

ヒートアイランド監視報告
(平成 22 年)

平成 23 年 6 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.日本各地における気温等の長期変化傾向	3
2.1 全国の主要都市における気温等の長期変化傾向	3
2.2 北海道地方の都市における気温等の長期変化傾向	11
3.北海道石狩地方とその周辺の夏季におけるヒートアイランド現象	17
3.1 北海道石狩地方とその周辺の都市、地勢、夏季の気温の特徴	17
3.2 北海道石狩地方とその周辺における都市化の影響	19
3.2.1 夏季における晴天日の事例(2007～2010年の複合事例)	19
3.2.2 2010年夏季の高温日の事例(1)	20
3.2.3 2010年夏季の高温日の事例(2)	25
3.3 北海道石狩地方とその周辺における過去30年間の土地利用変化の影響	27
4.2010年夏季の高温日におけるヒートアイランド現象	29
4.1 はじめに	29
4.2 日本各地のヒートアイランド現象	30
4.2.1 関東地方における高温日(2010年8月17日)	30
4.2.2 東海地方における高温日(2010年7月22日)	33
4.2.3 近畿地方における高温日(2010年8月18日)	36
4.2.4 九州北部地方における高温日(2010年8月21日)	40
5.参考文献	43

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感染症を媒介する蚊等の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、関東地方、東海地方、近畿地方、九州北部地方におけるヒートアイランド現象について調査を行ってきたが、今回の報告では新たに北海道石狩地方とその周辺におけるヒートアイランド現象を取り上げる。はじめに、長期間にわたる気象観測の結果をもとに、全国の主要都市及び北海道の主要都市における気温や猛暑日・熱帯夜等の年間日数の変化傾向に関する調査結果を示す(2章)。次に、都市気候モデルを使った北海道石狩地方とその周辺におけるヒートアイランド現象のシミュレーション調査の結果(3章)を示す。また、2010年の夏季の顕著な高温日を事例として、関東地方、東海地方、近畿地方、九州北部地方におけるヒートアイランド現象の調査結果を掲載している(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。

(1) 土地利用の影響

土地利用の影響は主に日中のヒートアイランド現象の要因と考えられる。水面、草地、水田、森林等では、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、都市では地表面がアスファルトやコンクリート等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、気温の上昇が大きくなる。

(2) 建築物の影響

建築物の存在によって地表面の摩擦が大きくなることで、地表付近の風速が弱まり、地面の熱が上空に運ばれにくくなる。これは日中のヒートアイランドの要因となる。また、建築物は、日射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吸収する。コンクリートの建築物は暖まりにくく冷えにくい性質があるため、日中に蓄積した熱を夜間に放出して、気温の低下を抑える。これは夜間のヒートアイランドの要因となる。

(3) 人工排熱の影響

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、特に都心部で人口が集中する地域では、昼間の排熱量は局所的に $100\text{W}/\text{m}^2$ を超えると見積もられる。これは中緯度での真夏の太陽南中時における全天日射量の約 10% 程度に相当する。人工排熱は、都心部の局所的な高温の要因と考えられるが、広域的な影響としては真夏の太陽放射に比べて小さい。

なお、ヒートアイランドの成因に関する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。

1.3 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、人工排熱量を 0 にすることを意味する。なお、「都市がある場合」の人工排熱量として、「地域メッシュ統計」(総務省)の人口、従業者数データおよび「国土数値情報」(国土交通省)の「土地利用メッシュ」に含まれる幹線交通用地データから推定した値を使用している(詳細は「ヒートアイランド監視報告(平成 20 年－東海地方)」のコラム、萱場ほか(2010)を参照)。

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調査を行うのは晴天日のみに限られる。また、シミュレーション結果はモデルに由来する誤差を含んでいる点に注意する必要がある。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、萱場(2009)を参照されたい。

2. 日本各地における気温等の長期変化傾向

- 全国の主要都市における気温の上昇傾向は、都市化の影響が小さいと考えられる地点に比べて大きく、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。
- 札幌の気温は、夏季の平均気温と最高気温を除いて、日本の三大都市(東京、名古屋、大阪)に近い上昇傾向を示しており、都市化の影響が現れていると考えられる。

気象庁では、全国の気象官署等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、2.1 節で全国の主要都市、2.2 節で北海道地方の気象官署における 2010 年までの気温等の長期変化について述べる。

2.1 全国の主要都市における気温等の長期変化傾向

表 2.1 及び図 2.1 に、全国の主要都市として、札幌、仙台、東京、新潟、名古屋、大阪、広島、福岡、鹿児島島の 9 都市の気温の長期変化傾向を示す。統計期間は 1931 年から 2010 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¹平均の値をあわせて表示している。17 地点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、およそその見積もりとして、各都市と 17 地点平均の上昇率の差が、各都市における都市化による上昇分とみられる。

表 2.1 から、主要都市の気温の上昇率は、全般に 17 地点平均に比べて大きいことがわかる。年平均気温でみると、17 地点平均は 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。

夏季(8月)と冬季(1月)を比較すると、平均気温、日最高気温、日最低気温のいずれも1月の気温の上昇率が大きく、主要都市と17地点平均の上昇率の差も大きい。また、日最高気温(主に日中に記録される)と日最低気温(主に早朝に記録される)を比較すると、年、1月、8月のいずれも日最低気温の上昇率が大きく、その傾向は17地点平均に比べ主要都市で明瞭である。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。一方、主要都市における1月の日最低気温の上昇率は17地点平均に比べて顕著に大きく、札幌、東京では100年あたりの上昇率が6℃を超えている。

表 2.2 及び図 2.2、図 2.3、図 2.4 に全国の主要都市の冬日、熱帯夜、猛暑日²の日数の変化傾向を示す。比較のため、都市化の影響が少ないと考えられる国内 15 地点平均(表 2.1 で示した 17 地点平均のうち、統計期間内に庁舎の移転があった飯田、宮崎を除く)の値をあわせて表示している。統計期間は、冬日と熱帯夜が 1931 年から 2010 年、猛暑日は 1961 年から 2010 年である。

冬日の年間日数は、全ての主要都市で有意に減少している。熱帯夜の年間日数は、元々の年間日数

¹ 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)。ただし、これらの観測点も都市化の影響が全くないわけではない。

² 「冬日」: 日最低気温が 0℃未満、「熱帯夜」: 夜間の最低気温が 25℃以上(ここでは便宜的に日最低気温が 25℃以上の日の数を示す)、「猛暑日」: 日最高気温が 35℃以上。

が少ない札幌と仙台を除き有意な増加傾向を示している。主要都市の変化傾向は15地点平均と比べても顕著であり、冬日と熱帯夜の日数の変化には、地球温暖化や自然変動などに加えて、都市化の影響も大きいと考えられる。一方、猛暑日については、札幌と仙台では発生頻度が少なく、有意な増加傾向がみられない。

表 2.1 主要都市および都市化の影響が少ないと考えられる17地点平均の気温の上昇率

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2010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。※を付した地点(17地点平均は飯田、宮崎)は、統計期間内に庁舎の移転があったため、移転に伴う影響を補正してから算出した。補正の方法は、気象観測統計指針(気象庁,2005a)(<http://www.data.jma.go.jp/obd/stats/data/kaisetu/index.html>)の「主成分分析による方法」による。

都 市	気温変化率 (°C/100年)								
	平均気温			日最高気温			日最低気温		
	年	1月	8月	年	1月	8月	年	1月	8月
札幌	2.7	3.9	1.2	0.9	1.7	-0.3	4.5	6.5	2.8
仙台	2.3	3.3	0.6	0.9	1.7	-0.2	3.2	4.2	1.1
東京	3.3	4.8	1.7	1.5	1.6	0.8	4.6	6.9	2.5
横浜	2.8	3.8	1.5	2.3	2.7	1.4	3.6	5.2	2.0
新潟※	2.1	2.8	1.4	1.9	3.1	0.7	2.4	2.9	2.0
名古屋	2.9	3.4	2.4	1.1	1.6	0.9	4.1	4.3	3.3
京都	2.7	3.0	2.4	0.9	1.0	0.9	3.9	4.3	3.3
大阪※	2.9	2.9	2.5	2.3	2.0	2.4	3.9	3.6	3.7
広島※	2.1	2.1	1.6	1.1	1.1	1.1	3.2	3.1	2.6
福岡	3.2	3.3	2.4	1.6	1.9	1.4	5.2	4.8	3.8
鹿児島※	3.0	3.4	2.7	1.4	1.6	1.4	4.3	4.6	3.8
17地点平均※	1.5	1.9	0.9	1.0	1.3	0.4	1.9	2.3	1.3

表 2.2 主要都市および都市化の影響が少ないと考えられる15地点平均の冬日、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2010年まで、猛暑日は1961年から2010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 2.1 で示した新潟(冬日、熱帯夜)、大阪、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。

都 市	日数の変化率 (日/10年)		
	冬 日	熱 帯 夜	猛 暑 日
札幌	-4.9	0.0	0.0
仙台	-6.4	0.3	0.1
東京	-8.7	3.6	0.7
横浜	-6.7	2.8	0.5
新潟	---	---	0.7
名古屋	-7.7	3.5	2.4
京都	-8.2	3.5	2.1
福岡	-5.5	4.7	1.3
15地点平均	-2.3	1.4	0.4

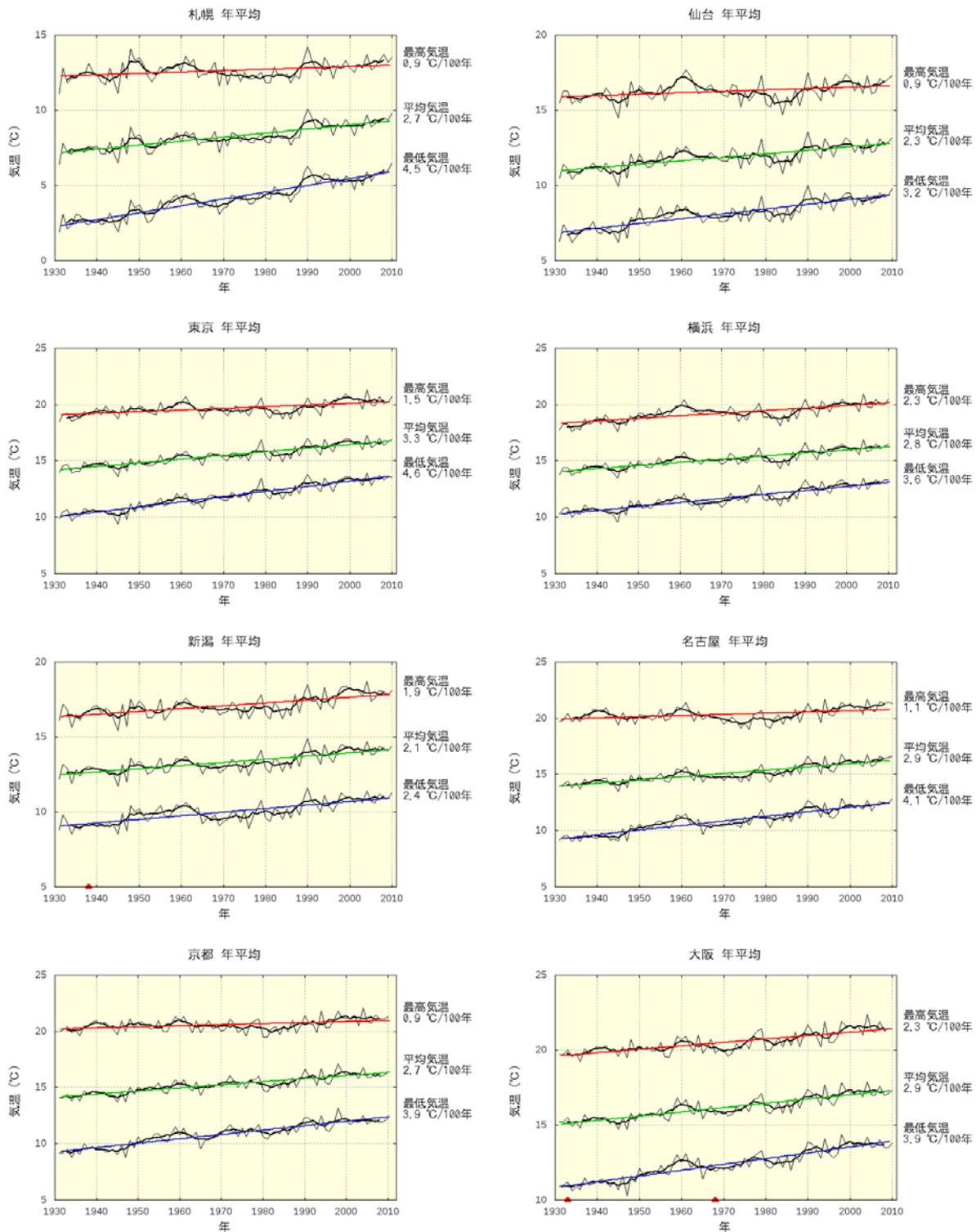


図 2.1 全国の主要都市と都市化の影響の小さい 17 地点平均における気温の長期変化。太い折れ線と色をつけた直線はそれぞれ 5 年移動平均と長期変化傾向を示す。また、庁舎の移転があった官署については、その時期を赤い▲印で示す。統計期間は 1931 年から 2010 年まで。

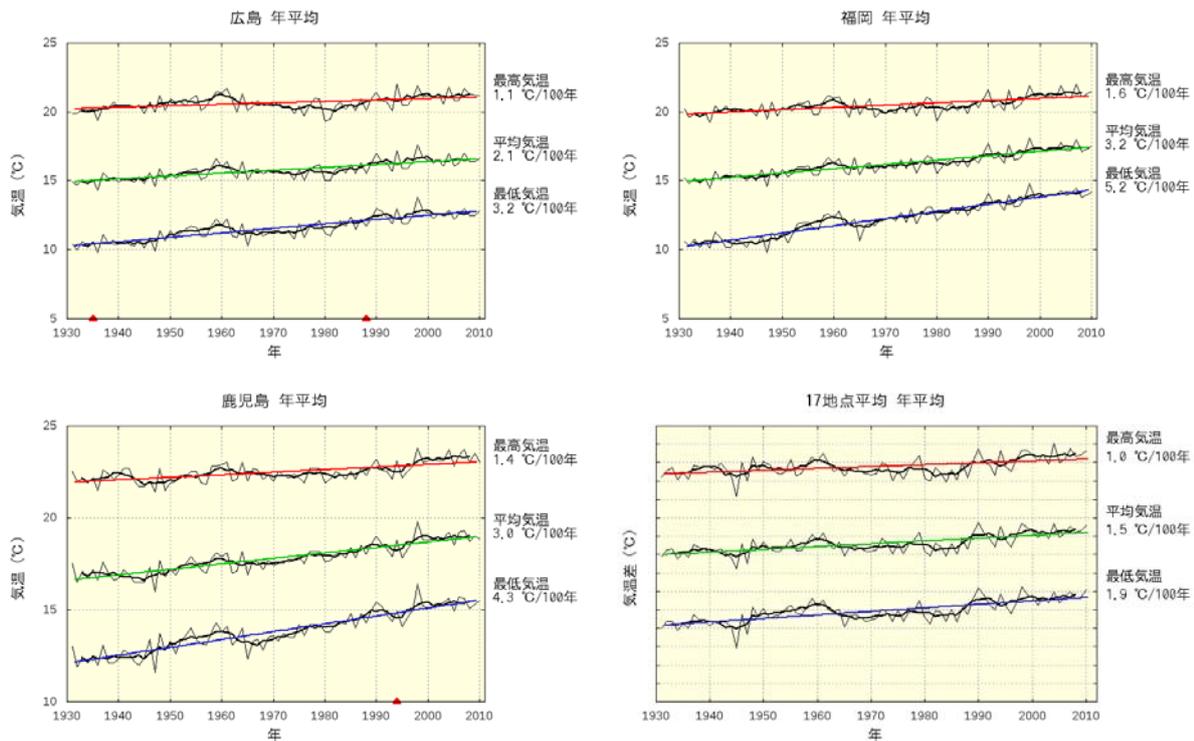


図 2.1 (続き)

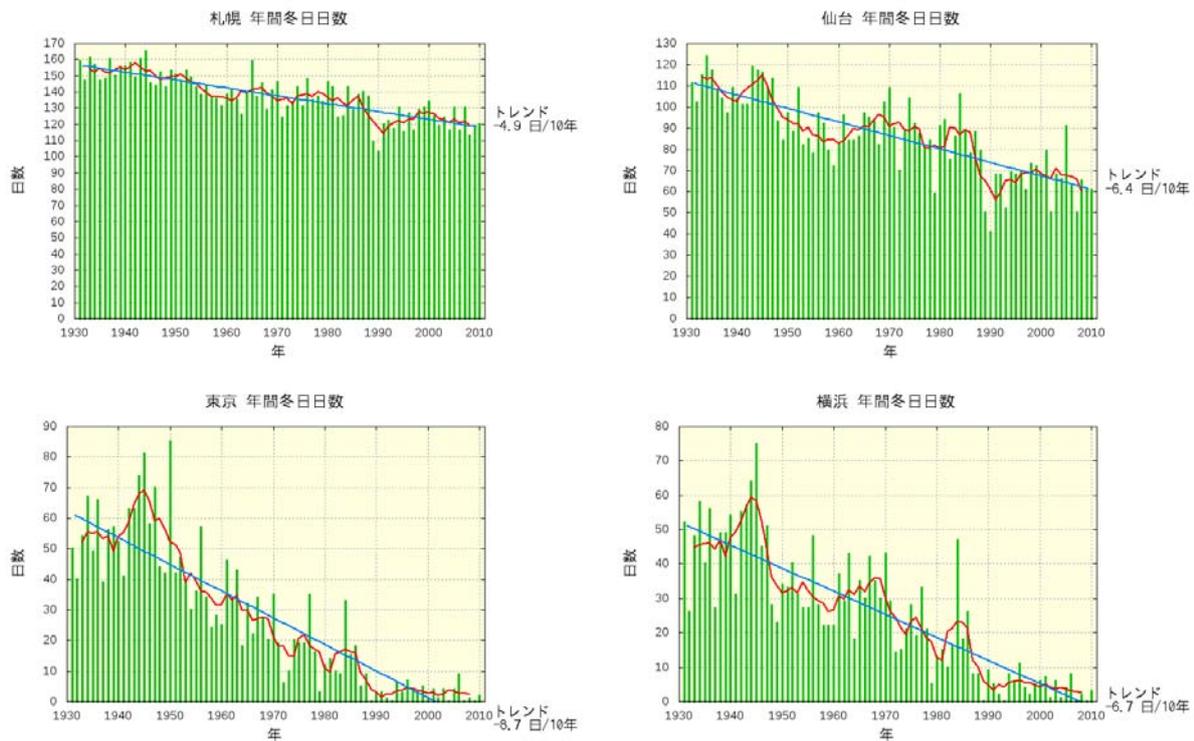


図 2.2 全国の主要都市における冬日日数の長期変化。赤い折れ線は 5 年移動平均を示している。統計期間内に庁舎の移転がなく、有意な長期変化(トレンド)がある場合は、青い直線で示す。また、庁舎の移転があった官署については、その時期を赤い▲印で示す。統計期間は 1931 年から 2010 年まで。

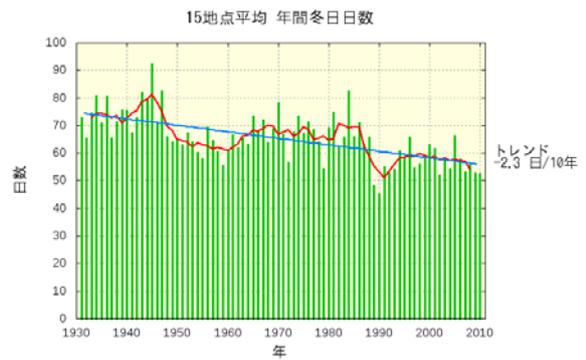


図 2.2 (続き)

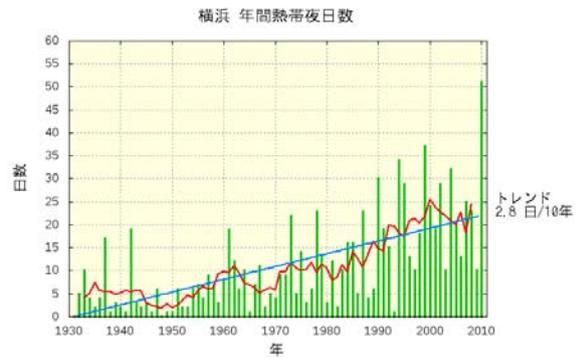
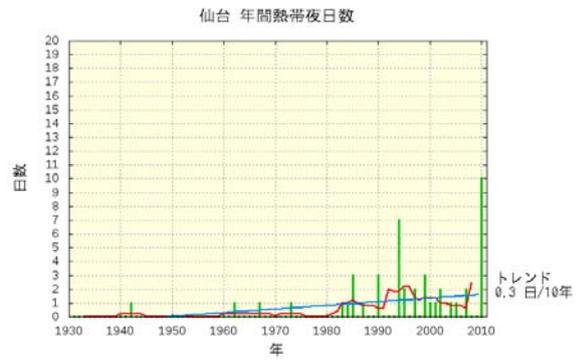
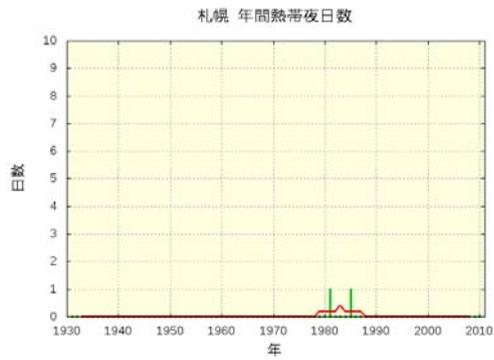


図 2.3 図 2.2 と同じ、ただし熱帯夜日数について。

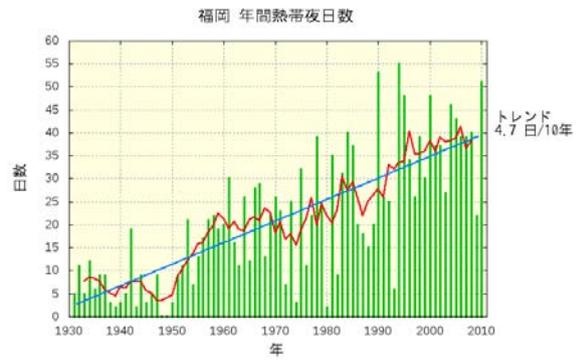
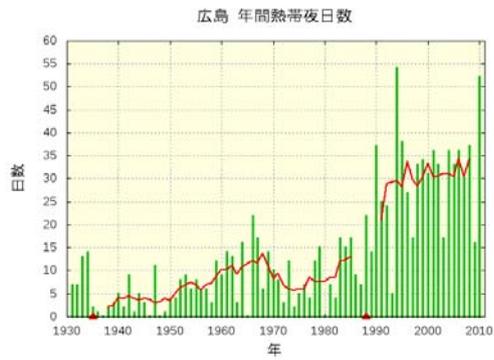


図 2.3 (続き)

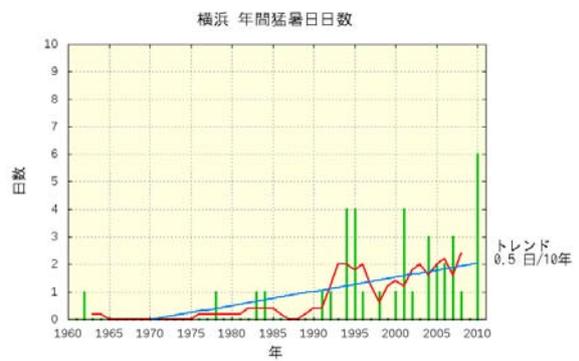
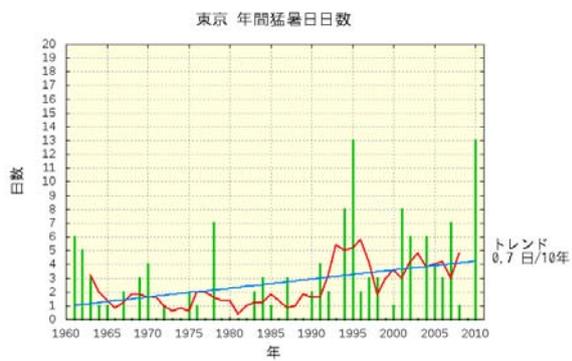
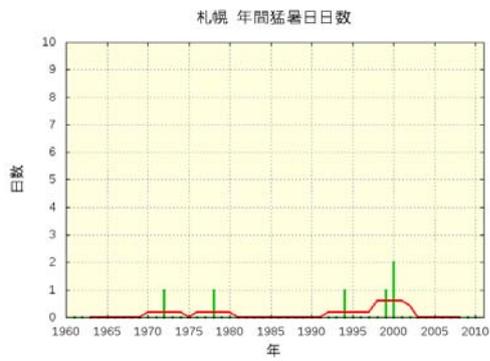


図 2.4 図 2.2 と同じ、ただし猛暑日日数について。統計期間は 1961 年から 2010 年まで。

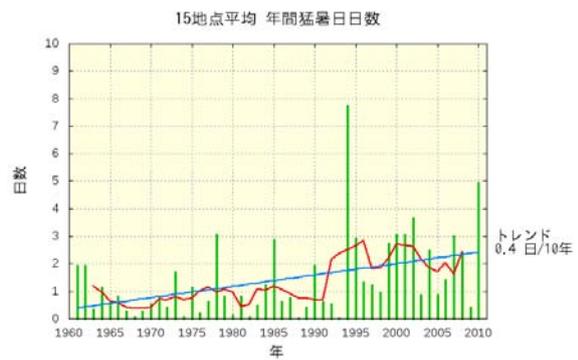
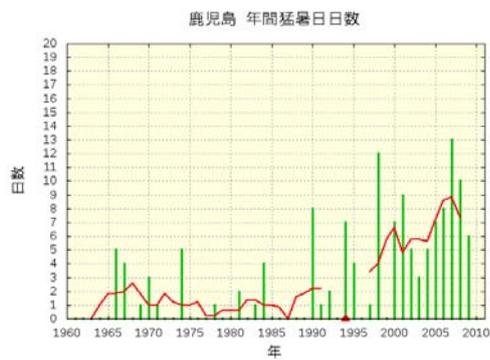
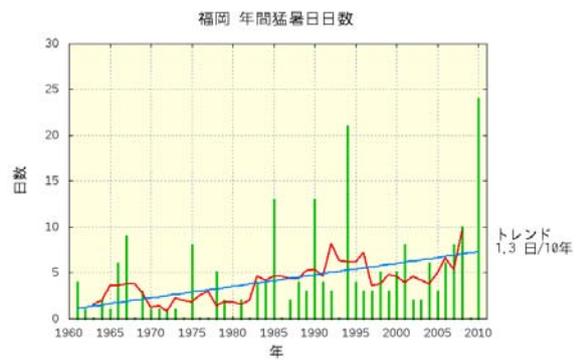
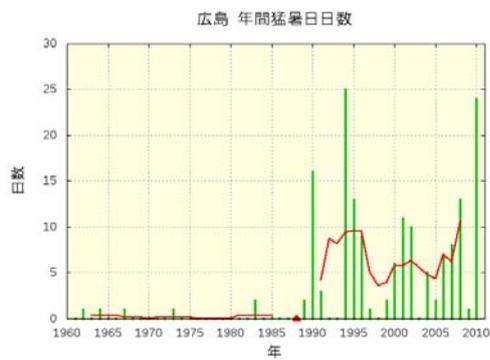
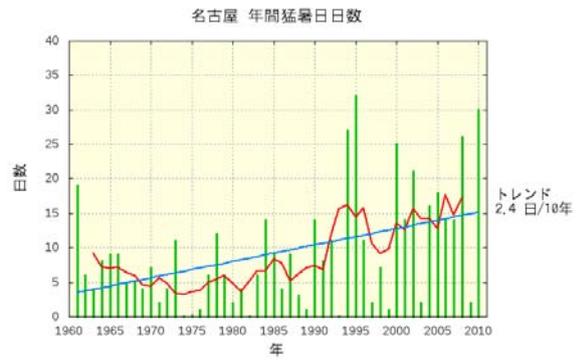
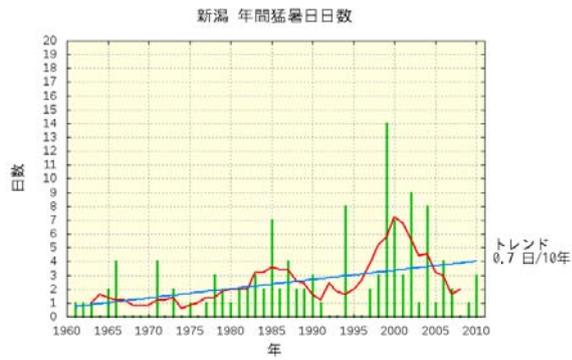


図 2.4 (続き)

2.2 北海道地方の都市における気温等の長期変化傾向

表 2.3 及び図 2.5 に、北海道地方の観測地点として、札幌、稚内、旭川、網走、釧路、帯広、室蘭、函館における気温の長期変化傾向を示す。統計期間は表 2.1 と同様に 1931 年から 2010 年まで（稚内は 1938 年から 2010 年まで）である。比較のため、日本の三大都市である東京、名古屋、大阪と、都市化の影響が比較的小さいと考えられる 17 地点平均（前節参照）の値をあわせて示す。

札幌の年平均気温の変化率は 100 年あたり約+2.7℃で、17 地点平均に比べて大きく、三大都市における上昇率に近い。また、日最低気温の変化率が顕著に大きく、夏季より冬季の上昇率の方が大きいことも三大都市と同様の傾向である。なかでも 1 月の日最低気温の上昇率が 100 年あたり 6℃を超えており、全国の他の主要都市と比べても大きいことが札幌の気温上昇の特徴となっている。また、北海道の他の地点と比較すると、夏季の最低気温に有意な上昇傾向が見られるのは札幌だけである。これらのことから、札幌の気温には都市化の影響が現れていると考えられる。

北海道地方のその他の観測地点では、1 月の気温には上昇傾向が現れているものの、8 月の気温には明瞭な傾向が見られない。北海道などの寒冷地における冬季のヒートアイランドに関しては、積雪の影響や人工排熱の相対的寄与度などが十分に解明されておらず、冬季の気温上昇のトレンドだけから都市化の影響と判断することは出来ない。

表 2.3 北海道地方における気温の上昇率

表 2.1 と同じ、ただし、北海道地方の観測地点として札幌、稚内、旭川、網走、釧路、帯広、室蘭、函館について示す。統計期間は 1931 年～2010 年まで（稚内は 1938 年から 2010 年まで）である。比較のため、東京、名古屋、大阪および都市化の影響が少ないと考えられる 17 地点平均の値をあわせて表示する。※を付した地点（17 地点平均は飯田、宮崎）は、統計期間内に庁舎の移転があったため、移転に伴う影響を補正してから算出した。

都 市	気温変化率 (°C/100 年)								
	平均気温			日最高気温			日最低気温		
	年	1 月	8 月	年	1 月	8 月	年	1 月	8 月
札幌	2.7	3.9	1.2	0.9	1.7	-0.3	4.5	6.5	2.8
稚内	1.2	2.8	-0.2	0.7	2.6	-1.0	1.6	2.9	0.4
旭川※	1.8	3.2	0.4	0.5	1.4	-0.9	2.4	4.6	0.7
網走	1.4	2.3	0.3	1.0	1.5	-0.2	1.5	2.1	0.7
釧路※	1.7	3.6	0.0	0.8	1.6	-0.2	2.3	4.5	0.2
帯広	2.2	3.7	0.2	0.8	1.2	-0.6	3.4	6.3	0.5
室蘭	0.6	1.5	-1.1	0.2	1.0	-1.7	0.9	1.9	-0.4
函館※	2.2	3.3	0.9	2.2	3.2	0.5	2.1	4.5	0.9
東京	3.3	4.8	1.7	1.5	1.6	0.8	4.6	6.9	2.5
名古屋	2.9	3.4	2.4	1.1	1.6	0.9	4.1	4.3	3.3
大阪※	2.9	2.9	2.5	2.3	2.0	2.4	3.9	3.6	3.7
17 地点平均 ※	1.5	1.9	0.9	1.0	1.3	0.4	1.9	2.3	1.3

表 2.4、及び図 2.6、図 2.7、図 2.8 には北海道地方の真冬日（日最高気温が 0℃未満の日）、冬日（日最低気温が 0℃未満の日）、夏日（日最高気温が 25℃以上の日）の日数の変化傾向を示す。比較のため、東京、名古屋と都市化の影響が少ないと考えられる国内 15 地点平均（前節参照）の値をあわせて表示している。統計期間は、1931 年から 2010 年である（稚内は 1938 年から 2010 年まで）。

北海道のいずれの観測地点も冬日日数が減少傾向となっている。特に、札幌の冬日日数の減少率は10年あたり約5日となっている。真冬日日数については、北海道のいずれの地点も同程度の減少傾向となっている。夏日については、室蘭では有意な減少傾向になっているほか、明瞭な変化傾向は見られない。

表 2.4 北海道地方の観測地点における真冬日、冬日、夏日の年間日数の変化率

表 2.2と同じ、ただし、北海道地方の観測地点として札幌、稚内、網走、帯広、室蘭の真冬日、冬日、夏日について示す。比較のため、東京、名古屋および都市化の影響が少ないと考えられる15地点平均の値をあわせて表示する。表 2.3で示した旭川、釧路、函館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。

都 市	日数の変化率 (日/10年)		
	真冬日	冬 日	夏 日
札 幌	-1.7	-4.9	0.0
稚 内	-2.2	-2.0	-0.1
網 走	-1.5	-1.1	0.2
帯 広	-1.2	-3.5	0.0
室 蘭	-1.1	-1.9	-1.1
東 京	0.0	-8.7	1.3
名 古 屋	-0.0	-7.7	1.4
15 地点平均	-0.5	-2.4	1.0

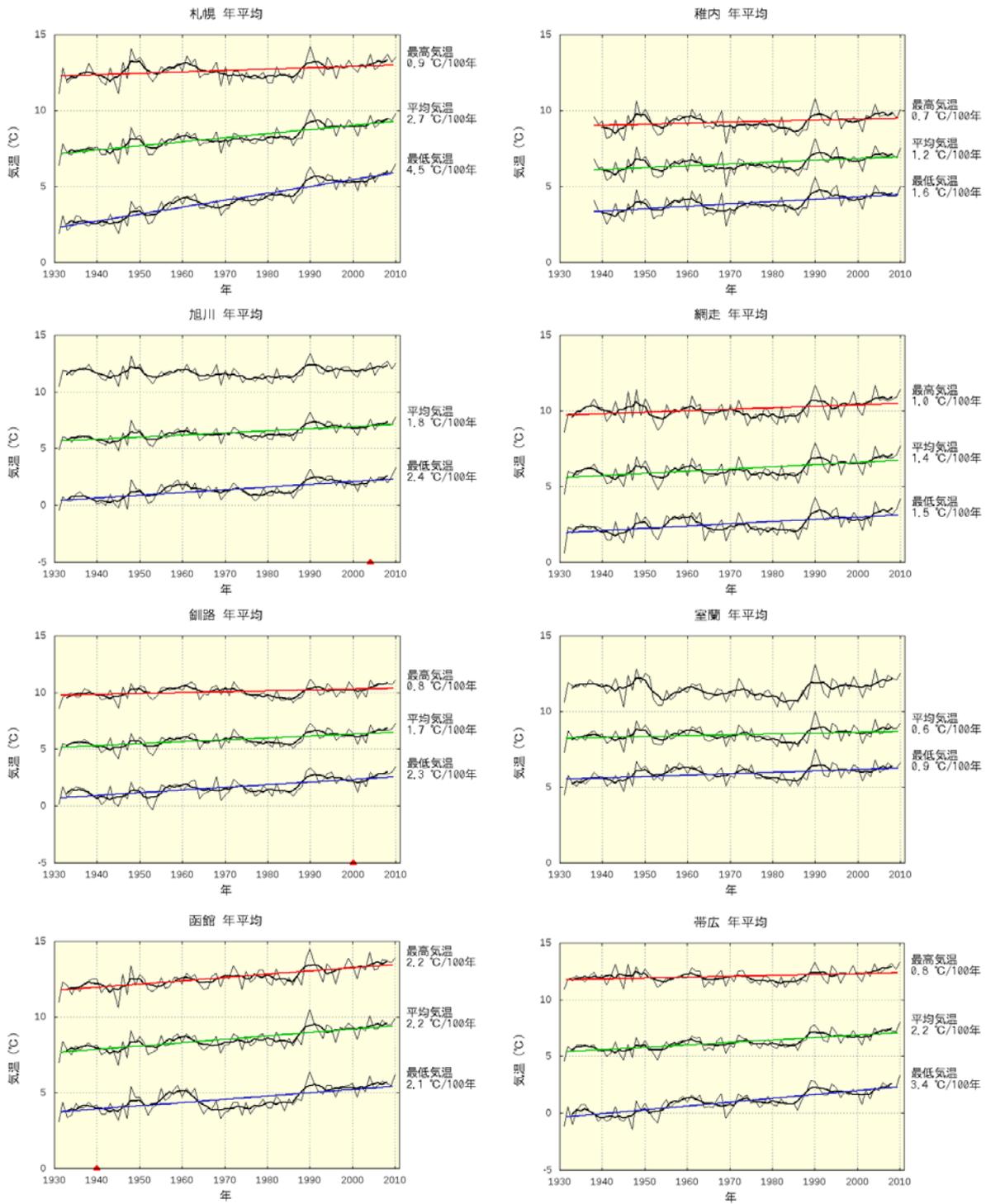


図 2.5 図 2.1 と同じ。ただし、北海道地方の観測地点について。

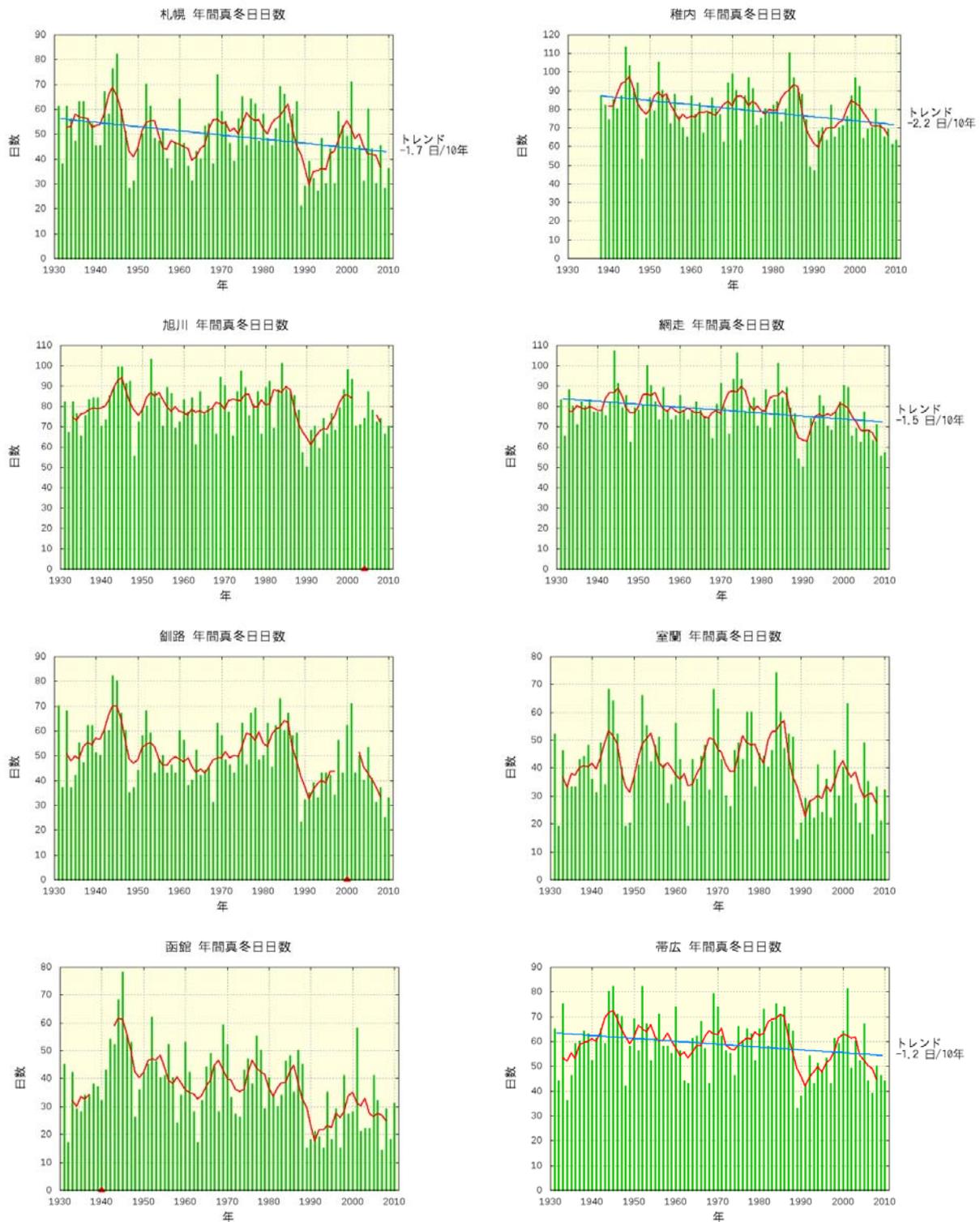


図 2.6 北海道地方の観測地点における真冬日日数の長期変化。赤い折れ線は 5 年移動平均を示している。統計期間内に庁舎の移転がなく、有意な長期変化(トレンド)がある場合は、青い直線で示す。また、庁舎の移転があった官署については、その時期を赤い▲印で示す。統計期間は 1931 年から 2010 年まで(稚内は 1938 年から 2010 年まで)。

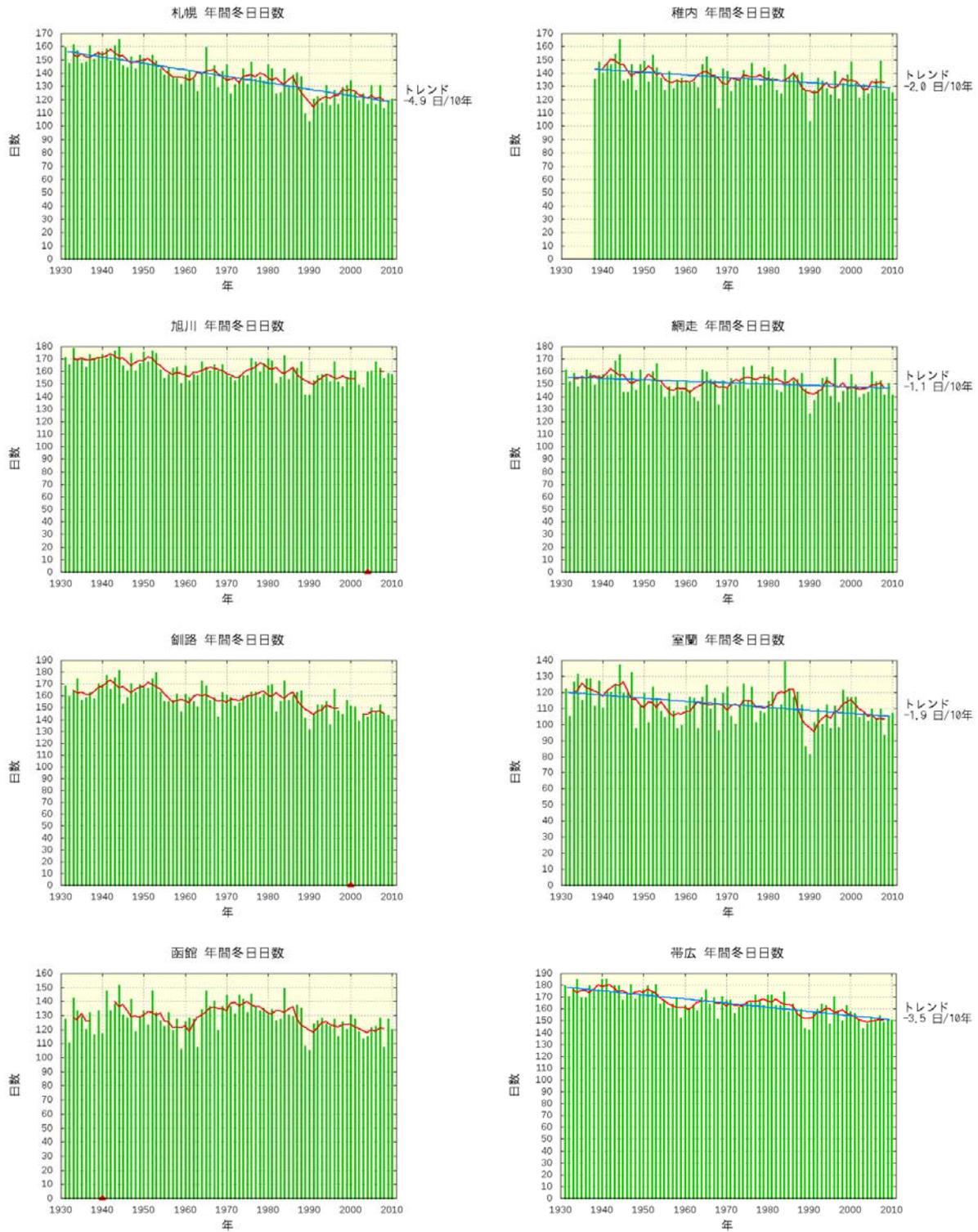


図 2.7 図 2.6 と同じ。ただし、冬日日数について。

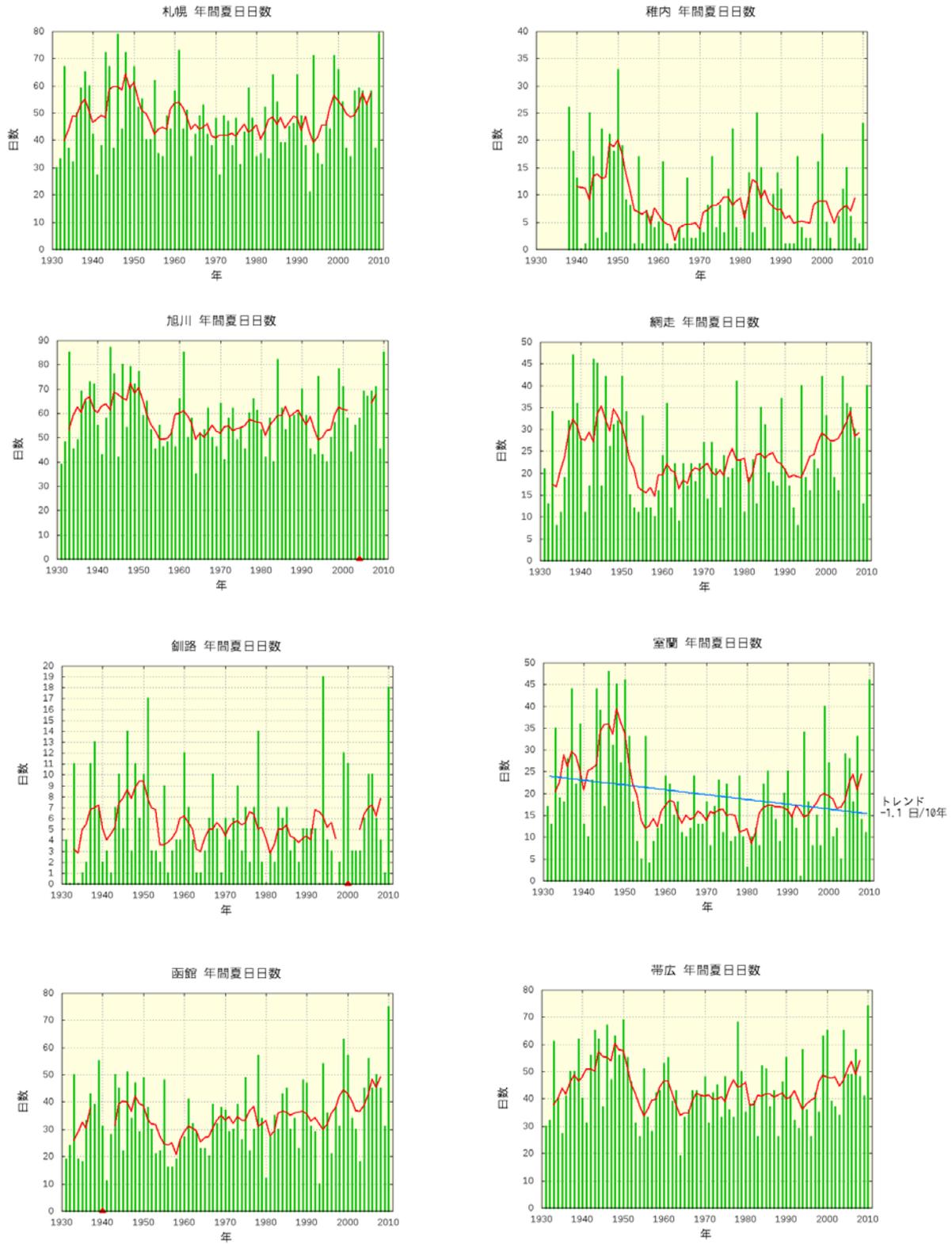


図 2.8 図 2.6 と同じ。ただし、夏日日数について。

3. 北海道石狩地方とその周辺の夏季におけるヒートアイランド現象

夏季の日中の北海道石狩地方とその周辺においては、晴天で日照時間が長い日にはヒートアイランドが現れ、札幌市中心部の最も高いところで、+2~3°Cの気温上昇が現れている。

第2章の結果から、北海道地方においても札幌市周辺では都市化の影響が及んでいると考えられる。この章では、都市気候モデルによるシミュレーション結果をもとに、札幌市を中心とした石狩地方とその周辺の平野部の夏季の晴天日におけるヒートアイランド現象について述べる。

3.1で北海道石狩地方とその周辺の地勢や気候の概要を述べ、3.2では2007~2010年の7~8月における晴天日22事例の解析結果(3.2.1)、及び晴れて高温となった2010年8月19日、2010年8月28日の個別事例についてヒートアイランドの要因分析や鉛直構造などの詳細な調査結果を示す(3.2.2, 3.2.3)。加えて、3.3では最近30年間の土地利用変化の気温への影響に関する調査結果を示す。

3.1 北海道石狩地方とその周辺の都市、地勢、夏季の気温の特徴

石狩平野は北に増毛山地、東に夕張山地、西には余市岳や恵庭岳などに囲まれ、北西部は石狩湾により日本海に面している(図3.1)。札幌市は石狩平野西部のやや内陸に位置し、人口は約190万人を数える北日本で最大の都市である。札幌市の周辺部の石狩市、江別市、千歳市などの衛星都市とともに、札幌都市圏を形成しており、都市圏人口はおおよそ230万人である(図3.2、人口は2011年現在)。気候は亜寒帯湿潤気候に区分され、日本の三大都市圏(関東、近畿、東海地方)とは異なり、盛夏期でも比較的冷涼で太平洋高気圧に覆われることは少なく、冬季は日本海からの季節風や強い寒気を伴う低気圧による降雪のため長期間の積雪に覆われる。しかしながら、夏季においては日最高気温が30°Cを上回る高温となる場合があり、札幌市の真夏日の平年値は8.0日である。また、稀に札幌市で猛暑日を記録することもある(1999年、2000年など)。

海陸風などの局地的な風系もヒートアイランドの形成に影響を及ぼす要素の一つである。夏季の石狩平野は太平洋上の気団から吹き寄せる南寄りの風が卓越し、南部ではしばしば霧や下層雲が進入するが、これに加えて明瞭な日変化も見られる。図3.3に札幌の8月の時別の卓越風向を示しているが、夜間から午前中にかけては南寄りの風が卓越する一方、午後から夕方までは北寄りの風が卓越し、石狩湾から海風が流入していることを示唆している。

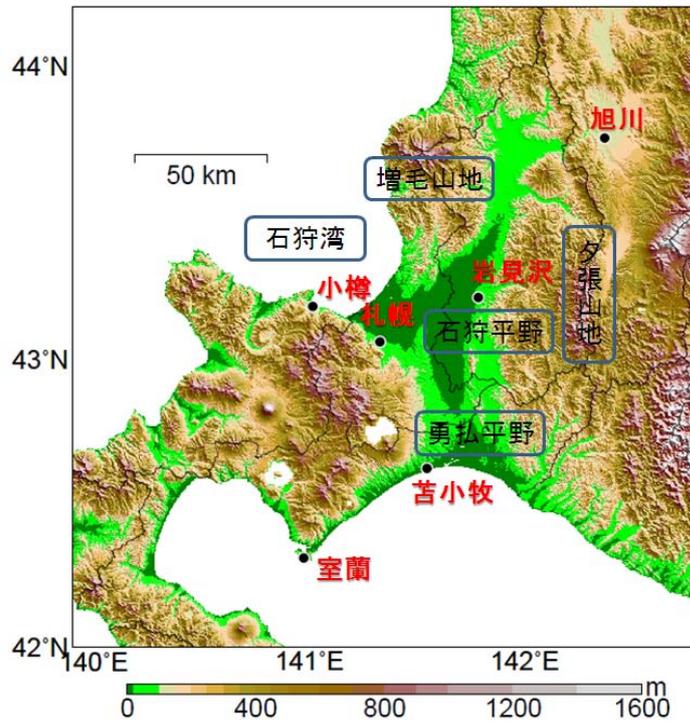


図 3.1 北海道石狩地方とその周辺の地勢図

国土数値情報標高・傾斜角メッシュ(昭和 56 年)(国土交通省国土計画局)を用いて作成。

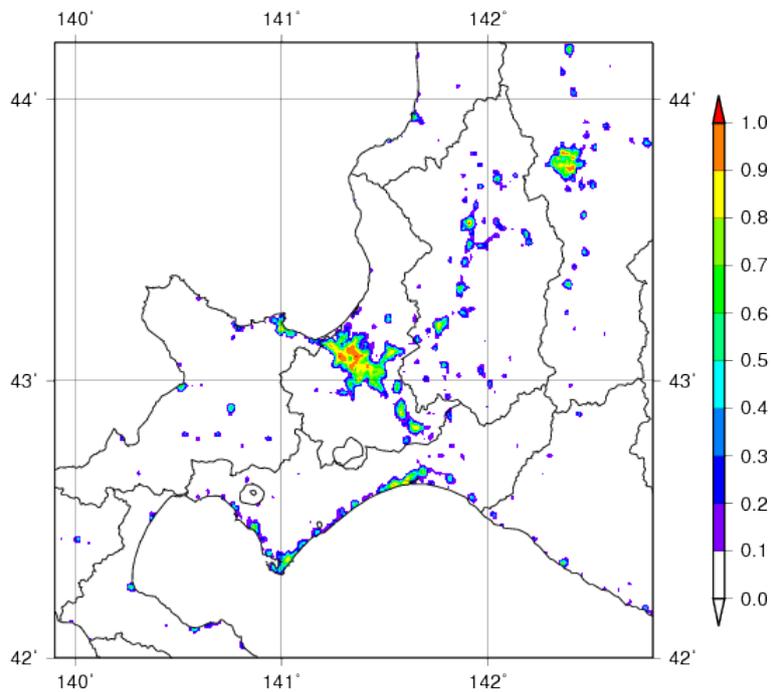


図 3.2 北海道石狩地方とその周辺における建物用地及び幹線交通用地面積が占める割合(人工被覆率)

国土数値情報土地利用メッシュ(平成 18 年)(国土交通省国土計画局)を用いて作成。

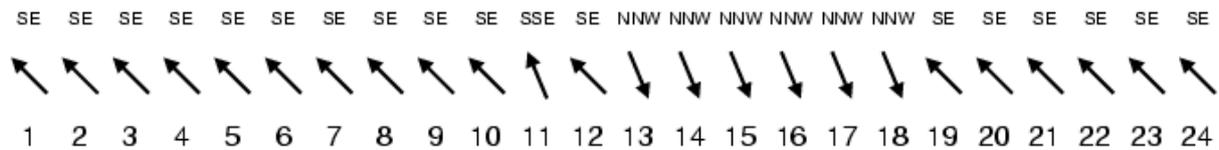


図 3.3 札幌における 8 月の時別の卓越風向。2001～10 年における最も出現頻度の高い風向を示す。

3. 2 北海道石狩地方とその周辺における都市化の影響

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留まりやすいことから、顕著なヒートアイランド現象が発生するとされている。本節では晴天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、北海道石狩地方とその周辺における都市の影響を調査した。夏季における晴天弱風日の事例として、2007～2010 年の 4 年間の 22 事例を取り上げる。

3. 2. 1 夏季における晴天日の事例(2007～2010 年の複合事例)

夏季の晴天日における一般的な都市の影響を見るため、2007 年～2010 年の 4 年間における 7 月と 8 月のうち、札幌管区気象台の観測において表 3.1 の条件を満たす日を複数抽出し、全ての事例 (22 事例) について都市気候モデルによるシミュレーションを行い、これらを平均する解析を行った (以下「合成解析」という)。

表 3.1 晴天日の抽出条件

降水	前日～当日無し
平均雲量	5 割以下
日照時間	7 時間以上

図 3.4 に抽出条件を満たした事例の合成解析の結果を示す。気温については、15 時には内陸部の広範囲で 27℃以上の高温となっている他、石狩平野でも札幌市周辺に内陸部と同程度の高温域が島状に分布し、ヒートアイランドの特徴を呈している。20 時には札幌市を中心に周辺より高温域となっている。

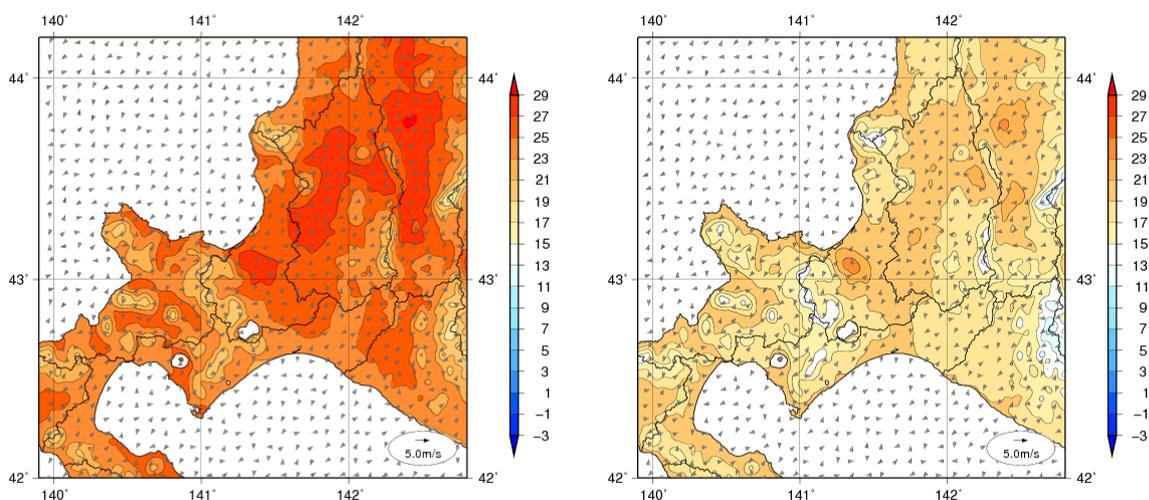


図 3.4 北海道石狩地方とその周辺における夏季(7,8 月)の晴天日 22 事例について、15 時(左)、20 時(右)の気温(℃,等値線)と風(矢印)の分布の合成解析結果

図 3.5 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 時は札幌市から石狩平野の南西部に都市化による昇温域が広がっており、札幌市中心部の最も強いところで 2°C 程度の昇温となっている。また、苫小牧を中心とする勇払平野や、やや内陸の千歳市にもピークが見られる。20 時は昇温域の広がり小さくなるが、札幌市中心部での昇温量は 2.5°C 以上と 15 時に比べ大きくなっている。都市化による昇温量の分布は図 3.2 で示した人工被覆率と良く対応しているが、風向や風速の変化については、合成解析では際立った特徴が見られない。

風向や風速に対する都市の影響を評価するため、3.2.2 では、南寄りの風、北寄りの風が卓越する個別の事例を取り上げて、都市気候モデルによるシミュレーションの結果を述べる。

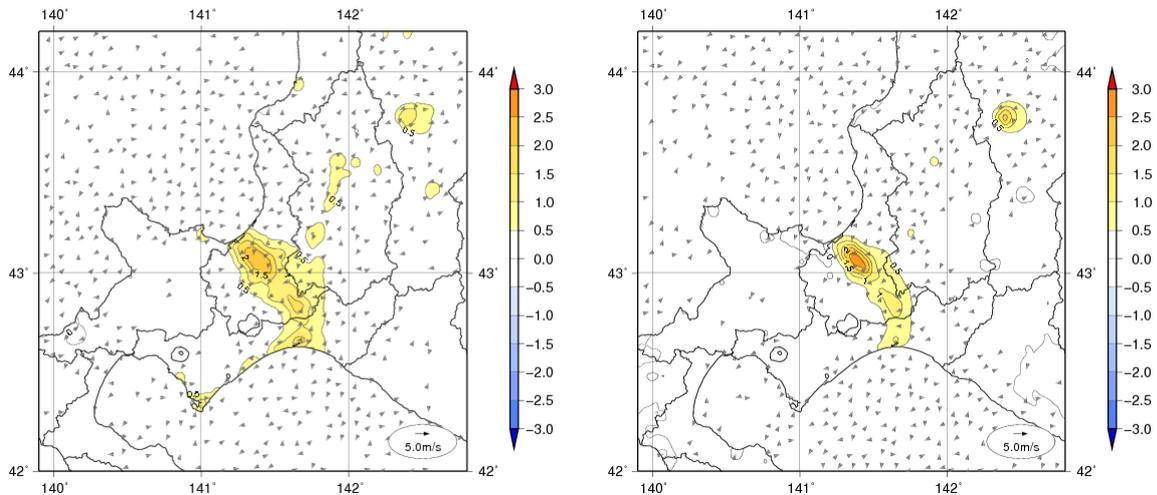


図 3.5 北海道石狩地方とその周辺における夏季(7,8 月)の晴天日 22 事例について、15 時(左)、20 時(右)の「都市がある場合」と「都市がない場合」の気温(°C,等値線)と風(矢印)の差の合成解析結果。正の値は「都市がある場合」の気温が高いことを示す。

3. 2. 2 2010 年夏季の高温日の事例(1)

図 3.6 に 2010 年 7~8 月の札幌市における最高気温、平均気温、最低気温、日照時間の時系列を示す。2010 年の夏季は北半球規模で高温となっていたことに加え、太平洋高気圧の勢力が強く、また冷涼なオホーツク海高気圧の影響がほとんど現れなかったこと等により、全国的に高温となる日が続いた。札幌市では 30°C を上回る真夏日を数日記録し、8 月の月平均気温は、1999 年に次いで第 2 位の高い記録となった。その中でも 8 月 18~20 日の 3 日間は釧路沖に中心を持つ勢力の強い高気圧に覆われて(図 3.7)北海道地方の広範囲で晴天となった。札幌市における日照時間も長く、大規模な大気の変動による高温傾向に加えて、都市化による昇温も卓越したと考えられる。南寄りの風が卓越する場合の事例として 2010 年 8 月 19 日を抽出し、都市気候モデルを用いた詳細なシミュレーション調査を行った。

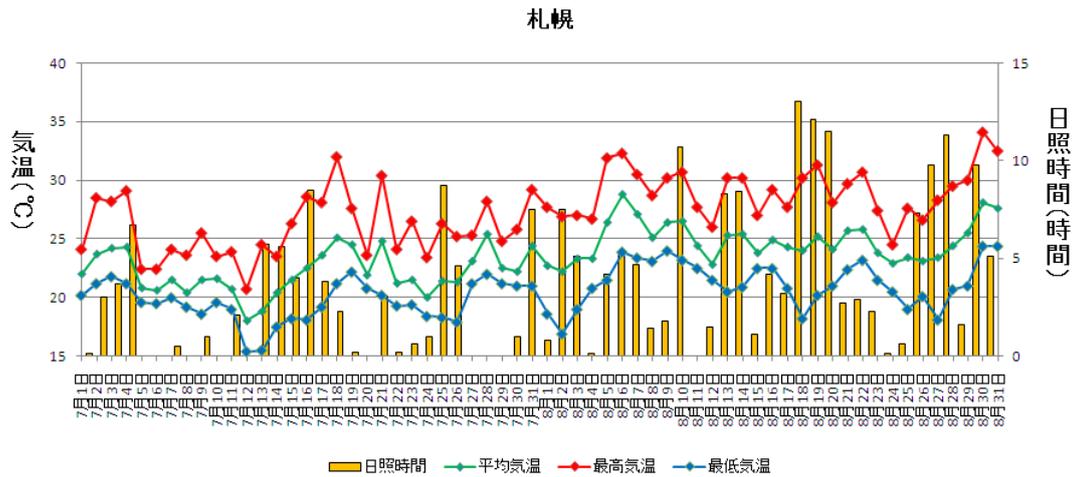


図 3.6 札幌市における 2010 年 7～8 月の最高気温、平均気温、最低気温、日照時間の時系列

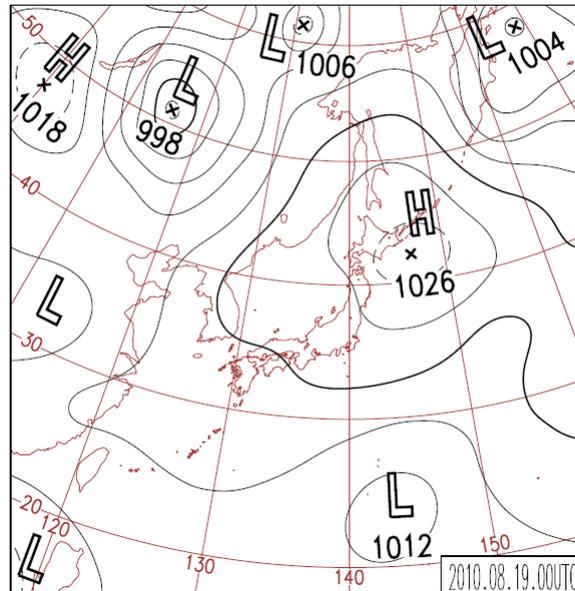


図 3.7 2010 年 8 月 19 日 09 時の地上天気図

ア) 当日の気温と風の状況

図 3.8 は都市気候モデルでシミュレーションされた 2010 年 8 月 19 日の地上の気温と風の分布である。日本海沿岸部を除いて石狩平野全体に南風が卓越している。15 時は内陸部の広い範囲と札幌市のやや北側で島状の 30℃以上の高温域が広がっている。20 時は札幌市周辺部に 24℃以上の高温域が島状になり、周辺部よりも気温が高く、明瞭なヒートアイランドの気温分布を示している。

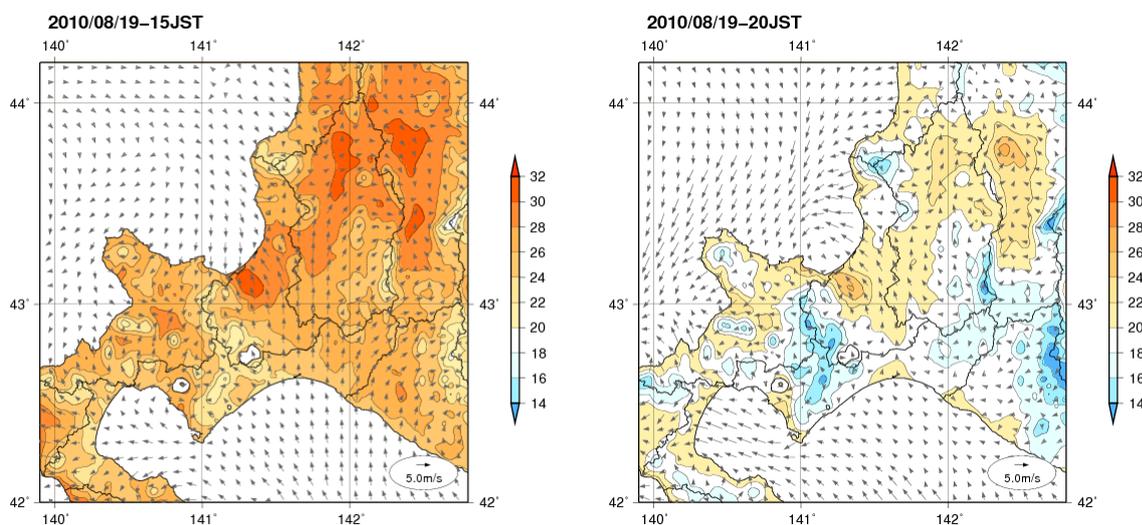


図 3.8 北海道石狩地方とその周辺における 2010 年 8 月 19 日の 15 時(左)、20 時(右)の気温(°C,等値線)と風(矢印)の分布。

イ) 都市による影響

図 3.9 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シミュレーションした結果である。15 時では、都市の影響により札幌市の北側で南寄りの風を弱める向きの風向変化が起こっているほか(図 3.9 左の円囲み領域。北から南に向かう矢印は、都市の存在によって北風偏差、いわばマイナスの南風を引き起こす効果があることを示している)、石狩平野の北東部から札幌市へ向かう風の変化も起こっている。この風の変化の影響で石狩平野の南西部だけでなく、人工被覆率の小さい北東部でも風速が弱まることによって生じる昇温域が広がっていると考えられる。20 時は風の変化が小さくなって、昇温の影響が及ぶ範囲の広がりも小さくなるものの、札幌市を中心に島状の昇温域が見られる。

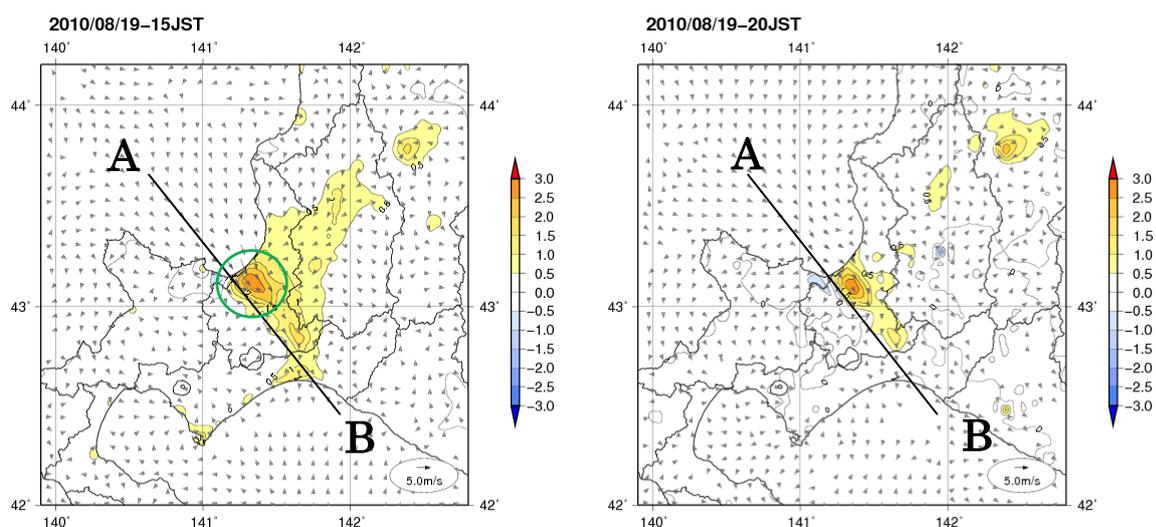


図 3.9 北海道石狩地方とその周辺における 2010 年 8 月 19 日の 15 時(左)、20 時(右)の「都市がある場合」と「都市がない場合」の気温(°C,等値線)と風(矢印)の差。正の値は「都市がある場合」の気温が高いことを示す。

ウ) 上空の気象への都市の影響

図 3.10 に、札幌市の中心部を通る北西から南東（図 3.9 参照）の鉛直断面における 2010 年 8 月 19 日の都市化にともなう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 時は都心部へ向かう風向変化が卓越している。この日の石狩平野は全般に南風が吹いているため、これは日本海から海風が進入しているわけではなく、石狩平野を吹きぬける南風が弱められていることを示している。この南風が弱められている領域で昇温が大きい。札幌市中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 付近まで伝搬している。千歳市や勇払平野でも南風が弱められているが、上昇気流は発生しておらず、昇温の影響が及ぶ高度は約 500m と札幌市周辺部と比較すると小さくなっている。20 時は昇温の影響が及ぶ高度は小さくなり、ほぼ地表面付近だけとなる。夜間は大気境界層の安定度が高まるためと考えられる。

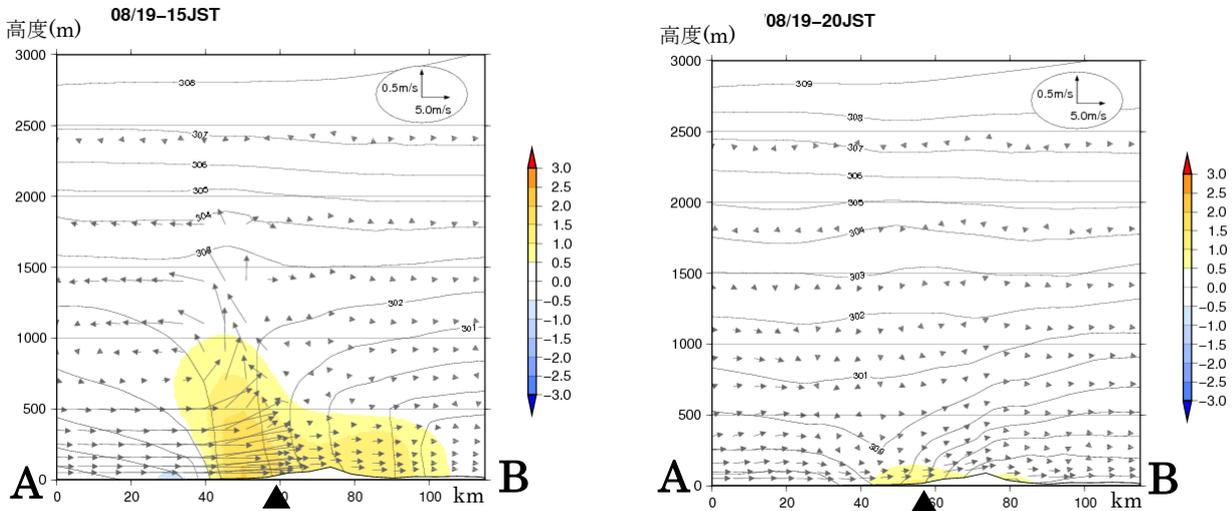


図 3.10 2010 年 8 月 19 日 15 時(左)、20 時(右)における石狩平野の鉛直断面図

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▲は札幌管区気象台の位置を示す。断面線は図 3.9 参照(A,B は断面の端を示す)。

※温位: 地上付近は上空に比べて気圧が高いため、周りの空気と熱をやり取りすることなく上空の空気を地上付近に持つと温度は上昇する。「温位」とは、このように上空の空気を地上(1000hPa)に引き下ろした時の温度である。通常は大気上空ほど大きい値となるが、日中に地表面が温められ上空との間で空気が掻き混ぜられやすい状況になると、大気上層と下層の温位差は小さくなる。図 3.10(左)では、都心部で地上から高度 1000m 付近にかけて上下の温位差が小さいという構造が現れているが、この構造の形成に都市化の影響が及んでいると考えられる。

※混合層: 日中に地表面が温められると、対流圏下層では大気がよく混ざり合って温位差の小さな層ができる。これを混合層と呼ぶ。混合層の厚さは、中緯度では概ね 1km 程度になる。

エ) 各要因の寄与

都市による昇温の要因を、人工排熱、土地利用（緑地から人工被覆面への変化など）、建築物（建築物の存在による上空の開放度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（調査方法の詳細については、「ヒートアイランド監視報告（平成17年夏季・関東地方）」4章を参照されたい）。

図3.11は2010年8月19日の15時および20時の結果である。日中の15時については、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、緑地の減少や人工被覆面の増加により、蒸発散作用による冷却効果が弱まること为主要な原因と考えられる。一方、日没後の20時は建築物による寄与が最も大きかった。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、建築物による天空開放度の減少により放射冷却が妨げられることが原因と考えられる。人工排熱の影響は他の二つの要素に比べると相対的に小さいため明瞭ではないが、日中に比べて夜間における昇温の寄与が大きかった。なお、本シミュレーションで用いた4km解像度のモデルでは人工排熱は平均化され、都市スケールでの影響は他の要因に比べて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。

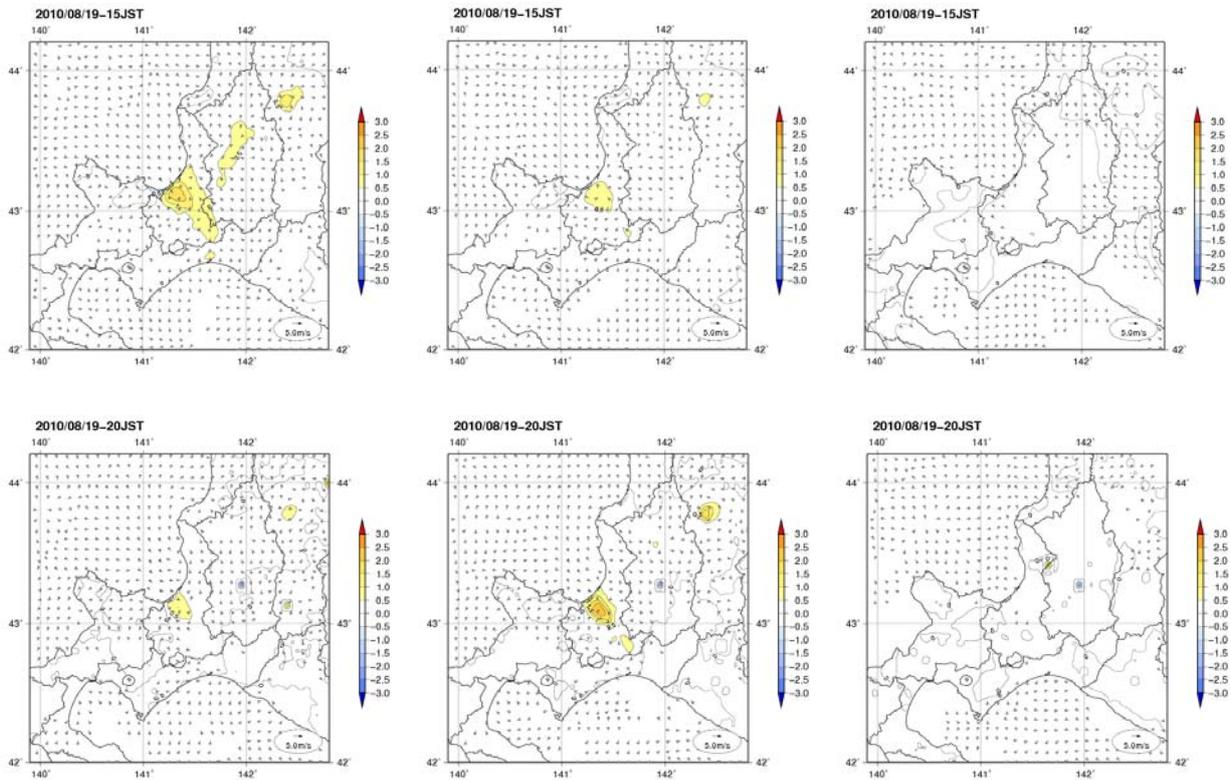


図 3.11 2010年8月19日(上段)15時および(下段)20時の都市化の影響による気温上昇に対する、土地利用(左)、建築物(中央)、人工排熱(右)の寄与(単位:°C)

3. 2. 3 2010年夏季の高温日の事例(2)

前節では石狩平野で南よりの風が卓越している事例を示した。比較のため、本節では石狩湾から北よりの風が流れ込んでいる事例を示す。2010年8月28日の札幌周辺は地上の気圧傾度は弱く(図3.12)、気温上昇に伴って石狩湾から海風が流れ込んでいる。

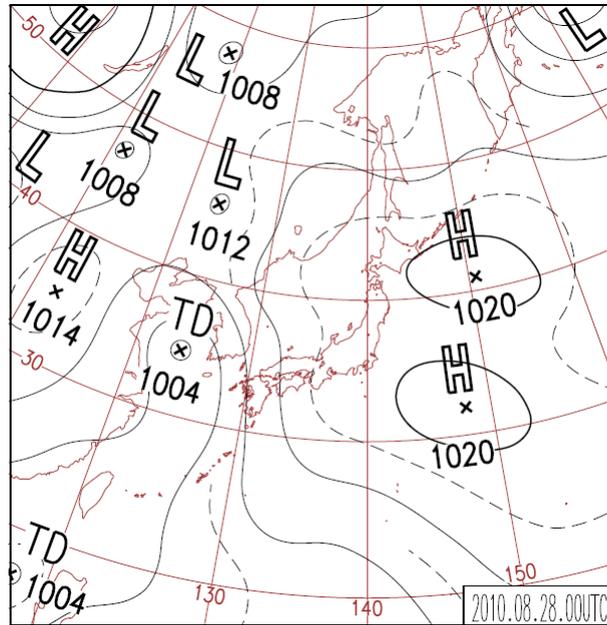


図 3.12 2010年8月28日09時の地上天気図

図 3.13 は都市気候モデルでシミュレーションされた2010年8月28日の地上の気温と風の分布である。15時には石狩平野の広い範囲で北西風が卓越し、石狩平野全体に28℃以上の高温域が広がっている。20時は札幌市周辺部に24℃以上の高温域が島状になり、周辺部よりも顕著に気温が高く、明瞭なヒートアイランドの気温分布を示している。風については、弱いながら高温の札幌市都心部への収束が見られる。

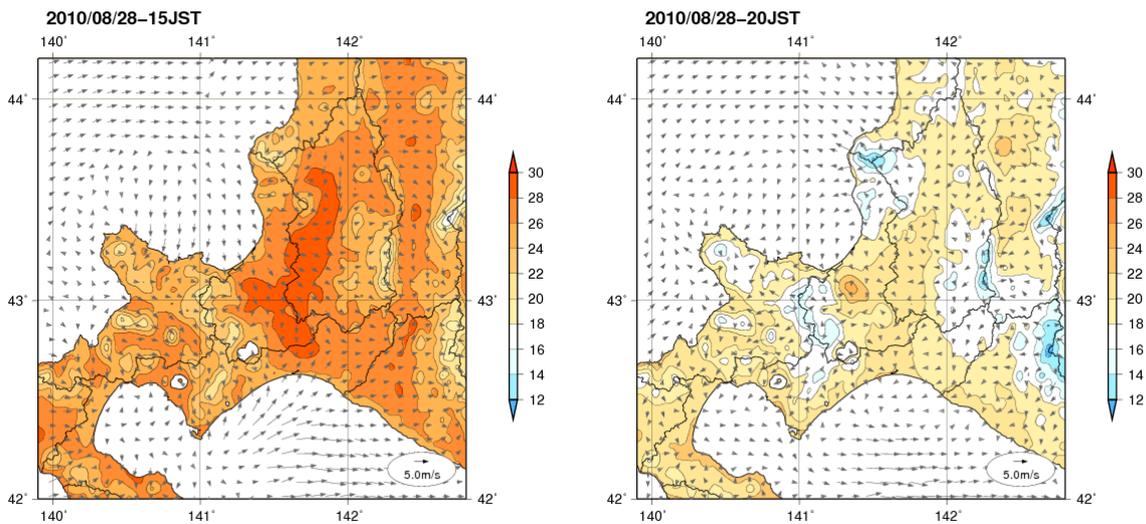


図 3.13 北海道石狩地方とその周辺の2010年8月28日の15時(左)、20時(右)の気温(℃,等値線)と風(矢印)の分布

図 3.14 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シミュレーションした結果である。15時は石狩平野の広い範囲で北西風を弱める風向の変化が生じ、札幌市の南側に広く昇温域が分布している。20時でも同様の傾向が続き、札幌市の都心部をピークに南側に昇温域が広がっている。前節の石狩平野で南風が卓越していた事例では、昇温量の大きな領域が札幌市中心部の北側に現れていたのに対し、この事例では南側に現れているという特徴がある。

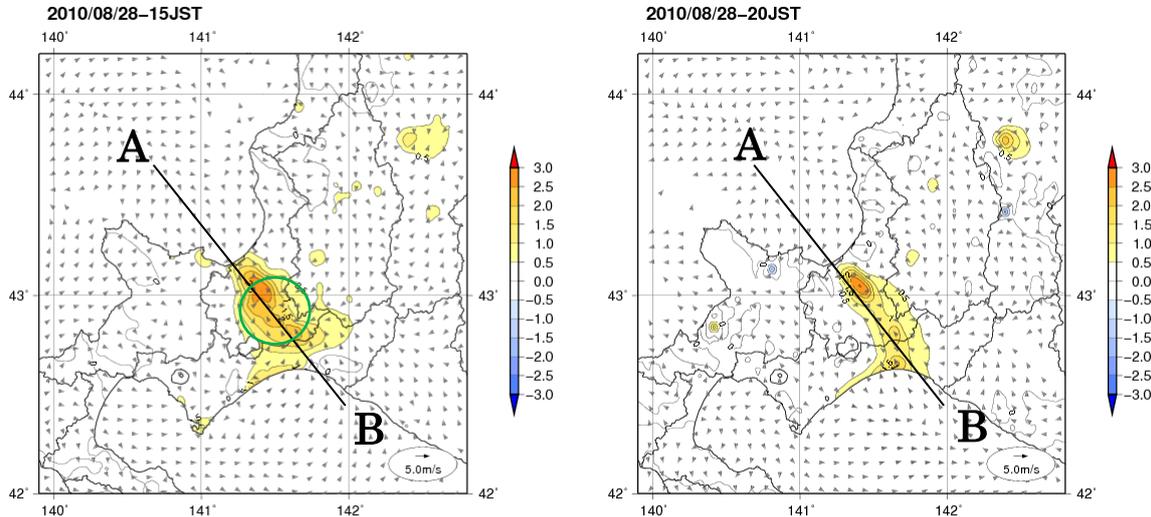


図 3.14 北海道石狩地方とその周辺における 2010 年 8 月 28 日の 15 時(左)、20 時(右)の「都市がある場合」と「都市がない場合」の気温(°C,等値線)と風(矢印)の差。正の値は「都市がある場合」の気温が高いことを示す。

図 3.15 に、札幌市の中心部を通る北西から南東(図 3.14 参照)の鉛直断面における 2010 年 8 月 28 日の都市化にともなう気温と風の変化を示す。2010 年 8 月 19 日は 15 時で日本海側のヒートアイランド循環^{*}に伴う風の変化が明瞭なのに対し、2010 年 8 月 28 日は太平洋側のヒートアイランド循環に伴う風の変化が明瞭に現れている。また、札幌市と千歳市付近の地表面付近の温位は上空 1000m 付近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日本海側から太平洋側にかけて広域で高度 500m 以上に伝搬している。20 時は昇温の影響が及ぶ高度は非常に小さくなり、ほぼ地表面付近だけとなっているが、地表面での昇温域の広がりが大きくなっている。

日中に海風の進入が弱められる領域で昇温の影響が大きくなることは、関東・近畿・東海地方の結果(「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、ヒートアイランド監視報告(平成 20 年—東海地方)」2 章)で述べられている。北海道石狩地方から胆振地方にかけての平野部は南側で太平洋に面し、北側で日本海に面しているという地形特性のため、気象条件によりヒートアイランド循環が太平洋側に現れる場合と日本海側に現れる場合があり、都市化による昇温域の分布も変わると考えられる。

※ヒートアイランド循環：空気は暖まると軽く(密度が小さく)なるため、ヒートアイランドによって都市の気圧がわずかに低下し、低圧部に向かう風の収束をもたらす。収束した風は都市域で上昇し、少し上空では外へ吹き出して、海陸風などの局地風の吹き方を変化させ、気温上昇域が広がる。都市の効果による風の変化をヒートアイランド循環と呼ぶ。

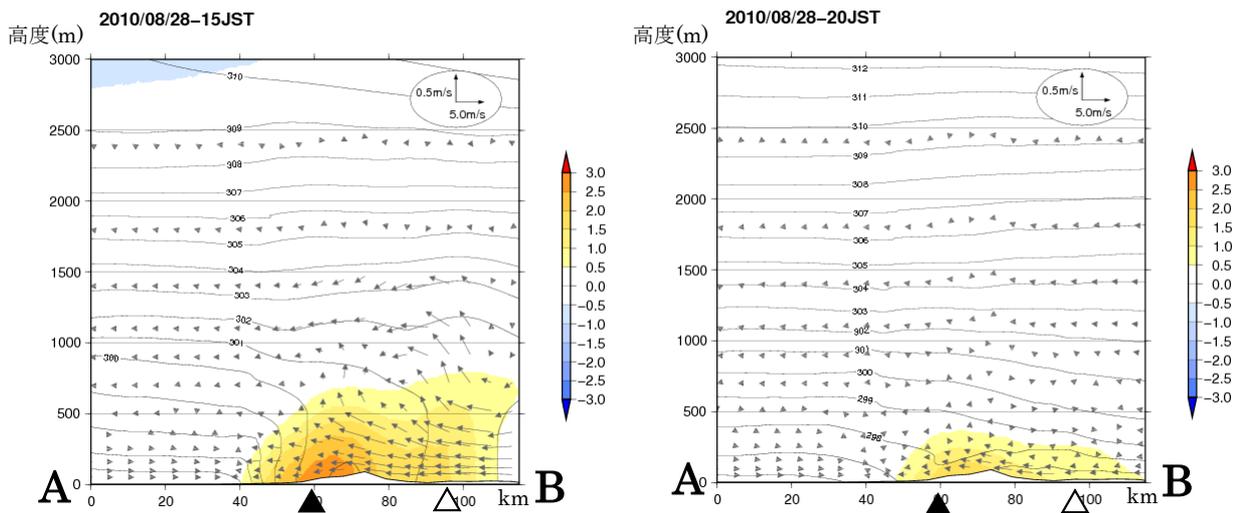


図 3.15 2010 年 8 月 28 日 15 時(左)、20 時(右)における石狩平野の鉛直断面図

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▲は札幌管区気象台の位置を、△は千歳市の位置を示す。断面線は図 3.14 参照(A,B は断面の端を示す)。

3.3 北海道石狩地方とその周辺における過去 30 年間の土地利用変化の影響

札幌市は第二次世界大戦後に急速に人口が増加したことで知られている。昭和 20 年(1945 年)には約 22 万人だったのに対し、昭和 45 年(1970 年)には 100 万人を越え、近年では 190 万人に達している。図 3.16 に最も古い 1976 年版の国土数値情報における人工被覆率を示す。最新の 2006 年度版の国土数値情報における人工被覆率(図 3.2)と比較すると、30 年の間に石狩平野の広範囲で人工被覆率が上昇していることが分かる。本節では、都市気候モデルによる 1976 年版と 2006 年版の土地利用データを用いたシミュレーションを比較することにより、石狩平野における過去 30 年間の土地利用変化の影響について見積もりを行った。

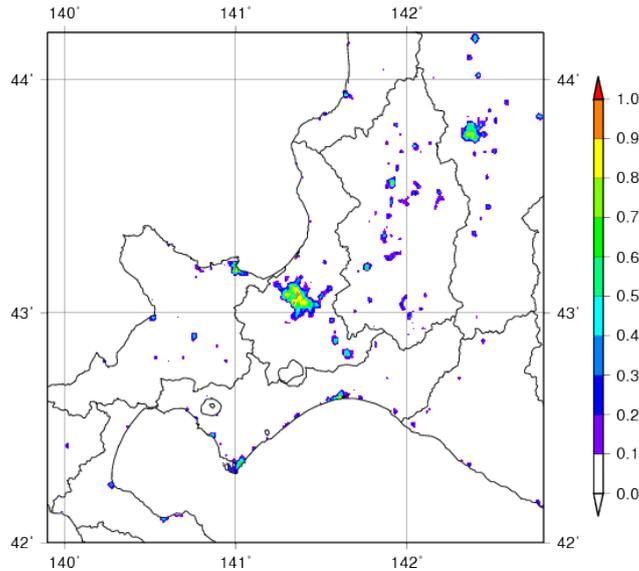


図 3.16 図 3.2 に同じ。

ただし、国土数値情報土地利用メッシュ(昭和 51 年)(国土交通省国土計画局)を用いて作成。

図 3.17 に、3.2.1 と同じ 22 事例を対象として、2006 年版の最新の土地利用データを用いた場合と、仮想的にこれを 1976 年版に置き換えた場合との気温と風の差を示す。札幌市の都心部の 1°C 以上の昇温をピークに石狩平野全体に 0.1°C 以上の昇温域が広がっており、1976～2006 年の 30 年間の都市化の進行が気温上昇を強めていることを示している。第 2 章で述べた観測データのトレンドにおいては、札幌の夏季の最高気温に有意な気温上昇の傾向は現れていないが、この理由として、実際の観測値には都市化の影響が出現しにくい気象条件の日も含まれていること、また夏季の北海道地方の最高気温は変動が大きくトレンドとして検出されにくいこと、が考えられる。

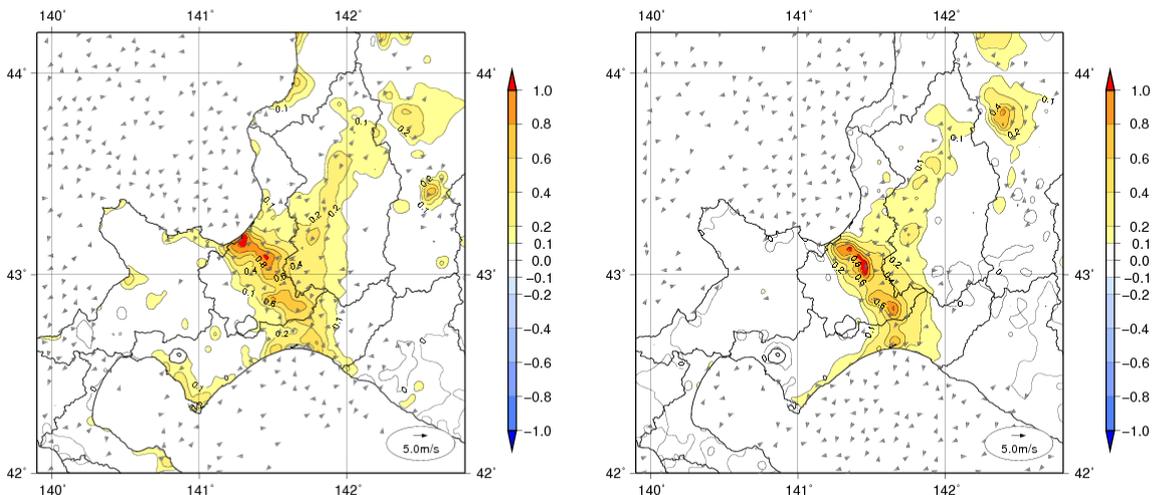


図 3.17 北海道石狩地方とその周辺における夏季(7,8 月)の晴天日 22 事例について、15 時(左)、20 時(右)の「1976 年版」と「2006 年版」の土地利用データを用いた場合の気温(°C,等値線)と風(矢印)の差の合成解析結果。正の値は「2006 年版」の気温が高いことを示す。

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。

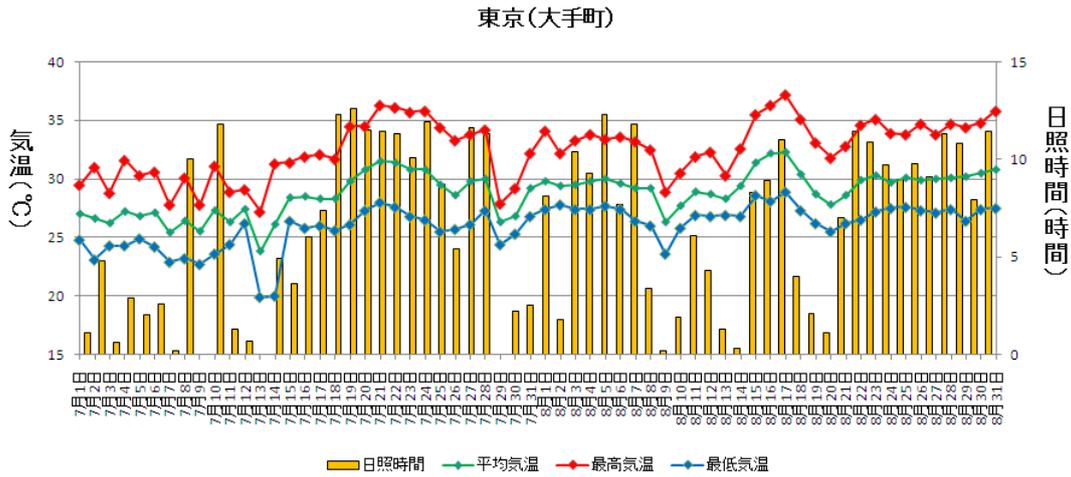


図 4.1 東京における2010年7~8月の日最高気温、平均気温、最低気温、日照時間の時系列

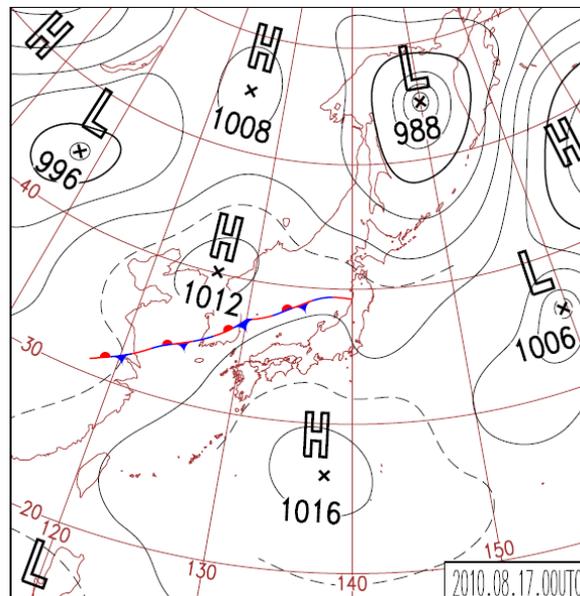


図 4.2 2010年8月17日09時の地上天気図

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。

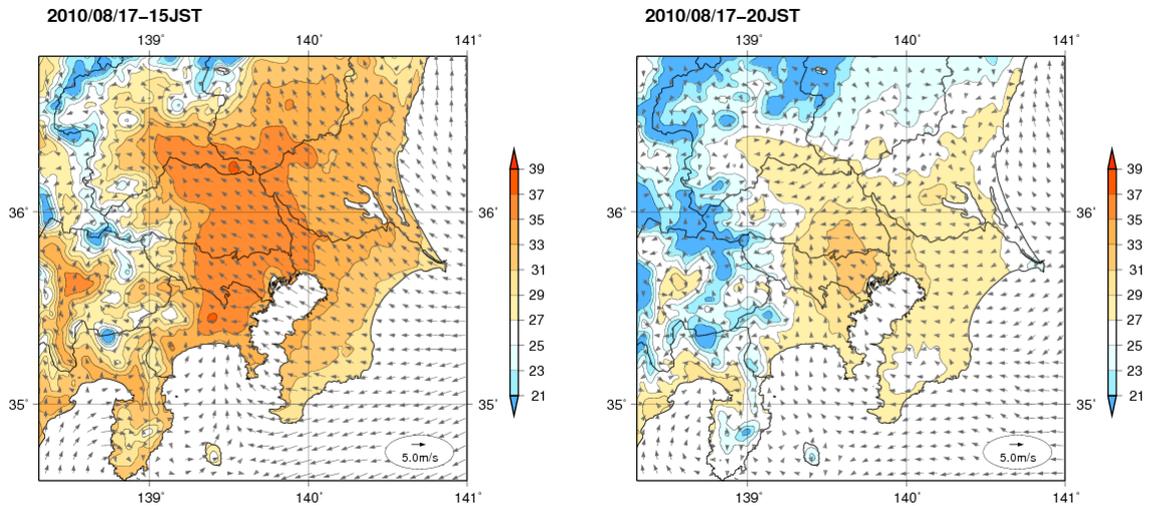


図 4.3 関東地方における2010年8月17日の15時(左)、20時(右)の気温(℃,等値線)と風(矢印)の分布。

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。

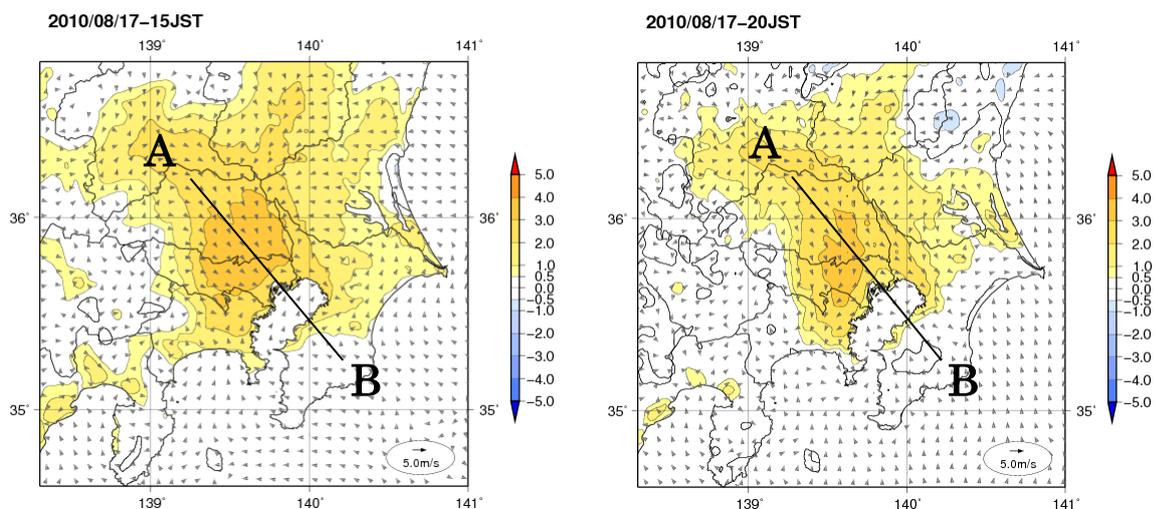


図 4.4 関東地方における2010年8月17日の15時(左)、20時(右)の「都市がある場合」と「都市がない場合」の気温(℃,等値線)と風(矢印)の差。正の値は「都市がある場合」の気温が高いことを示す。

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。

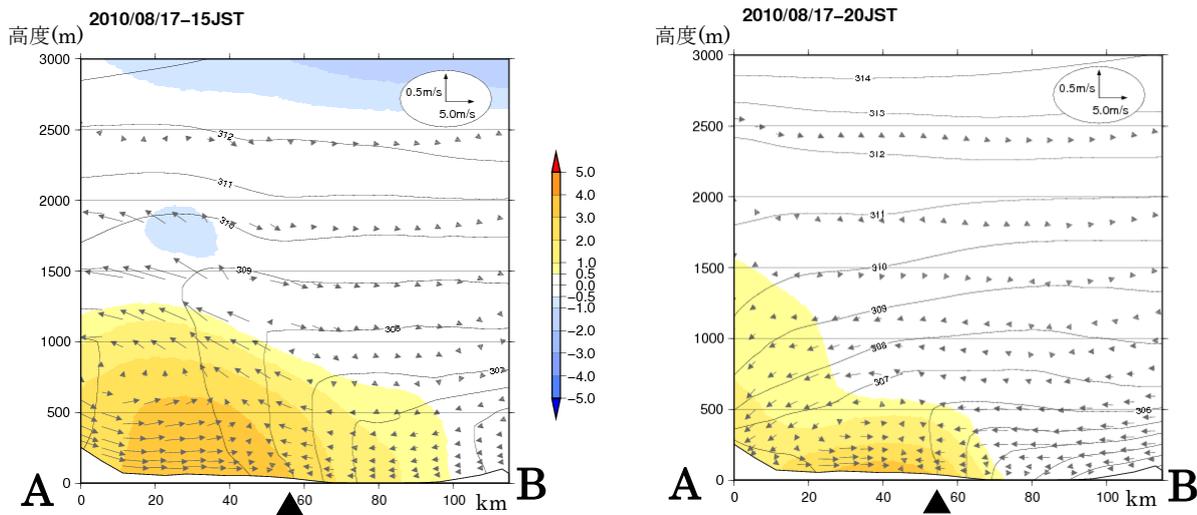


図 4.5 2010 年 8 月 17 日 15 時(左)、20 時(右)における関東平野の鉛直断面図

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全域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して広く分布している。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。

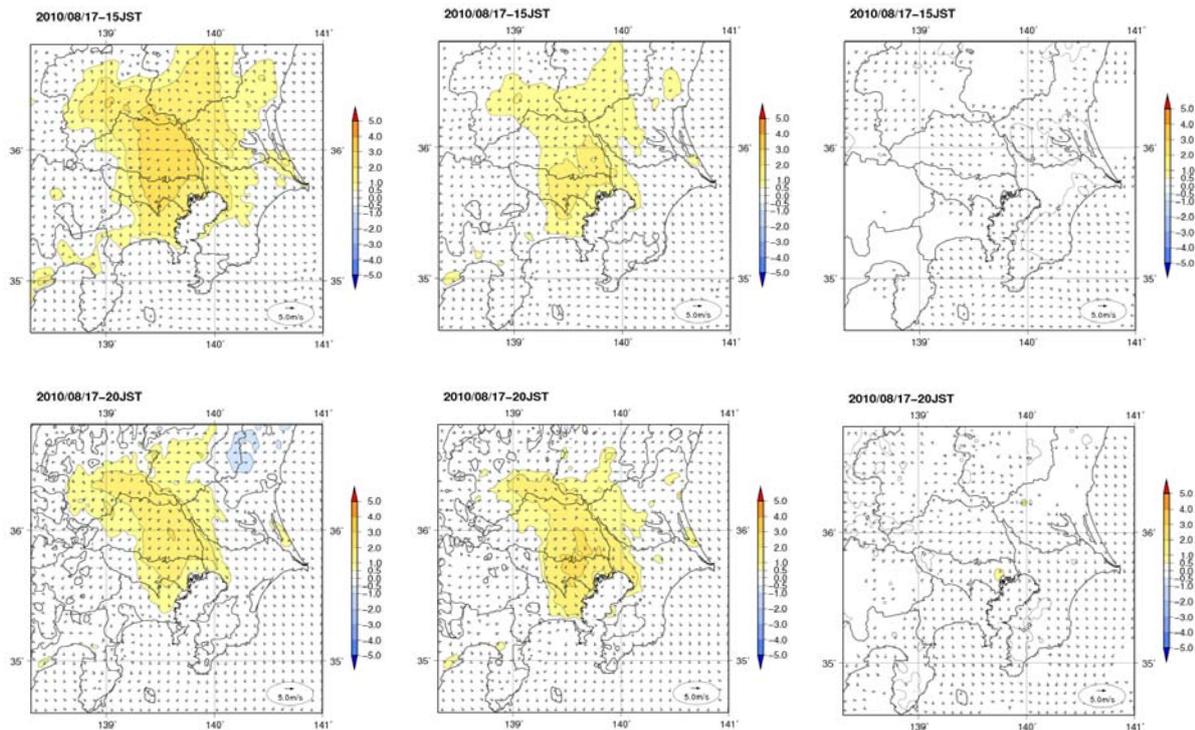


図 4.6 2010 年 8 月 17 日(上段)15 時および 20 時(下段)の関東地方における都市化の影響による気温上昇に対する、土地利用(左)、建築物(中央)、人工排熱の寄与(右) (単位:°C)

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。

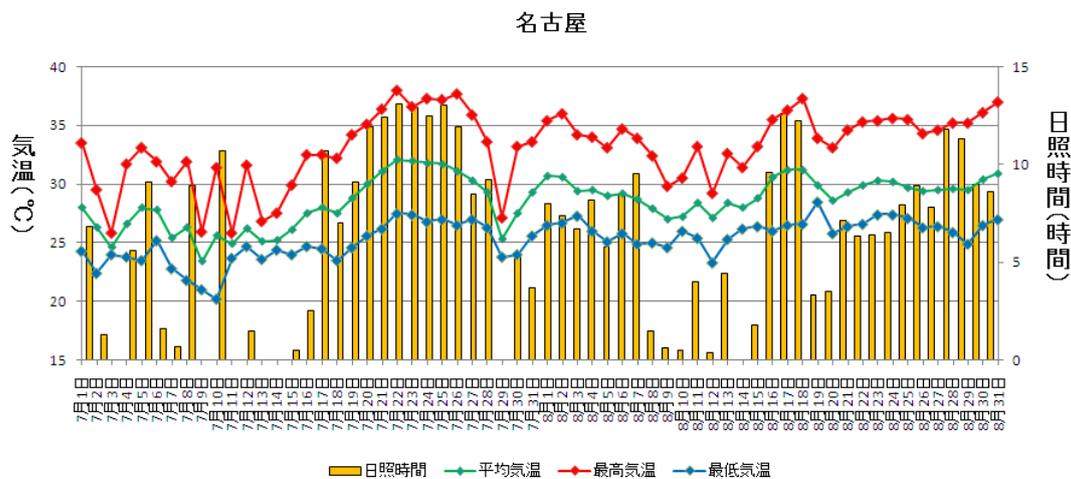


図 4.7 名古屋における 2010 年 7~8 月の最高気温、平均気温、最低気温、日照時間の時系列

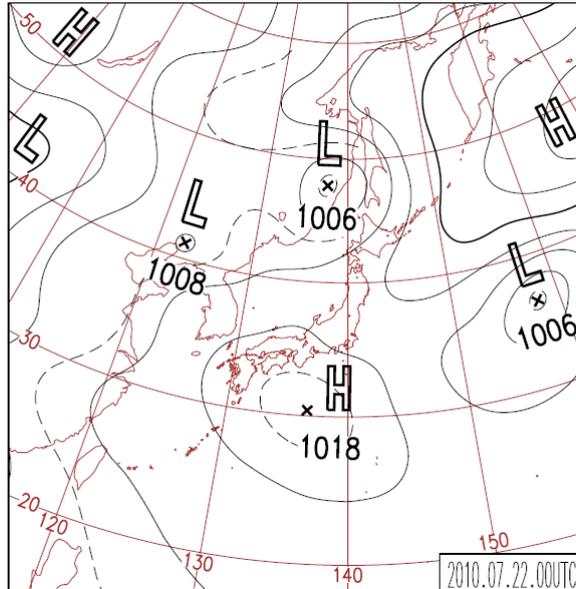


図 4.8 2010 年 7 月 22 日 09 時の地上天気図

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。

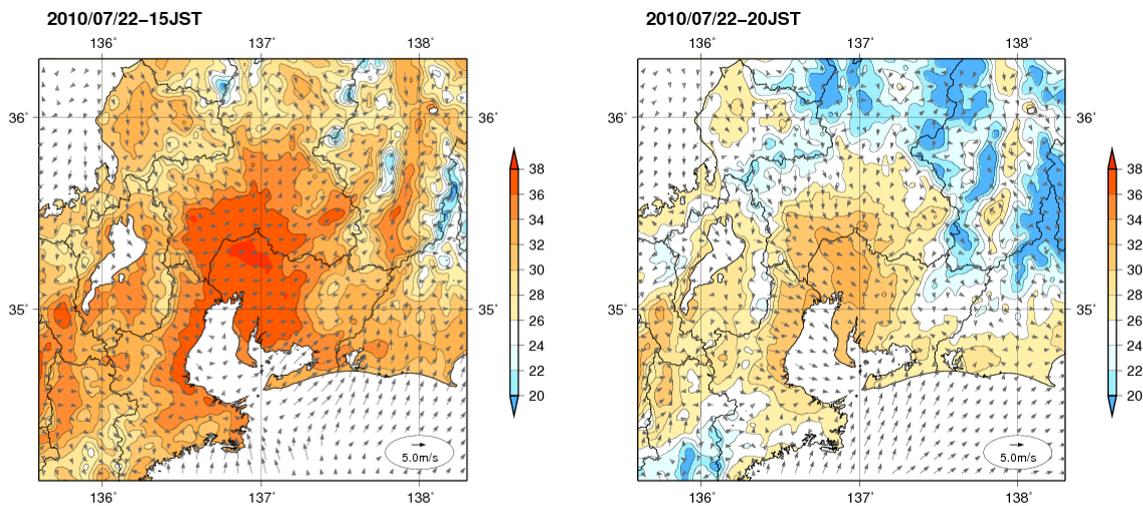


図 4.9 東海地方における 2010 年 7 月 22 日の 15 時(左)、20 時(右)の気温(°C,等値線)と風(矢印)の分布。

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 時に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。

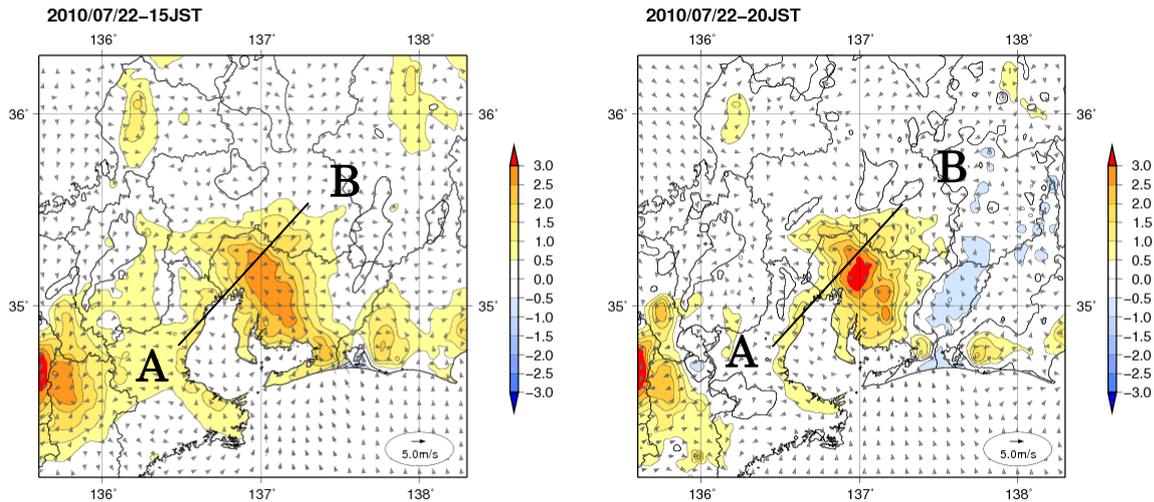


図 4.10 東海地方における 2010 年 7 月 22 日の 15 時(左)、20 時(右)の「都市がある場合」と「都市がない場合」の気温(°C、等値線)と風(矢印)の差。正の値は「都市がある場合」の気温が高いことを示す。

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。

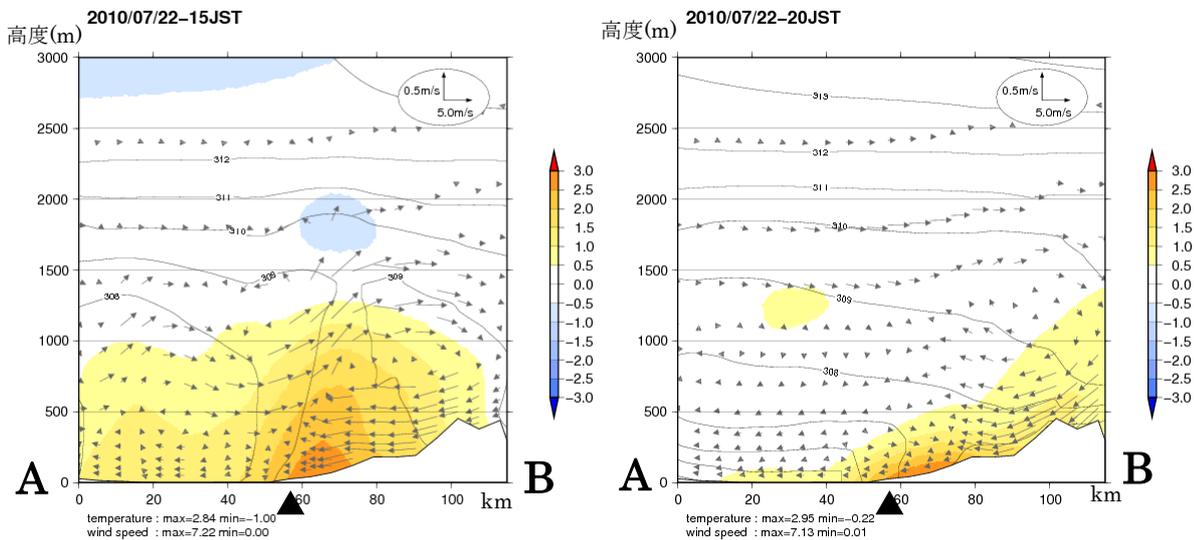


図 4.11 2010 年 7 月 22 日 15 時(左)、20 時(右)における濃尾平野の鉛直断面図
等値線は都市がある場合の温位(K)、陰影、矢印はそれぞれ「都市あり」と「都市なし」の温位と風の差。記号▲は名古屋地方気象台の位置を示す。断面線は図 4.10 参照(A,B は断面の端を示す)。

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。

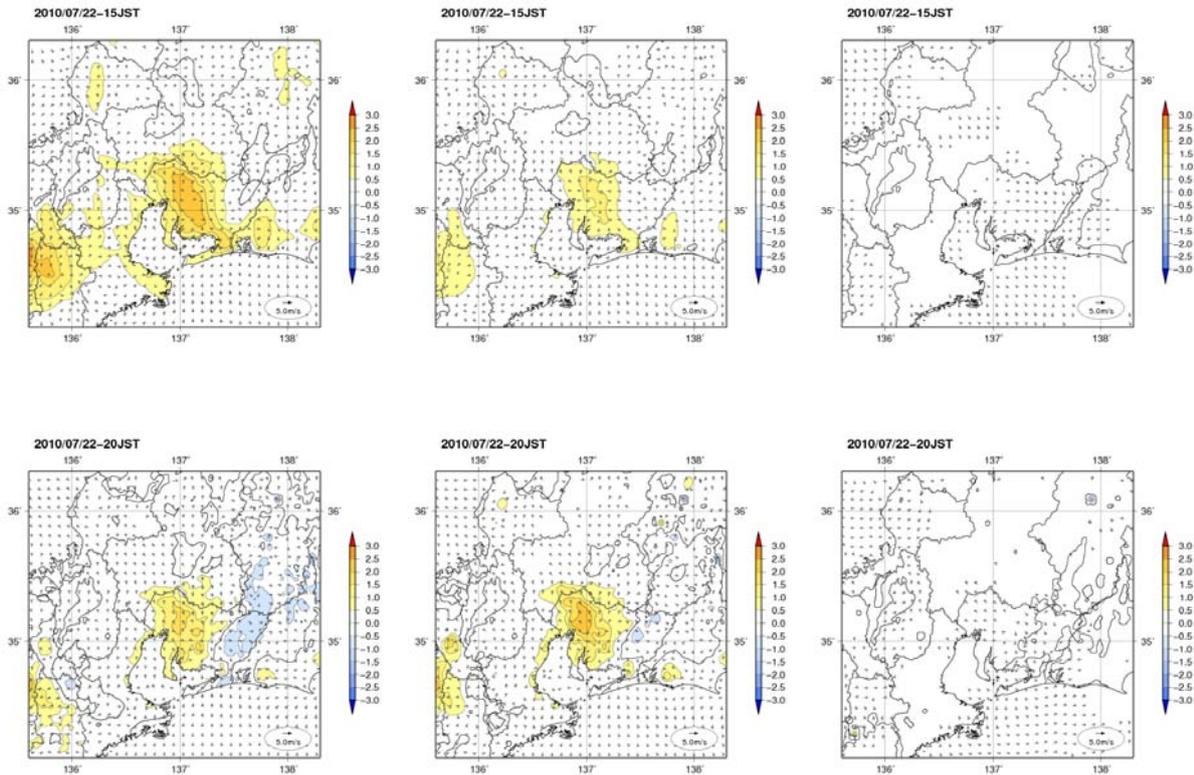


図 4.12 2010年7月22日(上段)15時および20時(下段)の東海地方における都市化の影響による気温上昇に対する、土地利用(左)、建築物(中央)、人工排熱の寄与(右) (単位: $^{\circ}\text{C}$)

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。

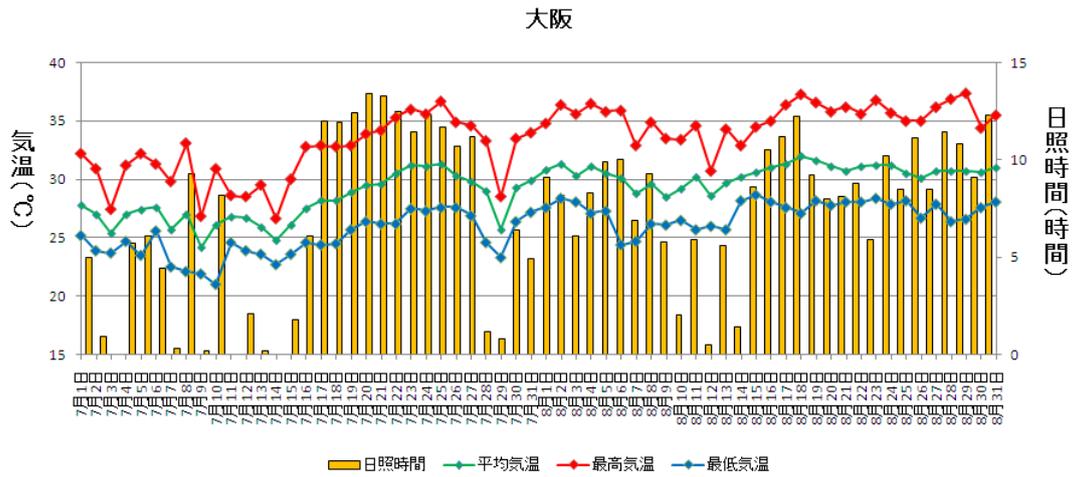


図 4.13 大阪における 2010 年 7～8 月の最高気温、平均気温、最低気温、日照時間の時系列

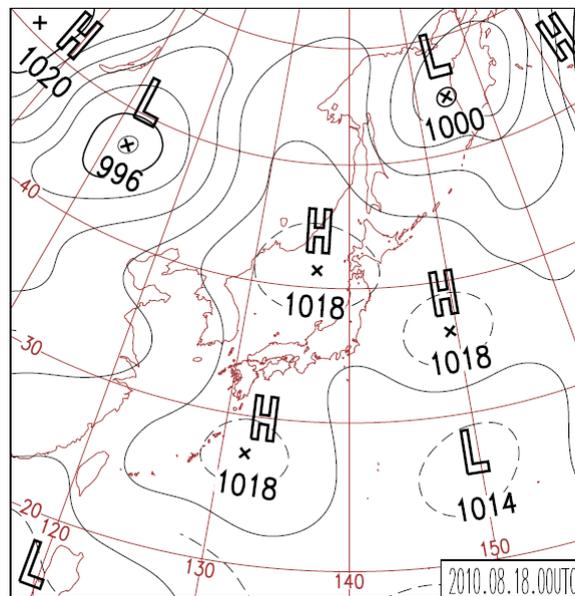


図 4.14 2010 年 8 月 18 日 09 時の地上天気図

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。

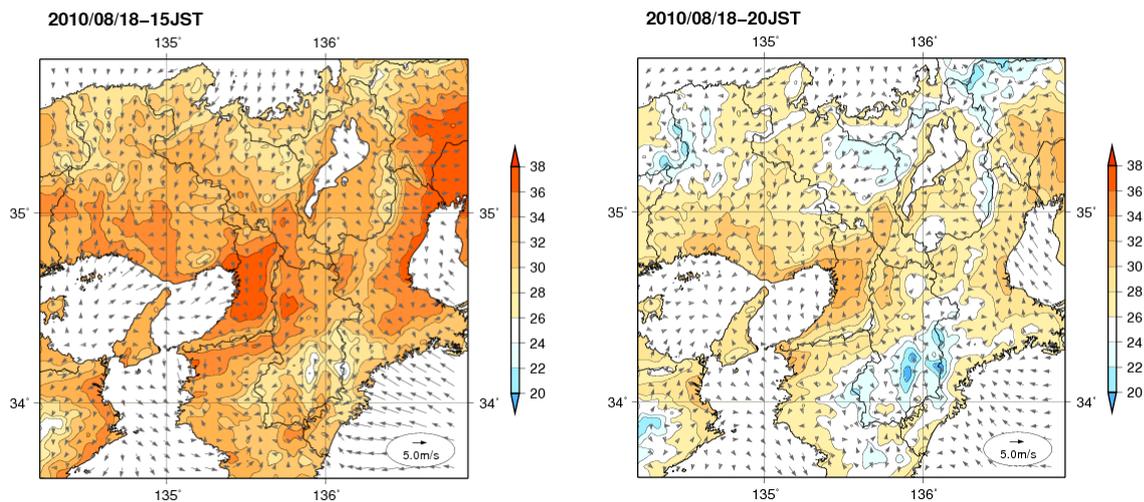


図 4.15 近畿地方における 2010 年 8 月 18 日の 15 時(左)、20 時(右)の気温(°C,等値線)と風(矢印)の分布。

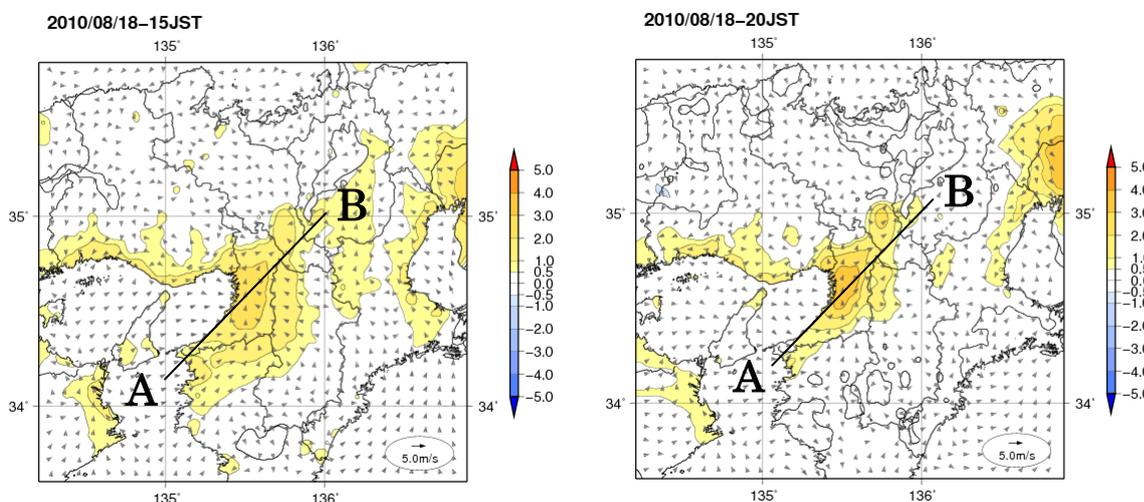


図 4.16 近畿地方における 2010 年 8 月 18 日の 15 時(左)、20 時(右)の「都市がある場合」と「都市がない場合」の気温(°C,等値線)と風(矢印)の差。正の値は「都市がある場合」の気温が高いことを示す。

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。

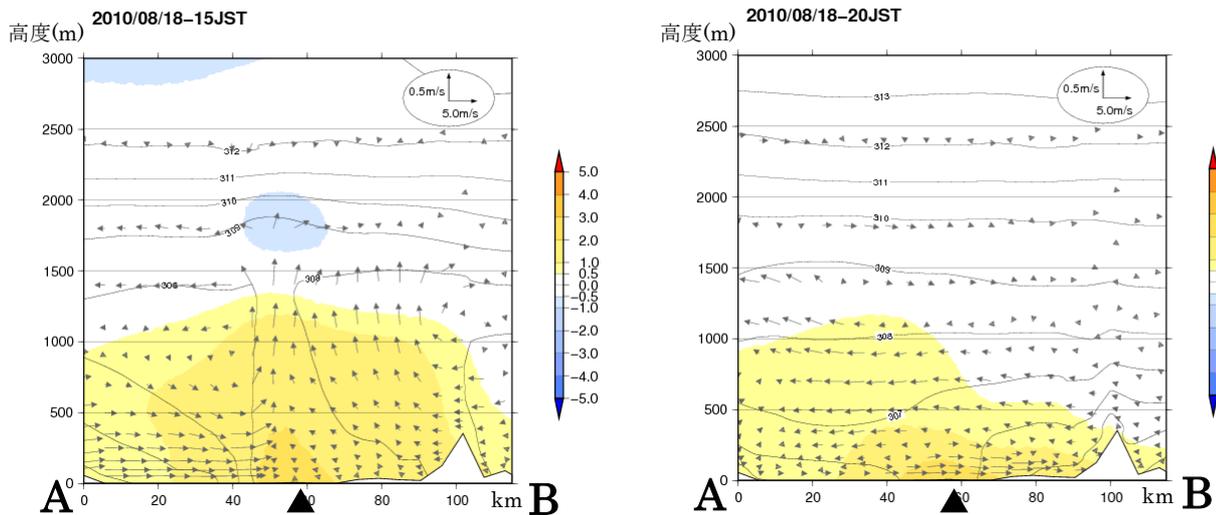


図 4.17 2010 年 8 月 18 日 15 時(左)、20 時(右)における大阪平野の鉛直断面図

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°C 程度であり、建築物の影響は 1°C に満たない。一方、20 時については、建築物の影響が 2°C を超え、土地利用の効果は 1°C 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。

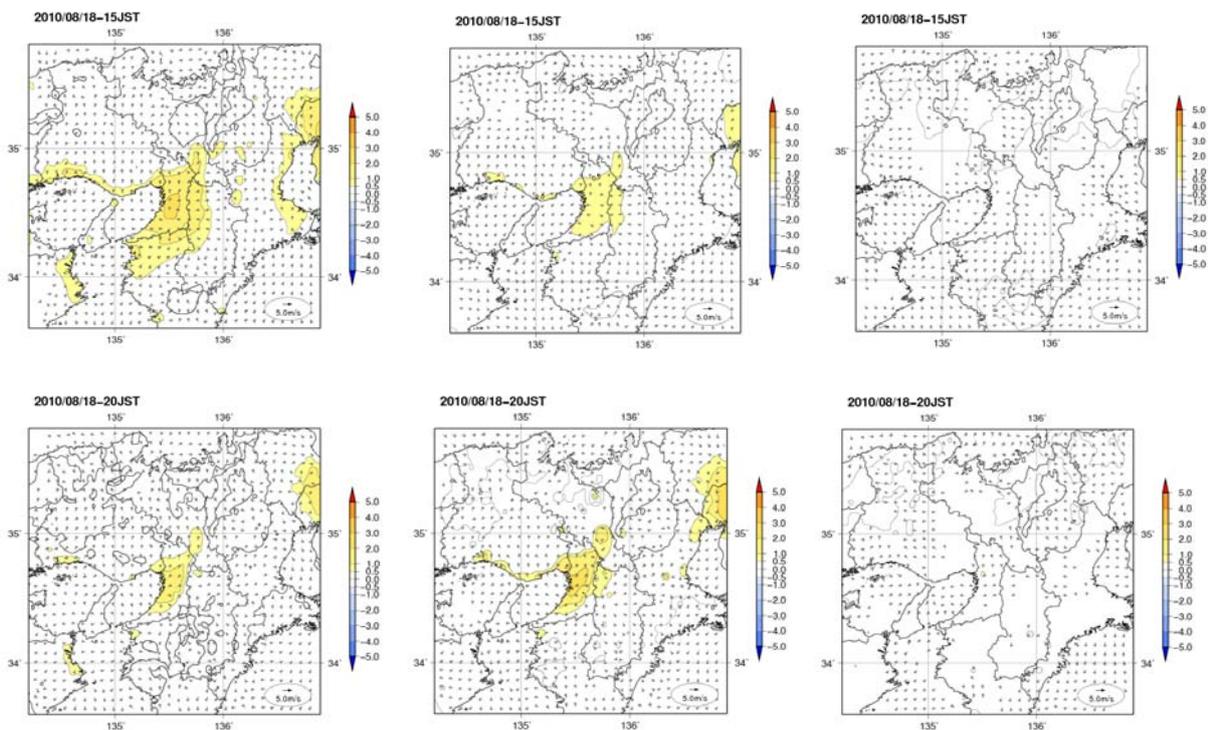


図 4.18 2010 年 8 月 18 日(上段)15 時および 20 時(下段)の近畿地方における都市化の影響による気温上昇に対する、土地利用(左)、建築物(中央)、人工排熱の寄与(右)(単位:°C)

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。

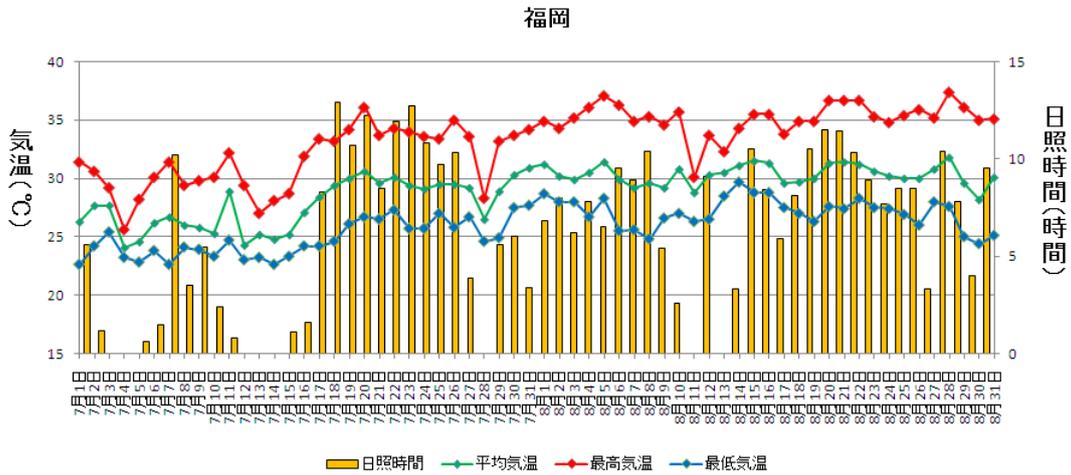


図 4.19 福岡における 2010 年 7～8 月の最高気温、平均気温、最低気温、日照時間の時系列

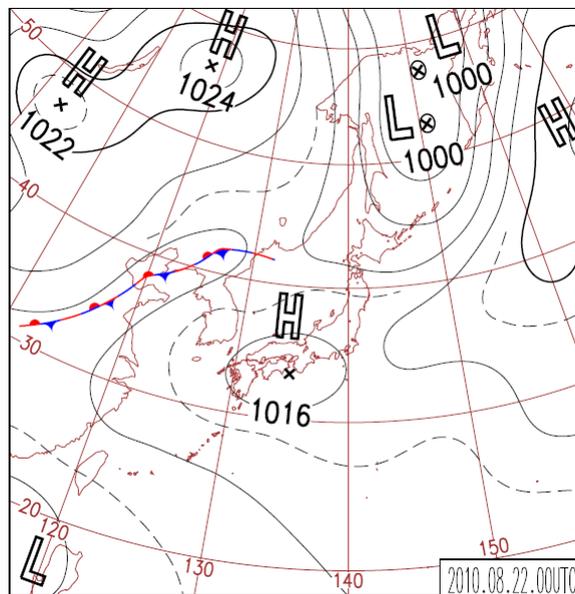


図 4.20 2010 年 8 月 22 日 09 時の地上天気図

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。

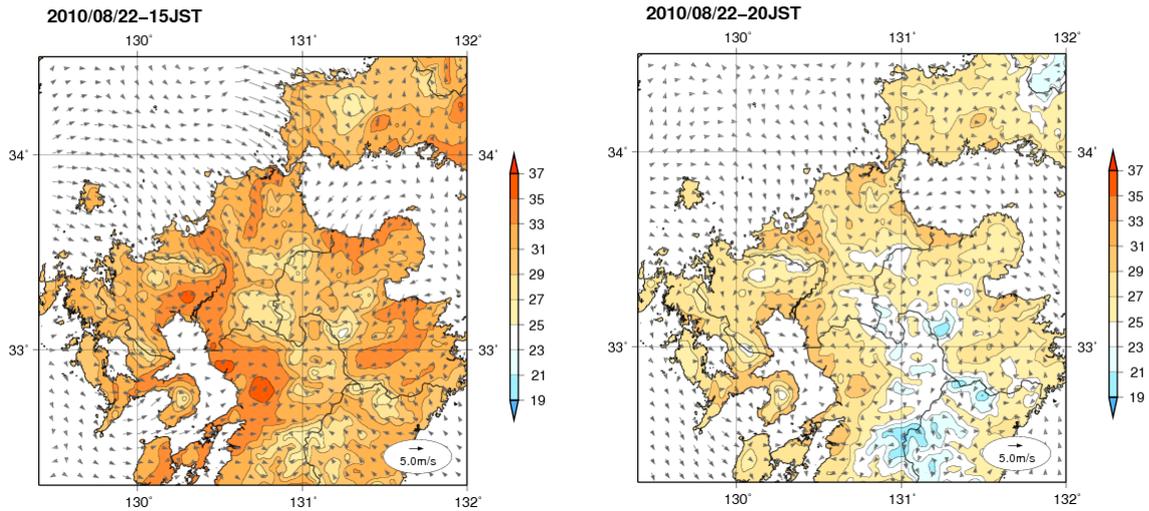


図 4.21 九州北部地方における 2010 年 8 月 22 日の 15 時(左)、20 時(右)の気温(°C,等値線)と風(矢印)の分布。

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。

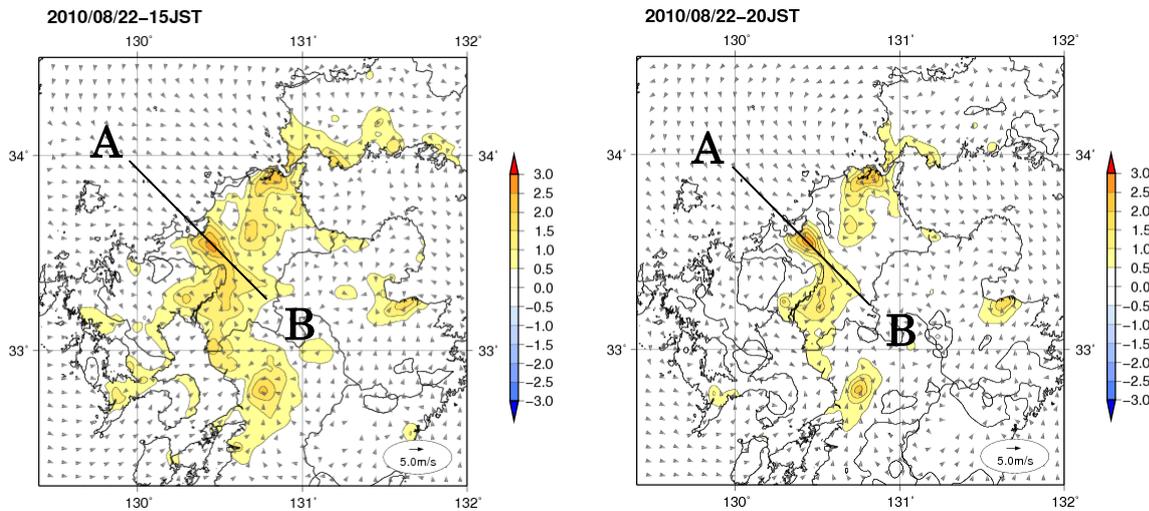


図 4.22 九州北部地方における 2010 年 8 月 22 日の 15 時(左)、20 時(右)の「都市がある場合」と「都市がない場合」の気温(°C,等値線)と風(矢印)の差。正の値は「都市がある場合」の気温が高いことを示す。

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。

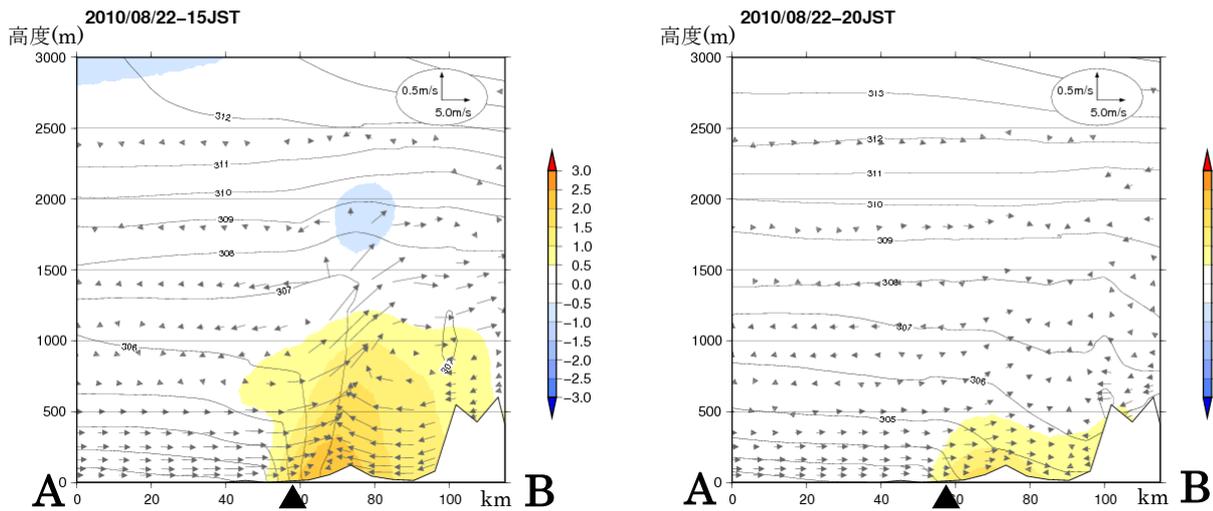


図 4.23 2010 年 8 月 22 日 15 時(左)、20 時(右)における福岡平野の鉛直断面図

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。

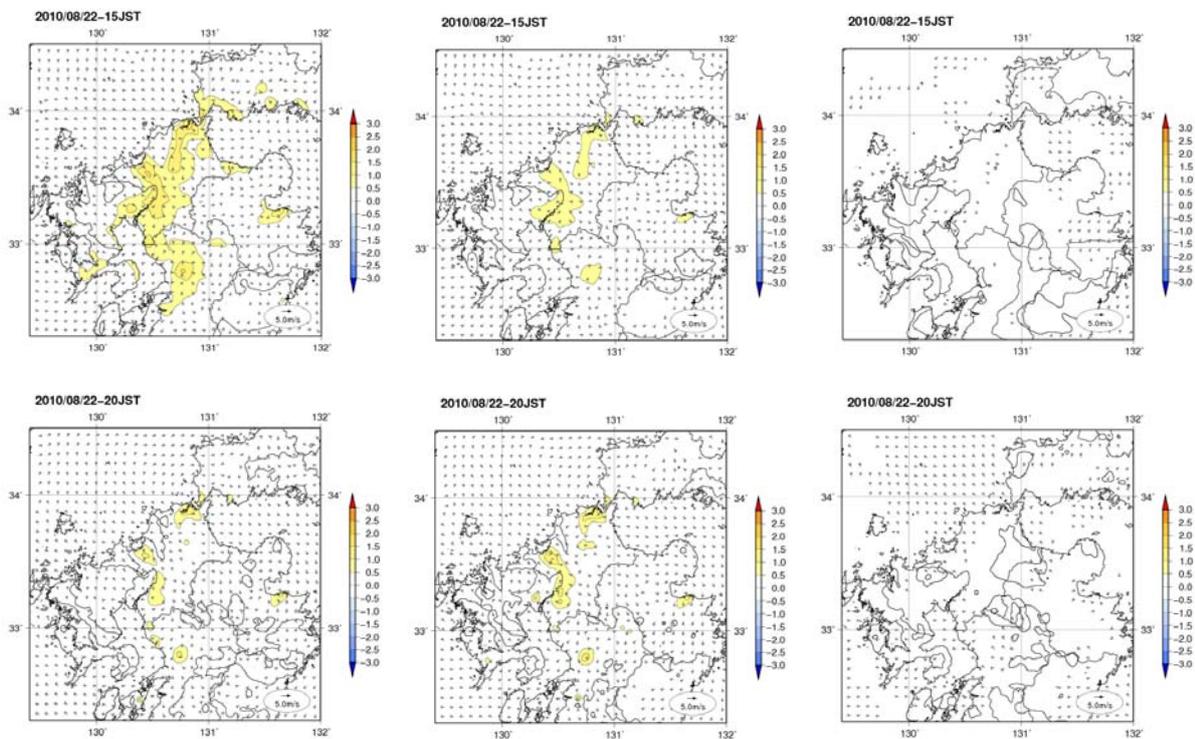


図 4.24 2010 年 8 月 22 日(上段)15 時および 20 時(下段)の九州北部地方における都市化の影響による気温上昇に対する、土地利用(左)、建築物(中央)、人工排熱の寄与(右) (単位:°C)

5. 参考文献

萱場互起,2009: 気象庁におけるヒートアイランド監視業務について 一都市気候モデルによる解析事例の紹介一, 天気, 56, 955-960.

萱場互起, 青柳暁典, 高橋俊二, 2010: 重回帰分析による人工排熱量の推定, 測候時報, 77, 137-151.

気象庁, 2005a: 気象観測統計指針

<http://www.data.jma.go.jp/obd/stats/data/kaisetu/index.html>

気象庁, 2005b: 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>

気象庁, 2009: ヒートアイランド監視報告 (平成 20 年ー東海地方)

<http://www.data.kishou.go.jp/climate/cpdinfo/himr/2009/himr2009.pdf>

気象庁, 2010: ヒートアイランド監視報告 (平成 21 年)

<http://www.data.kishou.go.jp/climate/cpdinfo/himr/2010/himr2010.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, 169-174.