

ヒートアイランド監視報告 2014

平成 27 年 7 月
気 象 庁

目次

| | |
|---|----|
| はじめに | 1 |
| 1. 観測データの長期変化からみる各都市のヒートアイランド現象 | 3 |
| 1.1 気温 | 3 |
| 1.1.1 気温の長期変化傾向 | 3 |
| 1.1.2 気温の長期変化傾向と都市化率の関係 | 5 |
| 1.1.3 気温の階級別日数の長期変化傾向 | 6 |
| 1.2 湿度 | 7 |
| 1.2.1 平均相対湿度の長期変化傾向 | 7 |
| 1.2.2 平均相対湿度の長期変化傾向と都市化率の関係 | 8 |
| 1.2.3 霧日数の長期変化傾向 | 8 |
| 1.3 降水 | 9 |
| 1.3.1 降水量の長期変化傾向 | 9 |
| 1.3.2 大雨日数の長期変化傾向 | 10 |
| 2. 都市気候モデルで再現されたヒートアイランド現象 | 11 |
| 2.1 2014年8月のヒートアイランド現象 | 11 |
| 2.1.1 2014年8月の概況 | 11 |
| 2.1.2 関東地方 | 12 |
| 2.1.3 近畿地方 | 14 |
| 2.1.4 東海地方 | 16 |
| 2.2 夏と冬のヒートアイランド現象の比較 | 18 |
| 3. 「ヒートアイランド監視報告2014」のまとめ | 21 |
| — 参考文献 — | 21 |
| 付録1：長期変化傾向の統計的有意性の評価について | 22 |
| 付録2：観測地点の移転に伴う気温の補正方法について | 23 |
| 付録3：都市気候モデルについて | 24 |
| 【資料1】各都市における年平均気温等の長期変化傾向 | 27 |
| 【資料2】各都市における月平均気温等の長期変化傾向 | 29 |
| 【資料3】各都市における気温の年間階級別日数の長期変化傾向 | 31 |
| 【資料4】各都市における年平均相対湿度の長期変化傾向 | 39 |
| 【資料5】各都市における月平均相対湿度の長期変化傾向 | 41 |
| 【資料6】各都市における年間霧日数の長期変化傾向 | 42 |
| 【資料7】各都市における年降水量、年最大1時間降水量の長期変化傾向 | 44 |
| 【資料8】各都市における年間大雨日数の長期変化傾向 | 48 |
| 【資料9】2014年各月での都市化の影響による月平均気温の変化 | 52 |
| 【資料10】2010年から2015年までの1月の都市化の影響による月平均気温の変化 | 55 |

はじめに

1. 本報告公表の背景と構成

都市化の進展に伴い、近年顕著となっているヒートアイランド現象は、地球温暖化の影響と相まって、気温の上昇による生活上の不快感を増大させるのみならず、夏を中心として熱中症等の健康への被害を生じさせているほか、乾燥化による呼吸器疾患等への影響や感染症を媒介する蚊の越冬といった生態系の変化が懸念されている（環境省, 2004）。

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。この大綱のもと、気象庁では、ヒートアイランド現象の観測及び監視に資する情報や最新の科学的知見を「ヒートアイランド監視報告」として平成 17 年からホームページ¹で毎年公表している。

その後、近年のさらなる気温上昇に伴って熱中症患者数が増加するなど、人々の健康や生活への影響がより深刻となってきたことを踏まえ、ヒートアイランド対策を一層強化するため、平成 25 年 5 月に「ヒートアイランド対策大綱」の改訂が行われた²。

このことを受けて、国土交通省では、省エネや交通流対策等による人工排熱の低減や、緑化等による地表面被覆の改善、風の通り道を確保する都市形態の改善等の取組を一層強化することに加え、新たな取組として、ヒートアイランド・ポータルサイト³による一元的な情報提供を開始している。また、本報告でも用いられているシミュレーション結果を利用することで、街区レベルでヒートアイランド現象の実態や対策の効果を定量的に評価できるシステムを構築したところである⁴。

「ヒートアイランド監視報告 2014」では、第 1 章で、気象庁が全国の気象観測所において長期間にわたって観測している様々なデータを用いて、気温や熱帯夜日数等の長期変化傾向について示す。また、第 2 章で、数値シミュレーション技術を応用した手法（都市気候モデル）を用いて、関東地方、近畿地方及び東海地方での詳細な気温分布等のシミュレーション結果を示している。

ヒートアイランド対策は、地球温暖化による気候変動の悪影響を低減させるための「適応策」としても今後ますます重要になってくると考えられる。そのためにも、本報告で記載された各都市における気候変化の実態や、広域的なヒートアイランド現象の実態の把握、また都市化の影響の面的かつ定量的な評価結果等は、今後の効果的なヒートアイランド対策の策定等に役立てていただきたい。

¹ <http://www.data.jma.go.jp/cpdinfo/himr/index.html>

² http://www.mlit.go.jp/report/press/sogo10_hh_000080.html

³ http://www.mlit.go.jp/sogoseisaku/environment/sosei_environment_mn_000016.html

地形に関する「基盤地図情報（国土地理院）」、土地の利用形態に関するデータ「国土数値情報（国土交通省国土政策局）」、植物の量や活力を表す「植生指標データ（国土地理院）」といった国土交通省が保有するデータ類や、現在実施しているさまざまなヒートアイランド対策の紹介などを行っている。

⁴ <http://www.nilim.go.jp/lab/bcg/kisya/journal/kisya20150717.pdf>

2015 年 7 月 17 日 記者発表資料「5m 解像度で都市空間の気温分布を任意の日時で再現可能に ～ヒートアイランド対策分析システムの開発～」

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、気温分布図に描かれる都市を取り囲む等温線の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。また、ヒートアイランド現象は「都市が無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（気象庁,2006,2007）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（緑地や水面の減少）の影響

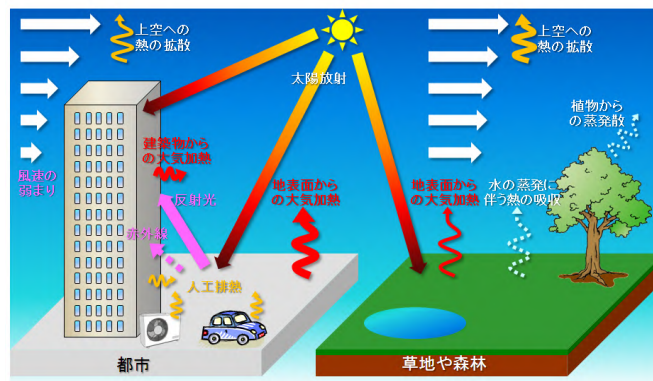
土地利用（緑地や水面の減少）の影響は主に日中のヒートアイランド現象の要因と考えられる。水面、草地、水田、森林等では、水分の蒸発によって地表面が冷やされ、地表面から大気へ与えられる熱が少なくなり気温の上昇が抑えられる一方、都市では地表面がアスファルトやコンクリート等の人工被覆により水分が少なくなるため、地表面から大気へ与えられる熱が多くなり気温の上昇が大きくなる。

（2）建築物（高層化）の影響

都市では、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建築物が吸収する。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。また、天空率⁵の低下により地表面からの放射冷却が妨げられるため、気温の低下が抑えられる。さらに、建築物の存在によって海風等の冷涼な風の流入が阻害されるとともに、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。

（3）人工排熱（人間活動で生じる熱）の影響

人工排熱の影響は、人口が集中する地域の局所的な高温の要因と考えられる。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10%程度に相当する。



ヒートアイランド現象の概念図

⁵ 地上から見上げた場合に空の見える割合を示す指標（環境省,2013）。

1. 観測データの長期変化からみる各都市のヒートアイランド現象

1.1 気温

各都市では、都市化による気温の長期的な上昇傾向がみられ、特に日最低気温で大きい。
気温の長期的な上昇は、夏に最小となる都市が多い。
都市化率が大きい地点ほど気温の上昇率が大きい。
各都市では、冬日は減少し、熱帯夜や猛暑日、真夏日は増加している。

1.1.1 気温の長期変化傾向

1931 年から 2014 年現在まで、各都市及び都市化の影響が比較的少ないとみられる 15 地点平均⁶の都市化率⁷(人工被覆率)と年、季節平均した平均気温、日最高気温、日最低気温の長期変化傾向(100 年あたりの上昇率)を表 1.1.1 に示す。統計手法の詳細については付録 1、2 を参照されたい。

年平均気温の 100 年あたりの上昇率は、都市化の影響が比較的少ないとみられる 15 地点平均が 1.5 であるのに対し、東京で 3.2、大阪で 2.7、名古屋で 2.8 など、大都市で大きい傾向にある。ここで、各都市と 15 地点平均の上昇率の差は、およそその見積もりとして、都市化による影響とみることができ、多くの都市で都市化の影響が現れていると言える。

また、気温の上昇率は、日最高気温に比べて日最低気温の方が大きい。これは、昼間は混合層⁸の発達に伴って都市の余剰熱は上空へ拡散することで地表面付近での気温変化量は小さくなるのに対し、夜間は気温の変動が地表付近の薄い層に集中するために地表面付近での気温変化量が大きくなるためである(藤部,2012a)と考えられる。

さらに、季節別にみると、平均気温、日最高気温、日最低気温とも、上昇率が最も大きい季節は都市によって異なるものの、上昇率が最も小さいのは夏である都市が多い。

これは、都市化の影響が「晴れて風が弱い日」に現れやすく、そうした条件になりやすい季節が地域によって異なることや、夏は対流が活発で混合層が発達しやすく熱が上空へ拡散しやすいこと等によると考えられる。

なお、各都市における年平均気温の経年変化を示すグラフは【資料 1】、月別の長期変化傾向をまとめた表は【資料 2】として巻末に掲載した。

⁶ 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小さい気象観測 15 地点(網走、根室、寿都、山形、石巻、伏木、飯田、銚子、境、浜田、彦根、宮崎、多度津、名瀬、石垣島)の平均。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。

⁷ 観測地点を中心とした半径 7km の円内における人工被覆率(2006 年度版国土数値情報土地利用 3 次メッシュ(1km メッシュ)における建物用地、幹線交通用地、その他の用地の占める割合)と定義した。

⁸ 空気がよく混ざり合った地表面付近の大気層。数百～千数百 m の高さまで及び。

表 1.1.1 各都市及び都市化の影響が比較的少ないとみられる 15 地点平均の都市化率と年、季節平均した平均気温、日最高気温、日最低気温の長期変化傾向

100 年あたりの変化率を示す。統計期間は 1931 年から 2014 年(冬は 1930 年 12 月/1931 年 2 月から 2013 年 12 月/2014 年 2 月)。都市ごとに、一年で最も変化傾向の大きい季節の数値は赤字、最も変化傾向の小さい季節の数値は青字で示している。また、斜体字網掛けは信頼度水準 90% 以上で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 4 地点(東京、広島、大阪、鹿児島)及び都市化の影響が比較的少ないとみられる 15 地点中の 2 地点(飯田、宮崎)は、観測場所の移転に伴い移転前のデータを補正している。

| 地点 | 都市化率 (%) | 気温変化率(/100 年) | | | | | | | | | | | | | | |
|-------|----------|----------------|------------|------------|------------|------------|-------|------------|------------|------------|------------|-------|------------|------------|------------|------------|
| | | 平均気温 | | | | | 日最高気温 | | | | | 日最低気温 | | | | |
| | | 年 | 冬 | 春 | 夏 | 秋 | 年 | 冬 | 春 | 夏 | 秋 | 年 | 冬 | 春 | 夏 | 秋 |
| 札幌 | 75.1 | 2.7 | 3.3 | 2.6 | 2.0 | 2.9 | 1.0 | 1.4 | 1.1 | <i>0.7</i> | 0.7 | 4.5 | 5.6 | 4.5 | 3.5 | 4.5 |
| 仙台 | 69.9 | 2.3 | 3.0 | 2.5 | 1.3 | 2.6 | 1.0 | 1.4 | 1.2 | <i>0.7</i> | 0.9 | 3.1 | 3.6 | 3.7 | 1.9 | 3.4 |
| 名古屋 | 89.3 | 2.8 | 3.0 | 3.0 | 2.3 | 3.1 | 1.1 | 1.3 | 1.4 | 0.8 | 1.1 | 3.9 | 3.9 | 4.4 | 3.3 | 4.3 |
| 東京 | 92.9 | 3.2 | 4.4 | 3.2 | 2.0 | 3.4 | 1.6 | 1.8 | 1.7 | 1.1 | 1.7 | 4.4 | 6.0 | 4.5 | 2.8 | 4.5 |
| 横浜 | 59.4 | 2.7 | 3.5 | 2.9 | 1.7 | 2.9 | 2.3 | 2.6 | 2.7 | 1.7 | 2.4 | 3.5 | 4.6 | 3.7 | 2.2 | 3.6 |
| 京都 | 60.2 | 2.6 | 2.6 | 2.9 | 2.3 | 2.7 | 1.0 | 0.8 | 1.3 | 0.9 | 0.8 | 3.7 | 3.8 | 3.9 | 3.3 | 3.9 |
| 広島 | 54.6 | 2.0 | 1.6 | 2.3 | 1.6 | 2.5 | 1.0 | <i>0.7</i> | 1.5 | 1.1 | <i>0.5</i> | 3.1 | 2.8 | 3.2 | 2.7 | 3.9 |
| 大阪 | 92.1 | 2.7 | 2.7 | 2.6 | 2.2 | 3.1 | 2.2 | 2.1 | 2.3 | 2.1 | 2.2 | 3.6 | 3.3 | 3.5 | 3.5 | 4.2 |
| 福岡 | 64.3 | 3.1 | 2.9 | 3.3 | 2.3 | 3.8 | 1.7 | 1.6 | 2.0 | 1.3 | 1.7 | 5.1 | 4.5 | 5.9 | 3.8 | 6.1 |
| 鹿児島 | 38.8 | 2.8 | 2.8 | 3.2 | 2.4 | 3.0 | 1.3 | 1.2 | 1.7 | 1.2 | 1.2 | 4.0 | 3.8 | 4.5 | 3.5 | 4.6 |
| 15 地点 | 16.2 | 1.5 | 1.5 | 1.7 | 1.1 | 1.5 | 1.0 | 1.1 | 1.4 | 0.9 | 0.9 | 1.8 | 1.8 | 2.0 | 1.6 | 1.9 |

1.1.2 気温の長期変化傾向と都市化率の関係

1931年から2014年現在まで、データの均質性を確保できる全国77地点において、気温の年平均値（平均気温、日最高気温、日最低気温）の長期変化傾向と都市化率との関係を図1.1.1に示す。

平均気温、日最高気温、日最低気温とも、都市化率が大きい地点ほど上昇率が大きい傾向があり（それぞれ信頼度水準90%以上で統計的に有意）気温の上昇率と周辺の都市化率には正の相関がみられる。都市化の影響が日最高気温に比べて日最低気温に現れやすいことについては、1.1.1節で述べたとおりである。

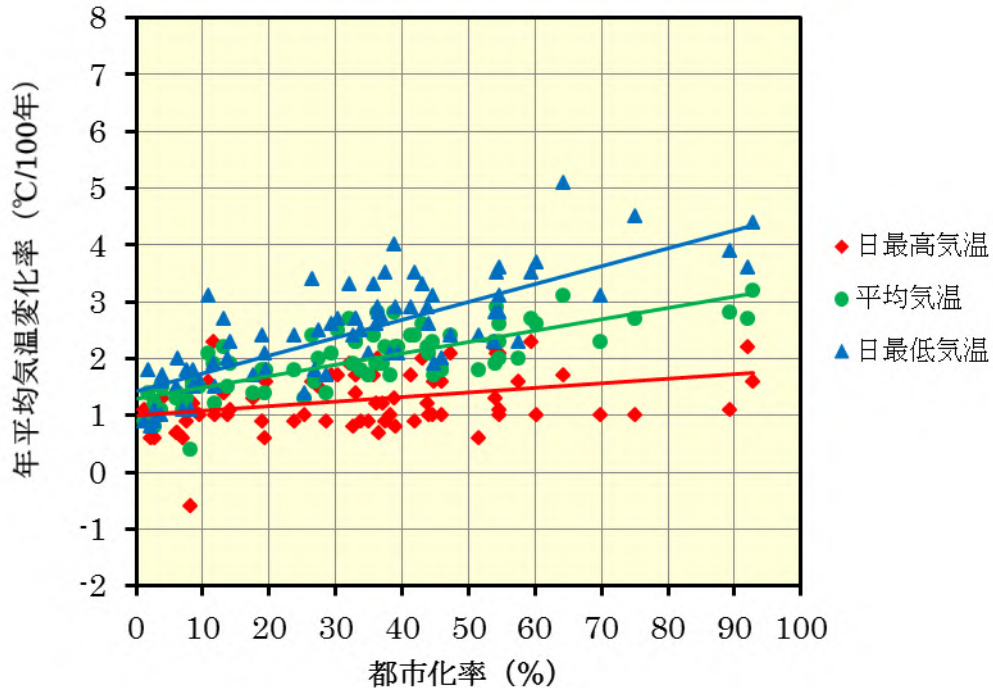


図 1.1.1 全国 77 地点における年平均の気温変化率と都市化率の相関図

観測場所の移転があった地点については、移転前のデータを補正して気温変化率を算出している。統計期間は1931年から2014年まで。各直線は回帰直線を示している。

1.1.3 気温の階級別日数の長期変化傾向

各都市の冬日⁹、熱帯夜¹⁰、真夏日¹¹、猛暑日¹²の年間日数の変化傾向を表 1.1.2 に示す。

冬日の年間日数は、全ての都市で有意な減少傾向がみられる。また、熱帯夜の年間日数は、発現頻度の非常に少ない札幌を除いて有意な増加傾向がみられる。各都市における長期変化は、都市化の影響が少ないとみられる 13 地点平均¹³と比べて大きく、都市化による昇温の影響が現れていると考えられる。

真夏日の年間日数は、13 地点平均では変化傾向がみられない一方、名古屋、東京、横浜、京都、福岡では増加傾向が現れている。猛暑日の年間日数は、発現頻度が少ない札幌や仙台を除いて増加傾向が現れており、名古屋、京都、福岡で比較的大きい。

なお、各都市における各階級別日数の経年変化を示すグラフは【資料 3】として巻末に掲載した。

表 1.1.2 各都市及び都市化の影響が比較的少ないと考えられる 13 地点平均の冬日、熱帯夜、真夏日、猛暑日の年間日数の長期変化傾向

10 年あたりの変化率を示す。統計期間は 1931 年から 2014 年まで(猛暑日は 1961 年から 2014 年まで)。斜体字網掛けは信頼度水準 90%以上で統計的に有意な変化傾向がないことを意味する。†を付した東京については、2014 年 12 月 2 日に観測場所を移転したため、2014 年の統計値は 12 月 1 日までの観測値により変化率を求めた。ただし、冬日の変化率は移転の影響を無視できないことから表示しない。

| 地点 | 冬日 (日/10 年) | 熱帯夜 (日/10 年) | 真夏日 (日/10 年) | 猛暑日 (日/10 年) |
|-------|----------------|-----------------|-----------------|-----------------|
| 札幌 | -4.6 | 0.0 | 0.1 | 0.0 |
| 仙台 | -5.7 | 0.3 | 0.9 | 0.1 |
| 名古屋 | -7.1 | 3.7 | 1.1 | 2.3 |
| 東京† | | 3.9 | 1.2 | 0.8 |
| 横浜 | -6.5 | 3.0 | 2.2 | 0.5 |
| 京都 | -7.5 | 3.6 | 1.2 | 2.2 |
| 福岡 | -5.2 | 4.8 | 1.2 | 1.6 |
| 13 地点 | -2.0 | 1.6 | 0.5 | 0.4 |

⁹ 日最低気温が 0 未満の日。

¹⁰ 熱帯夜とは、夜間の最低気温が 25 以上のことをいうが、本報告では、日最低気温 25 以上の日数を熱帯夜日数として扱う。

¹¹ 日最高気温が 30 以上の日。

¹² 日最高気温が 35 以上の日。

¹³ 注 6 の 15 地点から観測場所の移転によりデータの均質性を確保できない飯田と宮崎を除く 13 地点(網走、根室、寿都、山形、石巻、伏木、銚子、境、浜田、彦根、多度津、名瀬、石垣島)を示す。

1.2 湿度

各都市では、都市化による相対湿度の長期的な低下傾向がみられる。
 相対湿度の低下率は秋、冬に最大となる都市や、梅雨時期に最小となる都市が多い。
 都市化率が大きい地点ほど相対湿度の低下率が大きい。
 各都市では、霧日数は減少している。

1.2.1 平均相対湿度の長期変化傾向

各都市の平均相対湿度の長期変化傾向を表 1.2.1 に示す。平均相対湿度の 100 年あたりの低下率は、都市化の影響の比較的少ないとみられる 13 地点平均で年間で 6.6% に対し、都市化率の高い都市で大きい。季節別でみると、低下率が最も大きい季節は秋や冬である都市が多い。一方、低下率が最も小さい季節は夏である都市が多く、特に梅雨時期（月別では、札幌を除く都市で 6 月の低下率が最も小さい）である。これは、梅雨時期では曇りや雨の日が多く、都市化の影響が現れにくいからであると考えられる。また、都市における相対湿度の低下の要因としては、気温の上昇に伴う飽和水蒸気圧（大気中に含むうる最大の水蒸気量）の増加によって相対湿度が下がる効果が主であると考えられるが、都市域では植物が少なくなり、蒸発散が弱くなるために水蒸気そのものが減少する傾向も寄与する可能性があるとして指摘されている（藤部,2012a,2012b）。

なお、各都市における年平均相対湿度の経年変化を示すグラフは【資料 4】、月別の長期変化傾向をまとめた表は【資料 5】として巻末に掲載した。

表 1.2.1 各都市及び都市化の影響が比較的少ないとみられる 13 地点平均の都市化率と平均相対湿度の長期変化傾向

年、季節別の平均相対湿度の 100 年あたりの変化率を示す。統計期間は 1931 年から 2014 年まで（冬は 1930 年 12 月/1931 年 2 月から 2013 年 12 月/2014 年 2 月）。全ての値で信頼度水準 90% 以上で統計的に有意な変化傾向を示した。また、都市ごとに、一年で最も変化傾向の大きい季節の数値は赤字、最も変化傾向の小さい季節の数値は青字で示している。†を付した東京については、2014 年 12 月 2 日の観測場所の移転によりデータの均質性を確保できなくなったため、年平均値の変化率を表示しない。

| 地点 | 都市化率 (%) | 平均相対湿度変化率 (%/100 年) | | | | |
|-------|----------|---------------------|-------|-------|-------|-------|
| | | 年 | 冬 | 春 | 夏 | 秋 |
| 札幌 | 75.1 | -12.8 | -11.0 | -12.3 | -11.8 | -15.8 |
| 仙台 | 69.9 | -8.9 | -10.8 | -9.0 | -6.6 | -9.5 |
| 名古屋 | 89.3 | -18.2 | -17.6 | -18.8 | -16.2 | -19.8 |
| 東京† | 92.9 | | -22.3 | -15.9 | -13.0 | -18.4 |
| 横浜 | 59.4 | -14.0 | -18.1 | -13.1 | -9.6 | -14.7 |
| 京都 | 60.2 | -16.0 | -15.5 | -17.2 | -14.5 | -16.6 |
| 福岡 | 64.3 | -16.3 | -15.8 | -17.8 | -12.6 | -18.4 |
| 13 地点 | 14.8 | -6.6 | -6.3 | -7.3 | -5.9 | -6.8 |

1.2.2 平均相対湿度の長期変化傾向と都市化率の関係

1931年から2014年現在まで、データの均質性を確保できる全国50地点において、年平均相対湿度の長期変化傾向と都市化率との関係を図1.2.1に示す。

年平均相対湿度は、都市化率が大きい地点ほど低下率が大きい傾向があり（信頼度水準90%以上で統計的に有意）都市化の影響が明瞭に現れている。

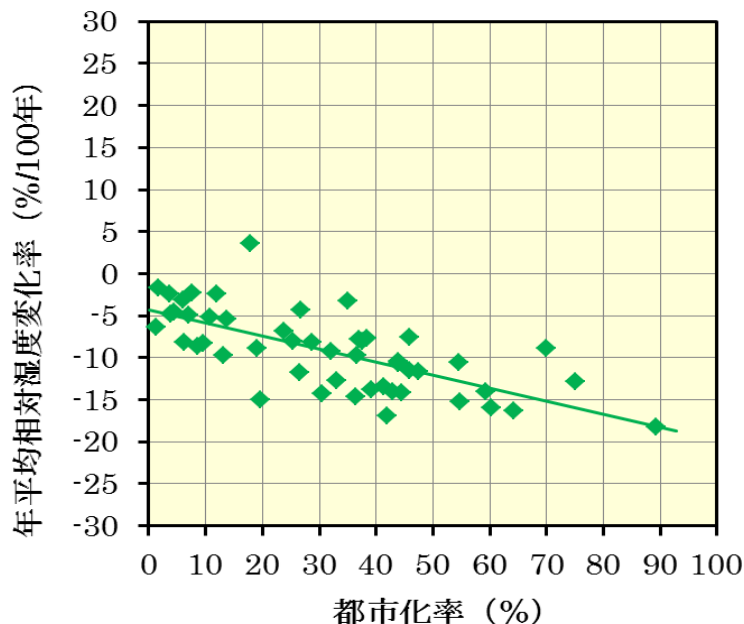


図 1.2.1 全国 50 地点における年平均相対湿度の変化率と都市化率の相関図

統計期間は 1931 年から 2014 年まで。直線は回帰直線を示している。

1.2.3 霧日数の長期変化傾向

各都市の年間霧¹⁴日数の経年変化を示すグラフを【資料 6】として巻末に示す。

年間霧日数の長期変化傾向は各都市で有意な減少がみられる。この要因としては、1 つには都市化の影響による相対湿度の低下が指摘されている（藤部,2012a）ものの、都市化では説明できない不規則な変動もみられ、未解明な部分が多い。

¹⁴ 「霧」とはごく小さな水滴が大気中に浮遊する現象であり、水平視程（水平方向に見通せる距離）が 1km 未満の場合をいう。

1.3 降水

各都市では、大雨や短時間強雨の有意な長期変化傾向はみられない。

1.3.1 降水量の長期変化傾向

各都市の年及び季節別の降水量と最大1時間降水量の長期変化傾向を表1.3.1に示す。

降水量と最大1時間降水量の長期変化傾向は、一部の都市では有意な変化傾向が現れているものの、多くの都市でみられない。このことから、降水量や最大1時間降水量の変化傾向と都市化の影響についての明確な関連性を見出すことは難しい。

なお、各都市における経年変化を示すグラフは【資料7】として巻末に掲載した。

表 1.3.1 各都市の降水量と最大1時間降水量の長期変化傾向

年及び季節別の降水量と最大1時間降水量の10年あたりの変化率を示す。統計期間は降水量が1931年から2014年(冬は1930年12月/1931年2月から2013年12月/2014年2月)、最大1時間降水量は1965年から2014年まで(冬は1964年12月/1965年2月から2013年12月/2014年2月)。斜体字網掛けは信頼度水準90%以上で統計的に有意な変化傾向がないことを意味する。

| 地点 | 降水量変化率 (mm/10年) | | | | | 最大1時間降水量変化率 (mm/時)/10年 | | | | |
|-----|--------------------|------|------|------|-------|---------------------------|------|-----|------|------|
| | 年 | 冬 | 春 | 夏 | 秋 | 年 | 冬 | 春 | 夏 | 秋 |
| 札幌 | 0.4 | 6.2 | -0.5 | -3.6 | -1.8 | 0.8 | -0.2 | 0.1 | 0.9 | 0.9 |
| 仙台 | 10.3 | -1.0 | 4.3 | 6.2 | 0.7 | 0.8 | 0.9 | 0.6 | 0.9 | 1.3 |
| 新潟 | 13.3 | -9.3 | -0.4 | 14.5 | 7.4 | 3.3 | 0.5 | 0.6 | 3.3 | 1.0 |
| 名古屋 | 3.9 | 1.4 | 3.8 | -2.1 | 0.8 | 0.6 | 0.9 | 0.4 | 1.0 | 0.7 |
| 東京 | 5.2 | 0.1 | 5.7 | -0.6 | -0.2 | 4.5 | 0.7 | 1.6 | 2.3 | 3.8 |
| 横浜 | 11.5 | 1.0 | 8.7 | 1.1 | 0.2 | 1.8 | 1.0 | 1.0 | 0.9 | 2.2 |
| 京都 | -9.0 | 2.1 | -0.9 | -8.2 | -2.2 | 0.7 | 0.6 | 0.7 | 0.9 | -0.6 |
| 広島 | -6.1 | -0.6 | 4.1 | 1.1 | -10.7 | 0.9 | 0.1 | 0.5 | 0.7 | 1.3 |
| 大阪 | -3.5 | 2.6 | 1.5 | -5.8 | -2.1 | 0.4 | 0.6 | 0.5 | 1.8 | -0.7 |
| 福岡 | -3.5 | -3.4 | 0.3 | 14.4 | -14.6 | 4.3 | 0.1 | 0.5 | 4.2 | 0.5 |
| 鹿児島 | 3.3 | 1.8 | -8.7 | 8.2 | 1.6 | 0.4 | 0.6 | 0.1 | -1.2 | 1.1 |

1.3.2 大雨日数の長期変化傾向

各都市の年間大雨¹⁵日数の長期変化傾向を表 1.3.2 に示す。

日降水量 50mm 以上と日降水量 100mm 以上の年間日数の長期変化傾向は、一部の都市では有意な変化傾向が現れているものの、多くの都市でみられない。日本全体（観測データの均質性が長期に渡って確保できる 51 地点の平均で代表）でみた場合の日降水量 100mm 以上及び 200mm 以上の年間日数はそれぞれ有意な増加傾向がみられるものの（気象庁,2015）、各都市においては、年々変動が大きいため、大雨日数の変化傾向と都市化の影響の明確な関連性を見出すことは難しい。今後更なるデータの蓄積や調査、研究が必要である。

なお、各都市における経年変化を示すグラフは【資料 8】として巻末に掲載した。

表 1.3.2 各都市における年間大雨日数の長期変化傾向

100 年あたりの変化率を示す。統計期間は 1931 年から 2014 年。斜体字網掛けは信頼度水準 90% 以上で統計的に有意な変化傾向がないことを意味する。

| 地点 | 大雨の年間日数変化率(日/100年) | |
|-----|--------------------|------------------|
| | 日降水量 50mm 以上 | 日降水量 100mm 以上 |
| 札幌 | <i>0.3</i> | <i>0.1</i> |
| 仙台 | 2.5 | <i>0.3</i> |
| 新潟 | 2.2 | 0.5 |
| 名古屋 | <i>0.9</i> | <i>0.2</i> |
| 東京 | <i>1.6</i> | <i>-0.1</i> |
| 横浜 | <i>1.6</i> | <i>0.3</i> |
| 京都 | <i>-0.2</i> | <i>0.1</i> |
| 広島 | <i>0.6</i> | <i>0.3</i> |
| 大阪 | <i>0.1</i> | <i>-0.3</i> |
| 福岡 | <i>1.4</i> | <i>0.6</i> |
| 鹿児島 | <i>0.7</i> | <i>1.4</i> |

¹⁵ ここでの「大雨」は、日降水量 50mm 以上及び 100mm 以上の降水としている。

2. 都市気候モデルで再現されたヒートアイランド現象

本章では、関東、近畿、東海の各地方における都市気候モデル(概要は付録3参照)による解析結果を示す。

2.1 2014年8月のヒートアイランド現象

関東地方では、都心部から埼玉県南東部で都市化の影響が明瞭に現れていた。
 近畿地方では、大阪平野の東部で都市化の影響が明瞭に現れていた。
 東海地方では、愛知県西部で都市化の影響が明瞭に現れていた。
 2014年8月は、太平洋高気圧の日本への張り出しが弱く、曇りや雨の日が多かったため、都市化の影響が比較的小さかった。
 都市化の影響は日中より夜間の方が大きかった。

2.1.1 2014年8月の概況

都市気候モデルによる解析結果を示す前に、背景として2014年8月の概況について解説する。2014年8月は、太平洋高気圧の本州付近への張り出しが弱く、日本付近は湿った気流の影響を受けやすく曇りや雨の日が多くなった。このため、東日本、西日本の日照時間はかなり少なく、特に西日本太平洋側では平年比54%と、1946年の統計開始以来8月としては最も少なくなった。また、降水量は北日本から西日本にかけて多く、特に西日本太平洋側の降水量は平年比301%と、1946年の統計開始以来8月としては最も多い記録を更新した。気温は、西日本などで平年を下回り、8月としては2009年以来5年ぶりに低温となった。(図2.1.1、図2.1.2)

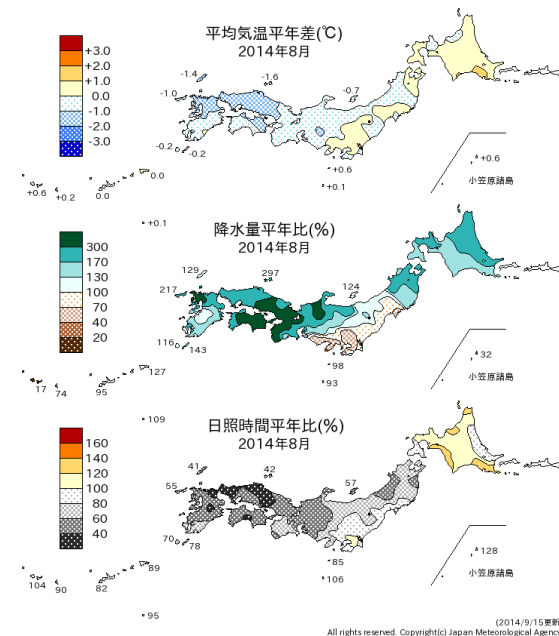


図 2.1.1 2014年8月の月平均気温平年偏差(上図)、月間降水量平年比(中央図)、月間日照時間平年比(下図)の分布図

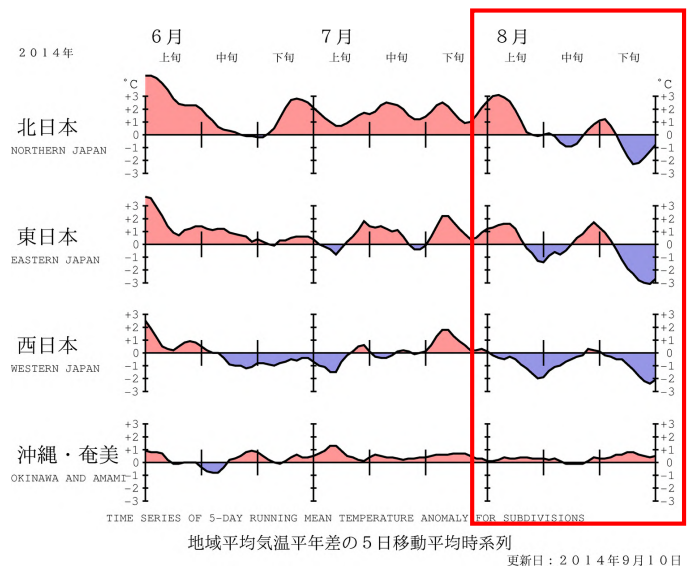


図 2.1.2 2014年夏(6~8月)の気温平年差の経過図

2.1.2 関東地方

関東地方における2014年8月の都市気候モデルによる解析結果を図2.1.3に示す。都心部を中心に平野部の広い範囲で月平均気温の高い領域が広がっており、特に、都心部から埼玉県南東部にかけでは28以上となっている。この付近では、気温30以上となった時間の月合計の極大域(220~240時間)がみられ、都市化の影響による気温上昇量や相対湿度の低下率が大きくなっている。都市化の影響による気温上昇の極大域が沿岸部よりやや内陸に分布している要因としては、海風によって沿岸部が冷やされること、また、都市の影響により海風の内陸への流入が弱められることが指摘されている(気象庁,2012、藤部,2012a)

なお、2014年各月での都市化の影響による月平均気温の変化については、【資料9】(1)として巻末に掲載した。

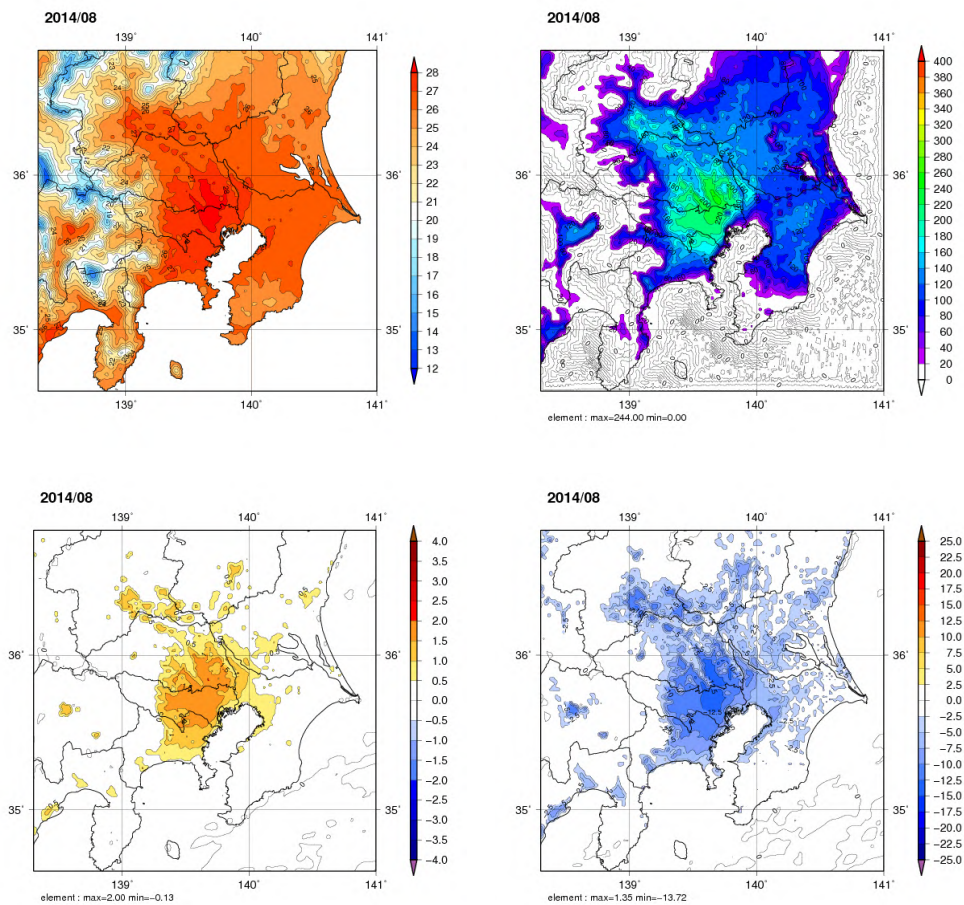


図 2.1.3 関東地方における 2014 年 8 月の月平均気温(左上図、単位: $^{\circ}\text{C}$) 気温 30 以上となった時間の月合計(右上図、単位: 時間) 都市化の影響による月平均気温の変化(左下図、単位: $^{\circ}\text{C}$) 都市化の影響による月平均相対湿度の変化(右下図、単位: %) の分布

一方、最近 6 年の 8 月の都市化の影響による月平均気温の変化を比較すると(図 2.1.4)、2014 年は、気温上昇の極大量(+1.5~2.0 程度)や気温上昇量+0.5 以上の領域の広がりについて 2009 年と同程度で小さいことが示されている。この要因としては、太平洋高気圧に覆われて晴れた日が多かった 2013 年に比べて、2014 年は太平洋高気圧の張り出しが弱く、晴れた日が少なかった(曇りや雨の日が多く、日照時間が少なかった)ことが考えられる。曇りや雨の日が多く、日照時間が少な

くなると、日中は水分の蒸発に伴う地表面を冷やす効果の差が小さくなるために、夜間は日中の建築物の蓄熱自体が小さくなることとともに放射冷却が弱まるために、都市がないときとの気温差が小さくなると考えられる。

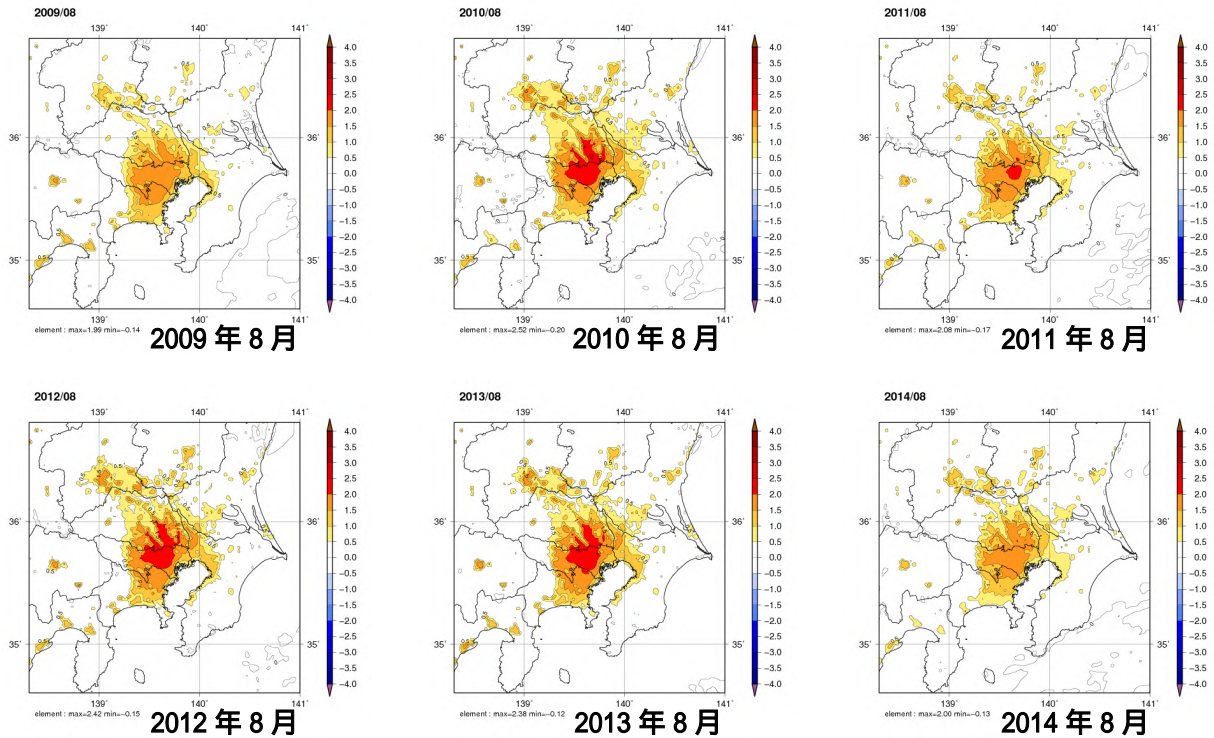


図 2.1.4 関東地方における 2009～2014 年 8 月の都市化の影響による月平均気温の変化 () の分布

次に、2014 年 8 月の夜間と日中、それぞれ最低気温と最高気温の出やすい 5 時と 15 時の都市化の影響による月平均気温の変化についてみると (図 2.1.5)、日中 (15 時) より夜間 (5 時) の方が都市化の影響は明瞭に現れている。これは 1.1.1 項の結果と整合している。

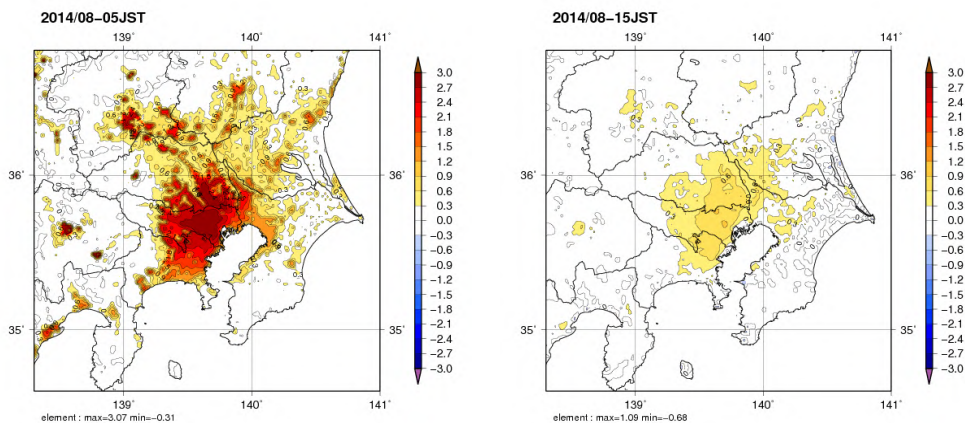


図 2.1.5 関東地方における 2014 年 8 月の 5 時 (左図) と 15 時 (右図) の都市化の影響による月平均気温の変化 () の分布

2.1.3 近畿地方

近畿地方における2014年8月の都市気候モデルによる解析結果を図2.1.6に示す。大阪平野や京都盆地、奈良盆地で高温となっており、特に、大阪平野の東部では、月平均気温が28以上となっている。この付近では、都市化の影響による気温上昇の極大域(+1.5~2.0域)、気温30以上となった時間の月合計の極大域(160~200時間)がみられるほか、都市化の影響による相対湿度の低下率も大きくなっている。都市化の影響による気温上昇の極大域が沿岸部よりやや内陸に分布している要因としては、関東地方と同様に、海風によって沿岸部が冷やされること、また、都市の影響により海風の内陸への流入が弱められることが指摘されている。(気象庁,2012、藤部,2012a)。

なお、2014年各月での都市化の影響による月平均気温の変化については、【資料9】(2)として巻末に掲載した。

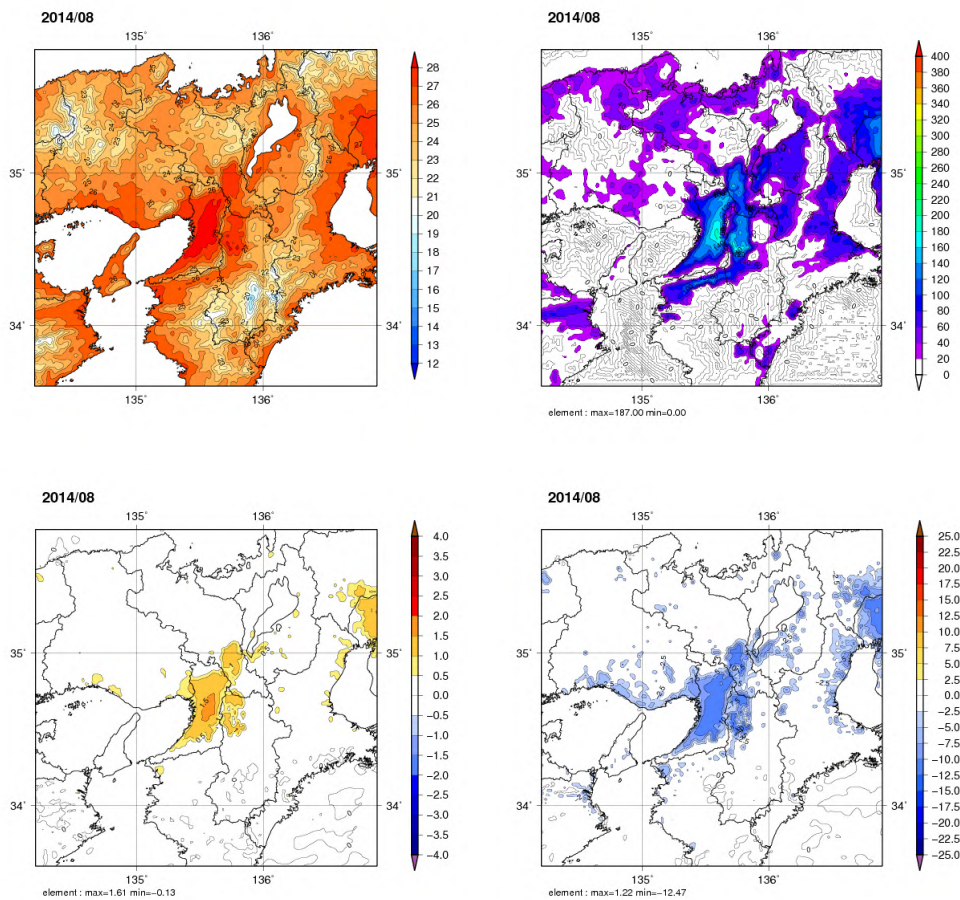


図2.1.6 近畿地方における2014年8月の月平均気温(左上図、単位: °C)、気温30°C以上となった時間の月合計(右上図、単位: 時間)、都市化の影響による月平均気温の変化(左下図、単位: °C)、都市化の影響による月平均相対湿度の変化(右下図、単位: %)の分布

一方、最近6年の8月の都市化の影響による月平均気温の変化を比較すると(図2.1.7)、2014年は、気温上昇の極大量(+1.5~2.0°C)や気温上昇量+0.5°C以上の領域の広がりについて小さいことが示されている。この要因としては、関東地方と同様に、2013年に比べて、2014年は晴れた日が少なかったことが考えられる。

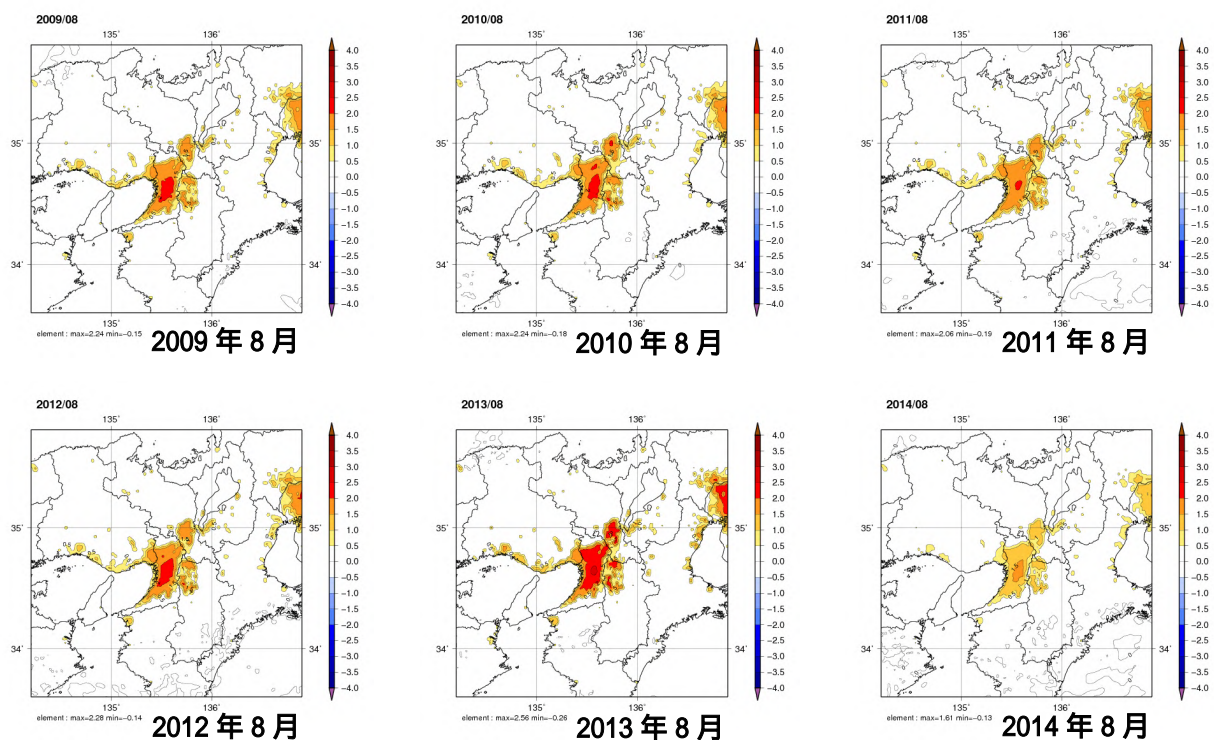


図 2.1.7 近畿地方における 2009～2014 年 8 月の都市化の影響による月平均気温の変化 () の分布

次に、2014 年 8 月の夜間と日中、それぞれ最低気温と最高気温の出やすい 5 時と 15 時の都市化の影響による月平均気温の変化についてみると (図 2.1.8) 日中 (15 時) より夜間 (5 時) の方が都市化の影響は明瞭に現れている。これは 1.1.1 項の結果と整合している。

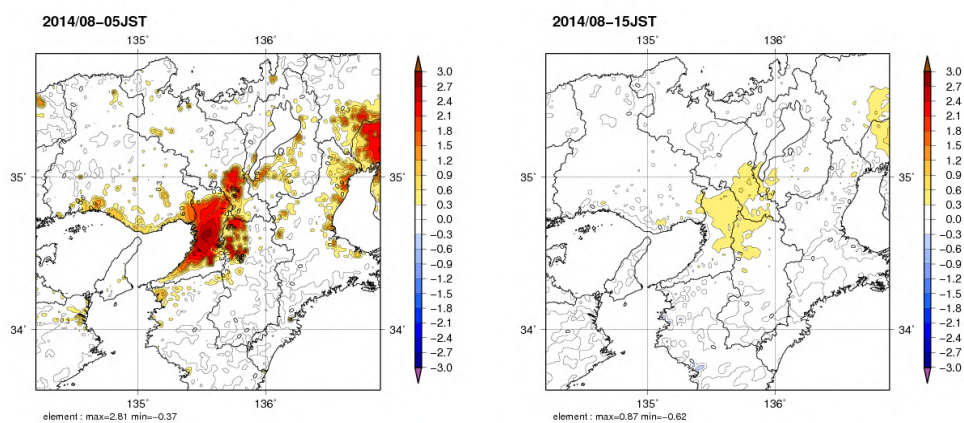


図 2.1.8 近畿地方における 2014 年 8 月の 5 時 (左図) と 15 時 (右図) の都市化の影響による月平均気温の変化 () の分布

2.1.4 東海地方

東海地方における2014年8月の都市気候モデルによる解析結果を図2.1.9に示す。愛知県西部に、月平均気温28以上の高温域や気温30以上となった時間の極大域(140~160時間)がみられる。また、同地域では都市化の影響による気温上昇量や相対湿度の低下率も大きい。なお、都市化の影響による気温上昇の極大域が沿岸部よりやや内陸に分布している要因としては、関東地方と同様に、海風によって沿岸部が冷やされること、また、都市の影響により海風の内陸への流入が弱められることが指摘されている(気象庁,2012、藤部,2012a)。

なお、2014年各月での都市化の影響による月平均気温の変化については、【資料9】(3)として巻末に掲載した。

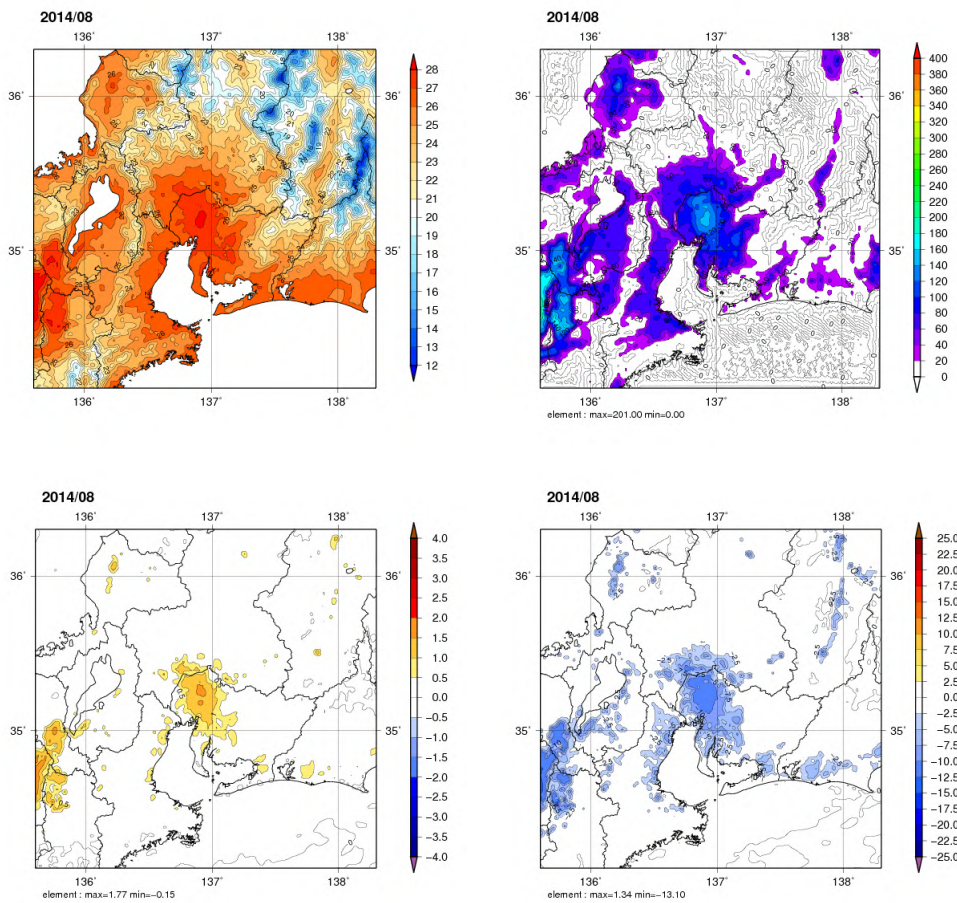


図 2.1.9 東海地方における 2014 年 8 月の月平均気温(左上図、単位： $^{\circ}\text{C}$)、気温 30 以上となった時間の月合計(右上図、単位：時間)、都市化の影響による月平均気温の変化(左下図、単位： $^{\circ}\text{C}$)、都市化の影響による月平均相対湿度の変化(右下図、単位：%)の分布

一方、最近 6 年の 8 月の都市化の影響による月平均気温の変化を比較すると(図 2.1.10)、2014 年は、気温上昇の極大量(+1.5~2.0)や気温上昇量+0.5以上の領域の広がりについて小さいことが示されている。この要因としては、関東地方と同様、2013年に比べて、2014年は晴れた日が少なかったことが考えられる。

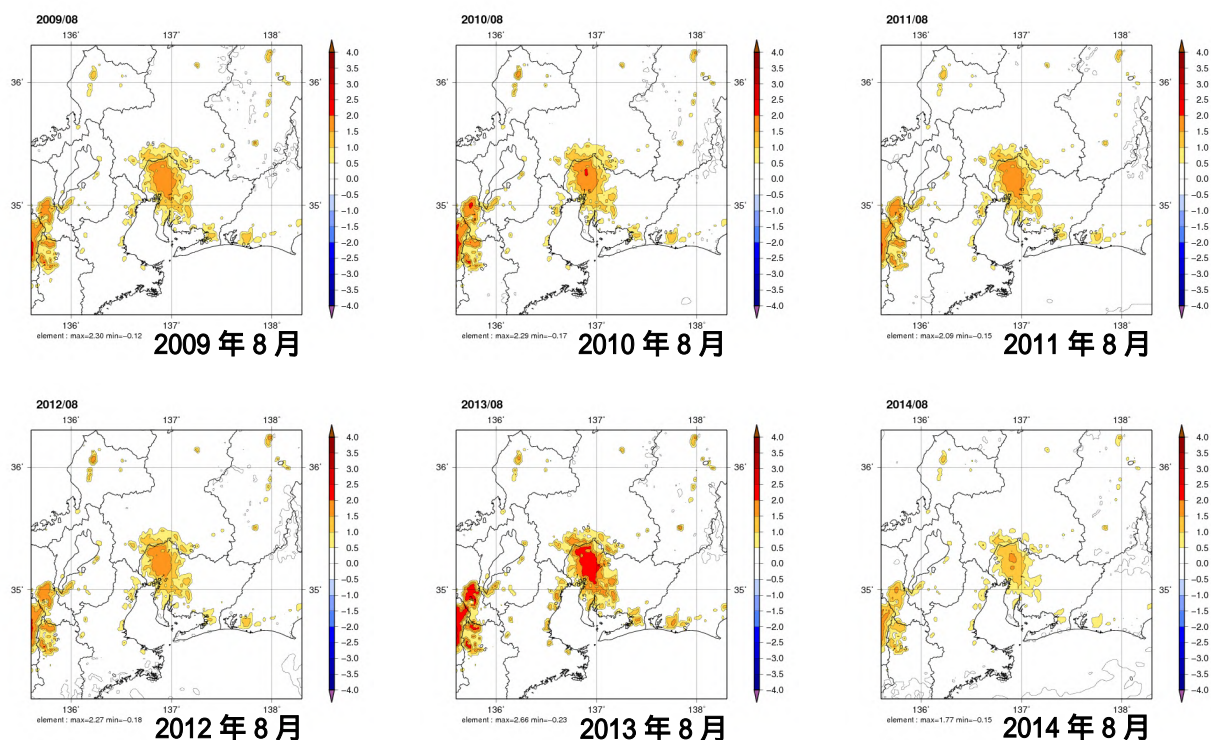


図 2.1.10 東海地方における 2009～2014 年 8 月の都市化の影響による月平均気温の変化 () の分布

次に、2014 年 8 月の夜間と日中、それぞれ最低気温と最高気温の出やすい 5 時と 15 時の都市化の影響による月平均気温の変化についてみると (図 2.1.11)、日中 (15 時) より夜間 (5 時) の方が都市化の影響は明瞭に現れている。これは 1.1.1 項の結果と整合している。

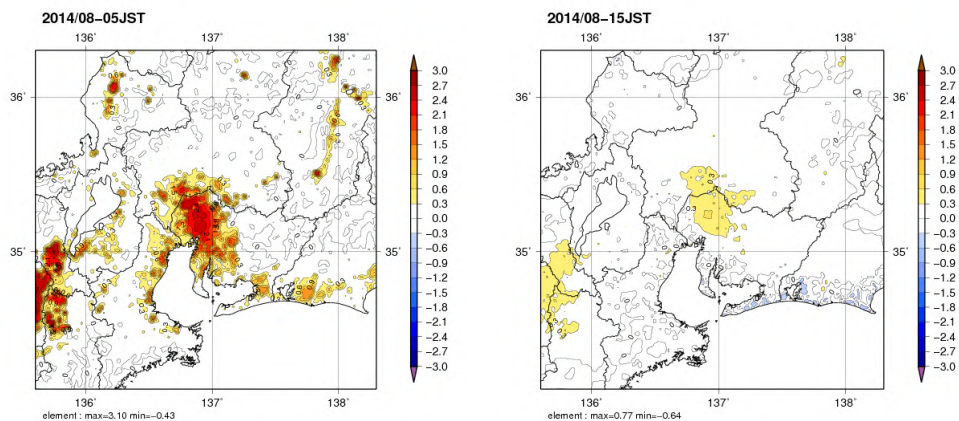


図 2.1.11 東海地方における 2014 年 8 月の 5 時 (左図) と 15 時 (右図) の都市化の影響による月平均気温の変化 () の分布

2.2 夏と冬のヒートアイランド現象の比較

都市化の影響は夏より冬の方が大きい。

関東、近畿、東海の各地方において、蓄積されている最近6年分のシミュレーション結果から、夏と冬のヒートアイランド現象の違いを調べた。使用データは、夏が2009年から2014年までの8月、冬が2010年から2015年までの1月のものである。6年分を平均した結果（図2.2.1～図2.2.6）を比較すると、どの地方も、8月に比べて1月の方が、都市化の影響が大きいことがわかる。この原因は主に夜間のヒートアイランド現象の違いにあると考えられる¹⁶。冬の夜間は、夏よりも放射冷却が強くなり、都市がないときの方がより大きく気温が下がるからである。

また、関東地方では、都市化の影響による気温上昇量の大きい領域が、8月は内陸部に、1月は沿岸部を中心に現れている。これは、それぞれの季節で卓越する天候や風（季節風）などが違うことに影響されていると考えられるが、更なる調査を必要とする。

なお、2010年から2015年までの1月の都市化の影響による月平均気温の変化については、【資料10】として巻末に掲載した。

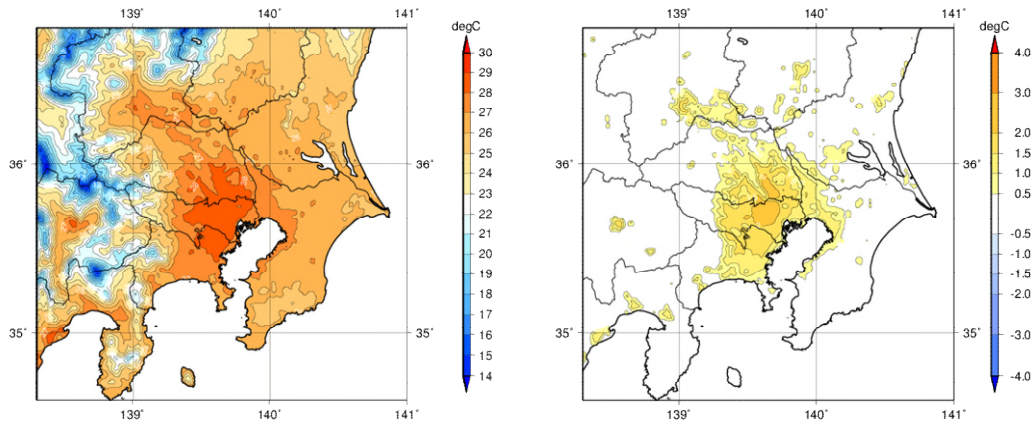


図 2.2.1 関東地方における6年（2009～2014年）平均した8月の月平均気温（左図、単位：℃）と都市化の影響による月平均気温の変化（右図、単位：℃）の分布

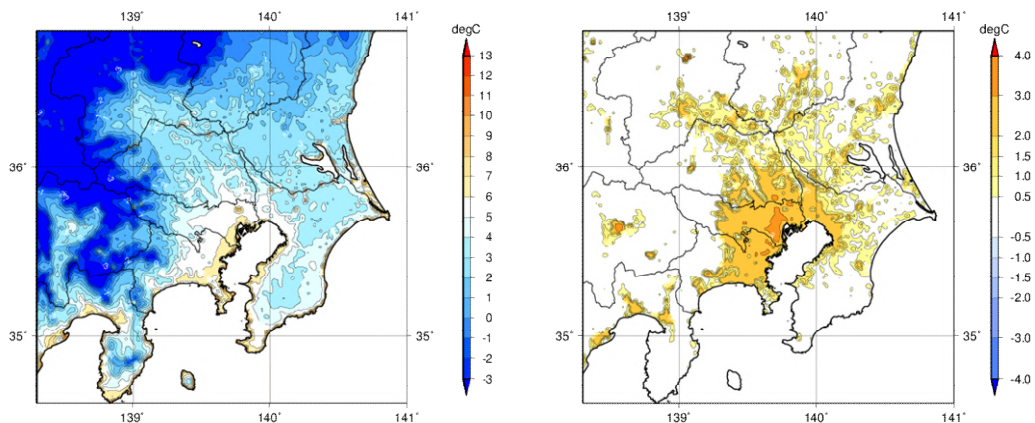


図 2.2.2 関東地方における6年（2010～2015年）平均した1月の月平均気温（左図、単位：℃）と都市化の影響による月平均気温の変化（右図、単位：℃）の分布

¹⁶ 冬の日中は、緑地よりもむしろ都市の方が低くなることが知られているが、それは、冬はほとんどの樹木が落葉するため、緑地において水分の蒸発による吸熱効果が小さくなること、また、太陽高度が低いために、都市においてビルの日陰が多くなることで気温が上がりにくいことが指摘されている（藤部,2012a）。

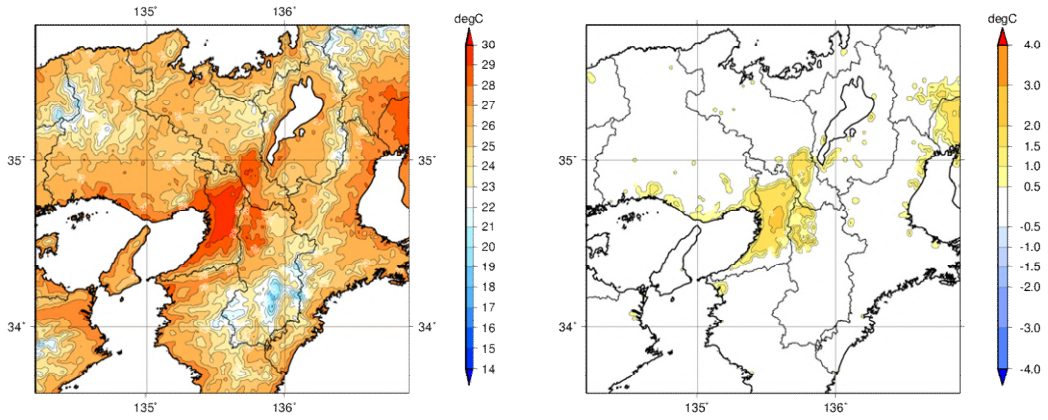


図 2.2.3 近畿地方における 6 年（2009～2014 年）平均した 8 月の月平均気温（左図、単位： ）と都市化の影響による月平均気温の変化（右図、単位： ）の分布

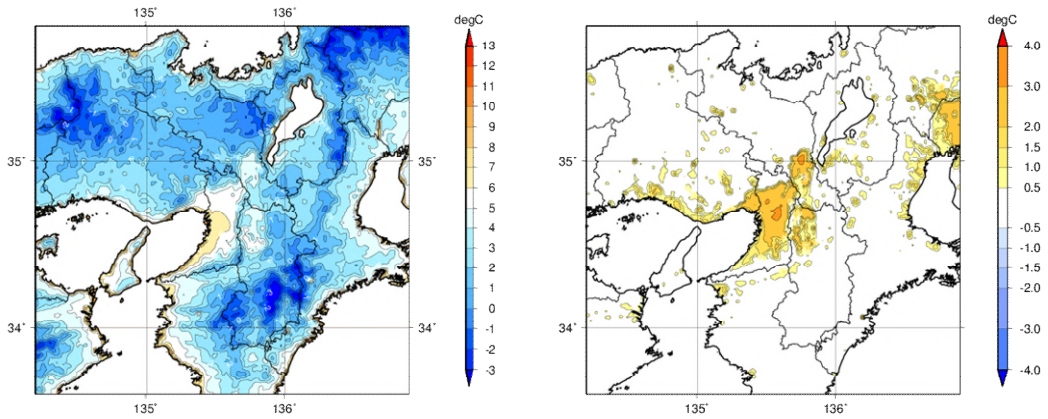


図 2.2.4 近畿地方における 6 年（2010～2015 年）平均した 1 月の月平均気温（左図、単位： ）と都市化の影響による月平均気温の変化（右図、単位： ）の分布

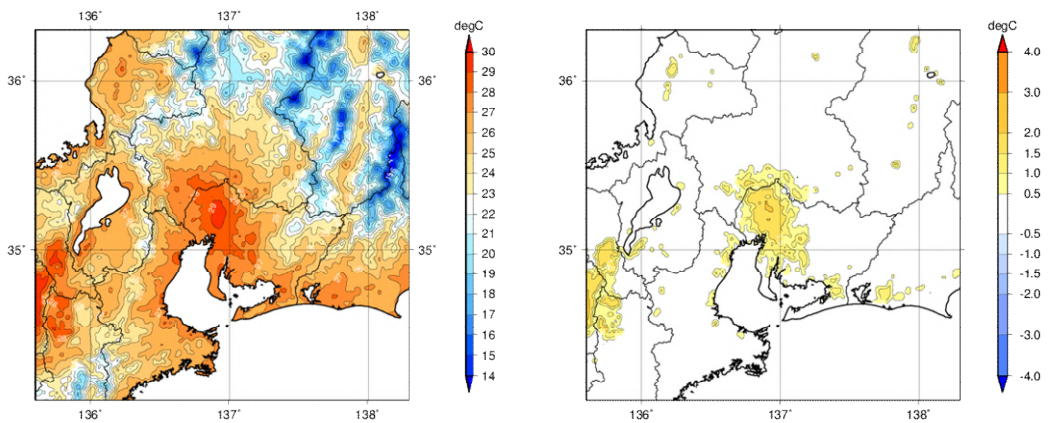


図 2.2.5 東海地方における 6 年（2009～2014 年）平均した 8 月の月平均気温（左図、単位： ）と都市化の影響による月平均気温の変化（右図、単位： ）の分布

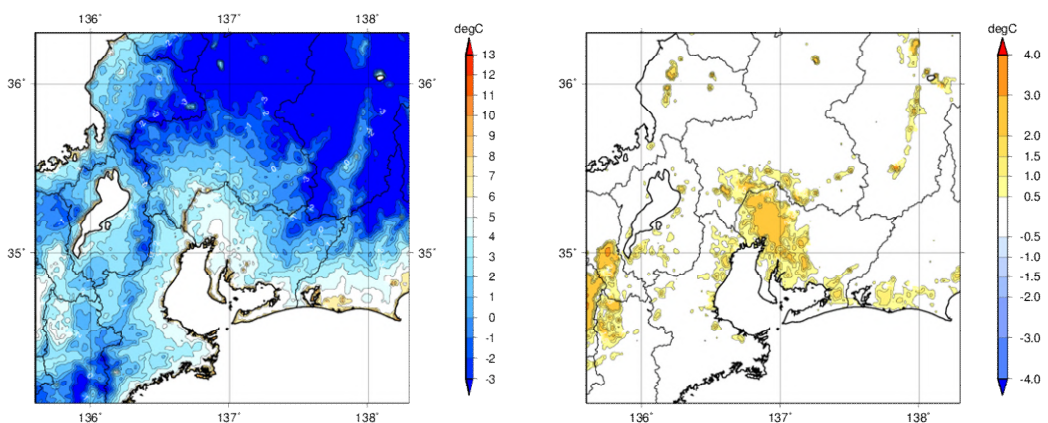


図 2.2.6 東海地方における 6 年（2010～2015 年）平均した 1 月の月平均気温（左図、単位： ）と都市化の影響による月平均気温の変化（右図、単位： ）の分布

3. 「ヒートアイランド監視報告 2014」のまとめ

各都市における長期変化傾向（統計開始から 2014 年までの統計による調査結果）

【都市の高温化】

各都市では、都市化による気温の長期的な上昇傾向がみられ、特に日最低気温で大きい。
気温の長期的な上昇は、夏に最小となる都市が多い。
都市化率が大きい地点ほど気温の上昇率が大きい。
各都市では、冬日は減少し、熱帯夜や猛暑日、真夏日は増加している。

【都市の乾燥化】

各都市では、都市化による相対湿度の長期的な低下傾向がみられる。
相対湿度の低下率は秋、冬に最大となる都市や、梅雨時期に最小となる都市が多い。
都市化率が大きい地点ほど相対湿度の低下率が大きい。
各都市では、霧日数は減少している。

【都市での降水量】

各都市では、大雨や短時間強雨の有意な長期変化傾向はみられない。

都市気候モデルによる解析結果

【2014 年 8 月】

関東地方では、都心部から埼玉県東部で都市化の影響が明瞭に現れていた。
近畿地方では、大阪平野の東部で都市化の影響が明瞭に現れていた。
東海地方では、愛知県西部で都市化の影響が明瞭に現れていた。
2014 年 8 月は、太平洋高気圧の日本への張り出しが弱く、曇りや雨の日が多かったため、都市化の影響が比較的小さかった。
都市化の影響は日中より夜間の方が大きかった。

【夏と冬の比較】

都市化の影響は夏より冬の方が大きい。

— 参考文献 —

環境省,2004: 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

<http://www.env.go.jp/air/report/h16-04/index.html>

環境省,2013: ヒートアイランド対策ガイドライン平成 24 年度版

http://www.env.go.jp/air/life/heat_island/guideline/h24.html

気象庁,2005-2014: ヒートアイランド監視報告（平成 16 年～平成 25 年）

<http://www.data.jma.go.jp/cpdinfo/himr/index.html>

気象庁,2015: 気候変動監視レポート 2014

<http://www.data.jma.go.jp/cpdinfo/monitor/index.html>

藤部文昭,2012a: 都市の気候変動と異常気象 猛暑と大雨をめぐる, 朝倉書店.

藤部文昭,2012b: 観測データから見た日本の都市気候, 気象研究ノート, 第 224 号, p.1-23.

付録 1: 長期変化傾向の統計的有意性の評価について

気温や降水量等の観測値は、様々な時空間スケールの大気や海洋の変動による影響を受けているため、自然のゆらぎを背景に地球温暖化や都市化に伴う変化傾向をとらえるためには、観測データを適切な統計量に変換し、時系列で並べた統計量にランダムな変動要因では説明できない系統的な変化傾向が含まれている可能性がどの程度か検定を行う必要がある。そして、「統計的検定」の結果、経年変化がランダムな変動要因だけでは説明できないと判断することが妥当な場合には、「統計的に有意な変化傾向がある」等と表現される。

本報告では、統計量にみられる長期変化傾向の有無について、統計的有意性を 90%の信頼度水準で検定した結果を判断基準としている。

この統計的検定には次のような手法を用いている。

(イ) 統計量の年々変動成分が正規分布に従うことが仮定できる場合

平均気温や平均相対湿度等は、トレンド成分を除去した年々の統計量の出現頻度は正規分布に従うと仮定できる。概ね正規分布とみなすことが出来る統計量に対しては、ピアソンの積率相関係数を用いたパラメトリック検定（ピアソン検定）を行う。

(ロ) 統計量の年々変動成分が正規分布に従うことが仮定できない場合

猛暑日や熱帯夜の日数、降水量等は、トレンド成分を除去した年々の統計量の出現頻度は正規分布に従うことが仮定できない場合がある。正規分布に従うと仮定できない統計量に対しては、ケンドールの順位相関係数を用いたノンパラメトリック検定（ケンドール検定）を行う。

統計的検定では、原理的に「統計的に有意」と判定されても、結果が誤りである可能性が常に存在する。「信頼度水準 90%以上で統計的に有意」の場合には、観測値における経年変化傾向がランダムな変動要因により偶然に出現しているにも関わらず、誤って有意と判定してしまう確率を最大で 10%まで許していることを意味している。逆に、系統的な変化傾向が存在していても、それを正しく検出できない場合もある。一般的に、ノンパラメトリック検定はパラメトリック検定に比べて検出力が低く、有意な変化傾向として検出されにくい。また、統計年数が短い、年々の変動幅が大きい、発生頻度が稀、等の場合には、今後新しいデータが追加されることにより検定結果が変化する可能性が大きい。本報告の分析結果は、以上の「統計的検定」の性質に留意の上で活用されたい。

付録 2: 観測場所の移転に伴う気温データの補正方法について

ある観測地点において観測場所の移転があった場合、その地点の長期変化傾向を把握するためには、移転の影響を補正した長期間に渡る均質なデータが必要となる。しかし、実際の観測値及びそれから得られる月平均値等の統計データには、様々な時空間スケールの自然変動や人為的影響（温暖化や都市化）による変動が含まれているため、その補正には注意を要する。

本報告書では移転の影響によって時系列データに階段状の変動が生じたと仮定して、次のような方法を用いて補正值（階段状の変動に伴う段差）を求めている。対象とするのは、月平均気温、日最高気温の平均値、日最低気温の平均値である。

（イ）移転の前に新旧の観測場所で同時に観測が行われた場合（東京が該当）

それら同時に観測された値を利用する。

「東京」の観測場所は、2014年12月2日に大手町から北の丸公園に移転したが、各観測場所における2年間（2012年4月～2014年3月）の月別統計値の2年間平均値を求めた上で、両者の値の差を月別補正值とした。

（ロ）移転にあたって新旧の観測場所で同時に観測が行われなかった場合（東京以外の地点が該当）

移転が行われた年を含めた前後8年間の観測値を利用する。

まず、移転の影響が無かった全国の気象官署の月平均値から、全国的及び地域的に生じている自然変動や人為的影響（温暖化や都市化）による変動パターンを見積もる。そして、移転のあった観測地点の月平均値は、先に見積もった全国的及び地域的に生じている変動と移転の影響による変動との和であると仮定し、重回帰分析を用いて月別補正值を求めた。詳細は大野ほか（2011）を参照されたい。

これらの手法では、移転によって階段状の変動が生じ、かつその移転の前後での観測環境の違いは統計期間中変わらず一定であったと仮定としているため、均質なデータを作成する際には、上記で求めた月別補正值を移転前の観測値すべてに一律に与えている。そして、年や季節の平均値は、この補正された月平均値を統計処理して求めている。

しかしながら、実際には移転前後の観測環境の違いは過去に渡って変わらず一定ではなく、補正值を過去に渡って一律に適用できるかどうかは分からない。そのため、補正方法については今後も大きな検討課題である。

- 参考文献 -

大野浩史, 吉松和義, 小林健二, 若山郁生, 諸岡浩子, 及川義教, 平原翔二, 池田友紀子, 齋藤仁美, 2011: 気温の時系列データから気象官署の移転にともなう影響を補正する手法について, 測候時報, 78, 1-2.

付録 3: 都市気候モデルについて

都市気候モデルの 概要

都市気候モデルの概要を図 1 に示す。都市気候モデルとは、数時間から 1 日先の大雨や暴風などの災害をもたらす現象を予測することを主要な目的として、日々の天気予報や防災気象情報の作成に利用されているメソモデル（気象庁,2003,2008）に、図 1 で示すような、大気の状態とともに地形、都市域と草地や森林など土地の利用形態、人工排熱などを入力し、地表面や建築物との熱のやり取りをモデル化したもので、都市における大気の状態をコンピュータ上で精度よく再現することを目的として開発されたものである。水平の解像度は 2km である。都市気候モデルの詳細設定については、萱場,石原（2014）や Aoyagi and Seino（2011）を参照されたい。

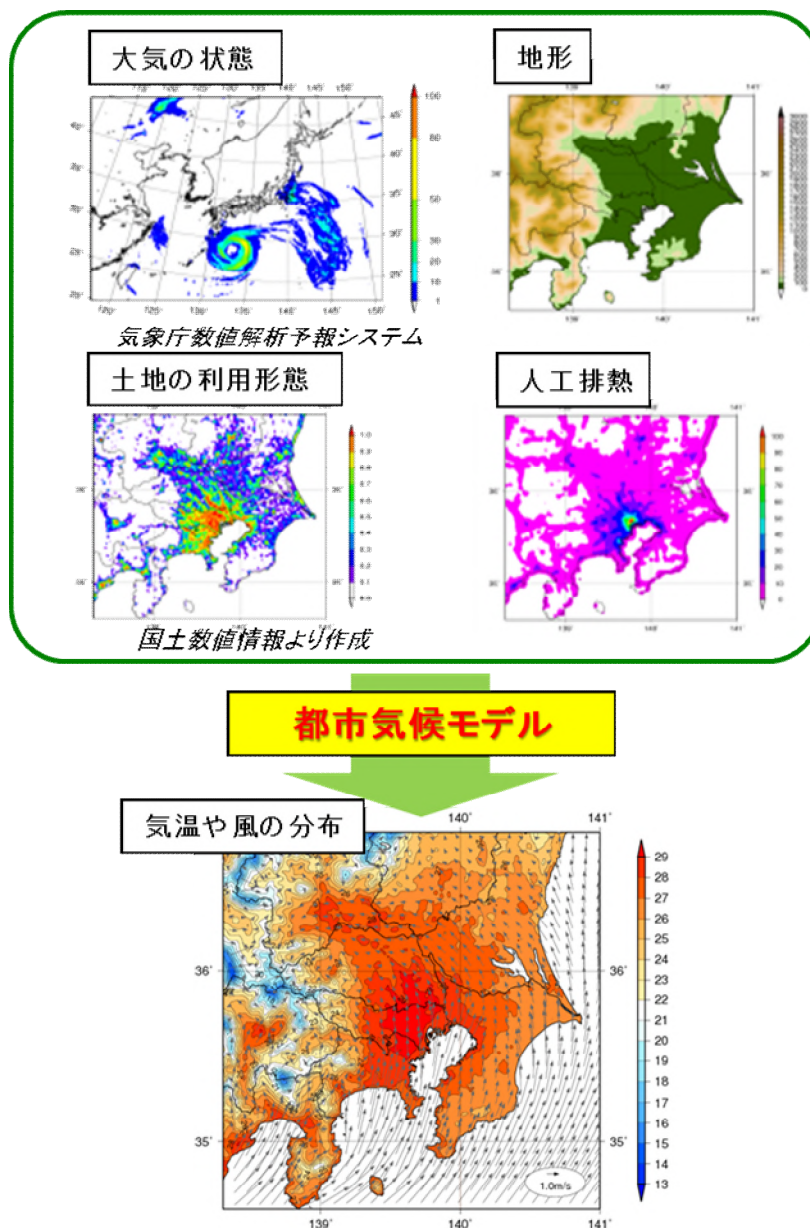


図 1 都市気候モデルの概要

人工排熱量データ

モデルに与える人工排熱量データについては、萱場ほか（2010）で作成された推定式により、総務省統計局の人口データや従業者数データ、国土数値情報の土地利用3次メッシュデータをもとに作成したデータを利用している。図2は、上記で作成された関東の8月15時の分布図と東京（大手町）の観測地点における8月の時系列図を示している。

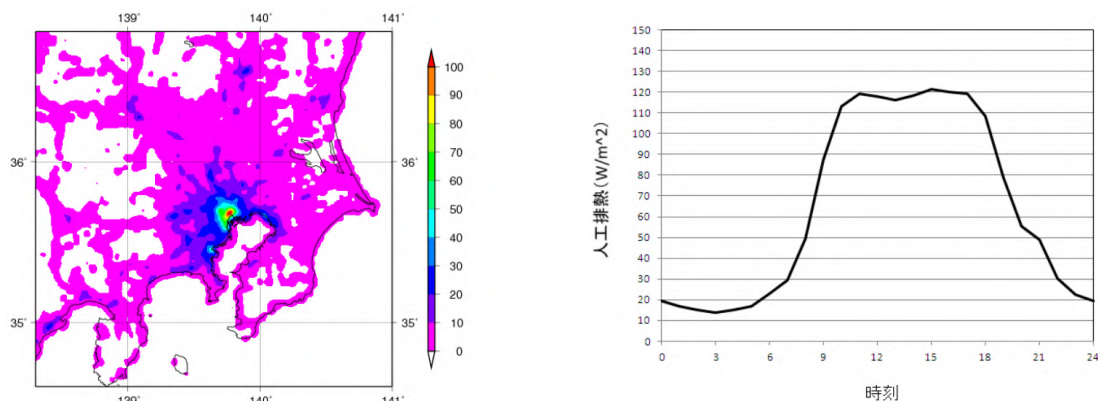


図2 シミュレーションで用いる8月15時の人工排熱量分布（左図、単位： W/m^2 ）と東京（大手町付近）の8月の人工排熱量の24時間時系列図（右図、単位： W/m^2 ）

土地利用データと都市域の設定

都市気候モデルで用いる土地利用形態には、国土交通省国土政策局が公開している国土数値情報の土地利用3次メッシュデータ（平成18年度版）を使用している。本データの土地利用種別は、田、その他の農用地、森林、荒地、建物用地（住宅地・市街地等で建物が密集しているところ）、幹線交通用地（道路・鉄道・操車場などで、面的に捉えられるもの）、その他の用地（運動競技場、空港、競馬場・野球場・学校港湾地区・人工造成地の空地等）、河川地及び湖沼、海浜、海水域、ゴルフ場に分類されている。シミュレーションでは、このうちの建物用地、幹線交通用地、その他の用地の割合が50%（下図では0.5以上）以上を都市域と設定し（図3）、計算している。

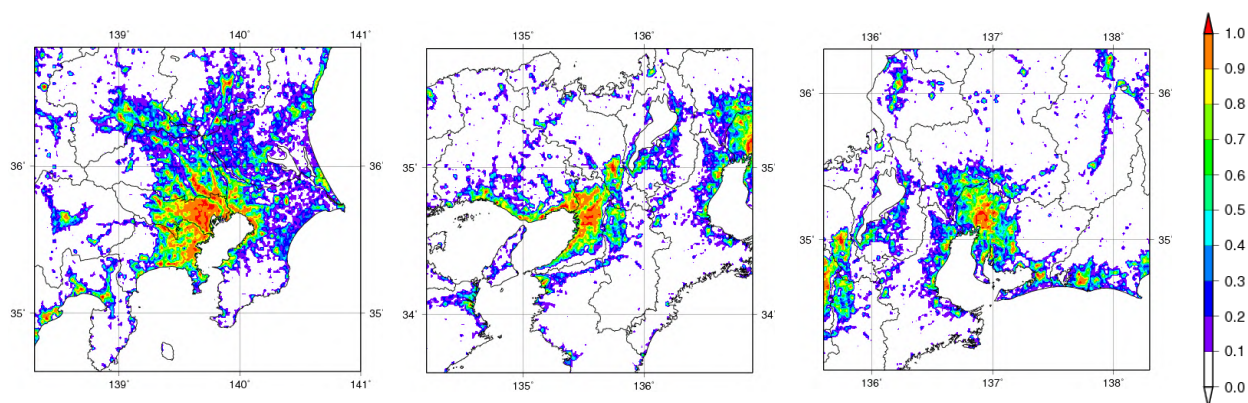


図3 関東地方（左図）、近畿地方（中央図）、東海地方（右図）における都市気候モデルでの各格子の都市の割合

都市気候の評価方法

都市化による気候への影響を定量的に評価するために、都市の地表面状態や人工排熱を考慮した場合のシミュレーションを「都市あり実験」、また、都市の影響を除去した場合（都市域の地表面状態を仮想的に草地に置き換え、かつ、人工排熱をゼロにすることで、仮想的に人間が都市を建設する以前の状態に戻す）のシミュレーションを「都市なし実験」として、2つの実験を行い、都市あり実験結果から都市なし実験結果を引いたものを都市化の影響とみなす（図4）。

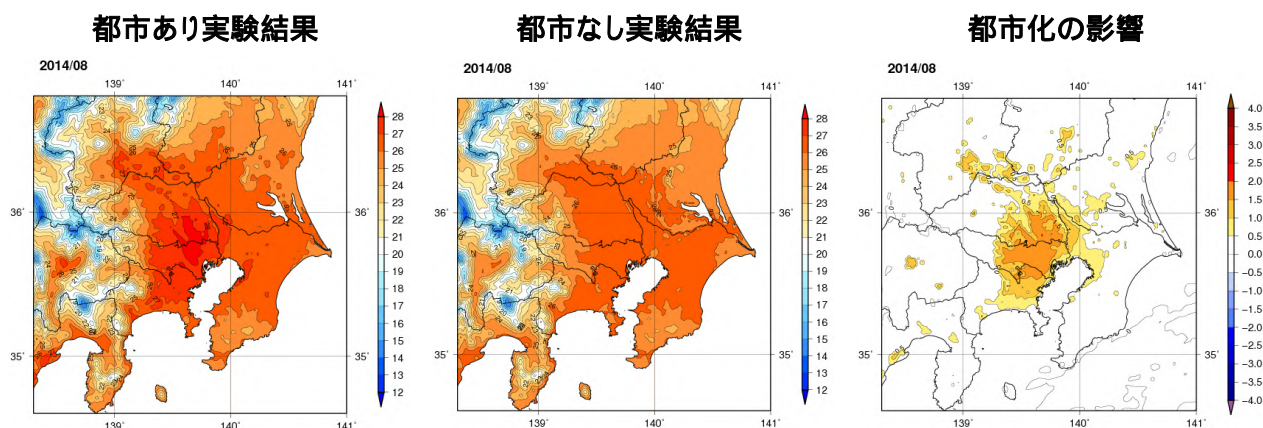


図4 関東地方における2014年8月の月平均気温の都市あり実験結果（左図、単位：℃）都市なし実験結果（中央図、単位：℃）都市化の影響による月平均気温の変化：「都市あり実験」と「都市なし実験」の差（右図、単位：℃）

なお、このモデルの都市あり実験における再現精度については概ね良好である。詳細については「ヒートアイランド監視報告（平成23年）」、「同（平成24年）」（気象庁,2012,2013）をご参照頂きたい。

- 参考文献 -

気象庁,2003: 数値予報課報告・別冊第49号 気象庁非静力学モデル

気象庁,2008: 数値予報課報告・別冊第54号 気象庁非静力学モデル ～現業利用の開始とその後の発展～

気象庁,2012-2013: ヒートアイランド監視報告（平成23年～平成24年）

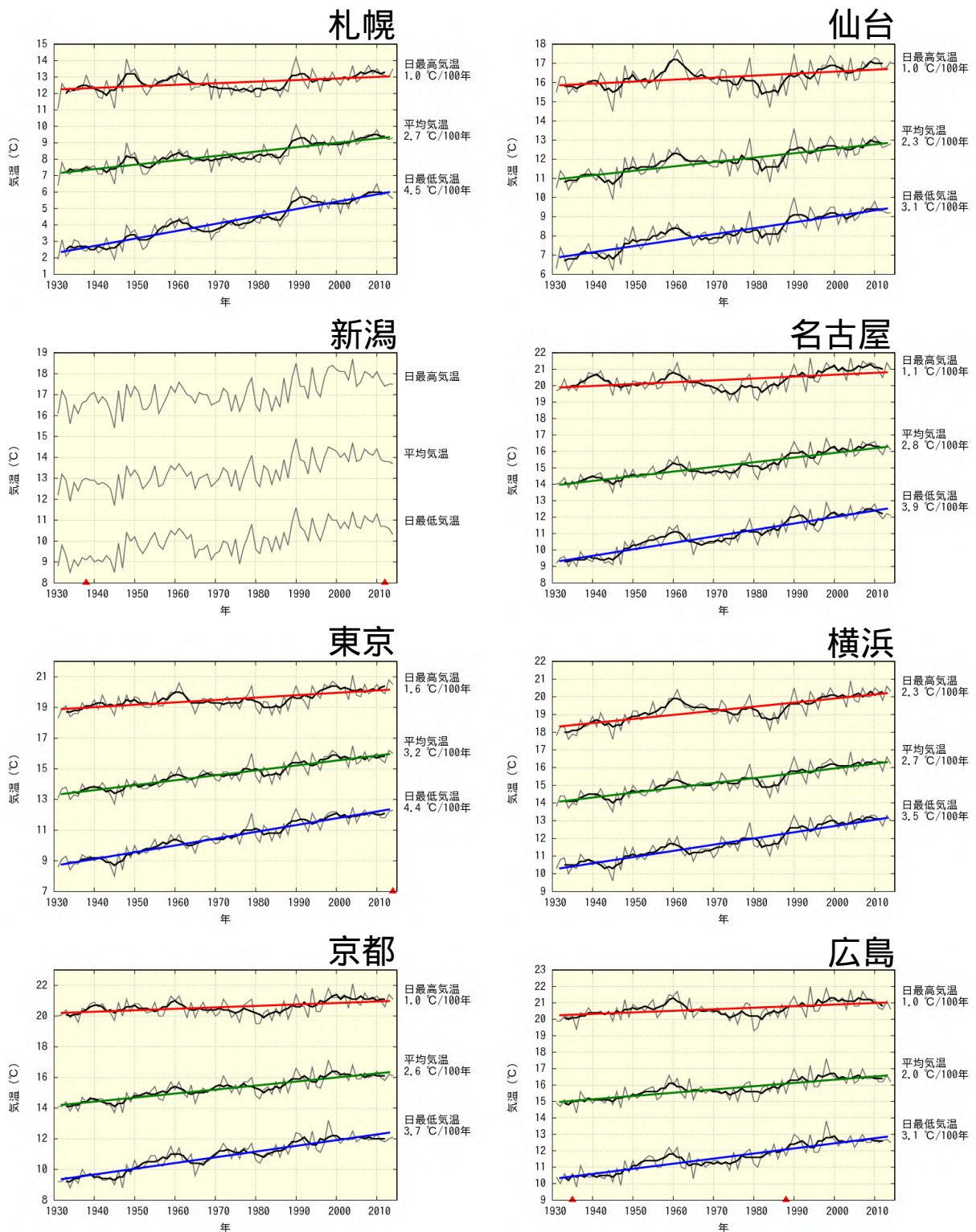
<http://www.data.jma.go.jp/cpdinfo/himr/index.html>

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, 4-6.

萱場互起,石原幸司,2014: 都市気候モデルを用いたヒートアイランドの監視, 日本ヒートアイランド学会誌, 9, 25-29.

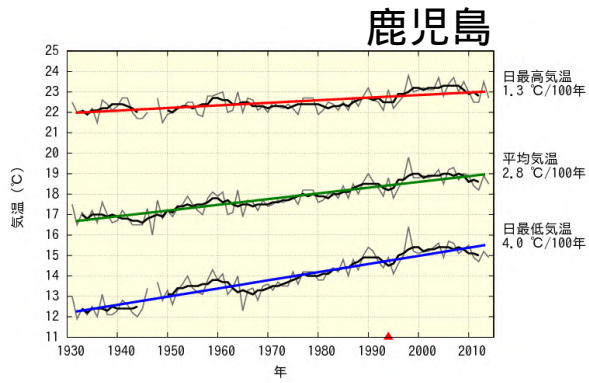
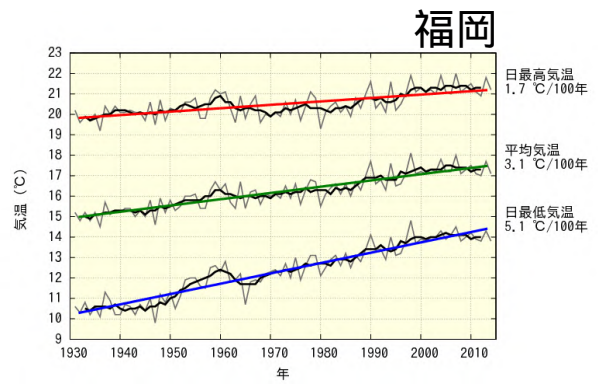
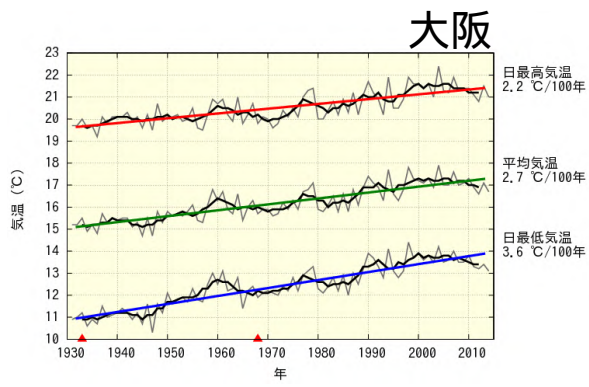
Aoyagi and Seino,2011: A Square Prism Urban Canopy Scheme for the NHM and Its Evaluation on Summer Conditions in the Tokyo Metropolitan Area, Japan, Journal of Applied Meteorology and Climatology, vol. 50, p.1476-1496.

【資料1】 各都市における年平均気温等の長期変化傾向



各都市における年平均した平均気温、日最高気温、日最低気温の長期変化傾向

統計期間は1931年から2014年。細い折れ線は毎年の値、太い折れ線は5年移動平均、太い直線は長期変化傾向を示す(統計期間内でデータが均質で、かつ信頼度水準 90%以上で有意な場合に限る)。なお、観測場所の移転があった場合は横軸上に▲で示した。検定は移転に伴うデータ補正をしたうえで行った(新潟は2012年の移転に伴う補正のデータを蓄積中)。次頁に続く。



各都市における年平均した平均気温、日最高気温、日最低気温の長期変化傾向(続き)

【資料2】 各都市における月平均気温等の長期変化傾向

各都市及び都市化の影響が少ないとみられる 15 地点平均の月平均した平均気温、日最高気温、日最低気温の長期変化傾向

100年あたりの変化率を示す。統計期間は1931年から2014年。都市ごとに、一年で最も変化傾向の大きい月の数値は**赤字**、最も変化傾向の小さい月の数値は**青字**で示している。また、*斜体字網掛け*は信頼度水準 90%以上で統計的に有意な変化傾向がないことを意味する。表中の15地点は、都市化の影響が比較的少ないとみられる15地点(網走、根室、寿都、山形、石巻、伏木、飯田、銚子、境、浜田、彦根、宮崎、多度津、名瀬、石垣島)の平均を表している。なお、を付した4地点(東京、広島、大阪、鹿児島)及び都市化の影響が比較的少ないとみられる15地点中の2地点(飯田、宮崎)は、観測場所の移転に伴い移転前のデータを補正している。

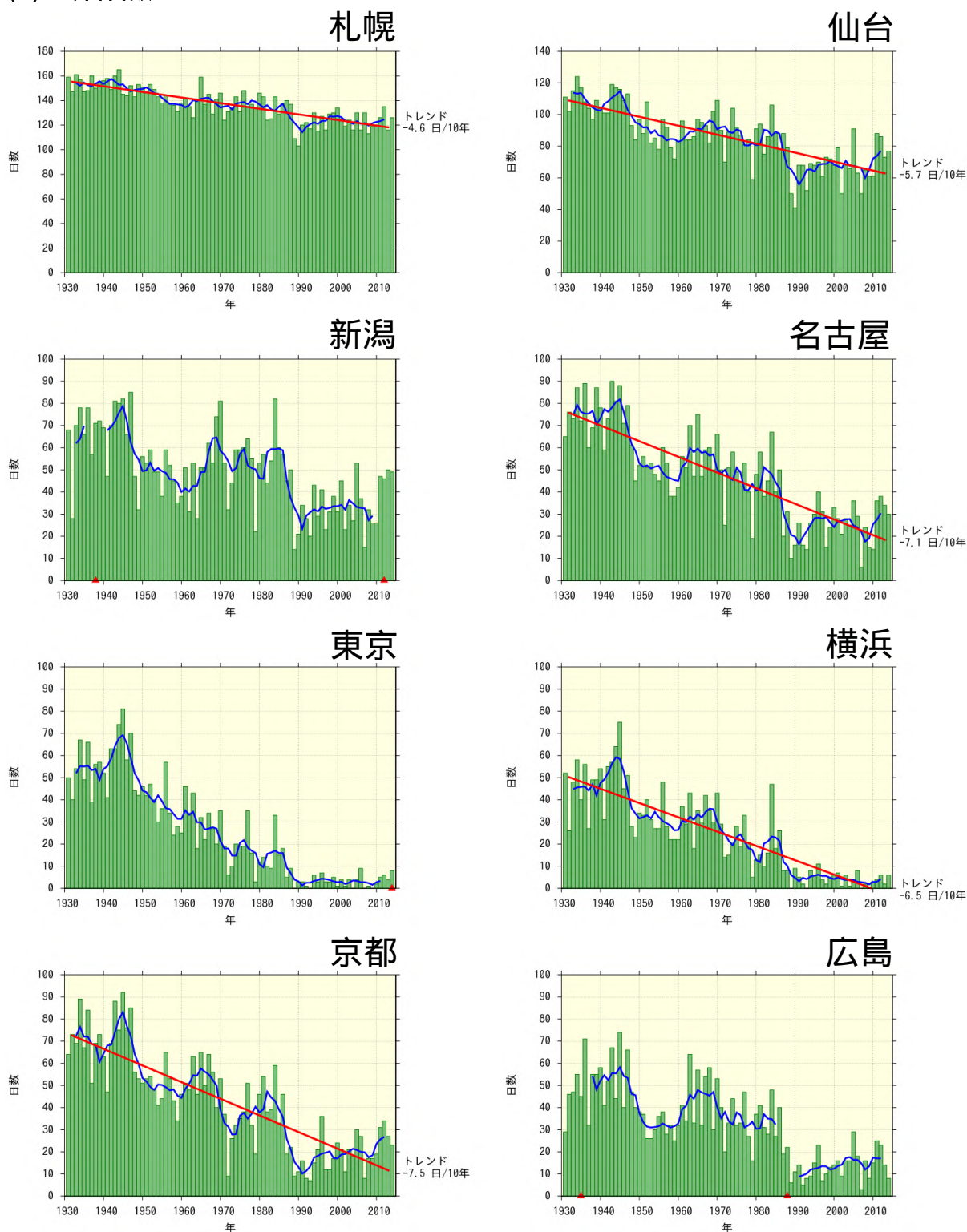
| 地点 | 平均気温変化率 (/100年) | | | | | | | | | | | |
|------|---------------------|------------|-----|-----|-----|-----|------------|------------|-----|------------|-----|------------|
| | 1月 | 2月 | 3月 | 4月 | 5月 | 6月 | 7月 | 8月 | 9月 | 10月 | 11月 | 12月 |
| 札幌 | 3.4 | 3.3 | 2.9 | 2.6 | 2.3 | 2.7 | 1.7 | 1.5 | 3.0 | 2.9 | 2.7 | 2.9 |
| 仙台 | 2.8 | 2.9 | 2.9 | 2.5 | 2.2 | 2.0 | <i>0.8</i> | <i>1.0</i> | 2.2 | 3.1 | 2.5 | 2.8 |
| 名古屋 | 3.0 | 3.5 | 3.3 | 3.1 | 2.6 | 2.6 | 1.8 | 2.4 | 3.1 | 3.7 | 2.7 | 2.3 |
| 東京 | 4.3 | 4.2 | 3.7 | 3.1 | 2.6 | 2.3 | 1.8 | 1.9 | 2.5 | 3.8 | 4.0 | 4.4 |
| 横浜 | 3.4 | 3.8 | 3.5 | 2.9 | 2.4 | 2.0 | 1.5 | 1.7 | 2.2 | 3.3 | 3.1 | 3.2 |
| 京都 | 2.6 | 3.0 | 3.0 | 3.0 | 2.6 | 2.6 | 1.8 | 2.4 | 2.5 | 3.2 | 2.5 | 2.1 |
| 広島 | 1.8 | 2.3 | 2.6 | 1.9 | 2.2 | 2.7 | <i>0.4</i> | 1.6 | 2.1 | 3.4 | 2.0 | <i>0.6</i> |
| 大阪 | 2.5 | 3.5 | 2.9 | 2.9 | 2.1 | 2.4 | 1.8 | 2.4 | 3.1 | 3.7 | 2.6 | 2.0 |
| 福岡 | 2.9 | 3.7 | 3.5 | 3.2 | 3.2 | 2.5 | 1.9 | 2.4 | 3.4 | 4.6 | 3.2 | 2.1 |
| 鹿児島 | 2.9 | 3.2 | 3.6 | 2.9 | 2.9 | 2.5 | 2.0 | 2.7 | 3.0 | 3.8 | 2.3 | 1.9 |
| 15地点 | 1.5 | 2.0 | 1.9 | 1.7 | 1.5 | 1.5 | 0.9 | 1.1 | 1.5 | 1.9 | 1.2 | 0.9 |

| 地点 | 日最高气温变化率 (/100年) | | | | | | | | | | | |
|------|----------------------|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|------|------|
| | 1月 | 2月 | 3月 | 4月 | 5月 | 6月 | 7月 | 8月 | 9月 | 10月 | 11月 | 12月 |
| 札幌 | 1.3 | 1.4 | 1.5 | 1.3 | 0.6 | 1.4 | 0.6 | 0.0 | 1.0 | 0.2 | 1.0 | 1.2 |
| 仙台 | 1.3 | 1.5 | 1.5 | 1.2 | 0.8 | 1.4 | 0.5 | 0.3 | 0.9 | 1.3 | 0.7 | 1.3 |
| 名古屋 | 1.4 | 2.0 | 1.6 | 1.7 | 0.8 | 1.0 | 0.4 | 0.9 | 1.6 | 1.5 | 0.2 | 0.5 |
| 東京 | 1.4 | 2.2 | 1.9 | 1.8 | 1.4 | 1.2 | 1.1 | 1.1 | 1.4 | 2.0 | 1.6 | 1.5 |
| 横浜 | 2.3 | 3.3 | 2.9 | 2.7 | 2.4 | 1.9 | 1.6 | 1.7 | 2.1 | 2.9 | 2.2 | 1.9 |
| 京都 | 0.7 | 1.6 | 1.4 | 1.6 | 1.0 | 1.1 | 0.6 | 1.1 | 1.1 | 1.2 | 0.1 | 0.0 |
| 広島 | 0.9 | 1.6 | 1.6 | 1.2 | 1.7 | 1.9 | 0.6 | 1.0 | 0.9 | 0.9 | -0.3 | -0.5 |
| 大阪 | 1.7 | 3.3 | 2.6 | 2.4 | 1.9 | 2.3 | 1.6 | 2.3 | 2.5 | 3.0 | 1.1 | 1.3 |
| 福岡 | 1.6 | 2.8 | 2.2 | 1.9 | 1.9 | 1.3 | 1.2 | 1.5 | 2.2 | 2.2 | 0.6 | 0.4 |
| 鹿児島 | 1.3 | 2.1 | 1.8 | 1.4 | 1.8 | 1.2 | 1.2 | 1.4 | 1.0 | 2.3 | 0.3 | 0.1 |
| 15地点 | 1.0 | 1.7 | 1.6 | 1.4 | 1.1 | 1.2 | 0.7 | 0.6 | 0.9 | 1.1 | 0.6 | 0.5 |

| 地点 | 日最低气温变化率 (/100年) | | | | | | | | | | | |
|------|----------------------|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|
| | 1月 | 2月 | 3月 | 4月 | 5月 | 6月 | 7月 | 8月 | 9月 | 10月 | 11月 | 12月 |
| 札幌 | 6.0 | 5.7 | 4.5 | 4.4 | 4.7 | 4.3 | 3.1 | 3.0 | 4.7 | 4.8 | 3.8 | 4.8 |
| 仙台 | 3.7 | 3.6 | 3.5 | 3.8 | 3.7 | 2.9 | 1.3 | 1.5 | 2.8 | 4.0 | 3.3 | 3.4 |
| 名古屋 | 3.8 | 4.3 | 4.6 | 4.4 | 4.1 | 3.8 | 2.7 | 3.3 | 3.8 | 4.9 | 4.2 | 3.3 |
| 東京 | 6.3 | 5.6 | 5.1 | 4.5 | 4.0 | 3.2 | 2.5 | 2.7 | 3.3 | 4.8 | 5.3 | 6.1 |
| 横浜 | 4.8 | 4.5 | 4.3 | 3.6 | 3.2 | 2.5 | 1.8 | 2.2 | 2.8 | 3.9 | 4.0 | 4.5 |
| 京都 | 3.8 | 4.0 | 4.0 | 4.0 | 3.8 | 3.8 | 2.7 | 3.3 | 3.5 | 4.3 | 4.0 | 3.4 |
| 広島 | 2.7 | 3.3 | 3.4 | 2.8 | 3.5 | 3.7 | 1.6 | 2.6 | 3.3 | 4.6 | 3.7 | 2.3 |
| 大阪 | 3.1 | 3.8 | 3.7 | 3.6 | 3.3 | 3.9 | 2.9 | 3.6 | 4.0 | 4.6 | 4.0 | 2.9 |
| 福岡 | 4.3 | 5.3 | 5.8 | 5.9 | 5.8 | 4.7 | 2.8 | 3.8 | 5.1 | 7.3 | 5.9 | 3.8 |
| 鹿児島 | 4.1 | 4.2 | 5.2 | 4.2 | 4.1 | 4.1 | 2.6 | 3.8 | 4.5 | 5.4 | 3.8 | 2.9 |
| 15地点 | 1.9 | 2.2 | 2.1 | 2.0 | 2.0 | 2.1 | 1.2 | 1.5 | 1.8 | 2.2 | 1.6 | 1.2 |

【資料3】 各都市における気温の年間階級別日数の長期変化傾向

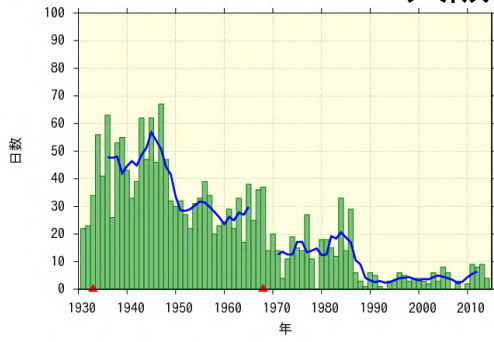
(1) 冬日日数



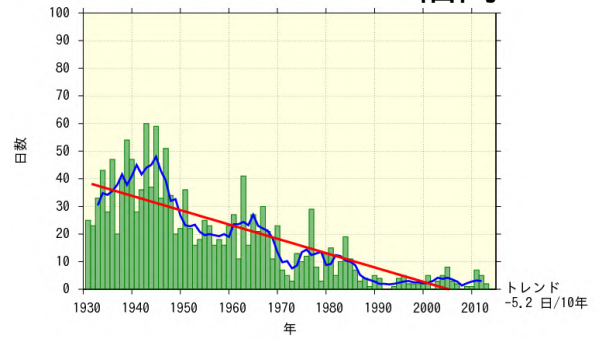
各都市における年間冬日日数の長期変化傾向

統計期間は 1931 年から 2014 年。緑の棒グラフは毎年の値、青い折れ線は 5 年移動平均、赤い直線は長期変化傾向を示す(統計期間内でデータが均質で、かつ信頼度水準 90%以上で有意な場合に限る)。なお、観測場所の移転によりその前後でデータが均質でない場合は横軸上に▲で示した。この場合は検定は行っていない。次頁に続く。

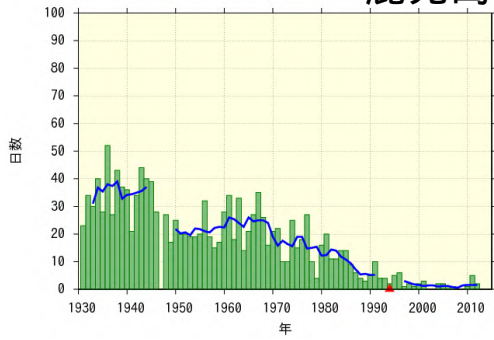
大阪



福岡

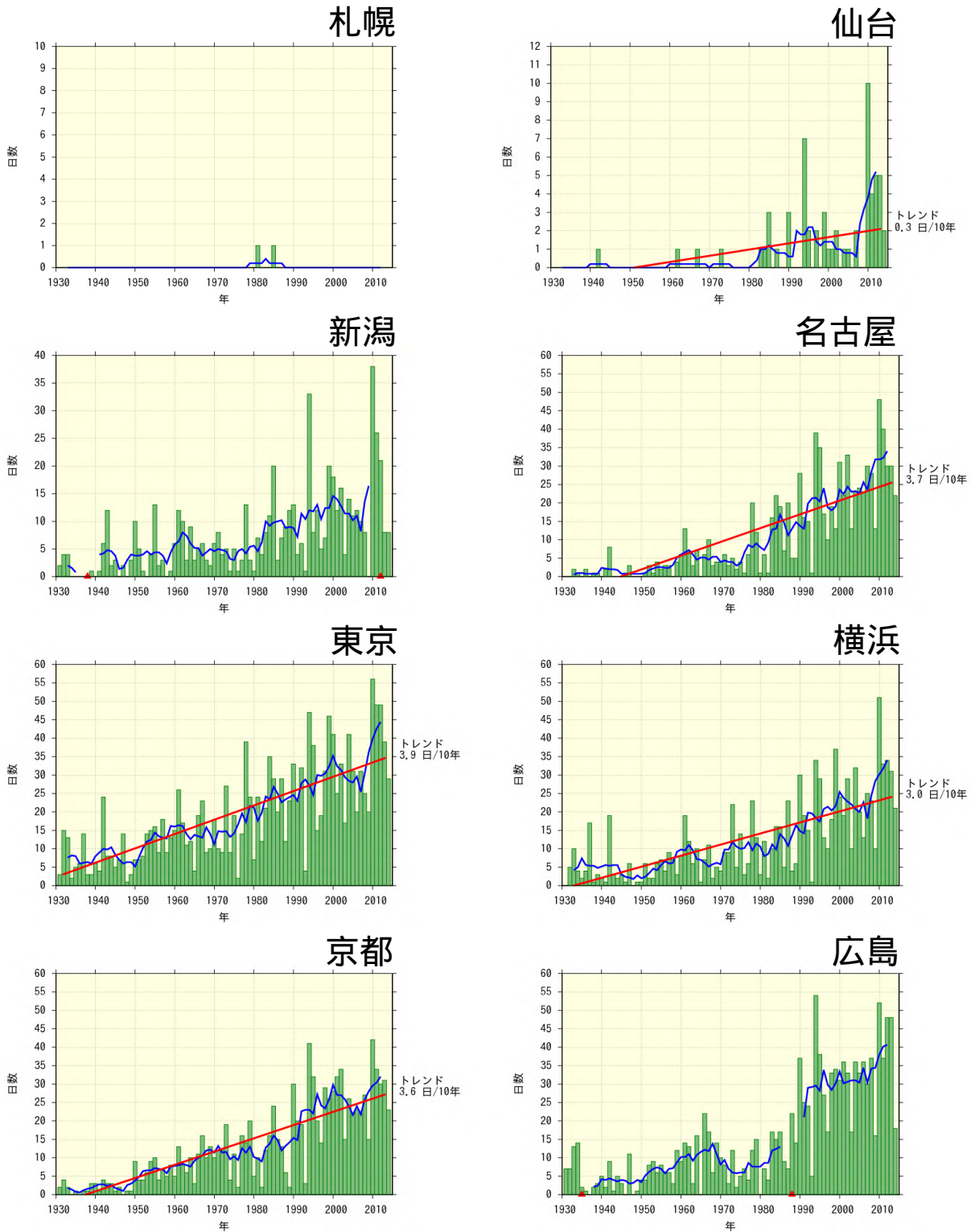


鹿児島



各都市における年間冬日日数の長期変化傾向(続き)

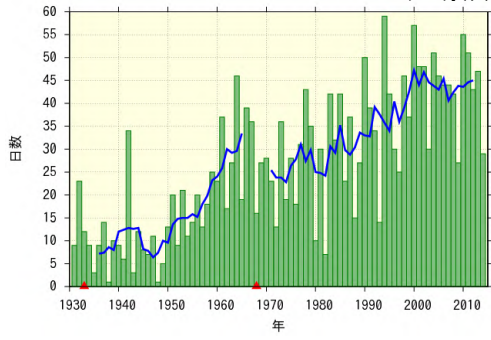
(2) 熱帯夜日数



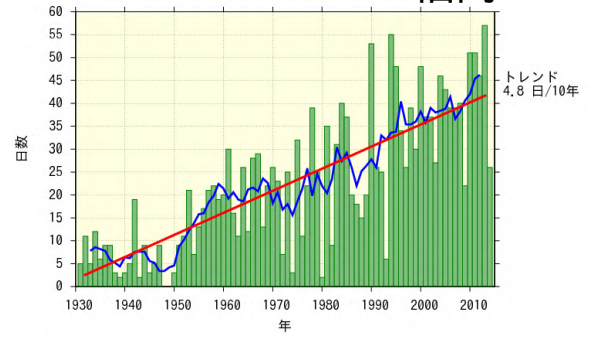
各都市における年間熱帯夜日数の長期変化傾向

統計期間は 1931 年から 2014 年。緑の棒グラフは毎年の値、青い折れ線は 5 年移動平均、赤い直線は長期変化傾向を示す(統計期間内でデータが均質で、かつ信頼度水準 90%以上で有意な場合に限る)。なお、観測場所の移転によりその前後でデータが均質でない場合は横軸上に▲で示した。この場合は検定は行っていない。ただし、東京については、2014 年 12 月 2 日に観測場所を移転したため、2014 年の統計値は 12 月 1 日までの観測値により算出し、変化率を求めた。次頁に続く。

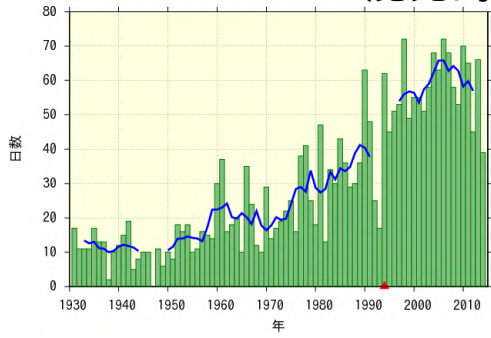
大阪



福岡

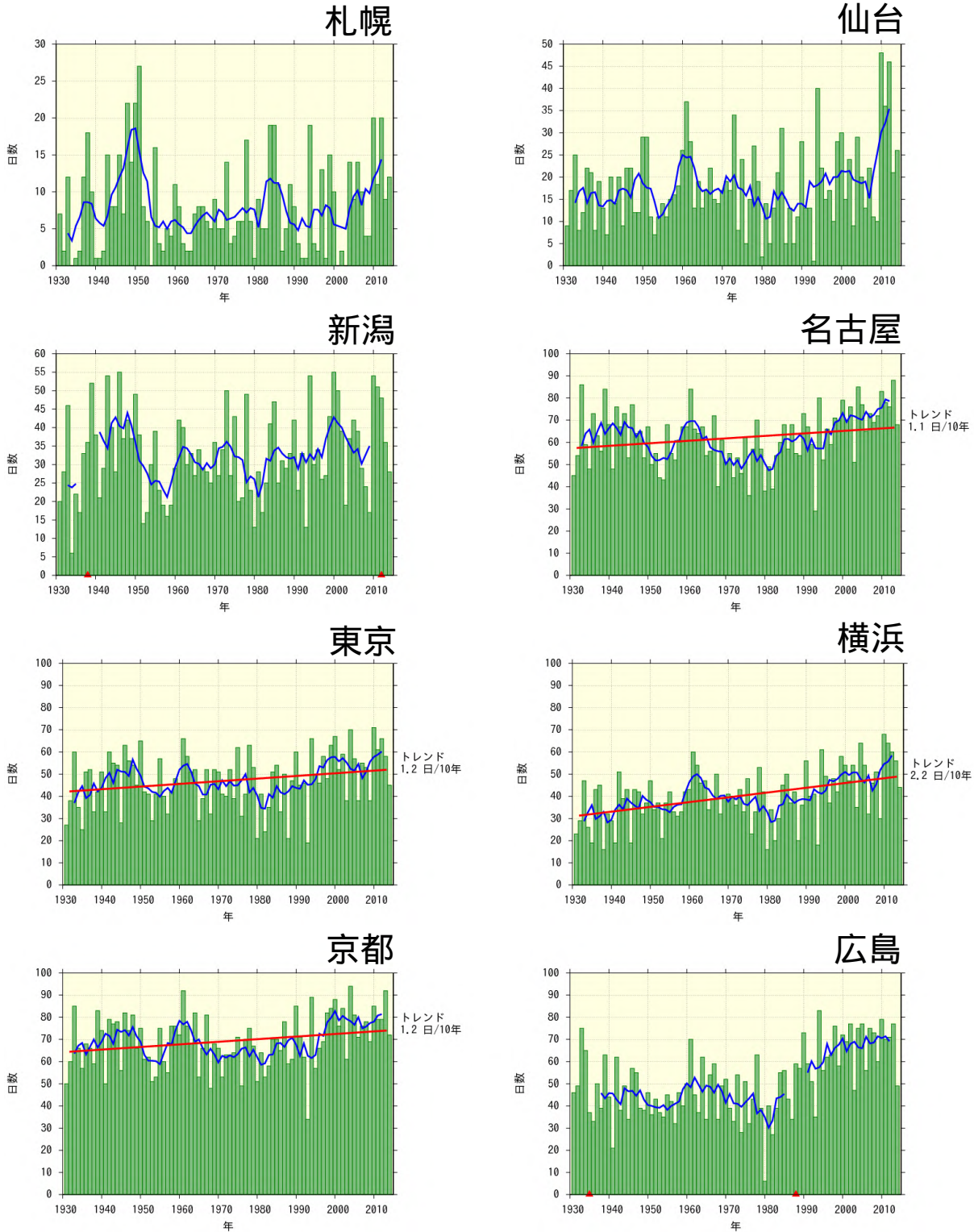


鹿児島



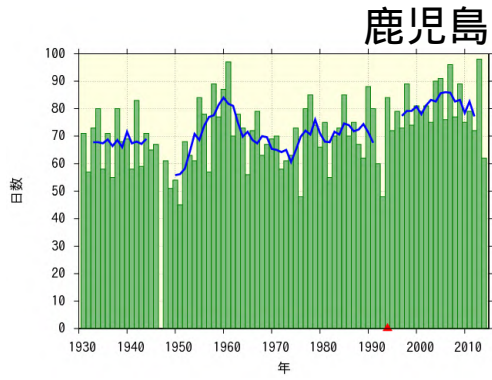
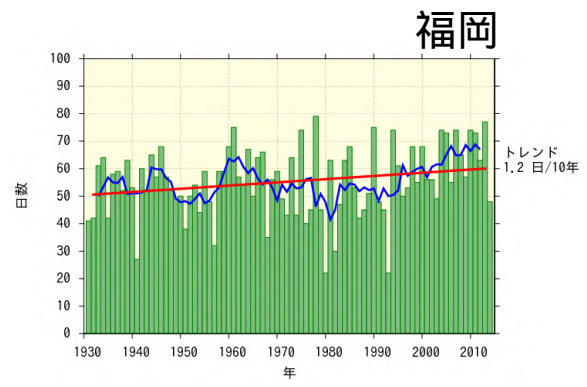
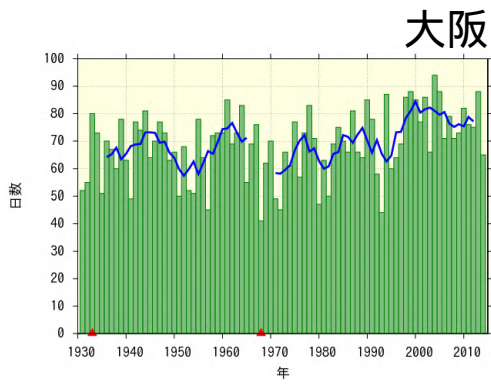
各都市における年間熱帯夜日数の長期変化傾向(続き)

(3) 真夏日日数



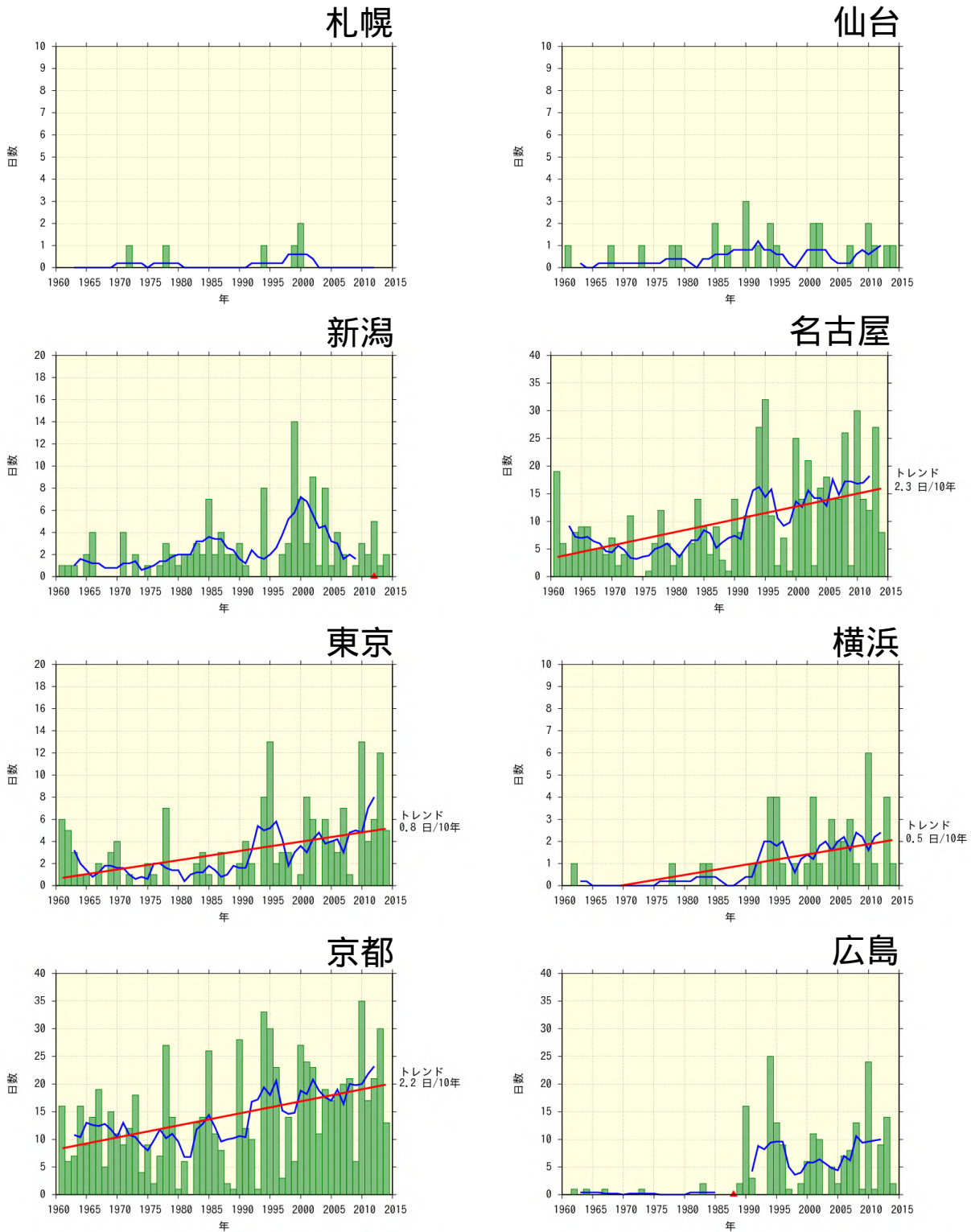
各都市における年間真夏日日数の長期変化傾向

統計期間は 1931 年から 2014 年。緑の棒グラフは毎年の値、青い折れ線は 5 年移動平均、赤い直線は長期変化傾向を示す(統計期間内でデータが均質で、かつ信頼度水準 90%以上で有意な場合に限る)。なお、観測場所の移転によりその前後でデータが均質でない場合は横軸上に▲で示した。この場合は検定は行っていない。ただし、東京については、2014 年 12 月 2 日に観測場所を移転したため、2014 年の統計値は 12 月 1 日までの観測値により算出し、変化率を求めた。次頁に続く。



各都市における年間真夏日日数の長期変化傾向(続き)

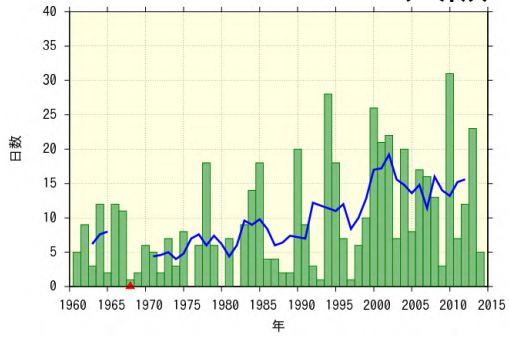
(4) 猛暑日日数



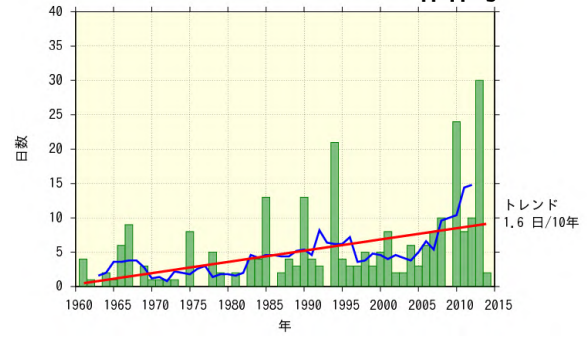
各都市における年間猛暑日日数の長期変化傾向

統計期間は 1961 年から 2014 年。緑の棒グラフは毎年の値、青い折れ線は 5 年移動平均、赤い直線は長期変化傾向を示す (統計期間内でデータが均質で、かつ信頼度水準 90%以上で有意な場合に限る)。なお、観測場所の移転によりその前後でデータが均質でない場合は横軸上に▲で示した。この場合は検定は行っていない。ただし、東京については、2014 年 12 月 2 日に観測場所を移転したため、2014 年の統計値は 12 月 1 日までの観測値により算出し、変化率を求めた。次頁に続く。

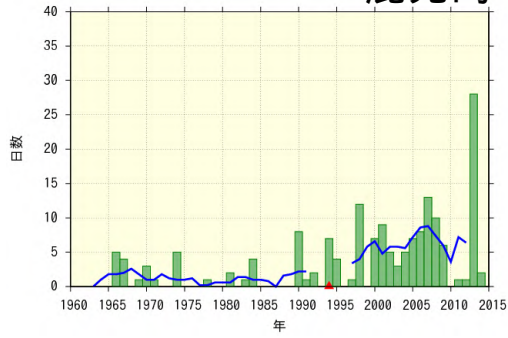
大阪



福岡

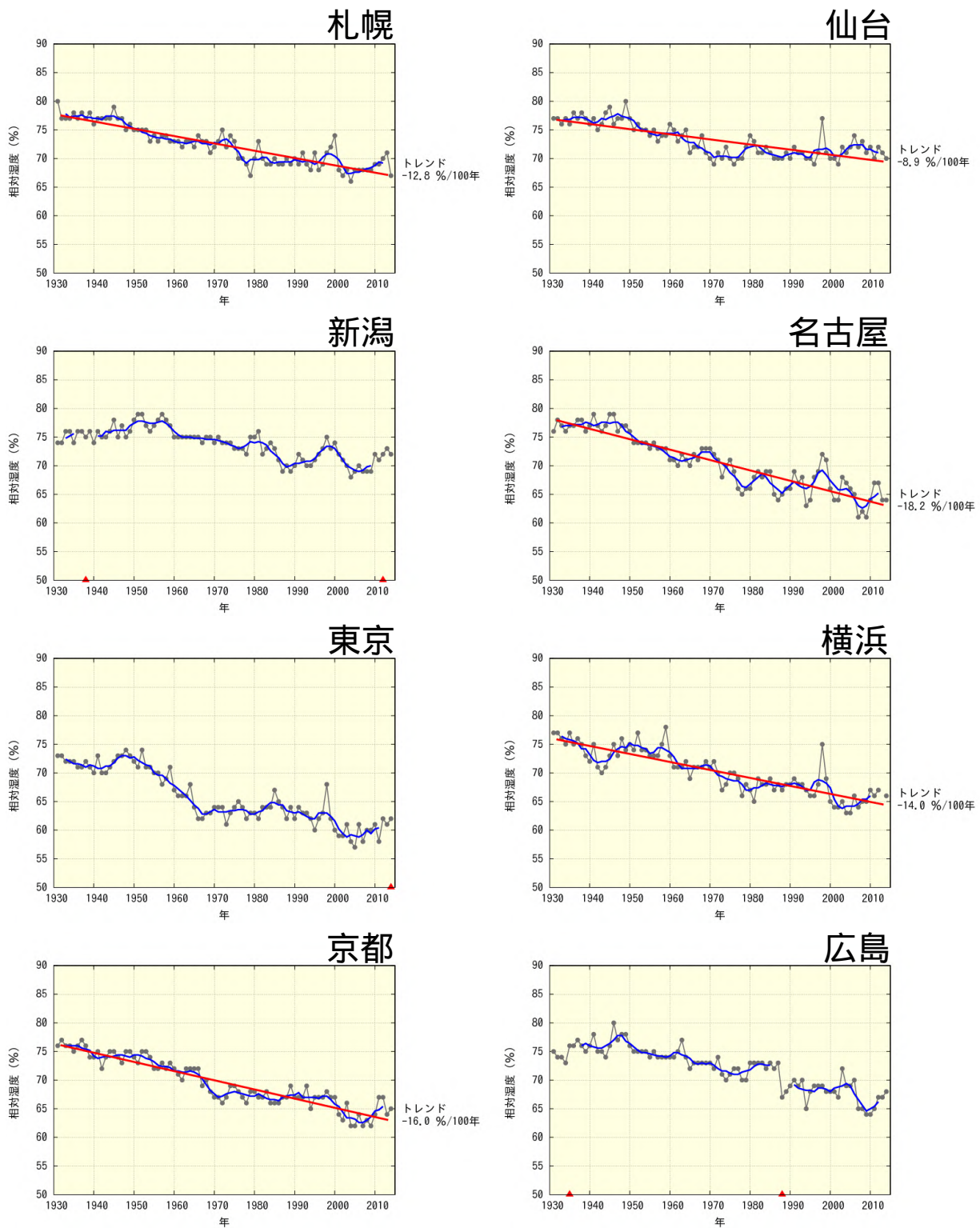


鹿児島



各都市における年間猛暑日日数の長期変化傾向(続き)

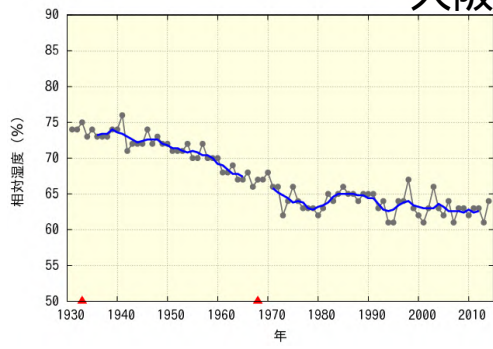
【資料 4】 各都市における年平均相対湿度の長期変化傾向



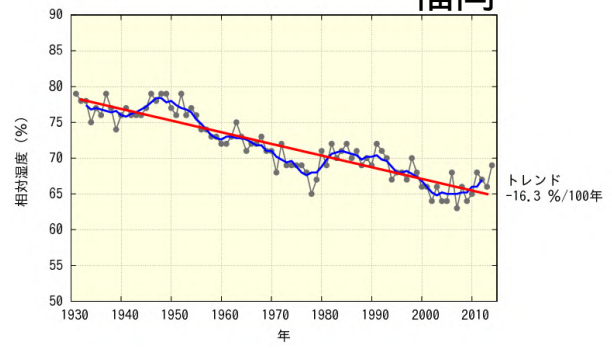
各都市における年平均相対湿度の長期変化傾向

統計期間は1931年から2014年。黒い折れ線は毎年の値、青い折れ線は5年移動平均、赤い直線は長期変化傾向を示す(統計期間内でデータが均質で、かつ信頼度水準 90%以上で有意な場合に限る)。なお、観測場所の移転によりその前後でデータが均質でない場合は横軸上に▲で示した。この場合は検定は行っていない。次頁に続く。

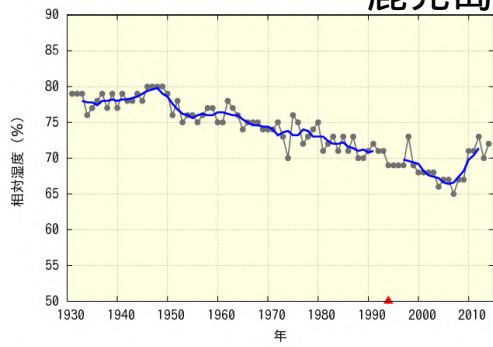
大阪



福岡



鹿児島



各都市における年平均相対湿度の長期変化傾向(続き)

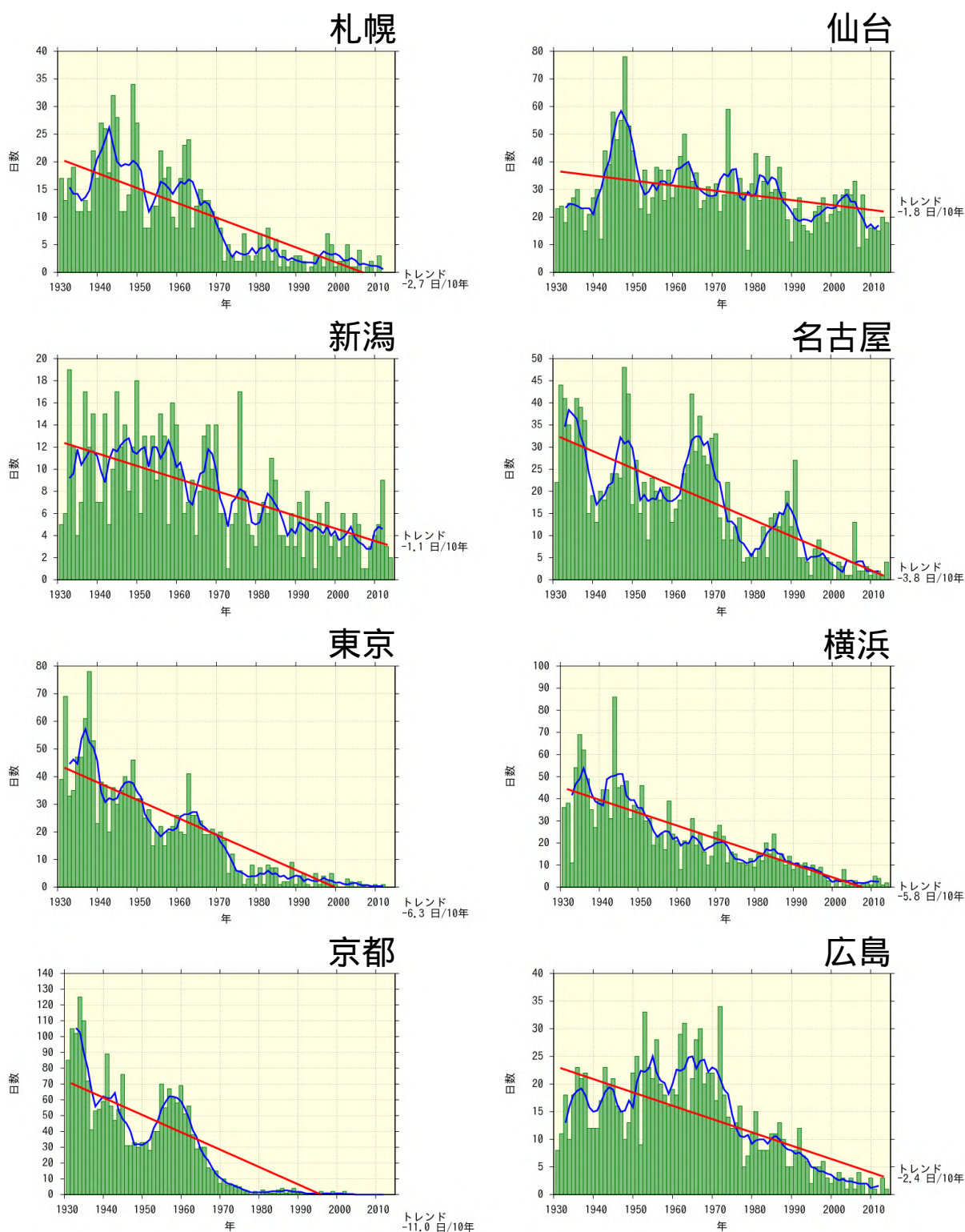
【資料 5】 各都市における月平均相対湿度の長期変化傾向

各都市及び都市化の影響が少ない 13 地点平均の月平均相対湿度の長期変化傾向

月別の 100 年あたりの変化率を示す。統計期間は 1931 年から 2014 年まで。*斜体字網掛け*は信頼度水準 90%以上で統計的に有意な変化傾向がないことを意味する。また、都市ごとに、一年で最も変化傾向の大きい月の数値は赤字、最も変化傾向の小さい月の数値は青字で示している。表中の 13 地点は、都市化の影響が比較的少ないとみられる 15 地点から観測場所の移転によりデータの均質性を確保できない飯田と宮崎を除く地点(網走、根室、寿都、山形、石巻、伏木、銚子、境、浜田、彦根、多度津、名瀬、石垣島)の平均を表す。なお、†を付した東京については、2014 年 12 月 2 日の観測場所の移転によりデータの均質性を確保できなくなったため、12 月の変化率を表示しない(参考までに、2013 年までのデータを用いて 12 月の平均相対湿度の変化率を求めると -25.2%/100 年となる)。

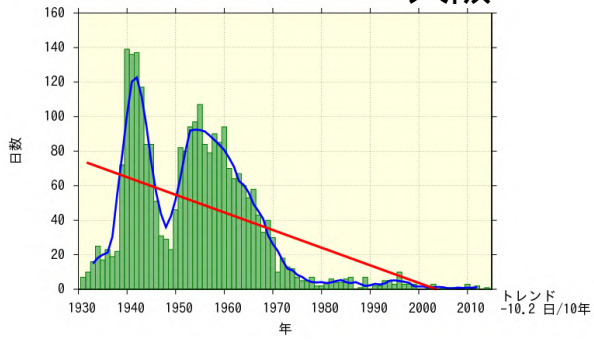
| 地点 | 平均相対湿度変化率 (%/100 年) | | | | | | | | | | | |
|-------|------------------------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| | 1 月 | 2 月 | 3 月 | 4 月 | 5 月 | 6 月 | 7 月 | 8 月 | 9 月 | 10 月 | 11 月 | 12 月 |
| 札幌 | -10.8 | -10.9 | -14.0 | -12.4 | -10.4 | -10.9 | -11.4 | -13.2 | -17.3 | -17.6 | -12.4 | -11.4 |
| 仙台 | -10.6 | -9.0 | -11.0 | -9.4 | -6.7 | -5.5 | -6.4 | -7.9 | -7.5 | -11.1 | -10.0 | -12.2 |
| 名古屋 | -17.7 | -17.1 | -17.7 | -21.0 | -17.7 | -14.7 | -15.5 | -18.5 | -20.7 | -20.8 | -17.9 | -17.5 |
| 東京† | -22.9 | -18.4 | -16.4 | -16.5 | -14.9 | -11.5 | -13.3 | -14.1 | -15.3 | -18.7 | -21.3 | |
| 横浜 | -18.4 | -16.5 | -14.9 | -13.5 | -11.2 | -8.4 | -9.7 | -10.6 | -12.7 | -15.1 | -16.4 | -18.8 |
| 京都 | -14.6 | -14.8 | -16.2 | -19.6 | -15.7 | -13.8 | -13.9 | -15.7 | -16.8 | -16.4 | -16.6 | -16.6 |
| 福岡 | -14.0 | -15.6 | -15.2 | -20.3 | -17.9 | -9.7 | -12.9 | -15.2 | -16.6 | -19.8 | -18.9 | -17.9 |
| 13 地点 | -6.1 | -6.6 | -7.3 | -8.1 | -6.7 | -5.1 | -5.8 | -7.0 | -6.9 | -7.1 | -6.3 | -6.3 |

【資料6】 各都市における年間霧日数の長期変化傾向

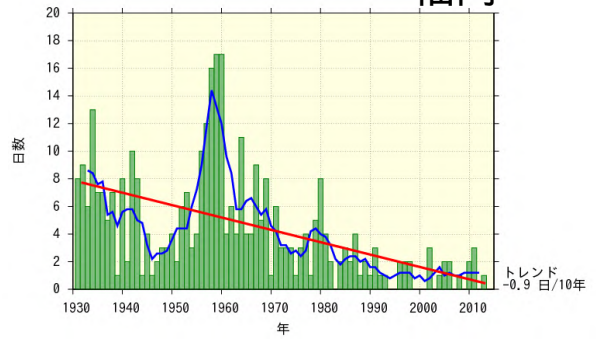


統計期間は1931年から2014年。緑の棒グラフは毎年の値、青い折れ線は5年移動平均、赤い直線は長期変化傾向を示す(統計期間内でデータが均質で、かつ信頼度水準90%以上で有意な場合に限る)。次頁に続く。

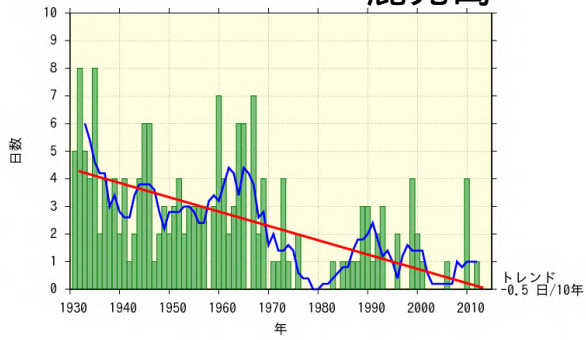
大阪



福岡



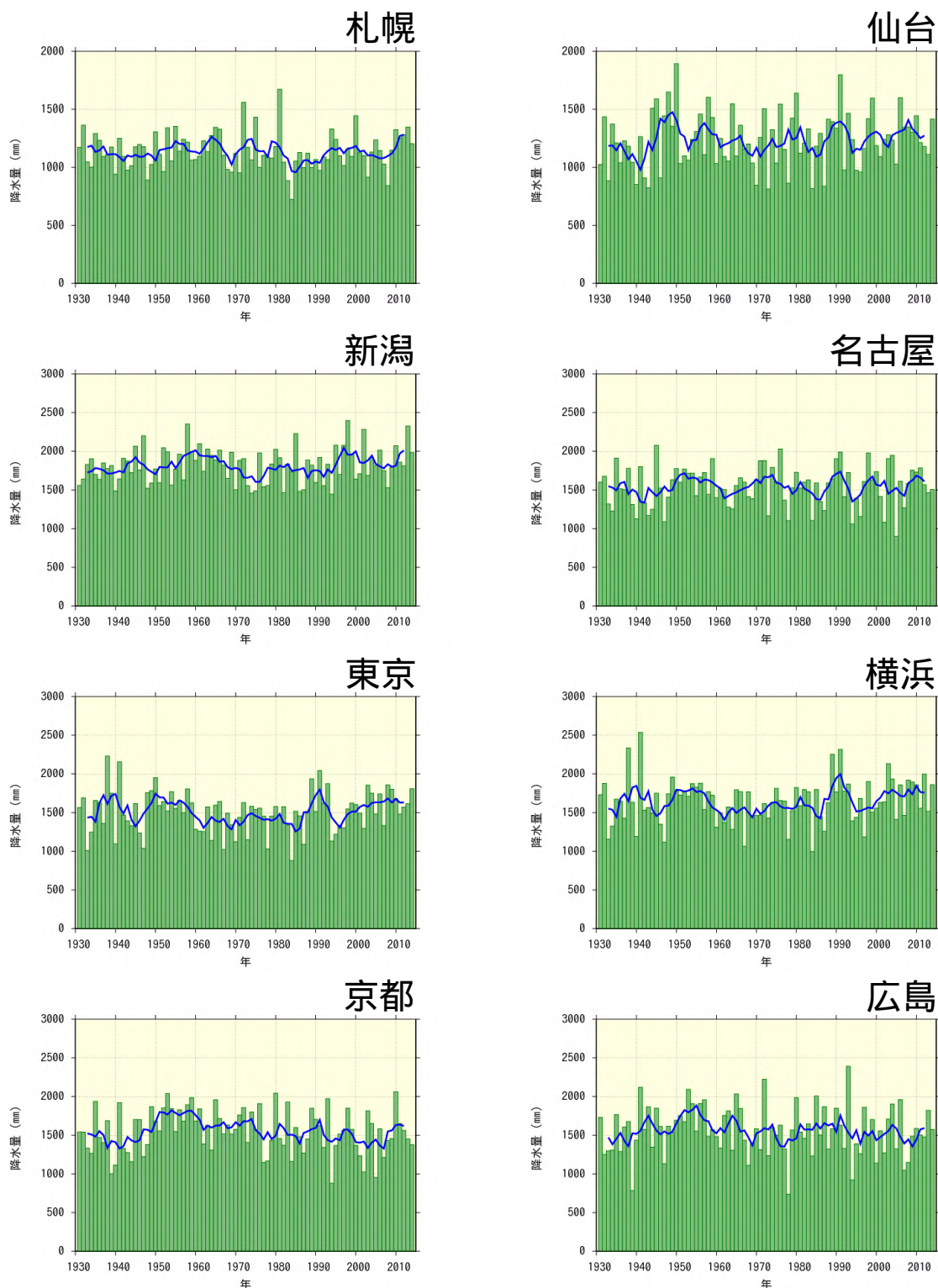
鹿児島



各都市における年間霧日数の長期変化傾向(続き)

【資料 7】 各都市における年降水量、年最大 1 時間降水量の長期変化傾向

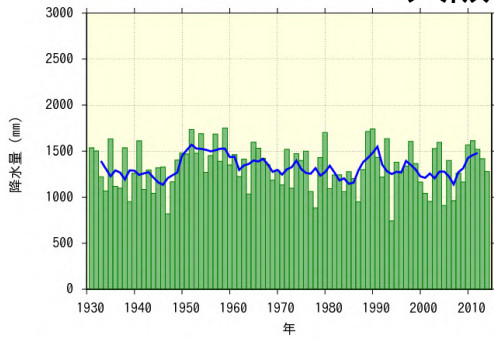
(1) 年降水量



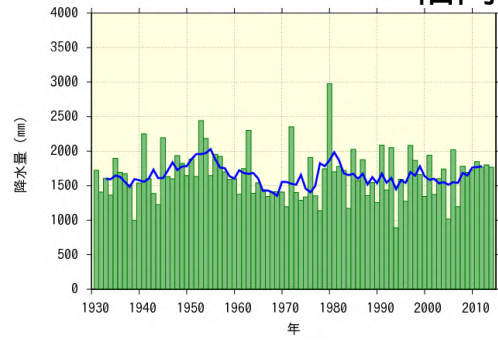
各都市における年降水量の長期変化傾向

統計期間は 1931 年から 2014 年。緑の棒グラフは毎年の値、青い折れ線は 5 年移動平均、赤い直線は長期変化傾向を示す(統計期間内でデータが均質で、かつ信頼度水準 90%以上で有意な場合に限る)。次頁に続く。

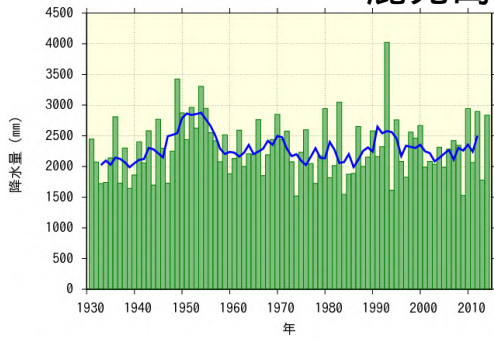
大阪



福岡

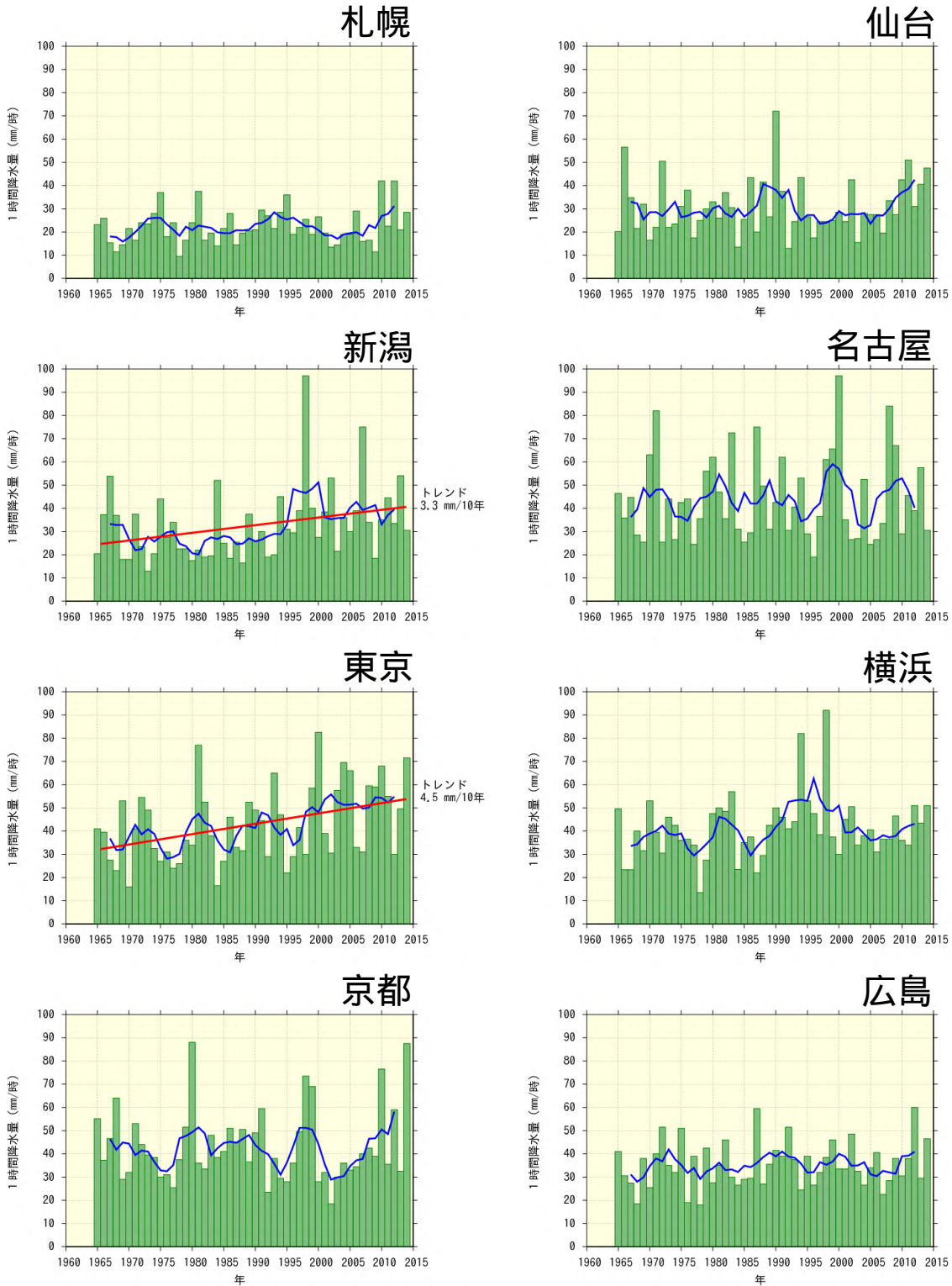


鹿児島



各都市における年降水量の長期変化傾向(続き)

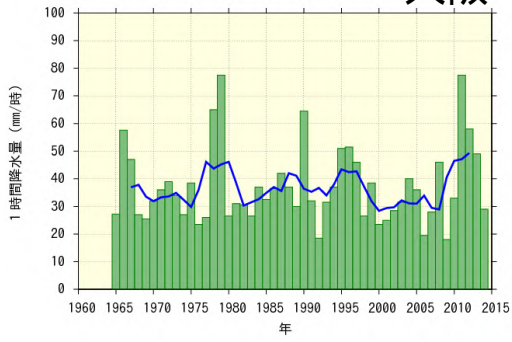
(2) 年最大 1 時間降水量



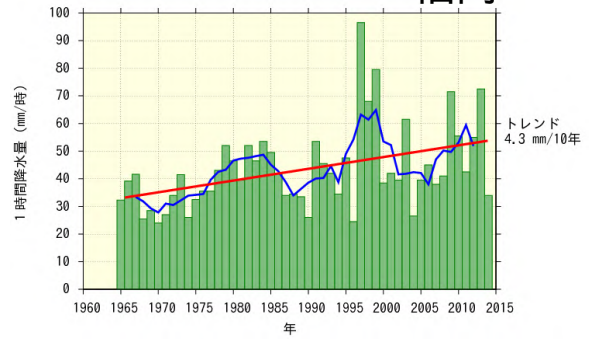
各都市における年最大 1 時間降水量の長期変化傾向

統計期間は 1965 年から 2014 年。緑の棒グラフは毎年の値、青い折れ線は 5 年移動平均、赤い直線は長期変化傾向を示す (統計期間内でデータが均質で、かつ信頼度水準 90% 以上で有意な場合に限る)。次頁に続く。

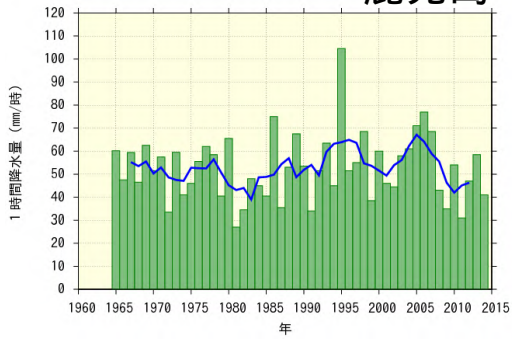
大阪



福岡



鹿児島



各都市における年最大1時間降水量の長期変化傾向(続き)

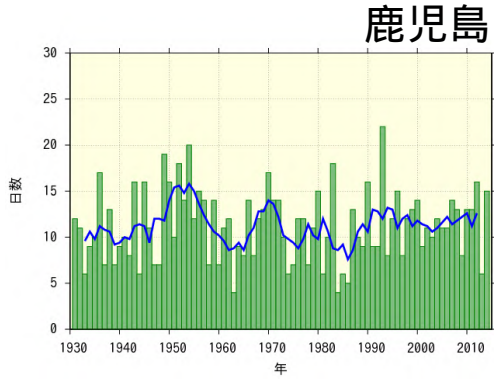
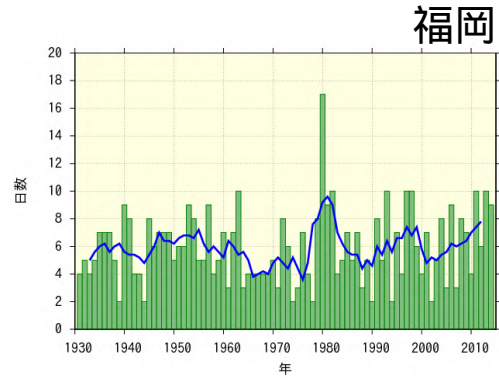
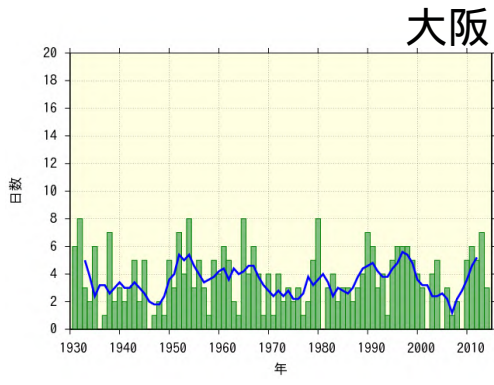
【資料 8】 各都市における年間大雨日数の長期変化傾向

(1) 日降水量 50mm 以上の年間日数



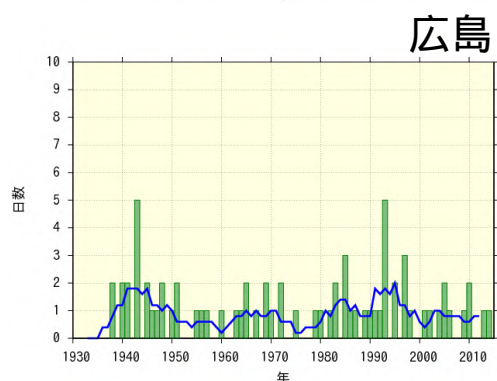
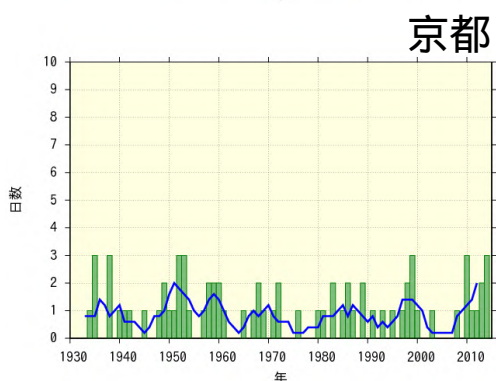
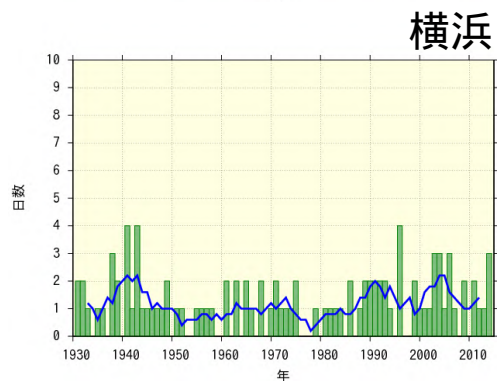
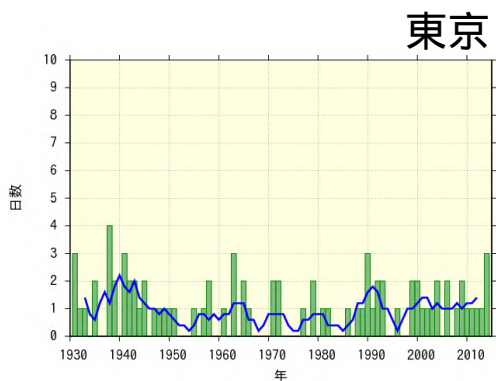
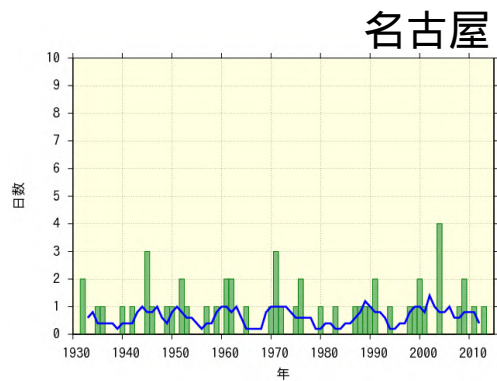
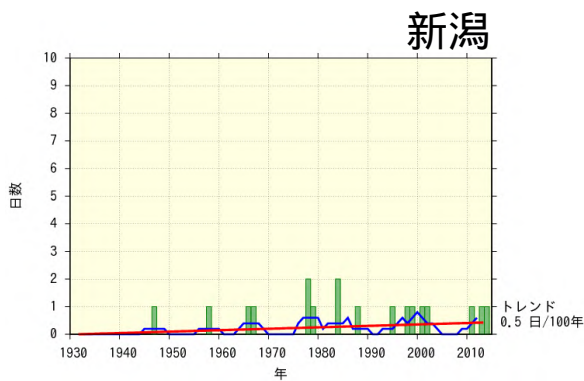
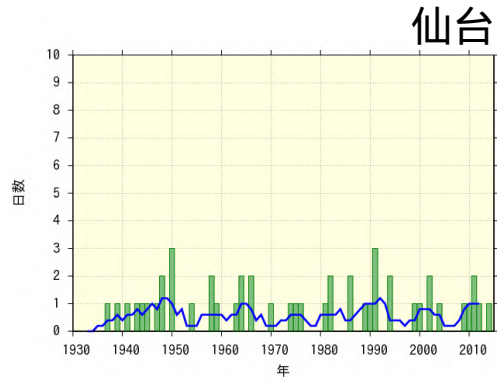
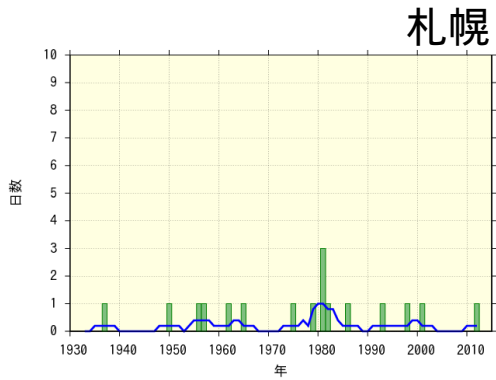
各都市における日降水量 50mm 以上の年間日数の長期変化傾向

統計期間は 1931 年から 2014 年。緑の棒グラフは毎年の値、青い折れ線は 5 年移動平均、赤い直線は長期変化傾向を示す(統計期間内でデータが均質で、かつ信頼度水準 90%以上で有意な場合に限る)。次頁に続く。



各都市における日降水量 50mm 以上の年間日数の長期変化傾向(続き)

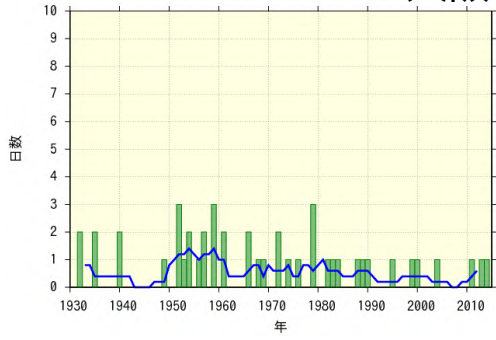
(2) 日降水量 100mm 以上の年間日数



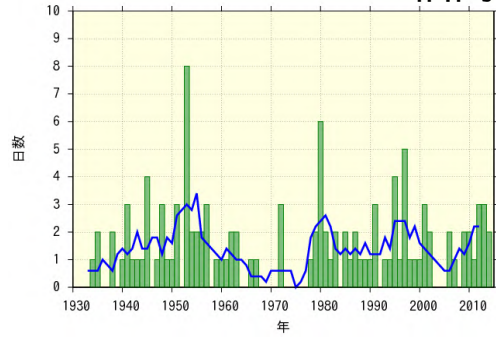
各都市における日降水量 100mm 以上の年間日数の長期変化傾向

統計期間は 1931 年から 2014 年。緑の棒グラフは毎年の値、青い折れ線は 5 年移動平均、赤い直線は長期変化傾向を示す (統計期間内でデータが均質で、かつ信頼度水準 90% 以上で有意な場合に限る)。次頁に続く。

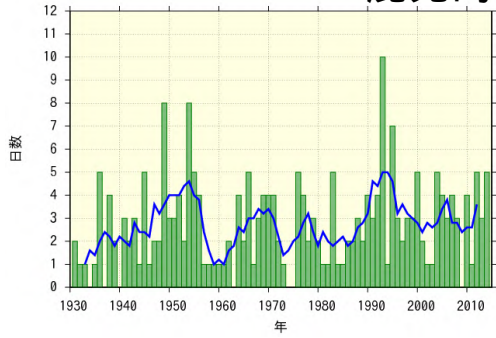
大阪



福岡



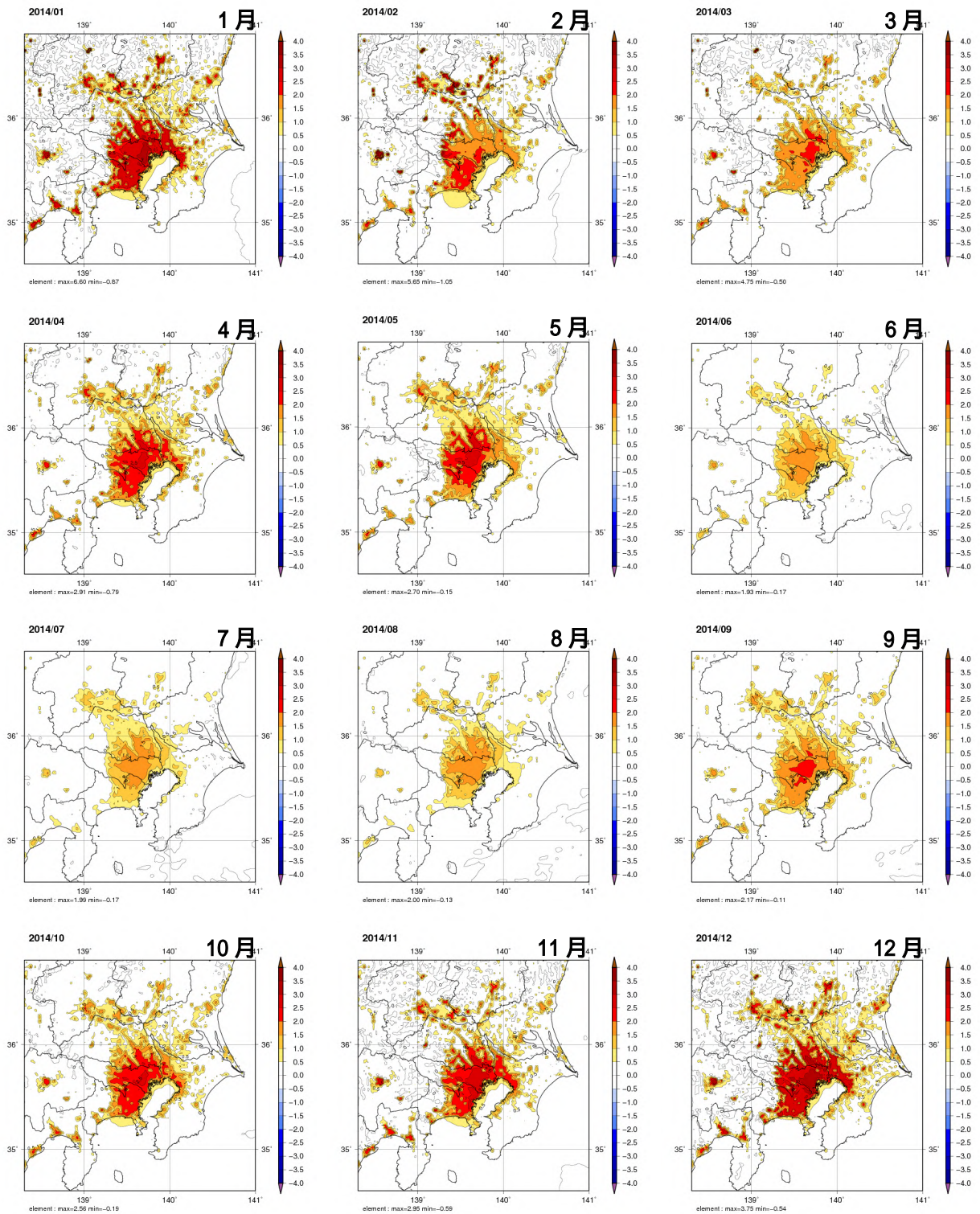
鹿児島



各都市における日降水量 100mm 以上の年間日数の長期変化傾向 (続き)

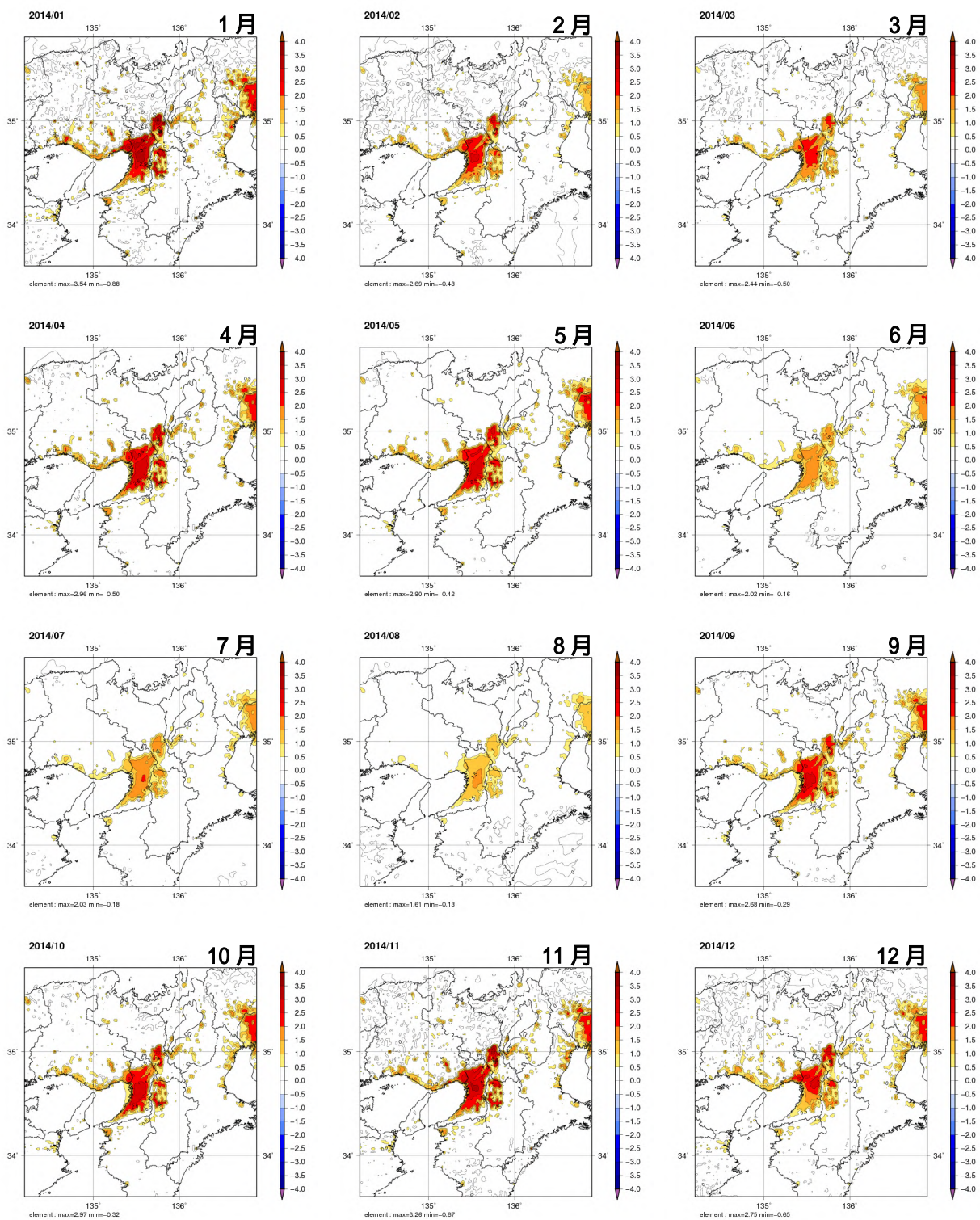
【資料 9】 2014 年各月での都市化の影響による月平均気温の変化

(1) 関東地方



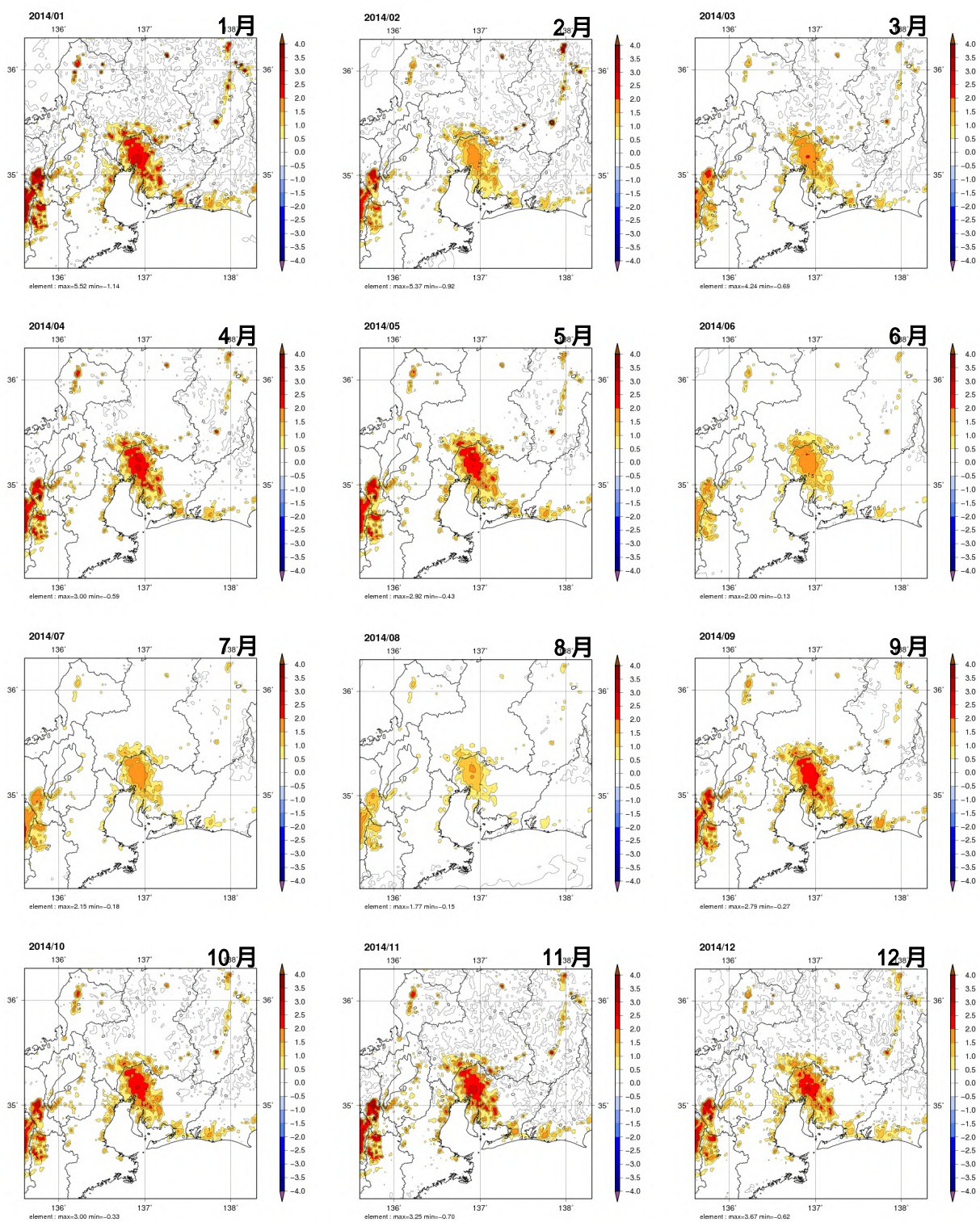
関東地方における 2014 年各月での都市化の影響による月平均気温の変化 ()

(2) 近畿地方



近畿地方における 2014 年各月での都市化の影響による月平均気温の変化 ()

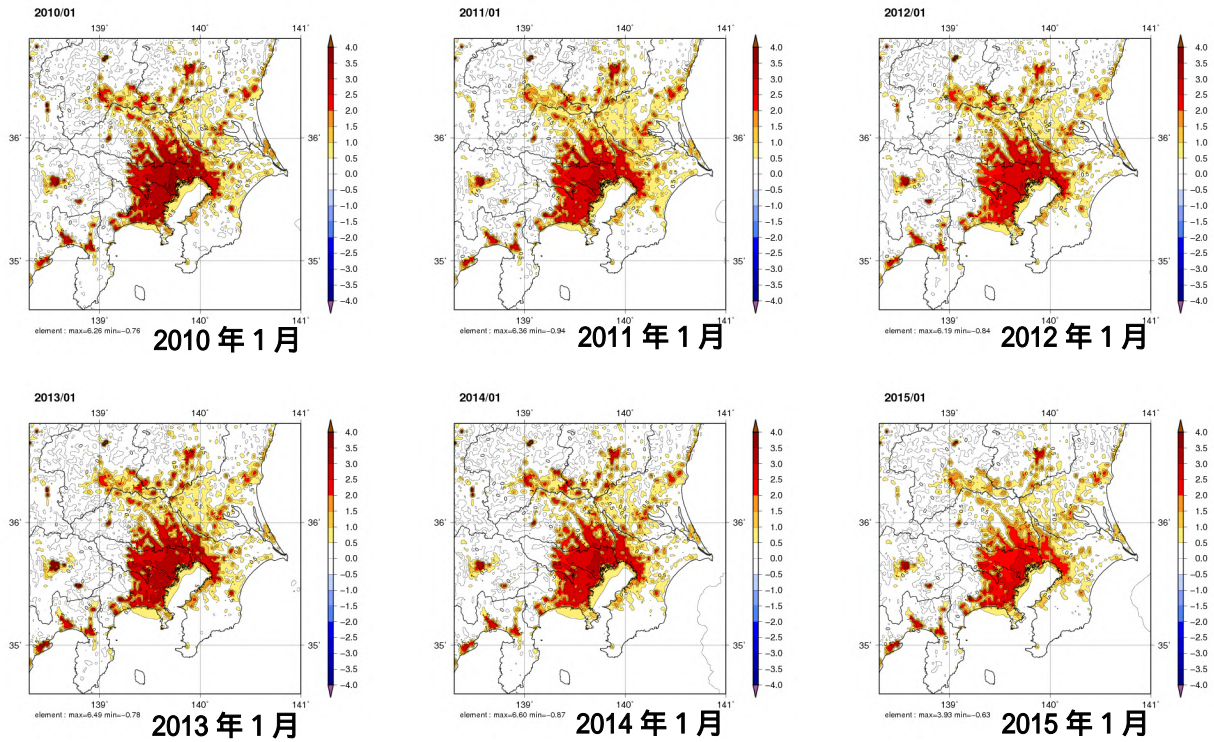
(3) 東海地方



東海地方における 2014 年各月での都市化の影響による月平均気温の変化 ()

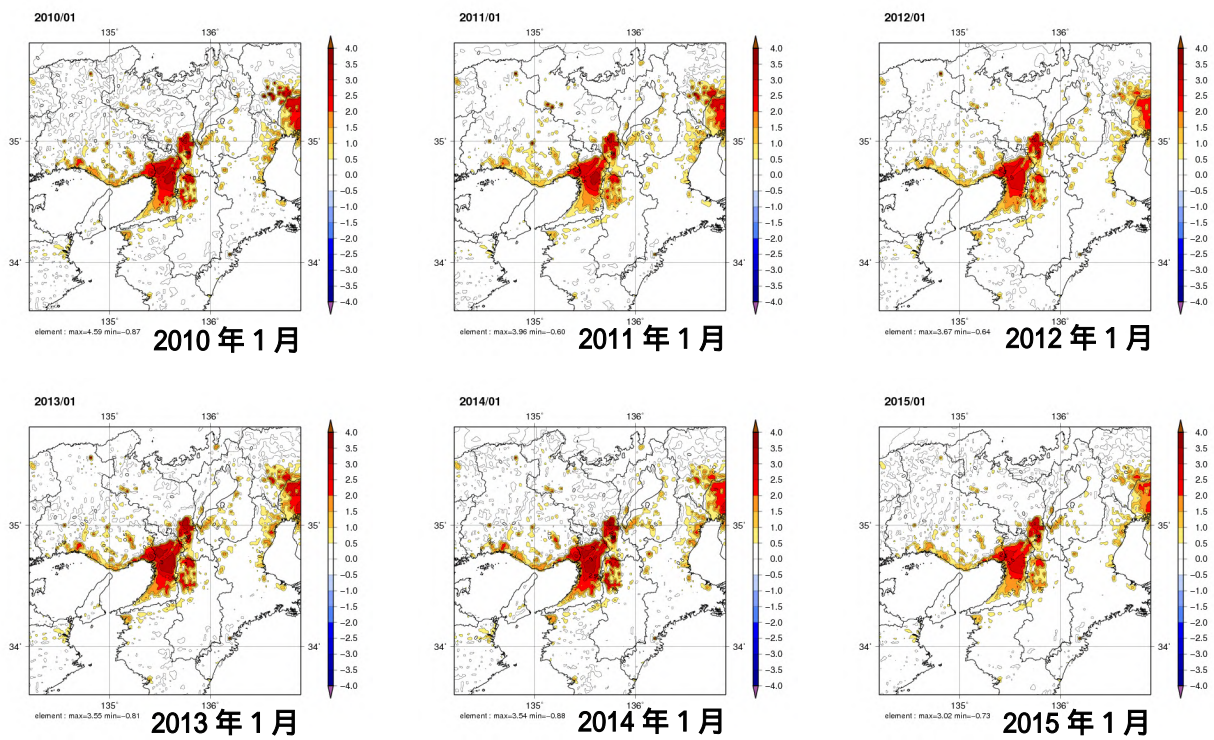
【資料 10】 2010 年から 2015 年までの 1 月の都市化の影響による月平均気温の変化

(1) 関東地方



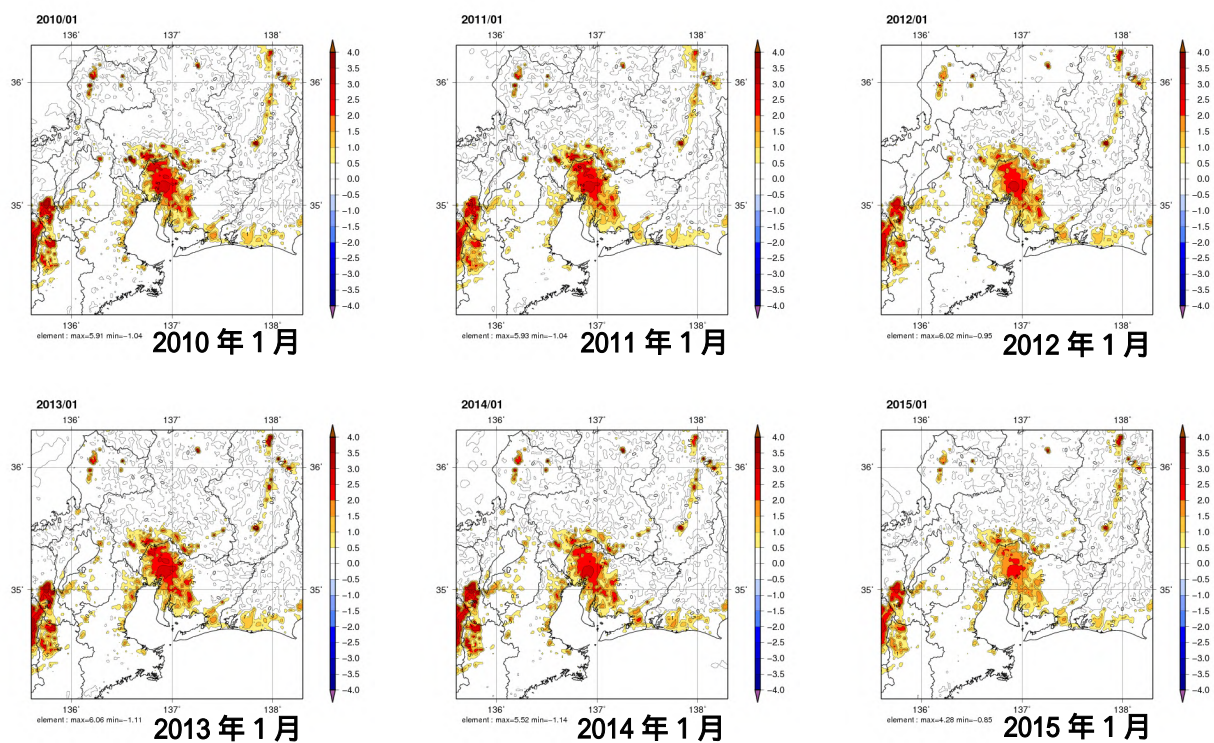
関東地方における 2010～2015 年 1 月の都市化の影響による月平均気温の変化 () の分布

(2) 近畿地方



近畿地方における 2010～2015 年 1 月の都市化の影響による月平均気温の変化 () の分布

(3) 東海地方



東海地方における 2010～2015 年 1 月の都市化の影響による月平均気温の変化 () の分布