

4. 2010 年夏季の高温日におけるヒートアイランド現象

2010 年夏季に高温となった事例を調査したところ、昼間の関東地方では+3°C以上、東海地方、近畿地方、九州北部地方では+2°C以上の都市化の影響による昇温が見られた。これら大都市圏では、全国的な高温傾向に加えて、ヒートアイランド現象で気温が上昇していたと考えられる。要因としては、土地利用の変化、建築物の影響が大半で、人工排熱の寄与は小さい。

4.1 はじめに

2010 年夏季（6～8 月）の日本の平均気温の 1981～2010 年平均からの差は+1.46°Cで、1898 年の統計開始以降で最も高い記録となった。また、2010 年 8 月の平均気温の 1981～2010 年平均からの差は+2.00°Cで、同じく最も高い記録となった。表 4.1 に 2010 年 8 月の全国の主要都市と都市化の影響が小さいとみられる 17 地点平均の気温偏差（1981～2010 年平均からの差）の比較を示す。那覇を除いて、都市の規模に関わらず全国的に高温偏差となっていることがわかる。ここでは、関東地方、東海地方、近畿地方³、九州北部地方の都市において 2010 年の夏季に晴れて高温となった事例を対象として、都市気候モデルを用いたシミュレーションによる調査を行ったので報告する。

表 4.1 2010 年 8 月の全国の都市における気温平年差。1981～2010 年平均からの差。太字は 1931 年以降最高であったことを示す。なお主要都市では、平年値期間となる 1981～2010 年の 30 年間の気温に都市化の影響が含まれていると考えられるので、平年差の値としては都市化の影響が相殺され、全国規模の高温傾向が反映されている。

	平均気温	最高気温	最低気温
札幌	+2.5	+2.7	+2.2
仙台	+3.0	+3.5	+3.0
東京	+2.2	+2.4	+2.5
横浜	+1.9	+2.1	+2.1
新潟	+2.4	+2.4	+2.5
名古屋	+1.6	+1.3	+1.8
京都	+1.9	+1.9	+2.0
大阪	+1.7	+1.8	+1.8
広島	+2.1	+2.6	+2.0
福岡	+2.2	+3.1	+2.1
鹿児島	+1.1	+0.9	+1.3
那覇	+0.2	+0.1	+0.1
12 都市平均	+1.9	+2.1	+2.0
17 地点平均	+2.0	+2.3	+1.9

³ 関東、東海、近畿を対象とした過去のヒートアイランド監視報告では、土地利用データとして 1997 年版の国土数値情報を利用しているが、本報告では 2006 年版を用いている。

4.2 日本各地のヒートアイランド現象

4.2.1 関東地方における高温日(2010年8月17日)

2010年夏季の関東は梅雨明け後から勢力の強い太平洋高気圧に覆われた晴天が続き、8月17日には東京(大手町)の日最高気温がこの夏で最も高い37.2℃を記録した(図4.1、4.2)。この事例における都市化による昇温を見積もるため、都市気候モデルを用いたシミュレーションを行った。

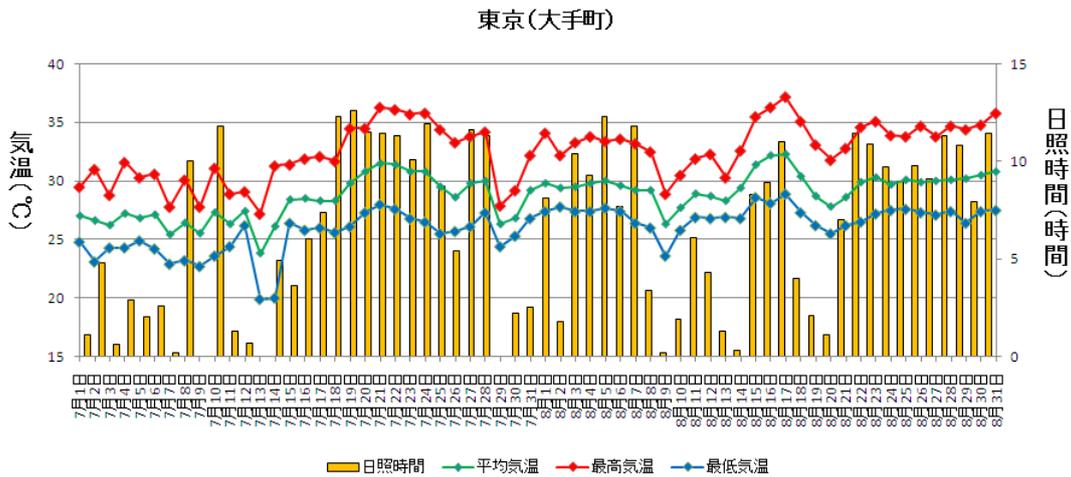


図 4.1 東京における 2010 年 7～8 月の日最高気温、平均気温、最低気温、日照時間の時系列

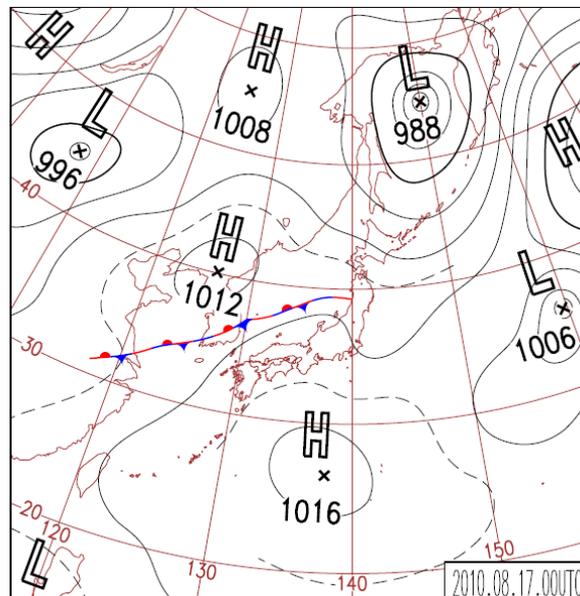


図 4.2 2010 年 8 月 17 日 09 時の地上天気図

都市気候モデルのシミュレーションによって得られた関東地方の2010年8月17日の気温と風の分布を図4.3に示す。15時は関東平野の広い範囲で海風が進入しており、西部を中心に35℃以上の高温域が広がっている。20時には海風は弱まって内陸部では北東風になっており、練馬区や所沢市などやや内陸寄りを中心としてヒートアイランド現象に典型的な島状の気温分布が見られる。

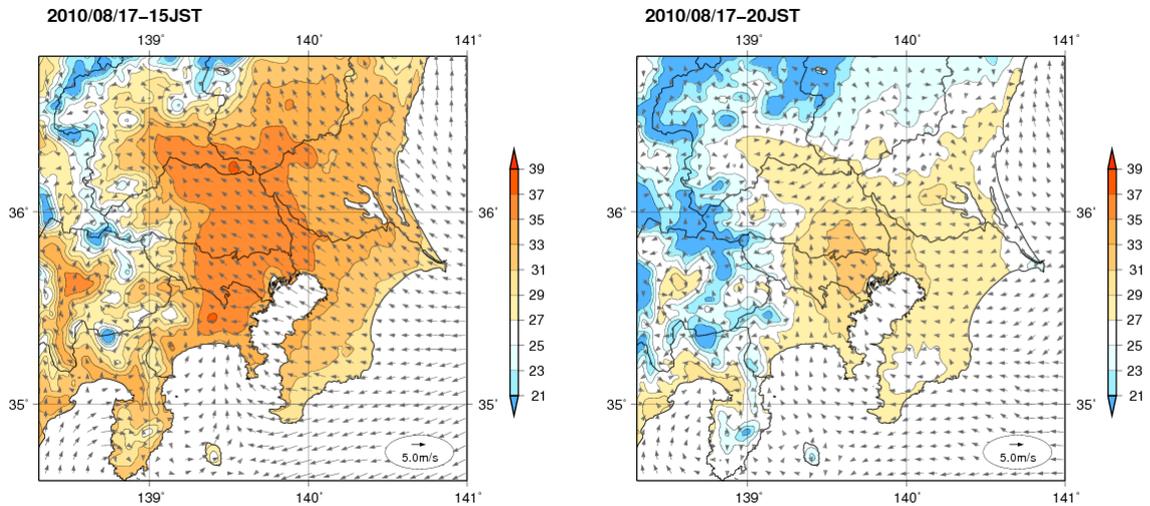


図 4.3 関東地方における2010年8月17日の15時(左)、20時(右)の気温(℃,等値線)と風(矢印)の分布。

図4.4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。都市化による昇温のピークは東京都心部よりもやや内陸側に位置している。15時には内陸部から東京湾へ向かう風速の差が生じており、東京湾から内陸部へ進入する海風が都市の影響により弱められている。東京都の内陸部から埼玉県にかけての領域において都市化による昇温がピークとなり、+3℃以上の領域が広い範囲に広がっている。20時でも同様に、都心部より内陸側で都市化による昇温の影響が大きくなっている。

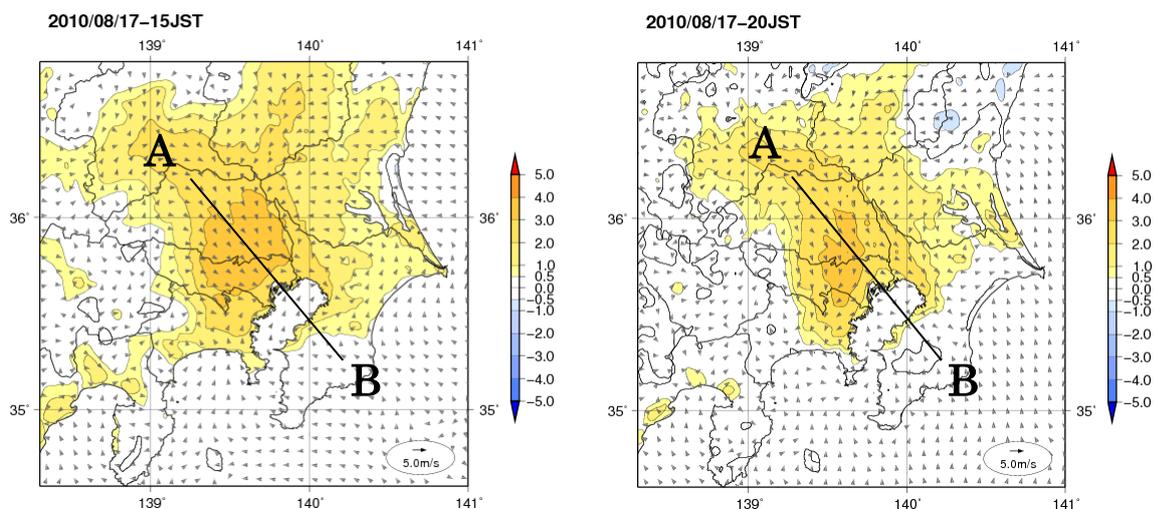


図 4.4 関東地方における2010年8月17日の15時(左)、20時(右)の「都市がある場合」と「都市がない場合」の気温(℃,等値線)と風(矢印)の差。正の値は「都市がある場合」の気温が高いことを示す。

図 4.5 に、関東平野の北西から南東の鉛直断面における 2010 年 8 月 17 日の都市の影響による気温と風の差を示す。ここで、着色部分は都市による気温の変化、矢印は都市による風の変化を示している。

15 時は都心部で上昇気流が発生し、その内陸側で昇温の効果が高い領域が広く分布している。太平洋高気圧から南よりの風が吹き込んでいるため、都市上空の風の循環の中心が内陸部に寄っている。関東平野では地表面付近の大気の温位が上空 1000m 付近の温位と同程度まで上昇しており、混合層内の対流によって昇温の影響が高度 1000m 以上まで伝搬している。20 時は混合層が縮小し、昇温の影響が及ぶ高度は低くなっているが、海風の進入が抑えられている領域で昇温の効果が高い点については変化がない。

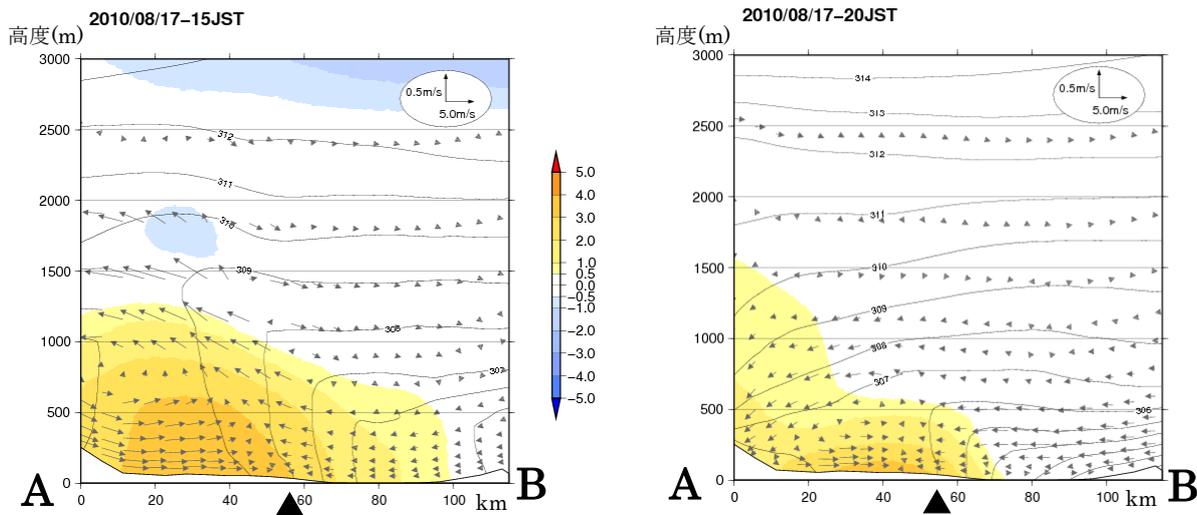


図 4.5 2010 年 8 月 17 日 15 時(左)、20 時(右)における関東平野の鉛直断面図

等値線は都市がある場合の温位(K)、陰影、矢印はそれぞれ「都市あり」と「都市なし」の温位と風の差。記号▲は大手町の位置を示す。断面線は図 4.4 参照(A,B は断面の端を示す)。

図 4.6 に、関東地方における 2010 年 8 月 17 日の要因別の昇温量について示す。15 時については、土地利用の影響による昇温量が 2°C 以上の領域が埼玉県の一部に広く分布しており、建築物の影響は 1°C 程度である。20 時は建築物の影響による昇温量が 2°C 以上の領域が東京都から埼玉県にかけて広がっているが、その周辺部では建築物の影響と土地利用の影響は同程度で、埼玉県の一部を中心に広く分布している。人工排熱の影響は他の二つの要素に比べると小さい。これらの結果から、日中のヒートアイランドには土地利用の影響、夜間のヒートアイランドには建築物による蓄熱の影響が大きいことが確認された。

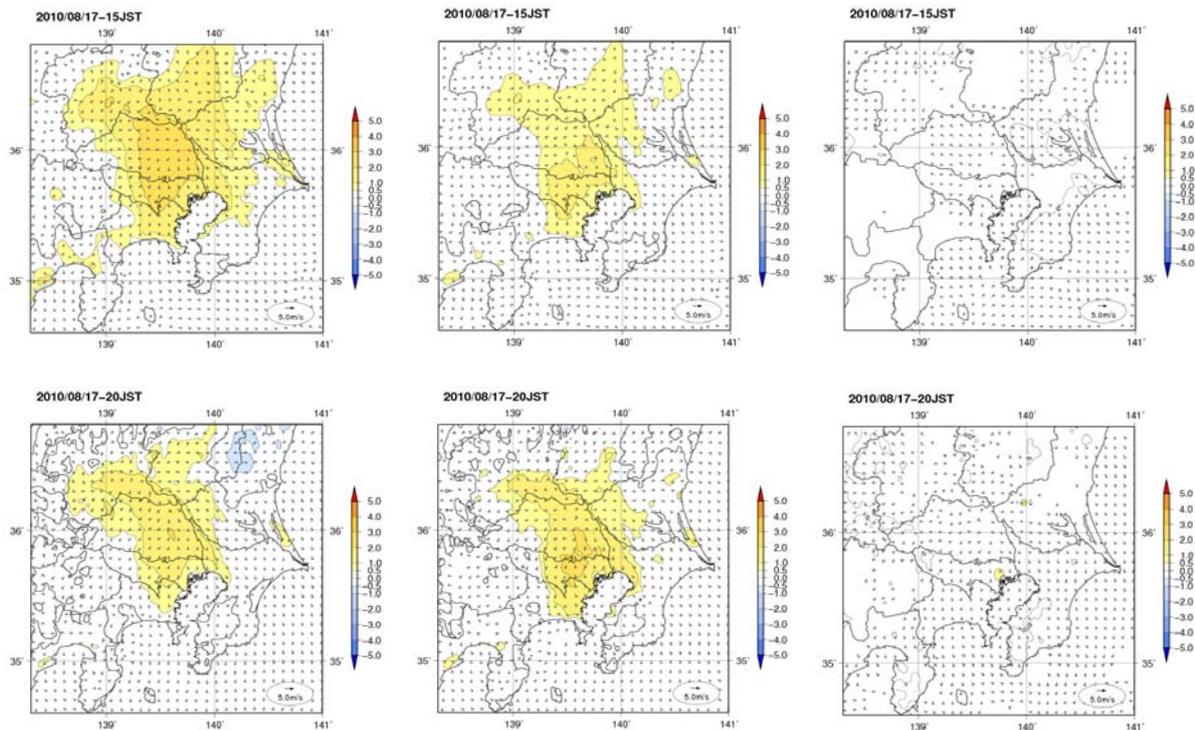


図 4.6 2010 年 8 月 17 日(上段)15 時および 20 時(下段)の関東地方における都市化の影響による気温上昇に対する、土地利用(左)、建築物(中央)、人工排熱の寄与(右) (単位:°C)

4. 2. 2 東海地方における高温日(2010 年 7 月 22 日)

2010 年夏季の東海地方は梅雨明け後に日照時間の長い晴天日が続き、7 月 22 日には日本の南海上に中心を持つ勢力の強い太平洋高気圧に覆われて、名古屋の日最高気温がこの夏で最も高い 38.0°C を記録した(図 4.7、4.8)。この事例における都市化による昇温の影響を見積もるため、都市気候モデルを用いたシミュレーションを行った。

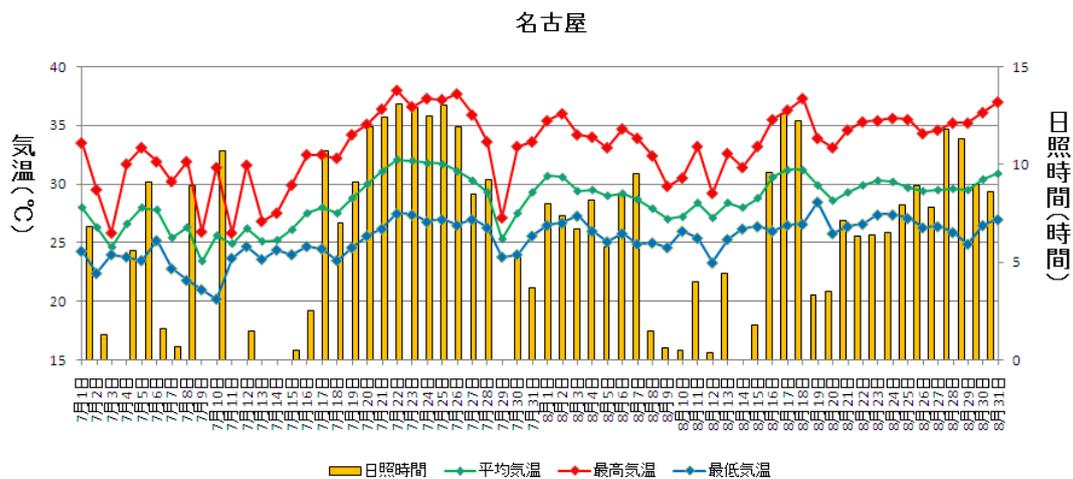


図 4.7 名古屋における 2010 年 7~8 月の最高気温、平均気温、最低気温、日照時間の時系列

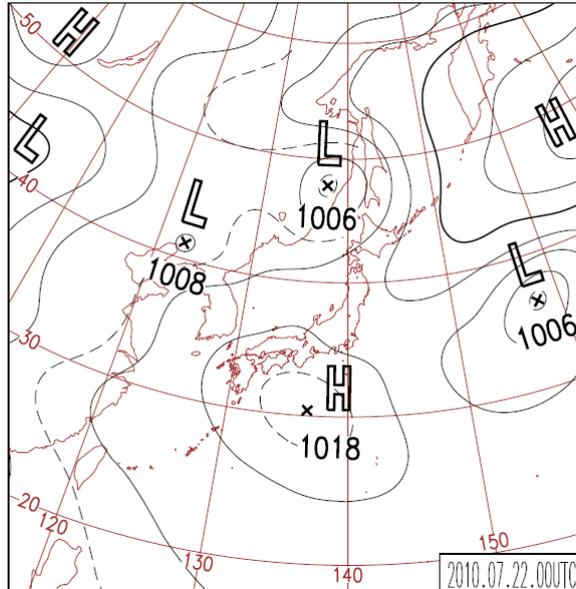


図 4.8 2010 年 7 月 22 日 09 時の地上天気図

都市気候モデルのシミュレーションによって得られた東海地方の 2010 年 7 月 22 日の気温と風の分布を図 4.9 に示す。15 時は 36°C 以上の高温域が濃尾平野全体に広がり、名古屋の都心部では 38°C 以上と周辺地域に比べて名古屋都心部で高温となっている。20 時でも名古屋都心部を中心に島状の 32°C 以上の高温な領域が広がっており、気温分布から見てもヒートアイランドの出現が明瞭である。

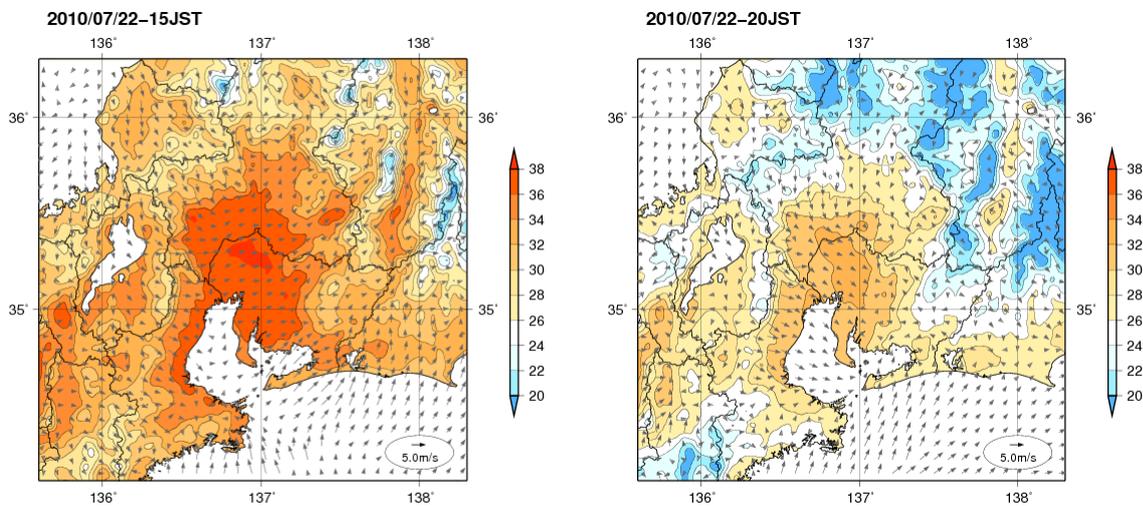


図 4.9 東海地方における 2010 年 7 月 22 日の 15 時(左)、20 時(右)の気温(°C,等値線)と風(矢印)の分布。

図 4.10 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。15 時は濃尾平野において高気圧からの西よりの風を弱める向きの変化が生じており、濃尾平野東部の広範囲に 2°C 以上の昇温域が広く広がっている。20 時では名古屋都心部で都市化による昇温の効果が 3°C 以上と強くなっている。

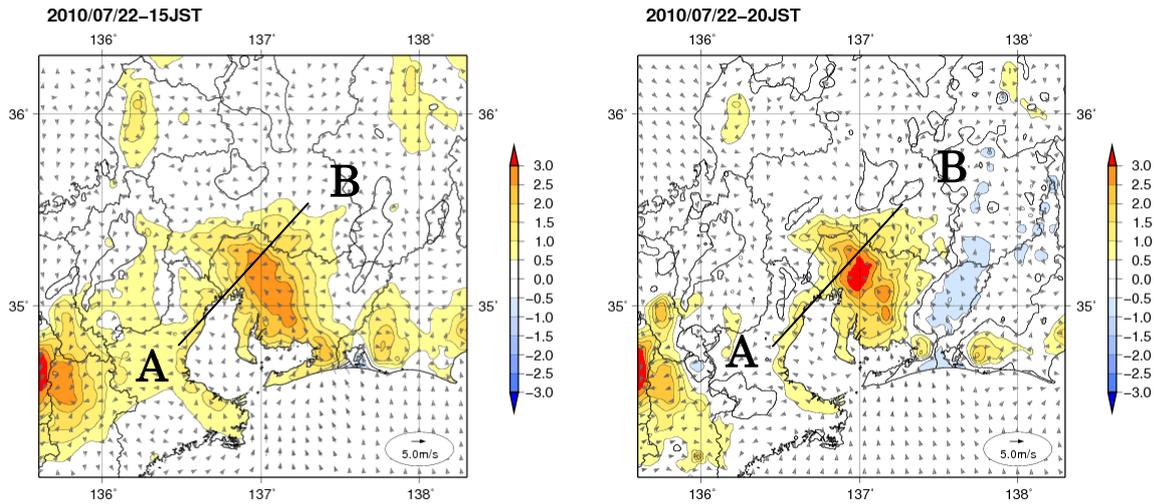


図 4.10 東海地方における 2010 年 7 月 22 日の 15 時(左)、20 時(右)の「都市がある場合」と「都市がない場合」の気温(°C、等値線)と風(矢印)の差。正の値は「都市がある場合」の気温が高いことを示す。

図 4.11 に、濃尾平野の北東から南西の鉛直断面における 2010 年 7 月 22 日の都市化による気温と風の差を示す。ここで、着色部分は都市による気温の変化、矢印は都市による風の変化を示している。

15 時は都心部で上昇気流が発生し、その内陸側で名古屋湾からの海風の進入が抑制されて昇温の効果が高くなっている。都心部の地表面付近の大気の温位は上空 1000m 付近の温位と同程度まで上昇し、混合層内の対流によって昇温の影響が高度 1000m 以上まで伝搬している。20 時は名古屋都心部の混合層が縮小し、昇温の影響が及ぶ高度は低くなっているが、内陸部では海風を弱める風の変化が続いており、20 時においても都市化による昇温の影響が広範囲に及んでいる要因と考えられる。

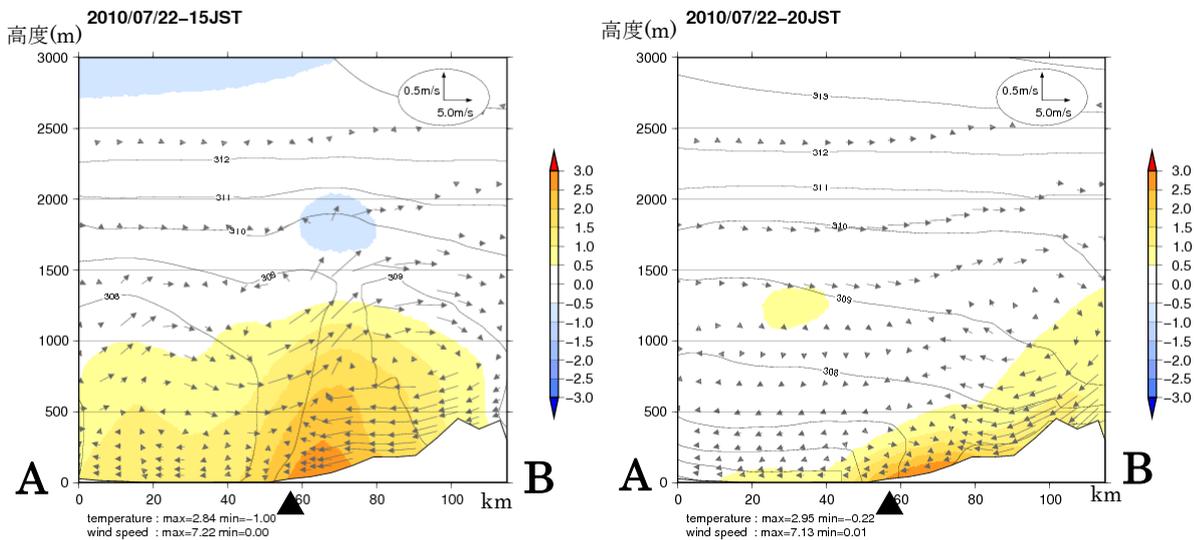


図 4.11 2010 年 7 月 22 日 15 時(左)、20 時(右)における濃尾平野の鉛直断面図
等値線は都市がある場合の温位(K)、陰影、矢印はそれぞれ「都市あり」と「都市なし」の温位と風の差。記号▲は名古屋地方気象台の位置を示す。断面線は図 4.10 参照(A,B は断面の端を示す)。

図 4.12 に、東海地方における 2010 年 7 月 22 日の要因別の昇温量について示す。15 時について

は、土地利用の影響が大きく、昇温量が $+2^{\circ}\text{C}$ 以上の領域が濃尾平野の東部に広く分布しており、建築物の影響についても濃尾平野の東部に $+1^{\circ}\text{C}$ 程度の領域が広がっている。20時は建築物の影響が名古屋都心部を中心に強まって 2°C 以上となっているが、土地利用の影響は 2°C 以上の領域はなくなったものの 1°C 以上の領域が広範囲に広がっている。人工排熱の影響は他の二つの要素に比べると小さい。これらの結果から、関東地方と同様、日中のヒートアイランドには土地利用の影響、夜間のヒートアイランドには建築物による蓄熱が大きかったことが確認された。

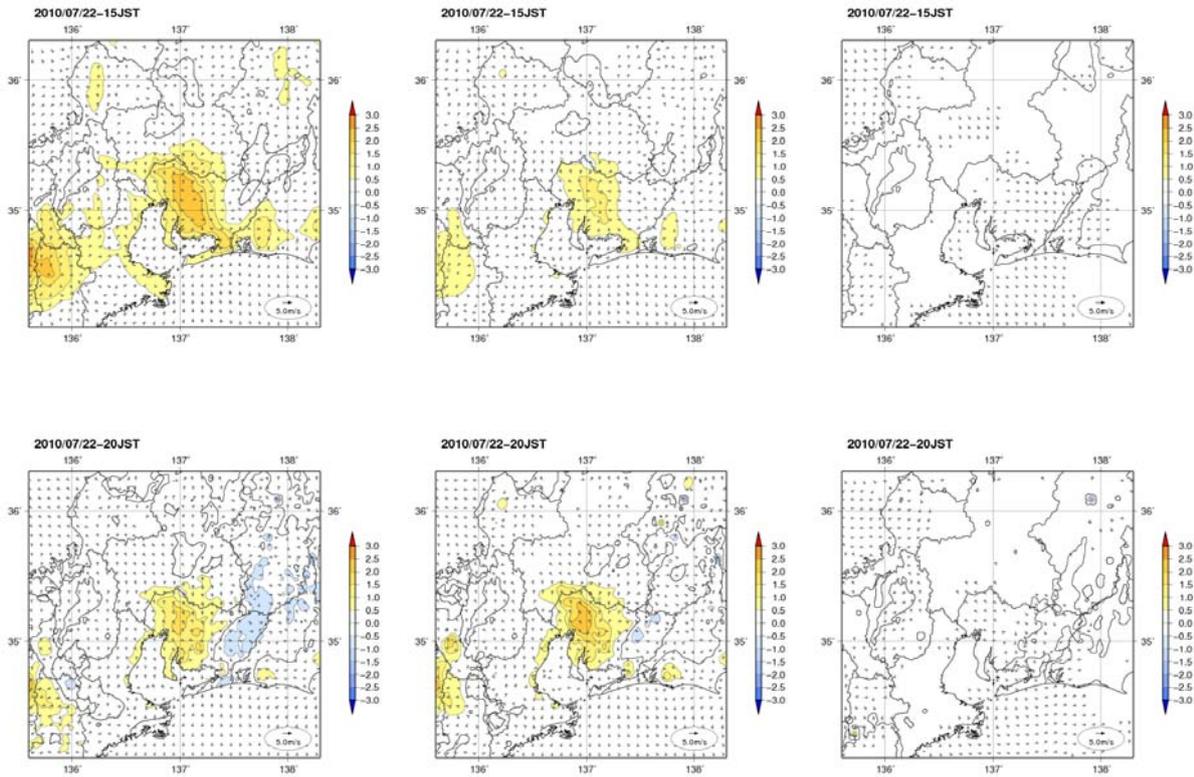


図 4.12 2010 年 7 月 22 日(上段)15 時および 20 時(下段)の東海地方における都市化の影響による気温上昇に対する、土地利用(左)、建築物(中央)、人工排熱の寄与(右) (単位: $^{\circ}\text{C}$)

4. 2. 3 近畿地方における高温日(2010 年 8 月 18 日)

2010 年の大阪は、梅雨明け後から 8 月後半にかけて日照時間の長い晴天日が続き、8 月 29 日には大阪の日最高気温がこの夏で最も高い 37.4°C を記録している(図 4.13)。この日の近畿地方ではフェーン現象により広域で高温となっており、ヒートアイランドが主要因の高温事例ではないと考えられる。このため、大阪の日最高気温が 2010 年夏で 2 番目に高い 37.3°C を記録した 8 月 18 日(図 4.14)を事例として抽出し、都市気候モデルによるシミュレーション調査を実施した。

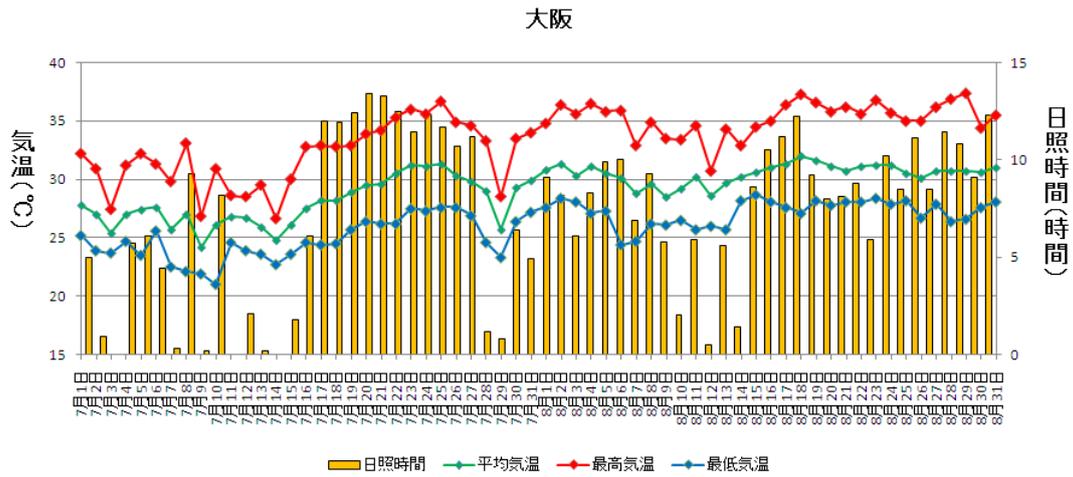


図 4.13 大阪における 2010 年 7～8 月の最高気温、平均気温、最低気温、日照時間の時系列

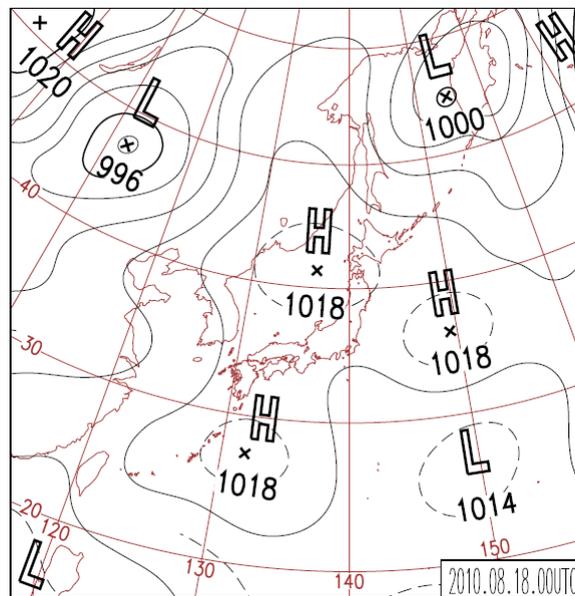


図 4.14 2010 年 8 月 18 日 09 時の地上天気図

都市気候モデルのシミュレーションによって得られた近畿地方の 2010 年 8 月 18 日の気温と風の分布を図 4.15 に示す。15 時は 36℃以上の高温域が大阪平野全体に広がって、周辺地域に比べて都市部で高温の気温分布となっている。20 時でも大阪平野の都心部を中心に 32℃以上の高温な気温分布が島状となっており、気温分布から見てもヒートアイランド現象の特徴を呈している。

図 4.16 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。15 時は大阪平野において大阪湾からの海風の進入を妨げる風速の差が生じており、大阪平野の都心部を中心に 2℃以上の昇温域が広く分布している。20 時では内陸から大阪湾へ風が吹き出しているが、この陸風を弱める風向変化が起きている。大阪都心部で都市化による昇温の効果が 3℃以上と強まっている。

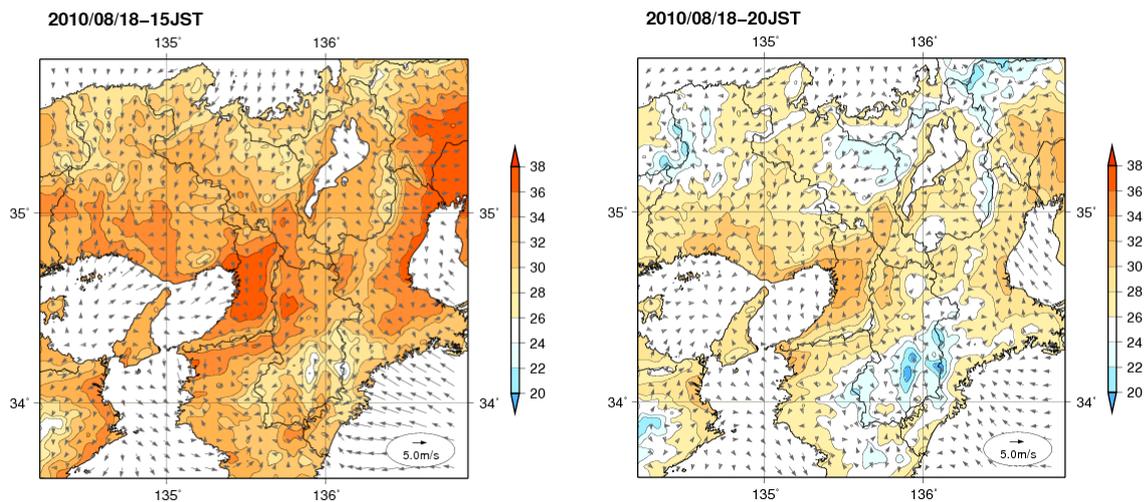


図 4.15 近畿地方における 2010 年 8 月 18 日の 15 時(左)、20 時(右)の気温(°C,等値線)と風(矢印)の分布。

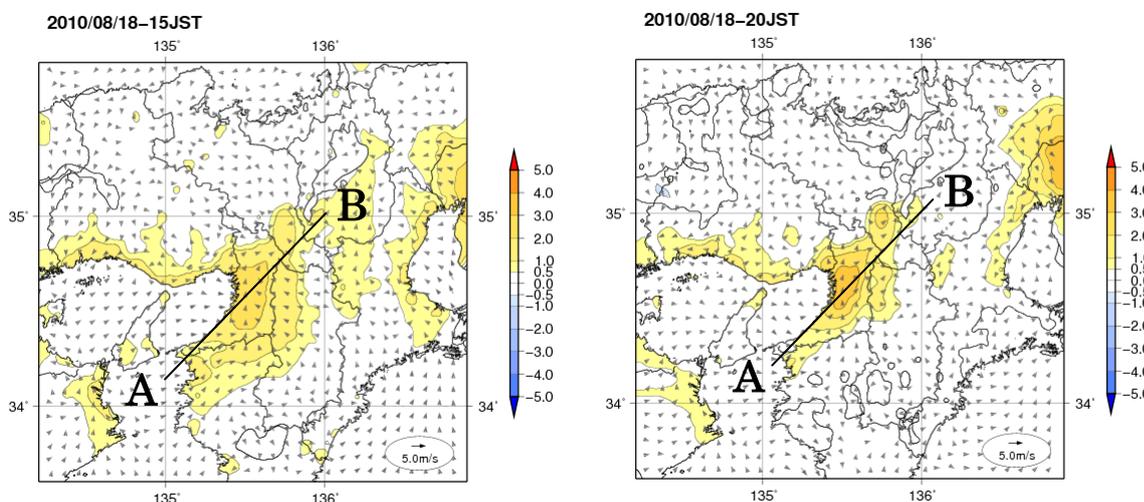


図 4.16 近畿地方における 2010 年 8 月 18 日の 15 時(左)、20 時(右)の「都市がある場合」と「都市がない場合」の気温(°C,等値線)と風(矢印)の差。正の値は「都市がある場合」の気温が高いことを示す。

図 4.17 に、大阪平野の南西から北東の鉛直断面で見た都市化の影響による気温と風の変化を示す。ここで、着色部分は都市による気温の変化、矢印は都市による風の変化を示している。

15 時は大阪都心部から内陸にかけての広い範囲で上昇気流が発生し、海風の進入が抑えられている内陸側で昇温の効果が大きい。都心部の地表面付近の温位は上空 1000m 付近の温位と同程度まで上昇し、混合層内の対流によって昇温の効果は高度 1000m 以上まで伝搬している。20 時には広域の風向が東風になり、都心部の陸風(東風)が弱まることでの昇温量が大きい。15 時と比較して昇温域の分布は沿岸に寄っており、広域の風向によってヒートアイランドの現れ方に違いが現れている。東風を弱める要因として、都心部での上昇気流は見られないことから、ヒートアイランド循環ではなく、都市の粗度*の影響が明瞭に現れたものと考えられる。

※粗度：地表面の凹凸の程度を示す指標。海面上は滑らかで粗度が小さく、都市では建築物が多いため大きくなる。粗度の大きい地表面上では、抵抗により地表面風速が弱まる。

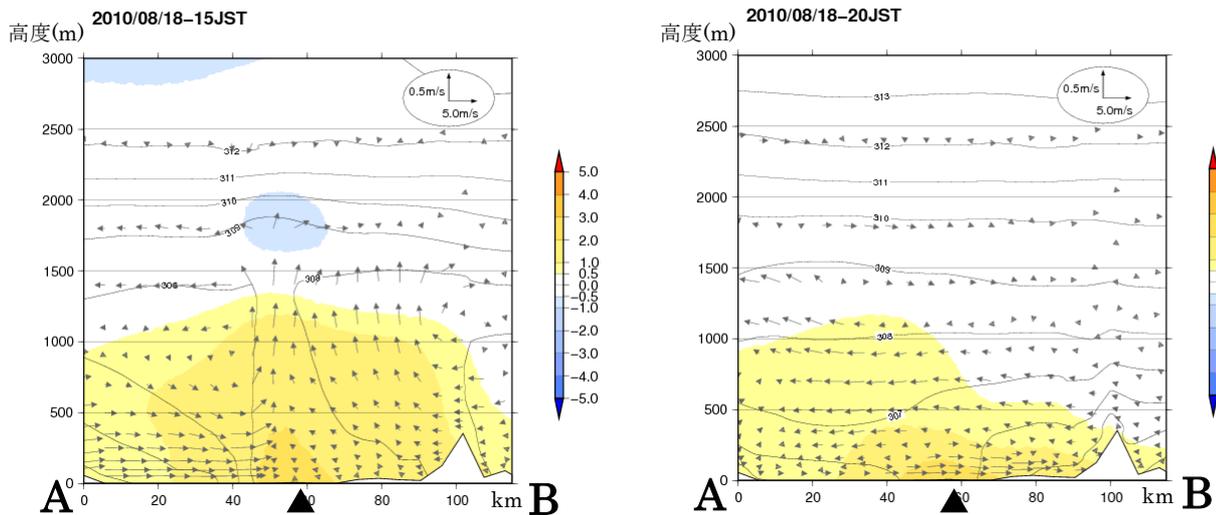


図 4.17 2010 年 8 月 18 日 15 時(左)、20 時(右)における大阪平野の鉛直断面図

等値線は都市がある場合の温位(K)、陰影、矢印はそれぞれ「都市あり」と「都市なし」の温位と風の差。記号▲は大阪管区気象台の位置を示す。断面線は図 4.16 参照(A,B は断面の端を示す)。

図 4.18 に、2008 年 8 月 18 日の要因別の昇温量について示す。15 時については土地利用の影響が大阪都心部で 2℃程度であり、建築物の影響は 1℃に満たない。一方、20 時については、建築物の影響が 2℃を超え、土地利用の効果は 1℃となっている。人工排熱の影響は他の二つの要素に比べると小さい。関東地方と同様、日中のヒートアイランドには土地利用の影響、夜間のヒートアイランドには建築物の蓄熱効果が大きかったことが確認された。

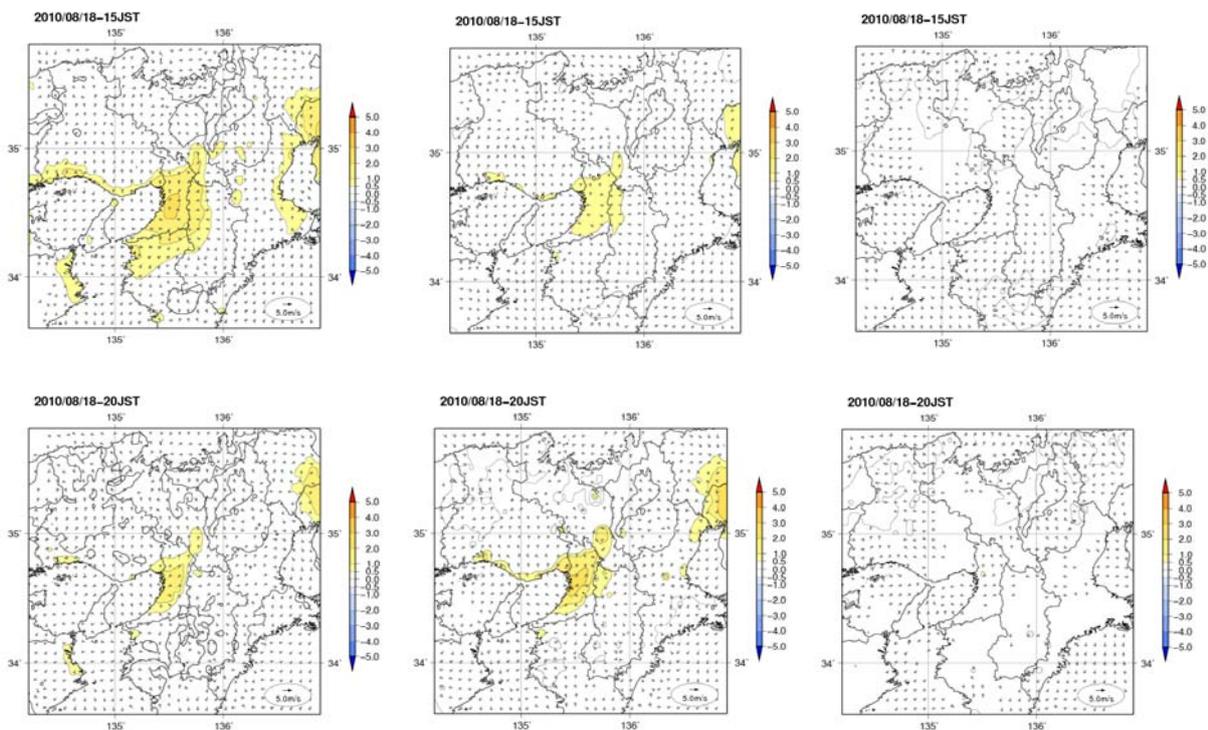


図 4.18 2010 年 8 月 18 日(上段)15 時および 20 時(下段)の近畿地方における都市化の影響による気温上昇に対する、土地利用(左)、建築物(中央)、人工排熱の寄与(右)(単位:℃)

4. 2. 4 九州北部地方における高温日(2010年8月22日)

2010年夏の九州地方は梅雨明け後から8月にかけて、日照時間の長い日が続き、福岡では最高気温35℃以上の猛暑日日数が年間で24日と統計開始以降で第1位を記録した(図4.19)。九州北部地方はヒートアイランド現象だけでなく、九州山地を超える風によるフェーン現象も高温の要因である(「ヒートアイランド監視報告—平成21年—」参照)。そのため、高温となった日のうち日照時間が長く玄界灘からの風が卓越し、ヒートアイランド現象が現れやすい気象条件の事例として8月22日を選び(図4.20)、都市気候モデルを用いたシミュレーション調査を行った。

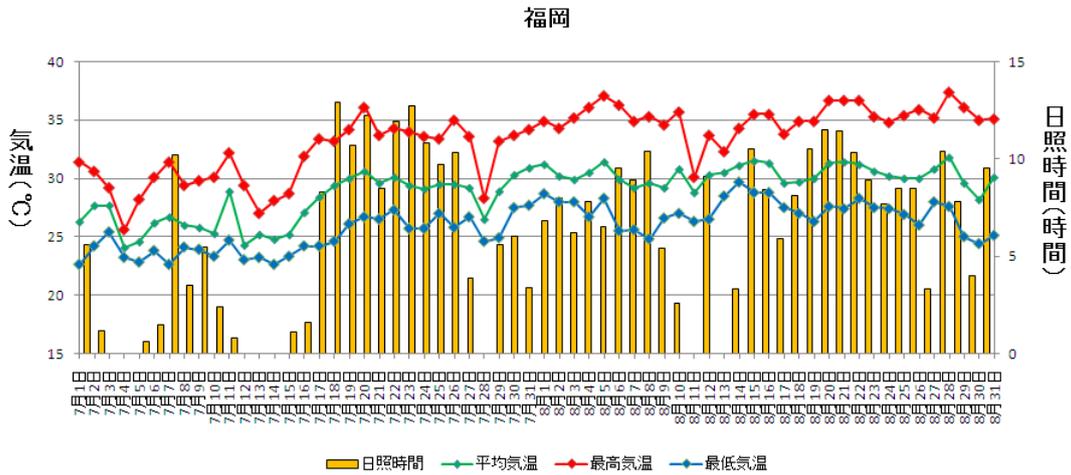


図 4.19 福岡における 2010 年 7～8 月の最高気温、平均気温、最低気温、日照時間の時系列

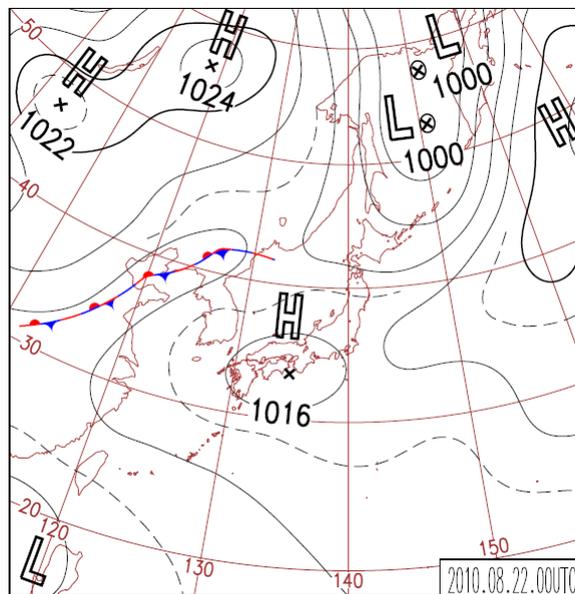


図 4.20 2010 年 8 月 22 日 09 時の地上天気図

都市気候モデルのシミュレーションによって得られた 2010 年 8 月 22 日の気温と風の分布を図 4.21 に示す。15 時は 33℃以上の高温域が福岡平野や筑紫平野に広く広がっている。20 時では福岡平野の都心部を中心に 31℃以上の高温な気温分布が島状となっており、典型的なヒートアイランド

現象の気温分布となっている。

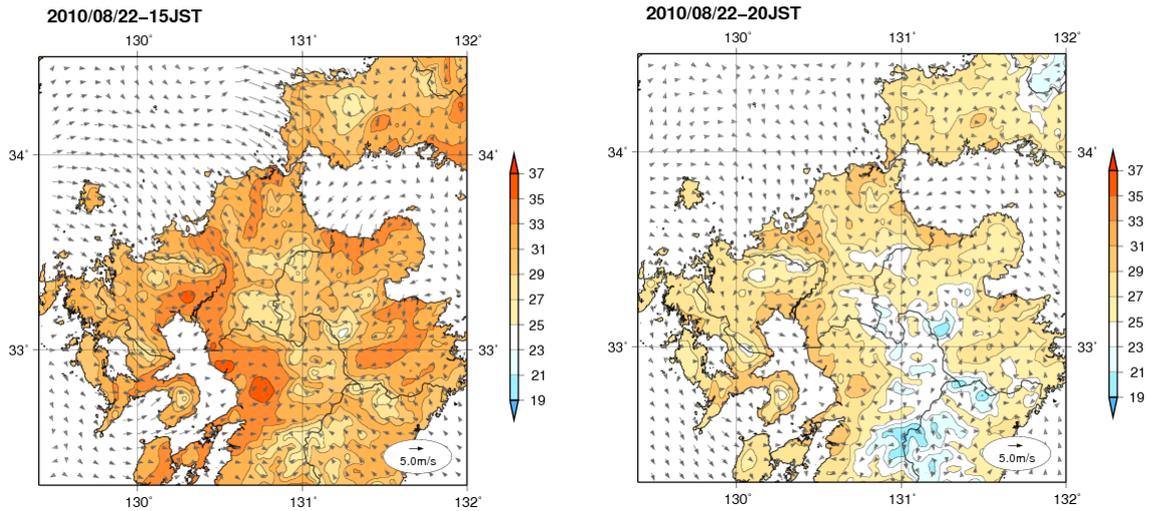


図 4.21 九州北部地方における 2010 年 8 月 22 日の 15 時(左)、20 時(右)の気温(°C,等値線)と風(矢印)の分布。

図 4.22 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。15 時は福岡平野の内陸部において玄海灘からの海風の進入を弱める風の変化が生じており、福岡平野のやや内陸部の 2.5°C をピークに 1°C 以上の昇温域が福岡平野から筑紫平野、熊本平野にかけて広く広がっている。20 時では都心部の昇温のピークについては変化が見られないが、周辺部の昇温域の広がり小さくなっている。

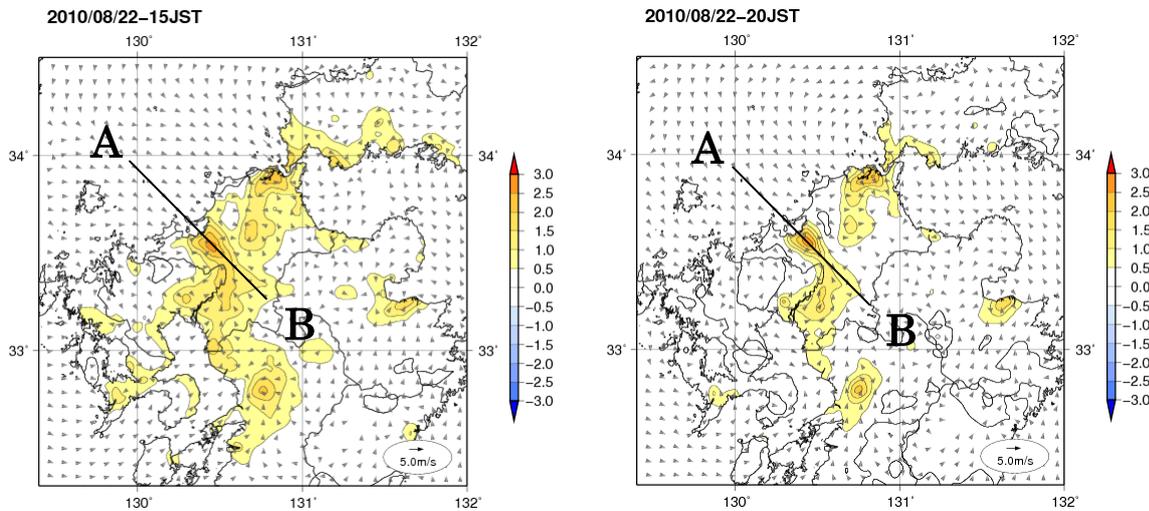


図 4.22 九州北部地方における 2010 年 8 月 22 日の 15 時(左)、20 時(右)の「都市がある場合」と「都市がない場合」の気温(°C,等値線)と風(矢印)の差。正の値は「都市がある場合」の気温が高いことを示す。

図 4.23 に、福岡平野の北西から南東の鉛直断面で見た都市化の影響による気温と風の変化を示す。ここで、着色部分は都市による気温の変化、矢印は都市による風の変化を示している。

15 時は福岡都心部で上昇気流が発生し、海風の進入が抑えられている内陸側で昇温の効果が高くなっている。また、都心部の地表面付近の大気の温位は上空 1000m 付近の温位と同程度まで上昇し、混合層内の対流によって昇温の効果は高度約 1000m まで伝搬している。20 時は混合層が縮小し、ヒートアイランド循環が弱まっている。

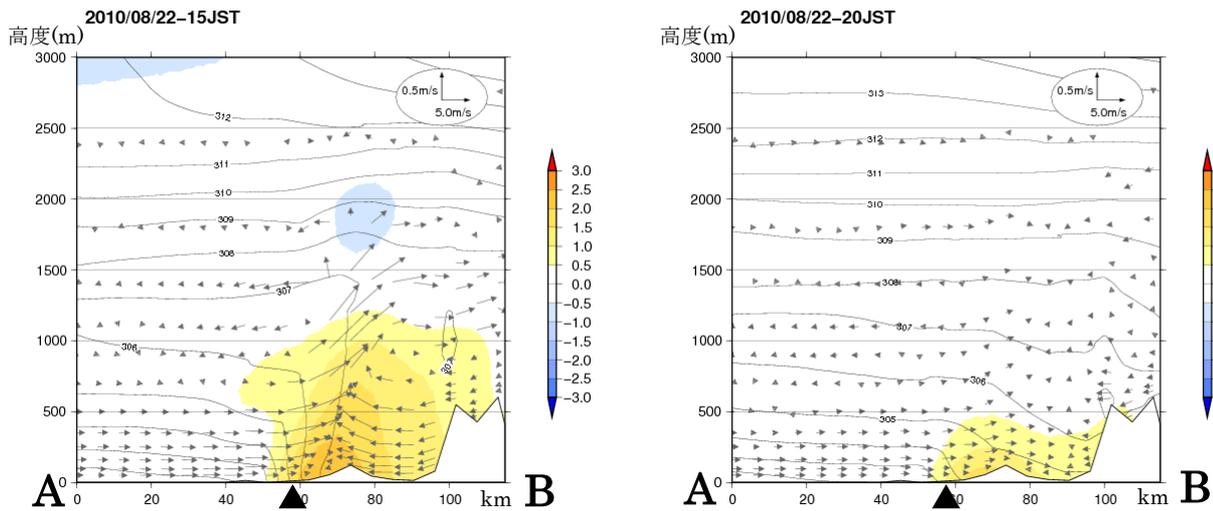


図 4.23 2010 年 8 月 22 日 15 時(左)、20 時(右)における福岡平野の鉛直断面図

等値線は都市がある場合の温位(K)、陰影、矢印はそれぞれ「都市あり」と「都市なし」の温位と風の差。記号▲は福岡管区気象台の位置を示す。断面線は図 5.22 参照(A,B は断面の端を示す)。

図 4.24 に、九州北部地方における 2010 年 8 月 22 日の要因別の昇温量について示す。15 時の都市化による昇温の広がりについては、大部分が土地利用の影響であり、福岡平野の最も高い領域で +2°C 程度である。一方、建築物の影響は、関東地方などと比べて小さい。20 時は、土地利用、建築物の影響とも最も大きい領域で 1°C 程度となっており、昇温の広がりについても同程度で、人工被覆率の高い地域に限られる。人工排熱の影響は他の二つの要素に比べると小さい。

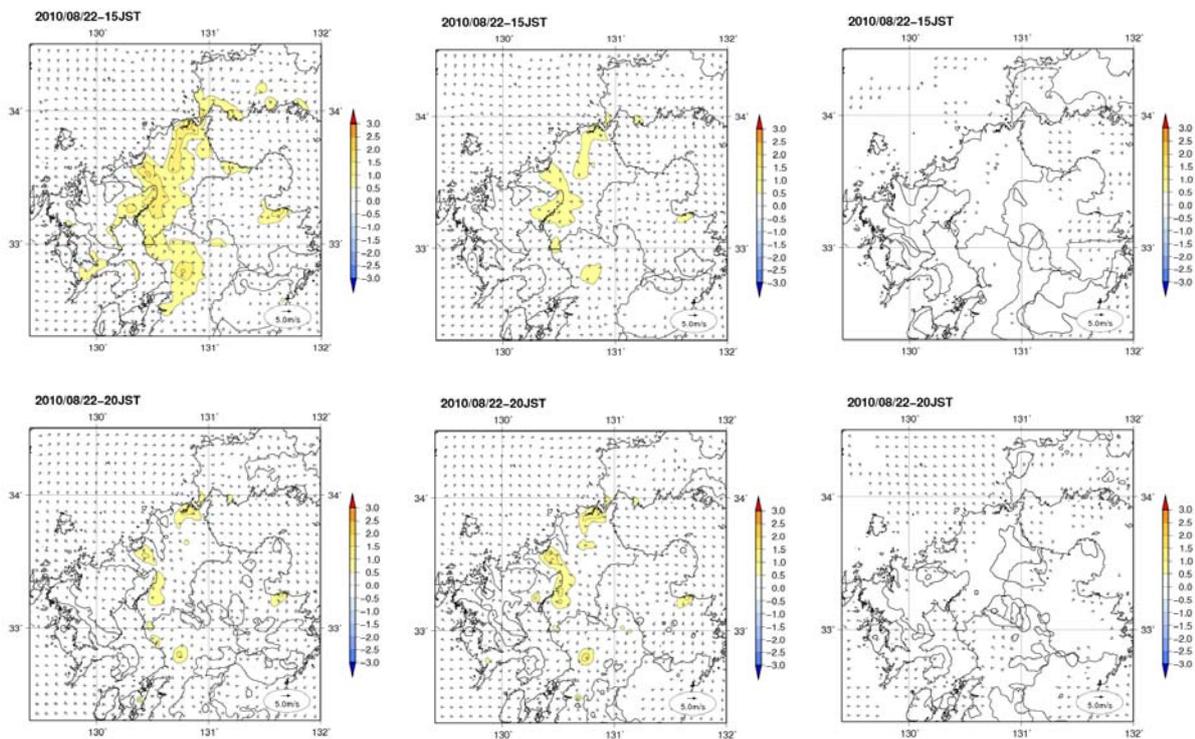


図 4.24 2010 年 8 月 22 日(上段)15 時および 20 時(下段)の九州北部地方における都市化の影響による気温上昇に対する、土地利用(左)、建築物(中央)、人工排熱の寄与(右) (単位:°C)