

Ⅱ 地球温暖化の影響

1 気候への影響

福井地方気象台が県内の各気象観測所で観測している気温、降雪量、降水量、湿度のデータを解析し、福井県における気候への影響をとりまとめた。

福井県内では、現在、福井地方気象台（以下、「福井」という。）、敦賀特別地域気象観測所（以下、「敦賀」という。）の他、三国などの地域気象観測所（以下、「アメダス」という。）12 地点の計 14 地点で気象観測を行っている。

本報告書では、長期的または中期的な気候の変化を把握するため、30 年以上にわたって継続して地域の気象を観測している 9 観測所の観測データと、観測期間は 30 年に満たないが、山間部における降雪実態を把握するため、アメダス九頭竜の降雪量データを解析対象とした。

なお、解析対象とした観測所と解析種目を表 1.1.1 に、観測所の位置を図 1.1.1 に示す。

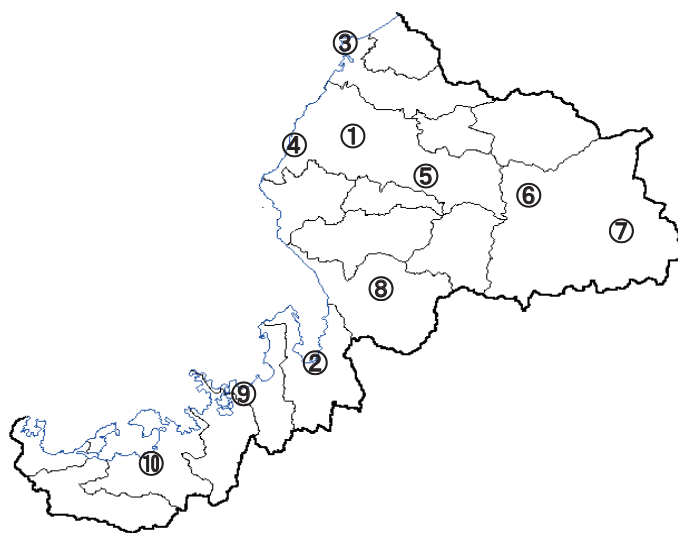


図 1.1.1 観測所の位置図

表 1.1.1 解析対象とした観測所と解析種目

観測所	所在地	標高	解析種目				観測開始*	備考
			気温	湿度	降水量	降雪量		
①福井	福井市豊島	9 m	○	○	○	○	1897 年	福井地方気象台
②敦賀	敦賀市松栄町	2 m	○	○	○	○	1898 年	敦賀特別地域気象観測所
③三国	坂井市三国町平山	34 m	○		○		1976 年	アメダス
④越廼	福井市居倉町	30 m	○		○		1978 年	〃
⑤美山	福井市美山町	70 m			○		1976 年	〃
⑥大野	大野市 93 字蛇塚	182 m	○		○	○	1976 年	〃
⑦九頭竜	大野市川合	430 m				○	1982 年	〃
⑧今庄	南条郡南越前町今庄	128 m	○		○	○	1976 年	〃
⑨美浜	三方郡美浜町々々子	10 m	○		○		1976 年	〃
⑩小浜	小浜市遠敷	10 m	○		○	○	1976 年	〃

*観測開始は解析種目により一部異なる

1.1 気温の変化

(1) 長期的な気温の変化

福井県内で100年以上観測を行っている福井と敦賀の気温データをもとに、福井県における長期的な気温の変化を把握した。

福井（統計期間：1897～2010年、1945年欠測）および敦賀（統計期間：1898～2010年）の年平均気温の推移を図1.1.2に示す。

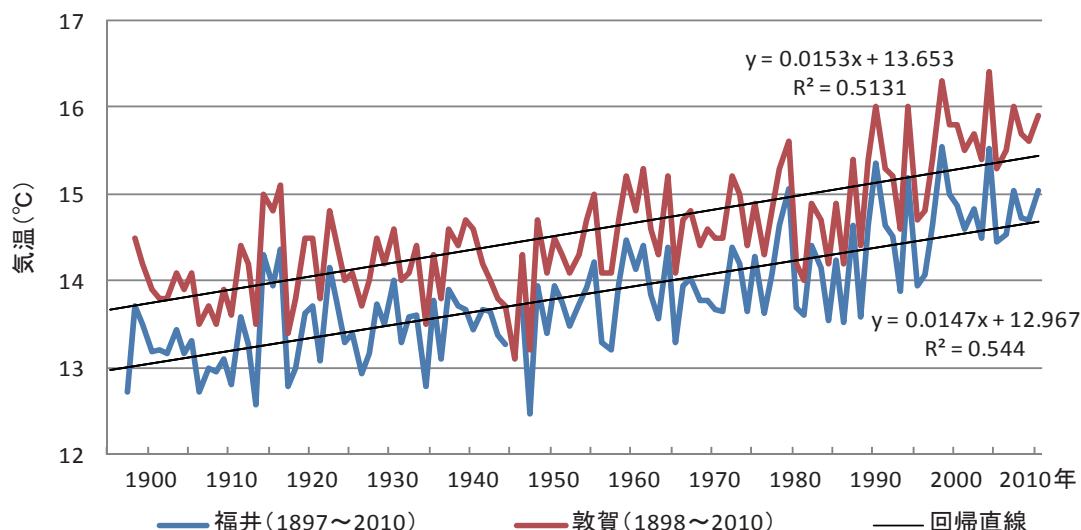


図 1.1.2 福井、敦賀の年平均気温の推移

福井、敦賀の気温はともに上昇傾向にあり、その上昇率は、福井では $1.47^{\circ}\text{C}/100$ 年、敦賀では $1.53^{\circ}\text{C}/100$ 年となっており、日本（統計期間：1898～2010年）の気温上昇率 $1.15^{\circ}\text{C}/100$ 年よりも高い値であった。

日本の気温上昇率は、都市化による影響が比較的少なく、また、特定の地域に偏らないように選定した17地点のデータから算出された値であり、一般に、この上昇率との差の大部分が都市化による上昇、すなわちヒートアイランド現象を表していると言われている¹⁾。

なお、上記17地点（1898～2010年）における100年あたりの気温上昇率を気象庁のホームページに掲載の年平均気温から算出し表1.1.2に示した。

17地点の中には、すでにヒートアイランド現象が生じていると言われている地点²⁾もあり、福井、敦賀の気温上昇率は、17地点で最も上昇率の高い宮崎の $1.37^{\circ}\text{C}/100$ 年よりも 0.1°C 以上高い値であった。このことから、福井や敦賀では、少なからずヒートアイランド現象が生じているものと考えられる。

また、敦賀の気温上昇率が福井よりもやや高い値であった要因の一つとして、日本海南部海域の海水温が100年あたり約 1.3°C 上昇³⁾、県水産試験場の観測データ（1979～2008年）による若狭町神子地先の海水温（表層）が30年あたり約 1.3°C 上昇しているとの解析結果⁴⁾から、海に極めて近い敦賀では、海水温上昇との相乗効果による気温の上昇が考えられる。

表 1.1.2 全国 17 地点の 100 年あたりの気温上昇率（1898～2010 年）

観測地点	上昇率 (°C/100 年)	観測地点	上昇率 (°C/100 年)
網 走	1.21	飯 田	1.29※
根 室	1.03	彦 根	1.30
寿 都	0.71	境	1.14
石 巻	1.00	浜 田	1.16
山 形	1.34	多 度 津	1.27
水 戸	1.20	宮 崎	1.37※
銚 子	1.06	名 瀬	0.95
伏 木	1.07	石 垣 島	1.19
長 野	1.24	平 均	1.15

※飯田と宮崎のデータは移転による影響を除去するための補正を行っており、公開されている観測データとは異なる。

(2) 月別・季節別の気温上昇

福井および敦賀における月別・季節別の 100 年あたりの気温上昇率を表 1.1.3 に示す。

月別の月平均気温の上昇率をみると、福井では、4 月、8 月、10 月の上昇率が 1.8°C/100 年以上と大きく、1 月が 0.57°C/100 年と最も小さかった。また、敦賀では、4 月、5 月、8 月、10 月の上昇率が 1.8°C/100 年以上と大きく、特に 5 月の上昇率が 2.1°C/100 年と最も高いことが特徴的であった。なお、最も小さい月は福井と同様に 1 月であり、その上昇率は 0.75°C/100 年であった。

表 1.1.3 福井、敦賀の月別・季節別の気温上昇率

	冬 季			春 季		
	12 月	1 月	2 月	3 月	4 月	5 月
福井 (°C/100 年)	+1.22	+0.57	+1.69	+1.18	+1.89	+1.53
	+1.16			+1.53		
敦賀 (°C/100 年)	+1.10	+0.75	+1.24	+1.58	+1.85	+2.10
	+1.07			+1.84		
	夏 季			秋 季		
	6 月	7 月	8 月	9 月	10 月	11 月
福井 (°C/100 年)	+1.30	+1.12	+1.86	+1.79	+1.98	+1.59
	+1.43			+1.79		
敦賀 (°C/100 年)	+1.60	+1.30	+1.80	+1.74	+1.88	+1.42
	+1.57			+1.68		

(注) 福井のデータは移転（1948 年）による影響を除去するための補正を行っており、公開されている観測データとは異なる。

季節別でみると、福井では秋季の上昇率が最も大きく、次いで春季、夏季の順で、冬季の上昇率が最も小さかった。敦賀では、5月の気温上昇の影響を受けて春季の気温上昇が最も大きく、次いで秋季、夏季の順で、上昇率が最も小さい季節は福井と同様に冬季であった。

なお、日本の季節別平均気温の上昇率は春季が最も大きく、次いで冬季、秋季、夏季の順となっており、この結果と比べると、福井、敦賀とも冬季の気温上昇が小さいことが特徴的であった。

(3) 日最高気温、日最低気温の推移

福井（統計期間：1897～2010年、1945年欠測）および敦賀（統計期間：1898～2010年）における日最高気温（年平均）および日最低気温（年平均）の推移を図1.1.3、図1.1.4に示す。

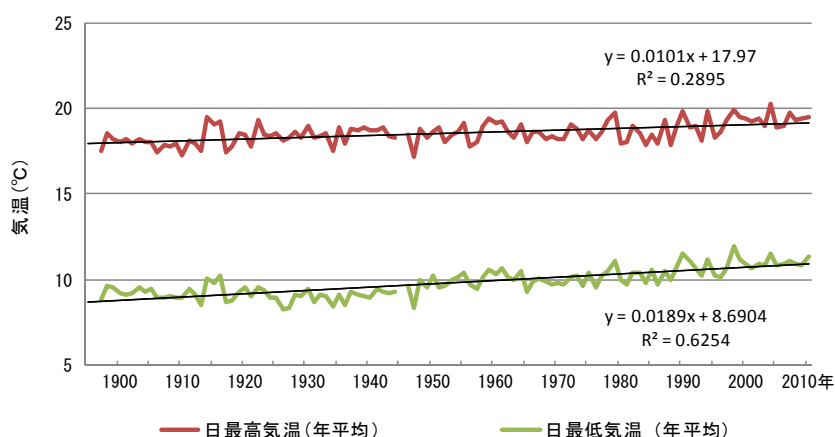


図 1.1.3 福井の日最高気温および日最低気温の推移

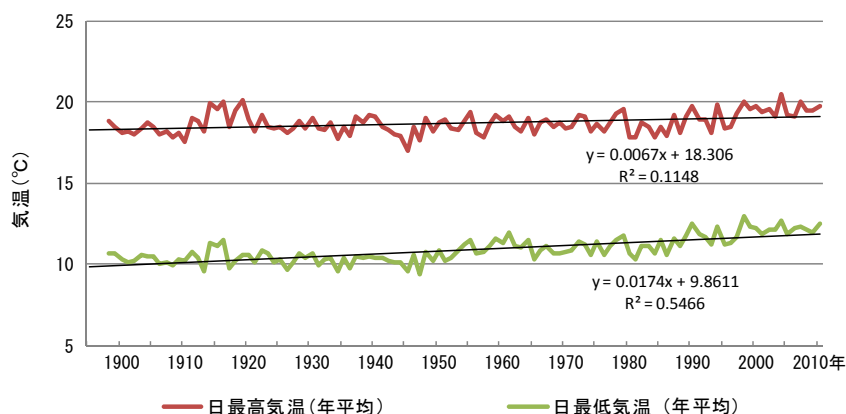


図 1.1.4 敦賀の日最高気温および日最低気温の推移

福井および敦賀の日最高気温（年平均）、日最低気温（年平均）はともに上昇傾向が認められる。

100年あたりの上昇率は、福井で、日最高気温 $1.01^{\circ}\text{C}/100$ 年、日最低気温 $1.89^{\circ}\text{C}/100$ 年、敦賀では、日最高気温 $0.67^{\circ}\text{C}/100$ 年、日最低気温 $1.74^{\circ}\text{C}/100$ 年であり、福井、敦賀とも、日最低気温の上昇が図1.1.2に示した年平均気温の上昇に大きく寄与していることがわかった。

(4) 年平均気温の地点間相関

県内の気温の地域特性を把握するため、過去 30 年間（1981～2010 年）の気温データを有する県内 8 地点（福井、敦賀、アメダス 6 地点）の年平均気温の推移を図 1.1.5 に、各地点における 30 年間の気温上昇率を図 1.1.6 に示す。また、各地点間の年平均気温の相関係数（R）を表 1.1.4 に示す。

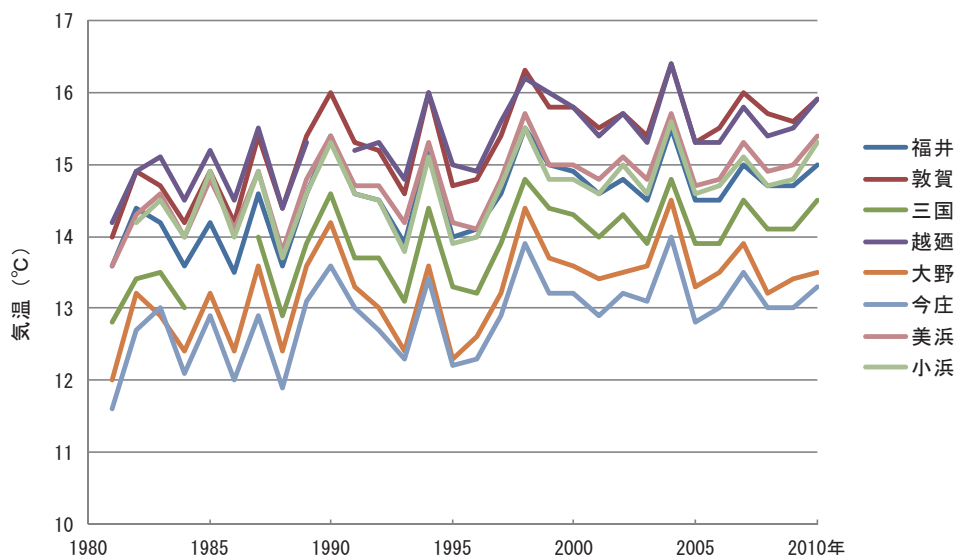


図 1.1.5 県内 8 地点の年平均気温の推移

県内 8 地点の気温は全地点で上昇傾向が認められ、最も上昇率の大きい地点は敦賀で 1.47℃/30 年、最も小さい地点は小浜で 0.79℃/30 年であり、地点間の上昇率には大きな差があった。

この原因については、観測所周辺の地形や土地利用状況等の影響など種々の要因が複雑に絡んでいると思われる、今後、詳細な検討が必要と考えられる。

また、年平均気温の地点間の変動については、表 1.1.4 に示すとおり全地点間において強い相関関係（相関係数 0.9 以上）が認められることから、県内の気温上昇は広域的な要因を受けていると言える。

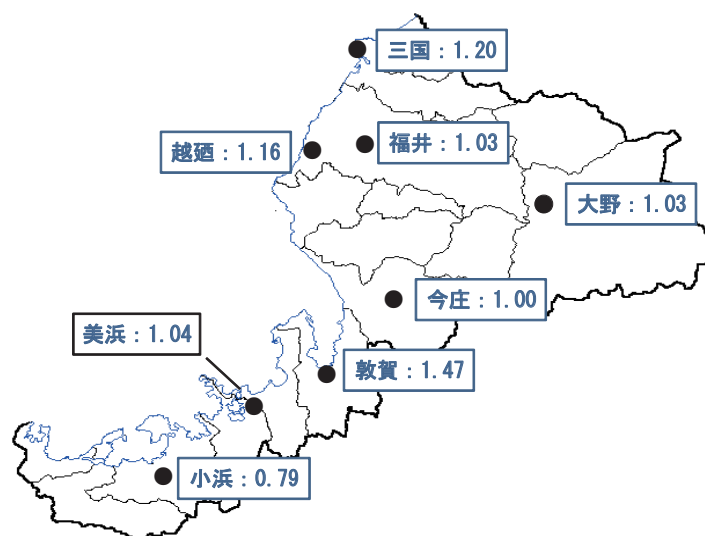


図 1.1.6 各地点における年平均気温の上昇率（℃／30 年）

表 1.1.4 県内 8 地点の年平均気温の地点間相関

相関係数(R)

	福 井	敦 賀	三 国	越 廼	大 野	今 庄	美 浜	小 浜
福 井		0.9783	0.9879	0.9724	0.9418	0.9557	0.9550	0.9193
敦 賀	***		0.9843	0.9672	0.9363	0.9455	0.9595	0.9112
三 国	***	***		0.9763	0.9397	0.9536	0.9838	0.9686
越 廼	***	***	***		0.9115	0.9446	0.9672	0.9267
大 野	***	***	***	***		0.9642	0.9397	0.9267
今 庄	***	***	***	***	***		0.9741	0.9517
美 浜	***	***	***	***	***	***		0.9817
小 浜	***	***	***	***	***	***	***	

(5) 猛暑日、熱帯夜、冬日の推移

福井および敦賀の猛暑日（日最高気温 35℃以上）、熱帯夜*および冬日（日最低気温 0℃未満）の推移を図 1.1.7～図 1.1.12 に示す。また、昭和の期間（1961～1988 年）と平成の期間（1989～2010 年）別の各日数の平均値を表 1.1.5 に示す。

*熱帯夜とは、本来、夜間の最低気温 25℃以上のことを言うが、本報告書では便宜的に日最低気温 25℃以上とする。

表 1.1.5 昭和・平成別の猛暑日・熱帯夜・冬日の各平均日数

	猛 暑 日 日 数		熱 帯 夜 日 数		冬 日 日 数	
	福井	敦賀	福井	敦賀	福井	敦賀
昭 和 の 平 均 (1961～1988 年)	2.8 日	1.8 日	4.0 日	14.1 日	49 日	30 日
平 成 の 平 均 (1989～2010 年)	6.5 日	4.3 日	11.2 日	22.5 日	33 日	11 日

【福井（統計期間：1961～2010年）】

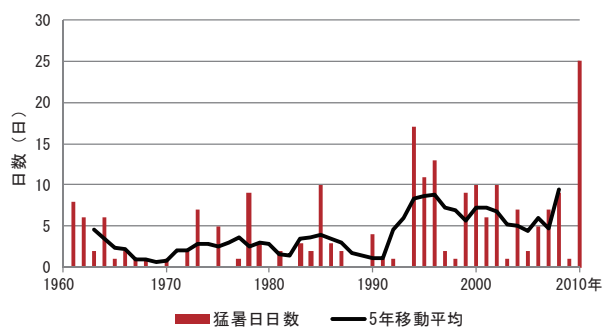


図 1.1.7 福井における猛暑日日数の推移

【敦賀（統計期間：1961～2010年）】

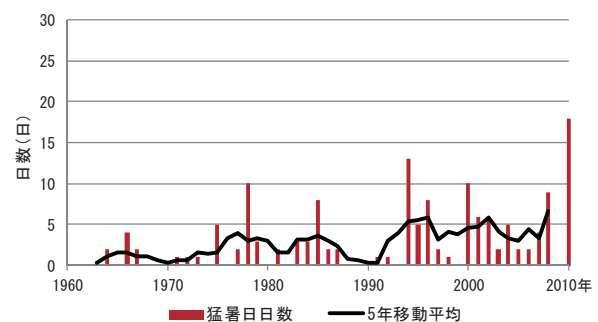


図 1.1.8 敦賀における猛暑日日数の推移

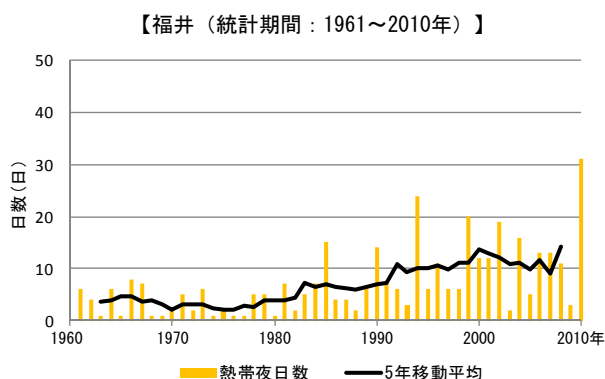


図 1.1.9 福井における熱帯夜日数の推移

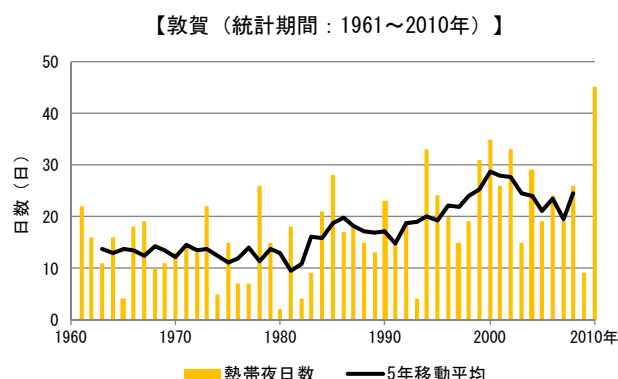


図 1.1.10 敦賀における熱帯夜日数の推移

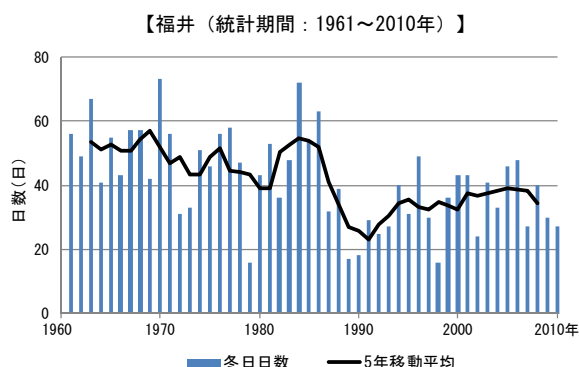


図 1.1.11 福井における冬日日数の推移

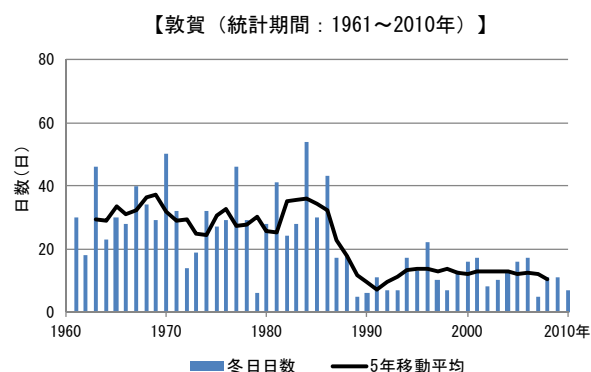


図 1.1.12 敦賀における冬日日数の推移

猛暑日の日数は、福井、敦賀とも 1990 年頃から急激に増加しており、昭和の期間（1961～1988 年）と平成の期間（1989～2010 年）を比べると、福井では、平均 2.8 日/年から平均 6.5 日/年に、敦賀では、平均 1.8 日/年から平均 4.3 日/年と、福井、敦賀とも約 2.5 倍に増加している。

熱帯夜の日数も、猛暑日日数と同様に 1990 年頃からの増加が著しく、昭和の期間と平成の期間を比べると、福井では、平均 4.0 日/年から平均 11.2 日/年と約 7 日増加し、敦賀では、平均 14.1 日/年から平均 22.5 日/年と約 8 日増加している。

猛暑日と熱帯夜の日数を福井と敦賀で比較すると、猛暑日の日数は敦賀の方が福井より少ないのに対し、熱帯夜の日数は逆に敦賀の方が 2 倍以上も多くなっている。

この原因として、敦賀は海に近接していることで海水温の影響により気温の日較差が小さくなり、その結果、敦賀では内陸部に位置する福井よりも夜間の気温低下が抑えられ熱帯夜に繋がっているものと推察される。

また、冬日の日数は、猛暑日や熱帯夜の増加とは逆に 1990 年頃から急激に減少している。昭和の期間と平成の期間を比べると、福井では、平均 49 日/年から平均 33 日/年と 16 日減少し、敦賀では、平均 30 日/年から平均 11 日/年と 19 日減少している。

1.2 降雪量の変化

(1) 長期的な降雪量の変化

福井、敦賀の1954年～2010年の年間降雪量（寒候年）の推移を図1.2.1に示す。

なお、寒候年とは、前年8月から当年7月までの1年間のことで、例えば、「2010寒候年」とは、2009年8月～2010年7月にかけての1年間である。

福井、敦賀における年間降雪量（寒候年）はよく似た変動を示し、ともに平成（1989年～）になって著しく減少している。この昭和の期間（1954～1988年）と平成の期間（1989～2010年）における降雪量の変化要因を明らかにするため、昭和の期間と平成の期間別に平均した冬季（12月～2月）の平均気温、平均最低気温および降雪量を算出し、その結果を表1.2.1に示した。

平均気温、平均最低気温とも、平成の期間が昭和の期間に比べて、福井では0.8℃上昇、敦賀では0.9℃上昇している。また、降雪量については、福井では、昭和の期間に平均298 cm/年降っていた雪が、平成になってからは平均165 cm/年と約半分（55%）に減少し、敦賀でも、同じく平均259 cm/年降っていた雪が、平均119 cm/年と半分以下（46%）に減少している。これらの結果から、福井、敦賀とも、冬季の気温上昇が降雪量の減少に大きく影響しているものと考えられる。

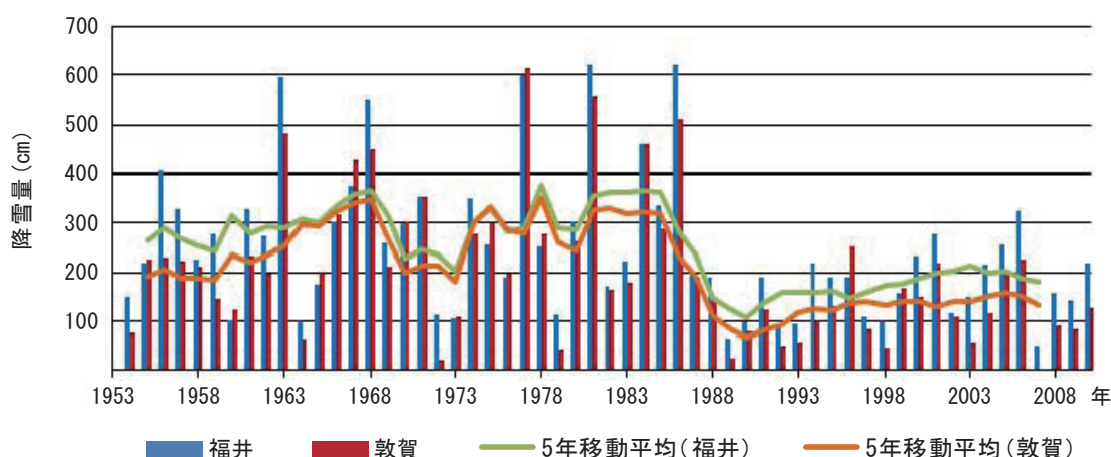


図 1.2.1 福井、敦賀の年間降雪量（寒候年）の推移

表 1.2.1 福井・敦賀の冬季（12月～2月）の平均気温・平均最低気温・降雪量

	平均気温		平均最低気温		降雪量	
	福井	敦賀	福井	敦賀	福井	敦賀
昭和の平均 (1954～1988年)	3.6℃	4.9℃	0.5℃	1.8℃	298 cm	259 cm
平成の平均 (1989～2010年)	4.4℃	5.8℃	1.3℃	2.7℃	165 cm	119 cm

(2) 降雪量別日数の変化

降雪量が大きく変化した昭和の期間（1954～1988 年）と平成の期間（1989～2010 年）において、雪の降り方そのものがどのように変化したかを把握するため、福井と敦賀における昭和の期間と平成の期間別の日降雪量別日数を図 1.2.2 および図 1.2.3 に示した。

福井における冬季(12 月～2 月)の降雪日数の平均は、昭和の期間では 53.2 日/年と冬季全体の 59% を占めていたが、平成になると、昭和の期間よりも 11.6 日減り、冬季全体の 46% となり 13 ポイント減少している。

日降雪量別日数の比較では、降雪日の 8～9 割を占める降雪量 10 cm 未満の日数が、平成になって昭和の期間よりも約 15% 減少している。また、日降雪量 10 cm 以上 20cm 未満、20 cm 以上 30cm 未満および 30 cm 以上の日数は、降雪日全体に占める割合は少ないものの、それぞれ平成になって約半分に減少している。

敦賀における冬季(12 月～2 月)の降雪日数の平均は、昭和の期間では 50.8 日/年と冬季全体の 56% を占めていたが、平成になると、昭和の期間よりも 14 日減り冬季全体の 41% となり 15 ポイント減少している。

日降雪量別日数の比較では、降雪日の 8～9 割を占める降雪量 10 cm 未満の日数が、平成になって昭和の期間よりも約 20% 減少している。また、日降雪量 10 cm 以上 20cm 未満、20 cm 以上 30cm 未満および 30 cm 以上の日数は、福井と同様に降雪日全体に占める割合は少ないものの、それぞれ平成になって約半分に減少している。

これらの結果から、福井、敦賀とも、平成になってからの降雪量の減少は、降雪日そのものの減少に加えて日降雪量が全体的に減少していることによるものであった。

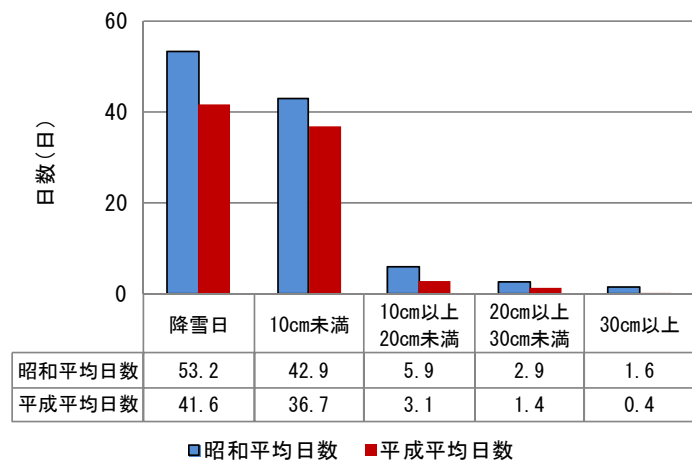


図 1.2.2 福井における日降雪量別の平均日数

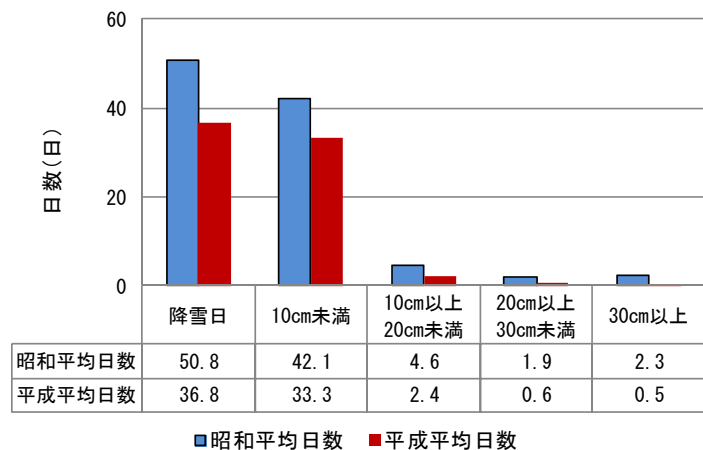


図 1.2.3 敦賀における日降雪量別の平均日数

(3) 降雪量と冬季気温の関係

福井（統計期間：1954～2010 年）、敦賀（統計期間：1954～2010 年、2007 年欠測）の降雪量と冬季（12 月～2 月）の平均最低気温の散布図を図 1.2.4、図 1.2.5、図 1.2.6 に示す。

福井、敦賀とも、降雪量と冬季の平均最低気温との間には危険率 0.1% で有意な相関が認められ、回帰式から、福井では平均最低気温が 1℃ 上昇すると降雪量は約 150 cm 減少し、平均最低気温が 2.5℃ 以上になると雪がほとんど降らなくなると予測される。また、敦賀では、平均最低気温が 1℃ 上昇すると降雪量は約 140 cm 減少し、平均最低気温が 3.6℃ 以上になると雪がほとんど降らなくなると予測される。

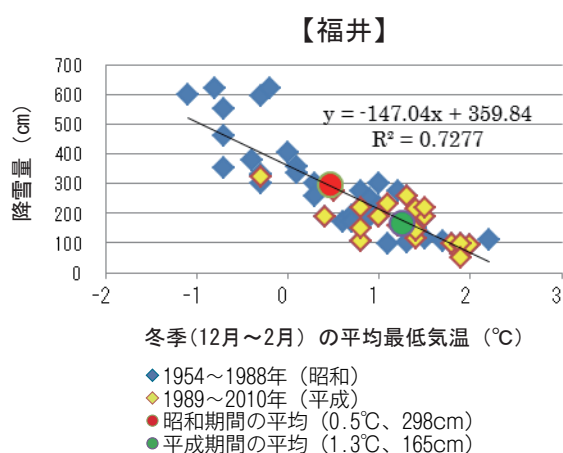


図 1.2.4 降雪量と冬季の平均最低気温の散布図（福井）

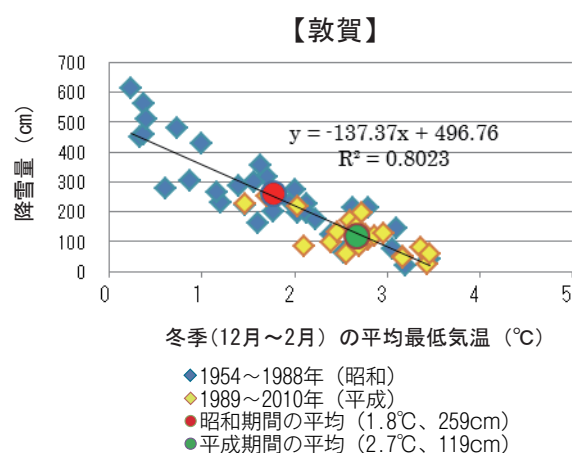


図 1.2.5 降雪量と冬季の平均最低気温の散布図（敦賀）

図 1.2.6 に示した福井および敦賀における平均最低気温と降雪量の関係から、敦賀では、福井よりも平均最低気温が 1℃ 高くても福井とほぼ同じ量の雪が降ることがわかった。この原因として、福井が内陸の平野部に位置しているのに対して、敦賀は海沿いではあるが背後に山のある地域であることから、地形的な要因が影響しているものと推察される。

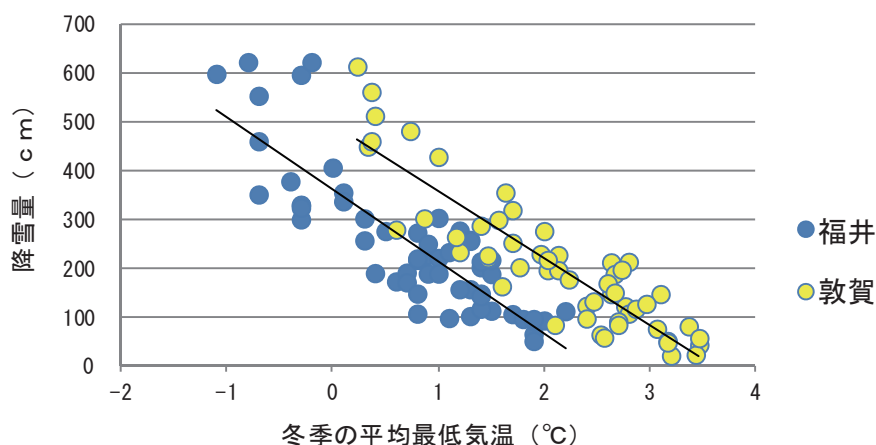


図 1.2.6 降雪量と冬季の平均最低気温の散布図（福井・敦賀）

(4) アメダスの降雪量

アメダスの大野（統計期間：1983～2010 年）、九頭竜（統計期間：1984～2010 年）、今庄（統計期間：1984～2010 年）、小浜（統計期間：1984～2010 年）の 4 地点における降雪量（寒候年）の推移を図 1.2.7 に示す。

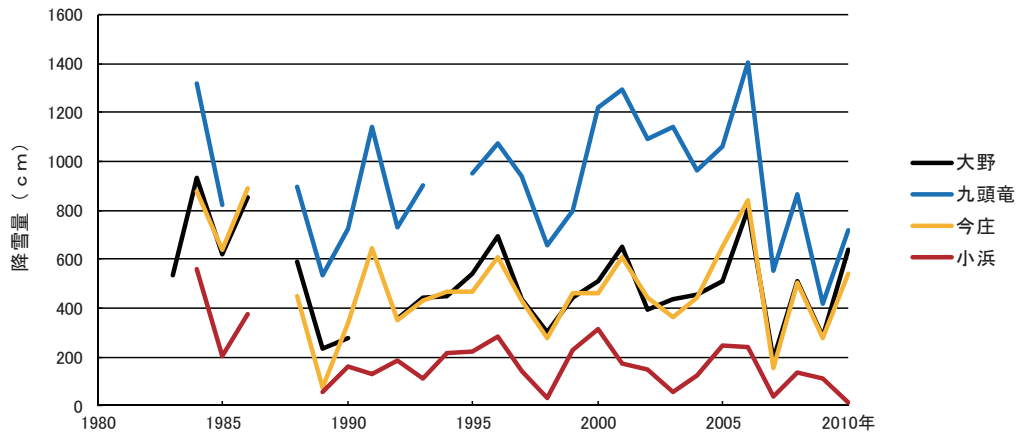


図 1.2.7 大野、九頭竜、今庄、小浜の降雪量（寒候年）の推移

4 地点とも、明瞭な降雪量の増減は認められないが、2007 年からの減少傾向が見てとれる。特に、山間部に位置し降雪量の多い九頭竜では、これまで大野や今庄の 2 倍程度の降雪量を観測していたが、2010 年では、大野、今庄と同程度の降雪量となっている。このことから、今後、山間部での降雪量の減少が加速化する恐れもあり、山間部における降雪量の推移を注視していく必要があると考えられる。

なお、前述（1.2 (1)）したように、福井、敦賀の降雪量は平成（1989 年～）になって急激に減少しているが、アメダス 4 地点については観測開始が 1980 年半ばであり昭和の期間が短いことから、当該地点における降雪量が平成になって昭和の期間に比べてどの程度変化したかについては解析できなかった。

1.3 降水量の変化

(1) 長期的な降水量の変化

降水量を長期的に観測している福井（統計期間：1897～2010 年、1945 年欠測）および敦賀（統計期間：1898～2010 年、2009 年欠測）の年間降水量の推移を図 1.3.1、図 1.3.2 に示す。

年間降水量は、福井、敦賀とも年毎の変動が大きく、最も降水量の多かった年は福井、敦賀とも 1917 年で、福井 3,388 mm、敦賀 3,381 mm、最も降水量の少なかった年は福井、敦賀とも 1994 年で、福井 1,528 mm、敦賀 1,535 mm であり、最大年間降水量と最小年間降水量で倍以上の差があった。

5 年移動平均による長期的な傾向については、福井では減少傾向が認められるが、敦賀では 1980 年頃からやや減少傾向にあるものの変化傾向は認められなかった。

なお、日本の降水量は、21 世紀末には 20 世紀末に比べて平均的に 5% 程度増加するとの予測結果⁵⁾もあることから、今後の降水量の推移を注視していく必要があると考えられる。

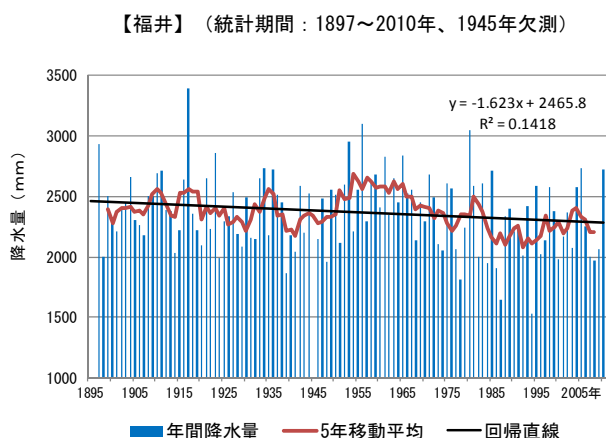


図 1.3.1 福井の年間降水量の推移

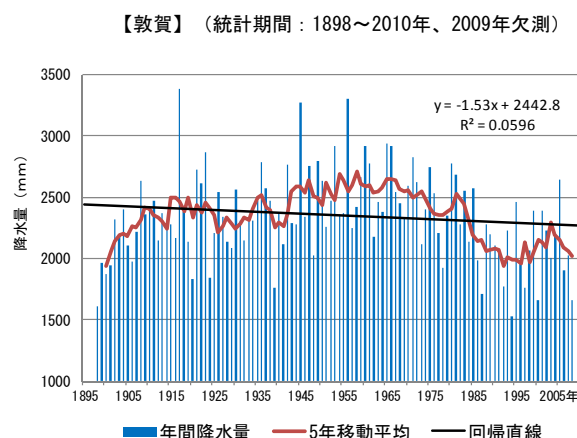


図 1.3.2 敦賀の年間降水量の推移

(2) 日降水量、時間降水量の変化

日本では、日降水量 100 mm 以上および日降水量 200 mm 以上の日数が長期的に増加傾向にあるなど、温暖化の影響により豪雨が増加する可能性が指摘されている⁵⁾。

そこで、福井県における広域的な日降水量、時間降水量の変化を把握するため、福井、敦賀およびアメダス（三国、越廼、美山、今庄、大野、美浜、小浜）の計 9 地点における 1981 年からの降水量データをもとに、日降水量 50 mm 以上、100 mm 以上となった日の年間 9 地点合計日数の推移を図 1.3.3、図 1.3.4 に、時間最大降水量が 20 mm 以上、30 mm 以上となった日の年間 9 地点合計日数の推移を図 1.3.5、図 1.3.6 に、また、1981 年から 10 年間毎の年平均日数（9 地点合計）を表 1.3.1 に示す。

各日数とも年間降水量と同様に年毎の変動が大きく、明瞭な増減傾向は認められなかった。

しかし、表 1.3.1 に示すように 2001 年からの 10 年間では、時間最大降水量 20 mm 以上および 30 mm 以上の日数の増加傾向が見てとれることから、今後、時間最大降水量の推移を注視していく必要があると考えられる。

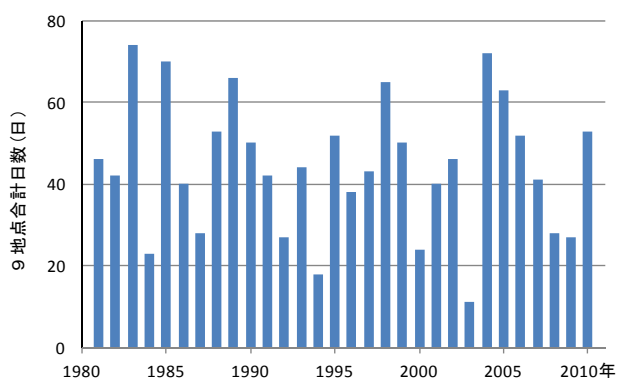


図 1.3.3 日降水量 50 mm 以上日数の推移

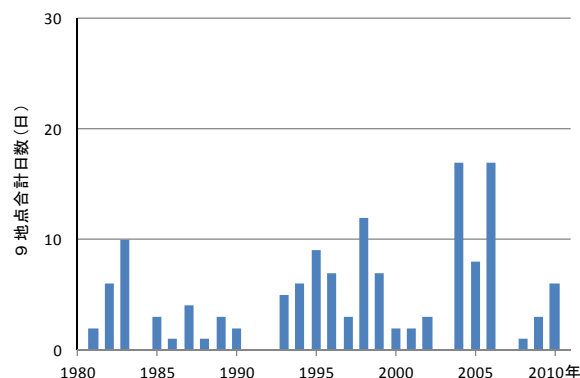


図 1.3.4 日降水量 100 mm 以上日数の推移

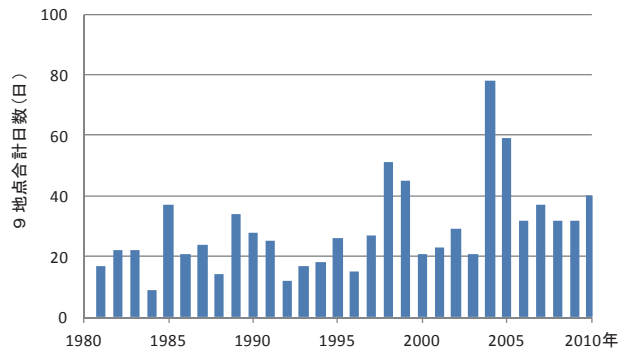


図 1.3.5 時間最大降水量 20 mm 以上日数の推移

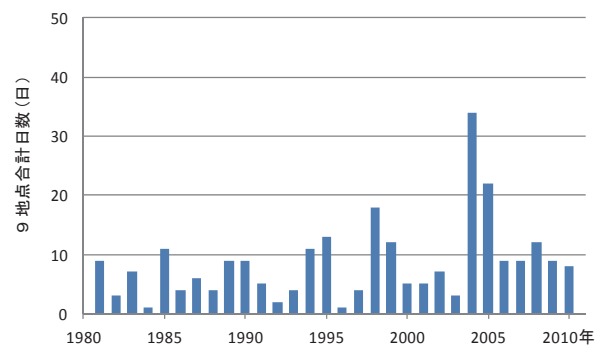


図 1.3.6 時間最大降水量 30 mm 以上日数の推移

表 1.3.1 10 年間の年平均日数（9 地点合計）

	日 降 水 量		時間最大降水量	
	50 mm 以上	100 mm 以上	20 mm 以上	30 mm 以上
1981 年～	49	3	23	6
1991 年～	40	5	26	8
2001 年～	43	6	38	12

1.4 湿度の変化

福井、敦賀の年平均湿度の推移を図 1.4.1 に、100 年あたりの福井、敦賀の月平均湿度の変化率を図 1.4.2、図 1.4.3 に示す。

年平均湿度は、福井、敦賀ともよく似た変動を示し、ともに減少傾向が認められ、100 年あたりの減少率は福井 9.0%、敦賀 7.8%であった。また、福井、敦賀とも、湿度の減少が大きかった月は 4 月と 8 月～10 月であり、これらの月は、1.1 気温の変化（表 1.1.3）で示したように気温上昇率の大きい月であった。また、100 年あたりの月別の気温上昇率と湿度変化率の間には、福井、敦賀とも図 1.4.4 に示すとおり良い相関関係が認められた。

湿度（相対湿度）が減少する要因としては、気温上昇による飽和水蒸気量の増加と、降水量の減少や都市化等による裸地の減少などによる供給水蒸気量そのものの減少が考えられるが、今回の気温上昇率と湿度変化率の関係から、福井、敦賀の湿度の減少は気温の上昇による影響が大きいものと推察される。

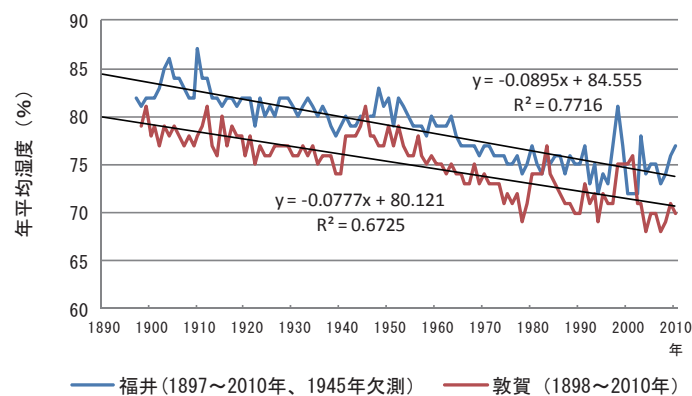


図 1.4.1 福井、敦賀の年平均湿度の推移

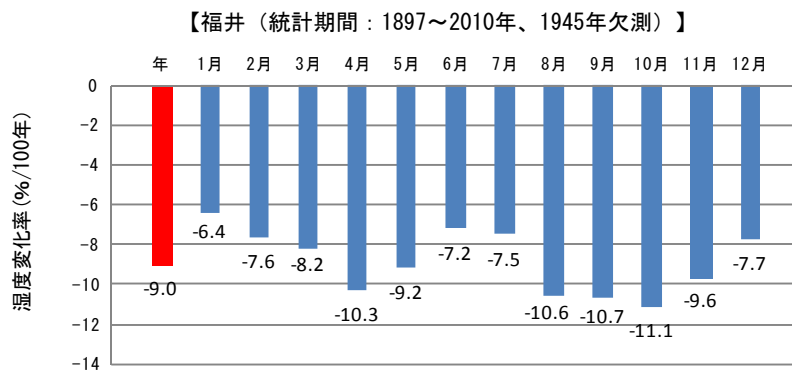


図 1.4.2 100 年あたりの月別湿度変化率（福井）

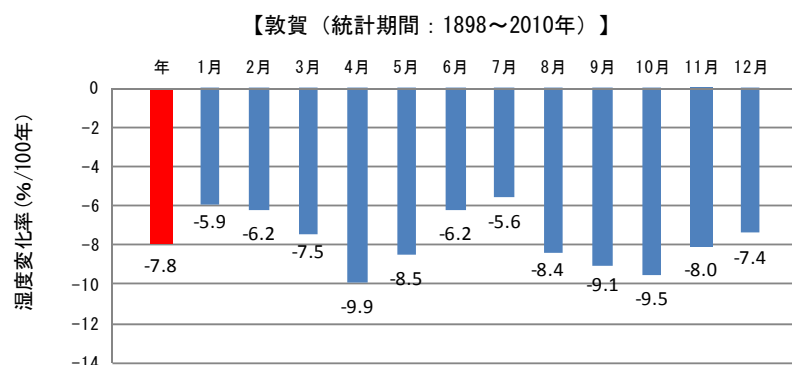


図 1.4.3 100 年あたりの月別湿度変化率（敦賀）

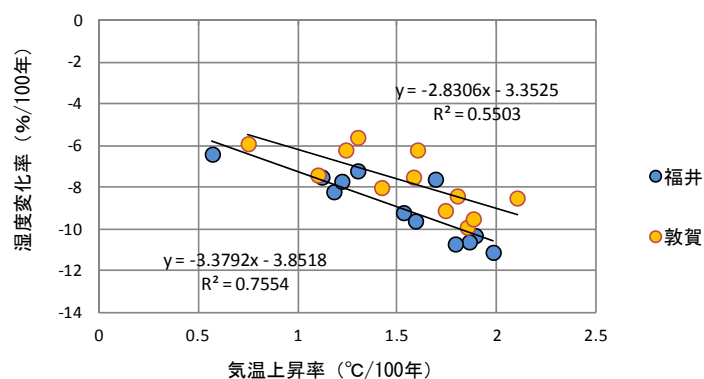


図 1.4.4 月別の気温上昇率と湿度変化率の関係（福井、敦賀）

《参考文献》

- 1) 気象庁：ヒートアイランド監視報告（平成 21 年）
- 2) 榊原保志他：長野市における夜間気温分布と天空率，風の関係，地理学評論 71A，436－443（1998）
- 3) 気象庁ホームページ＞気象統計情報＞海洋の健康診断表＞日本海＞海面水温の長期的変化傾向（日本海）
- 4) 森陰早也香他：地球温暖化がもたらす福井県沿岸域の水質変動について，福井県衛生環境研究センター年報，8，104－105（2009）
- 5) 「日本の気候変動とその影響」，文部科学省 気象庁 環境省，2009 年 10 月