

1. 観測データの長期変化からみる大都市のヒートアイランド現象

1.1 気温

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。

1.1.1 気温の長期変化傾向

1931 年から 2016 年までの期間で、大都市（札幌、仙台、名古屋、東京、横浜、京都、広島、大阪、福岡、鹿児島）⁹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¹⁰の都市化率¹¹（人工被覆率）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（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小さいとみられる 15 地点平均が 1.5 であるのに対し、東京で 3.3 、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¹²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、上昇率が最も小さいのは夏である都市が多い。これは、夏は対流が発達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、大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。

⁹ 詳細は注 5 のとおり。

¹⁰ 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。

¹¹ 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。

¹² 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

100 年あたりの変化率を示す。統計期間は 1931 年から 2016 年まで(冬は 1930 年 12 月/1931 年 2 月～2015 年 12 月/2016 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。

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	3.4	2.9	1.9	2.7	1.0	1.4	1.5	0.7	0.6	4.5	5.7	4.7	3.5	4.3
仙台	69.9	2.4	3.0	2.8	1.4	2.6	1.2	1.5	1.5	0.9	1.0	3.2	3.7	3.8	2.0	3.3
名古屋	89.3	2.9	3.0	3.2	2.2	3.2	1.3	1.4	1.6	0.8	1.2	4.0	3.9	4.5	3.2	4.4
東京	92.9	3.3	4.4	3.3	2.0	3.4	1.7	1.9	1.9	1.2	1.7	4.5	6.0	4.6	2.9	4.4
横浜	59.4	2.8	3.5	3.1	1.8	2.9	2.4	2.6	2.8	1.8	2.4	3.6	4.7	3.8	2.2	3.6
京都	60.2	2.7	2.6	3.0	2.3	2.8	1.1	0.8	1.6	1.0	0.8	3.8	3.8	4.1	3.2	4.0
広島	54.6	2.0	1.6	2.4	1.6	2.5	1.0	0.7	1.7	1.1	0.5	3.2	2.8	3.4	2.6	3.9
大阪	92.1	2.7	2.7	2.7	2.2	3.1	2.2	2.2	2.5	2.0	2.1	3.6	3.3	3.6	3.3	4.1
福岡	64.3	3.1	2.9	3.4	2.2	3.8	1.7	1.6	2.2	1.4	1.7	5.0	4.5	5.9	3.7	6.1
鹿児島	38.8	2.8	2.7	3.2	2.3	3.1	1.3	1.2	1.8	1.1	1.3	4.0	3.8	4.6	3.4	4.6
15地点	16.2	1.5	1.6	1.9	1.2	1.5	1.1	1.1	1.6	0.9	0.9	1.9	1.9	2.1	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2016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1.1.1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の間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項で述べたとおりである。

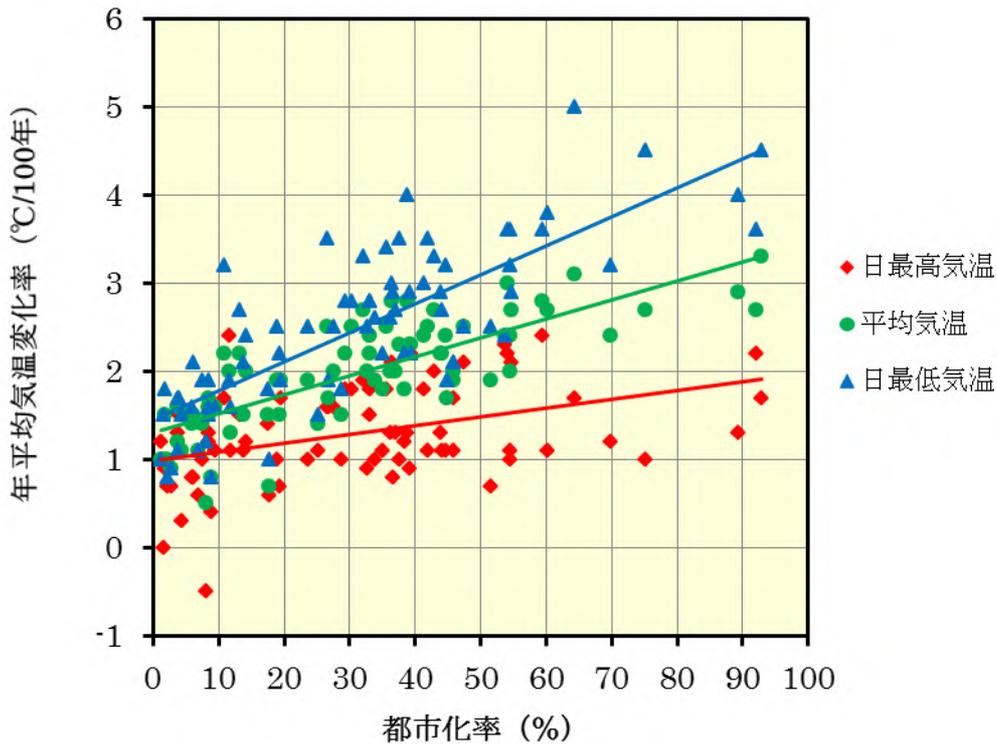


図 1.1.1 全国 78 地点における年平均の気温変化率と都市化率の相関図

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2016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¹³、熱帯夜¹⁴、真夏日¹⁵、猛暑日¹⁶の年間日数の長期変化傾向を表 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、都市化の影響が比較的小さいとみられる 13 地点平均¹⁷と比べて大きく、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。

真夏日の年間日数は、発現頻度が少ない札幌を除いて増加傾向が現れている。猛暑日の年間日数も同様で、名古屋、京都、福岡で比較的大きい。

なお、大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 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

10 年あたりの変化率を示す。統計期間は 1931 年から 2016 年まで(猛暑日は 1961 年から 2016 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 10 地点中の 4 地点(東京、広島、大阪、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	-4.6	<i>0.0</i>	<i>0.1</i>	<i>0.0</i>
仙台	-5.8	0.3	1.0	0.2
名古屋	-7.1	3.7	1.1	2.2
横浜	-6.4	3.0	2.1	0.4
京都	-7.5	3.6	1.2	2.3
福岡	-5.1	4.7	1.1	1.8
13 地点	-2.1	1.7	0.6	0.4

¹³ 日最低気温が 0 未満の日。

¹⁴ 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。

¹⁵ 日最高気温が 30 以上の日。

¹⁶ 日最高気温が 35 以上の日。

¹⁷ 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、注 10 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みられる。
 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 に示す。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¹⁸の年平均で 6.2%であるのに対し、都市化率の高い都市ではより大きい。季節別でみると、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（大気中に含む水蒸気量の最大値）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¹⁸と指摘されている（藤部, 2012a, 2012b）。

なお、大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 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

100 年あたりの変化率を示す。統計期間は 1931 年から 2016 年まで（冬は 1930 年 12 月/1931 年 2 月～2015 年 12 月/2016 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 10 地点中の 4 地点（東京、広島、大阪、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	-11.0	-12.6	-11.7	-15.8
仙台	69.9	-9.1	-10.6	-9.1	-6.9	-9.7
名古屋	89.3	-17.6	-17.2	-18.3	-15.9	-19.1
横浜	59.4	-13.0	-17.1	-12.2	-9.0	-13.7
京都	60.2	-15.4	-14.9	-16.7	-14.0	-16.0
福岡	64.3	-15.1	-15.0	-16.8	-11.5	-16.7
13 地点	14.8	-6.2	-5.9	-7.0	-5.6	-6.2

¹⁸ 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、注 17 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2016年までの期間で、データの均質性を確保できる全国51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。

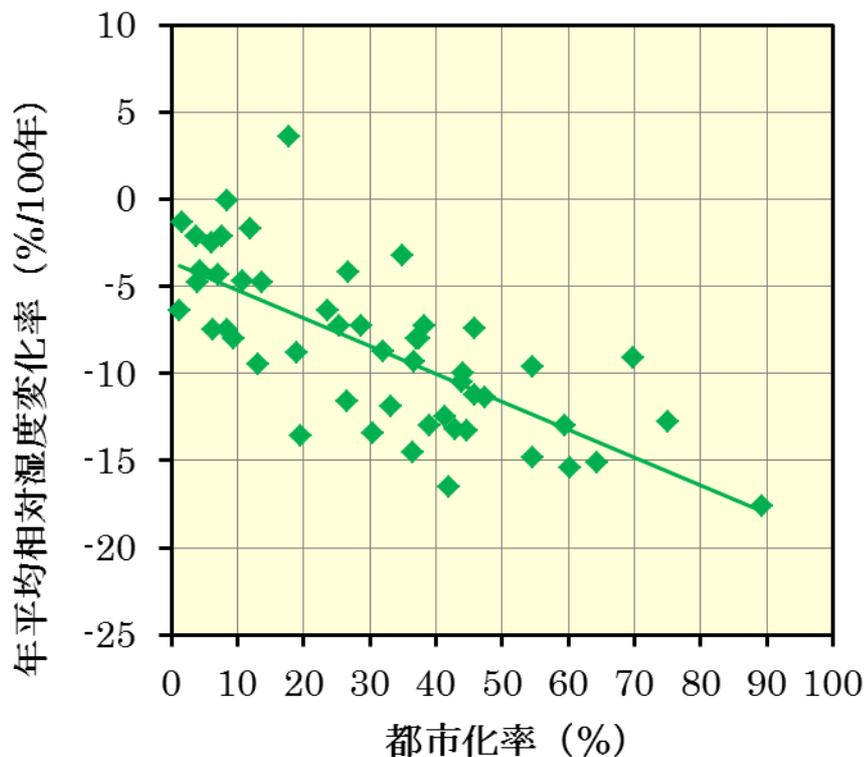


図 1.2.1 全国 51 地点における年平均相対湿度の変化率と都市化率の相関図

統計期間は 1931 年から 2016 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

大都市の年間霧¹⁹日数の長期変化傾向を示すグラフを【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。

¹⁹ 「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

大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。

因みに、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²⁰の平均で代表）でみた場合の年降水量も有意な変化傾向はみられない（気象庁, 2017）。

なお、大都市における長期変化傾向を示すグラフは【資料7】として巻末に掲載した。

表 1.3.1 大都市の降水量と最大1時間降水量の長期変化傾向

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2016年まで（冬は1930年12月/1931年2月～2015年12月/2016年2月）、最大1時間降水量は1965年から2016年まで（冬は1964年12月/1965年2月～2015年12月/2016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	3.2	6.0	-0.3	-1.5	-1.6	1.3	-0.1	0.2	1.5	0.6
仙台	11.0	-0.8	4.6	5.1	2.4	1.3	0.7	0.8	0.7	1.9
新潟	7.2	-7.7	-0.6	11.9	4.7	2.6	0.5	0.7	2.7	0.6
名古屋	6.9	2.2	3.9	-0.9	1.5	0.2	0.9	0.7	0.9	0.3
東京	9.0	0.9	4.7	1.5	1.5	3.9	0.8	1.6	2.3	3.1
横浜	14.8	2.2	7.7	3.2	1.2	2.4	1.1	1.2	1.6	1.7
京都	-2.2	3.6	-0.4	-5.6	0.0	0.2	0.7	0.6	0.2	-0.2
広島	-0.5	0.6	4.5	2.1	-7.9	1.1	0.1	0.5	0.5	2.0
大阪	0.2	3.5	1.6	-2.5	-2.8	0.2	0.9	0.5	1.6	-1.0
福岡	4.6	-2.6	1.9	14.2	-9.2	3.8	0.2	0.5	3.7	0.7
鹿児島	21.7	4.0	-6.6	19.9	4.2	0.8	1.7	0.2	-1.1	1.9

²⁰ 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、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 大雨日数の長期変化傾向

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、降水量や最大 1 時間降水量と同様に、多くの都市ではみられない（表 1.3.2）。

一方、日本全体（51 地点平均）でみた場合の日降水量 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，2017）。これは、全国という広域平均でみた場合は、1 都市で見られ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。

なお、各都市における長期変化傾向を示すグラフは【資料 8】として巻末に掲載した。

表 1.3.2 大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 2016 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>0.5</i>	<i>0.1</i>
仙台	2.7	<i>0.4</i>
新潟	1.9	0.5
名古屋	<i>0.8</i>	<i>0.0</i>
東京	1.9	<i>-0.1</i>
横浜	1.8	<i>0.5</i>
京都	<i>0.0</i>	<i>0.1</i>
広島	<i>0.8</i>	<i>0.1</i>
大阪	<i>0.0</i>	<i>-0.2</i>
福岡	<i>1.6</i>	<i>0.6</i>
鹿児島	<i>2.6</i>	1.8