

## 2. 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

### 2.1 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、特に日最低気温で顕著である。気温の長期的な上昇は、日最高気温が冬季、日最低気温が秋季に最大となる都市が多い。各都市では、冬日の減少、熱帯夜や猛暑日、真夏日の増加が顕著に現れている。

#### 2.1.1 長期変化（平均気温、日最高気温、日最低気温）

1931年以降、100年あたりの年平均気温の上昇率は、都市化の影響が比較的少ないとみられる15地点平均<sup>5</sup>の1.5に対し、東京で3.2、大阪で2.7、名古屋で2.9など、大都市で大きい傾向にある（図2.1.1、表2.1.1、【資料1】）。なお、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、都市化によるヒートアイランド現象の影響とみることができる。平均気温、日最高気温、日最低気温の上昇率をみると、15地点平均に比べて、都市化率の大きい都市で大きい。このため、多くの都市で、ヒートアイランドの影響が現れていることが示唆される。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。特に、冬季の日最低気温の上昇率が顕著で、東京では100年あたり6.1の上昇となっている。なお、本報告における気温の上昇率で、統計期間内に観測地点の移転があった場合は、補正（大野ほか、2011）を行って評価している。

季節別及び月別の気温上昇率（表2.1.1、【資料2】）は、大まかには以下の傾向がみられる。

平均気温の上昇率：京都及び鹿児島では春季、それ以外の多くの都市では秋季または冬季（特に10月もしくは2月）が最も大きい。一方、最も小さいのは、どの都市も夏季（特に7月または8月）である。

日最高気温の上昇率：全ての都市で冬季もしくは春季（特に2月）で最も大きい。一方、最も小さい季節は、夏季もしくは秋季（特に7月や11月、12月）となる都市が多い。

日最低気温の上昇率：都市によって最大となる季節が異なるが秋季から春季（特に10月）のいずれかで最も大きい。一方、ほとんどの都市で夏季（特に7月）で小さい。

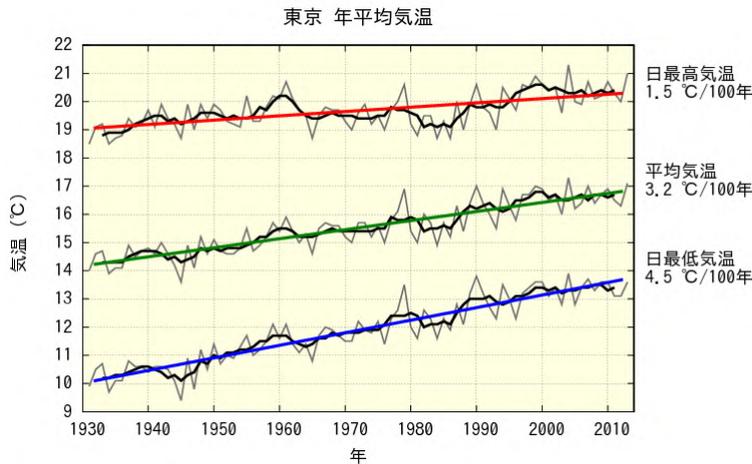
都市化の影響は「晴れて風が弱い日」に現れやすく、そうした条件になりやすい季節が地域によって異なるため、都市によって気温の上昇率の高い季節に違いが現れるものと考えられる。

気温の上昇率が最高気温より最低気温の方が大きいことについては、昼間は混合層<sup>6</sup>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（藤部、

<sup>5</sup> 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。飯田と宮崎は、統計期間内での移転に伴う影響を補正している。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。

<sup>6</sup> 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。

2012a) と考えられる。



**図 2.1.1 東京における年平均気温、日最高気温及び日最低気温の長期変化傾向**

細い折れ線は毎年の値、太い折れ線は 5 年移動平均を示す。色を付けた直線は、長期変化傾向(信頼水準 90%以上)を示している。統計期間は 1931 年から 2013 年まで。

**表 2.1.1 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 2013 年まで。都市ごとに、最も変化傾向の大きい数値は赤字、最も変化傾向の小さい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(新潟、広島、大阪、鹿児島)は、移転に伴う影響を補正している。

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	春	夏	秋	冬	年	春	夏	秋	冬	年	春	夏	秋	冬
札幌	75.1	2.7	2.6	1.9	2.9	3.3	0.9	1.1	0.6	0.7	1.4	4.5	4.6	3.4	4.5	5.6
仙台	69.9	2.3	2.5	1.2	2.6	3.0	1.0	1.1	0.6	0.9	1.5	3.1	3.7	1.8	3.4	3.7
新潟	47.2	2.0	2.4	1.5	2.0	2.2	1.8	2.3	0.9	1.7	2.5	2.3	2.6	2.0	2.1	2.4
名古屋	89.3	2.9	3.0	2.2	3.2	3.0	1.1	1.3	0.7	1.1	1.3	4.0	4.4	3.3	4.4	3.9
東京	92.9	3.2	3.1	2.0	3.4	4.5	1.5	1.6	1.1	1.7	1.8	4.5	4.5	2.8	4.4	6.1
横浜	59.4	2.7	2.9	1.7	2.9	3.6	2.3	2.6	1.7	2.4	2.7	3.5	3.7	2.2	3.6	4.7
京都	60.2	2.6	2.9	2.3	2.7	2.7	0.9	1.3	0.9	0.7	0.9	3.8	4.0	3.2	4.0	3.9
広島	54.6	2.0	2.3	1.7	2.5	1.6	1.0	1.5	1.2	0.5	0.7	3.1	3.3	2.7	3.9	2.8
大阪	92.1	2.7	2.6	2.3	3.2	2.8	2.2	2.3	2.1	2.2	2.2	3.7	3.6	3.5	4.3	3.4
福岡	64.3	3.1	3.3	2.4	3.8	3.0	1.7	1.9	1.4	1.7	1.6	5.1	5.9	3.9	6.2	4.6
鹿児島	38.8	2.8	3.2	2.5	3.0	2.8	1.3	1.7	1.3	1.2	1.2	4.0	4.5	3.6	4.6	3.9
15 地点	18.5	1.5	1.8	1.0	1.5	1.7	1.0	1.3	0.7	0.8	1.2	1.9	2.1	1.5	1.9	2.0

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、飯田と宮崎は、統計期間内での移転に伴う影響を補正している。

## 2.1.2 気温（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の関係

全国 82 地点における、年平均気温の長期変化傾向と都市化率との関係を図 2.1.2 に示す。平均気温、日最高気温、日最低気温とも、都市化率が大きいほど上昇率が大きい傾向があり、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、2.1.1 節で述べたとおりである。

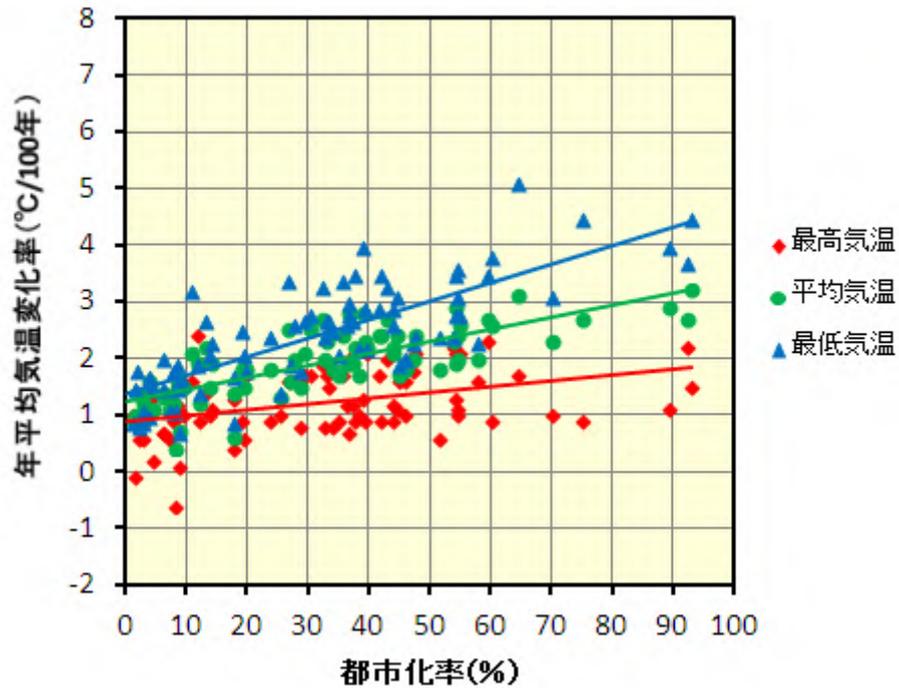


図 2.1.2 全国 82 地点における年平均の気温変化率と都市化率の相関図

移転の影響がある地点については、そ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 2013 年まで。

### 2.1.3 気温の階級別日数（冬日日数、熱帯夜日数、真夏日日数、猛暑日日数）

各都市の冬日<sup>7</sup>、熱帯夜<sup>8</sup>、真夏日<sup>9</sup>、猛暑日<sup>10</sup>の年間日数の変化傾向を表 2.1.2、【資料 3】に示す。冬日の年間日数は、全ての都市で顕著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顕著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<sup>11</sup>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・福岡など大都市圏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、名古屋や京都、福岡で明瞭である。

表 2.1.2 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 2013 年まで（猛暑日は 1961 年から 2013 年まで）。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。

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	-5.8	0.3	0.9	0.1
名古屋	-7.2	3.8	1.1	2.5
東京	-8.2	3.9	1.3	0.8
横浜	-6.5	3.0	2.2	0.5
京都	-7.6	3.6	1.2	2.3
福岡	-5.2	5.0	1.3	1.8
13 地点 <sup>11</sup>	-2.1	1.7	0.5	0.4

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 地点から統計が切断された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。

<sup>7</sup> 日最低気温が 0 未満の日。

<sup>8</sup> 熱帯夜とは、夜間の最低気温が 25 以上のことをいいますが、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います。

<sup>9</sup> 日最高気温が 30 以上の日。

<sup>10</sup> 日最高気温が 35 以上の日。

<sup>11</sup> 注 5 の 15 地点から統計が切断された飯田と宮崎を除く 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。

## 2.2 湿度

各都市では、都市化による相対湿度の長期的な減少傾向がみられる。  
相対湿度の減少は秋季、冬季に最大となる都市や、梅雨時期に最小となる都市が多い。  
各都市では、霧日数は著しく減少している。

### 2.2.1 平均相対湿度の長期変化

都市化と乾燥化の関係を調べるため、各都市の平均相対湿度の長期変化傾向を表 2.2.1、【資料 4】に示す。相対湿度の 100 年あたりの減少率は、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 6.7% に対し、東京は 17.7% など、都市化率の高い都市で大きい。季節別では、減少率が大きいのは秋季や冬季である（月別では、東京や横浜では 12 月、京都や福岡では 4 月、札幌や名古屋では 10 月など地域によって季節に違いがみられる【資料 5】）。一方、減少率が小さいのは夏季、特に梅雨時期（月別では、札幌を除く都市で 6 月の減少率が最も小さい）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ためであると考えられる。

都市域における相対湿度の減少の要因は、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）の増加と水蒸気の減少があげられる。飽和水蒸気圧の増加によって、水蒸気量が変わらなければ、相対湿度が下がる。また、水蒸気の減少については、都市域では植物が少なくなり、蒸発散が弱くなるため（藤部，2012a, 2012b）と考えられる。

表 2.2.1 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 2013 年まで。全ての値で信頼水準 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、最も変化傾向の大きい数値は赤字、最も変化傾向の小さい数値は青字で示している。

地点	都市化率 (%)	平均相対湿度変化率 (%/100 年)				
		年	春	夏	秋	冬
札幌	75.1	-12.8	-12.2	-11.8	<b>-15.8</b>	<b>-11.2</b>
仙台	69.9	-9.0	-8.9	<b>-6.9</b>	-9.6	<b>-11.0</b>
名古屋	89.3	-18.3	-18.7	<b>-16.4</b>	<b>-20.0</b>	-17.5
東京	92.9	-17.7	-15.9	<b>-13.4</b>	-18.8	<b>-22.7</b>
横浜	59.4	-14.1	-13.1	<b>-9.9</b>	-14.9	<b>-18.4</b>
京都	60.2	-16.2	-17.2	<b>-14.7</b>	<b>-16.8</b>	-15.8
福岡	64.3	-16.7	-17.9	<b>-13.4</b>	<b>-18.9</b>	-16.2
13 地点	18.5	-6.7	<b>-7.3</b>	<b>-6.2</b>	-6.9	-6.4

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 地点から統計が切断された飯田と宮崎を除く 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）の平均を表す。

## 2.2.2 平均相対湿度の長期変化傾向と都市化率の関係

全国 53 地点において、気温の長期変化傾向と都市化率との関係を図 2.2.1 に示す。平均相対湿度は、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。

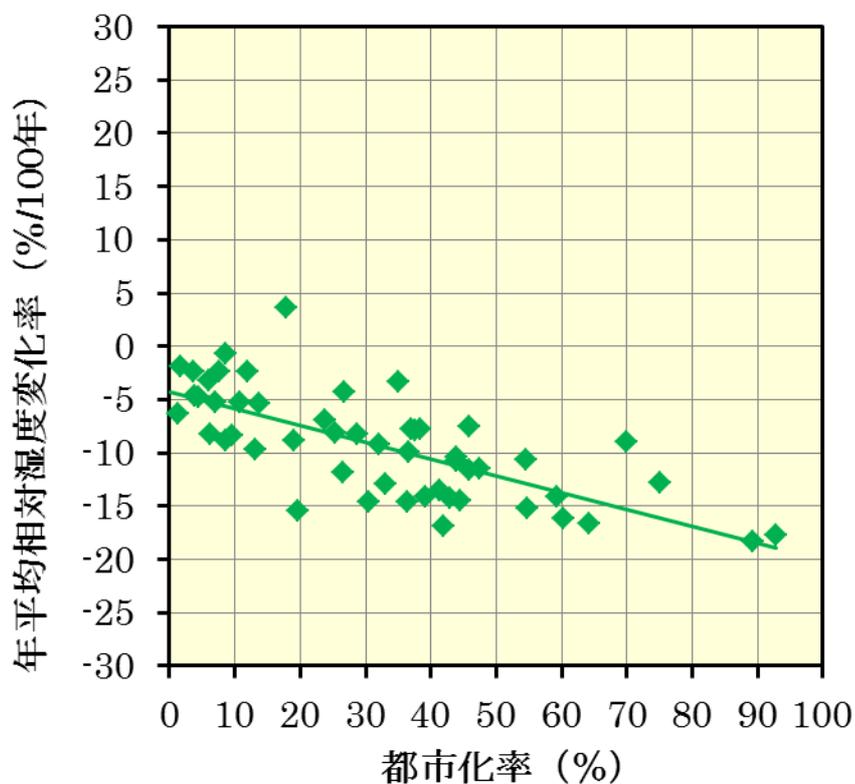


図 2.2.1 全国 53 地点における年平均相対湿度の変化率と都市化率の相関図

移転の影響がある地点については、そ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 2013 年まで。

### 2.2.3 霧日数

各都市における 1931～1940 年平均と 2004～2013 年平均の年間霧日数<sup>12</sup>の比較を表 2.2.2 に示す。1931～1940 年では年間数十日観測されていた霧が、近年では仙台を除いて数日程度と著しく減少している。このことは、長期的な変化傾向を示す図（【資料 6】）でも明瞭に現れている（仙台では霧日数の減少が明瞭ではないことから、霧日数の変化については、地域特有の気候特性もあわせて考える必要がある）。

なお、霧日数の減少傾向については、藤部（2012a）では、都市化だけではなく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している。

表 2.2.2 各都市における各期間の霧日数の比較

地点	1931～1940 年	2004～2013 年
	平均日数	平均日数
札幌	15.1	1.2
仙台	23.3	20.7
新潟	10.4	4.1
名古屋	32.3	2.8
東京	48.5	0.7
横浜	42.0	2.2
京都	80.6	0.0
広島	15.5	1.8
大阪	35.0	0.8
福岡	7.1	1.2
鹿児島	4.5	0.6

<sup>12</sup> 大気中の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。

## 2.3 降水

各都市では、大雨や短時間強雨の長期的な変化傾向は明瞭にみられない。

### 2.3.1 降水量、最大1時間降水量の長期変化

各都市の降水量と最大1時間降水量の長期変化傾向を表2.3.1に示す。降水量と最大1時間降水量の長期変化傾向は、一部の都市では明瞭に現れているものの、東京や大阪、名古屋といった大都市圏などではみられない。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。

表 2.3.1 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2013年まで(冬は1932年から2014年まで)、最大1時間降水量は1965年から2013年まで(冬は1966年から2014年まで)。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。

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	春	夏	秋	冬	年	春	夏	秋	冬
札幌	-0.2	-0.1	-4.8	-1.6	6.2	0.7	0.1	1.0	0.7	-0.2
仙台	9.0	4.0	6.1	0.2	-1.2	0.4	0.7	0.9	0.7	0.9
新潟	12.3	-0.2	14.2	7.7	-10.9	3.6	0.7	3.5	1.0	0.5
名古屋	4.4	3.5	-0.5	0.7	1.6	1.0	0.3	1.3	0.9	1.0
東京	2.7	5.6	-1.1	-1.4	0.6	4.0	1.6	2.3	3.0	0.6
横浜	10.0	9.1	0.7	-0.8	1.7	1.7	1.1	1.2	1.8	0.9
京都	-7.8	-0.2	-9.0	-0.9	2.5	-0.4	0.8	-0.3	-0.2	0.5
広島	-6.4	4.9	0.1	-10.8	-0.3	0.7	0.7	0.5	1.2	0.0
大阪	-3.2	2.0	-6.2	-1.5	3.3	0.7	0.4	2.0	-0.8	0.5
福岡	-4.6	1.2	12.9	-14.9	-3.1	4.8	0.7	4.6	0.5	0.2
鹿児島	-1.2	-8.3	4.4	0.9	2.8	0.8	0.3	-1.1	1.4	0.5

### 2.3.2 強雨の年間日数

各都市の強雨（ここでは、日降水量 50mm 以上及び 100mm 以上の降水とする）の年間日数の変化傾向を表 2.3.2 に示す。ここで、東京や大阪、名古屋といった多くの地点において、明瞭な変化傾向がみられないことから、強雨となる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。

表 2.3.2 各都市における強雨の年間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 2013 年まで。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。

地点	強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>0.2</i>
仙台	<b>2.4</b>	<i>0.3</i>
新潟	<b>2.3</b>	<b>0.5</b>
名古屋	<i>0.9</i>	<i>0.2</i>
東京	<i>1.4</i>	<i>-0.3</i>
横浜	<b>1.6</b>	<i>0.2</i>
京都	<i>-0.3</i>	<i>0.0</i>
広島	<i>0.7</i>	<i>0.3</i>
大阪	<i>0.1</i>	<i>-0.4</i>
福岡	<i>1.2</i>	<i>0.5</i>
鹿児島	<i>0.4</i>	<b>1.2</b>