

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。

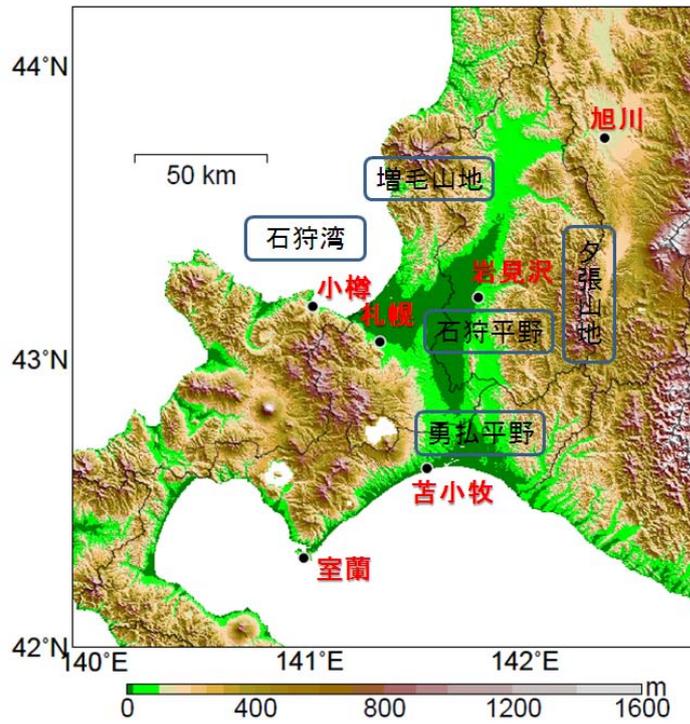


図 3.1 北海道石狩地方とその周辺の地勢図

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。

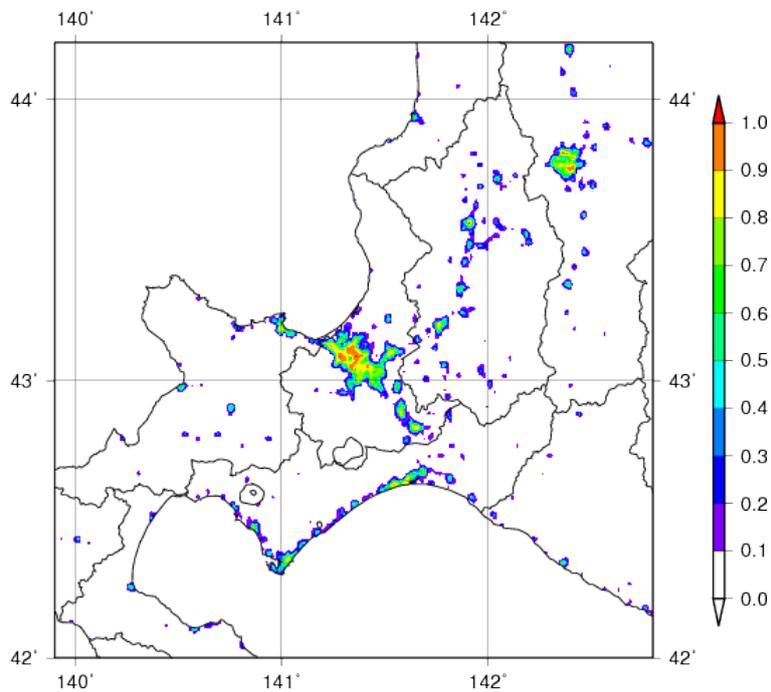


図 3.2 北海道石狩地方とその周辺における建物用地及び幹線交通用地面積が占める割合(人工被覆率)

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。

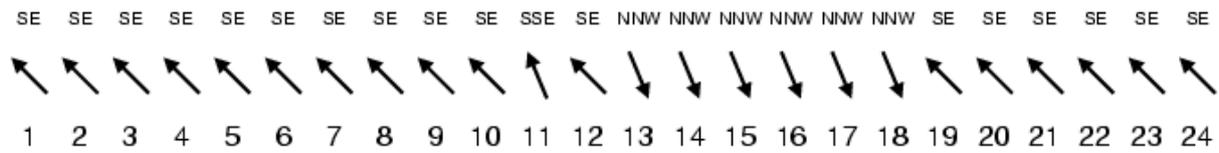


図 3.3 札幌における 8 月の時別の卓越風向。2001～10 年における最も出現頻度の高い風向を示す。

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。

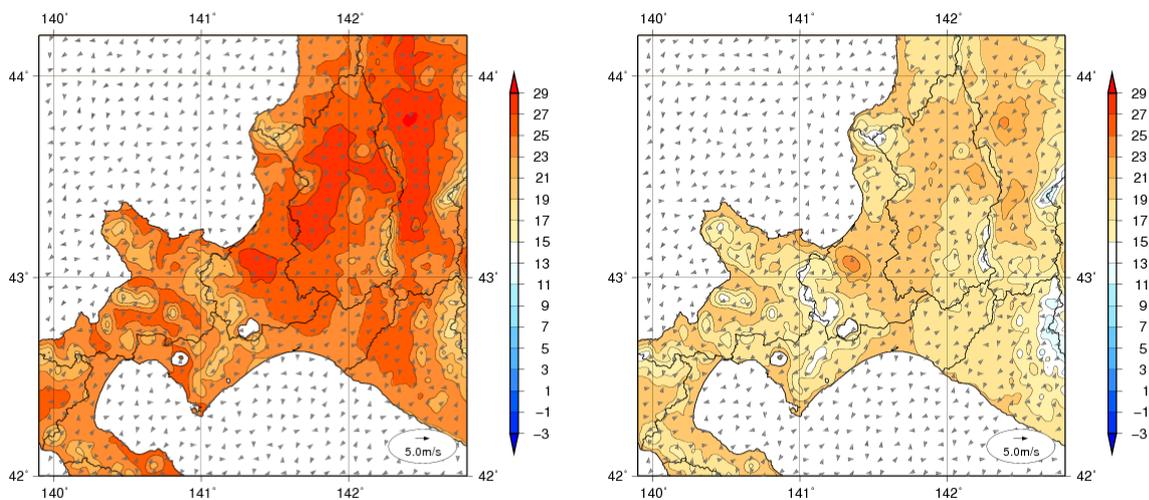


図 3.4 北海道石狩地方とその周辺における夏季(7,8 月)の晴天日 22 事例について、15 時(左)、20 時(右)の気温(℃,等値線)と風(矢印)の分布の合成解析結果

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。

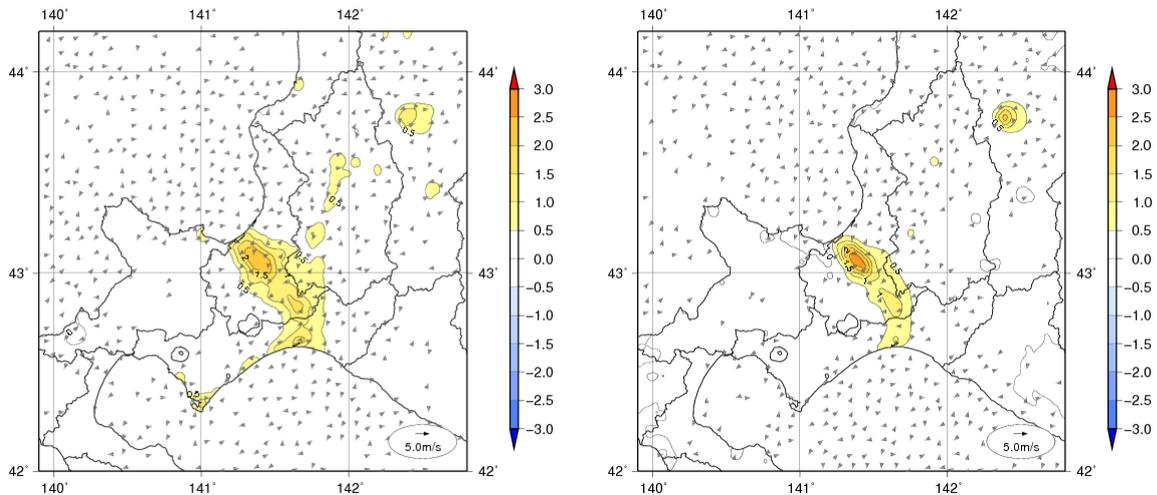


図 3.5 北海道石狩地方とその周辺における夏季(7,8 月)の晴天日 22 事例について、15 時(左)、20 時(右)の「都市がある場合」と「都市がない場合」の気温(°C,等値線)と風(矢印)の差の合成解析結果。正の値は「都市がある場合」の気温が高いことを示す。

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。

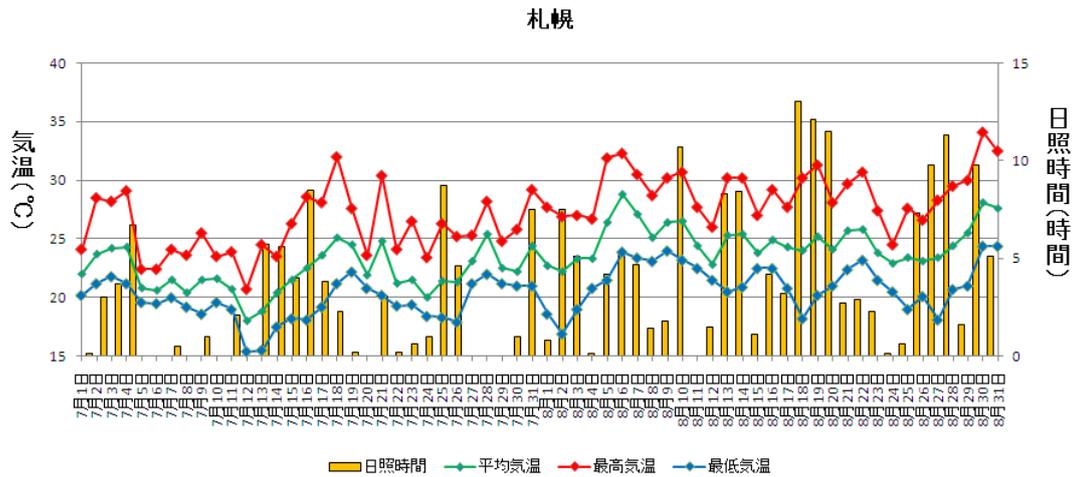


図 3.6 札幌市における 2010 年 7～8 月の最高気温、平均気温、最低気温、日照時間の時系列

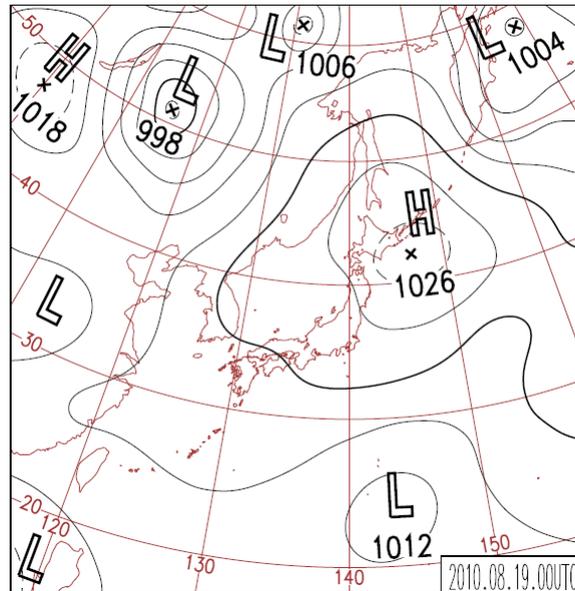


図 3.7 2010 年 8 月 19 日 09 時の地上天気図

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。

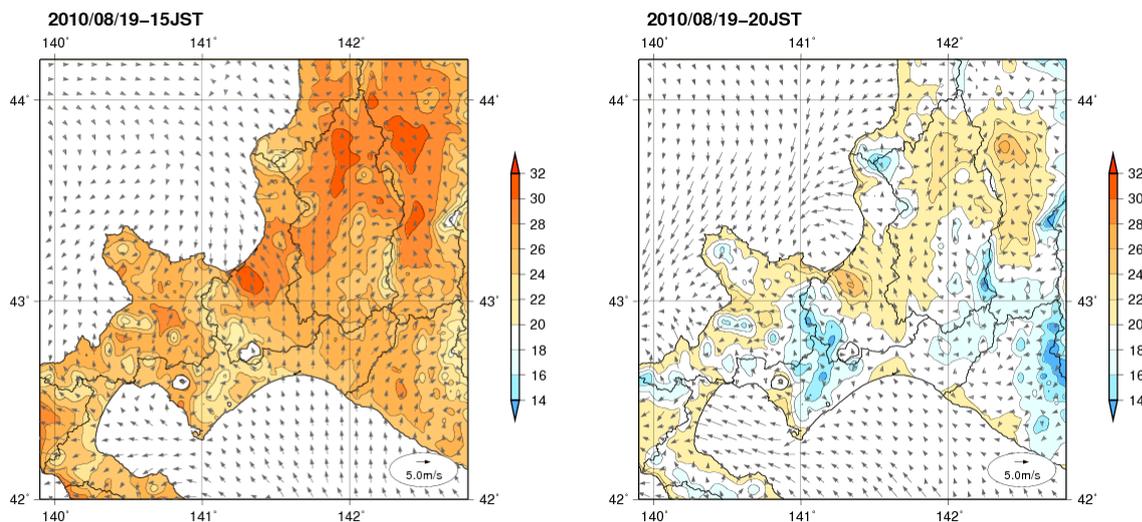


図 3.8 北海道石狩地方とその周辺における 2010 年 8 月 19 日の 15 時(左)、20 時(右)の気温(°C,等値線)と風(矢印)の分布。

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。

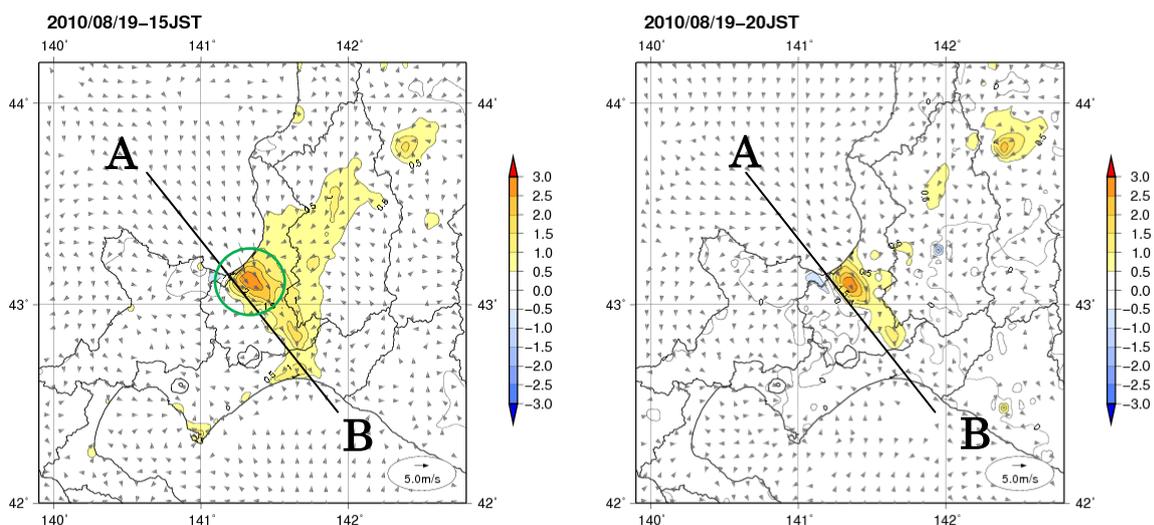


図 3.9 北海道石狩地方とその周辺における 2010 年 8 月 19 日の 15 時(左)、20 時(右)の「都市がある場合」と「都市がない場合」の気温(°C,等値線)と風(矢印)の差。正の値は「都市がある場合」の気温が高いことを示す。

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。

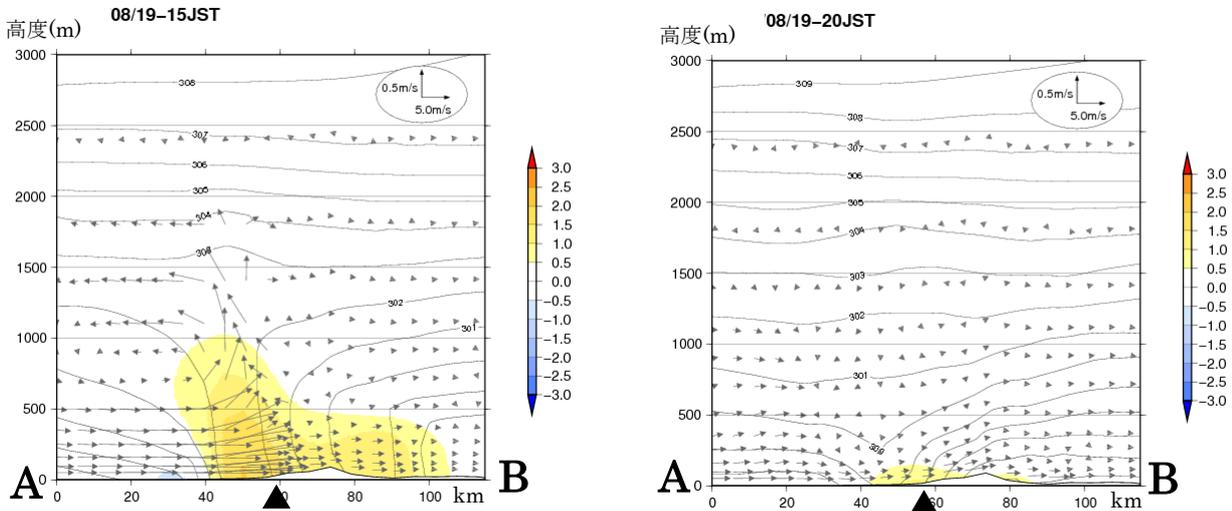


図 3.10 2010 年 8 月 19 日 15 時(左)、20 時(右)における石狩平野の鉛直断面図

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。

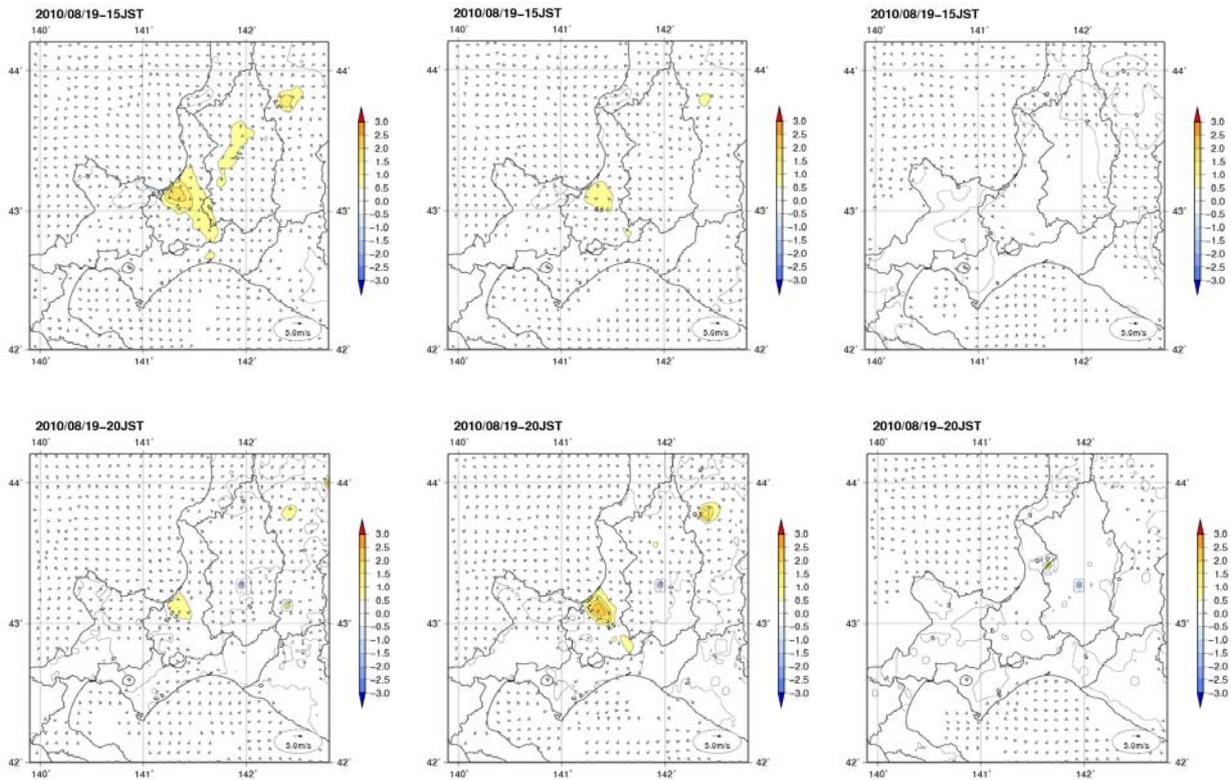


図 3.11 2010年8月19日(上段)15時および(下段)20時の都市化の影響による気温上昇に対する、土地利用(左)、建築物(中央)、人工排熱(右)の寄与(単位:°C)

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。

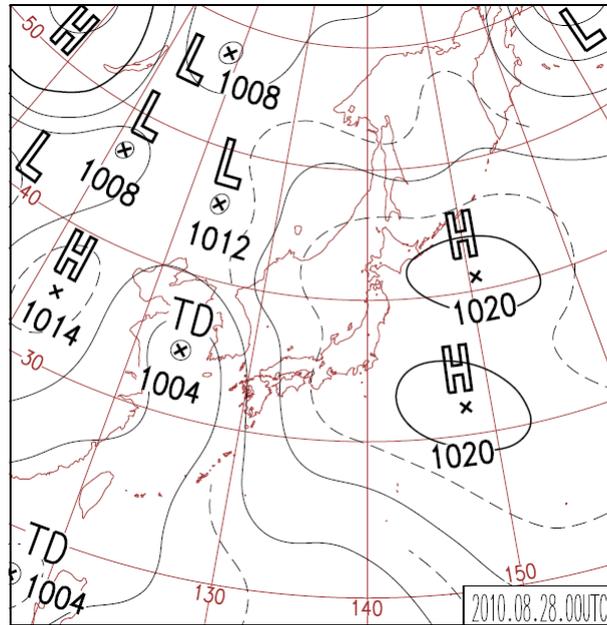


図 3.12 2010年8月28日09時の地上天気図

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時で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。

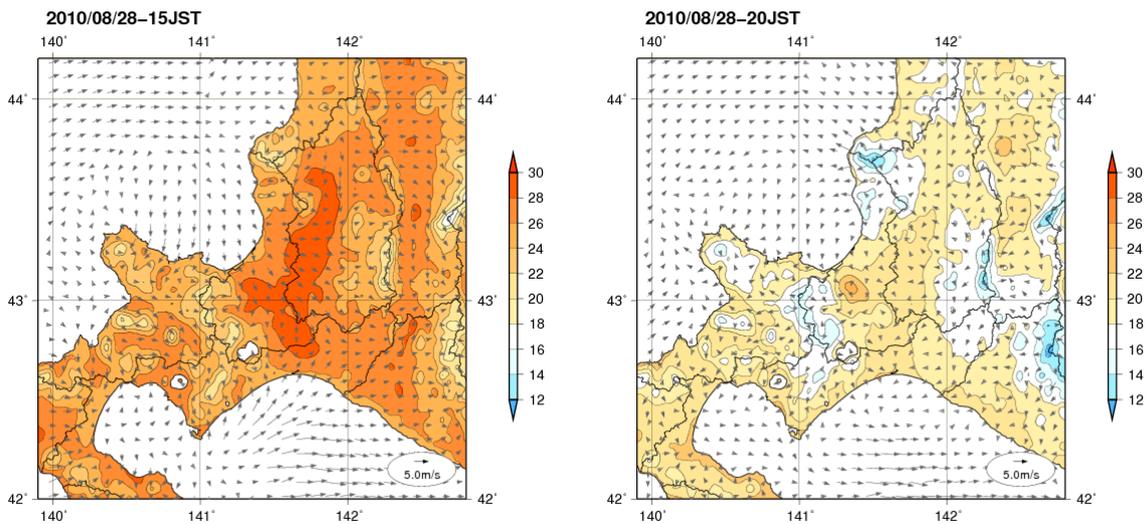


図 3.13 北海道石狩地方とその周辺の2010年8月28日の15時(左)、20時(右)の気温(℃,等値線)と風(矢印)の分布

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。

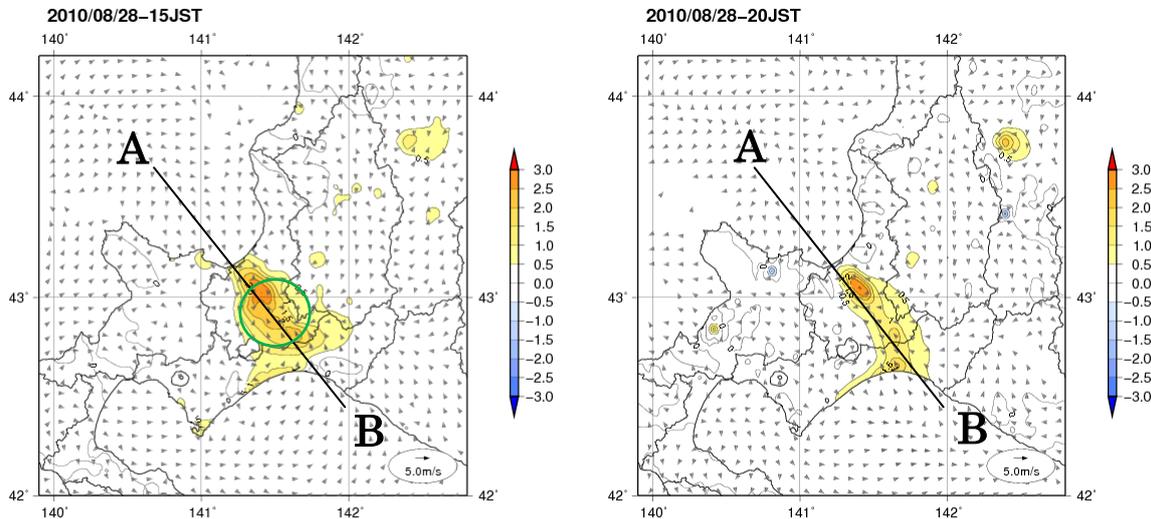


図 3.14 北海道石狩地方とその周辺における 2010 年 8 月 28 日の 15 時(左)、20 時(右)の「都市がある場合」と「都市がない場合」の気温(°C,等値線)と風(矢印)の差。正の値は「都市がある場合」の気温が高いことを示す。

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。

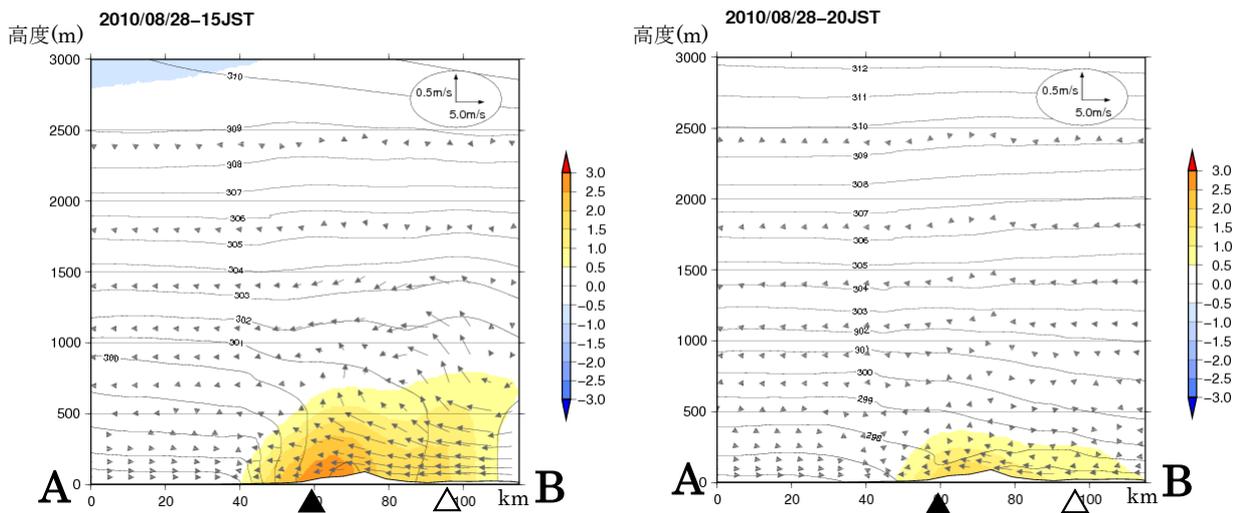


図 3.15 2010 年 8 月 28 日 15 時(左)、20 時(右)における石狩平野の鉛直断面図

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。

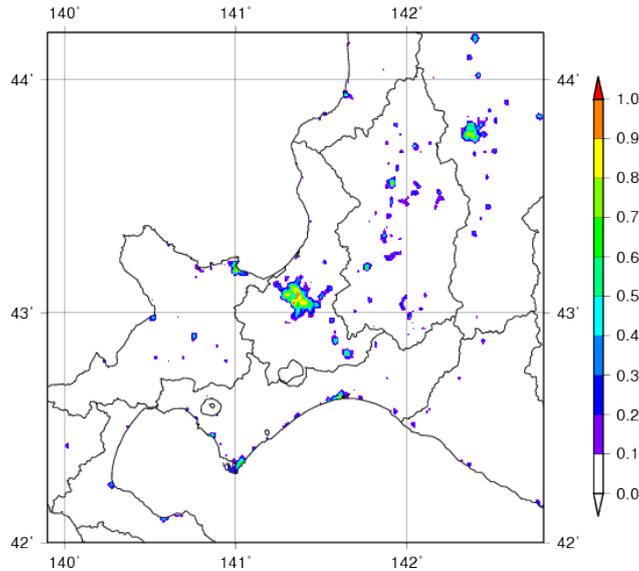


図 3.16 図 3.2 に同じ。

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。

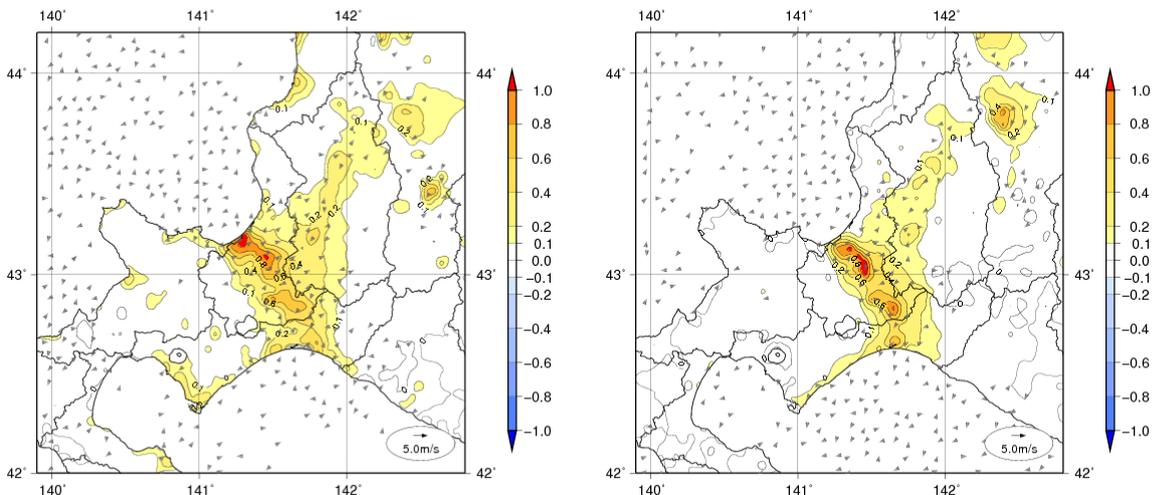


図 3.17 北海道石狩地方とその周辺における夏季(7,8 月)の晴天日 22 事例について、15 時(左)、20 時(右)の「1976 年版」と「2006 年版」の土地利用データを用いた場合の気温(°C,等値線)と風(矢印)の差の合成解析結果。正の値は「2006 年版」の気温が高いことを示す。