

ヒートアイランド監視報告
(平成 20 年－東海地方)

平成 21 年 5 月
気 象 庁

目次

1. はじめに	1
1. 1 調査の背景と本報告の構成	1
1. 2 ヒートアイランド現象の定義とその成因	1
1. 3 都市気候モデルによる調査について	2
2. 東海地方のヒートアイランド現象	3
2. 1 東海地方の地勢	3
2. 2 都市気候モデルを用いた調査	5
2. 2. 1 夏季における晴天弱風日(2008年8月12日の事例)	5
2. 2. 2 冬季における晴天弱風日(2009年1月28日の事例)	12
2. 2. 3 顕著に高温となった日における都市の影響(2007年8月16日の事例)	15
3. 2008年夏季におけるヒートアイランド現象について(近畿、関東)	19
4. 観測データの長期変化からみる日本各地のヒートアイランド	22
4. 1 都市の気温の長期変化傾向	22
4. 2 冬日、熱帯夜、猛暑日の日数の長期変化傾向	25
5. 謝辞	29
6. 参考文献	29

1. はじめに

1.1 調査の背景と本報告の構成

近年、都市化の進展に伴い顕著となりつつあるヒートアイランド現象は、夏季においては、気温の上昇や熱帯夜の増加によって生活上の不快感を増大させ、熱中症等の健康への被害も生じさせている。また、冬季においても、植物の開花時期の変化や蚊等感染症を媒介する生物の越冬などの生態系の変化も懸念されているところである。政府は、ヒートアイランド対策に関する国、地方公共団体、住民等の対策や取り組みを推進するため、平成16年3月に「ヒートアイランド対策大綱」を取りまとめた。この大綱において行うこととされたヒートアイランド現象の観測・監視のための取り組みとして、気象庁ではヒートアイランド現象に関する調査を実施し、平成16年度から「ヒートアイランド監視報告」として気象庁ホームページで公表している。

これまで「ヒートアイランド監視報告」では、主に関東地方と近畿地方におけるヒートアイランド現象について、数値モデルを使ったシミュレーション調査等を実施してきた。本報告では新たに我が国の3大都市圏の一つである東海地方を取り上げ、名古屋市を中心とした都市が東海地方の気温に及ぼす影響についての調査結果を示す(2章)。また、平成20年の夏は、西日本を中心に高温となったことから、近畿地方と関東地方について、ヒートアイランド現象が顕著に現れる晴れて風が弱い日の調査結果をあわせて掲載する(3章)。最後に、長期間の気象観測結果から、全国の大都市における気温の長期的な変化傾向について述べる(4章)。

本報告に掲載した資料を、ヒートアイランド対策や調査研究の基礎的な資料として活用していただければ幸いである。

1.2 ヒートアイランド現象の定義とその成因

ヒートアイランド現象(heat island=熱の島)とは、都市の気温が周囲よりも高い状態のことである。一般に、気温分布図を描くと等温線が都市を取り囲む様子が地形図の島のような形になることから、このように呼ばれる。ヒートアイランド現象は「都市がなかったと仮定した場合に観測されるであろう気温に比べ、都市の気温が高い状態」としても定義することができる。都市では、草原や森林等のような植生域と比べた場合、以下のような特徴(都市化の影響)があるために、ヒートアイランド現象が発生し、それに伴い風の流れにも変化が生じる。

なお、より詳細な説明については「ヒートアイランド監視報告(平成18年夏季―関東・近畿地方―)」の2章を参照されたい。

(1) 土地利用状態の変化

農地、緑地、水辺空間等では、水分の蒸発に伴う熱の吸収が気温の上昇を抑える働きをする一方で、都市では、地表面がアスファルトやコンクリートに覆われて水分が少ないため、地表面から大気に与えられる熱が多くなり、気温が上昇する。

(2) 建物の効果

都市では、太陽からの直達光や地面からの反射光の一部と、地面から大気へ放出される赤外線の一部を、建物が吸収する。コンクリートの建物は、暖まりにくく冷えにくいいため、最高気温が観測される時刻が遅れるとともに、夜間は、日中溜め込んだ熱を放出するため、気温の低下が抑えられる。

また、建物により地表面の摩擦が大きくなることで、地表付近の風速が弱められ、地面の熱が上空に運ばれにくくなることでヒートアイランド現象が強化される。

(3) 人工排熱

都市の多様な産業活動や社会活動に伴って熱が排出され、大都市の中心部における昼間の排熱量は1m²当たり100Wを超えると見積もられる。これは冬季の中緯度で南中時に太陽から受ける日射量の約15～20%程度の熱に相当する。

1.3 都市気候モデルによる調査について

ヒートアイランド現象に伴う気温や風の空間分布を把握するには、気象台やアメダス等による観測網では粗く、より細かい分解能で現象を捉える必要がある。このため、気象庁では、ヒートアイランド現象に関係する複雑な熱収支等の諸過程をモデル化し、物理的に整合した気温・風分布等を再現できる「都市気候モデル」を開発し、ヒートアイランド現象の監視とメカニズム解明へ向けた定量的な評価を行っている。

本報告では、この都市気候モデルを用いて、「都市がある場合」と「都市がない場合」についてそれぞれシミュレーションを行い、それらの結果を比較することで、都市がどの程度気温の上昇に寄与しているかを評価する。ここで、「都市がない場合」とは、都市気候モデルの中で土地利用が都市に分類されている領域をすべて仮想的に草地に置き換えることを意味する。

本報告に掲載したシミュレーションの結果は、観測結果や他のコンピューターシミュレーションによる計算結果と比較して妥当な結果が得られていると判断できる。ただし、ここで用いた都市気候モデルには雲・降水過程が含まれていないために曇天日や雨天日を対象とした調査が行えないこと、モデル自体の誤差のためにシミュレーションの結果と観測データを直接比較することができない点に注意する必要がある。

なお、都市気候モデルの概要については、「ヒートアイランド監視報告（平成16年夏季-関東地方）」の2章、「ヒートアイランド監視報告（平成18年夏季-関東・近畿地方）」の付録Ⅱを参照されたい。

2. 東海地方のヒートアイランド現象

○ヒートアイランドが顕著に現れる「晴れて風が弱い日」には、名古屋市を中心に濃尾平野の広い範囲に都市化による気温上昇の影響が及んでいることが示された。夏季には名古屋市付近で3～4℃程度の都市化による昇温が見られた。

○記録的な高温となった2007年8月16日における都市の効果は、平均的な夏季の晴天弱風日に見られる昇温と同程度であったことから、勢力の強い高気圧に覆われて風が弱く、強い日射を受けたことなど、自然要因の影響が大きかったと考えられる。

2.1 東海地方の地勢

東海地方は、西側は伊吹山地・鈴鹿山脈、北側は中部山岳、東側は美濃三河高原などの山地や高原に囲まれている一方、南側は太平洋に面しており、木曾三川などの河川の堆積作用により濃尾平野や伊勢平野などの平野部が広がっている。濃尾平野では、全国の市町村別人口で第4位（平成17年10月1日時点）である名古屋市を中心に都市が発達している。また、沿岸部には中京工業地帯や東海工業地域といった工業地帯が形成され、豊田市など工業都市として発達した都市がある。

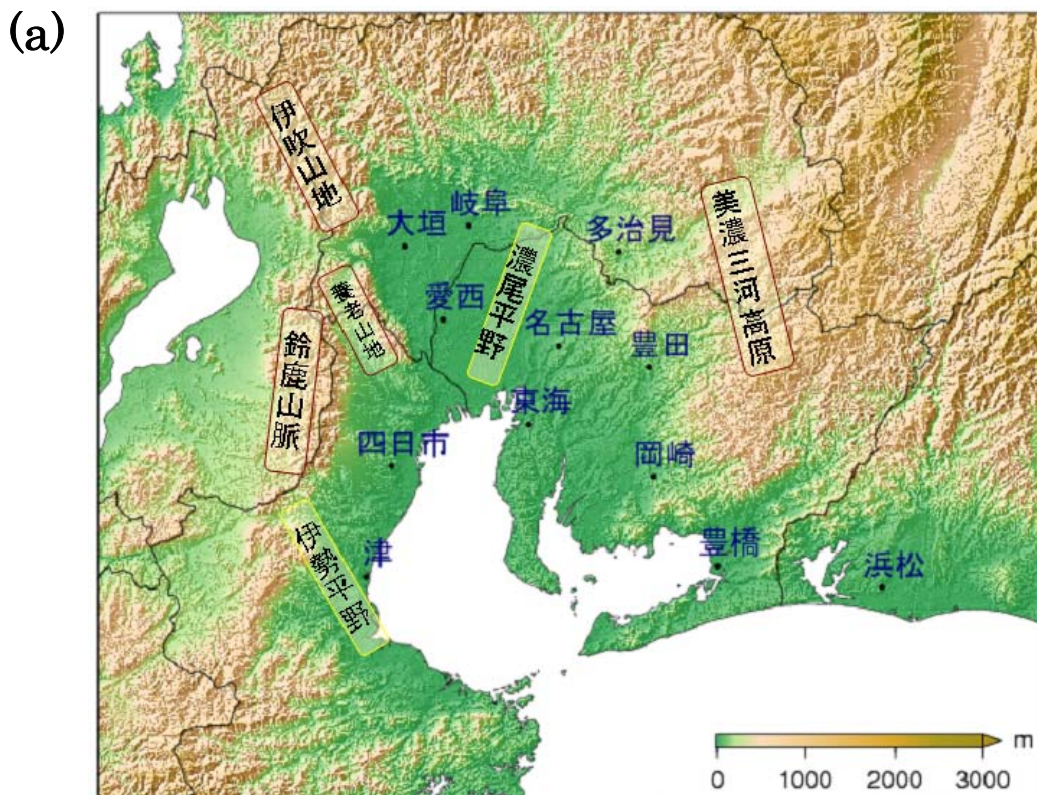


図 2.1(a) 東海地方の地勢図 ※この地勢図は、国土地理院作成の数値地図 50m メッシュ(標高)を使用したものである。

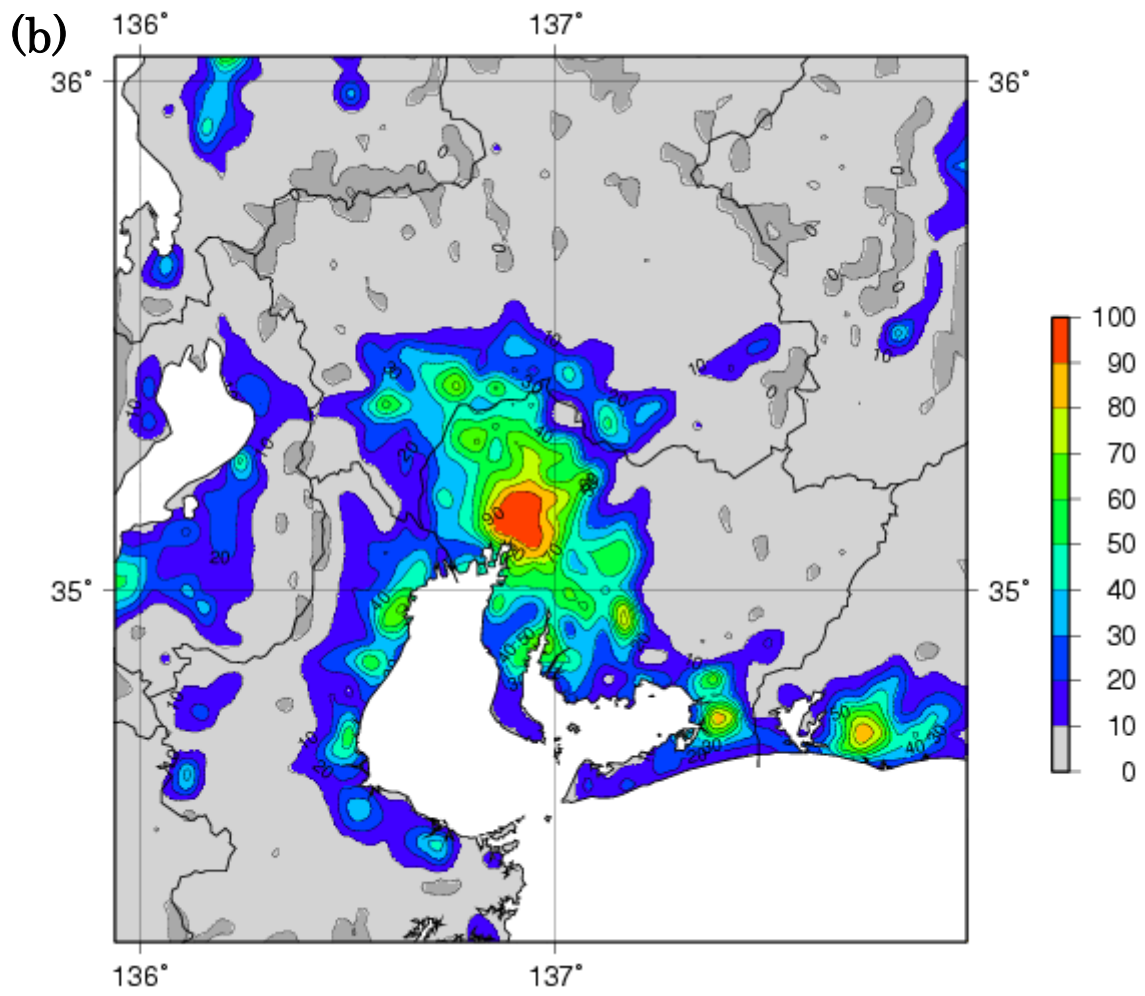


図 2.1(b) 東海地方の都市の被覆率の分布図(%)

2.2 都市気候モデルを用いた調査

一般に、晴天日においては日射量が多く建築物等が吸収・放出する熱の量が増加すること、また、風が弱い日は、地面付近の熱が風の強い日に比べてとどまりやすいことから、晴れて弱風となった日（太平洋高気圧や移動性高気圧に覆われた時に発現することが多い。以下「晴天弱風日」という）に顕著なヒートアイランド現象が発生するとされている。本節ではこの晴天弱風日を対象とした都市気候モデルによるシミュレーションにより、東海地方における都市の効果を調査した。夏季における晴天弱風日の事例として、太平洋高気圧に覆われた2008年8月12日（2.2.1項）、冬季における晴天弱風日の事例として、移動性高気圧に覆われた2009年1月28日（2.2.2項）を取り上げる。

また、太平洋高気圧に覆われて岐阜県の大垣市で40℃を超えるなど東海地方で顕著な高温が観測された2007年8月16日の事例についても、都市の効果を調査した（2.2.3項）。

なお、東海地方においては、日本海の前線に向かって南から暖気が流入する場合や、前線を伴った低気圧が北日本を通過して日本海側から太平洋側に吹き抜ける北よりの風が伊吹山地を越えて吹き降りた場合に気温が上昇することが多く、日中の日射によりさらに気温が上がると夏季においては顕著な高温となることがある。

2.2.1 夏季における晴天弱風日(2008年8月12日の事例)

夏季における晴天弱風日として、2008年8月12日の事例について調査を行った。09時における地上天気図を図2.2に示す。九州の西と東シナ海に熱帯低気圧があり、また日本の東海上にも低気圧があるものの、本州付近はそれらの間の高圧部となり晴天域となった。

05時のアメダス観測では、風は全般に1~2m/sで弱く、気温は名古屋から岐阜、大垣付近にかけて27℃以上で高温の中心となっており、その周辺でも25℃以上の地点があった。この日の最低気温は名古屋、岐阜ともに26.8℃だった。

日中は晴天で気温が上昇し、名古屋付近は35℃を超える高温域の中心となり、多治見、美濃加茂、揖斐川では34~35℃、また、恵那や中津川、萩原でも33℃を超えた。最高気温は名古屋で36.3℃、岐阜で34.9℃となった。14時のアメダス観測では広範囲で南よりの風（海風）が吹いており、岐阜県美濃地方まで流入していた。

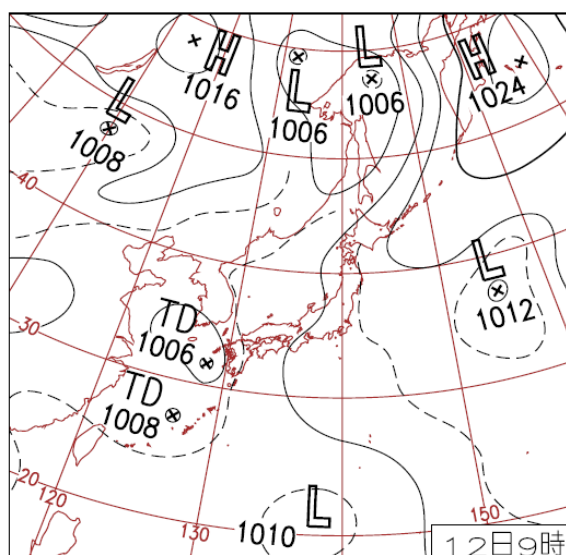


図2.2 2008年8月12日09時の地上天気図

ア) 当日の気温と風の状況

図 2.3 は都市気候モデルで解析された 8 月 12 日の地上の風と気温の分布である。05 時には、気温 25℃以上の領域が名古屋市を中心に市の北西側や伊勢湾沿岸域まで広がっている。この地域の気温が周囲に比べ高い理由としては、都市による効果に加えて、夜間に内陸での気温低下が大きいなど地勢的な要因も考えられる。風については、内陸から伊勢湾沿岸域に向かって弱い陸風が吹いている。日中になると気温が上昇し、陸風に替わって海風となり、15 時には都市部を中心とする高温が顕著にみられ、伊勢湾沿岸域から岐阜市・多治見市付近まで高温域が広がり、35℃を超えている地域もある。また、南からの海風の流入も顕著となっている。20 時でも、名古屋市を中心として 30℃を超える気温の高い地域が依然として残っている。海風は日中に比べ弱まっているが、名古屋市付近では継続している。

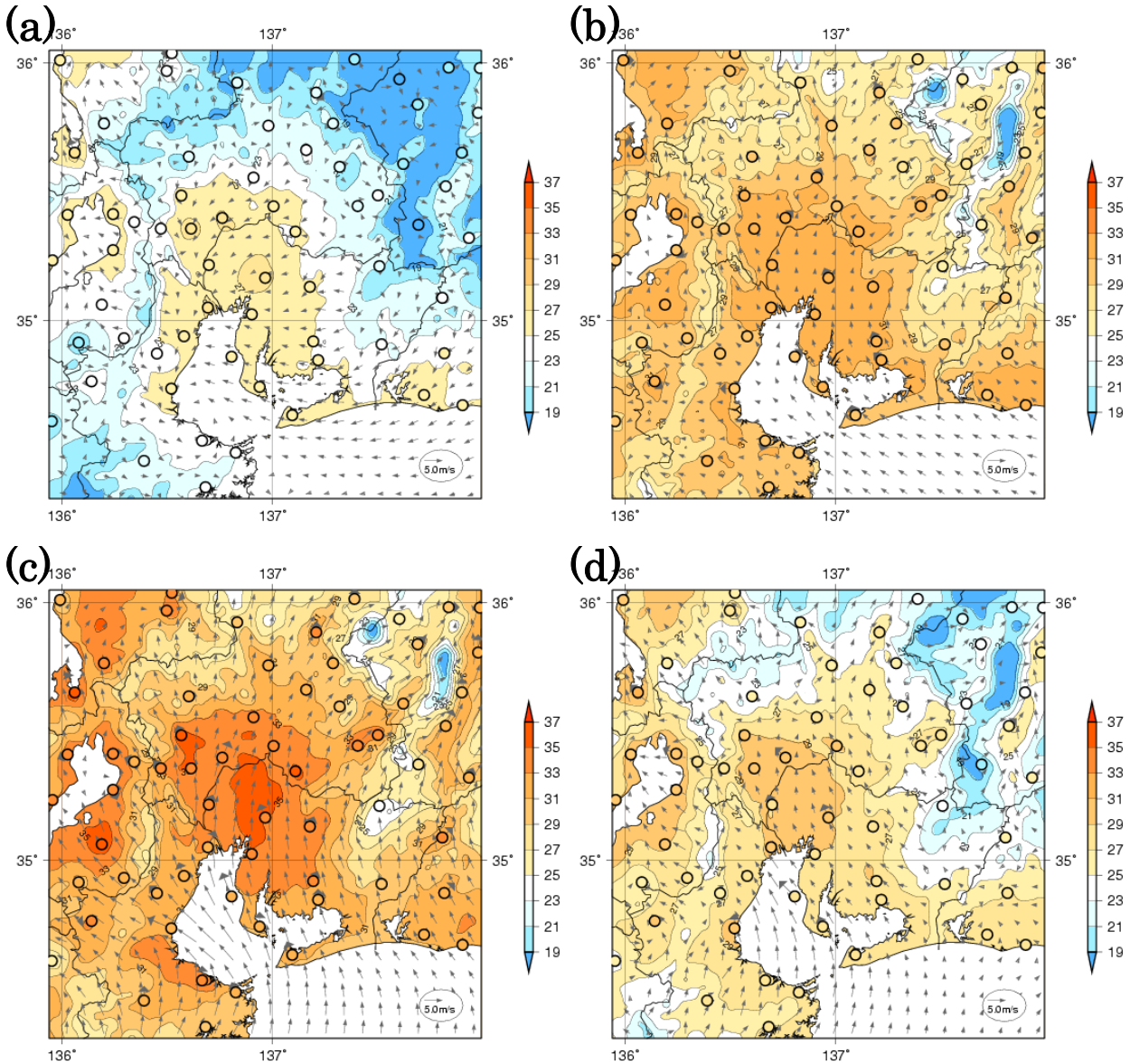


図 2.3 東海地方における 2008 年 8 月 12 日の (a)05 時、(b)10 時、(c)15 時、(d)20 時の気温(℃、等値線)と風(矢印)の分布。図中の○はアメダス観測点を表す。

イ) 都市による気温上昇の効果

図 2. 4 には、「都市がある場合」と「都市がない場合（モデルの中で都市として分類されている区域を、仮想的に全て草地に置き換えたもの）」のそれぞれについて都市気候モデルで気温と風向・風速を解析し、両者の差を「都市による効果」として示した。

05 時の時点では都市による昇温は名古屋市付近にとどまっているが、15 時には濃尾平野一帯に広がり、名古屋市付近の高温域の中心では 3~4℃、周辺都市の岐阜市や多治見市では 1~2℃の昇温が見られる。20 時には、日中より範囲は狭くなるものの都市域を中心とした昇温が持続している。

風については、ヒートアイランド現象が顕著となった日中から日没後にかけて、都市域の内陸側で海からの風を弱めるような効果が見られる。同様の効果は、関東・近畿地方においても解析されている（ヒートアイランド監視報告（平成 19 年夏・冬ー関東・近畿地方）を参照）。

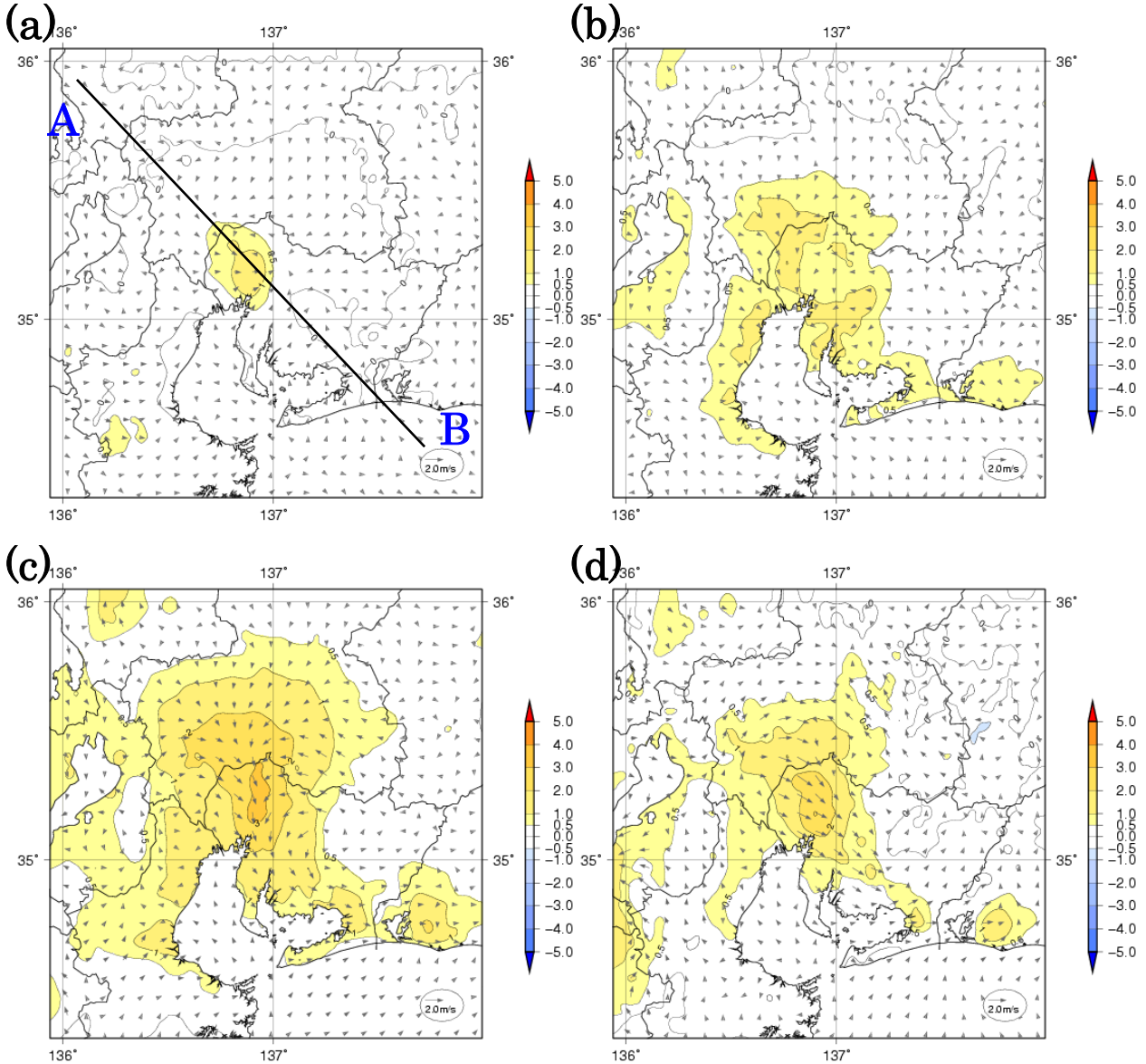


図 2.4 シミュレーションによる東海地方の 2008 年 8 月 12 日における(a)05 時、(b)10 時、(c)15 時、(d)20 時の「都市がある場合」と「都市がない場合」の気温(℃、等値線)と風(矢印)の差。正の値は「都市がある場合」のほうが気温が高いことを示す。図中の線は図 2.7 の断面図での断面線、A と B は断面線の端を示す。

この事例について、都市による昇温の要因を、人工排熱、土地利用（緑地から人工地表面への変化など）、建築物（建築物の存在による上空の見通しや風通しの阻害など）の3つに分け、各要因の寄与を調べた。図2.5は15時の結果で、日中は土地利用の寄与、次いで建築物による寄与が大きかった。これは、日中の都市においては、緑地の減少や人工地表面の増加により、蒸発散作用による冷却効果が弱くなることが主な要因と考えられる。一方、日没後には建築物による寄与が最も大きかった（図略）。日没後から夜間には、日中に建築物に蓄えられた熱が放出されることや、建築物による天空率の減少により放射冷却が妨げられることが要因と考えられる。

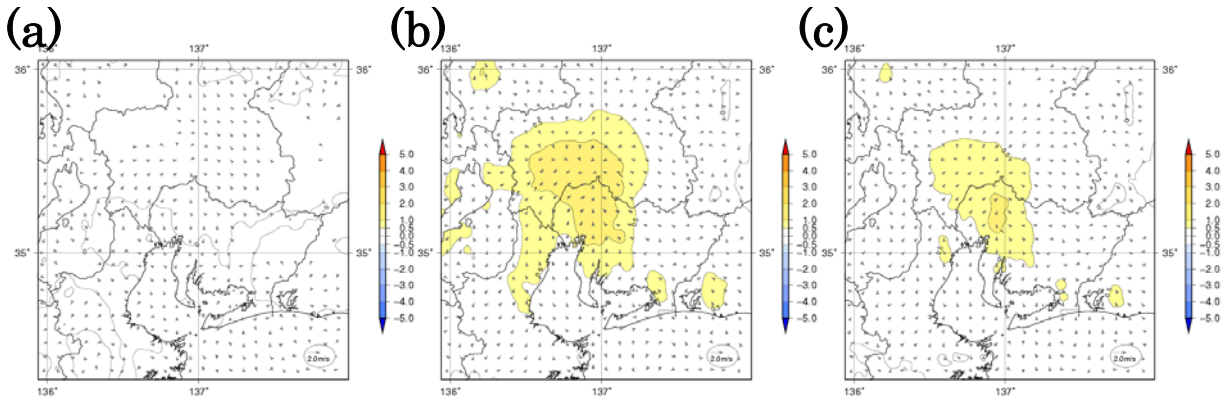


図2.5 2008年8月12日15時の都市化の影響による気温上昇に対する、(a)人工排熱、(b)土地利用、(c)建築物、の寄与分(単位:°C)。

図2.6は土地利用や建築物に比べて寄与が小さかった人工排熱の効果について時間別に詳細（図2.5とは温度スケールが異なる）に示した図で、名古屋市中心部付近で人工排熱による昇温が見られる。特に、05時と20時における昇温は日中に比べて大きい。本シミュレーションで用いた4km格子のモデルでは人工排熱は平均化され、その効果は相対的に小さく見積られるものの、都市域内の局所的な高温を論じる際には人工排熱は無視できない要因の一つと考えられる。

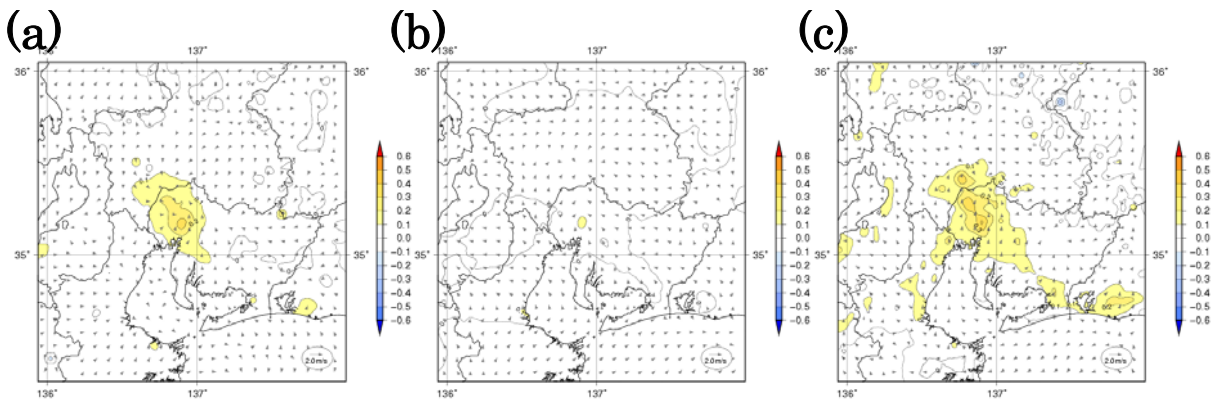


図2.6 2008年8月12日(a)05時、(b)15時、(c)20時の都市化の影響による気温上昇に対する人工排熱の寄与分(単位:°C)。図2.5とは温度スケールが異なる。

ウ) 上空の大気への都市化の影響

上空の大気への都市化の影響を見るために、東海地方の北西から都市域を経て南東に至る直線（図 2.4 中の直線を参照）に沿った鉛直断面で、気温と風の変化を調査した（図 2.7）。ここで、赤または青に着色した部分は都市による気温の変化を、矢印は都市による風の変化を示している。図によると、都市による加熱の影響は、早朝の 05 時には大気が安定しているため地表付近にとどまっているが、日中の 15 時には都市の影響が高度 1000~1500m 付近まで及んでいる。また、都市域では上昇気流が強まる傾向が見られ、関東・近畿地方と同様の結果（「ヒートアイランド監視報告（平成 18 年夏季- 関東・近畿地方）」6 章）であった。

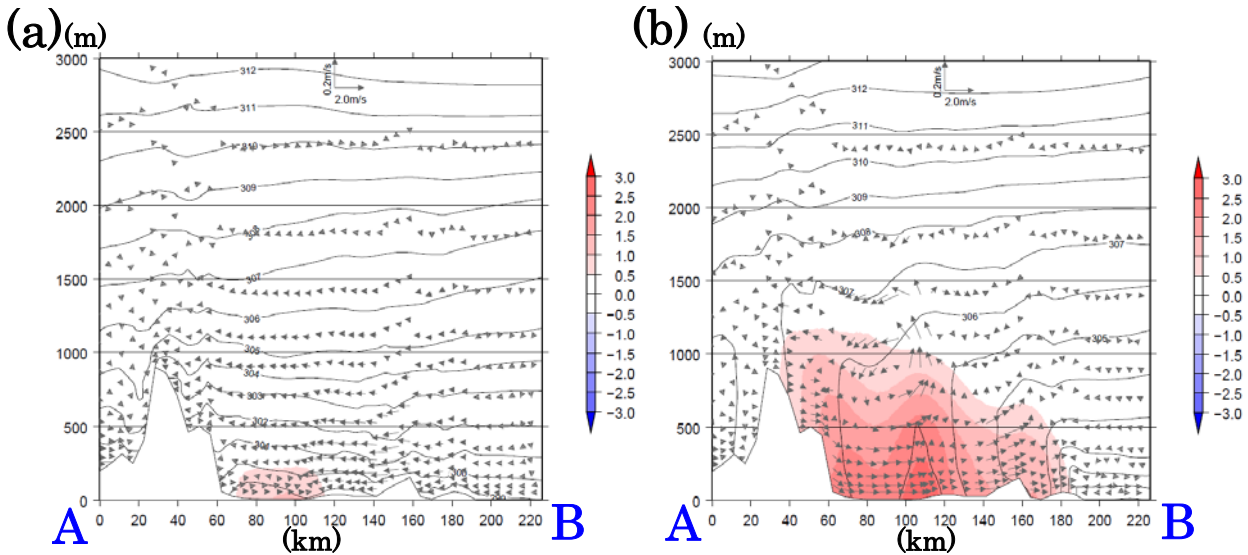


図 2.7 2008 年 8 月 12 日 (a)05 時、(b)15 時における東海地方の鉛直断面図。等値線は温位(K)、陰影、矢印はそれぞれ「都市あり」と「都市なし」の温位と風の偏差。断面線は図 2.4 参照(A,B は断面の端を示す)。

エ) その他の日の事例

ここまで、2008 年 8 月 12 日の事例についてヒートアイランド現象の特徴を述べたが、その他の夏季の晴天弱風日についても同様に都市化の効果が生じているかを調べるため、2006 年~2008 年の 3 年間における 7 月と 8 月のうち、晴天弱風日として表 2.1 の条件のいずれにもあてはまる日を抽出し、全ての事例について都市気候モデルによる分析を行いそれらを平均する解析を行った（以下「合成解析」という）。

表 2.1 夏季における晴天日、弱風日の抽出条件

晴天日	都市気候モデルの解析領域(400km×400km)に含まれるアメダス観測点のうち、70%以上の地点で日降水量1mm未満、かつ50%以上の地点で日照時間が7時間以上の日
弱風日	09時の気圧場から求めた一般風(地衝風)の風速が6m/s未満

図 2.8 に抽出条件を満たした 56 事例の合成解析の結果を示す。気温については、05 時には 23°C 以上の領域が名古屋市を中心に沿岸地域に分布している。15 時には 34~35°C 以上の高温域が名古屋市付近から北西や北側へ岐阜市付近まで広がり、20 時になっても都市域を中心とした高温が持続している。図 2.9 に、気温と風向・風速について都市がある場合とない場合の差を示す。同図から都市部を中心に都市の効果が日中から日没後にかけて顕著にみられることから、夏季の晴天弱風日には、2008 年 8 月 12 日の事例と同様に都市化による影響が生じていることが分かる。

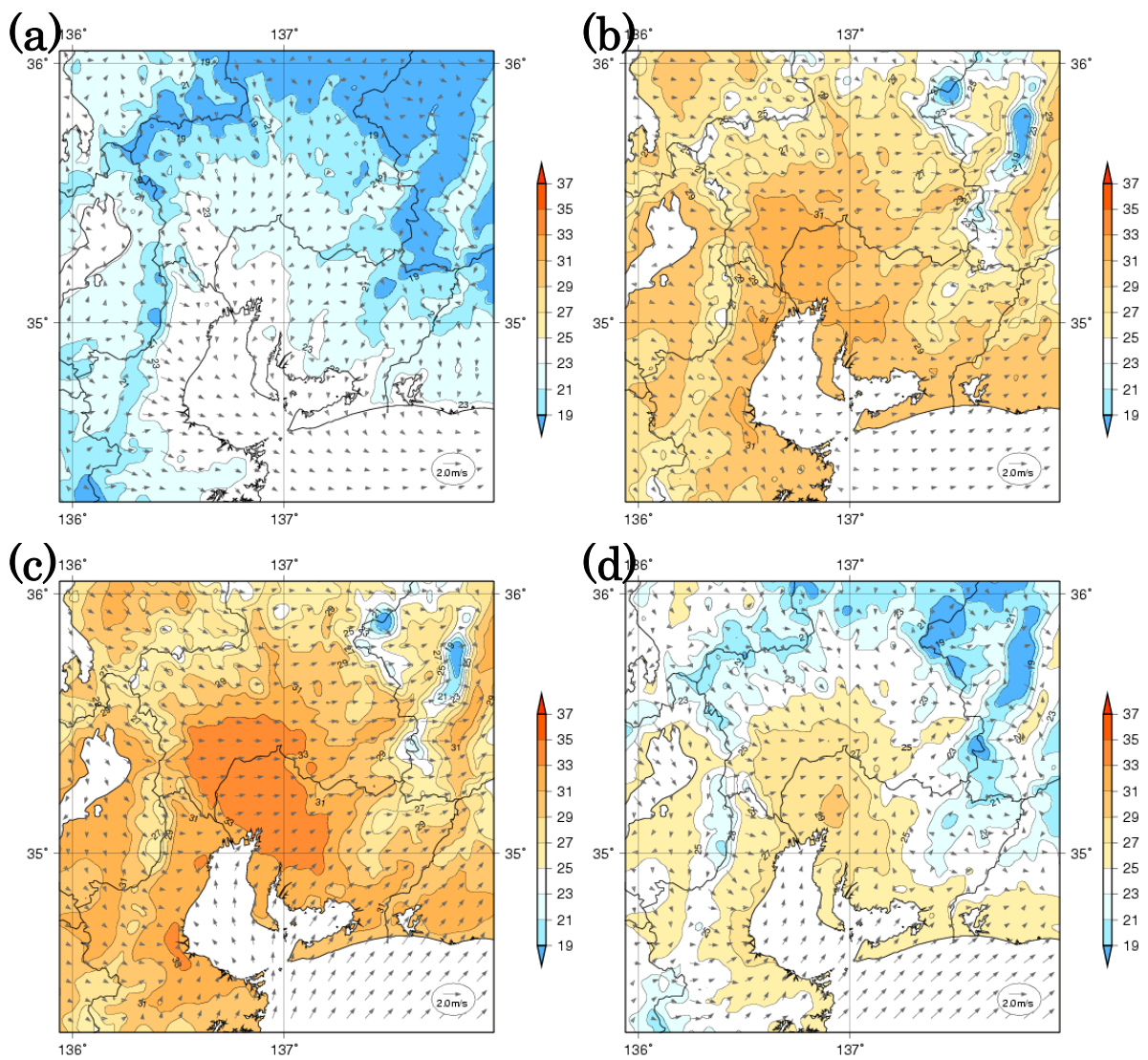


図 2.8 東海地方の夏季(7,8 月)の晴天弱風日 56 事例について(a)05 時、(b)10 時、(c)15 時、(d)20 時の気温(°C,等値線)と風(矢印)の分布の合成解析結果。

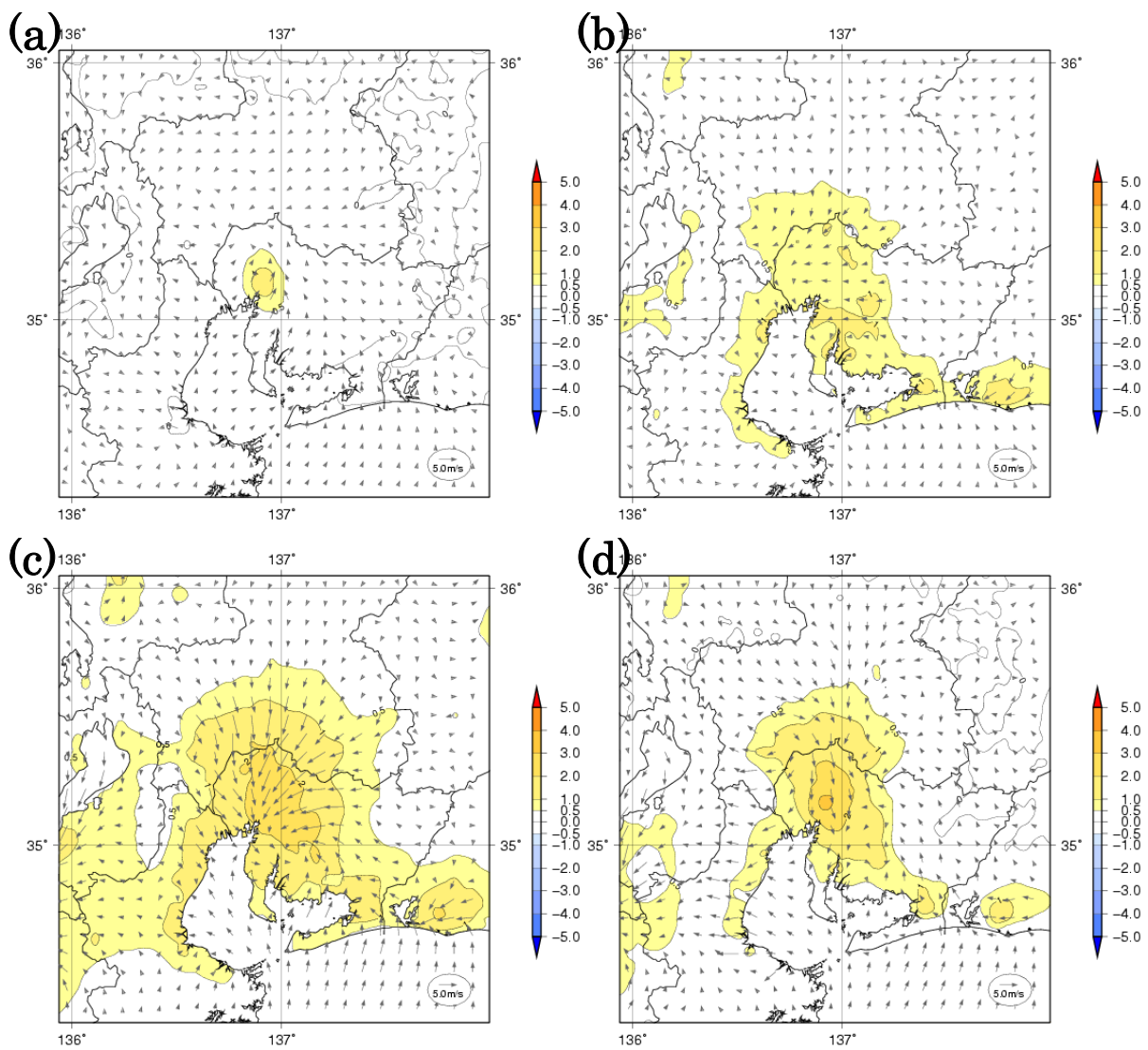


図2.9 東海地方の夏季(7,8月)の晴天弱風日56事例について(a)05時、(b)10時、(c)15時、(d)20時の「都市がある場合」と「都市がない場合」の気温(°C,等値線)と風(矢印)の差の合成解析結果。正の値は「都市がある場合」のほうが気温が高いことを示す。

2. 2. 2 冬季における晴天弱風日(2009年1月28日の事例)

冬季は一般に北よりの季節風が吹く日が多いが、2009年1月28日は、東海地方において晴天弱風日となったことから、冬季の事例として調査を行った。09時における地上天気図を図2.10に示す。地上天気図では、三陸沖に高気圧があつて日本付近を広く覆い、東海地方では晴れとなった。この日の最高気温は多治見で13.9℃、名古屋で13.4℃、岐阜で13.2℃となり平年を約5℃上回った。15時のアメダス観測では、愛知県の岡崎、豊田、名古屋から岐阜県の大垣にかけて広い範囲で12~13℃となっていた。夜においても都市部を中心に比較的気温が高い状態となった。

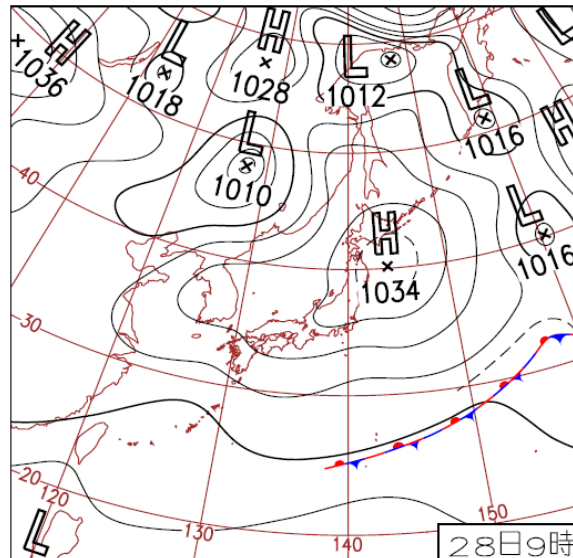


図 2.10 2009年1月28日09時の地上天気図

ア) 当日の気温と風の状況

図2.11は都市気候モデルによって分析した1月28日における地上の風と気温の分布である。05時には、濃尾平野の周囲で-3℃を下回る領域が見られるなど、内陸部での気温が低い。その後、日中にかけて気温が上昇し、15時には都市部や沿岸部を中心に比較的気温の高い状態となっている。20時には、気温が5℃以上の領域が名古屋市付近を中心に沿岸部や内陸の岐阜県に及んでいることがわかる。冬季に沿岸部の気温が高くなる原因としては、伊勢湾等の暖かい海面水温の影響が考えられる。

風については、濃尾平野では10時には弱かったが、15時には伊勢湾から南よりの風(海風)が吹き込んでいる。20時になると、海風は日中に比べて弱まっているものの、名古屋市付近では南からの風が継続している。これは、夏季の晴天弱風日における解析結果と同様である。

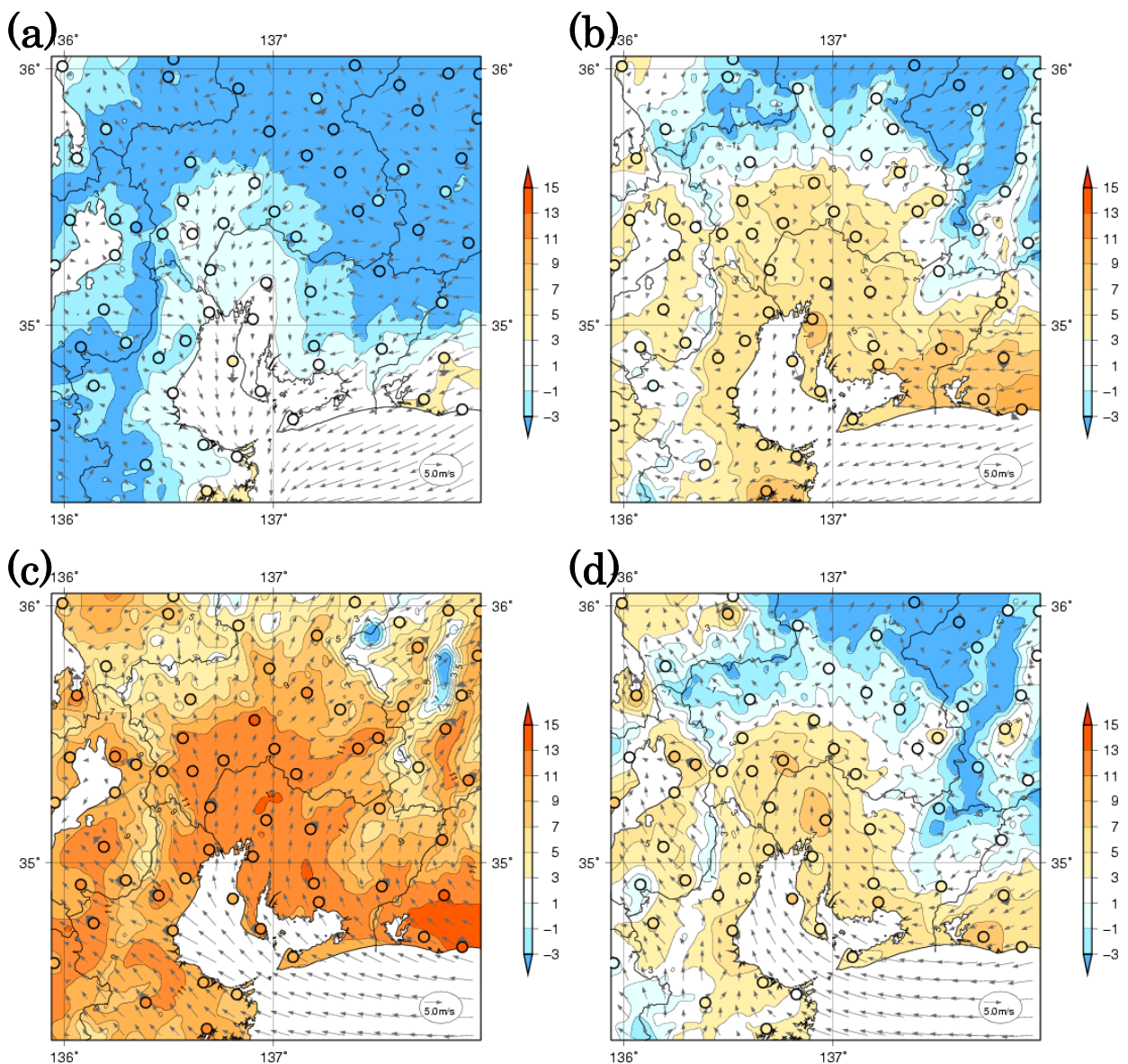


図 2.11 東海地方における 2009 年 1 月 28 日の (a)05 時、(b)10 時、(c)15 時、(d)20 時の気温(°C,等値線)と風(矢印)の分布。図中の○はアメダス観測点を表す。

イ) 都市による気温上昇の効果

図 2.12 は気温と風向・風速について都市がある場合とない場合の差を都市気候モデルによって解析した結果である。05 時には都心部で気温上昇が見られ、15 時には都市による昇温が名古屋市を中心に濃尾平野一帯に広がっており、20 時でも都心部付近で気温上昇が大きいことがわかる。このことから、冬季においても名古屋市を中心とした都市の効果により、気温が上昇していることがわかる。

図 2.12 (b) の 10 時には、都市部で気温の低下が見られるが、これは、都市部が草地に比べ熱容量の大きいコンクリートに覆われることで、日射等により暖まるのに時間を要する(暖まりにくい)ためであると考えられる。

なお、冬季については、都市気候モデルの分解能の制約により、深夜から早朝にかけての地表面付近のシミュレーションの精度が夏季に比べて、やや低くなることに注意が必要である。

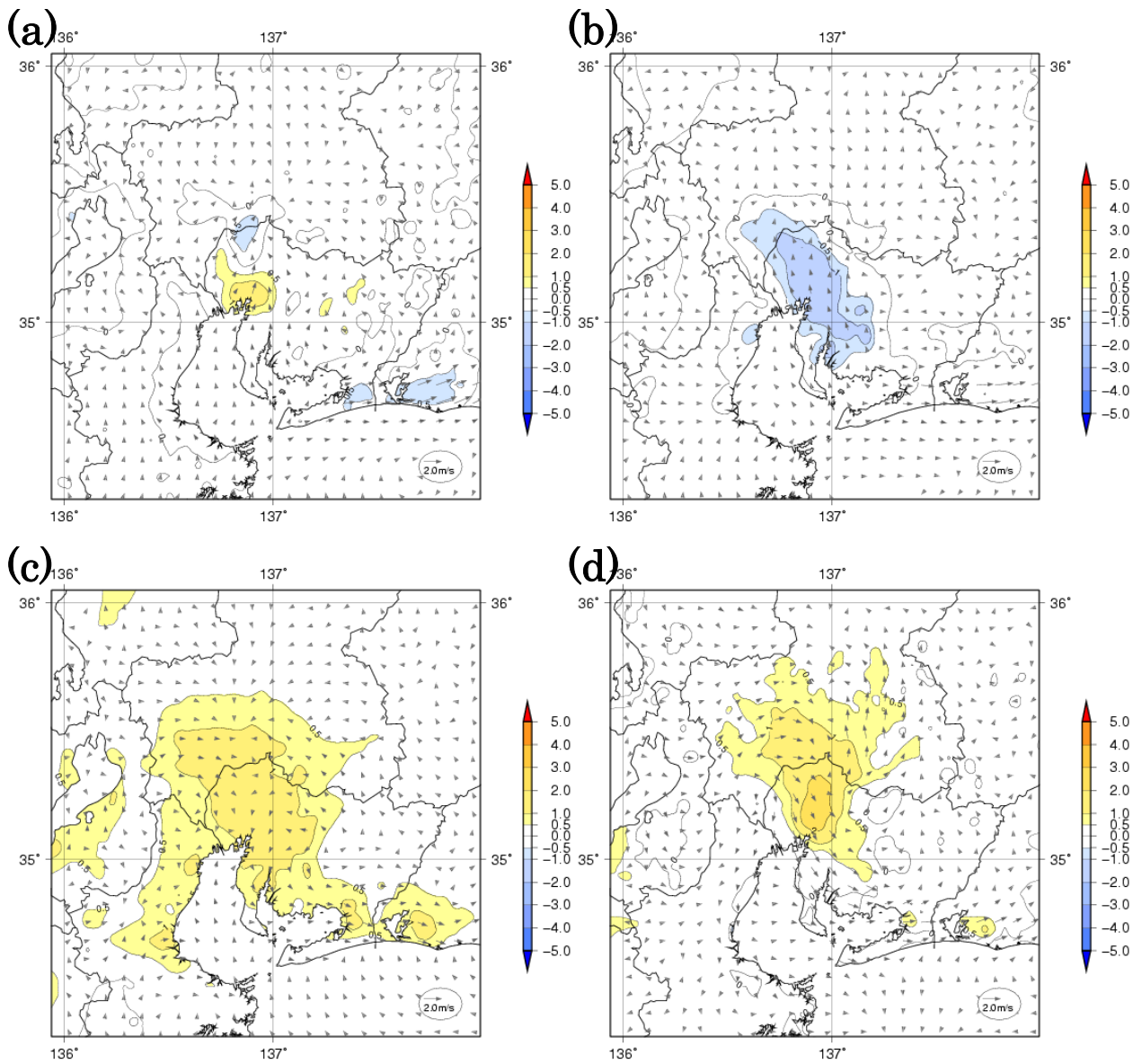


図 2.12 東海地方における 2009 年 1 月 28 日の(a)05 時、(b)10 時、(c)15 時、(d)20 時の「都市がある場合」と「都市がない場合」の気温(°C,等値線)と風(矢印)の差。正の値は「都市がある場合」のほうが気温が高いことを示す。

2. 2. 3 顕著に高温となった日における都市の影響(2007年8月16日の事例)

岐阜県多治見で我が国の観測史上1位タイとなる最高気温40.9℃を観測した2007年8月16日における都市化による効果を見積もるため、都市気候モデルによる調査を行った。

当日、日本列島は広く高気圧に覆われ(図2.13)、名古屋では最高気温39.4℃を記録し、美濃では40.0℃で観測開始以来の記録を更新した。

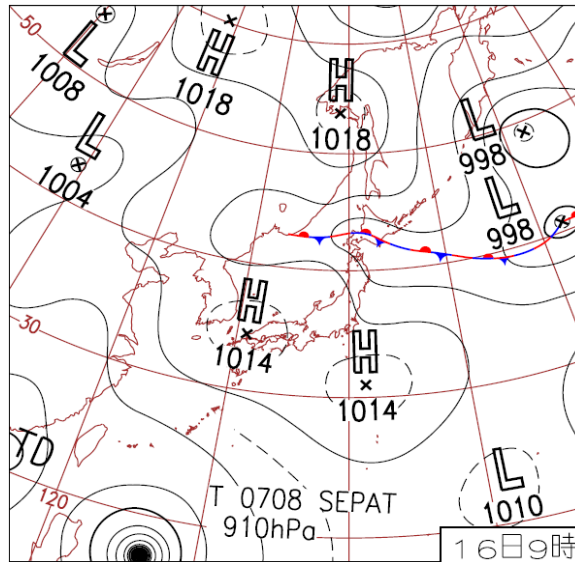


図 2.13 2007年8月16日09時の地上天気図

ア) 当日の気温と風の状況

図2.14に8月16日における地上の風と気温の分布の都市気候モデルによる分析結果を示す。05時には、27℃以上の領域が名古屋市を中心に岐阜市にまで及んでいる。15時には、濃尾平野一帯に35℃以上の高温域が広がっている。その後も高温は続き、20時の時点でも31℃以上の領域が広がり、名古屋市付近には33℃以上の領域もみられる。

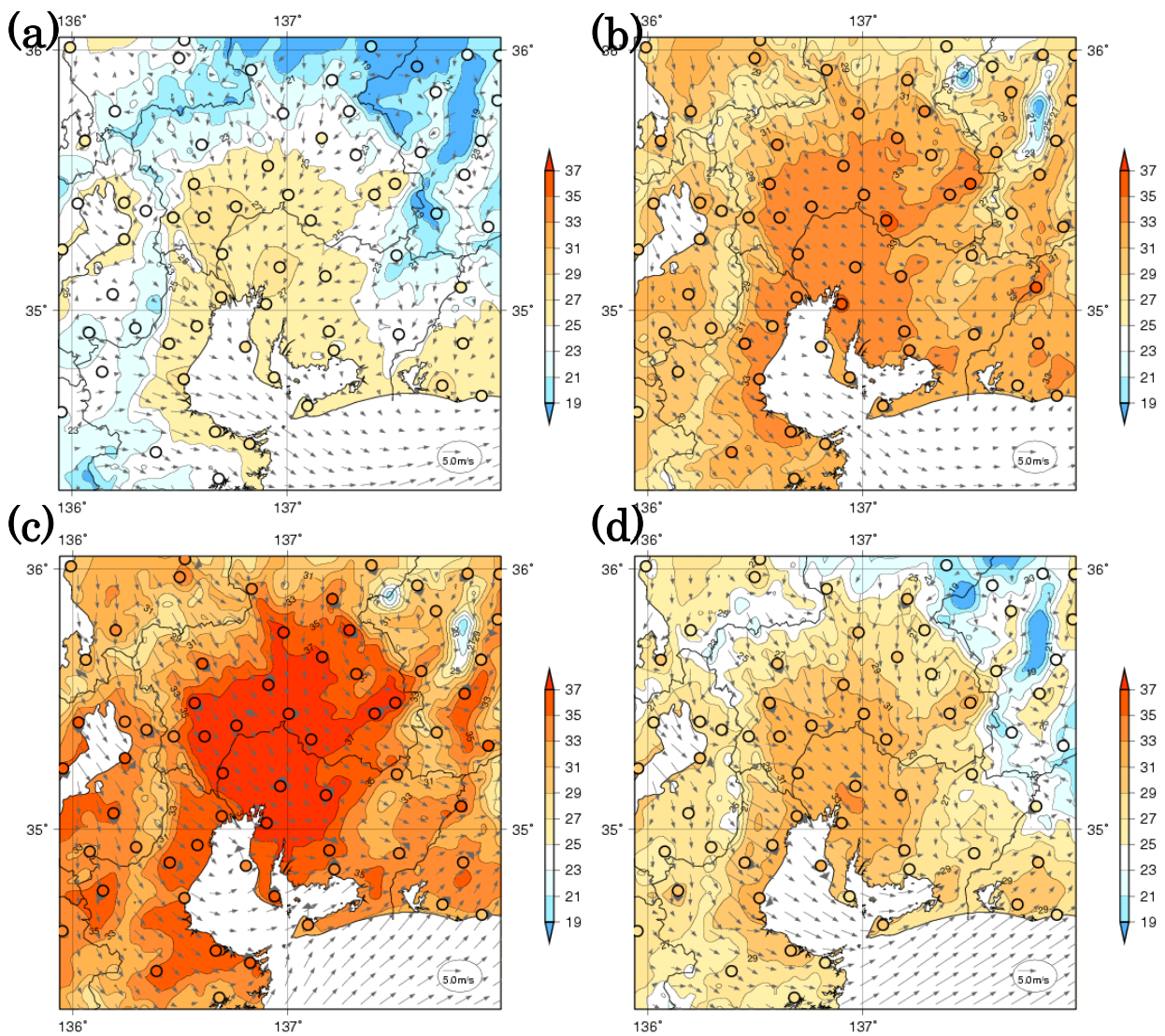


図 2.14 東海地方における 2007 年 8 月 16 日の (a)05 時、(b)10 時、(c)15 時、(d)20 時の気温(°C、等値線)と風(矢印)の分布。図中の○はアメダス観測点を表す。

イ) 都市による気温上昇の効果

図 2.15 は、気温と風向・風速について、都市がある場合とない場合の差を都市気候モデルにより分析した結果である。05 時には名古屋市を中心に都市の効果がみられ、気温が高くなった 15 時には濃尾平野の広い範囲で都市による昇温の効果がみられる。この都市による昇温の程度は、図 2.9 で示した夏季 56 事例の平均と同程度であることから、この日に都市の効果が顕著に現れたとは言えない。このことから、この日の顕著な高温については、最低気温が高かったうえに、勢力の強い高気圧に覆われて風が弱く、強い日射を受けるなど、自然要因の影響が大きかったと考えられる。

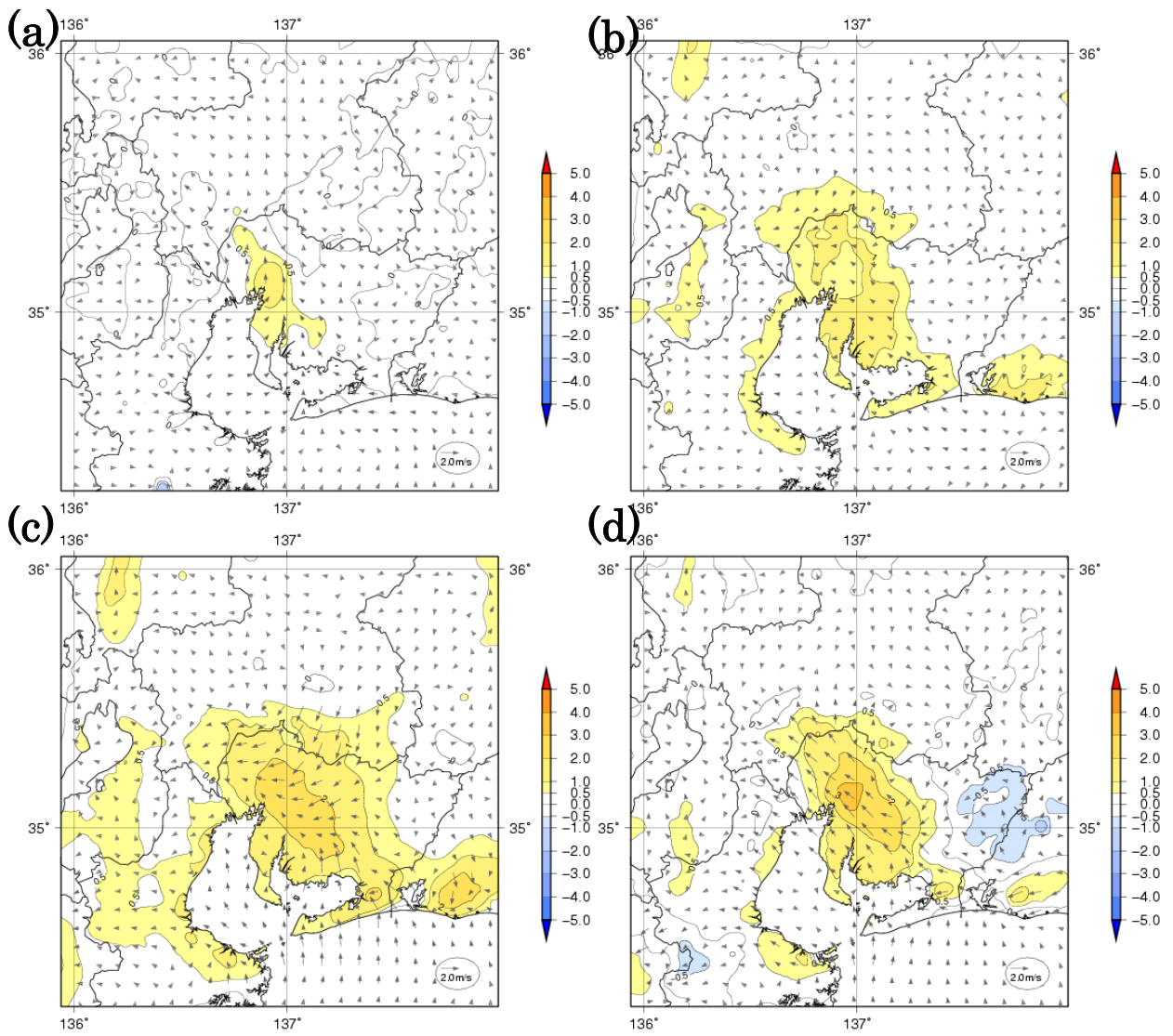


図 2.15 東海地方の 2007 年 8 月 16 日における (a)05 時、(b)10 時、(c)15 時、(d)20 時の「都市がある場合」と「都市がない場合」の気温(°C、等値線)と風(矢印)の差。正の値は「都市がある場合」のほうが気温が高いことを示す。

コラム 格子点データを用いた人工排熱量データの推定について

都市気候モデルでの計算に用いるパラメータとして人工排熱量データが必要である。本報告で用いた東海地方における人工排熱量データについては、妹尾(2004)の人工排熱量のうち東京都のデータをもとに、全国で整備されている地域メッシュ統計(総務省統計局)^{※1}及び国土数値情報の「土地利用メッシュ」(国土交通省国土計画局)^{※2}を用いて推定した。具体的には、特別の月平均値で作成されている東京都の人工排熱量を目的変数、人口と従業者数、土地利用11種別の計13要素を説明変数とする重回帰分析(ステップワイズ法)を行った結果から、人口と従業者数、交通用地(国土数値情報の1種別)を説明変数とする回帰式が得られ、それを用いて都市気候モデル内の各メッシュごとに、人工排熱量の特別値を月別に推定した。

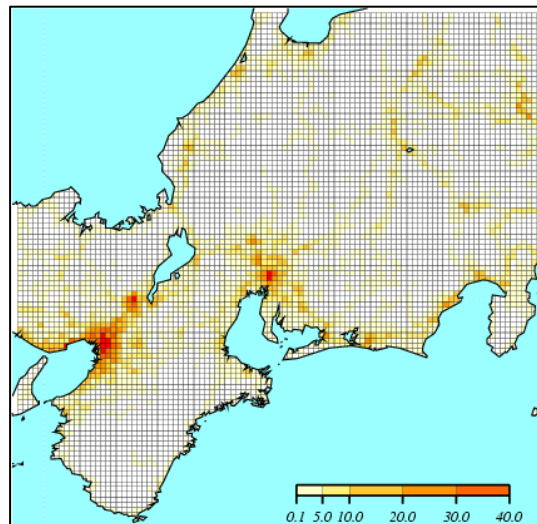


図 2.16 地域メッシュデータと国土数値情報を用いて推定した東海地方周辺の 8 月の 15 時の人工排熱量(単位は W/m^2)。図の範囲は、本報告で行ったシミュレーション調査での都市気候モデルの計算領域を示す。

※1 URL : <http://www.stat.go.jp/data/mesh/index.htm>

※2 URL : <http://nlftp.mlit.go.jp/ksj/index.html>

3 2008年夏季におけるヒートアイランド現象について(近畿、関東)

西日本を中心に高温となった 2008 年夏季について、近畿地方と関東地方における都市の影響を都市気候モデルを用いて調査した。晴天弱風日となった 7 月 25 日には、両地方とも、都市により 3～4℃程度昇温したことが示された。

気象庁ではヒートアイランド現象の実況監視を目的として、関東地方と近畿地方において晴天となった日について、都市気候モデルを用いた分析調査を行っている。2008 年夏季は西日本を中心に高温となったため、近畿地方と関東地方において晴天で特に高温となった日について行った調査の結果について述べる。

ア) 近畿地方

図 3.1 に大阪における 2008 年夏季の気温と日照時間の時系列図を示す。7 月中旬から 8 月中旬にかけて日照時間が長く気温の高い日が多く、特に 7 月下旬には晴天弱風日が続いた。

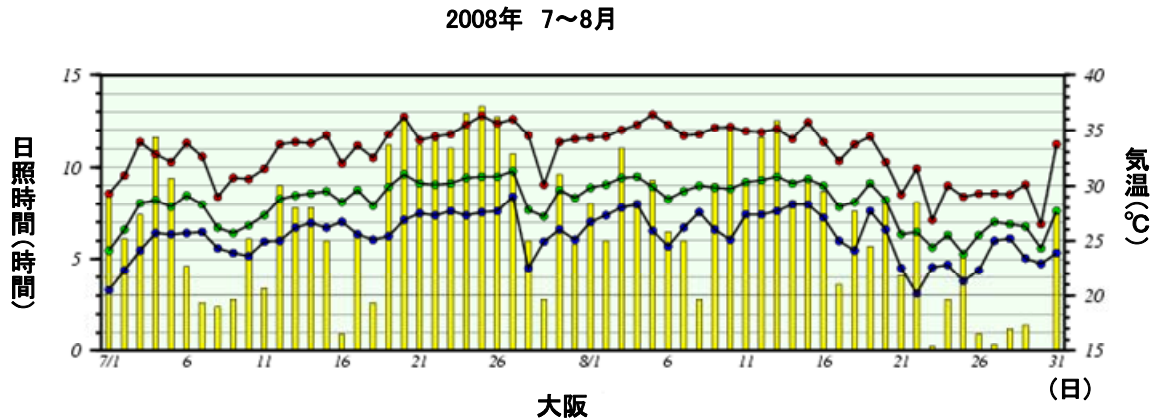


図 3.1 大阪における 2008 年 7 月から 8 月の気温(赤:最高気温、緑:平均気温、青:最低気温)と日照時間(黄棒グラフ)の時系列図

2008 年 7 月 25 日は、近畿地方の最高気温が大阪で 36.3℃、堺で 34.3℃、枚方で 35.9℃を記録した。図 3.2 には都市気候モデルによる同日の近畿地方における分析結果を示す。05 時の気温と風の分布を見ると、25℃以上の領域が大阪を中心に分布しており、大阪平野では風が弱い。15 時になると、大阪湾から京都府にかけて北東方向に 35℃以上の領域が広がっている。また、大阪湾から南西風が吹きこんでいる。日没後の 20 時でも 29℃を超える地域がある。

図 3.3 は、近畿地方における気温と風向、風速について都市がある場合とない場合の差である。05 時には、都市によって気温が上昇した地域は沿岸を中心に分布し、都市の中心部に集中している。日中の 15 時になると都市により気温が上昇する領域は平野全体に広がっており、20 時においても続いている。このことから、都市による効果も高温となった要因の一つと考えられ、都市による気温の上昇は最大で 3～4℃という結果が得られた。また、15 時以降、都市の影響で琵琶湖から大阪にかけて、南西からの風が内陸に侵入しにくくなっている効果も見られた。

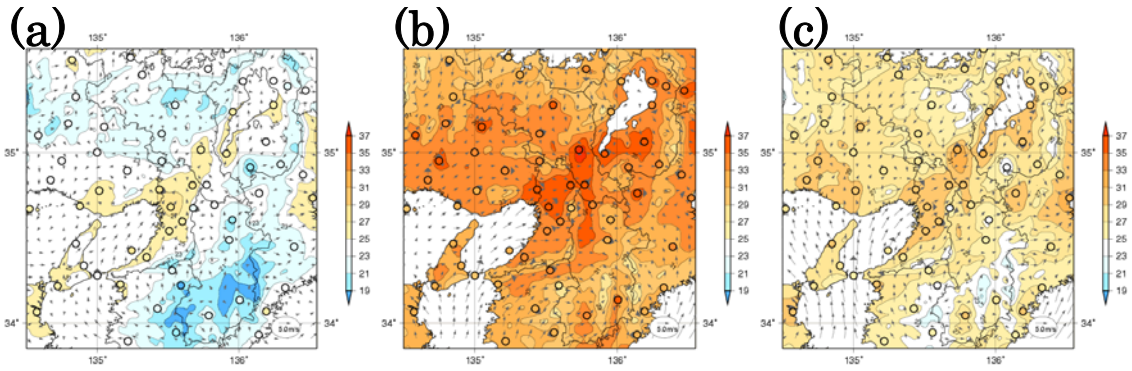


図 3.2 近畿地方における 2008 年 7 月 25 日の (a)05 時、(b)15 時、(c)20 時の気温(°C,等値線)と風(矢印)の分布。図中の○はアメダス観測点を表す。

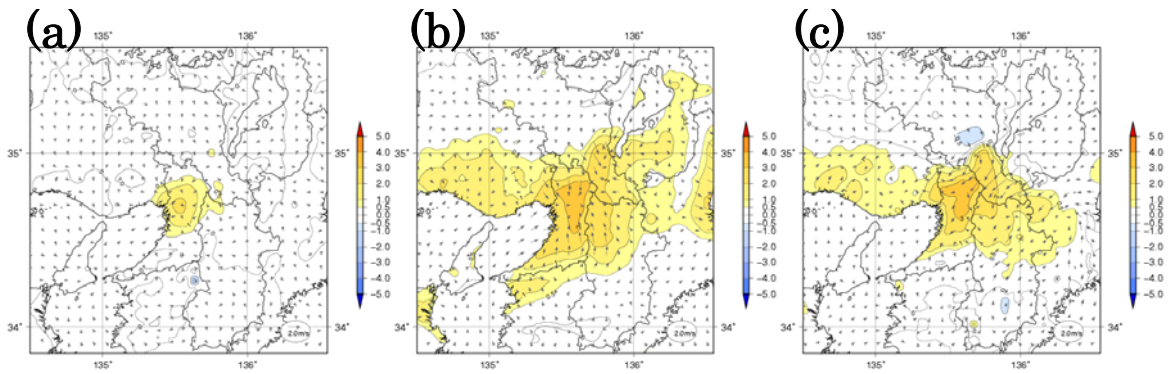


図 3.3 近畿地方における 2008 年 7 月 25 日の (a)05 時、(b)15 時、(c)20 時の「都市がある場合」と「都市がない場合」の気温(°C、等値線)及び風(矢印)の差。正の値は「都市がある場合」のほうが気温が高いことを示す。

イ) 関東地方

図 3.4 は、7月25日における関東地方（最高気温は、東京で34.5℃、熊谷で36.2℃）での気温と風向・風速の都市気候モデルによる解析結果である。日中は、埼玉県北部から群馬県南部で気温が周囲に比べ高く35℃を超えていた。図 3.5 は、関東地方での気温と風向・風速について、都市がある場合とない場合のシミュレーション結果の差である。05 時の時点でも都心の沿岸部を中心に都市の効果で気温が高い領域がある。日中になると都市部の昇温が顕著となり、その中心は北に移動して15 時には東京都と埼玉県の都県境付近に位置している。また、風については、都市の影響により、内陸では南風の進入が弱められていることがわかる。この日の都市による気温の上昇は、都心部で最大で3~4℃、周辺の広い範囲で約2℃程度であった。

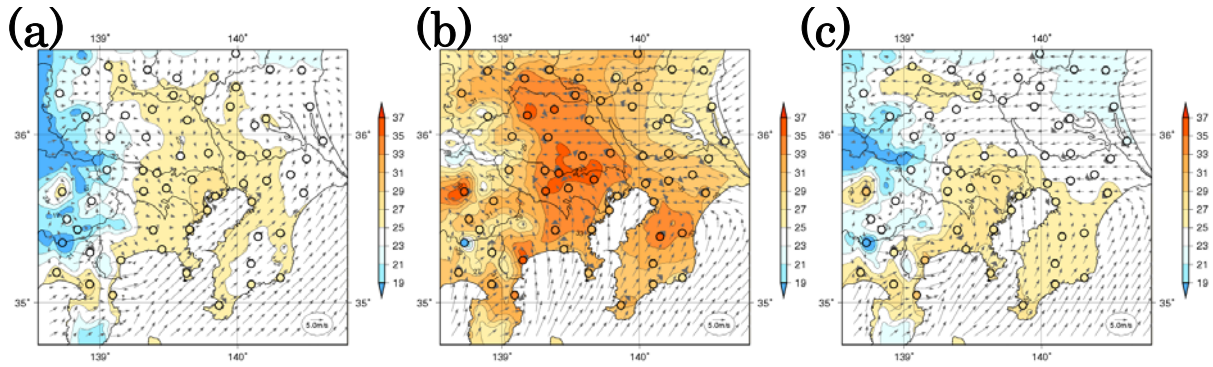


図 3.4 図 3.2 と同じ。ただし、関東地方について。

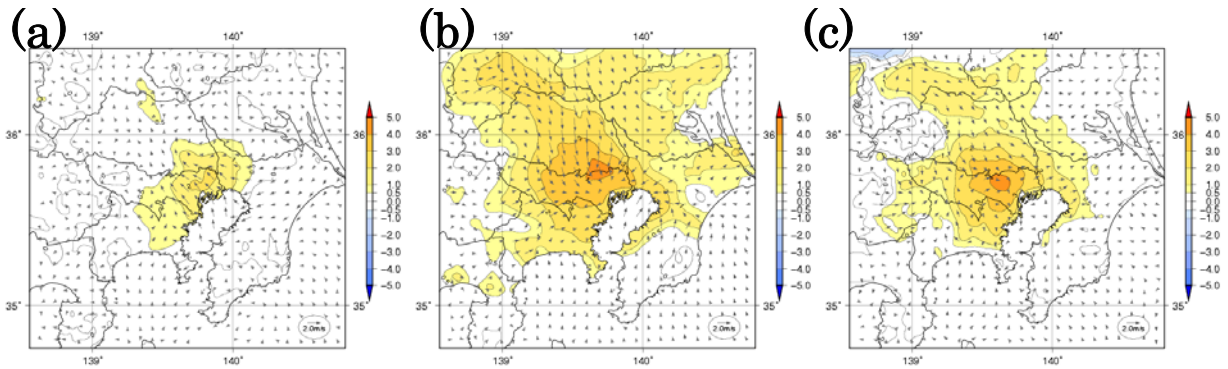


図 3.5 図 3.3 と同じ。ただし、関東地方について。

4. 観測データの長期変化からみる日本各地のヒートアイランド

全国の大都市における気温の上昇傾向は中小都市に比べて大きく、この特徴は冬季と夜間に顕著である。熱帯夜日数は増加、冬日日数は減少している。

気象庁では、全国の気象官署において長期間にわたって気象観測を行っている。この章では、これらの観測データをもとに、全国の大都市における 2008 年までの気温の長期変化について述べる。

4.1 都市の気温の長期変化傾向

表 4.1 には全国の大都市として、札幌、仙台、東京、新潟、名古屋、大阪、広島、福岡、鹿児島^{※1}の 9 都市の気温の長期変化傾向を示している。統計期間は 1931 年から 2008 年である。

比較のため、都市化の影響が少ないと考えられる国内 17 地点^{※2}平均の値を“中小都市”としてあわせて表示している。中小都市平均の気温の上昇率は、地球温暖化や自然変動などによる日本全体としての平均的な上昇率を表していると考えられ、おおよその見積もりとして、各都市と中小都市平均の上昇率の差が、各都市におけるヒートアイランド現象による上昇分とみられる。ただし、中小都市でも都市化の影響を多少は受けており、厳密にはこの影響を考慮しなければならない。

表 4.1 から、大都市の気温の上昇率は、全般に中小都市平均に比べて大きいことがわかる。年平均気温でみると、中小都市では 100 年あたり 1.5℃の上昇であるのに対し、東京では 3.3℃とおおよそ 2 倍である。

また、8 月よりも 1 月の気温の上昇率が大きい。さらに、大都市では、日最高気温（主に日中に記録される）よりも日最低気温（主に早朝に記録される）の上昇率が大きく、中小都市に比べ明瞭である。一般に、ヒートアイランド現象に伴う都市と郊外との気温差は、夏季より冬季に、日中より夜間に大きいといわれており、観測結果にもこの効果が顕著に現れているものと考えられる。

※1 新潟は 1938 年 7 月、大阪は 1933 年 7 月および 1968 年 8 月、広島は 1935 年 1 月および 1988 年 1 月、鹿児島は 1994 年 2 月に庁舎を移転したため、移転による観測データへの影響を評価し、移転による影響を除去するための補正を行った上で利用している。補正の方法は、気象観測統計の解説(気象庁, 2005) <http://www.data.jma.go.jp/obd/stats/data/kaisetu/index.html> の「主成分分析による方法」に基づいている。

※2 観測データの均質性が長期間維持され、かつ都市化などによる環境の変化が比較的少ない気象観測 17 地点（網走、根室、寿都、山形、石巻、伏木（高岡市）、長野、水戸、飯田、銚子、境、浜田、彦根、宮崎、多度津、名瀬、石垣島）。なお、宮崎は 2000 年 5 月に、飯田は 2002 年 5 月に庁舎を移転したため、移転による観測データへの影響を評価し、移転による影響を除去するための補正を行ったうえで利用している。

表 4.1 大都市および中小都市における気温の上昇率

年、1月、8月の平均気温、日最高気温、日最低気温の100年あたりの上昇率を示す。統計期間は1931年から2008年まで。
斜体字は統計的に有意な変化傾向がないことを意味する。

都 市	気温の変化量(°C/100年)				
	平均気温			日最高気温	日最低気温
	年	1月	8月		
札幌	+2.6	+3.6	<i>+1.1</i>	+0.8	+4.5
仙台	+2.3	+3.2	<i>+0.4</i>	+0.8	+3.1
東京	+3.3	+4.8	+1.6	+1.4	+4.6
新潟※	+2.1	+2.7	+1.4	+1.9	+2.3
名古屋	+2.8	+3.4	+2.3	+1.0	+4.0
大阪※	+2.9	+2.7	+2.5	+2.3	+4.0
広島※	+2.1	+2.2	+1.5	+1.0	+3.2
福岡	+3.2	+3.4	+2.3	+1.6	+5.3
鹿児島※	+3.0	+3.5	+2.6	+1.3	+4.3
中小都市	+1.5	+1.9	+0.8	+0.9	+1.8

※庁舎の移転に伴う影響を補正している。補正值はデータの見直しにより変更する場合がある

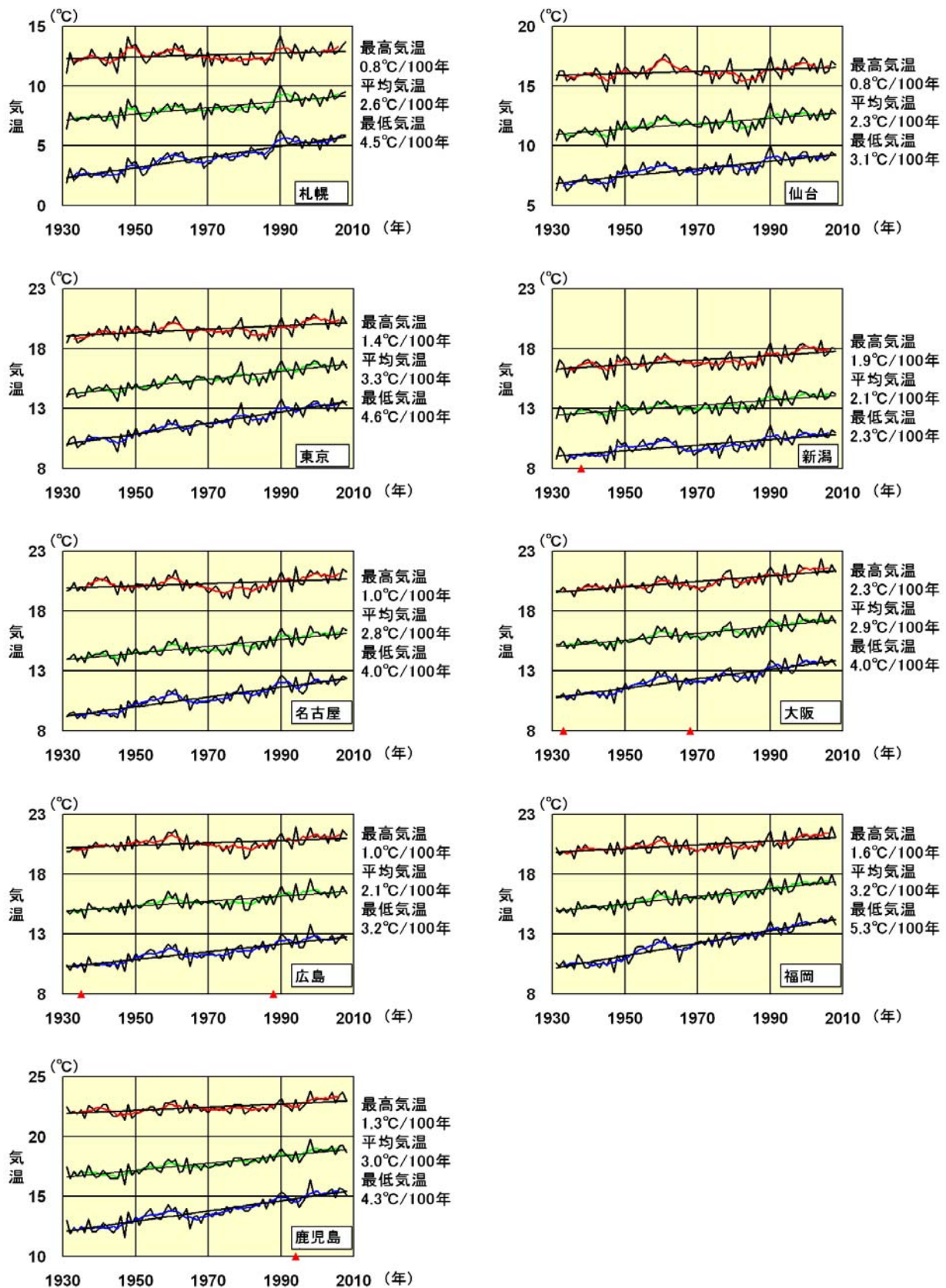


図 4.1 大都市の年平均気温の長期変化。色をつけた曲線と直線はそれぞれ 5 年移動平均と長期変化傾向を示している。新潟、大阪、広島、鹿児島のリ舎移転の時期を赤三角であわせて表示している。

4.2 冬日、熱帯夜、猛暑日の日数の長期変化傾向

表 4.2 には全国の大都市の冬日（日最低気温が 0℃未満の日）、熱帯夜（日最低気温が 25℃以上の日）、猛暑日（日最高気温が 35℃以上の日）の日数の変化率を示す。統計期間は、冬日と熱帯夜が 1931 年から 2008 年、猛暑日は 1961 年から 2008 年までである。

熱帯夜の年間日数は、札幌と仙台を除き顕著な増加傾向を示している。また、冬日の年間日数は、全般に減少傾向である。大都市の変化傾向は中小都市と比べても顕著であり、熱帯夜や冬日の日数の変化には、地球温暖化や自然変動などに加えて、ヒートアイランド現象の影響も大きいと考えられる。

一方、猛暑日については、新潟、名古屋と西日本の主要都市だけでなく、中小都市でも有意な増加傾向となっている。「ヒートアイランド監視報告（平成19年夏・冬ー関東・近畿地方）」では、都市の規模にかかわらず、西日本や熊谷、前橋など日最高気温が元々高い地点における猛暑日の増加が報告されており、都市化が猛暑日の増加に及ぼす影響については今後の調査課題である。

表 4.2 大都市および中小都市における冬日、熱帯夜、猛暑日の年間日数の変化率

10 年あたりの変化率を示す。統計期間は冬日と熱帯夜が 1931 年から 2008 年まで、猛暑日は 1961 年から 2008 年まで。斜体字は統計的に有意な変化傾向がないことを意味する。表 4.1 で示した新潟(冬日、熱帯夜)、大阪、広島、鹿児島は統計期間内に庁舎の移転があり、累年の統計が行えないため表示しない。また、中小都市は庁舎の移転があった宮崎と飯田を除いた 15 地点の平均である。

都市	年間階級日数の変化率(日/10年)		
	冬日	熱帯夜	猛暑日
札幌	-4.9	<i>0.0</i>	<i>0.0</i>
仙台	-6.4	+0.2	<i>+0.1</i>
東京	-8.9	+3.5	<i>+0.5</i>
新潟	---	---	+0.8
名古屋	-7.6	+3.4	+2.3
福岡	-5.6	+4.7	+1.0
中小都市	-2.2	+1.3	+0.4

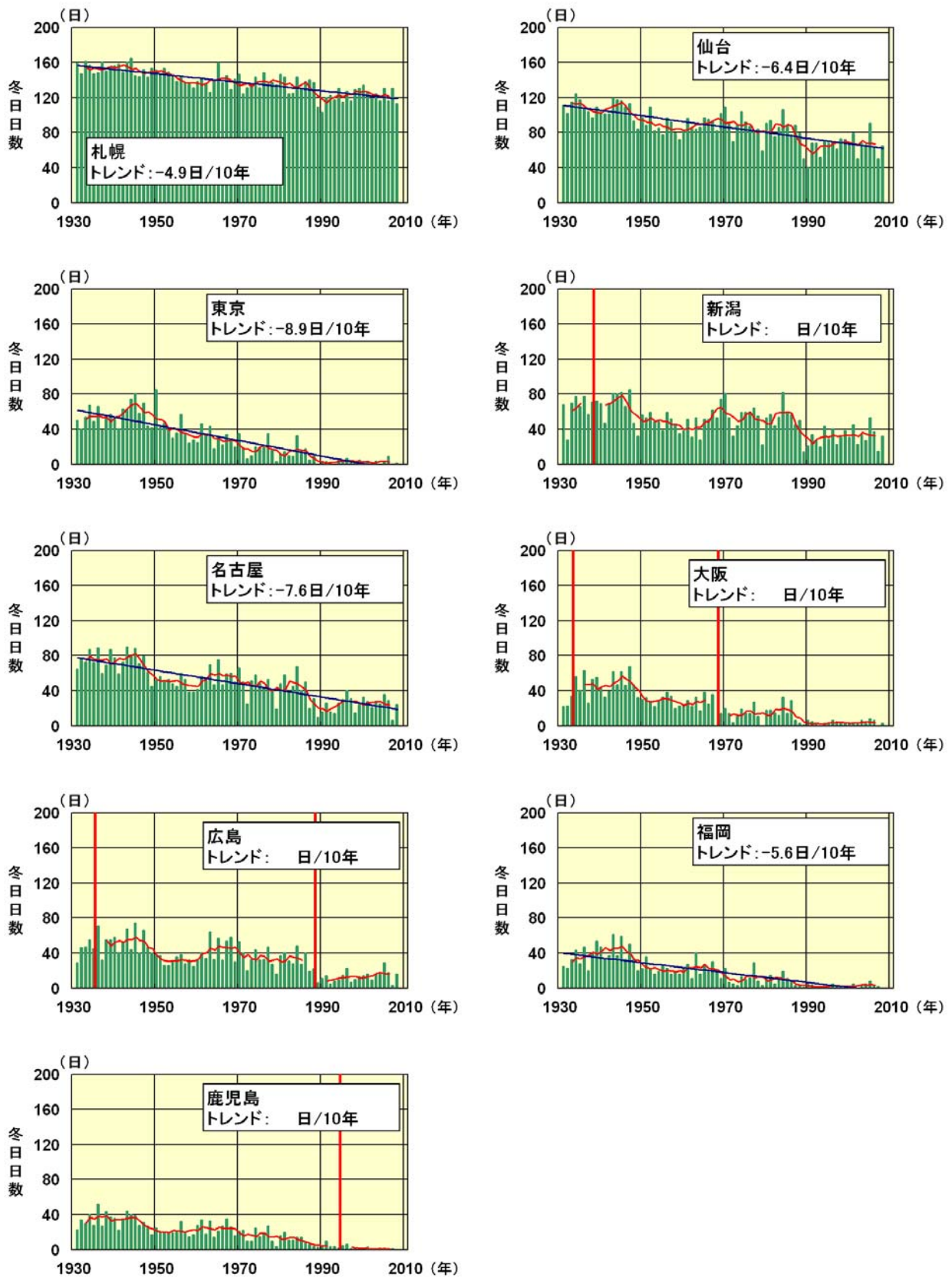


図 4.2 大都市の冬日日数の長期変化。赤い曲線は 5 年移動平均を示している。統計期間内に庁舎の移転がなく、有意な長期変化(トレンド)がある場合は、青い直線で示す。新潟、大阪、広島、鹿児島は庁舎移転時期を示す。統計期間は 1931 年から 2008 年まで。

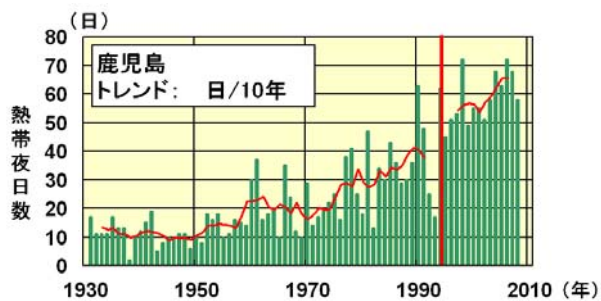
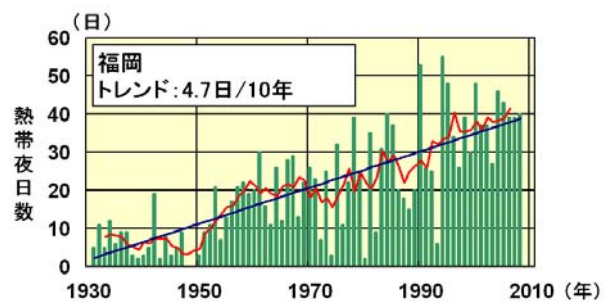
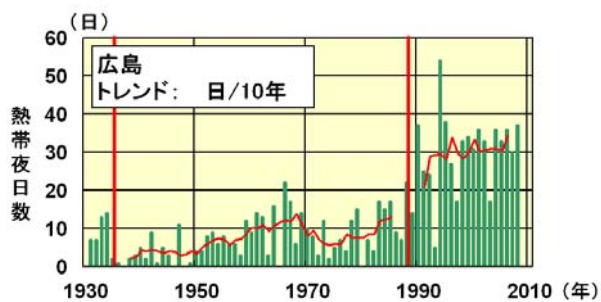
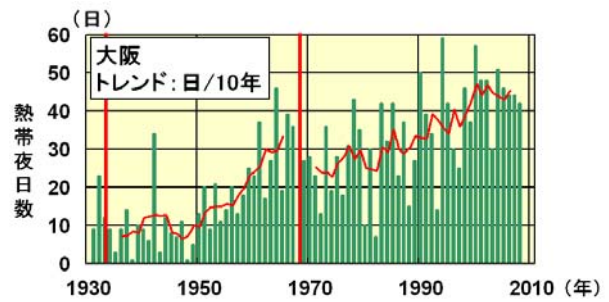
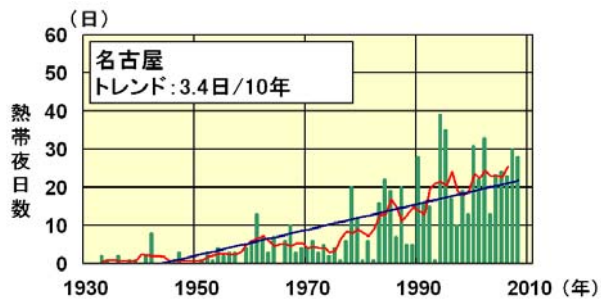
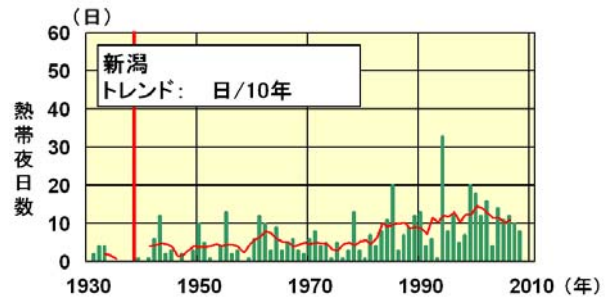
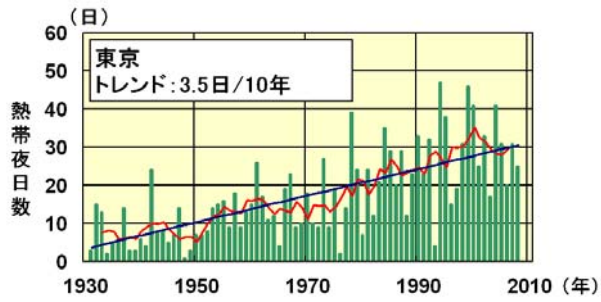
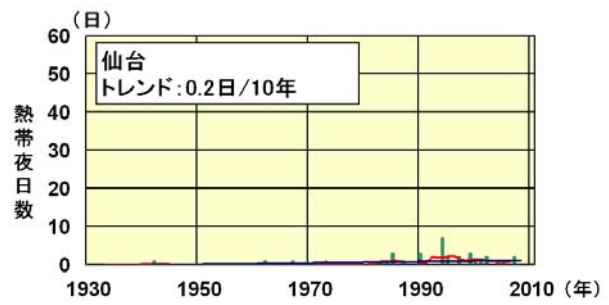
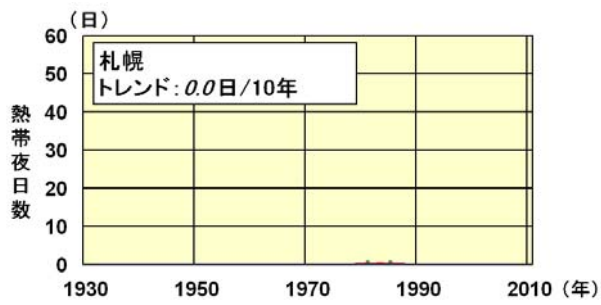


図 4.3 図 4.2 と同じ。ただし、熱帯夜日数について。

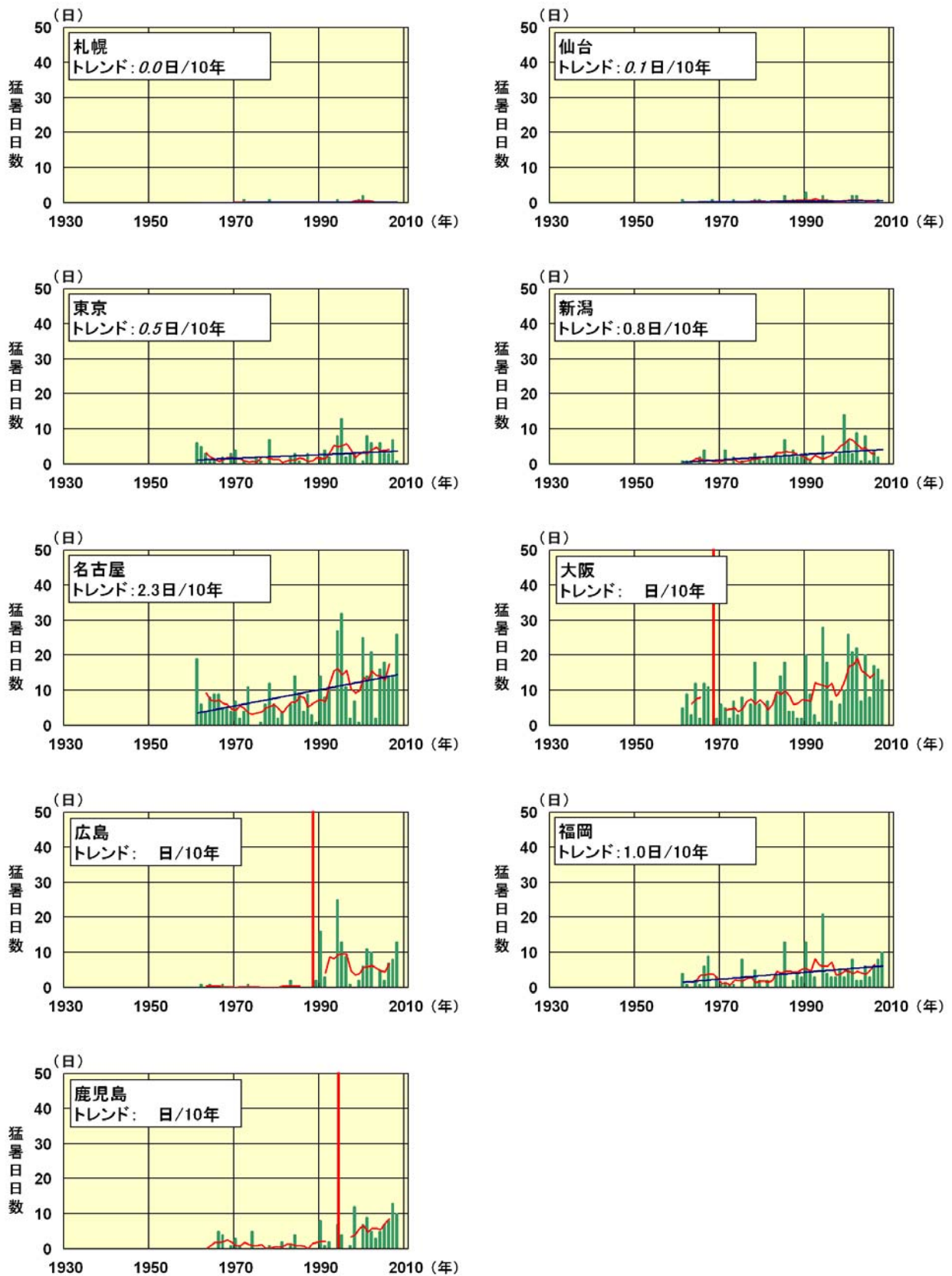


図 4.4 図 4.2 と同じ。ただし、猛暑日数について。統計期間は 1961 年から 2008 年まで。

5. 謝辞

本報告で用いた東海地方における人工排熱量データの推定値を作成する際に、名古屋市環境科学研究所からご提供いただいたデータも参考とさせていただきます。ここに厚くお礼を申し上げます。

6. 参考文献

気象庁, 2005: ヒートアイランド監視報告 (平成 16 年夏季・関東地方)

<http://www.data.kishou.go.jp/climate/cpdinfo/himr/2004/himr2004.pdf>

気象庁, 2006: ヒートアイランド監視報告 (平成 17 年夏季・関東地方)

<http://www.data.kishou.go.jp/climate/cpdinfo/himr/2005/himr2005.pdf>

気象庁, 2007: ヒートアイランド監視報告 (平成 18 年夏季ー関東・近畿地方)

<http://www.data.kishou.go.jp/climate/cpdinfo/himr/2006/himr2006.pdf>

気象庁, 2008: ヒートアイランド監視報告 (平成 19 年冬・夏ー関東・近畿地方)

<http://www.data.kishou.go.jp/climate/cpdinfo/himr/2008/himr2008.pdf>

妹尾 泰史, 神田 学, 木内 豪, 萩島 理, 2004: 潜熱割合を考慮した人工排熱時空間分布の推計と局地気象に対する影響, 水工学論文集, 48