

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

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い。

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。

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相対湿度等の長期変化傾向、2.2 節で全国の主要都市における熱帯夜日数や霧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¹と気温や相対湿度等の変化率との関係について分析する。

2.1 全国の主要都市における気温や相対湿度等の長期変化傾向

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 都市の気温の長期変化傾向を表 2.1 に、相対湿度と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 2011 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²平均（相対湿度と水蒸気圧については、
観測所移転の影響を補正できないため、17 地点のうち飯田と宮崎を除いた 15 地点平均とする）の値
をあわせて表示している。17 地点平均（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
17 地点平均（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。

¹ 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)として定義している。

² 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完全に除去されているわけではない。

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。年平均気温で見ると、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、日最高気温の月平均値、日最低気温の月平均値のいずれも 8 月に比べて 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）の月平均値と日最低気温（主に早朝に記録される）の月平均値を比較すると、年、1 月、8 月のいずれも日最低気温の上昇率が大きく、その差は 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、観測結果にもこの影響が現れているものと考えられる。

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 地点平均の都市化率と気温の変化率

年、1 月、8 月の平均気温、日最高気温の月または年平均値、日最低気温の月または年平均値の 100 年あたりの変化率を示す。統計期間は 1931 年から 2011 年まで。斜体字は信頼水準 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 地点と 17 地点平均における飯田、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。

都 市	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	1 月	8 月	年	1 月	8 月	年	1 月	8 月
札 幌	75.1	2.7	3.8	1.3	0.9	1.6	-0.2	4.5	6.4	2.9
仙 台	69.9	2.3	3.1	0.7	1.0	1.6	-0.2	3.2	4.1	1.2
東 京	92.9	3.2	4.7	1.7	1.5	1.5	0.8	4.5	6.6	2.5
横 浜	59.4	2.8	3.7	1.5	2.3	2.6	1.4	3.6	5.1	2.1
新 潟	47.2	2.1	2.6	1.4	1.9	2.9	0.7	2.4	2.8	2.1
名 古 屋	89.3	2.9	3.2	2.4	1.1	1.4	0.9	4.1	4.1	3.3
京 都	60.2	2.7	2.8	2.4	0.9	0.9	0.9	3.9	4.1	3.3
大 阪	92.1	2.9	2.7	2.5	2.3	1.8	2.3	3.9	3.4	3.7
広 島	54.6	2.1	1.9	1.6	1.0	0.9	1.1	3.2	2.9	2.5
福 岡	64.3	3.1	3.0	2.4	1.6	1.6	1.5	5.2	4.5	3.8
鹿 児 島	38.8	2.9	3.0	2.7	1.3	1.3	1.4	4.2	4.3	3.8
17 地点平均	19.2	1.5	1.8	0.9	1.0	1.1	0.4	1.9	2.2	1.4

表 2.2 から、主要都市の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-7.1%であるのに対し、東京では-18.2%と倍以上である。一方で、水蒸気圧については、有意な変化傾向が見られる都市は少なく、有意な変化傾向が見られる都市においても変化量は小さい。

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水蒸気圧の変化が小さくても相対湿度の減少は大きいことから、水蒸気圧の減少に加えて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により、相対湿度が減少していると考えられる。

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

夏季 (8 月) と冬季 (1 月) を比較すると、都市の相対湿度は何れも 15 地点平均に比べて大きく減少しており、季節的な違いはみられない。水蒸気圧については、冬季は札幌以外では有意な変化傾向がみられない。一方、夏季は東京や名古屋、京都、福岡などの大都市において有意な水蒸気圧の減少傾向がみられる。都市においては水面や緑地の減少に伴って、地表面や植物からの水蒸気の蒸発量が減少する。夏季の都市における水蒸気圧の減少傾向にはこの影響が現れているものと考えられる。

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 地点平均の都市化率と相対湿度、水蒸気圧の変化率

年、1月、8月の相対湿度、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2011年まで。斜体字は信頼水準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。を付した地点は、統計期間内に庁舎の移転があるため表示しない。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ものである。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。

都 市	都市化率 (%)	相対湿度変化率 ³ (%/100年)			水蒸気圧変化率 (hPa/100年) ⁴		
		年	1月	8月	年	1月	8月
札 幌	75.1	-13.4	-10.7	-14.1	-0.1	0.5	-1.5
仙 台	69.9	-9.4	-11.0	-8.2	0.3	0.3	-1.0
東 京	92.9	-18.2	-23.3	-14.8	-0.7	-0.4	-1.9
横 浜	59.4	-14.3	-18.7	-10.8	-0.1	-0.4	-0.8
新 潟	47.2	---	---	---	---	---	---
名 古 屋	89.3	-18.7	-18.2	-19.6	-0.9	-0.2	-2.5
京 都	60.2	-16.7	-15.6	-16.7	-0.7	-0.1	-2.0
大 阪	92.1	---	---	---	---	---	---
広 島	54.6	---	---	---	---	---	---
福 岡	64.3	-17.0	-14.3	-16.9	-0.1	0.0	-1.2
鹿 児 島	38.8	---	---	---	---	---	---
15 地点平均	18.5	-7.1	-6.3	-7.7	0.1	0.2	-0.5

³ 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、これらによる年平均相対湿度や年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 自記毛髪湿度計から通風乾湿計に変更。

1971年 通風乾湿計から隔測温湿度計に変更。

1996年 隔測温湿度計から電気式湿度計に変更。

⁴ 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。

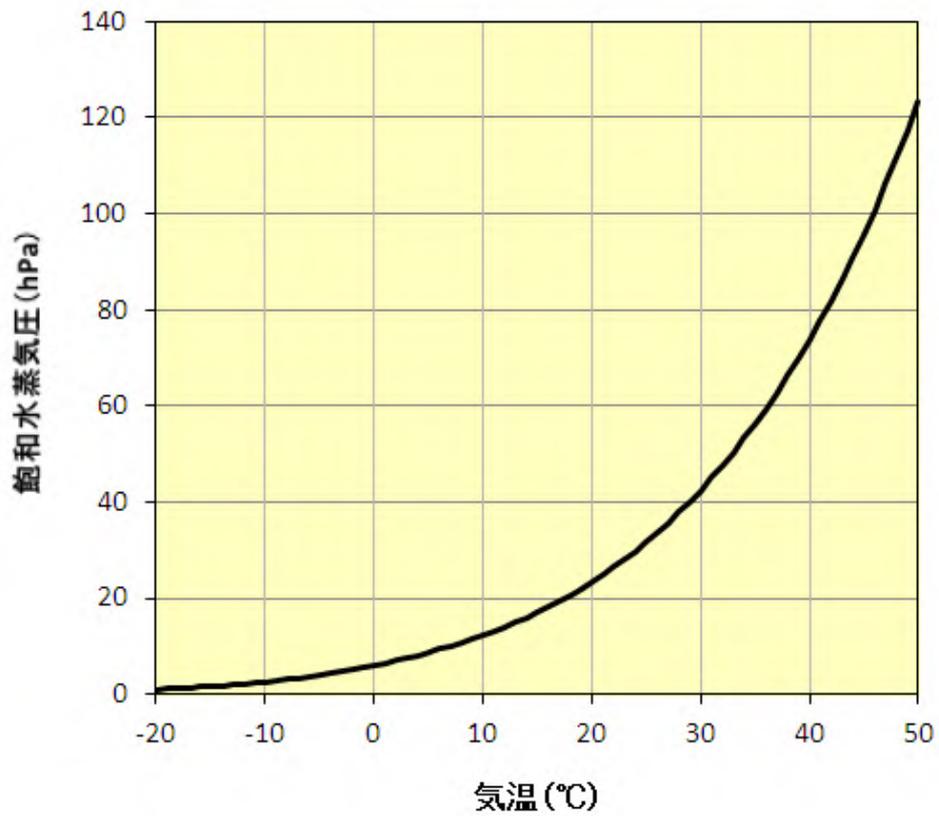


図 2.1 気温と飽和水蒸気圧の関係

図 2.2、図 2.3、図 2.4 に、主要都市及び都市化の影響の小さい地点の平均における年平均気温、相対湿度、水蒸気圧の経年変化傾向を示す。

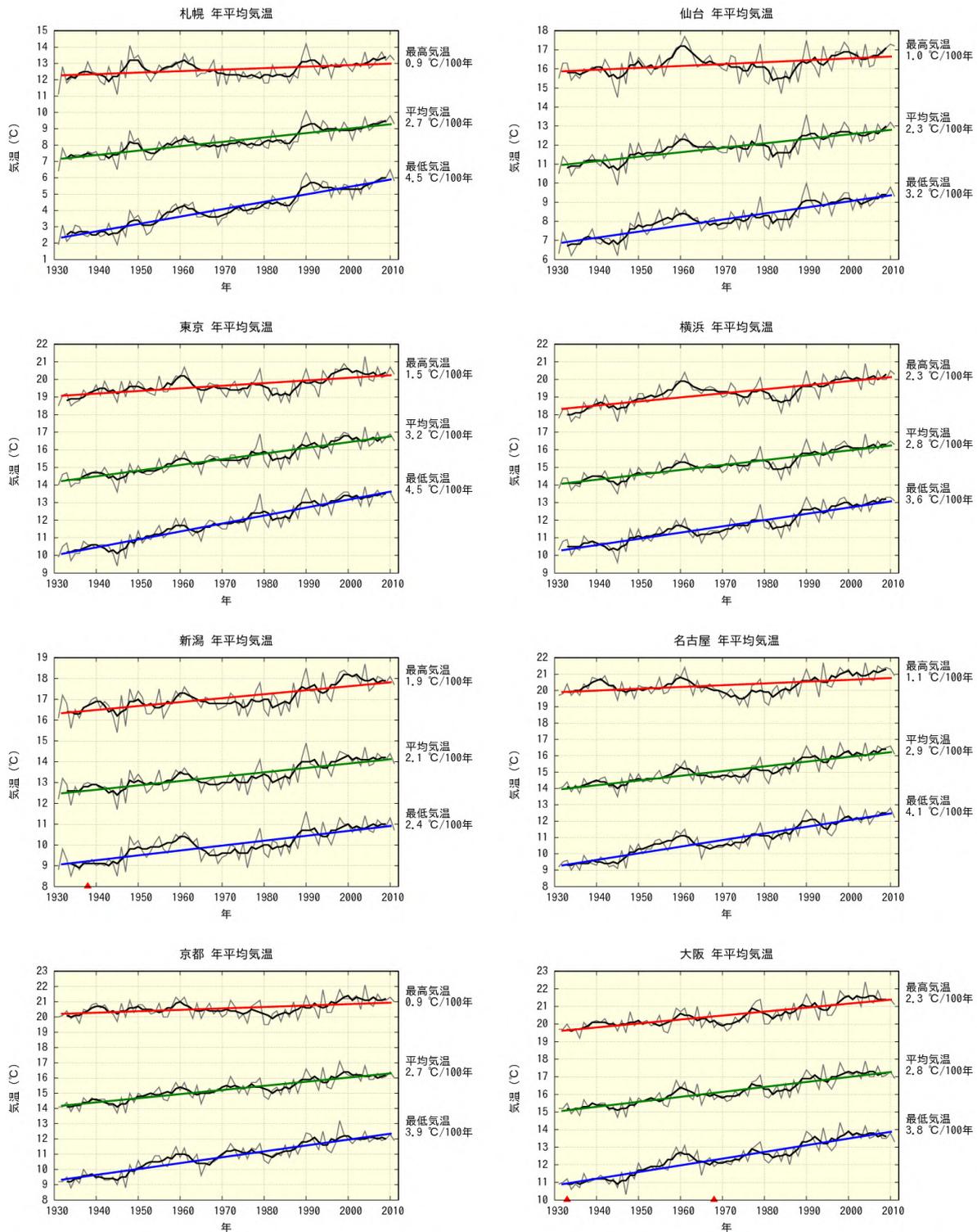


図 2.2 全国の主要都市における気温の長期変化。太い折れ線は 5 年移動平均を示す。信頼水準 90% 以上で有意な長期変化傾向がある場合は、色を付けた直線で示している。また、庁舎の移転があった官署については、大野ほか(2011)により移転に伴う影響を補正しており、その時期を赤い印で示す。統計期間は 1931 年から 2011 年まで。次頁に続く。

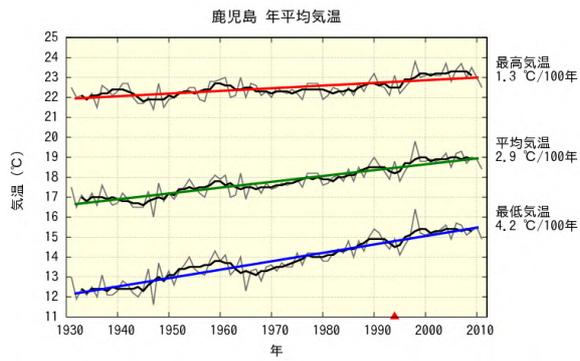
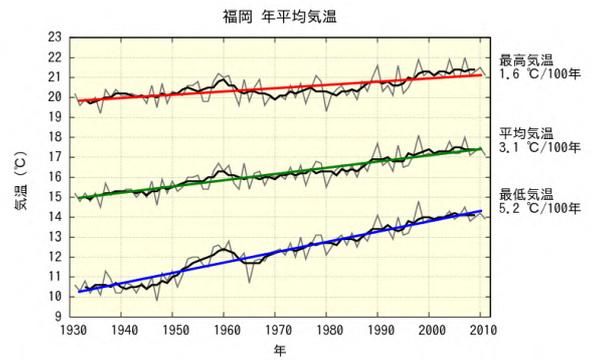
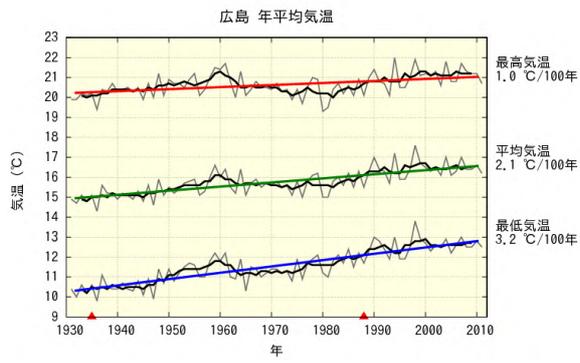


図 2.2 前頁からの続き。

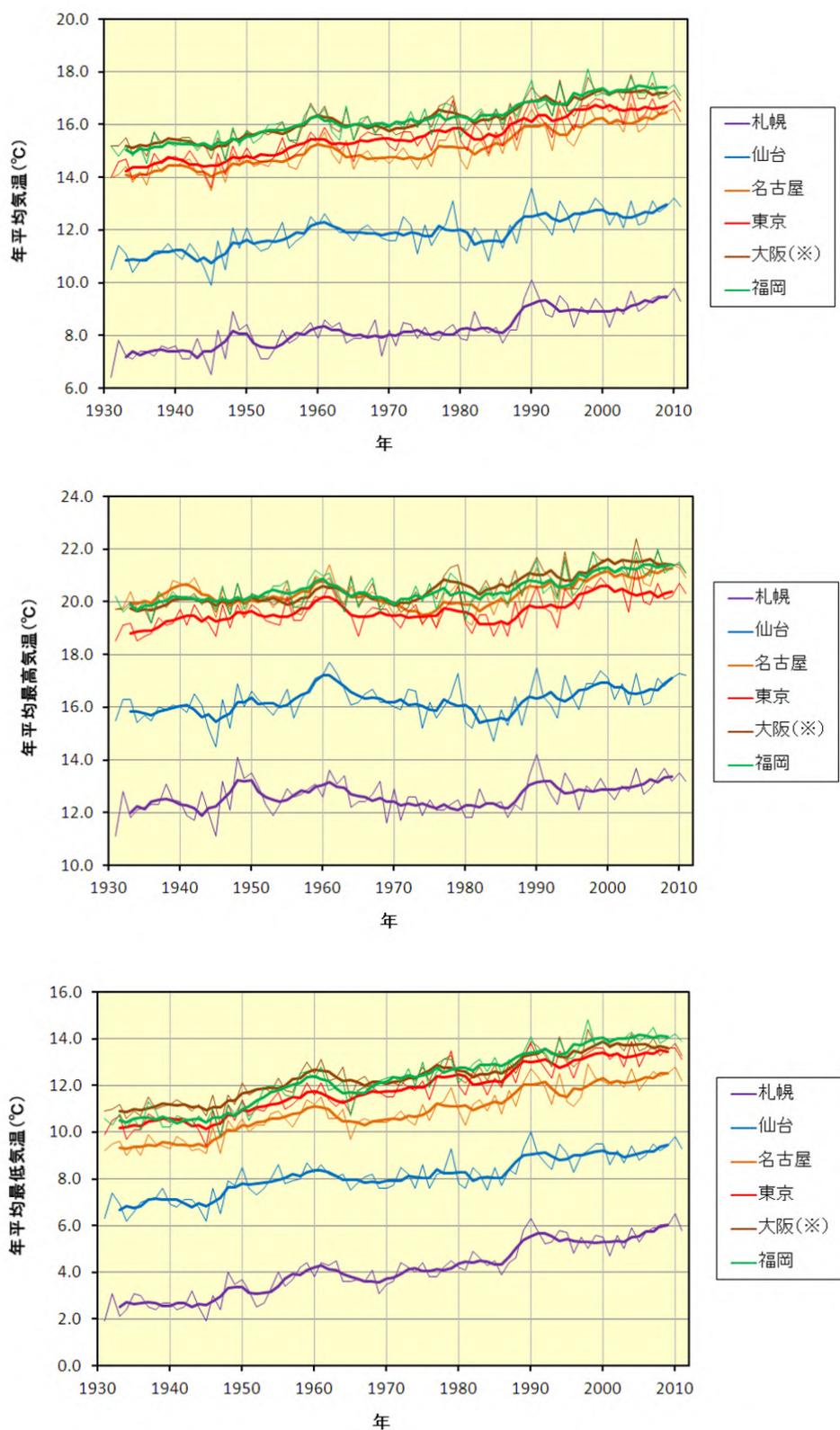


図 2.3 札幌、仙台、名古屋、東京、大阪、福岡における気温の長期変化傾向の比較(上段:年平均気温、中段:年平均最高気温、下段:年平均最低気温)。太線は5年移動平均を示す。 を付した地点は、大野ほか(2011)により庁舎の移転の影響を補正している。

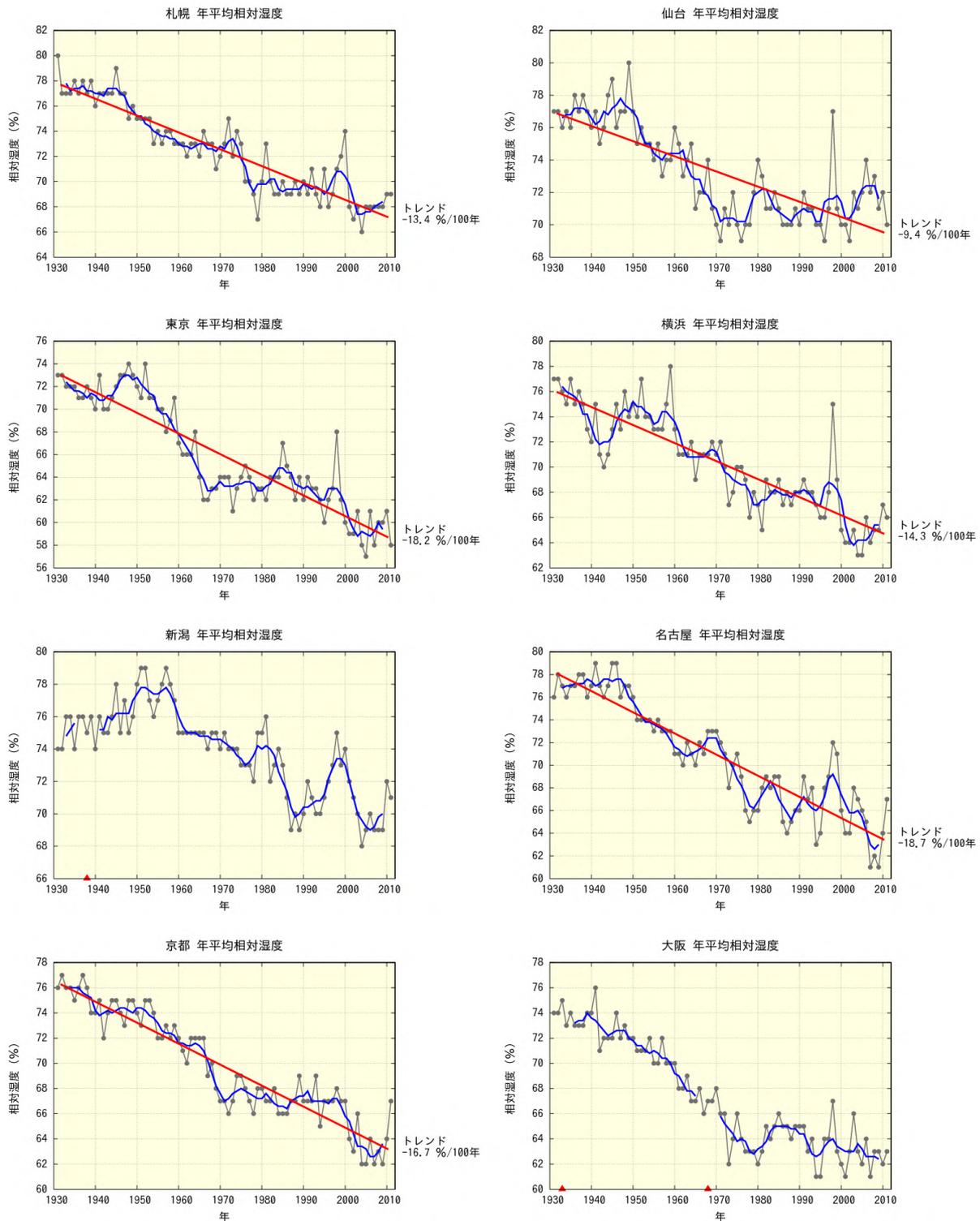


図 2.4 全国の主要都市における相対湿度の長期変化。青い折れ線は 5 年移動平均を示す。統計期間内に庁舎の移転がなく、信頼水準 90%以上で有意な長期変化(トレンド)がある場合は、赤い直線で示す。また、庁舎の移転があった官署については、その時期を赤い印で示す。統計期間は 1931 年から 2011 年まで。次頁に続く。

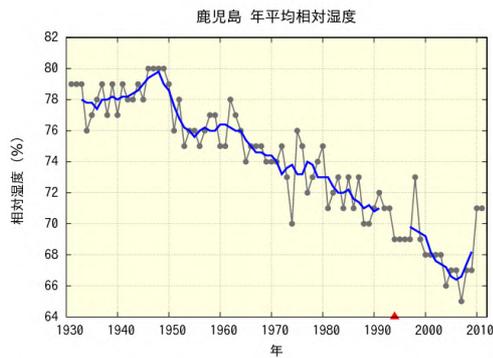
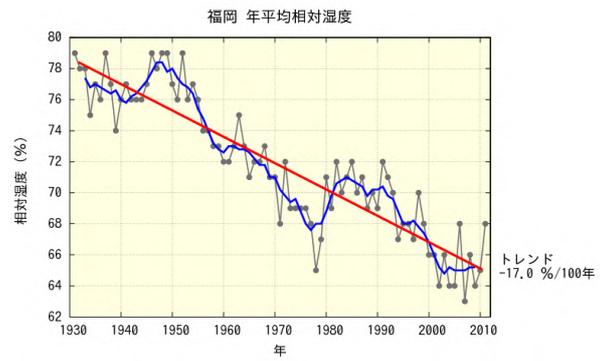
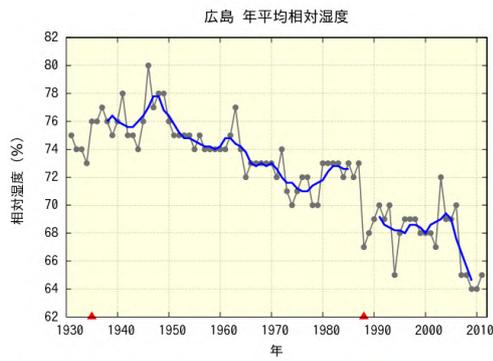


図 2.4 前頁からの続き。

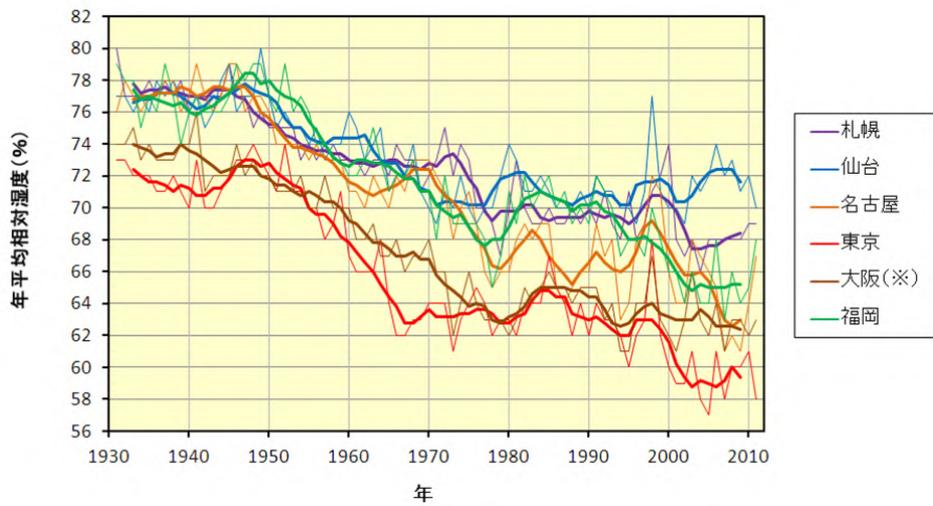


図 2.5 札幌、仙台、名古屋、東京、大阪、福岡における相対湿度の長期変化傾向の比較。太線は5年移動平均を示す。の地点は庁舎移転の影響を含む。

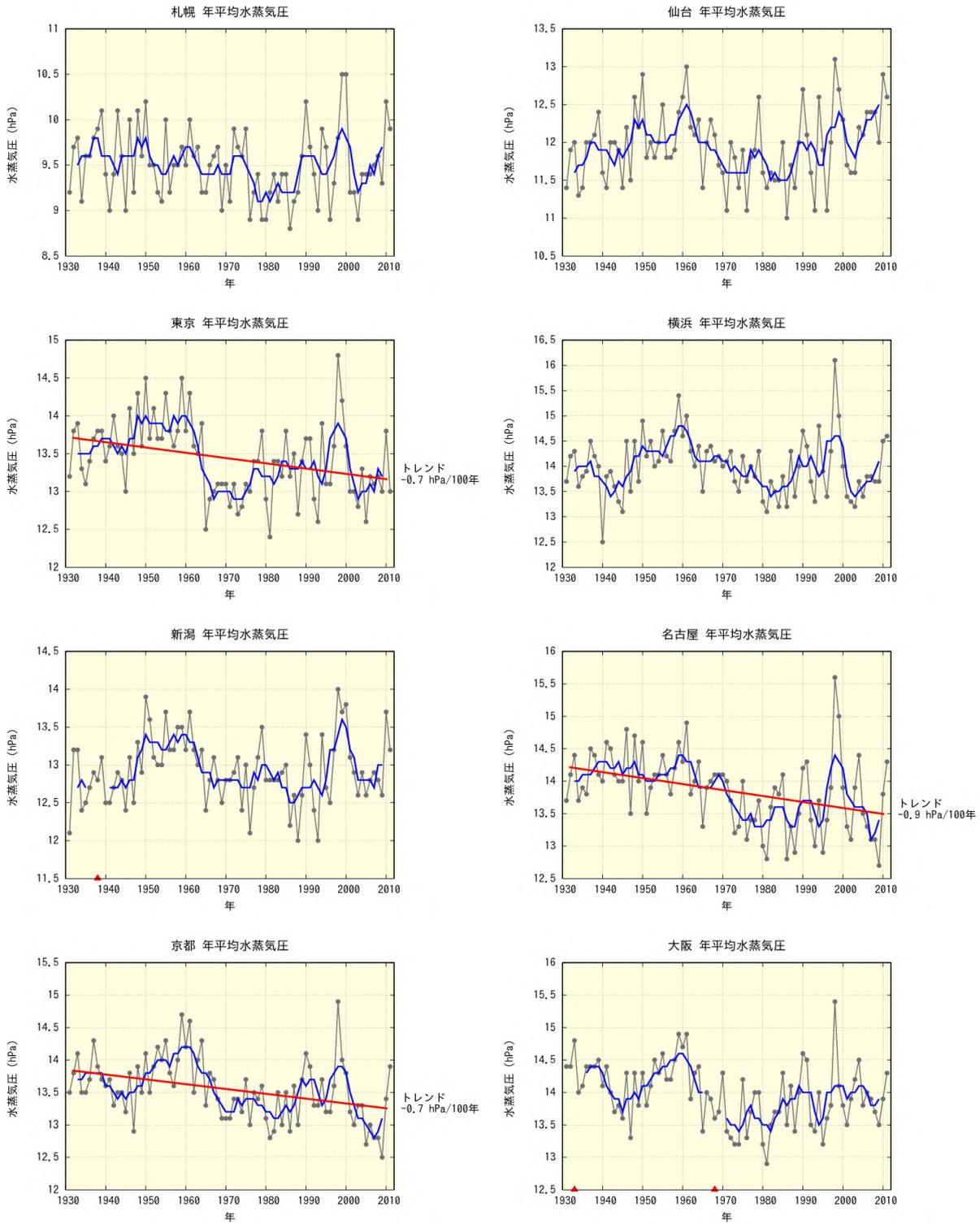


図 2.6 全国の主要都市における水蒸気圧の長期変化。青い折れ線は 5 年移動平均を示す。統計期間内に庁舎の移転がなく、信頼水準 90%以上で有意な長期変化(トレンド)がある場合は、赤い直線で示す。また、庁舎の移転があった官署については、その時期を赤い印で示す。統計期間は 1931 年から 2011 年まで。次頁に続く。

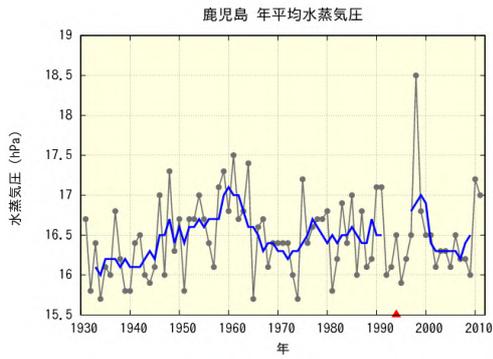
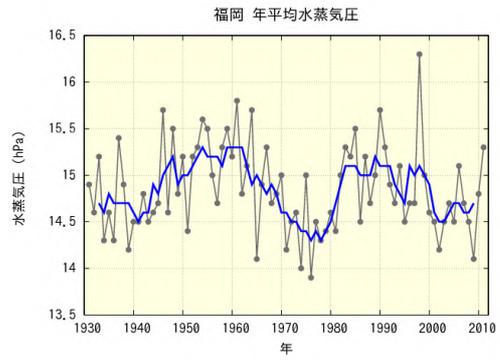
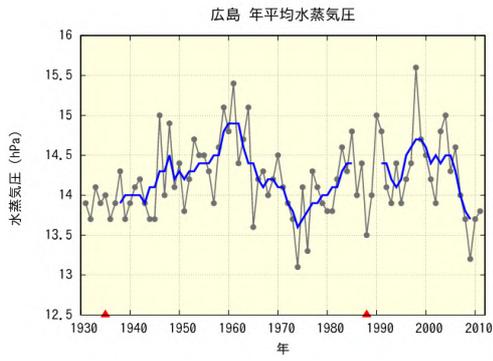


図 2.6 前頁からの続き。

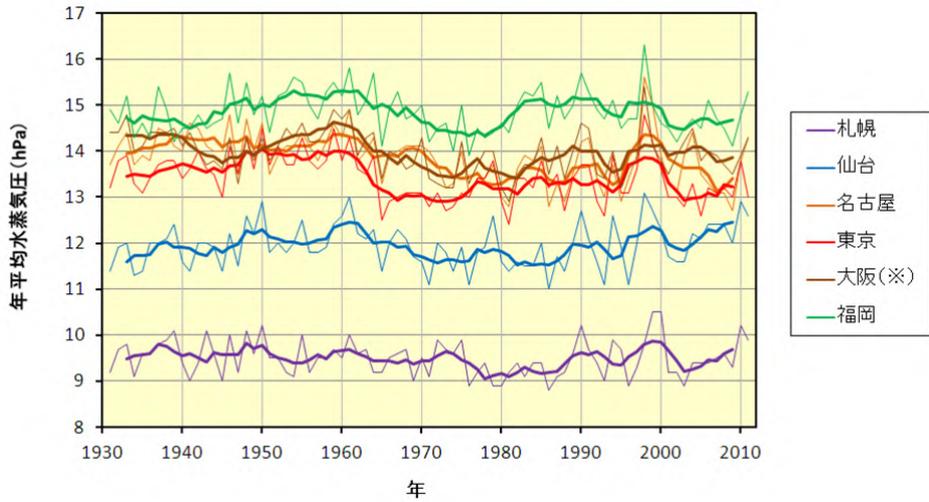


図 2.7 札幌、仙台、名古屋、東京、大阪、福岡における水蒸気圧の長期変化傾向の比較。太線は 5 年移動平均を示す。の地点は庁舎移転の影響を含む。

2.2 全国の主要都市における熱帯夜日数や霧日数等の長期変化傾向

表 2.3 に全国の主要都市の冬日⁵、熱帯夜⁶、真夏日⁷、猛暑日⁸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 1931 年から 2011 年（猛暑日は 1961 年から 2011 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、主要都市における減少傾向が 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などに加えて都市化の影響も大きいと考えられる。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有意な増加傾向がみられ、名古屋や京都などの西日本の都市では 15 地点平均や他の都市と比べ増加傾向が顕著である。真夏日については 15 地点平均では年変動が大きく有意な変化傾向が見られない一方、東京や横浜、京都、福岡などの大都市圏では有意な増加傾向が現れている。

表 2.3 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 2011 年まで。猛暑日は 1961 年から 2011 年まで。斜体字は信頼水準 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～)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ものである。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、幹線交用地、その他の用地の比率)と定義した。

都 市	都市化率 (%)	日数の変化率(日/10年)			
		冬 日	熱 帯 夜	真 夏 日	猛 暑 日
札 幌	75.1	-4.8	0.0	0.0	0.0
仙 台	69.9	-6.1	0.3	0.6	0.1
東 京	92.9	-8.6	3.8	1.1	0.6
横 浜	59.4	-6.7	2.9	2.0	0.5
新 潟	47.2	---	---	---	0.6
名 古 屋	89.3	-7.5	3.7	0.8	2.3
京 都	60.2	-8.0	3.6	1.0	2.1
大 阪	92.1	---	---	---	---
広 島	54.6	---	---	---	---
福 岡	64.3	-5.4	4.8	1.1	1.3
鹿 児 島	38.8	---	---	---	---
15 地点平均	18.5	-2.3	1.4	0.4	0.4

⁵ 日最低気温が 0 未満の日。

⁶ 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。

⁷ 日最高気温が 30 以上の日。

⁸ 日最高気温が 35 以上の日。

表 2.4 に全国の主要都市における 1931～1940 年平均と 2001～2010 年平均の霧日数⁹を示す。

霧日数は全ての主要都市で減少しており 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になっている。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、広域的な気候変動の可能性についても指摘されている。

表 2.4 主要都市における霧日の年間日数

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。

都 市	都市化率 (%)	1931～1940 年 平均日数	2001～2010 年 平均日数
札 幌	75.1	15.1	1.8
仙 台	69.9	23.3	23.4
東 京	92.9	48.5	0.9
横 浜	59.4	42.0	2.4
新 潟	47.2	10.4	3.5
名古屋	89.3	32.3	3.0
京 都	60.2	80.6	0.2
大 阪	92.1	35.0	1.1
広 島	54.6	15.5	2.4
福 岡	64.3	7.1	1.1
鹿児島	38.8	4.5	0.6

⁹ 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。

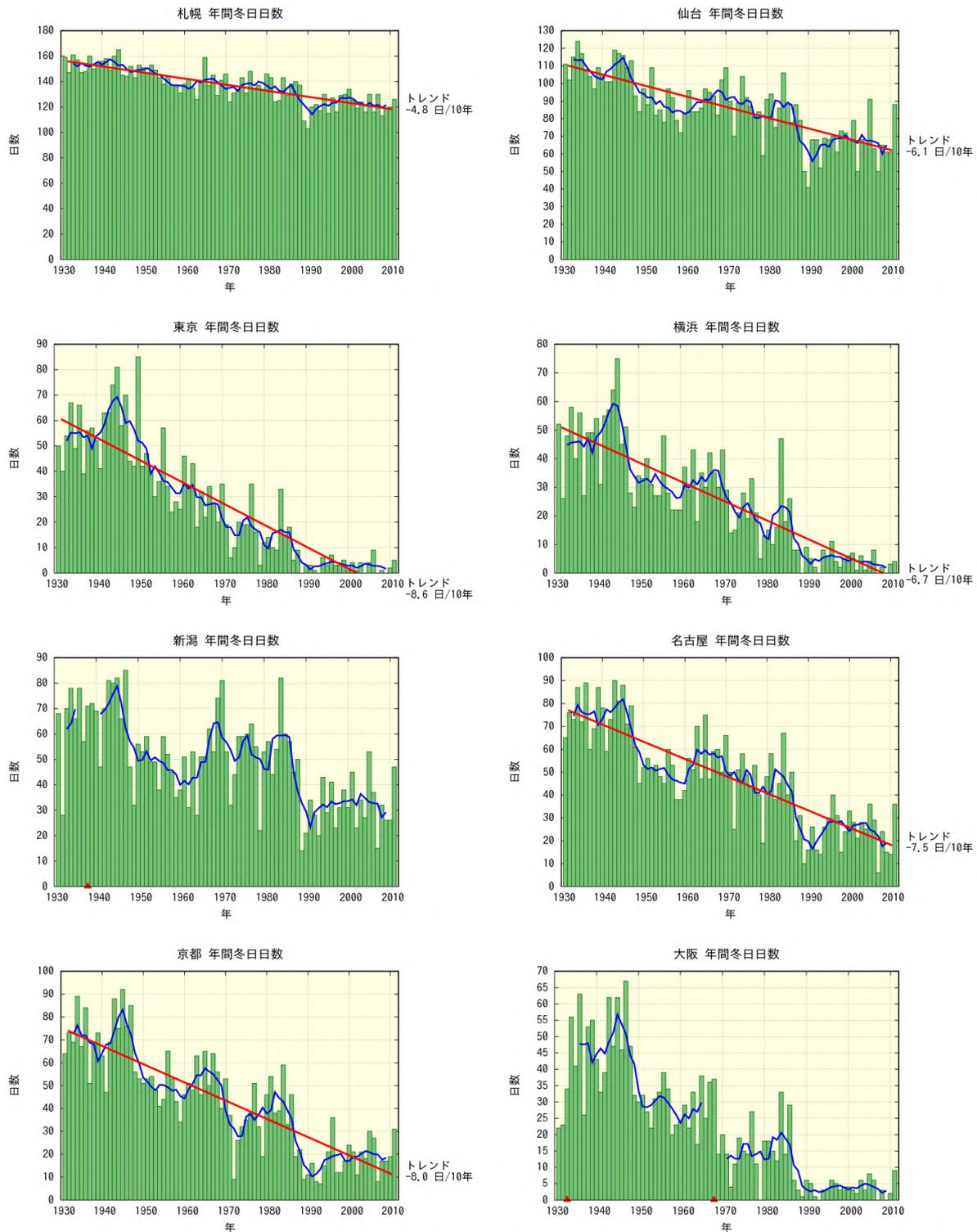


図 2.8 全国の主要都市における冬日日数の長期変化。青い折れ線は 5 年移動平均を示している。統計期間内に庁舎の移転がなく、信頼水準 90%以上で有意な長期変化(トレンド)がある場合は、赤い直線で示す。また、庁舎の移転があった官署については、その時期を赤い印で示す。統計期間は 1931 年から 2011 年まで、次頁に続く。

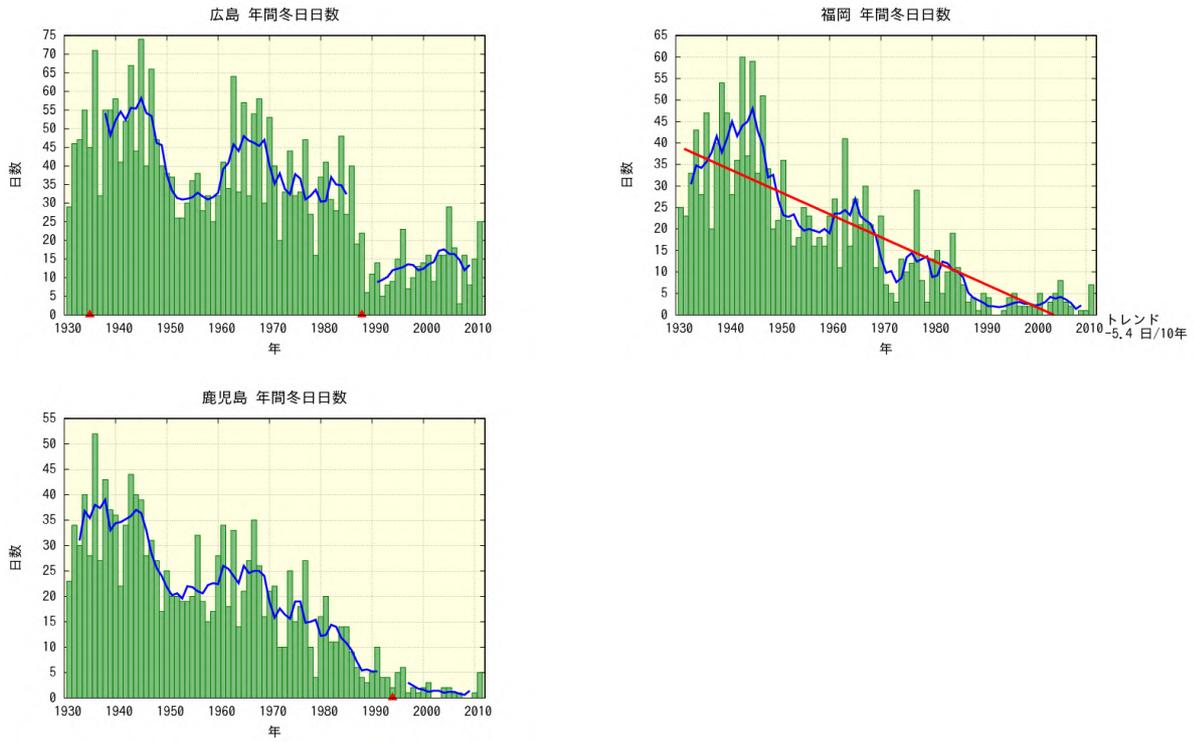


図 2.8 前頁からの続き。

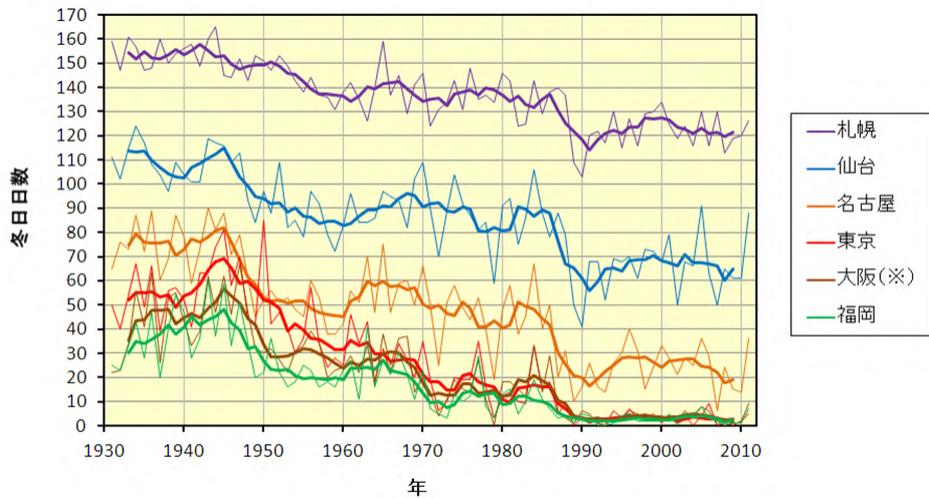


図 2.9 札幌、仙台、名古屋、東京、大阪、福岡における冬日日数の長期変化傾向の比較。太線は 5 年移動平均を示す。の地点は庁舎移転の影響を含む。

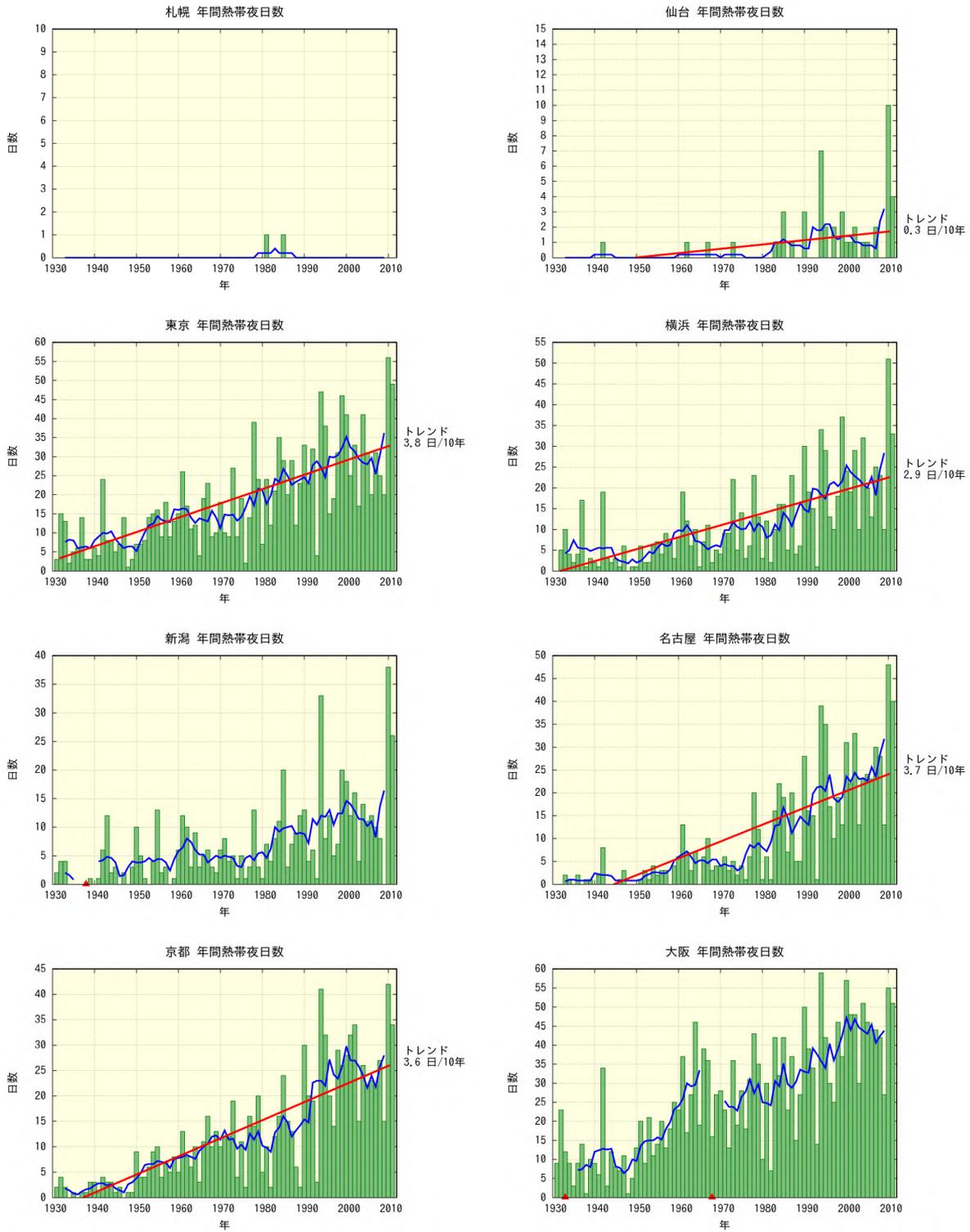


図 2.10 全国の主要都市における熱帯夜日数の長期変化。青い折れ線は 5 年移動平均を示している。統計期間内に庁舎の移転がなく、信頼水準 90%以上で有意な長期変化(トレンド)がある場合は、赤い直線で示す。また、庁舎の移転があった官署については、その時期を赤い印で示す。統計期間は 1931 年から 2011 年まで。次頁に続く。

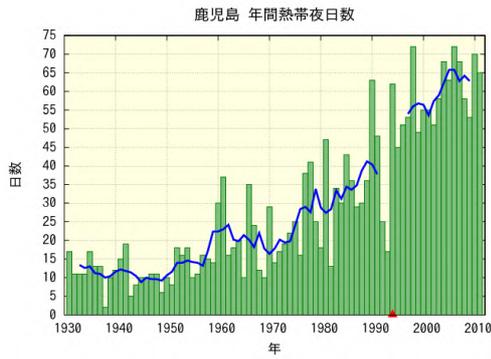
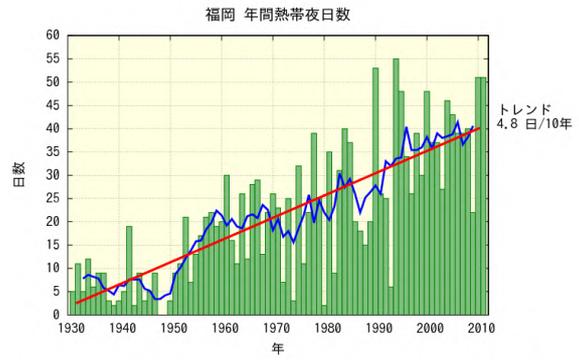
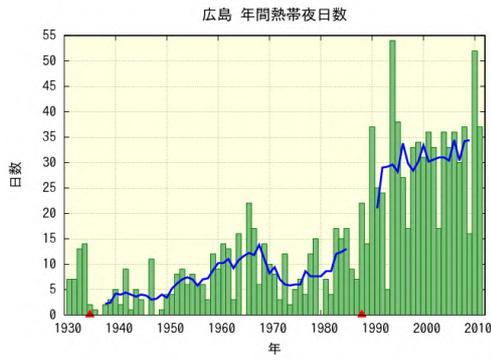


図 2.10 前頁からの続き。

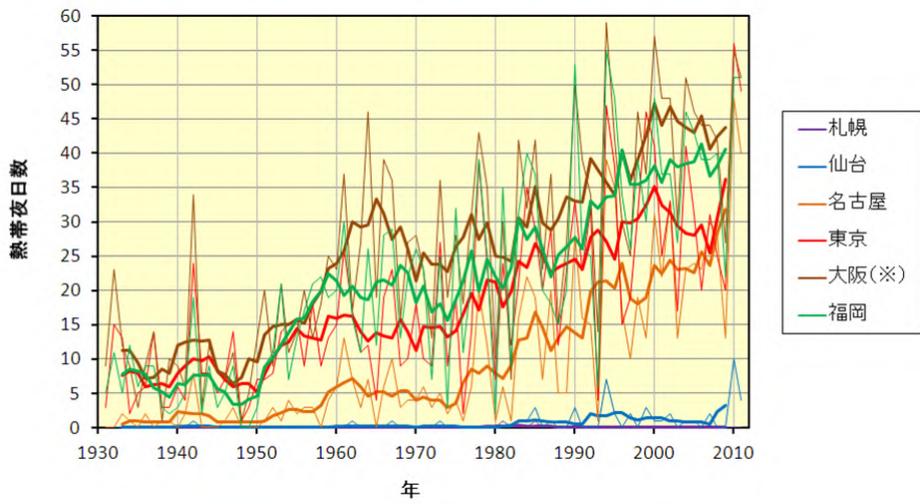


図 2.11 札幌、仙台、名古屋、東京、大阪、福岡における熱帯夜日数の長期変化傾向の比較。太線は5年移動平均を示す。の地点は庁舎移転の影響を含む。

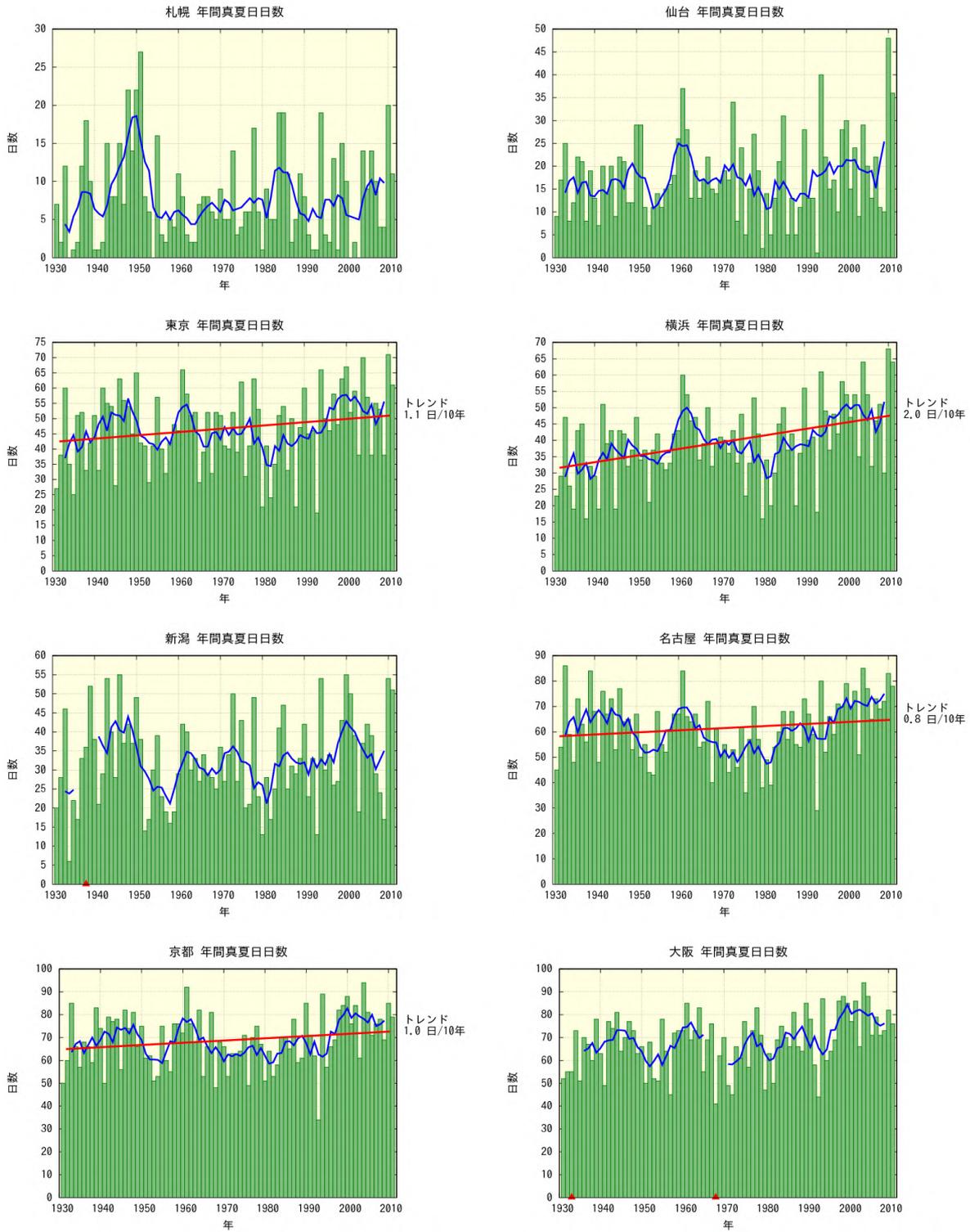


図 2.12 全国の主要都市における真夏日日数の長期変化。青い折れ線は 5 年移動平均を示している。統計期間内に庁舎の移転がなく、信頼水準 90%以上で有意な長期変化(トレンド)がある場合は、赤い直線で示す。また、庁舎の移転があった官署については、その時期を赤い印で示す。統計期間は 1931 年から 2011 年まで。次頁に続く。

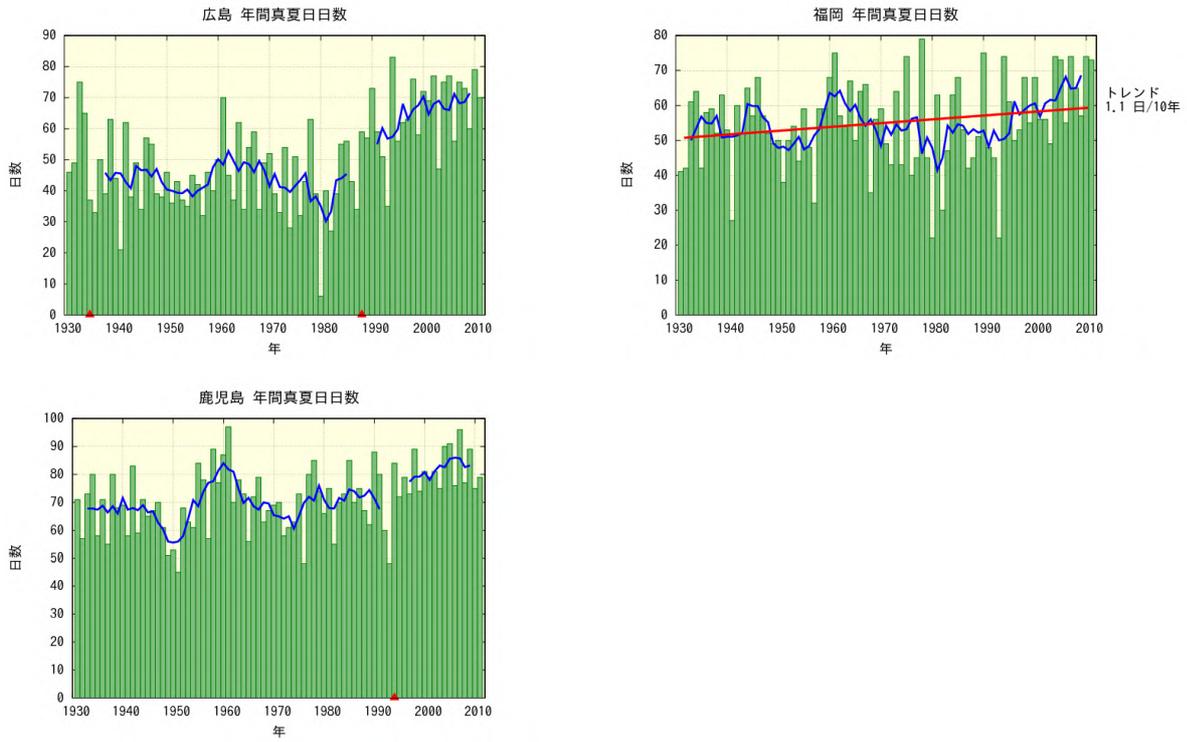


図 2.12 前頁からの続き。

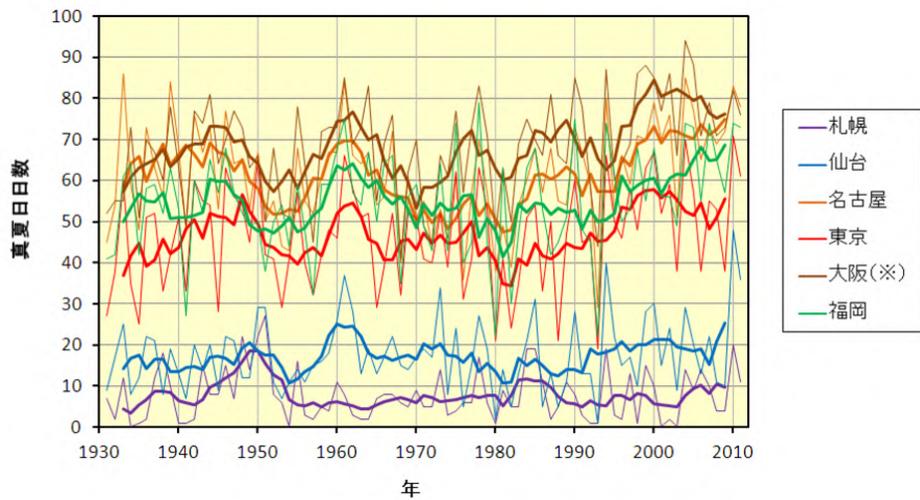


図 2.13 札幌、仙台、名古屋、東京、大阪、福岡における真夏日日数の長期変化傾向の比較。太線は5年移動平均を示す。の地点は庁舎移転の影響を含む。

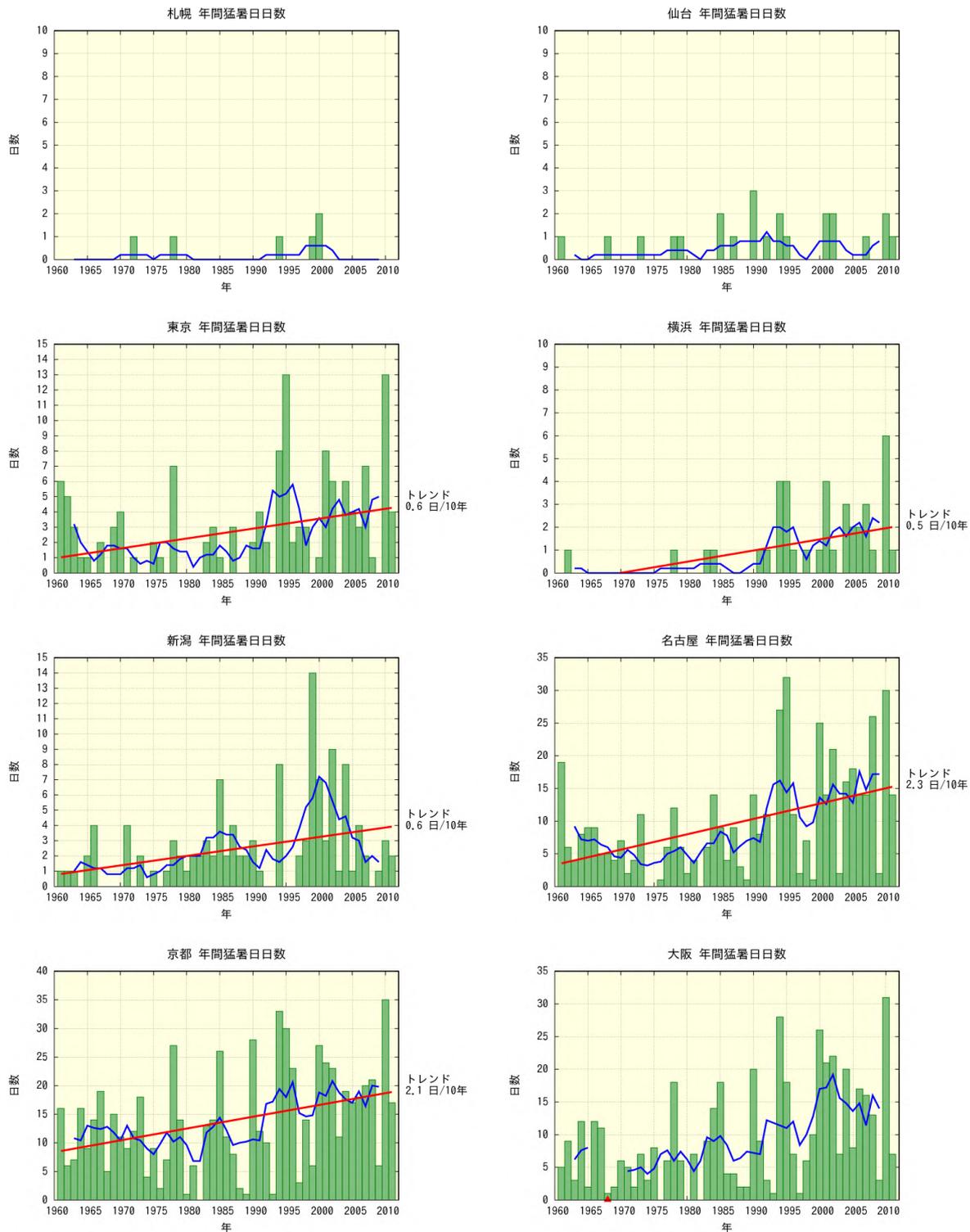


図 2.14 全国の主要都市における猛暑日日数の長期変化。青い折れ線は 5 年移動平均を示している。統計期間内に庁舎の移転がなく、信頼水準 90% 以上で有意な長期変化(トレンド)がある場合は、赤い直線で示す。また、庁舎の移転があった官署については、その時期を赤い印で示す。統計期間は 1961 年から 2011 年まで。次頁に続く。

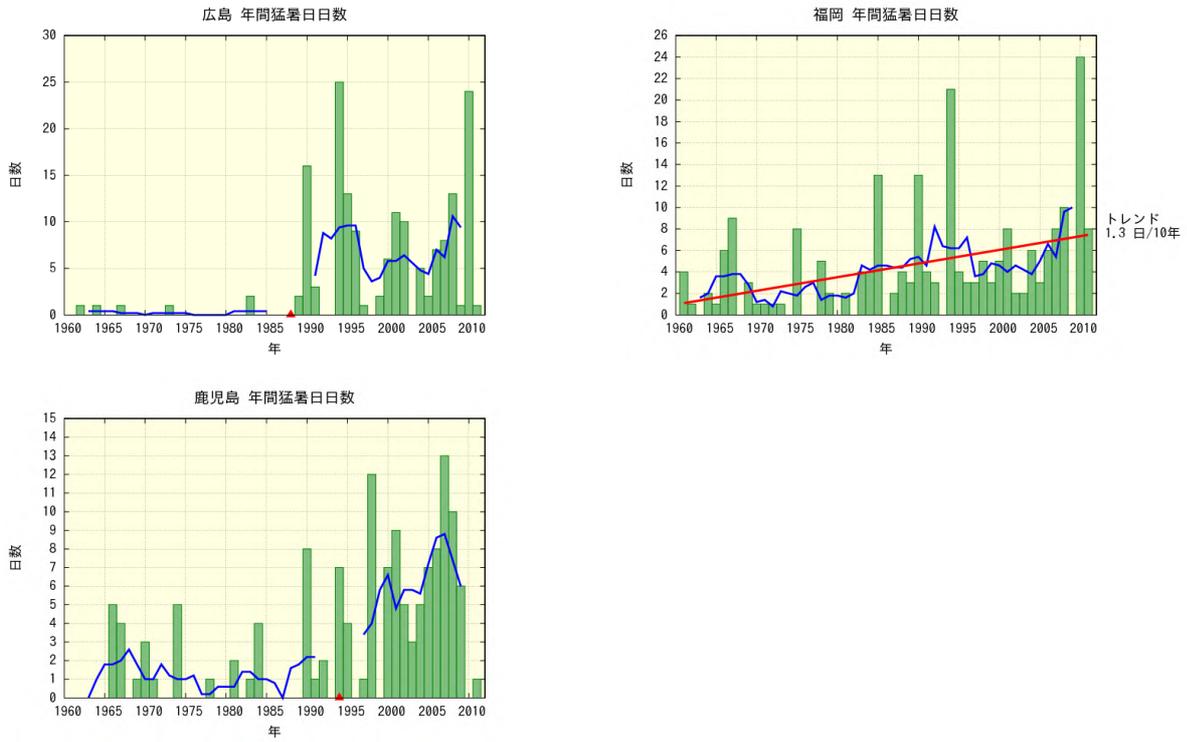


図 2.14 前頁からの続き。

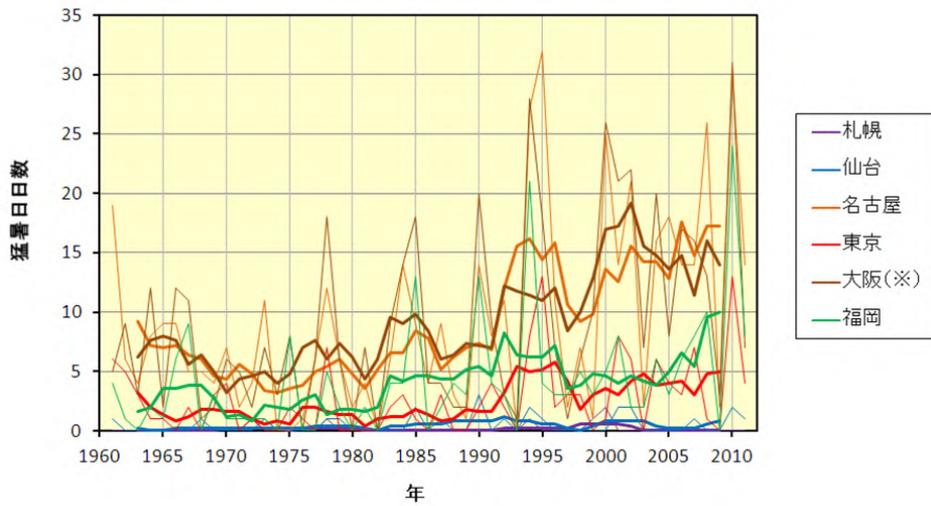


図 2.15 札幌、仙台、名古屋、東京、大阪、福岡における猛暑日日数の長期変化傾向の比較。太線は5年移動平均を示す。の地点は庁舎移転の影響を含む。

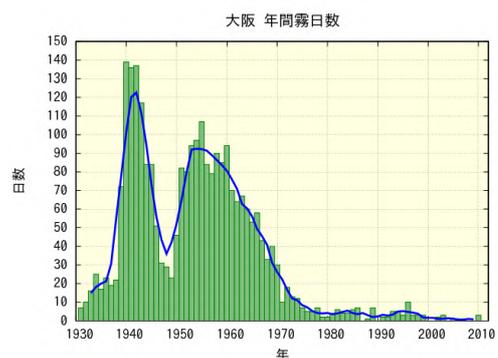
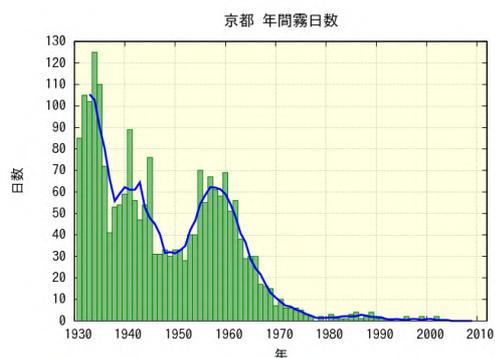
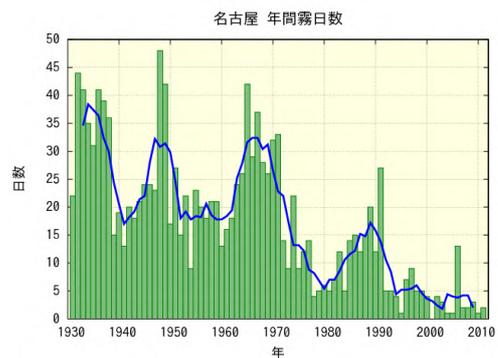
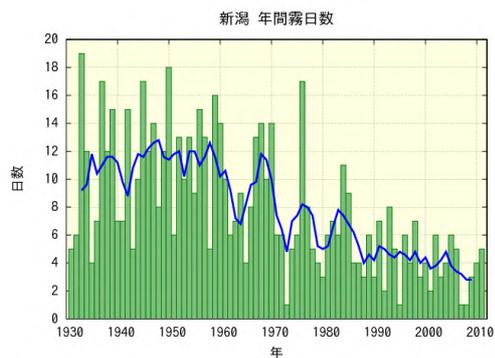
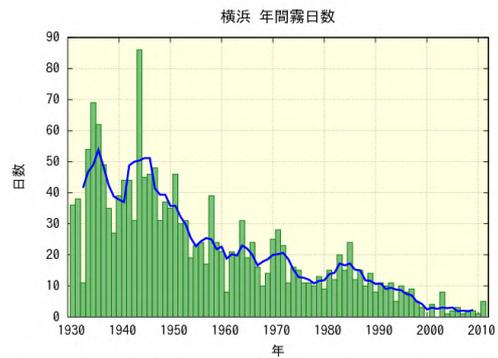
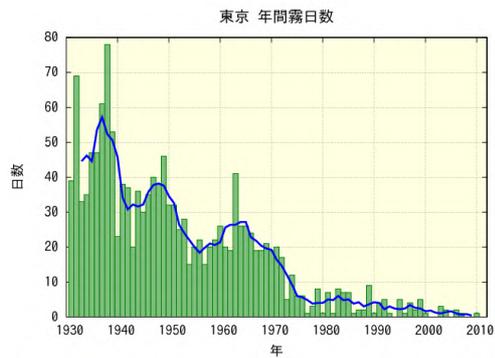
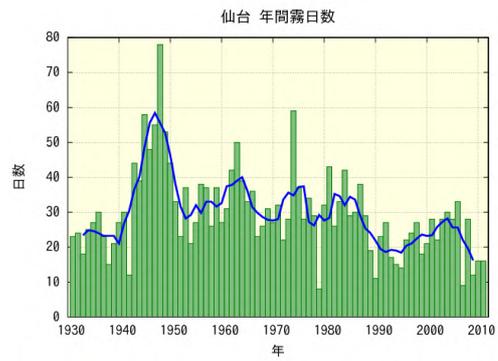
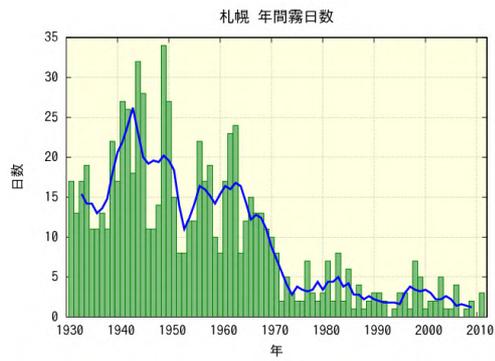


図 2.16 全国の主要都市における霧日数の長期変化。青い折れ線は 5 年移動平均を示している。統計期間は 1931 年から 2011 年まで。次頁に続く。

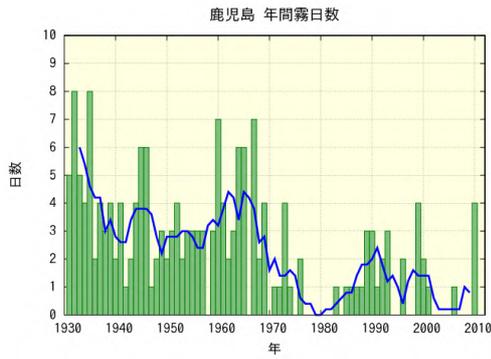
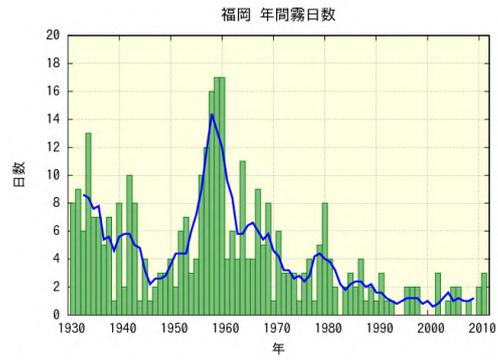
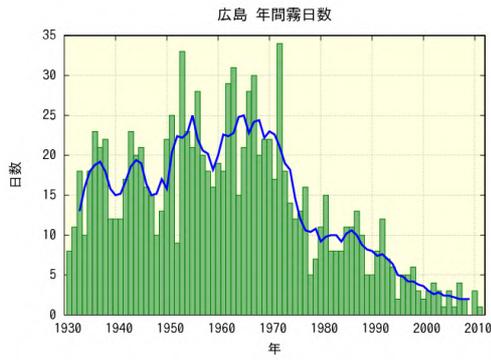


図 2.16 前頁からの続き。

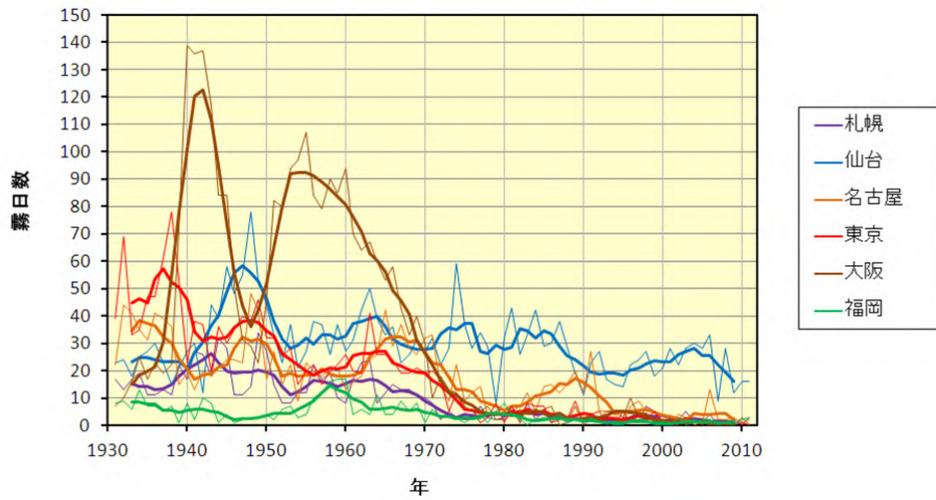


図 2.17 札幌、仙台、名古屋、東京、大阪、福岡における霧日数の長期変化傾向の比較。太線は 5 年移動平均を示す。

2.3 気温や相対湿度等の変化率と都市化率の関係

統計期間 1931～2011 年で気温変化率の統計が可能である全国 80 地点の気象官署において、都市化率と気温との関係を図 2.18 に示す。

平均気温、日最高気温の年平均、日最低気温の年平均とも、都市化率が大きくなるほど上昇率が大きい傾向があり、何れも信頼水準 99%以上で統計的に有意である。また、都市化率 0%における気温上昇率は、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、最高気温、最低気温とも 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最高気温に比べて最低気温の上昇率が大きくなり、都市化率 90%では、最高気温上昇率が約 1.8 /100 年であるのに対し、最低気温上昇率は約 4.5 /100 年と最高気温上昇率の約 2.5 倍である。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最高気温より最低気温で顕著であると言える。

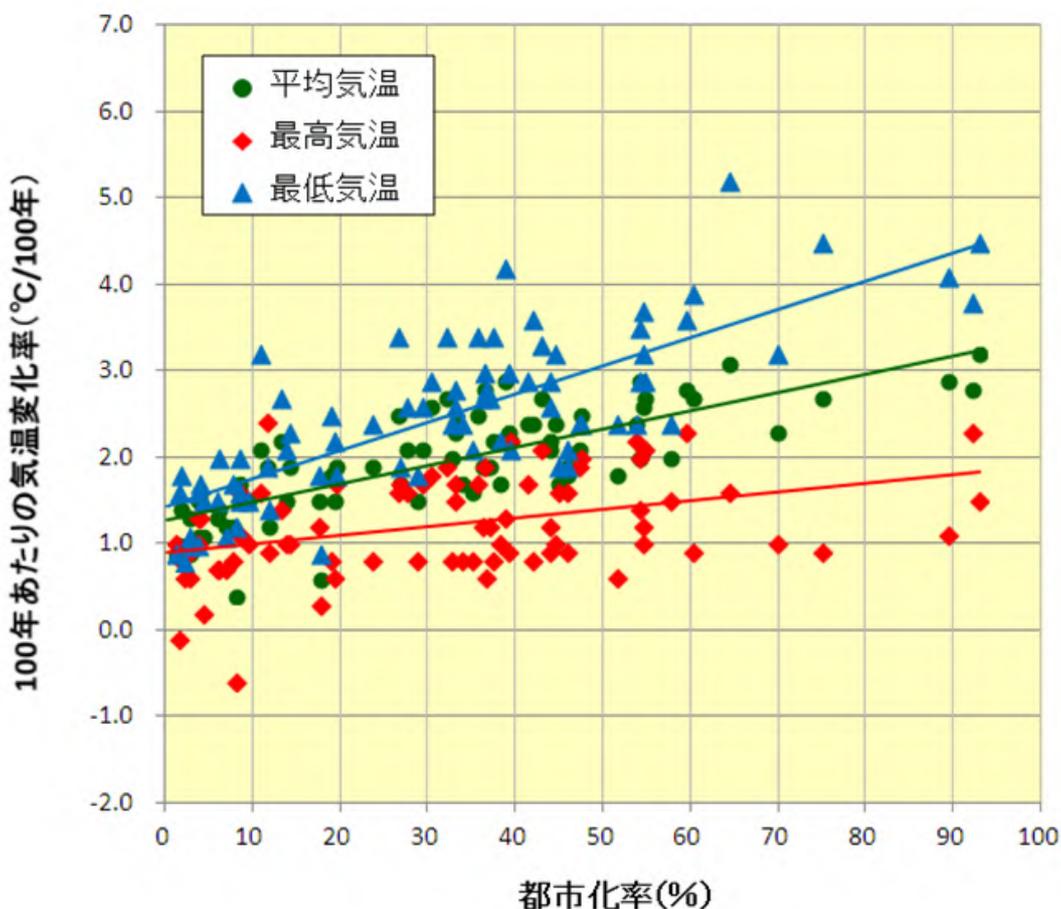


図 2.18 全国 80 地点における気温変化率と都市化率の相関図

庁舎移転の影響がある官署については、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 2011 年まで。

統計期間 1931～2011 年で庁舎の移転の影響がなく相対湿度変化率の統計が可能である全国 53 地点および水蒸気圧変化率の統計が可能である全国 40 地点の気象官署において、都市化率と相対湿度変化率、水蒸気圧変化率の関係を図 2.19 に示す。

相対湿度、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、いずれも信頼水準 99% 以上で統計的に有意である。都市化率 0% では水蒸気圧は上昇傾向である一方、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飽和水蒸気圧の増加や海面水温の上昇などに伴って水蒸気圧は上昇するが (IPCC, 2007)、都市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圧は減少する。このように水蒸気圧については地球温暖化と都市化は相反関係にあり都市化率の大きな地点では減少、都市化率の小さな地点では増加傾向となっている。

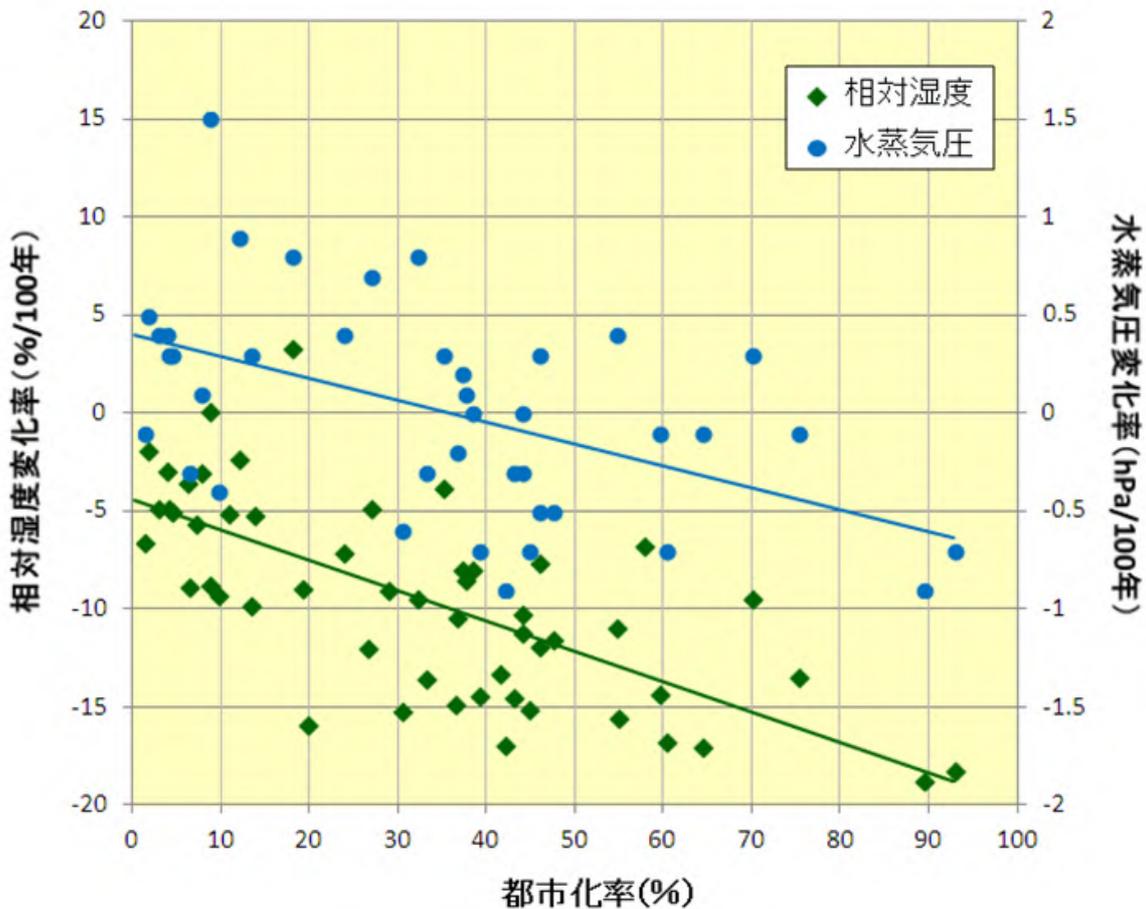


図 2.19 全国 53 地点における相対湿度変化率、全国 40 観測地点における水蒸気圧変化率と都市化率の相関図
 庁舎移転の影響がある官署については、移転の影響が補正できないため除外した。都市化率は 2006 年度版国土数値情報土地利用 3 次メッシュにおける観測所の半径 7km の人工被覆率 (建物用地、幹線道路、その他の用地の割合の合計) である。統計期間は 1931 年から 2011 年まで。

統計期間 1931～2011 年で庁舎の移転の影響がなく相対湿度変化率と水蒸気圧変化率の統計が可能である全国40地点の気象官署において、相対湿度変化率と水蒸気圧変化率の関係を図2.20に示す。水蒸気圧の減少率が大きいほど相対湿度の減少率も大きい傾向があり、信頼水準 99%以上で統計的に有意である。故に、相対湿度の変化には水蒸気圧の変化が一定の寄与をしていると考えられる。

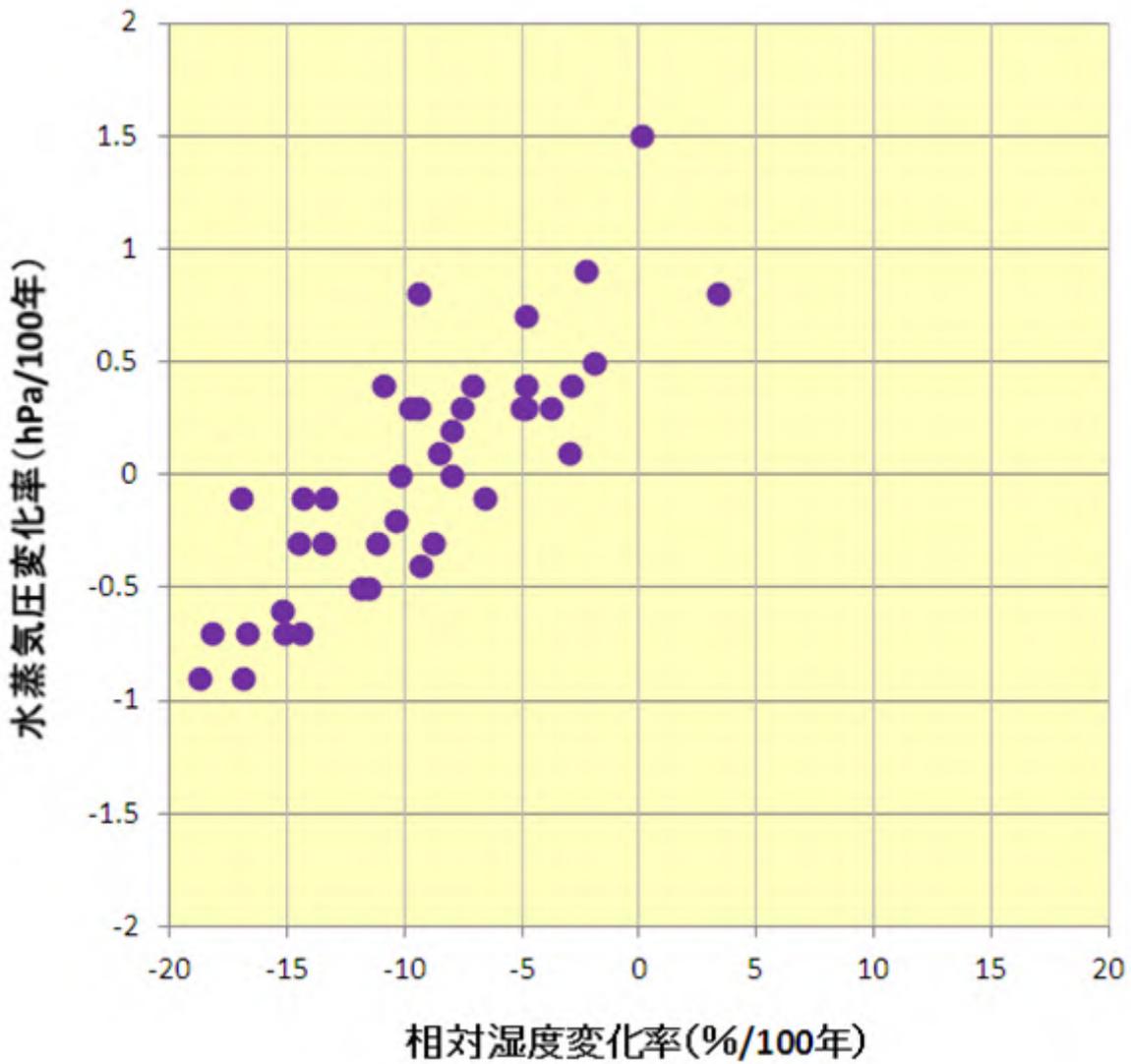


図 2.20 全国 40 地点における相対湿度変化率と水蒸気圧変化率の相関図

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 2011 年まで。

一方、統計期間 1931～2011 年で庁舎の移転の影響がなく相対湿度変化率の統計が可能である全国 53 地点および水蒸気圧変化率の統計が可能である全国 40 地点の気象官署において、気温変化率と相対湿度、水蒸気圧との関係を図 2.21 に示す。気温の上昇率が高いほど相対湿度の減少率が大きく、信頼水準 99% 以上で統計的に有意である。従って、相対湿度の変化には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。

また、気温変化率が高いほど水蒸気圧が減少しており、信頼水準 99% で統計的に有意である。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が増加して、気温の上昇していることの現れと考えられる。

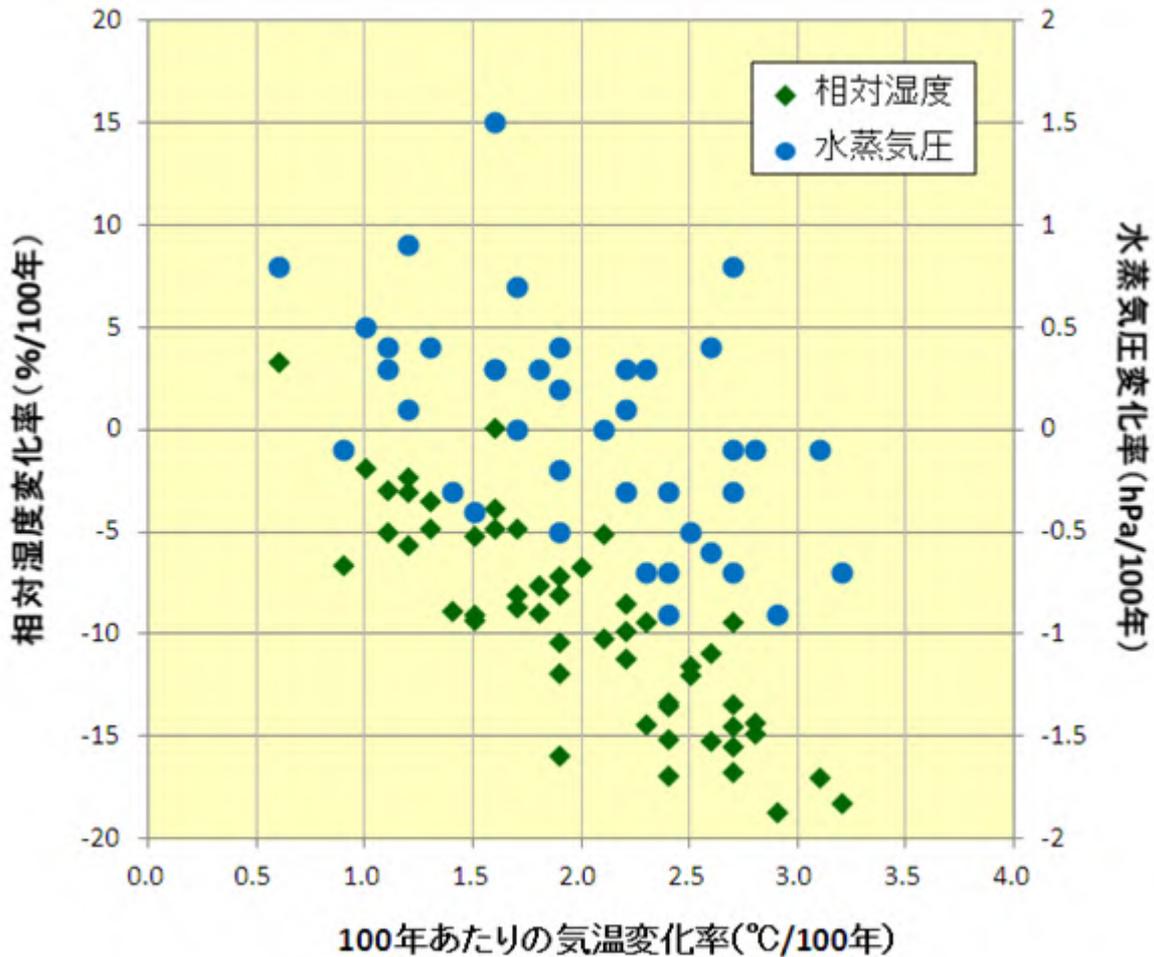


図 2.21 全国 53 地点における相対湿度変化率、全国 40 観測地点における水蒸気圧変化率と気温変化率の相関図
庁舎移転の影響がある官署については、移転の影響が補正できないため除外した。統計期間は 1931 年から 2011 年まで。

変化傾向の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だけでは説明しにく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 90% の信頼度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できる場合

気温や相対湿度、水蒸気圧の場合、トレンド成分を除去した年々の統計量の出現頻度は概ね正規分布に従うと考えることができる。正規分布とみなしてよい統計量に対しては、西暦年と累年の統計量との相関係数を用いて、t 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

猛暑日や熱帯夜等、発生頻度の統計量は正規分布に従うことが仮定できない場合があるので、これらの統計量に対しては分布に依らない検定（ノンパラメトリック検定）を行う。

統計的検定では、原理的に、「統計的に有意」と判定されてもその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出現している確率が最大で 10%含まれ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。一般に、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、以上の性質に留意の上で活用されたい。