

1. 観測データの長期変化から見る大都市のヒートアイランド現象

この章では、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データを用いた解析結果を示す。この章で用いる「大都市」とは、全国の主要都市の地上気象観測地点の中から、地域的に偏りなく分布するように選出した 11 都市（札幌、仙台、新潟、東京、横浜、名古屋、京都、大阪、広島、福岡、鹿児島）のことを指す。

1.1 気温

都市化による気温の長期的な上昇傾向が見られ、特に日最低気温の上昇率が大きい。
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。
冬日は減少し、熱帯夜や猛暑日、真夏日は増加している。
都市化の影響の小さい 15 地点平均に比べ、東京では 1950 年代後半から 1970 年頃にかけて気温が大きく上昇している。

1.1.1 気温の長期変化傾向

大都市及び都市化の影響が比較的小さいとみられる 15 地点平均⁸（以下単に「15 地点平均」という。）の都市化率⁹と年及び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を表 1.1.1 に、また、東京と 15 地点平均の年平均気温偏差の経年変化及びその差の経年変化を図 1.1.1 に示す。巻末【資料 1】には各都市における年平均気温等の長期変化傾向を示すグラフを、【資料 2】には月別の長期変化傾向をまとめた表を掲載する。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、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 2.9 等、都市化率の大きい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、日中は混合層¹⁰の発達に伴って都市の余剰熱が上空へ拡散することで地表面付近での気温変化量が小さくなるのに対し、夜間は都市の余剰熱が地表付近の薄い層に集中することで地表面付近での気温変化量が大きくなるためであると考えられる（藤部, 2012a）。さらに、季節別に見ると、平均気温、日最高気温、日最低気温とも、上昇率が最も小さいのは夏である都市が多い。これは、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思われる。

図 1.1.1 を見ると、1950 年代後半から 1970 年頃にかけて東京と 15 地点平均の差が急速に広がったことが分かる。この期間に東京の気温が大きく上昇した一因として、高度経済成長に伴う都市化の進展が寄与した可能性が推察される。

⁸ 全国の地上気象観測地点の中から、観測データの均質性が長期間確保でき、かつ都市化等による環境の変化が比較的小さい地点から、地域的に偏りなく分布するように選出した 15 地点（網走、根室、寿都、山形、石巻、伏木、飯田、銚子、境、浜田、彦根、多度津、宮崎、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。

⁹ 平成 21 年度調査時の観測地点において、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（平成 18 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。

¹⁰ 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 大都市及び都市化の影響が比較的小さいとみられる 15 地点平均の都市化率と年及び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(1931～2017年)

100年あたりの変化率を示す。統計期間は1931年から2017年まで(冬は1930年12月/1931年2月～2016年12月/2017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、大阪、広島、鹿児島)及び都市化の影響が比較的小さいとみられる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。なお、新潟は2012年の移転に伴う補正に必要なデータを蓄積中で未補正のため、長期変化傾向の評価を行っていない。

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	2.9	1.9	2.6	1.0	1.4	1.5	0.7	0.6	4.5	5.6	4.7	3.4	4.2
仙台	69.9	2.4	3.0	2.8	1.4	2.5	1.2	1.6	1.6	0.9	0.9	3.2	3.7	3.9	2.0	3.3
名古屋	89.3	2.9	3.0	3.2	2.2	3.1	1.2	1.4	1.7	0.9	1.1	3.9	3.9	4.5	3.2	4.3
東京	92.9	3.2	4.4	3.3	2.1	3.3	1.7	2.0	2.0	1.2	1.6	4.4	6.0	4.6	2.9	4.3
横浜	59.4	2.8	3.5	3.1	1.8	2.8	2.4	2.7	2.8	1.8	2.3	3.6	4.7	3.9	2.2	3.5
京都	60.2	2.7	2.6	3.0	2.3	2.7	1.1	0.9	1.6	1.0	0.7	3.7	3.8	4.1	3.2	3.9
広島	54.6	2.0	1.6	2.3	1.5	2.4	1.0	0.7	1.7	1.1	0.4	3.1	2.9	3.4	2.6	3.8
大阪	92.1	2.7	2.7	2.7	2.2	3.0	2.2	2.2	2.5	2.0	2.0	3.6	3.3	3.6	3.3	4.0
福岡	64.3	3.1	3.0	3.4	2.3	3.7	1.8	1.8	2.2	1.5	1.6	5.0	4.5	5.9	3.8	6.0
鹿児島	38.8	2.6	2.7	2.9	2.1	2.8	1.3	1.3	1.7	1.2	1.2	4.0	3.7	4.5	3.4	4.6
15地点	16.2	1.5	1.6	1.9	1.2	1.5	1.1	1.2	1.6	0.9	0.8	1.9	1.9	2.1	1.6	1.8

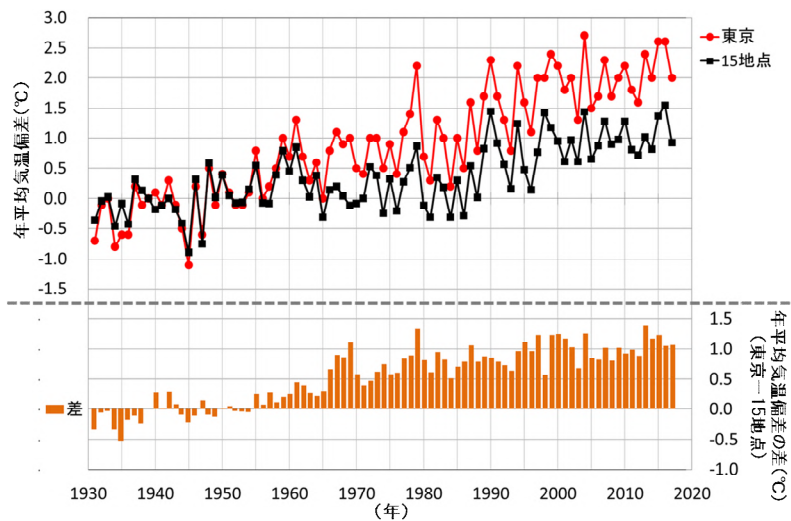


図 1.1.1 東京と都市化の影響が比較的小さいとみられる 15 地点平均の年平均気温偏差の経年変化及びその差の経年変化(1931～2017年)

折れ線(赤)は東京の年平均気温の基準値(1931～1960年平均値)からの偏差を、折れ線(黒)は都市化の影響が比較的小さいとみられる15地点それぞれの年平均気温の基準値からの偏差を平均した値を表す。したがって、統計期間の最初の30年間における東京の平均値と15地点平均の平均値はともに0で一致する。棒グラフ(オレンジ)は東京の偏差と15地点平均の偏差の差を示すものであり、東京の年平均気温と15地点平均の年平均気温の差ではない。

1.1.2 気温の長期変化傾向と都市化率の関係

1931年から2017年までの期間で、データの均質性を確保できる全国78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1.1.2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の間には正の相関が見られる。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項で述べたとおりである。

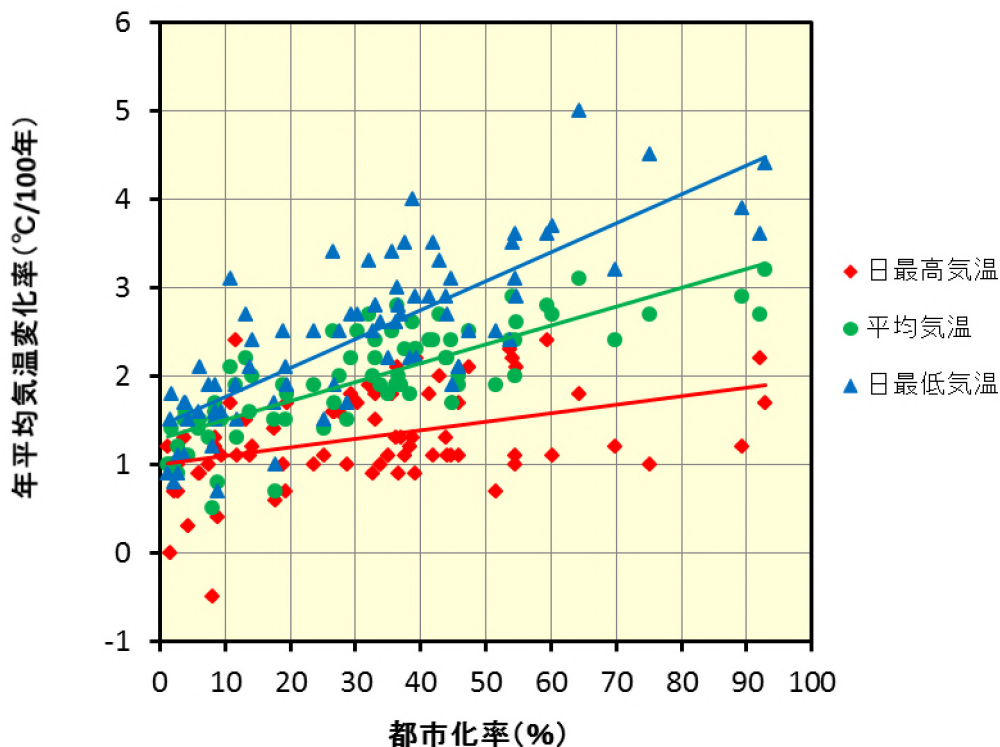


図 1.1.2 全国 78 地点における年平均の気温変化率と都市化率の相関図(1931～2017年)

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2017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

大都市の冬日¹¹、熱帯夜¹²、真夏日¹³、猛暑日¹⁴の年間日数の長期変化傾向を表 1.1.2 に示し、巻末【資料 3】には各都市における各階級別日数の長期変化傾向を示すグラフを掲載する。

冬日の年間日数は、全ての都市で有意な減少傾向が顕著であり、熱帯夜や真夏日の年間日数は、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見られる。また、猛暑日の年間日数は、札幌、名古屋を除いて増加傾向が見られ、京都、福岡で比較的大きい。各都市における長期変化は、都市化の影響が比較的小さいとみられる 13 地点平均¹⁵と比べて概ね大きく、都市化による気温上昇の影響が現れていると考えられる。

表 1.1.2 大都市及び都市化の影響が比較的小さいとみられる 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(1931～2017 年)

10 年あたりの変化率を示す。統計期間は 1931 年から 2017 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。なお、大都市 11 地点中の 5 地点(新潟、東京、大阪、広島、鹿児島)及び都市化の影響が比較的小さいとみられる 15 地点中の 2 地点(飯田、宮崎)は、観測場所の移転に伴う影響を除去することが困難なため、比較対象から除いている。

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	-4.5	<i>0.0</i>	<i>0.1</i>	<i>0.0</i>
仙台	-5.9	0.3	0.9	0.1
名古屋	-7.1	3.7	1.1	<i>0.7</i>
横浜	-6.3	3.0	2.1	0.2
京都	-7.4	3.6	1.3	1.2
福岡	-5.0	4.8	1.2	1.1
13 地点	-2.1	1.7	0.6	0.2

¹¹ 日最低気温が 0 未満の日。

¹² 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。

¹³ 日最高気温が 30 以上の日。

¹⁴ 日最高気温が 35 以上の日。

¹⁵ 気温の階級別日数は、観測場所の移転に伴う影響を除去することが困難なため、脚注 8 の 15 地点から該当する飯田と宮崎を除く 13 地点の平均。

1.2 湿度

都市化による相対湿度の長期的な低下傾向が見られる。
 相対湿度の低下率は、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。
 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

大都市の平均相対湿度の長期変化傾向を表 1.2.1 に示し、巻末【資料 4】には各都市における年平均相対湿度の長期変化傾向を示すグラフを、【資料 5】には月別の長期変化傾向をまとめた表を掲載する。

平均相対湿度の 100 年あたりの低下率は、都市化の影響が比較的小さいとみられる 13 地点平均¹⁶の年平均で 6.0% であるのに対し、都市化率の高い都市ではそれより大きい。季節別で見ると、低下率が最も大きい季節は都市によって異なるものの、低下率が最も小さい季節は夏、特に梅雨時期（月別では 6 月や 7 月の低下率が最も小さい）である都市が多い。これは、梅雨時期は曇りや雨の日が多く、都市化の影響が現れにくいため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（大気中に含みうる水蒸気量の最大値）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している可能性があるとして指摘されている（藤部，2012a, 2012b）。

表 1.2.1 大都市及び都市化の影響が比較的小さいとみられる 13 地点平均の都市化率と平均相対湿度の長期変化傾向(1931～2017 年)

100 年あたりの変化率を示す。統計期間は 1931 年から 2017 年まで（冬は 1930 年 12 月/1931 年 2 月～2016 年 12 月/2017 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ている。また、都市ごとに、一年で最も変化傾向の大きい季節の値は赤字、最も変化傾向の小さい季節の値は青字で示している。なお、大都市 11 地点中の 5 地点（新潟、東京、大阪、広島、鹿児島）及び都市化の影響が比較的小さいとみられる 15 地点中の 2 地点（飯田、宮崎）は、観測場所の移転に伴う影響を除去することが困難なため、比較対象から除いている。

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	-10.9	-12.6	-11.7	-15.8
仙台	69.9	-9.0	-10.7	-9.2	-6.9	-9.5
名古屋	89.3	-17.6	-17.1	-18.3	-15.9	-18.7
横浜	59.4	-12.8	-17.1	-12.0	-8.9	-13.3
京都	60.2	-15.2	-14.3	-16.6	-13.9	-15.5
福岡	64.3	-14.8	-14.7	-16.6	-11.3	-16.1
13 地点	14.8	-6.0	-5.8	-6.9	-5.5	-5.9

¹⁶ 相対湿度は、観測場所の移転に伴う影響を除去することが困難なため、脚注 15 と同じ 13 地点の平均。

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2017年までの期間で、データの均質性を確保できる全国50地点（当該期間に移転のあった観測場所は含まれない）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、都市化率が高い地点ほど低下率が高い傾向があり（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。

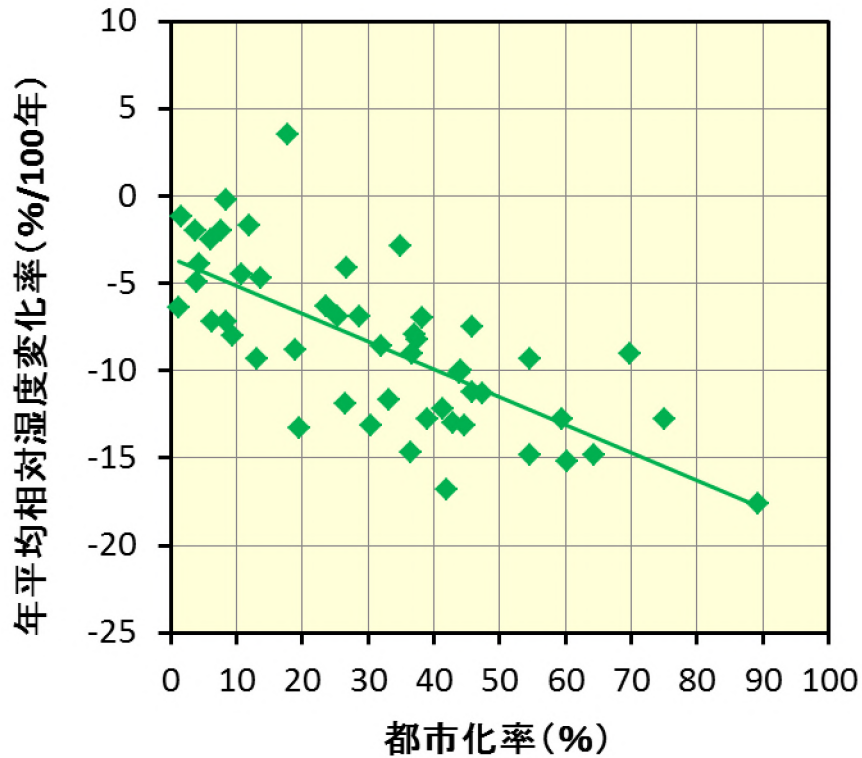


図 1.2.1 全国 50 地点における年平均相対湿度の変化率と都市化率の相関図(1931～2017年)
統計期間は 1931 年から 2017 年まで。直線は回帰直線を示している。

1.2.3 霧日数の長期変化傾向

東京の年間霧¹⁷日数の長期変化傾向を示すグラフを図 1.2.2 に、また、巻末【資料 6】には大都市分をまとめて示す。

年間霧日数の長期変化傾向は各都市で有意な減少が見られる。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ものの（藤部,2012a）、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。

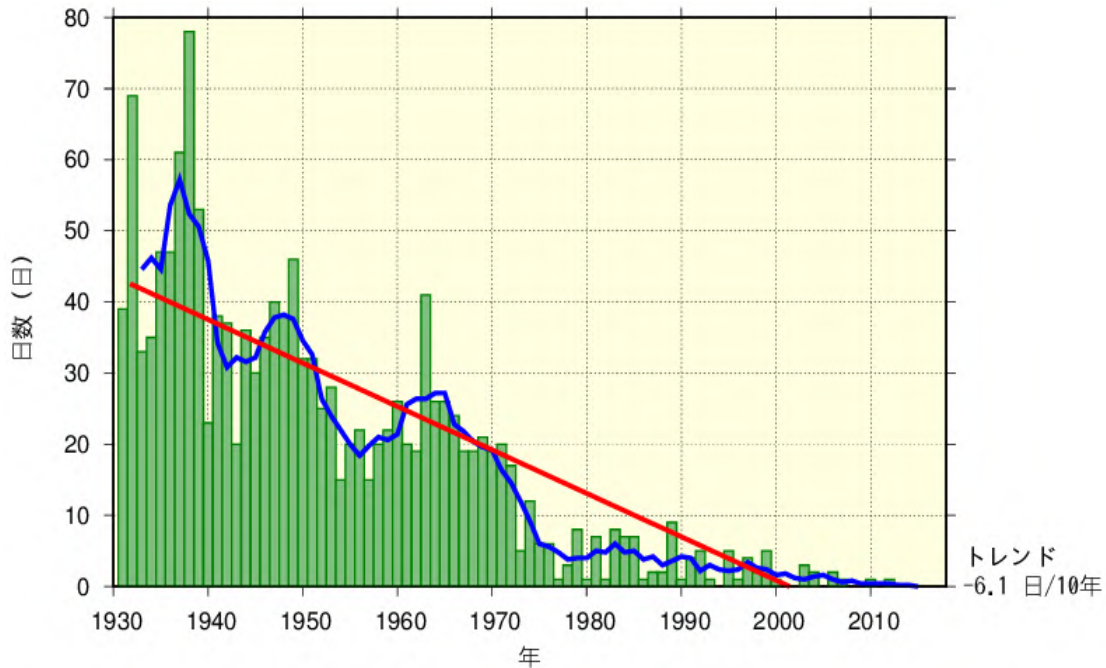


図 1.2.2 東京における年間霧日数の長期変化傾向(1931～2017年)

統計期間は 1931 年から 2017 年まで。緑の棒グラフは毎年の値、青い折れ線は 5 年移動平均値、赤い直線は長期変化傾向を示す。

¹⁷ 「霧」とはごく小さな水滴が大気中に浮遊し、水平視程（水平方向に見通せる距離）が 1km 未満の状態をいう。

1.3 降水

大都市の多くで降水量や大雨の有意な長期変化傾向は見られない。

1.3.1 降水量の長期変化傾向

大都市の年及び季節別の降水量の長期変化傾向を表 1.3.1 に示し、巻末【資料 7】には各都市における年降水量の長期変化傾向を示すグラフを掲載する。

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、多くの都市で見られない。このことから、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。

ちなみに、日本全体（観測データの均質性が長期にわたって確保できる 51 地点¹⁸の平均で代表）で見た場合の年降水量も有意な変化傾向は見られない（気象庁, 2018）。

表 1.3.1 大都市の降水量の長期変化傾向(1931～2017 年)

10 年あたりの変化率を示す。統計期間は 1931 年から 2017 年まで(冬は 1930 年 12 月/1931 年 2 月～2016 年 12 月/2017 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)				
	年	冬	春	夏	秋
札幌	3.2	6.0	-0.2	-1.1	-1.1
仙台	11.3	-1.3	4.8	5.1	3.1
新潟	8.7	-8.4	-1.2	13.8	4.3
名古屋	7.8	2.1	3.0	-0.3	3.4
東京	8.0	0.5	3.7	0.4	3.7
横浜	14.1	1.6	6.3	2.0	4.2
京都	-2.9	3.6	-1.5	-6.4	1.6
広島	-0.1	1.0	3.3	1.3	-5.3
大阪	-0.2	3.6	0.6	-3.6	-0.6
福岡	1.7	-2.2	1.5	11.4	-8.4
鹿児島	20.5	3.4	-5.8	17.8	5.4

¹⁸ 降水量は、気温に比べて地点ごとの変動幅の違いが大きく、長期変化傾向の解析にはより多くの観測点を必要とするため、観測データの均質性が長期間確保できる次の 51 観測地点を選出している。旭川、網走、札幌、帯広、根室、寿都、秋田、宮古、山形、石巻、福島、伏木、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。

1.3.2 大雨の長期変化傾向

まず、大都市の年間大雨日数の長期変化傾向を表 1.3.2 に示し、巻末【資料 8】(1)、(2)には各都市における長期変化傾向を示すグラフを掲載する。

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、降水量と同様に、多くの都市で見られない。

一方、日本全体（51 地点平均）で見た場合の日降水量 100mm 以上の年間日数については、有意な増加傾向がみられている（気象庁，2018）。これは、全国という広域平均で見た場合は、各地点における局所的な年々の変動が打ち消されるためと考えられる。

表 1.3.2 大都市における年間大雨日数の長期変化傾向(1931～2017 年)

100 年あたりの変化率を示す。統計期間は 1931 年から 2017 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。

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>0.4</i>	<i>0.1</i>
仙台	2.5	<i>0.4</i>
新潟	2.0	0.5
名古屋	<i>0.9</i>	<i>0.1</i>
東京	1.7	<i>0.0</i>
横浜	1.7	<i>0.6</i>
京都	<i>0.0</i>	<i>0.2</i>
広島	<i>1.0</i>	<i>0.1</i>
大阪	<i>0.0</i>	<i>-0.2</i>
福岡	<i>1.5</i>	<i>0.4</i>
鹿児島	<i>2.7</i>	1.8

次に、大都市の年及び季節別の最大1時間降水量の長期変化傾向を表1.3.3に示し、巻末【資料8】(3)には各都市における年最大1時間降水量の長期変化傾向を示すグラフを掲載する。

最大1時間降水量の長期変化傾向も、降水量や年間大雨日数と同様、多くの都市で見られず、都市化の影響との明確な関連性を見出すことは難しい。

表 1.3.3 大都市の最大1時間降水量の長期変化傾向(1965～2017年)

10年あたりの変化率を示す。統計期間は1965年から2017年まで(冬は1964年12月/1965年2月～2016年12月/2017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	最大1時間降水量変化率 (mm/時)/10年				
	年	冬	春	夏	秋
札幌	1.3	-0.1	0.2	1.6	0.7
仙台	1.2	0.6	0.7	0.5	2.0
新潟	2.4	0.6	0.6	2.5	0.3
名古屋	0.1	0.9	0.5	1.0	0.2
東京	3.2	0.7	1.3	1.9	2.7
横浜	2.0	1.1	0.9	1.3	1.5
京都	0.0	0.7	0.4	-0.2	0.0
広島	1.4	0.1	0.4	0.9	2.0
大阪	0.0	1.0	0.4	1.2	-1.0
福岡	3.2	0.3	0.6	3.2	0.6
鹿児島	0.8	1.6	0.6	-0.9	1.9