature, Number of Days of Tropical Night, Periods of over 30 °C

1 はじめに

ヒートアイランド現象による都市の気温上昇は、熱中症など人体への影響のほか、生態系の変化、大気汚染濃度の上昇、集中豪雨の発生、エネルギー消費の増加など多くの事象に対して関与していると考えられている¹⁾。2004 年は、7 月 20 日に、東京（大手町）で観測史上最高の 39.5 °C を記録するなど、記録的な猛暑となった。また近年、熱帯夜日数も 30 日を超える状況が続いており、東京におけるヒートアイランド現象の進行が顕著となっていることを示している。こうした中、ヒートアイランド現象に対する都民の関心は益々高まりをみせ、都においても行政上の重要課題の一つとして、全庁的な取組みを開始している。なかでも、平成 15 年 3 月に策定された「ヒートアイランド対策取組方針」をはじめ、人工排熱や地表面被覆の違いが、大気に与える影響（熱負荷）を示した「熱環境マップ」の作成、さらには、これに基づいた区部 4 箇所における「ヒートアイランド対策推進エリア」の設定、そして、「ヒートアイランド対策ガイドライン」の作成など、国や区等と連携を図りながら、精力的に対策を推進している²⁻⁴⁾。東京都環境科学研究においても、これらの施策を支援するため、従来からさまざまなヒートアイランドに関する研究に取り組んできた⁵⁻¹³⁾。その結果、ヒートアイランド現象は局地性が強く、そのメカニズムの解明や原因の究明には、詳細な観測データが必要ながことが明らかとなってきた。しかし、東京都区部での気温の観測データは、気象庁アメダスの 4 地点のみであるため、詳細な解析は不可能であった。そこで、東京都環境科学研究所では、2002 年から、東京都立大学（現：首都大学東京）と共同で、「ヒートアイランドの対策効果予測に関する研究」を開始し、METROS100 および 20 により、高密度な気温等の連続観測を開始した。

ここでは、METROS により得られた約 3 年間の気象観測結果をもとに、夏期における気温分布の実態をまとめたので報告する。

2 観測方法

東京都区部にある小学校 100 校の百葉箱内に、デー

タロガー付温湿度計（日置電機株式会社 3641 温湿度ロガー）を設置し、2002 年 7 月 15 日から 10 分間隔で測定を開始した（METROS100）。各地点は約 2.5 km 間隔で配置されている。一方、METROS20 は、都区部 20 地点のビル屋上に設置した気象測器により、風向・風速、気温、湿度、降水量、気圧を 10 分間隔で測定し、そのデータを 1 時間ごとに、電子メールで東京都環境科学研究所と東京都立大学に自動配信するシステムである。METROS の観測体制については、安藤ら¹²⁾ に詳しく述べられているのでここでは省略する。本報では、主に METROS100 の平均値や出現頻度等を平面補間し、未観測地点の状況等も含めた気温分布等の解析を行った。

3 結果と考察

(1) 夏期における高温日の事例解析

観測期間中、夏期の平均気温が最も高かった 2004 年における高温日のケースについて検討する。

a. 夏型の気圧配置時における気温分布

図 1 に、典型的な夏型の気圧配置の日の 13 時における気温分布を示す。図を見ると、23 区全体が一様に高温となつてはならず、地域ごとに気温差があることがわかる。

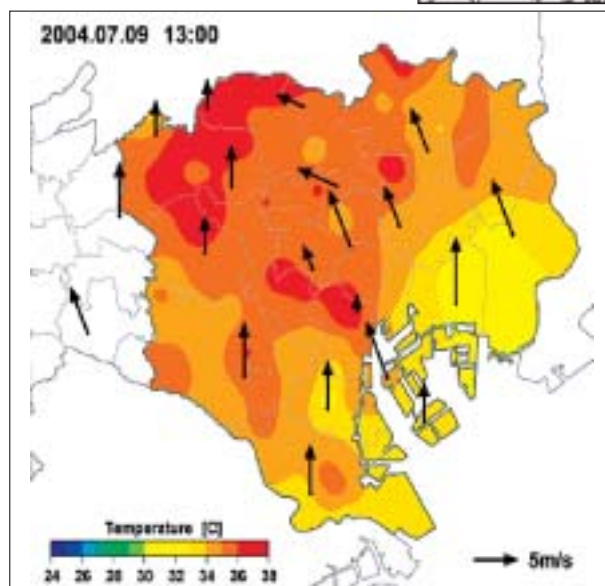


図 1 2004 年 7 月 9 日の 13 時における気温分布（上図は午前 9 時における地上天気図）

気温が高いのは、都心付近から北西部にかけてであり、港区付近を除く東京湾岸部は気温が低い。特に、江戸川区の気温の低さが目立つ。北西部が高温となるのは、23区の中で最も海から遠いために、内陸性の気候を呈し、日中、より暖まりやすいことが主な原因と考えられるが、都心付近の高温空気が、日中卓越する南よりの風によって輸送されてくることも、高温化の原因の一つと推察される。一方、東京湾に接する地域では、海岸に近いことから、海岸気候を呈し、高温となりにくいものと考えられる。しかし、東京湾に接する地域の中で、港区付近のみ気温が高くなっている。汐留地区で近年建築が相次いだ高層建築物の影響とする説¹⁴⁾があるが、実証するに十分な観測データが得られていない。矢印により示された23区の風系の状況から、5m/sを超える海風が侵入しているとみられる江戸川・江東両区では、他地域に比べ気温が低くなっている。

b. フェーン時の気温分布

図2に、フェーンが発生したとされる2004年7月20日13時における気温分布を示す。太平洋高気圧が西日本にまで張り出し、東

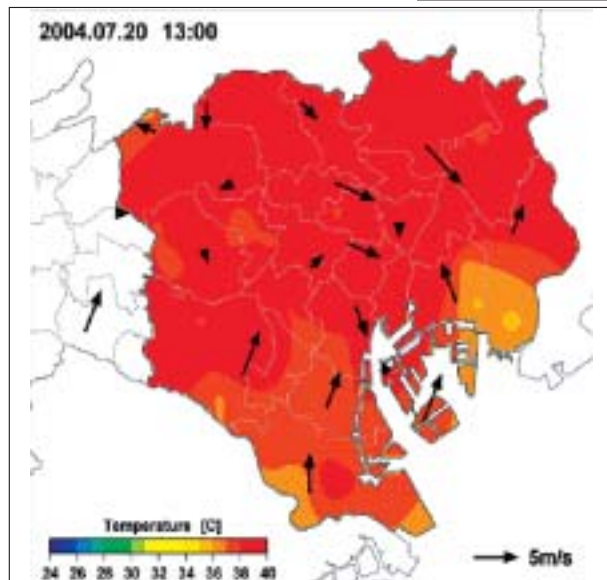
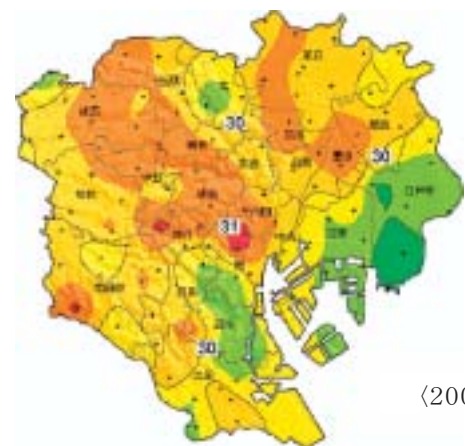


図2 2004年7月20日の13時における気温分布
(上図は午前9時における地上天気図)

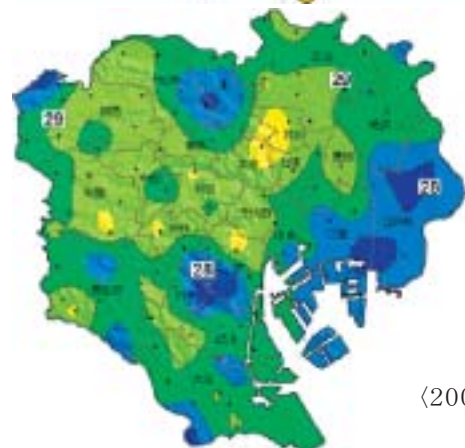
京大手町で観測史上最高気温(12時58分、39.5℃)を記録した同日は、典型的な夏型の気圧配置時に比べ、区部全域が40℃近い高温となっていたが、高温域はより東部の地域に偏在する傾向が認められた。これは、太平洋高気圧の西日本への張り出しに伴い関東地方に

北西風が吹き、関東山地越えのフェーン現象が主な原因で高温化がもたらされたもので¹⁵⁾、より風下ほど気温が高くなったものと考えられる。

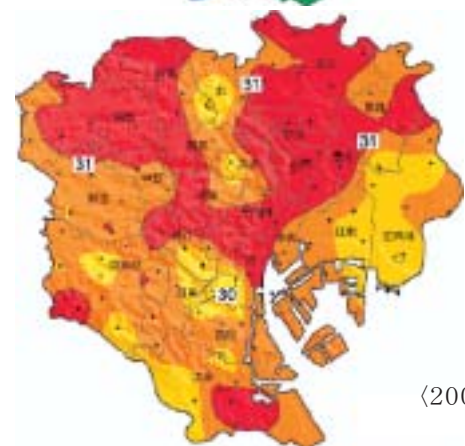
以上の事例のように、気温分布と卓越する風向との間には密接な関係が認められ、都区部における気温分布も一様ではないことが明らかとなった。これらのことは、高温域は相対的に風下側に偏在するという一連の報告^{13, 16, 17)}を、実際に都区部における長期間の観測データによって立証したものといえる。



(2002年)



(2003年)



(2004年)

図3 夏期における日最高気温平均値(℃)の分布
(各年とも7月20日～9月30日の平均値)

(2) 3年間の日最高気温平均値の分布

図3に、3年間の日最高気温分布を示す。日最高気温の平均値は、年ごとで異なるものの、分布の傾向は3年間とも類似しており、都心から北および北西方向にかけて高温地域が広がる傾向が認められた。一方、港区を除く東京湾岸部では、気温が低い傾向が認められた。特に、江戸川区と江東区、品川区は気温が低かった。また、北区においても、周辺に比べ気温が低かった。全体的に、高温域や低温域が散在している傾向が認められ、いわゆるヒートアイランドと見られる一つの閉じた等温線の配置は認められなかった。これは、日中の太陽放射により局所的な土地利用の違いを反映した気温分布となることや、人工排熱の存在が大きく影響を及ぼしている結果と考えられた。

(3) 3年間の日最低気温

温平均値の分布

図4に、3年間の日最低気温分布を示す。日最低気温の平均値は、年ごとにやや異なるものの、気温分布の傾向は、3年間ともほぼ同じで、高温域は都心を含む東京湾岸に沿う形で広がっていた。一方、北西部や北東部では、相対的に低い傾向が認められた。気温分布は日最高気温とは異なり、比較的まとまりのある閉じた等温線配置がみられ、ヒートアイランドの形成が認められた。最高気温よりも最低気温の場合に明瞭にヒートアイランド現象が現れるとする既往の研究^{7, 11, 16)}に一致する結果が得られた。



図4 夏期における日最低気温平均値の分布（各年とも7月20日～9月30日の平均値）

(4) 気温30℃以上の時間割合の分布

日中の高温化の目安として、日最高気温や真夏日日数による評価があるが、ともに、我々が体感する暑さを十分に表現しているとはいえない。一方、熱中症患者の搬送者数と気温との関係では、気温が29～30℃を超えたあたりから、熱中症患者搬送者数が増え始める傾向が認められている¹⁸⁾。したがって、気温が30℃を超える高温に暴露される時間を検討することが、より日中の暑さを表現しているものと考えられる¹⁾。図5に気温30℃以上の時間割合の分布を示す。気温が30℃を超えた時間数が多いのは、日最高気温の場合と同様に、都心部から北部にかけてであるが、日最高気温の分布図に比べて、荒川区や足立区等の区部のやや東より



図5 夏期における気温30℃以上の時間割合(%)の分布（各年とも7月20日～9月30日の平均値）

に高温域が偏在している傾向が認められる。これらの地域は、より熱中症に対する注意が必要な地域であるといえることができる。

(5) 熱帯夜日数の分布

日最低気温が25℃を下回らない熱帯夜日数は単に寝苦しさ表現しているだけでなく、熱中症発生との関連性も指摘されており¹⁾、重要な健康影響の指標となっている。図6に、3年間の熱帯夜日数分布を示す。熱帯夜日数は年ごとに大きく異なっていたが、分布の傾向は3年間ともほぼ類似していた。3年間を比較すると、気温30℃以上の時間割合の分布と同様に2003年の冷夏、2004年の猛暑の状況が明瞭に現れていた。

熱帯夜の日数は、区部中央部から東よりの地域と東京湾に沿った南部沿岸部に掛けて多い傾向が認められた。一方、西部や東部は、相対的に少ない傾向が認められた。区部中央部等の熱帯夜日数の多い地域は、「地表面被覆の人工化」により、日中蓄えられた熱が夜間に放出されることと、夜間も続く「人工排熱の発生」により、気温が下がりにくくなっているものと考えられた。日数が多かったのは、都心部から、江戸川区、江東区を除く東京湾岸

に沿った地域で、北西部の地域では、相対的に日数が少ない傾向が認められた。分布の傾向は、日最低気温とほぼ同様であった。

以上のような、3年間の気温分布等の詳細な特徴は、従来のような気象庁アメダスによるデータ解析からは得られなかったものであり、本システムにより初めて明らかとなったものである。分布の特徴としては、安藤ら¹²⁾による2002年のみの解析結果に類似していたが、2002年に比べ、2003年および2004年の方

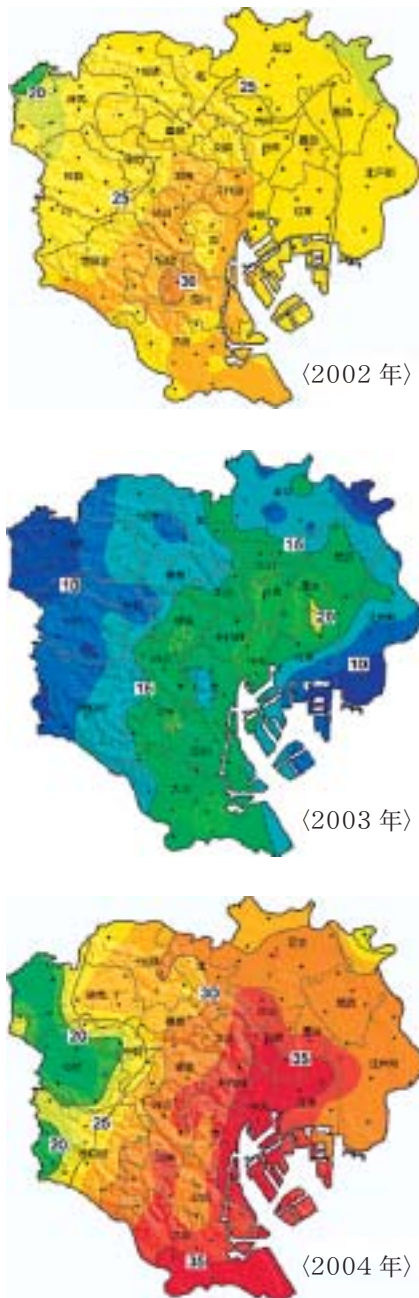


図6 夏期における熱帯夜日数(%)の分布(各年とも7月20日～9月30日の平均値)

が、やや高温域が東よりに偏在している傾向が認められる。土地利用や人工活動の変化によるものなのか、年ごとの気象条件の違いによるものなのか詳細は定かでない。引き続きこれらの状況を含め、23区全体の監視を継続していく必要があると思われる。

(6) 都区部の気温分布と海風との関係

図7に、観測史上最高気温を記録した2004年7月20日の気温分布と比湿分布の時間変化を示す。9時頃より強い北西風が吹きはじめ、正午頃には区部のほぼ全域が38℃以上の高温となっている。13時頃より、区部南部の風向が南よりに変わりはじめ、東京湾岸東部の江戸川区付近の気温が低下し始めた。その後、15時頃には区部のほぼ全域で風向が南～南西へと変化した。顕著な気温の低下が認められたのは、区部東部に当たる江戸川区付近のみであった。これらの状況について、比湿との関係で検討すると、風向が南よりに変化すると同時に、高比湿域が主として江戸川区付近に侵入し始めている。区部南部の大田区、世田谷区付近でも若干の比湿の高まりは見られるが、江戸川区付近ほどの高比湿ではなかった。すなわち、江戸川区付近は、ほぼ真南の風のため、直接東京湾から比湿の高い海風が侵入していると考えられるが、区部南部では、南側が陸地であったため、東京湾からの風ではなく、陸地を経由した風となっていた。そのため、比湿の上昇がみられず、気温の低下も認められなかったものと考えられる。こうしたことから、東京湾からの海風の侵入が、気温低下に大きく影響を及ぼしていることが示唆された。なお、江東区においても、江戸川区とほぼ同様に南よりの風向により高比湿域となっていたにもかかわらず、気温の低下が鈍いが、これには湾岸部における土地利用の違いが大きく影響を及ぼしているものと推察される。

気温分布と海風との関係は、以上のようなヒートアイランドの緩和という側面が考えられる一方で、(1)のように都心付近の高温空気を風下側へ輸送している点も考慮する必要がある。こうしたことから、今後、23区内におけるヒートアイランドの緩和を検討する場合、海風による冷却効果を最大限に活用する対策と同時に、都心付近における重点的なヒートアイランド対策の実施が重要であると考えられる。

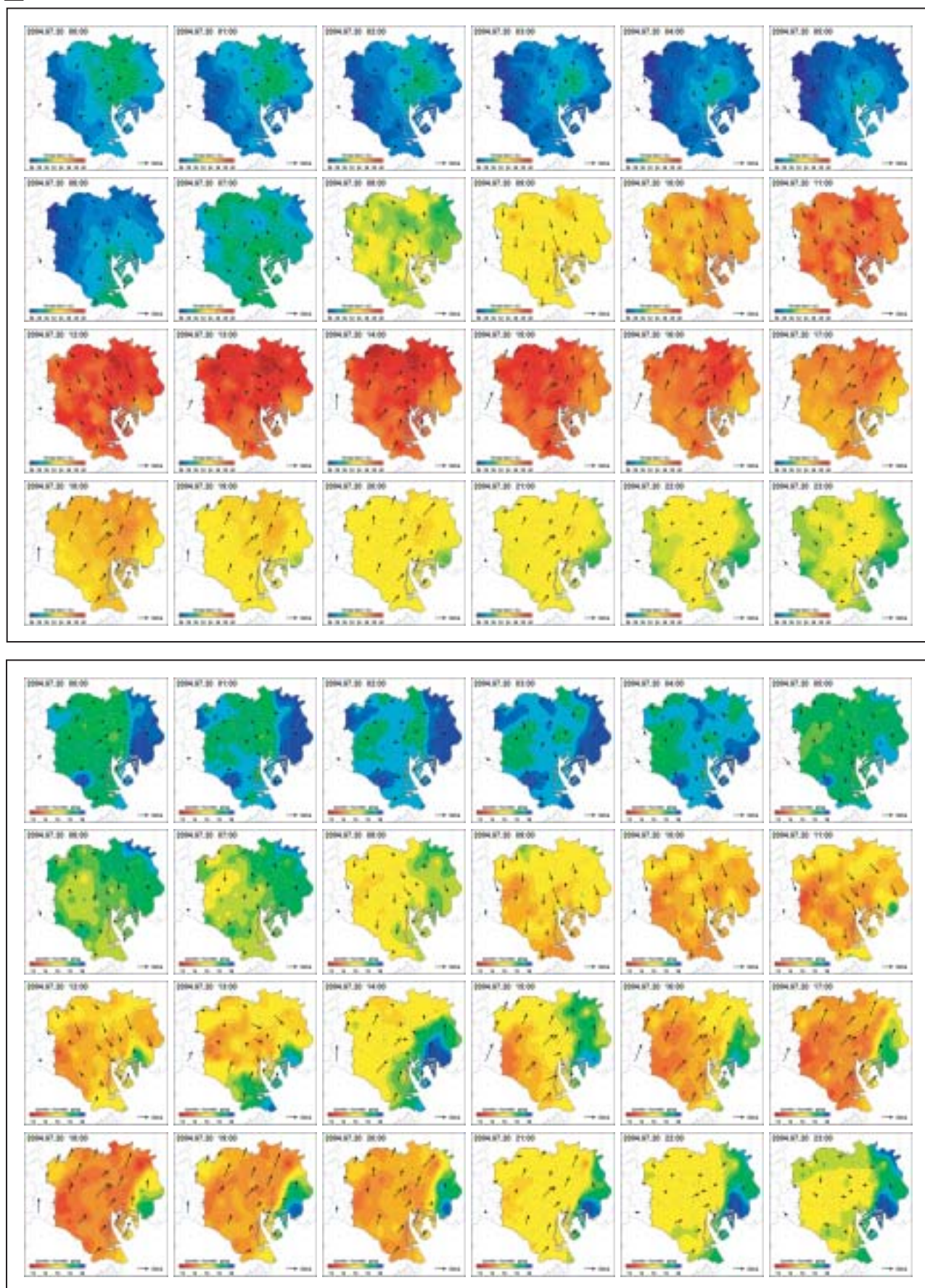


図7 2004年7月20日における気温（上半分図）および比湿（下半分図）の時系列変化

4 まとめ

METROS による観測の結果、猛暑となった 2004 年の気温や熱帯夜日数の傾向は、平年並の暑さだった 2002 年、および冷夏となった 2003 年においても、ほぼ同様に認められた。気象条件は各年で異なることから時間割合・日数等に違いはあるものの、現象の分布は類似した傾向を示しており、ヒートアイランド現象に一定の地域差があることが、METROS による観測の結果、はじめて明らかとなった。

本観測により明らかとなった主な点は以下の通りである。①日中の高温域は、都心から北および北西方向にかけて分布していたが、一定のまとまりはなく、分散する傾向が認められた。②夜間から早朝にかけての高温域は、都心及び東京湾岸を中心とした地域にみられ、いわゆるヒートアイランドが形成されていた。③都心から北東部にかけては、昼夜ともに高温となりやすい地域であり、熱中症等健康影響の面からも特に注意を要する地域であると考えられた。④気温分布と比湿分布との解析から、海風の侵入によって、気温が低下する現象が捉えられた。⑤都心付近の地域は、風下となる地域に対して、高温化をもたらすことが推察されたことから、今後、重点的な対策を講ずることが必要な地域であると考えられた。

引用文献

- 1) 環境省：平成 16 年度ヒートアイランド現象による環境影響に関する調査検討業務報告書、p.118 (2005)
- 2) 東京都：ヒートアイランド対策取組方針～環境都市東京の実現に向けて～、p.43 (2003)。
- 3) 東京都：熱環境マップとヒートアイランド対策推進エリア、<http://www2.kankyo.metro.tokyo.jp/heat/maperia.html> (2005)。
- 4) 東京都：ヒートアイランド対策ガイドライン、p.26 (2005)。
- 5) 宇田川満、早福正孝、伊藤政志：赤外線撮像装置による地表面温度分布－公園緑地周辺－、東京都環境科学研究所年報 1991－2、pp.46-53 (1991)。
- 6) 伊藤政志、宇田川満、早福正孝：最近の東京における都市気温分布の変化について（その 2）、東京都環境科学研究所年報 1992、pp.39-43 (1992)。
- 7) 伊藤政志、宇田川満、三上岳彦：東京都内の気温分布について（その 1）、1994 東京都環境科学研究所年報、pp.35-46 (1994)。
- 8) 甲斐憲次、伊藤政志、宇田川満、糸賀勝美：環八雲の発生条件に関する気候学的研究－1989 年 8 月の統計解析について－、東京都環境科学研究所年報 1994、pp.27-34 (1994)。
- 9) 三上岳彦、若林明子、宇田川満、伊藤政志：東京のヒートアイランドに関する研究（その 1）－数値モデルの作成と現況再現シミュレーション－、1997 東京都環境科学研究所年報、pp.38-48 (1997)。
- 10) 三上岳彦、若林明子、宇田川満、伊藤政志：東京のヒートアイランドに関する研究（その 2）－ヒートアイランド改善対策とその効果－、1997 東京都環境科学研究所年報、pp.49-56 (1997)。
- 11) 三上岳彦：都市ヒートアイランドの実態－東京の事例を中心に－、環境情報科学、32(3)、pp.32-36 (2003)。
- 12) 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：2002 年夏期における都区部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 (2003)。
- 13) 三上岳彦・安藤晴夫・横山仁・山口隆子・石井康一郎・塩田勉・森島済・小島茂喜・泉岳樹：東京都区内における夏期ヒートアイランドの時空間変動、東京都環境科学研究所年報 2004、pp.11-17 (2004)。
- 14) 池田直樹・李海峰・松沼宏樹・足永靖信・早川潤・高橋信之・増田幸宏・尾島俊雄：汐留・環状二号线新橋周辺開発地域における風環境の風洞実験研究、日本建築学会関東支部報告集、pp.659-662 (2004)。
- 15) 加藤輝之・林修吾・吉崎正憲：2004 年 7 月 20 日の東京周辺部の高温の原因について、日本気象学会 2004 年度秋季大会予稿集、82、p.247 (2004)。
- 16) 榎根 勇：東京とその周辺地域における日最低気温分布の都市気候学的考察、地理学評論、33、pp.564-572 (1960)。
- 17) 水越允治：都市気温の分布の風との関係についての一考察、地理学評論、38、pp.92-102 (1965)。
- 18) 小野雅司：地球温暖化と健康、<http://www.nies.go.jp/impact/>（国立環境研究所）(2004)。