

2. 観測データの長期変化からみる日本各地のヒートアイランド¹

全国の主要都市では長期的な変化傾向として、

気温の上昇率が大きく、夏より春・秋・冬、最高気温より最低気温で顕著である。

相対湿度の減少率が大きく、夏より春・秋・冬に顕著である。

冬日は減少、熱帯夜や猛暑日、真夏日は増加している。

これらは地球温暖化の傾向に都市化の影響が重なって現れているためと考えられる。

降水量や最大1時間降水量、降水日数や無降水日数についての都市化の影響は確認できない。

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における気温や降水量等の長期変化傾向、2.2 節で全国の主要都市における熱帯夜日数や降水日数等の長期変化傾向について述べる。また、2.3 節では都市化率²と気温や降水量等の変化率との関係、2.4 節では気温や降水量等の変化率の全国分布について分析する。

2.1 全国の主要都市における気温や降水量等の長期変化傾向

(1) 平均気温、日最高気温、日最低気温

全国の主要都市として、札幌、仙台、東京、横浜、新潟、名古屋、京都、大阪、広島、福岡、鹿児島³の11都市における年、季節別の平均気温、日最高気温と日最低気温の平均の長期変化傾向を表2.1に示す。統計期間は1931年から2012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17地点平均³の値をあわせて表示している。この17地点平均の変化率は、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変化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地点平均の変化率の差が、各都市におけるヒートアイランド現象による影響と考えられる。

表2.1から、主要都市の気温の上昇率は、全般的に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3.2とおおよそ2倍である。季節別にみると、平均気温、日最高気温、日最低気温のいずれも夏に比べて春・秋・冬の上昇率が大きく、主要都市と17地点平均の上昇率の差も大きい。平均気温や最低気温の上昇率は、札幌・仙台・東京・横浜など北日本や東日本の都市では冬に最大となるのに対し、広島や福岡などの西日本の都市では春や秋に最大となる傾向が見られる。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、都市では日最低気温の上昇率が大きく、その差は17地点平均に比べ主要都市で明瞭である。

¹ 過去の観測値は気象庁観測部による品質管理が随時行われており、修正される場合がある。本章の統計結果は2013年3月26日までに行われた品質管理の結果が反映されており(移転の影響を補正しているデータは除く)、過去のヒートアイランド監視報告とは数値が異なる場合がある。最新のヒートアイランド監視報告の結果を御利用頂きたい。

² 観測所の周囲7kmの人工被覆率(2006年度版国土数値情報土地利用3次メッシュにおける建物用地、幹線交通用地、その他の用地の比率)を都市化率と定義している。

³ 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)の平均。ただし、これらの観測点も都市化の影響が完全に除去されているわけではない。

表 2.1 主要都市および都市化の影響が少ない 17 地点平均の都市化率と気温の変化率

年、季節⁴の平均気温、日最高気温と日最低気温の平均の 100 年あたりの変化率を示す。統計期間は 1931 年から 2012 年まで(冬は 1932 年から 2013 年まで)。赤字はピアソン検定で信頼水準 90%以上の統計的に有意な変化傾向ではないこと、紫字は信頼水準 90%以上、青字は信頼水準 95%以上、緑字は信頼水準 99%以上で統計的に有意な傾向であることを意味する。観測所名に赤い 印を付した 4 都市と 17 地点に含まれる飯田、宮崎は、統計期間内に庁舎の移転があったため、大野ほか(2011)により移転に伴う影響を補正している。都市化率は観測所の周囲 7km の人工被覆率(2006 年度版国土数値情報における建物用地、幹線交通用地、その他の用地の比率)と定義した。

| 観測所 | 都市化率 (%) | 気温変化率(/100 年) | | | | | | | | | | | | | | |
|-------|----------|----------------|-----|-----|-----|-----|----------|-----|-----|-----|-----|----------|-----|-----|-----|-----|
| | | 平均気温 | | | | | 日最高気温の平均 | | | | | 日最低気温の平均 | | | | |
| | | 年 | 春 | 夏 | 秋 | 冬 | 年 | 春 | 夏 | 秋 | 冬 | 年 | 春 | 夏 | 秋 | 冬 |
| 札幌 | 75.1 | 2.7 | 2.7 | 1.8 | 2.8 | 3.1 | 0.9 | 1.2 | 0.5 | 0.6 | 1.2 | 4.5 | 4.7 | 3.3 | 4.5 | 5.4 |
| 仙台 | 69.9 | 2.3 | 2.5 | 1.1 | 2.6 | 2.9 | 1.0 | 1.1 | 0.5 | 0.9 | 1.4 | 3.2 | 3.7 | 1.8 | 3.4 | 3.7 |
| 新潟 | 47.2 | 2.1 | 2.5 | 1.5 | 2.0 | 2.1 | 1.9 | 2.3 | 0.8 | 1.6 | 2.5 | 2.3 | 2.7 | 2.0 | 2.0 | 2.3 |
| 名古屋 | 89.3 | 2.9 | 3.0 | 2.2 | 3.1 | 3.1 | 1.1 | 1.2 | 0.6 | 1.1 | 1.3 | 4.0 | 4.5 | 3.2 | 4.4 | 4.0 |
| 東京 | 92.9 | 3.2 | 3.1 | 1.9 | 3.4 | 4.4 | 1.5 | 1.5 | 1.0 | 1.6 | 1.7 | 4.5 | 4.5 | 2.7 | 4.4 | 6.1 |
| 横浜 | 59.4 | 2.7 | 2.8 | 1.6 | 2.8 | 3.5 | 2.3 | 2.5 | 1.6 | 2.4 | 2.5 | 3.5 | 3.7 | 2.1 | 3.6 | 4.7 |
| 京都 | 60.2 | 2.7 | 2.9 | 2.2 | 2.7 | 2.7 | 0.9 | 1.2 | 0.8 | 0.7 | 0.8 | 3.8 | 4.1 | 3.2 | 4.0 | 3.9 |
| 広島 | 54.6 | 2.0 | 2.3 | 1.6 | 2.5 | 1.6 | 1.0 | 1.5 | 1.2 | 0.5 | 0.7 | 3.1 | 3.3 | 2.6 | 3.9 | 2.9 |
| 大阪 | 92.1 | 2.8 | 2.7 | 2.2 | 3.2 | 2.8 | 2.2 | 2.3 | 2.0 | 2.1 | 2.2 | 3.7 | 3.6 | 3.5 | 4.3 | 3.4 |
| 福岡 | 64.3 | 3.1 | 3.3 | 2.2 | 3.8 | 3.0 | 1.6 | 1.8 | 1.3 | 1.6 | 1.7 | 5.1 | 6.0 | 3.8 | 6.2 | 4.6 |
| 鹿児島 | 38.8 | 2.9 | 3.2 | 2.4 | 3.0 | 2.9 | 1.3 | 1.6 | 1.2 | 1.2 | 1.3 | 4.1 | 4.6 | 3.5 | 4.6 | 4.0 |
| 17 地点 | 19.2 | 1.5 | 1.8 | 1.1 | 1.5 | 1.6 | 1.0 | 1.3 | 0.7 | 0.8 | 1.1 | 1.8 | 2.1 | 1.5 | 1.9 | 1.9 |

⁴ 3~5月の3カ月間を「春」、6~8月の3カ月間を「夏」、9~11月の3か月間を「秋」、前年12~2月の3か月間を「冬」として統計している。

(2) 平均相対湿度、平均水蒸気圧

全国の主要都市として、札幌、仙台、東京、横浜、名古屋、京都、福岡の7都市の平均相対湿度と平均水蒸気圧の長期変化傾向を表2.2に示す。統計期間は1931年から2012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15地点平均⁵の値をあわせて表示している。15地点平均の変化率は、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変化率を表していると考えられ、おおよその見積もりとして、各都市と15地点平均の変化率の差が、各都市におけるヒートアイランド現象による影響と考えられる。

表2.2から、主要都市の平均相対湿度の減少率は、全般に15地点平均に比べて大きいことが分かる。年平均相対湿度で見ると、15地点平均は100年あたり-6.9%の減少であるのに対し、東京では-17.9%と倍以上である。年平均水蒸気圧は15地点平均では有意な変化傾向が見られない一方、東京・名古屋・京都で有意な水蒸気圧の減少傾向が見られる。

相対湿度と水蒸気圧の関係は(2.1)式で表わされる。飽和水蒸気圧とは大気中に含みうる最大の水蒸気量を示す指標であり、図2.1に示すように気温が上昇するにつれて大きくなる性質がある。主要都市においては平均水蒸気圧の変化が小さくても平均相対湿度の減少は大きいことから、平均相対湿度の減少は水蒸気圧の減少だけでは説明できず、ヒートアイランド現象の気温上昇に伴う飽和水蒸気圧の増加も要因と考えられる。

$$\text{相対湿度 (\%)} = \frac{\text{水蒸気圧 (hPa)}}{\text{飽和水蒸気圧 (hPa)}} \times 100 \quad \dots (2.1)$$

季節別に比較すると、主要都市の平均相対湿度は何れの季節も15地点平均に比べて大きく減少しており、夏の減少率が小さい傾向が見られる。平均相対湿度の減少率は、札幌・名古屋・福岡では秋、京都では春、仙台・東京・横浜では冬が最大となっており、地域差が見られる。平均水蒸気圧については、冬は札幌・仙台など北日本の都市で有意な増加傾向がみられる一方、夏は東京・名古屋・京都において有意な平均水蒸気圧の減少傾向となっている。

地球温暖化においては、気温や海面水温の上昇等により大気に含まれる水蒸気量は増加する(IPCC, 2007)が、都市化においては、気温が上昇する一方で水面や緑地の減少に伴って地表面や植物からの水分の蒸発量が減少するため、大気に含まれる水蒸気量は減少する。このように、水蒸気圧については、地球温暖化と都市化の影響が相反関係にあり、地球温暖化と都市化の影響を合わせると有意な変化傾向として観測されにくい。一方、気温については、地球温暖化と都市化の影響は相乗効果により大きく上昇する。このため、飽和水蒸気圧が大きく増加することにより、相対湿度は減少する。このような地球温暖化と都市化を合わせた影響が、平均相対湿度や平均水蒸気圧の観測結果に現れているものと考えられる。

⁵ 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15地点(網走、根室、寿都、山形、石巻、伏木(高岡市)、長野、水戸、銚子、境、浜田、彦根、多度津、名瀬、石垣島)で、脚注3の17地点から移転の影響がある飯田と宮崎を除いたもの。ただし、これらの観測点も都市化の影響が完全に除去されているわけではない。

表 2.2 主要都市および都市化の影響が少ない 15 地点平均の都市化率と平均相対湿度⁶、平均水蒸気圧⁷の変化率

年、季節別の相対湿度と水蒸気圧の 100 年あたりの変化率を示す。統計期間は 1931 年から 2012 年まで(冬は 1932 年から 2013 年まで)。赤字はピアソン検定で信頼水準 90%以上の統計的に有意な変化傾向ではないこと、紫字は信頼水準 90%以上、青字は信頼水準 95%以上、緑字は信頼水準 99%以上で有意な傾向であることを意味する。観測所名に赤い 印を付した地点は、統計期間内に庁舎の移転があるため表示しない。水蒸気圧の 15 地点平均は、統計期間が不足している 4 地点(伏木、境、彦根、多度津)を除いた 11 地点平均から算出した。都市化率は観測所の周囲 7km の人工被覆率(2006 年度版国土数値情報における建物用地、幹線交通用地、その他の用地の比率)と定義した。

| 観測所 | 都市化率 (%) | 相対湿度変化率 (%/100 年) | | | | | 水蒸気圧変化率 (hPa/100 年) | | | | |
|-------|----------|-------------------|-------|-------|-------|-------|---------------------|------|------|------|------|
| | | 年 | 春 | 夏 | 秋 | 冬 | 年 | 春 | 夏 | 秋 | 冬 |
| 札幌 | 75.1 | -13.1 | -12.7 | -12.2 | -16.2 | -11.0 | 0.0 | 0.1 | -0.6 | 0.0 | 0.3 |
| 仙台 | 69.9 | -9.1 | -8.7 | -7.0 | -9.8 | -10.8 | 0.3 | 0.4 | -0.2 | 0.8 | 0.3 |
| 新潟 | 47.2 | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 名古屋 | 89.3 | -18.3 | -18.6 | -16.4 | -20.2 | -17.4 | -0.9 | -0.8 | -1.6 | -1.0 | -0.2 |
| 東京 | 92.9 | -17.9 | -15.9 | -13.6 | -19.1 | -22.2 | -0.6 | -0.4 | -1.2 | -0.5 | -0.4 |
| 横浜 | 59.4 | -14.1 | -13.1 | -9.9 | -15.1 | -17.8 | -0.2 | 0.0 | -0.3 | -0.1 | -0.3 |
| 京都 | 60.2 | -16.3 | -17.1 | -14.7 | -16.9 | -15.6 | -0.7 | -0.7 | -1.4 | -0.6 | -0.2 |
| 広島 | 54.6 | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 大阪 | 92.1 | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 福岡 | 64.3 | -16.8 | -17.9 | -13.5 | -19.1 | -15.8 | -0.1 | -0.2 | -0.4 | 0.3 | -0.1 |
| 鹿児島 | 38.8 | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 15 地点 | 18.5 | -6.9 | -7.5 | -6.4 | -7.1 | -6.5 | 0.3 | 0.3 | 0.1 | 0.4 | 0.2 |

⁶ 平均相対湿度の観測に関しては以下の通り測器の変更が行われているが、これらによる平均相対湿度や平均水蒸気圧への影響は小さいことから、ここでは連続したデータとして扱う。

1950 年以降 自記毛髪湿度計から通風乾湿計に変更。

1971 年以降 通風乾湿計から隔測温湿度計に変更。

1996 年以降 隔測温湿度計から電気式湿度計に変更。

⁷ 平均水蒸気圧は 1949 年以前の観測結果について、mmHg から hPa へ単位の換算を行っている。

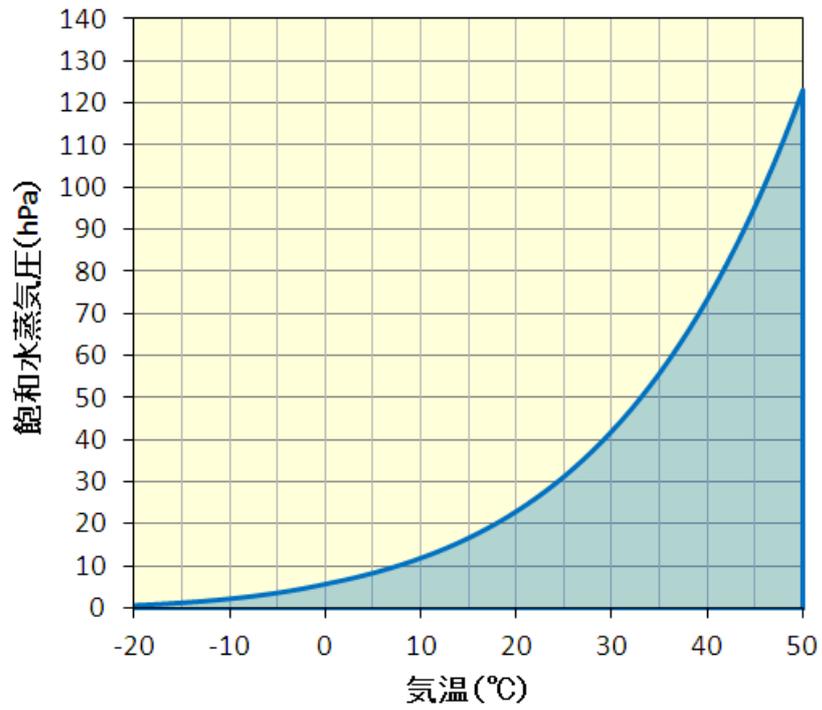


図 2.1 気温と飽和水蒸気圧の関係

青い陰影部分は各気温で大気中に含むことが可能な水蒸気量を示している。

(3) 降水量、最大1時間降水量⁸

全国の主要都市として、札幌、仙台、東京、横浜、新潟、名古屋、京都、大阪、広島、福岡、鹿児島
島の11都市の降水量と最大1時間降水量の長期変化傾向を表2.3に示す。統計期間は降水量が1931
年から2012年、最大1時間降水量が1965年から2012年である。比較のため、観測データの均質
性が長期間維持されている51地点⁹平均の値をあわせて表示している。

表2.3を見ると、主要都市では年降水量については有意な変化傾向を示す地点は見られず、季節降
水量についても有意な変化傾向を示す地点は少ない上に、増加している地点と減少している地点があ
り、主要都市に共通的な特徴は見られない。降水量に関しては、51地点平均でも有意な変化傾向は
見られないことから、地球温暖化の影響も都市化の影響も共に小さいと考えられる。

一方、年最大1時間降水量については、新潟・東京・福岡で有意な増加傾向が見られる。季節別
の最大1時間降水量を見ると、新潟では春・夏・冬、東京では春、福岡では春・夏に有意な増加傾向で
ある。他に、名古屋では冬、横浜では秋、京都では春に有意な増加傾向になっている。このように、
最大1時間降水量では幾つかの都市で増加傾向が見られることから、都市化が降水強度の変化に何ら
かの影響を及ぼしている可能性がしばしば指摘されるところである。しかしながら、最大1時間降
水量は51地点平均でも有意な増加傾向であり、都市に限ったものではなく全国的な傾向である。また、
有意な増加傾向を示す都市は一部に限られているほか、地球温暖化に伴う大気中の水蒸気量の増加
(IPCC, 2007)や、全国的に見られる短時間強雨発生回数の増加¹⁰(気象庁, 2012a)などの傾向と
統合的で、広域的な要因の影響も考えられることから、最大1時間降水量の増加と都市化の影響につ
いてこのデータから関連性を見出すことは困難である。

⁸ 降水量は対象とする時間や気候特性によって、正規分布や対数正規分布などの様々な確率分布に従うことが知られて
いる。また、最大1時間降水量などの極値の確率分布は極値分布に従うことが知られている。このためノンパラメ
トリック検定(ケンドール検定)を用いた有意検定を用いている。

⁹ 降水量は気温に比べて地点による変動が大きく、変化傾向の解析には多くの地点を必要とするため、観測データの
均質性が長期間維持されている気象観測51地点(旭川、網走、札幌、帯広、根室、寿都、秋田、宮古、山形、石巻、
福島、伏木(高岡市)、長野、宇都宮、福井、高山、松本、前橋、熊谷、水戸、敦賀、岐阜、名古屋、飯田、甲府、津、
浜松、東京、横浜、境、浜田、京都、彦根、下関、呉、神戸、大阪、和歌山、福岡、大分、長崎、熊本、鹿児島、宮
崎、松山、多度津、高知、徳島、名瀬、石垣島、那覇)を選出している。

¹⁰ 全国のアメダス観測で、1時間50ミリ以上や1時間80ミリ以上の短時間強雨発生回数の増加傾向が見られる。

表 2.3 主要都市および観測データの均質性が長期間保持されている 51 地点平均の降水量と最大 1 時間降水量の変化率
 年、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 2012 年まで(冬
 は 1932 年から 2013 年まで)、最大 1 時間降水量が 1965 年から 2012 年まで(冬は 1966 年から 2013 年まで)。赤字はケン
 ドール検定で信頼水準 90%以上の統計的に有意な変化傾向ではないこと、紫字は信頼水準 90%以上、青字は信頼水準 95%
 以上、緑字は信頼水準 99%以上で有意な傾向であることを意味する。都市化率は観測所の周囲 7km の人工被覆率(2006 年
 度版国土数値情報における建物用地、幹線交通用地、その他の用地の比率)と定義した。

| 観測所 | 都市 化率 (%) | 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 | 春 | 夏 | 秋 | 冬 | 年 | 春 | 夏 | 秋 | 冬 |
| 札幌 | 75.1 | -2.1 | -1.0 | -5.3 | -2.1 | 6.3 | 0.8 | 0.0 | 1.0 | 0.7 | -0.2 |
| 仙台 | 69.9 | 10.5 | 5.2 | 6.6 | 0.0 | -1.5 | 0.2 | 0.7 | 0.8 | 0.3 | 1.0 |
| 新潟 | 47.2 | 8.2 | -0.1 | 11.7 | 5.8 | -10.6 | 3.2 | 0.7 | 3.1 | 0.8 | 0.6 |
| 名古屋 | 89.3 | 5.3 | 5.0 | 0.2 | -0.5 | 1.0 | 0.7 | 0.5 | 0.8 | 0.4 | 0.9 |
| 東京 | 92.9 | 1.9 | 5.7 | -0.3 | -3.3 | 0.0 | 4.1 | 1.3 | 2.6 | 2.7 | 0.6 |
| 横浜 | 59.4 | 11.5 | 9.8 | 2.2 | -1.5 | 1.5 | 1.7 | 0.7 | 1.6 | 1.6 | 1.0 |
| 京都 | 60.2 | -7.1 | 1.5 | -7.7 | -3.0 | 2.7 | -0.2 | 1.0 | -0.1 | -0.4 | 0.6 |
| 広島 | 54.6 | -9.0 | 6.1 | -1.1 | -13.1 | -0.1 | 0.9 | 0.8 | 0.6 | 1.1 | 0.0 |
| 大阪 | 92.1 | -4.1 | 3.0 | -6.3 | -3.3 | 3.3 | 0.4 | 0.2 | 1.7 | -0.9 | 0.6 |
| 福岡 | 64.3 | -6.1 | 2.7 | 11.5 | -16.4 | -3.3 | 4.3 | 0.9 | 4.1 | 0.7 | 0.3 |
| 鹿児島 | 38.8 | 3.4 | -5.4 | 8.8 | -0.9 | 2.4 | 0.7 | 0.8 | -0.4 | 0.8 | 0.6 |
| 51 地点 | 37.0 | -4.8 | 1.5 | -1.2 | -3.1 | -2.0 | 1.0 | 0.5 | 0.5 | 0.8 | 0.5 |

2.2 全国の主要都市における気温階級日数や降水日数等の長期変化傾向

(1) 冬日日数、熱帯夜日数、真夏日日数、猛暑日日数¹¹

全国の主要都市として、札幌、仙台、東京、横浜、名古屋、京都、福岡の7都市の冬日¹²、熱帯夜¹³、真夏日¹⁴、猛暑日¹⁵の日数の変化傾向を表2.4に示す。統計期間は1931年から2012年(猛暑日は1961年から2012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15地点平均(表2.2に同じ)の値をあわせて表示している。

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。熱帯夜の年間日数については札幌を除いて有意に増加している。冬日や熱帯夜の年間日数については、主要都市における変化傾向が何れも15地点平均と比べて顕著に大きく、地球温暖化や自然変動に加えて都市化による昇温の影響も大きいと考えられる。猛暑日の年間日数についても、発現頻度が少ない札幌や仙台を除いて有意な増加傾向がみられ、名古屋や京都などの西日本の大都市圏で15地点平均や他の都市と比べて増加傾向が顕著である。また、真夏日については、15地点平均では有意な変化傾向が見られない一方、名古屋・東京・横浜・京都・福岡など大都市圏では有意な増加傾向が現れている。

¹¹ 所与の時間間隔で起こる事象が一定の時間かつ一定の空間で発生する回数はポアソン分布に従うことが知られている。このためノンパラメトリック検定(ケンドール検定)を用いた有意検定を用いている。

¹² 日最低気温が0未満の日。

¹³ 夜間の最低気温が25以上の場合を指すが、本報告では日最低気温が25以上の日として扱う。

¹⁴ 日最高気温が30以上の日。

¹⁵ 日最高気温が35以上の日。

表 2.4 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、真夏日、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 1931 年から 2012 年まで。猛暑日は 1961 年から 2012 年まで。赤字はケンドール検定で信頼水準 90%以上の統計的に有意な変化傾向ではないこと、紫字は信頼水準 90%以上、青字は信頼水準 95%以上、緑字は信頼水準 99%以上で有意な傾向であることを意味する。観測所名に赤い 印を付した地点は、統計期間内に庁舎の移転があるため表示しない(新潟は猛暑日の統計期間(1961 年以降)については移転の影響がないので表示している)。15 地点平均は 17 地点から庁舎の移転があった飯田と宮崎を除いた地点の平均である。都市化率は観測所の周囲 7km の人工被覆率(2006 年度版国土数値情報土地利用 3 次メッシュにおける建物用地、幹線交通用地、その他の用地の比率)と定義した。

| 観測所 | 都市化率 (%) | 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 | 75.1 | -4.6 | 0.0 | 0.1 | 0.0 |
| 仙台 | 69.9 | -5.9 | 0.3 | 0.9 | 0.1 |
| 新潟 | 47.2 | --- | --- | --- | 0.6 |
| 名古屋 | 89.3 | -7.3 | 3.7 | 0.9 | 2.3 |
| 東京 | 92.9 | -8.3 | 3.9 | 1.2 | 0.7 |
| 横浜 | 59.4 | -6.6 | 3.0 | 2.1 | 0.4 |
| 京都 | 60.2 | -7.8 | 3.6 | 1.0 | 2.1 |
| 広島 | 54.6 | --- | --- | --- | --- |
| 大阪 | 92.1 | --- | --- | --- | --- |
| 福岡 | 64.3 | -5.3 | 4.8 | 1.1 | 1.3 |
| 鹿児島 | 38.8 | --- | --- | --- | --- |
| 15 地点 | 18.5 | -2.2 | 1.4 | 0.5 | 0.5 |

(2) 霧日数¹⁶

全国の主要都市として、札幌、仙台、東京、横浜、新潟、名古屋、京都、大阪、広島、福岡、鹿児島
島の11都市の1931～1940年平均と2003～2012年平均の霧日数¹⁷を表2.5に示す。

霧日数は仙台を除く主要都市で顕著に減少しており、1931～1940年では年間数十日観測されていた霧が近年では数日程度となっている。霧は相対湿度が100%に近い気象条件で観測される性質があるため、霧日数の減少には、2.1節で述べたヒートアイランド現象に伴う相対湿度の減少傾向が影響している可能性がある。しかしながら、都市における霧の発生には相対湿度だけではなく、大原ほか(2012)で述べられている凝結核となるエアロゾル粒子の数の変動により霧発生頻度が変化する可能性や、黄砂や大気汚染等の別の要因による視界不良等が霧の観測に影響を与えている可能性も考えられることに注意する必要がある。また、藤部(2012)では、広域的な気候変動が影響している可能性についても指摘されている。

表 2.5 全国の主要都市における霧日数

都市化率は観測所の周囲7kmの人工被覆率(2006年度版国土数値情報土地利用3次メッシュにおける建物用地、幹線交通用地、その他の用地の比率)と定義した。

| 観測所 | 都市化率 (%) | 1931～1940年 平均日数 | 2003～2012年 平均日数 |
|-----|-------------|--------------------|--------------------|
| 札幌 | 75.1 | 15.1 | 1.7 |
| 仙台 | 69.9 | 23.3 | 21.5 |
| 新潟 | 47.2 | 10.4 | 4.1 |
| 名古屋 | 89.3 | 32.3 | 3.0 |
| 東京 | 92.9 | 48.5 | 1.0 |
| 横浜 | 59.4 | 42.0 | 2.9 |
| 京都 | 60.2 | 80.6 | 0.0 |
| 広島 | 54.6 | 15.5 | 1.8 |
| 大阪 | 92.1 | 35.0 | 1.1 |
| 福岡 | 64.3 | 7.1 | 1.1 |
| 鹿児島 | 38.8 | 4.5 | 0.6 |

¹⁶ 霧日数は年々変動以外の不規則な変動が見られ、統計期間を通じての観測品質の均質性が確認できないことから、トレンド算出や有意検定は行わない。

¹⁷ 微小な浮遊水滴や粒子等により最小視程(水平方向への見通せる距離の最小値)が1km未満の状態が観測された日。

(3) 降水日数、無降水日数¹⁸

全国の主要都市として、札幌、仙台、東京、横浜、新潟、名古屋、京都、大阪、広島、福岡、鹿児島
島の 11 都市の降水日数と無降水日数¹⁹の変化傾向を表 2.6 に示す。統計期間は 1931 年から 2012 年
である。比較のため、観測データの均質性が長期間維持されている 51 地点平均（表 2.3 に同じ）の
値をあわせて表示している。

仙台・新潟・横浜・京都など一部の都市で、日降水量 30～70 ミリ以上の降水日数に有意な増加が
現れている。一方、仙台・鹿児島など一部の都市で、無降水日数が有意な増加傾向を示す都市が幾つ
か見られる。しかしながら、51 地点平均でも日降水量 70 ミリ以上の降水日数や無降水日数が有意に
増加する傾向が見られ、強い降水の日数と無降水日数が共に増加する傾向は全国的な傾向であると考
えられる。また、東京や大阪、名古屋といった大都市圏で有意な変化傾向は見られないことから、降
水日数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。地球温暖化の進行
につれ、全国的に強い降水は増加傾向、弱い降水は減少傾向、無降水日数は増加傾向になると予測さ
れていること（気象庁,2013）と整合的であることから、一部の都市で見られる降水日数や無降水日
数の有意な変化傾向については、地球温暖化等の広域的な要因の影響も考えられる。

¹⁸ 所与の時間間隔で起こる事象が一定の時間かつ一定の空間で発生する回数はポアソン分布に従うことが知られて
いる。このためノンパラメトリック検定（ケンドール検定）を用いた有意検定を用いている。

¹⁹ 本報告では日降水量が 1.0mm 未満の日を無降水日として統計している。

表2.6 主要都市および観測データの均質性が長期間保持されている51地点平均における年間の降水日数と無降水日数の変化率。100年あたりの変化率を示す。統計期間は1931年から2012年まで。赤字はケンドール検定で信頼水準90%以上の統計的に有意な変化傾向ではないこと、紫字は信頼水準90%以上、青字は信頼水準95%以上、緑字は信頼水準99%以上で有意な傾向であることを意味する。都市化率は観測所の周囲7kmの人工被覆率(2006年度版国土数値情報土地利用3次メッシュにおける建物用地、幹線交通用地、その他の用地の比率)と定義した。

| 観測所 | 都市化率 (%) | 年間降水日数変化率(日/100年) | | | | 年間無降水 日数変化率 (日/100年) |
|------|-------------|-------------------|----------------|----------------|----------------|----------------------------|
| | | 日降水量 70ミリ以上 | 日降水量 50ミリ以上 | 日降水量 30ミリ以上 | 日降水量 10ミリ以上 | |
| 札幌 | 75.1 | 0.4 | 0.3 | 0.8 | 1.3 | -2.8 |
| 仙台 | 69.9 | 1.0 | 2.5 | 2.8 | 2.4 | 8.5 |
| 新潟 | 47.2 | 1.1 | 1.9 | 3.1 | 1.4 | 6.4 |
| 名古屋 | 89.3 | 0.3 | 0.8 | 1.4 | 0.9 | 7.0 |
| 東京 | 92.9 | 0.7 | 1.1 | -0.2 | 1.0 | 2.6 |
| 横浜 | 59.4 | 1.1 | 1.5 | 2.3 | 4.2 | -0.4 |
| 京都 | 60.2 | -0.4 | -0.3 | 3.1 | -0.8 | 7.2 |
| 広島 | 54.6 | -0.2 | 0.3 | 0.3 | -0.3 | 6.7 |
| 大阪 | 92.1 | -0.5 | -0.2 | 1.3 | 0.3 | 5.0 |
| 福岡 | 64.3 | -0.3 | 0.8 | 0.4 | 0.9 | 8.0 |
| 鹿児島 | 38.8 | 1.4 | 0.8 | 1.9 | -1.1 | 11.8 |
| 51地点 | 37.0 | 0.5 | 0.7 | 0.9 | -1.3 | 8.9 |

2.3 気温や降水量等の変化率と都市化率の関係

(1) 平均気温、日最高気温、日最低気温

統計期間 1931～2012 年（冬は 1932～2013 年）で気温変化率の統計が可能である全国 82 地点の気象官署において、都市化率と気温変化率との関係を図 2.2 に示す。平均気温、日最高気温、日最低気温とも、季節に関係なく都市化率が大きくなるほど上昇率が大きい傾向が見られる。また、都市化率 0%における気温変化率は、都市化の影響を除いた地球温暖化の影響と考えられるが、平均気温、日最高気温、日最低気温とも年平均で 1.0～1.5 /100 年と同程度である。しかし、都市化率が大きくなるに従って日最高気温に比べて日最低気温の上昇率が大きくなり、都市化率 90%では日最高気温の上昇率が約 1.8 /100 年であるのに対し、日最低気温の上昇率は約 4.3 /100 年と日最高気温の上昇率の約 2.4 倍となる。以上より、都市化率が大きい地点ほど地球温暖化に比べてヒートアイランド現象による気温上昇の影響が大きく、ヒートアイランド現象の影響は日最高気温より日最低気温で顕著であると言える。季節別に見ると、地球温暖化、都市化の影響とも春・秋・冬は同程度であるのに対し、夏は影響が小さくなる傾向が見られる。夏季は大気の大気対流活動が活発で、熱が拡散され易いためと考えられる。

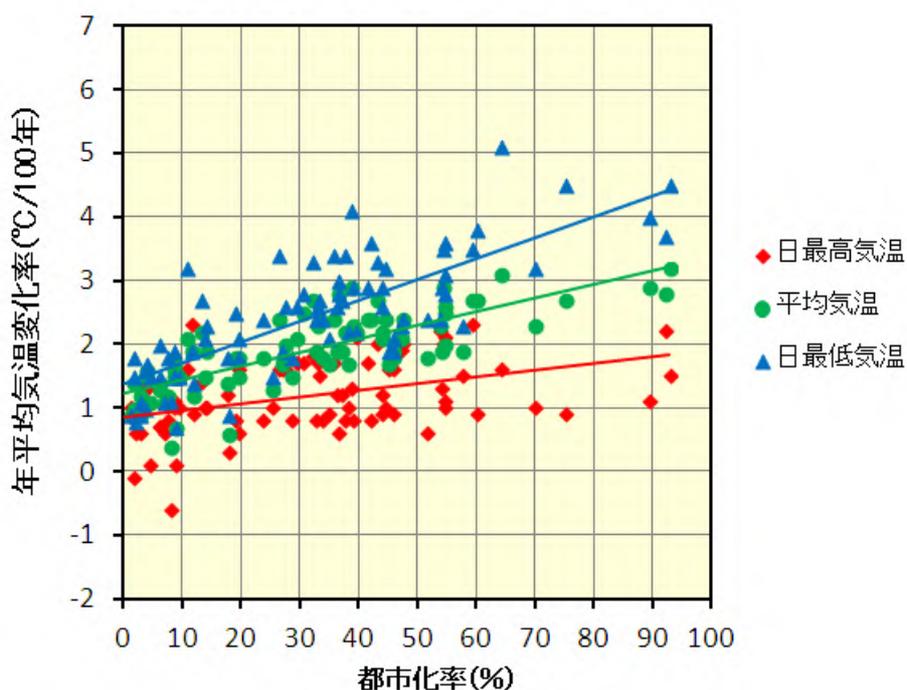


図 2.2(a) 全国 82 地点における年平均の気温変化率と都市化率の相関図。庁舎移転の影響がある官署については、大野ほか(2011)により移転の影響を補正して気温変化率を算出している。都市化率は 2006 年度版国土数値情報土地利用 3 次メッシュにおける観測所の半径 7km の人工被覆率(建物用地、幹線道路、その他の用地の割合の合計)である。統計期間は 1931 年から 2012 年まで。

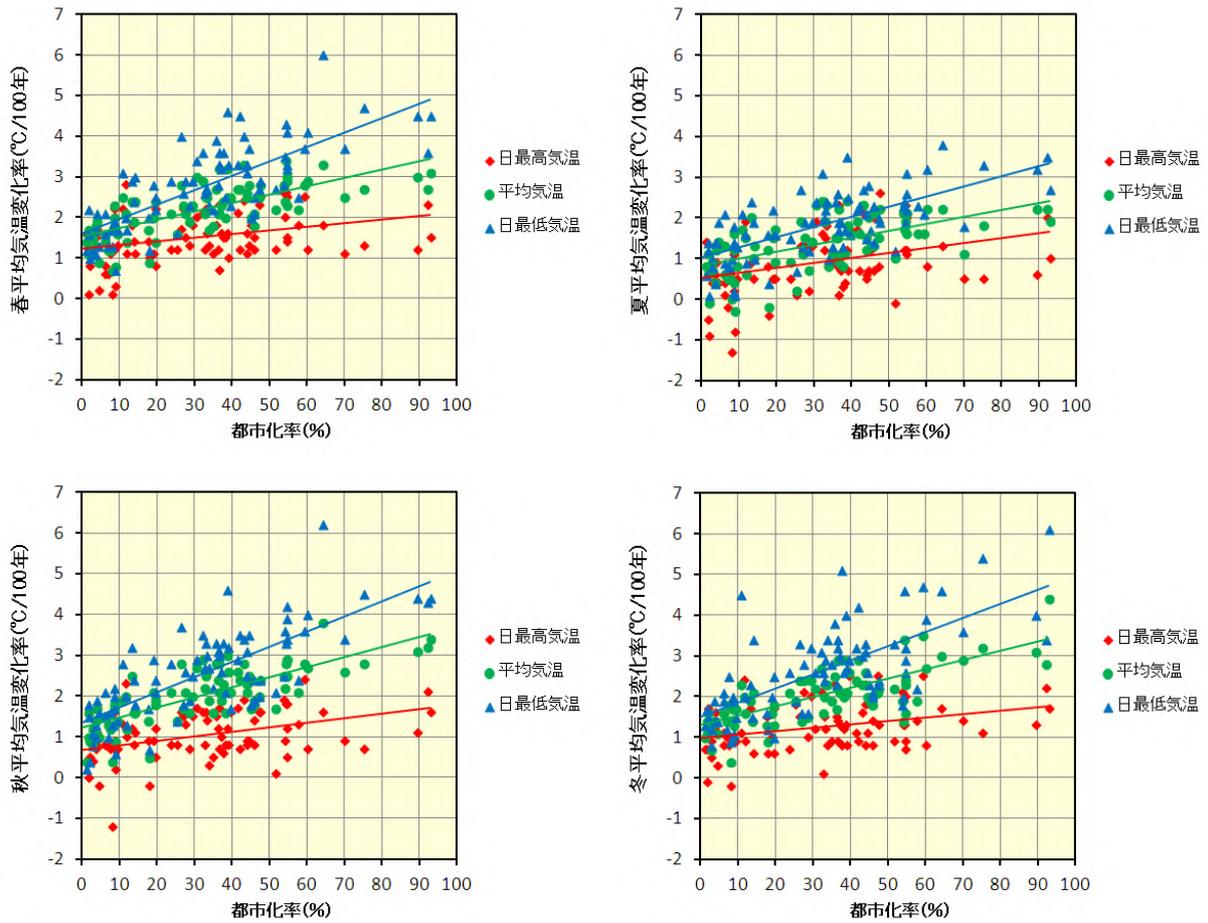


図 2.2(b) 全国 82 地点における季節平均の気温変化率と都市化率の相関図。庁舎移転の影響がある官署については、大野ほか(2011)により移転の影響を補正して気温変化率を算出している。都市化率は 2006 年度版国土数値情報土地利用 3 次メッシュにおける観測所の半径 7km の人工被覆率(建物用地、幹線道路、その他の用地の割合の合計)である。統計期間は 1931 年から 2012 年まで(冬は 1932 年から 2013 年まで)。

(2) 平均相対湿度、平均水蒸気圧

統計期間 1931～2012 年（冬は 1932～2013 年）で庁舎の移転の影響がなく平均相対湿度変化率の統計が可能である全国 53 地点および平均水蒸気圧変化率の統計が可能である全国 41 地点の気象官署において、都市化率と平均相対湿度変化率、平均水蒸気圧変化率の関係を図 2.3 に示す。平均相対湿度、平均水蒸気圧ともに都市化率が大きくなるほど減少率が大きい傾向があり、都市化の影響が明瞭に現れている。また、都市化率 0%では平均水蒸気圧は増加傾向である一方、平均相対湿度は減少傾向となっている。地球温暖化に伴い全球規模では海面水温の上昇などに伴って水蒸気量は増加するが（IPCC, 2007）都市化では水面や緑地が減少することで地表面や植物からの水分の蒸発量が減少して水蒸気量は減少する。このように水蒸気量については地球温暖化と都市化は相反関係にあり、都市化率の大きな地点では平均水蒸気圧が減少、都市化率の小さな地点では増加傾向となっているものと考えられる。相対湿度については、地球温暖化による全球規模の変化は小さいと考えられている（IPCC, 2007）が、日本付近では 2.2 節(3)で述べた全国的な無降水日数の増加等の要因によって全国的に相対湿度がやや減少傾向にあり、都市化率の大きな地点では都市化の影響による水蒸気量減少や気温上昇の影響も加わって非常に大きな減少傾向になっているものと考えられる。季節別にみると、都市化率 0%の平均相対湿度や平均水蒸気圧の変化率は季節によらず同程度である一方、都市化による平均相対湿度減少率は夏に小さく春・秋・冬に大きい、水蒸気圧減少率は夏に大きく冬に小さい傾向が見られる。

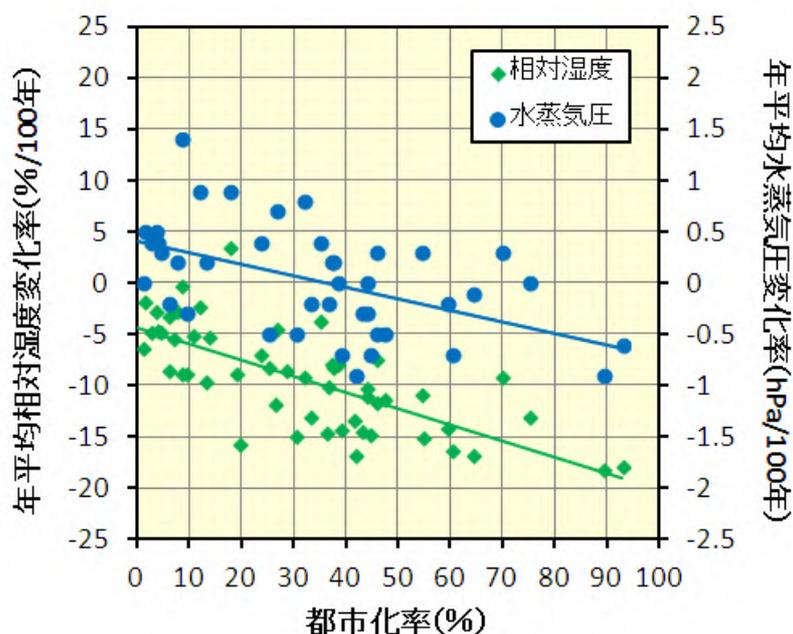


図 2.3(a) 全国 53 地点における年平均相対湿度変化率、および全国 41 地点における年平均水蒸気圧変化率と都市化率の相関図。庁舎移転の影響がある官署については、移転の影響が補正できないため除外した。都市化率は 2006 年度版国土数値情報土地利用 3 次メッシュにおける観測所の半径 7km の人工被覆率（建物用地、幹線道路、その他の用地の割合の合計）である。統計期間は 1931 年から 2012 年まで（冬は 1932 年から 2013 年まで）。

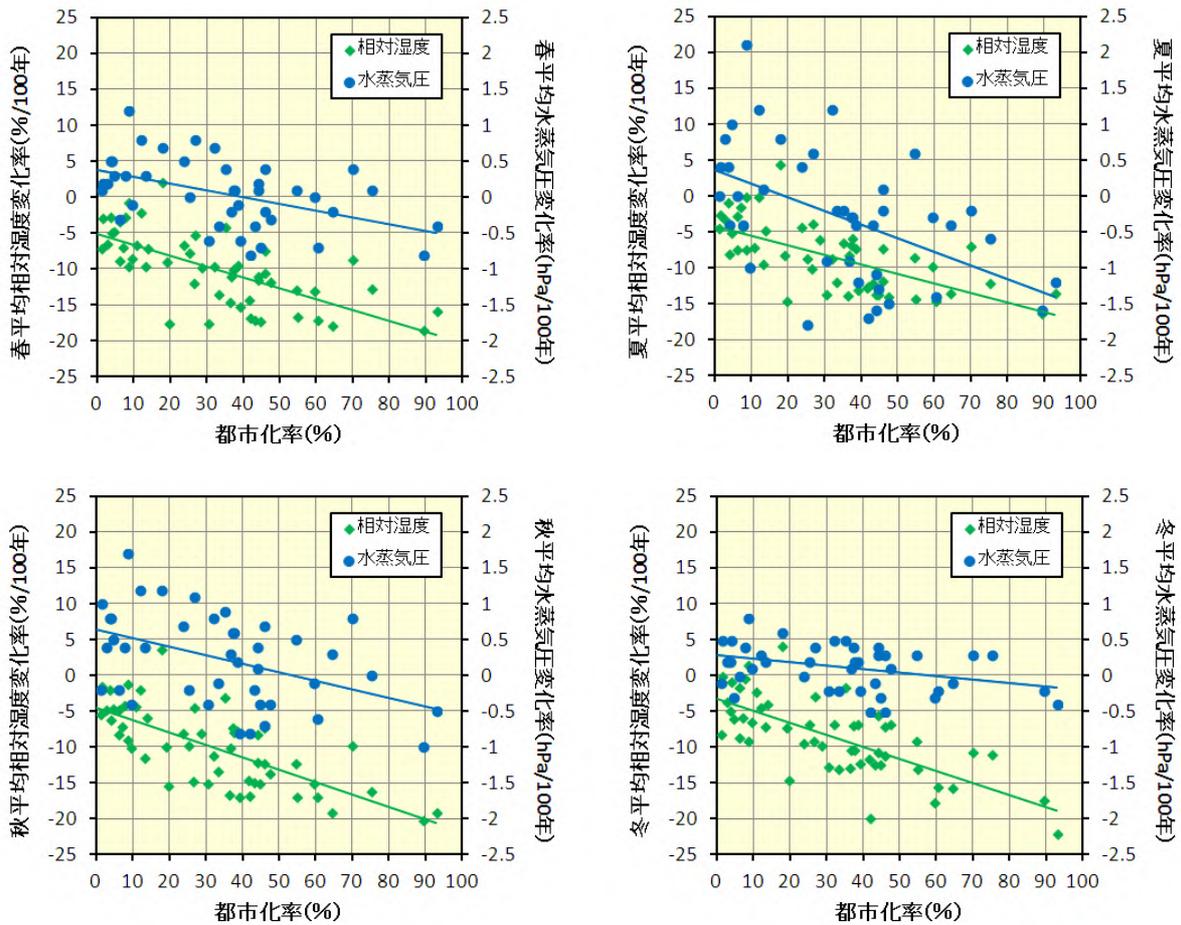


図 2.3(b) 全国 53 地点における季節平均相対湿度変化率、および全国 41 地点における季節平均水蒸気圧変化率と都市化率の相関図。庁舎移転の影響がある官署については、移転の影響が補正できないため除外した。都市化率は 2006 年度版国土数値情報土地利用 3 次メッシュにおける観測所の半径 7km の人工被覆率(建物用地、幹線道路、その他の用地の割合の合計)である。統計期間は 1931 年から 2012 年まで(冬は 1932 年から 2013 年まで)。

また、統計期間 1931～2012 年（冬は 1932～2013 年）で庁舎の移転の影響が無く平均相対湿度変化率と平均水蒸気圧変化率の統計が共に可能である全国 41 地点の気象官署に置いて、平均相対湿度変化率と平均水蒸気圧変化率の関係を図 2.4 に示す。平均水蒸気圧の減少率が大きい地点ほど平均相対湿度の減少率も大きい傾向があり、平均相対湿度の変化率には平均水蒸気圧の変化が一定の寄与をしていると考えられる。季節別に比較すると、平均相対湿度変化率に対する平均水蒸気圧変化率の寄与は夏に大きく冬に小さくなっており、季節による寄与度の違いが見られる。このことから、夏の平均相対湿度の減少は平均水蒸気圧の減少による影響が大きく、冬の平均相対湿度の減少は気温の上昇に伴う飽和水蒸気圧の増加の影響が大きいと考えられる。

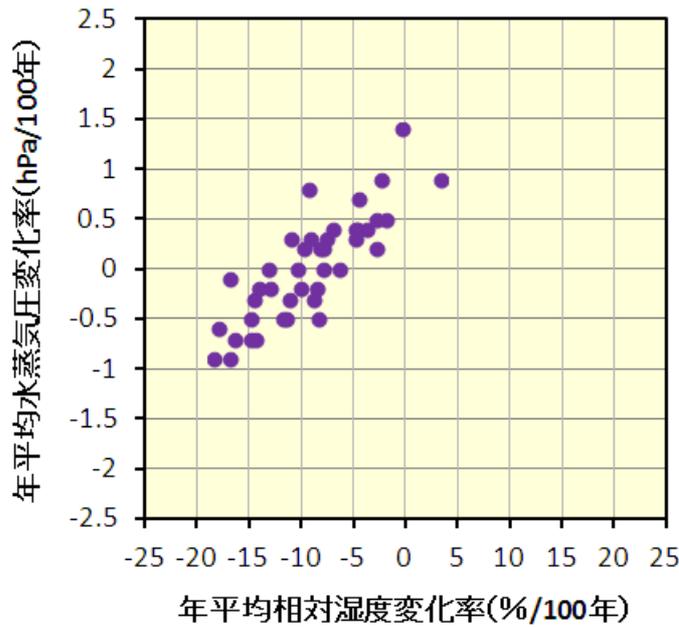


図 2.4(a) 全国 41 地点における年平均相対湿度変化率と年平均水蒸気圧変化率の相関図。庁舎移転の影響がある官署については、移転の影響が補正できないため除外した。統計期間は 1931 年から 2012 年まで(冬は 1932 年から 2013 年まで)。

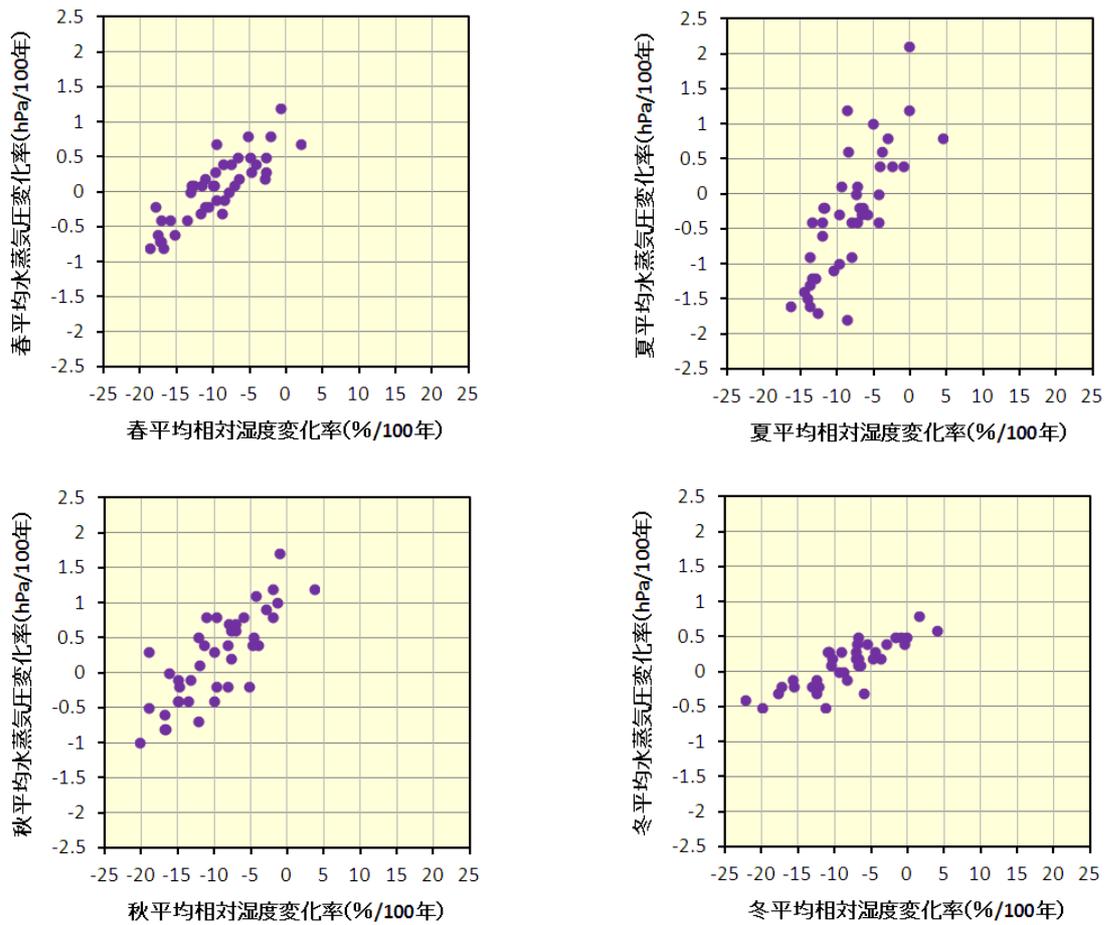


図 2.4(b) 全国 41 地点における季節平均相対湿度変化率と季節平均水蒸気圧変化率の相関図。庁舎移転の影響がある官署については、移転の影響が補正できないため除外した。統計期間は 1931 年から 2012 年まで(冬は 1932 年から 2013 年まで)。

統計期間 1931～2012 年（冬は 1932～2013 年）で庁舎の移転の影響が無く平均相対湿度変化率の統計が可能である全国 53 地点および平均水蒸気圧変化率の統計が可能である全国 41 地点の気象官署において、平均気温変化率と平均相対湿度変化率、平均水蒸気圧変化率との関係を図 2.5 に示す。平均気温の上昇率が大きいほど平均相対湿度の減少率が大きい傾向があり、平均相対湿度の変化には平均水蒸気圧の変化だけでなく気温の変化に伴う飽和水蒸気圧の変化も一定の寄与をしていると考えられる。季節別に見ると、冬は全国的に平均気温上昇率が大きく、同時に平均相対湿度の減少率も大きくなっており、相対湿度変化率に対する気温変化の寄与は冬に大きい傾向が見られる。また、平均気温上昇率が大きいほど平均水蒸気圧が減少している傾向も見られる。これは地表面が人工被覆に変わることによって地表面や植物からの水分の蒸発が減少し、地表面から大気に与えられる熱量が増加して気温が上昇していることの現れと考えられる。季節別にみると、冬は平均水蒸気圧の変化が小さくても平均気温の上昇率が大きくなっており、冬の平均気温の上昇には水分の蒸発が減少していること以外の要因の寄与が大きいと考えられる。

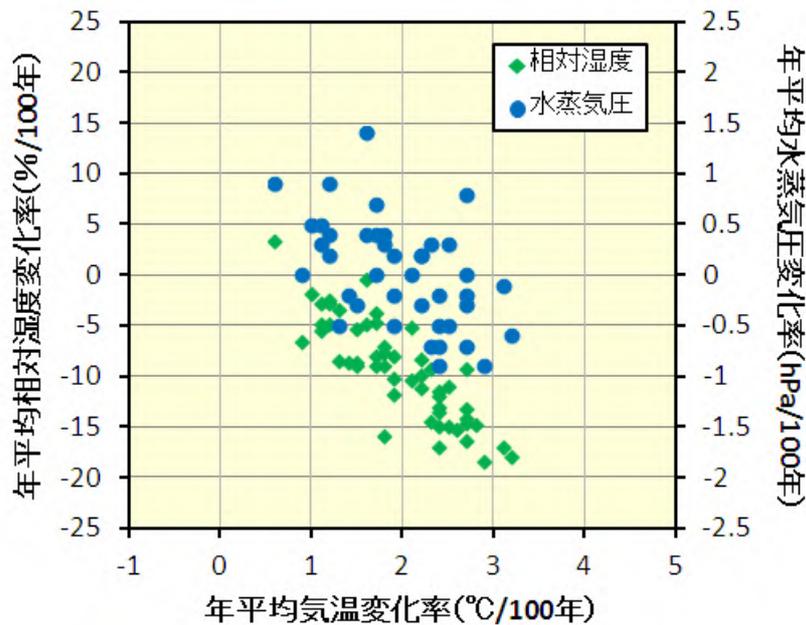


図 2.5(a) 全国 53 地点における年平均相対湿度変化率、および全国 41 地点における年平均水蒸気圧変化率と気温変化率の相関図。庁舎移転の影響がある官署については、移転の影響が補正できないため除外した。統計期間は 1931 年から 2012 年まで（冬は 1932 年から 2013 年まで）。

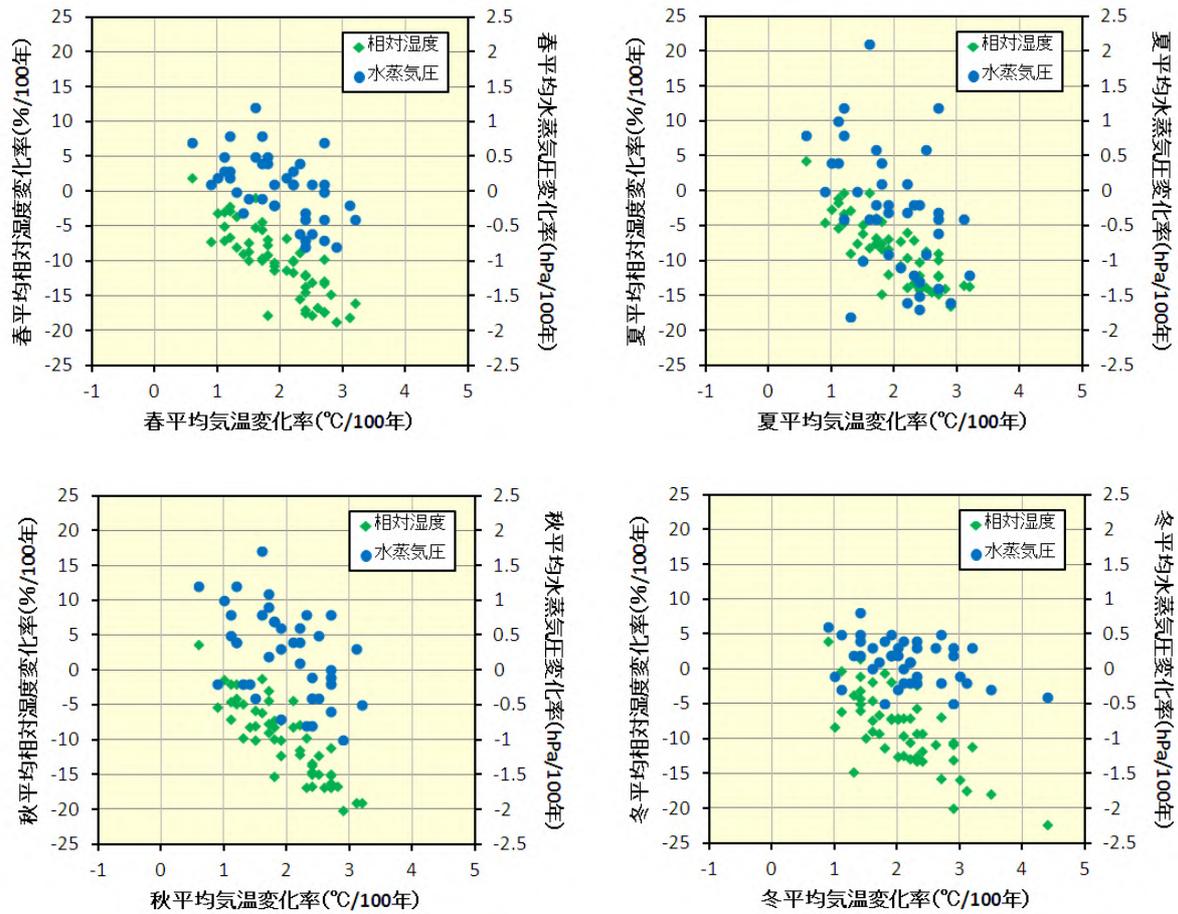


図 2.5(b) 全国 53 地点における季節平均相対湿度変化率、全国 41 地点における季節平均水蒸気圧変化率と気温変化率の相関図。庁舎移転の影響がある官署については、移転の影響が補正できないため除外した。統計期間は 1931 年から 2012 年まで(冬は 1932 年から 2013 年まで)。

(3) 降水量、最大1時間降水量

統計期間 1931～2012 年（冬は 1932～2013 年）で降水量変化率の統計が可能である全国 82 地点の気象官署において、都市化率と降水量の変化率の関係を図 2.6 に示す。年降水量、季節降水量共に都市化率による明瞭な違いはなく、都市化の影響は確認できない。

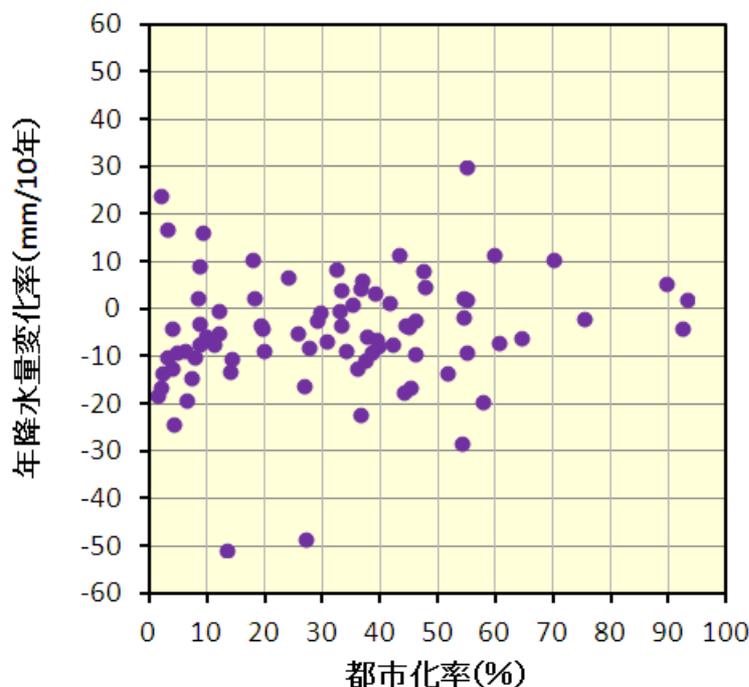


図 2.6(a) 全国 82 地点における年降水量変化率と都市化率の相関図。都市化率は 2006 年度版国土数値情報土地利用 3 次メッシュにおける観測所の半径 7km の人工被覆率(建物用地、幹線道路、その他の用地の割合の合計)である。統計期間は 1931 年から 2012 年まで。

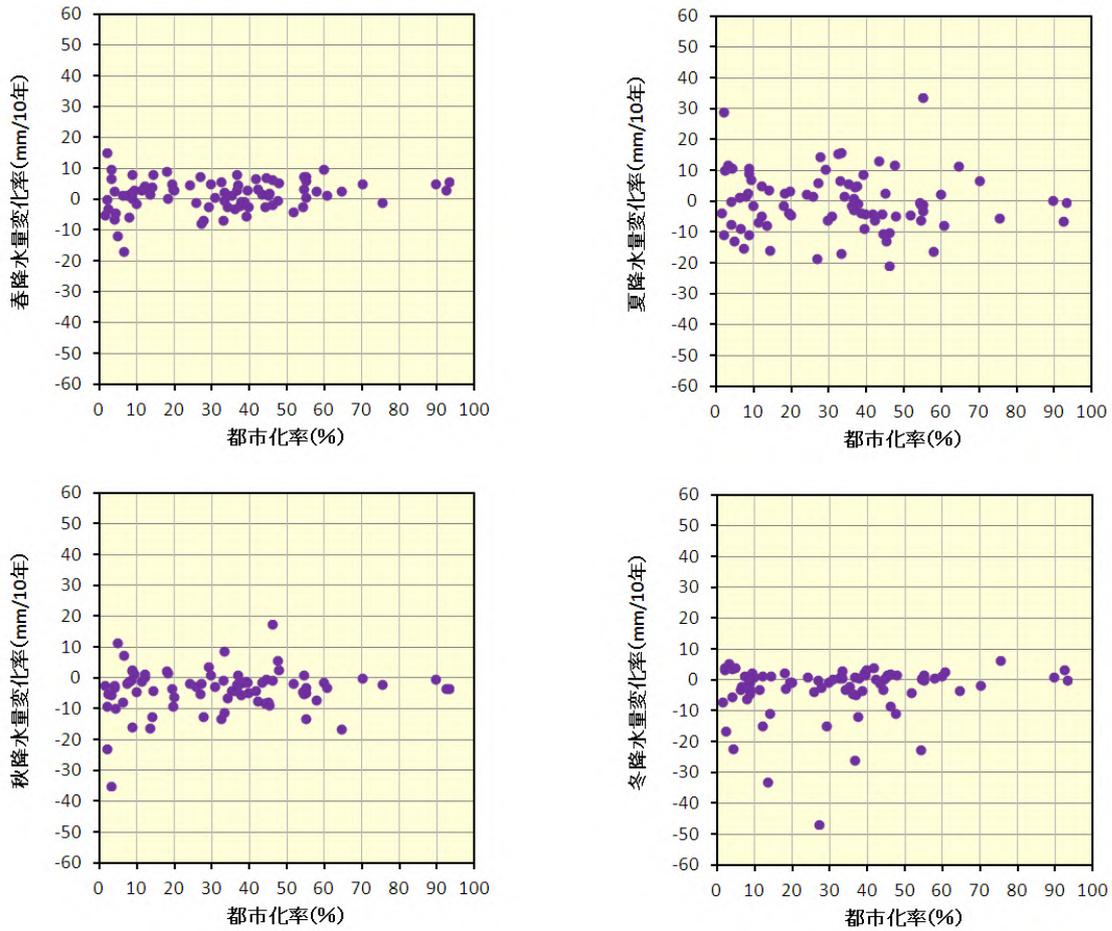


図 2.6(b) 全国 82 地点における季節降水量変化率と都市化率の相関図。都市化率は 2006 年度版国土数値情報土地利用 3 次メッシュにおける観測所の半径 7km の人工被覆率(建物用地、幹線道路、その他の用地の割合の合計)である。統計期間は 1931 年から 2012 年まで(冬は 1932 年から 2013 年まで)。

また、統計期間 1965～2012 年（冬は 1966～2013 年）で最大 1 時間降水量変化率の統計が可能である全国 134 地点の気象官署において、都市化率と最大 1 時間降水量の関係を図 2.7 に示す。年最大 1 時間降水量、季節別最大 1 時間降水量共に増加傾向を示す地点がやや多い。都市化率による明瞭な違いはなく、都市化の影響は確認出来ない。

本統計調査では、低気圧や前線による降水、台風等の熱帯低気圧による降水、上空の寒気や下層の暖湿気流による不安定降水、強い日射による熱雷²⁰など様々な要因による降水現象をまとめて統計解析を行っているが、この様な全ての降水現象に対して都市化の影響が指摘されている訳ではない。例えば、藤部ほか（2009）で都市化の影響の可能性が指摘されている降水現象は、夏季の 17～23 時の 6 時間降水量であるなど、都市化が影響を及ぼしている可能性があるものは夏季の強い日射による熱雷等、特定の気象条件における一部の降水現象に限られている。本統計調査では、降水現象全体で見た場合に都市化の影響が見られないことが示されたのみであり、特定の気象条件における一部の降水現象に都市化が影響を及ぼしている可能性まで否定出来るものではない。都市化と降水現象の関係を完全に解明するためには、降水の統計量を季節別や要因別、時間別に分類して統計解析を行うなど、更なる精密な調査が必要である。

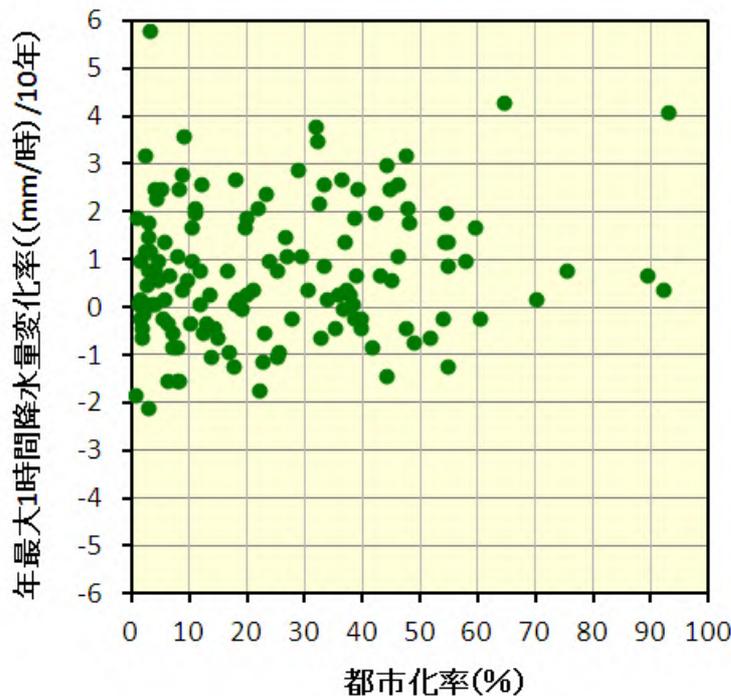


図 2.7(a) 全国 134 地点における年最大 1 時間降水量変化率と都市化率の相関図。都市化率は 2006 年度版国土数値情報土地利用 3 次メッシュにおける観測所の半径 7km の人工被覆率（建物用地、幹線道路、その他の用地の割合の合計）である。統計期間は 1965 年から 2012 年まで。

²⁰ 夏季の強い日射により湿気を含んだ地面付近の空気が上昇し、雷雲となって発生する雷雨。

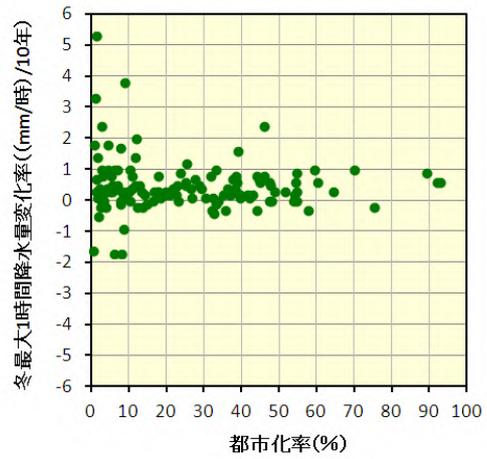
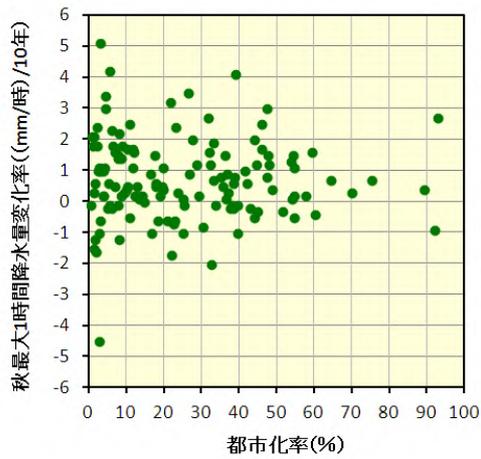
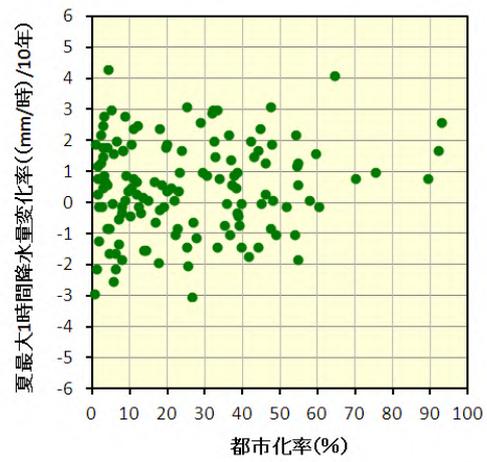
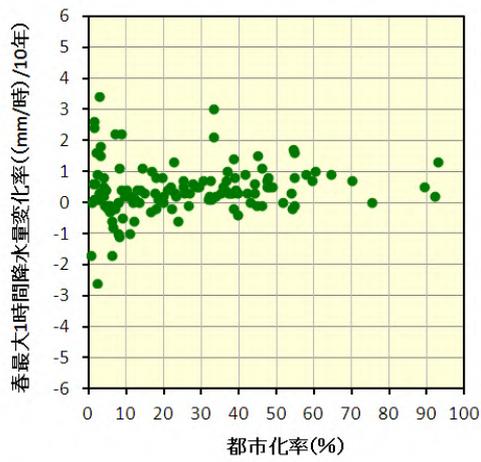


図 2.7(b) 全国 134 地点における季節最大1時間降水量変化率と都市化率の相関図。都市化率は 2006 年度版国土数値情報土地利用 3 次メッシュにおける観測所の半径 7km の人工被覆率(建物用地、幹線道路、その他の用地の割合の合計)である。統計期間は 1965 年から 2012 年まで(冬は 1966 年から 2013 年まで)。

2.4 気温や降水量等の変化率の全国分布

2.1 節の調査では、気温上昇率について、西日本の都市では春や秋、北日本や東日本の都市では冬に最大となるなど、地域や季節による特徴の違いが見られた。また、一部の都市で見られる最大 1 時間降水量の有意な増加については、広域的な要因が考えられるところである。本節では、気温や降水量等の全国分布から、気温や降水量等の変化傾向に及ぼす広域的な要因の影響について分析する。

(1) 平均気温、日最高気温、日最低気温

統計期間 1931～2012 年（冬は 1932～2013 年）で気温変化率の統計が可能である全国 82 地点の気象官署における気温変化率の分布図を図 2.8 に示す。気温上昇率は、春・夏・秋は西日本で大きく北日本で小さい西高北低の傾向、冬は北日本で大きく西日本で小さい北高西低の傾向が見られ、年平均では西高北低の傾向となっている。表 2.1 で見られた西日本で春・秋に気温上昇率が最大となり、北日本で冬に気温上昇率が最大となる傾向は、広域的な気候変動の違いによるものと考えられる。年・春・夏・秋の平均気温の上昇率が西高北低となる傾向は、日本近海の海面水温の上昇率が西高北低の傾向であること（気象庁，2012a）と整合しており、また冬の平均気温の上昇率が北高西低となる傾向については、積雪量や海氷の減少により高緯度ほど気温上昇が大きくなる世界的な傾向（IPCC，2007）と整合的である。

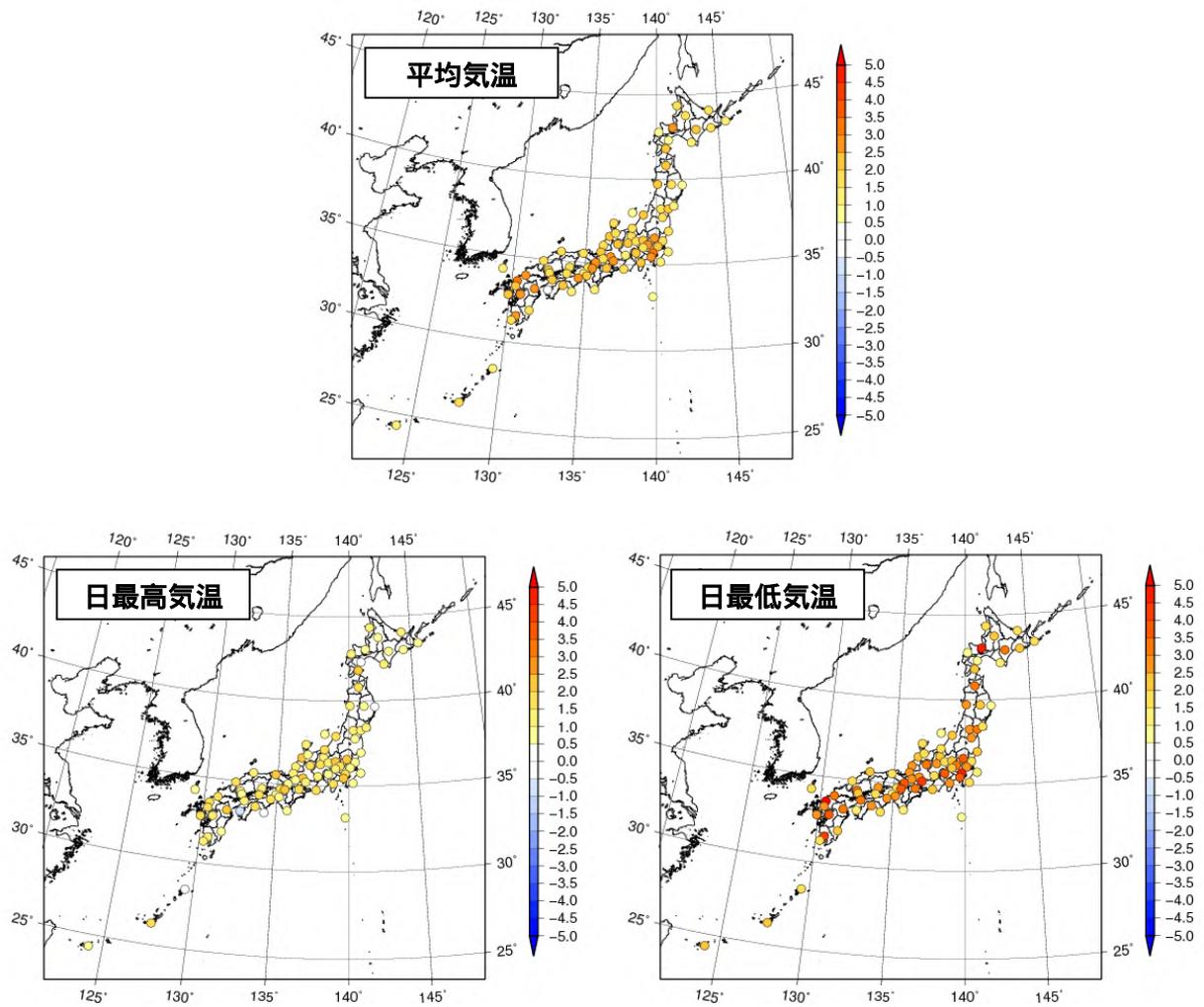


図 2.8(a) 全国 82 地点における年平均気温、日最高気温と日最低気温の年平均の変化率(/100 年)の分布。庁舎移転の影響がある官署については、大野ほか(2011)により移転の影響を補正して気温変化率を算出している。統計期間は 1931 年から 2012 年まで。

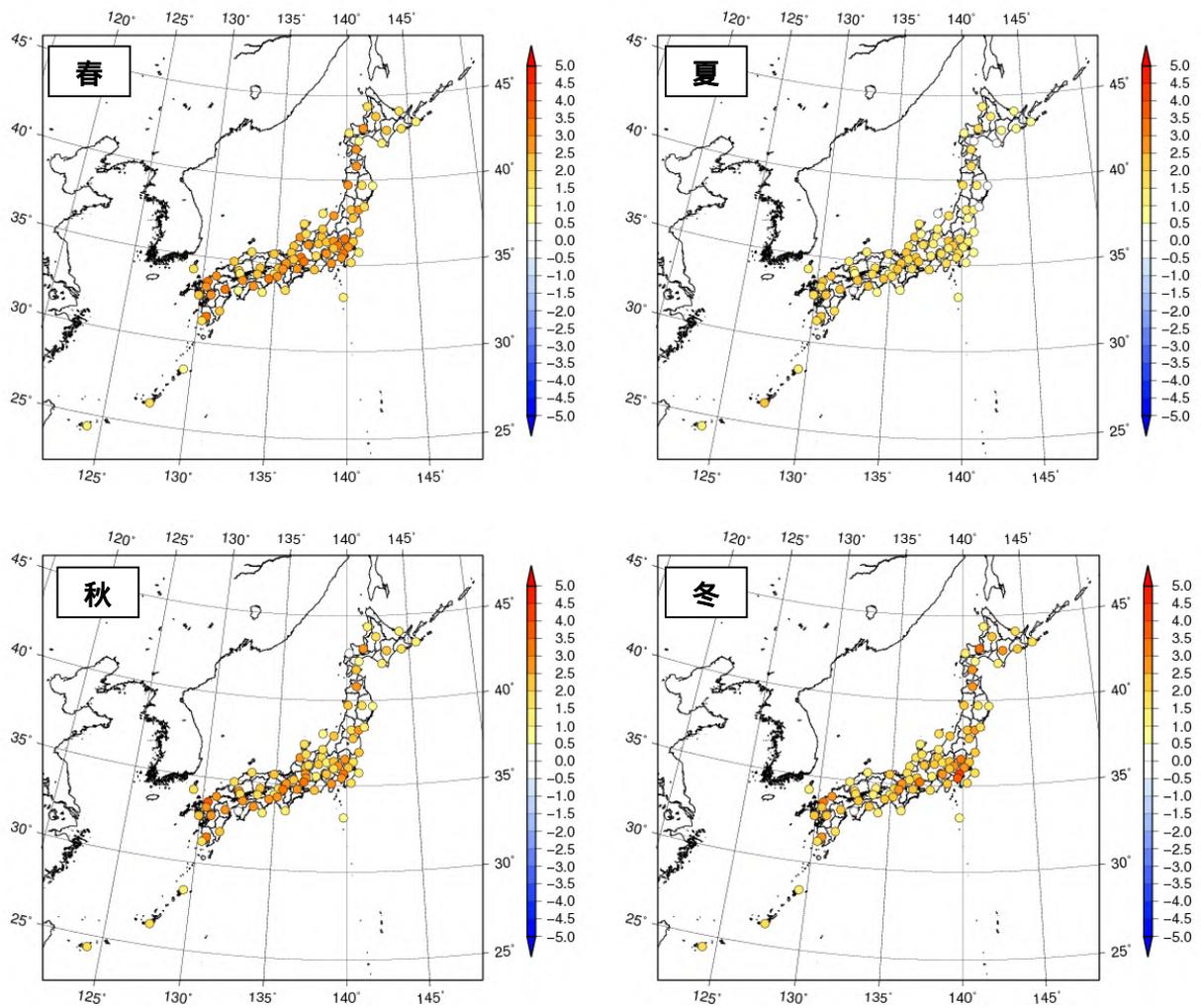


図 2.8(b) 全国 82 地点における季節平均気温の変化率(/100 年)の分布図。庁舎移転の影響がある官署については、大野ほか(2011)により移転の影響を補正して気温変化率を算出している。統計期間は 1931 年から 2012 年まで(冬は 1932 年から 2013 年まで)。

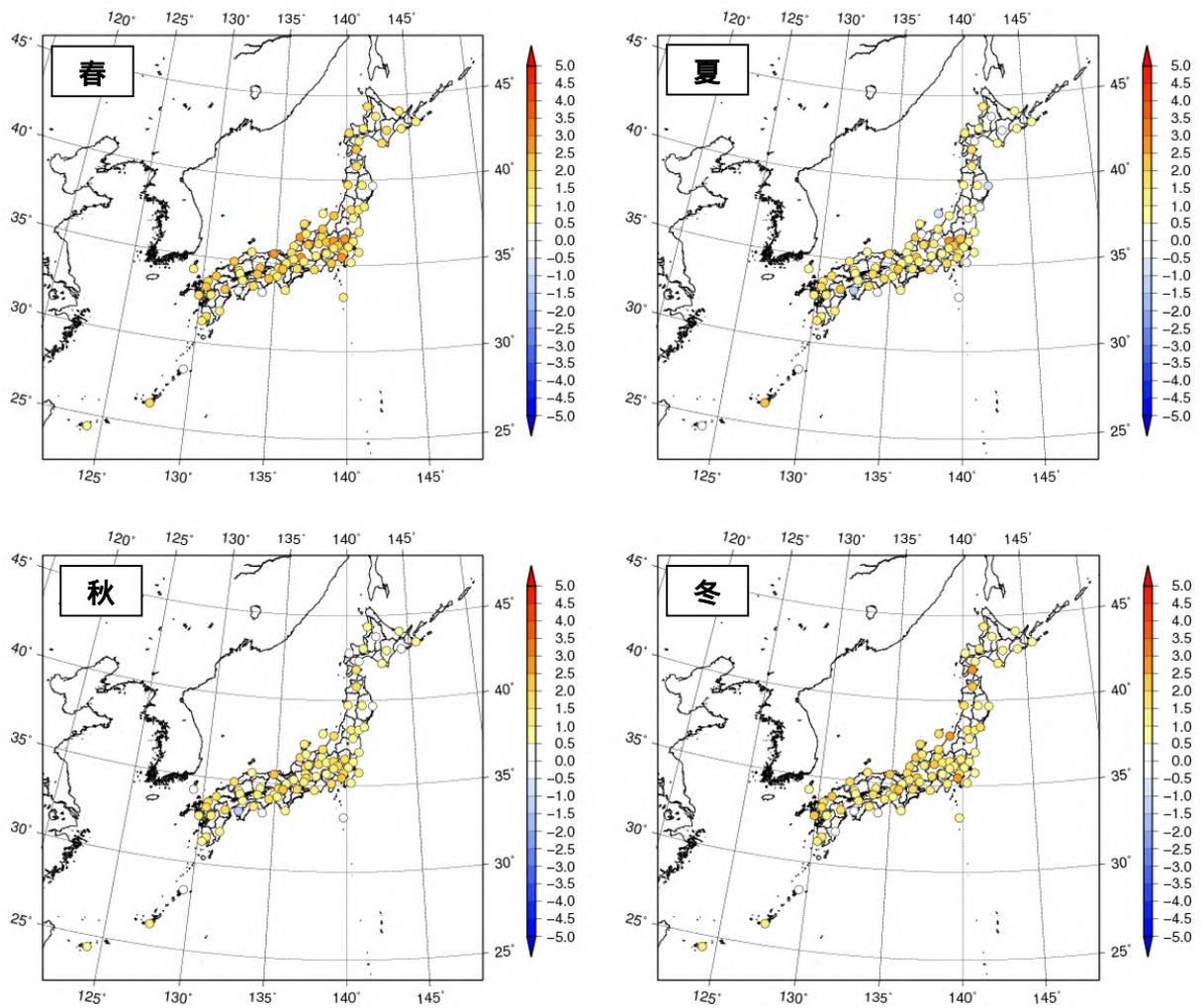


図 2.8(c) 全国 82 地点における日最高気温の季節平均の変化率(/100 年)の分布図。庁舎移転の影響がある官署については、大野ほか(2011)により移転の影響を補正して気温変化率を算出している。統計期間は 1931 年から 2012 年まで(冬は 1932 年から 2013 年まで)。

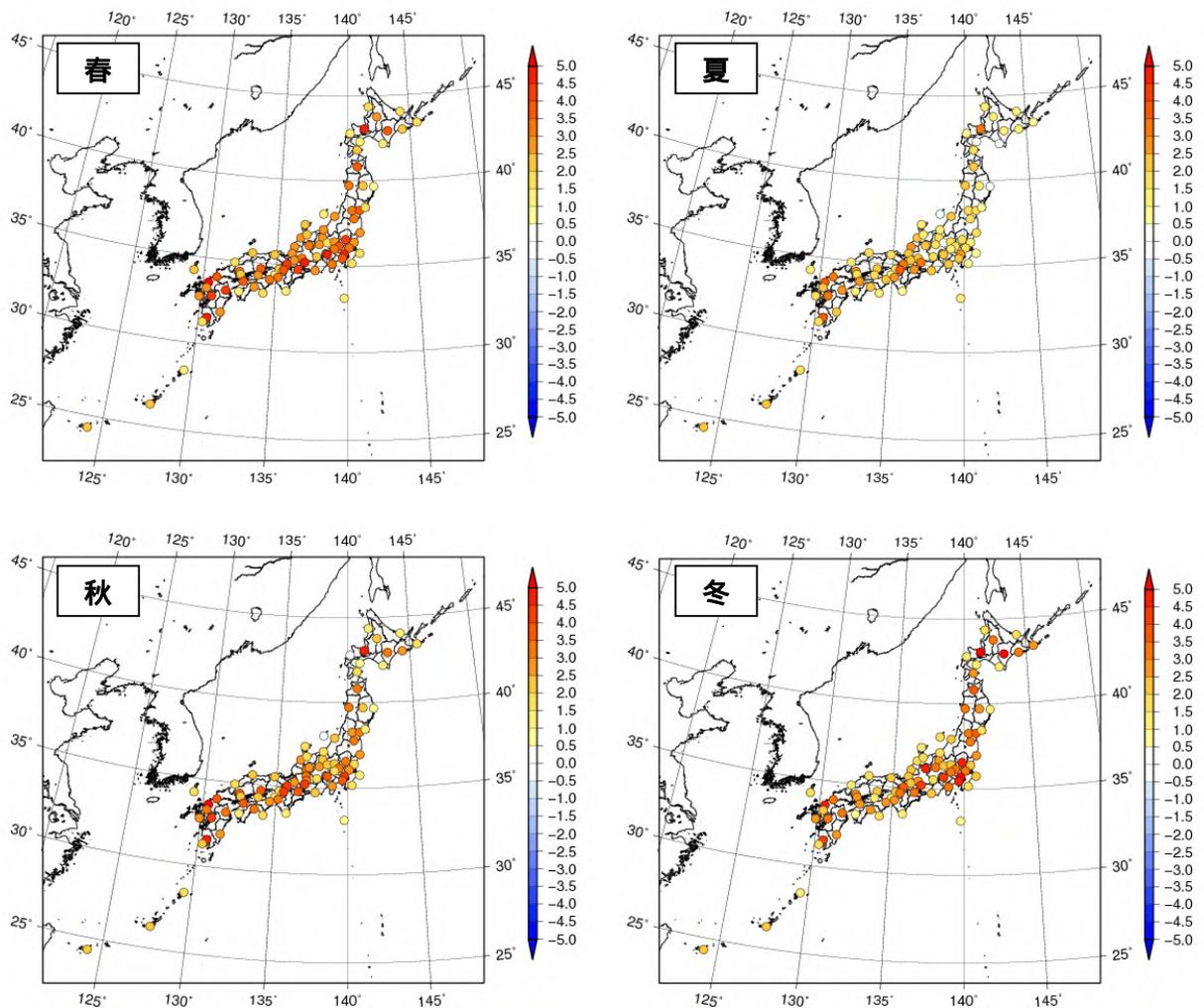


図 2.8(d) 全国 82 地点における日最低気温の季節平均の変化率(/100 年)の分布図。庁舎移転の影響がある官署については、大野ほか(2011)により移転の影響を補正して気温変化率を算出している。統計期間は 1931 年から 2012 年まで(冬は 1932 年から 2013 年まで)。

(2) 平均相対湿度、平均水蒸気圧

統計期間 1931～2012 年（冬は 1932～2013 年）で庁舎の移転の影響が無く平均相対湿度変化率の統計が可能である全国 53 地点の気象官署における平均相対湿度変化率および平均水蒸気圧変化率の統計が可能である全国 41 地点の気象官署における平均水蒸気圧変化率の分布図を図 2.9 に示す。

平均相対湿度は、季節に寄らず関東や関東・近畿・東海・瀬戸内など大都市が集中する地域を中心に減少率が大きい傾向が見られる。一方、平均水蒸気圧は、夏に関東・近畿・東海など大都市圏の周辺で減少率が大きく沿岸部で増加率が大きい。冬は関東や東海の一部で僅かに減少傾向が見られる以外は全般に増加傾向である。このように、平均相対湿度では季節による特徴の違いが小さい一方、平均水蒸気圧は季節による特徴の違いが顕著である。

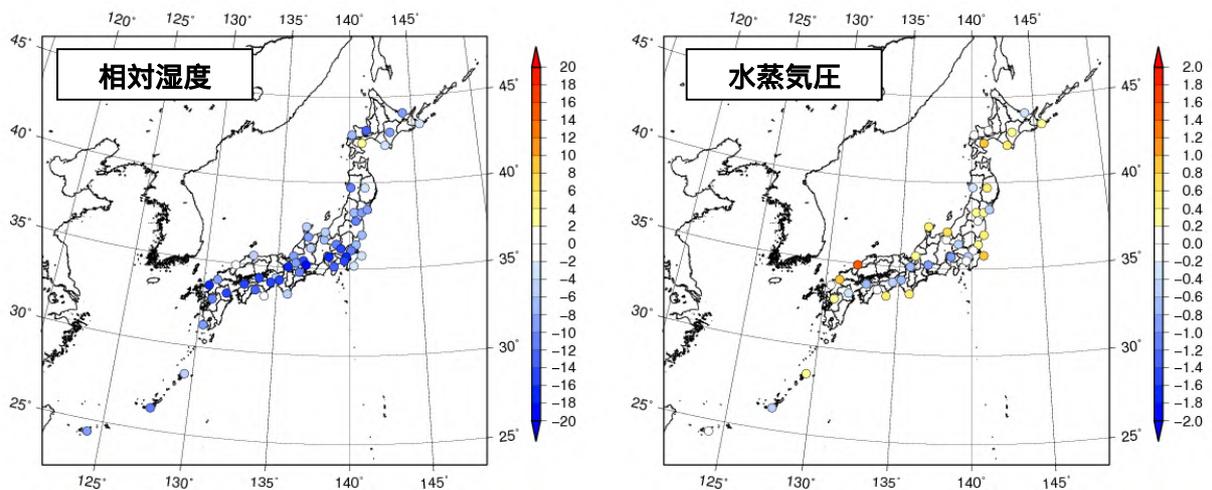


図 2.9(a) 全国 53 地点における年平均相対湿度変化率 (%/100 年)、全国 41 地点における年平均水蒸気圧変化率 (hPa/100 年) の分布。庁舎移転の影響がある官署については、移転の影響が補正できないため除外した。統計期間は 1931 年から 2012 年まで。

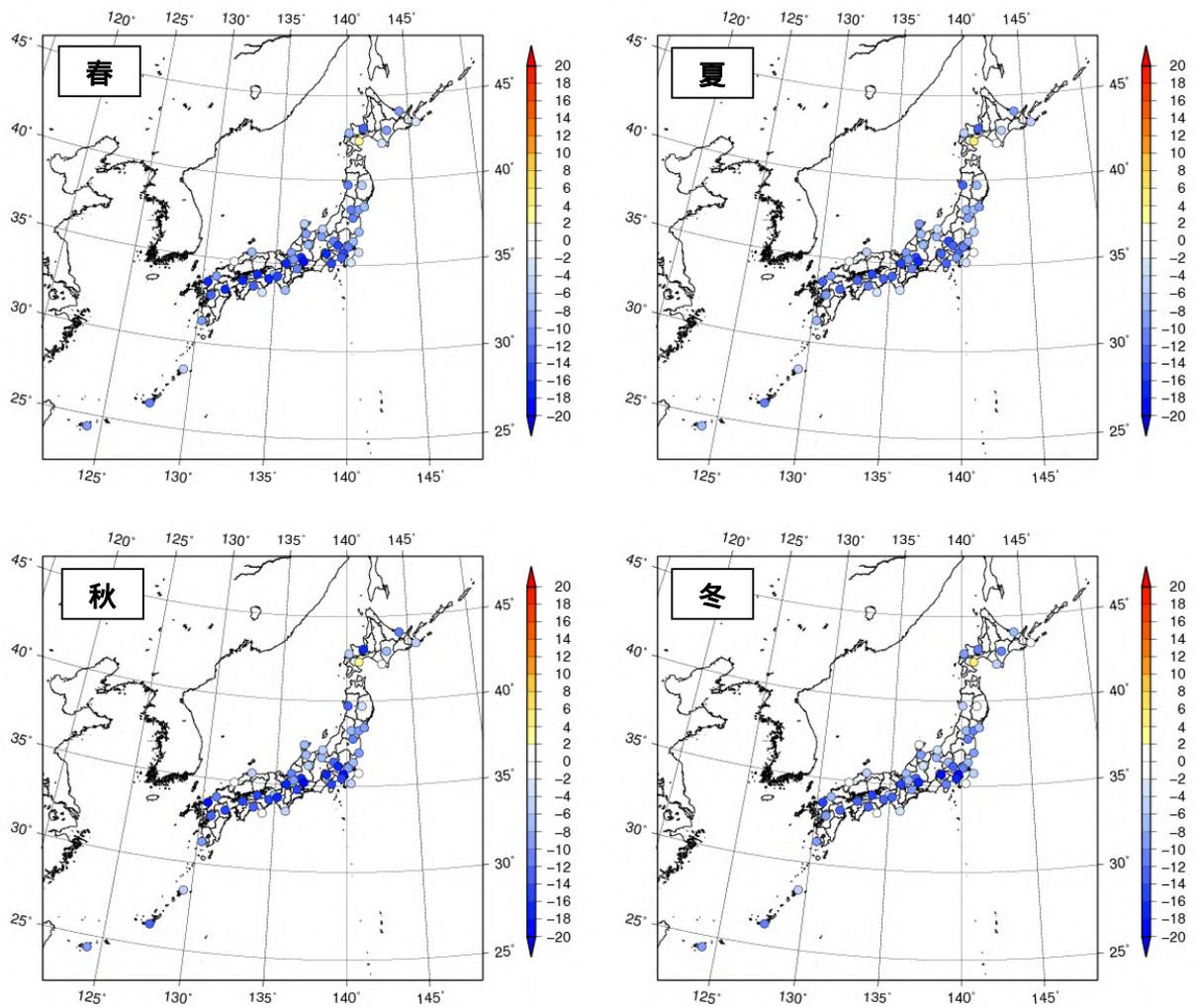


図 2.9(b) 全国 53 地点における季節平均相対湿度変化率(%/100 年)の分布。庁舎移転の影響がある官署については、移転の影響が補正できないため除外した。統計期間は 1931 年から 2012 年まで(冬は 1932 年から 2013 年まで)。

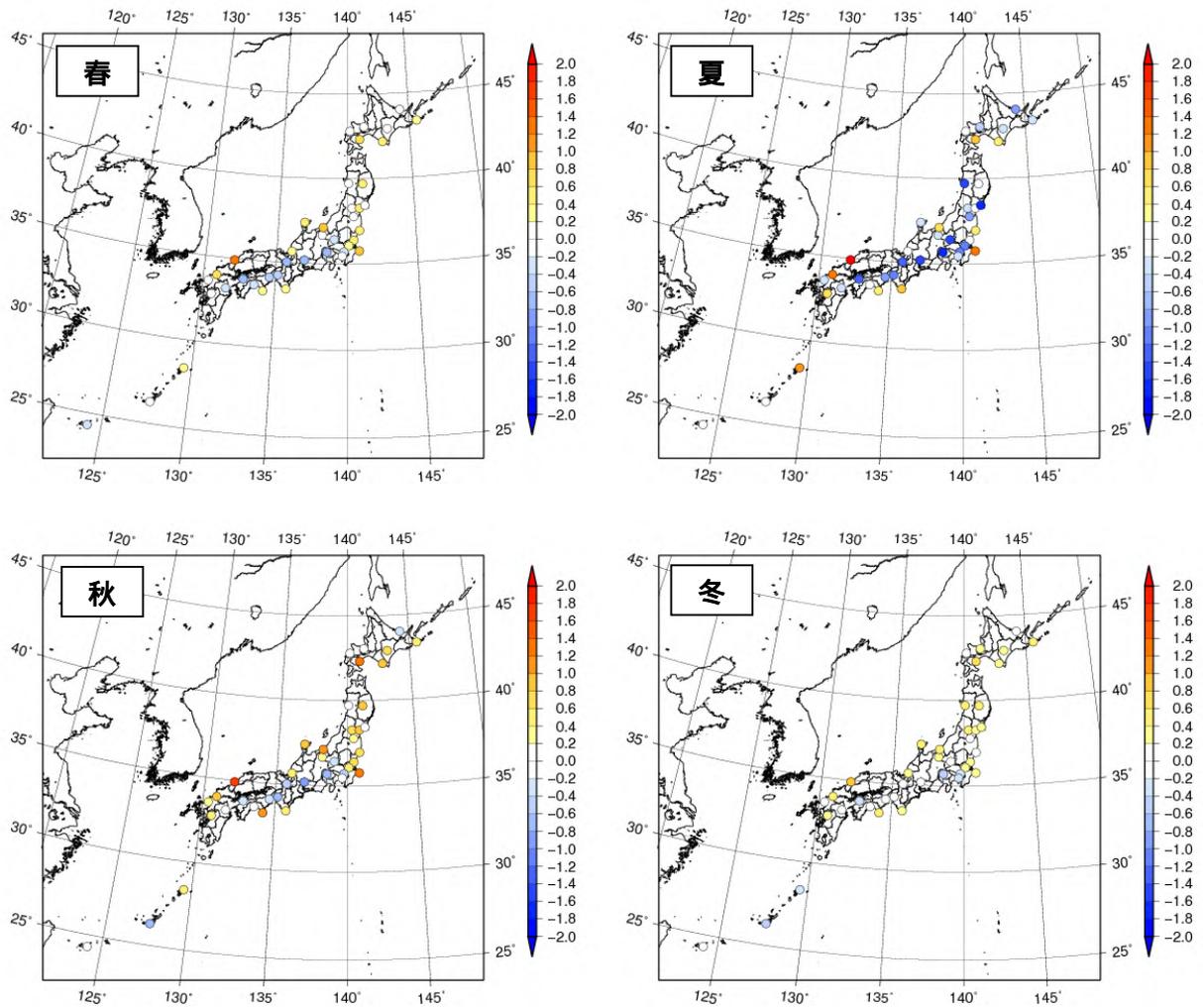


図 2.9(c) 全国 41 地点における季節平均水蒸気圧変化率(hPa/100年)の分布。庁舎移転の影響がある官署については、移転の影響が補正できないため除外した。統計期間は 1931 年から 2012 年まで(冬は 1932 年から 2013 年まで)。

(3) 降水量、最大1時間降水量

統計期間 1931～2012 年（冬は 1932～2013 年）で降水量変化率の統計が可能である全国 82 地点の気象官署における降水量変化率および統計期間 1965～2012 年（冬は 1966～2013 年）で最大 1 時間降水量変化率の統計が可能である全国 134 地点の気象官署における最大 1 時間降水量変化率の分布を図 2.10 に示す。冬の太平洋側では広範囲で最大 1 時間降水量が増加傾向にあり、表 2.3 で幾つかの都市で見られた最大 1 時間降水量の増加傾向は都市化によるものではなく、広域的な気候変動の影響による可能性が高いと考えられる。また、夏は九州北部、秋は関東平野で広域的に最大 1 時間降水量の増加傾向が見られ、表 2.3 で見られた福岡や横浜の最大 1 時間降水量増加の要因についても、都市化によるものではなく地球温暖化等の広域的な気候変動の影響が考えられる。

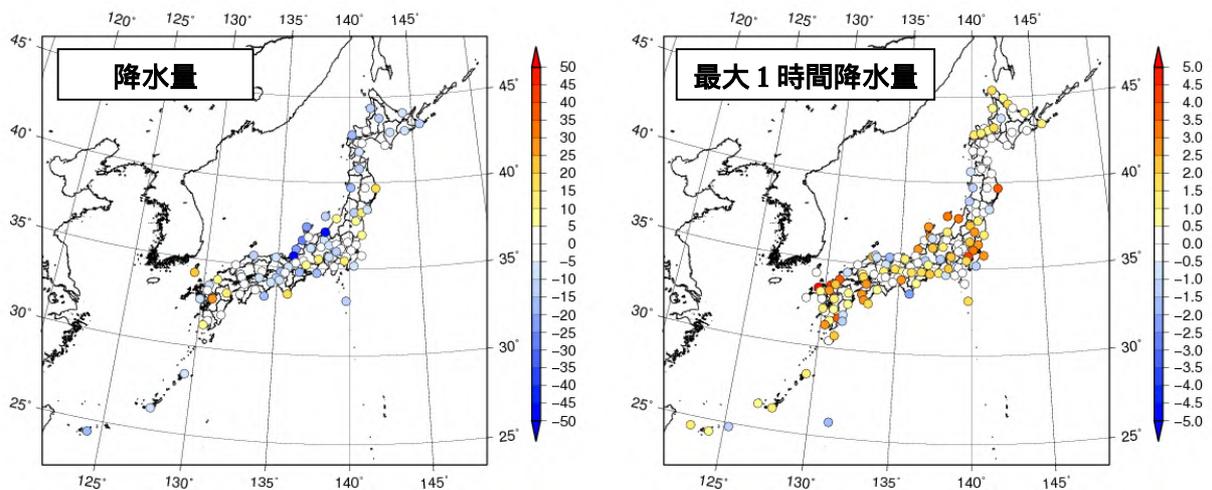


図 2.10(a) 全国 82 地点における年降水量変化率(mm/10 年)の分布(左)と、全国 134 地点における年最大1時間降水量変化率((mm/時)/10 年)の分布(右)。統計期間は年降水量が 1931 年から 2012 年、年最大 1 時間降水量が 1965 年から 2012 年まで。

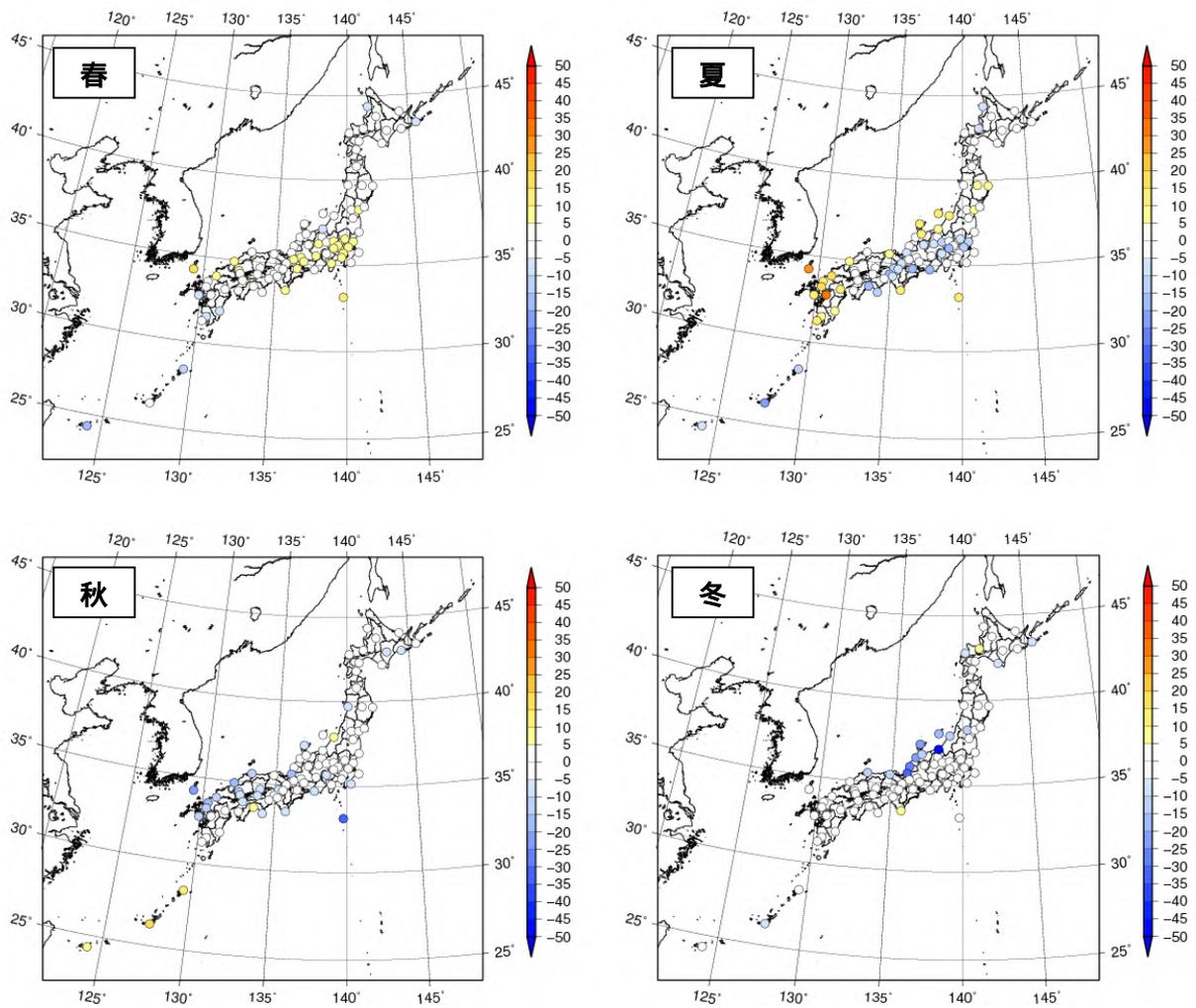


図2.10(b) 全国82地点における季節降水量変化率(mm/10年)の分布。統計期間は年降水量が1931年から2012年まで(冬は1932年から2013年まで)。

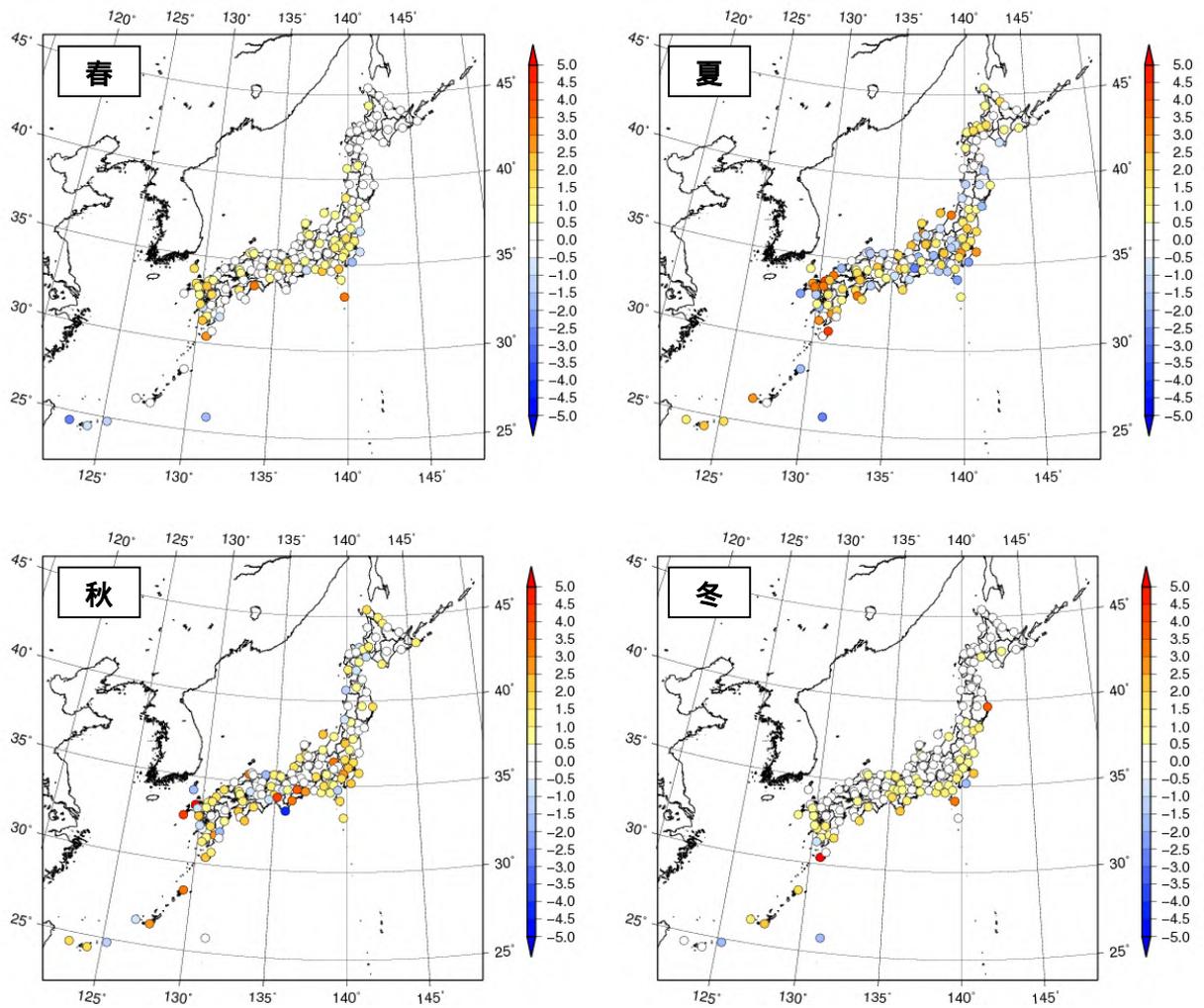


図 2.10(c) 全国 134 地点における季節最大 1 時間降水量変化率 ((mm/時)/10 年) の分布。統計期間は年降水量が 1965 年から 2012 年まで(冬は 1966 年から 2013 年まで)。

経年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運動のため、大きく変動している。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、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。この「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、統計量に見られる経年変化傾向の有無の可能性について、統計的有意性を 99%、95%、90%の 3 段階の信頼水準で検定した結果を判断基準としている。

なお、この統計的検定は次のような手法により行っている。

(イ) 統計量の年々変動成分が正規分布に従うことが仮定出来る場合

平均気温や平均相対湿度等の場合、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出来る。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出来ない場合

猛暑日や熱帯夜、降水量等の場合、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出来ない場合がある。正規分布とみなすことが出来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。「信頼水準 95%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 5%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小さく、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。