

## 日本の長期的気候変化の推定

前田 彩夏\* 大河内康正\*\*

## Estimation of Long-Term Climatic Change in Japan

Ayaka Maeda\*, Yasumasa Okochi\*\*

In this study, using AMeDAS and meteorological observatories data at 840 locations in total, the most recent tendency of the climate change in Japan area is analyzed. In order to estimate the tendency of climate about 30 -100 years, we consider the quality of AMeDAS data of the recent 36 years (1978-2013) and analyze the amount of precipitations, the temperatures, and the annual daylight hours. As a result, global warming is detected over the area, the rising rate of the annual average temperature in Japan is about 3.13 °C per 100 years. It should be consider that the high temperature rising rate in urban areas affects the rising rate of the temperatures in Japan area. The changes in detect intervals, observational sites and meteorological devises should be taken into consideration for estimating the long-term climatic change.

キーワード：地球温暖化，日本の気候変化，観測値の信頼性

Keywords：global warming, climatic change in Japan area, confidence of data

## 1. まえがき

2013 年は全国的に春の後半から秋の前半にかけては高温傾向が続き，秋の後半以降は西日本や沖縄・奄美を中心に低温となった．特に夏は平均気温偏差+1.2°Cと統計開始以降最も高い記録を更新し，8月12日には，江川崎(高知県)で日最高気温が41.0°Cとなり歴代全国1位となった．また，7月から10月にかけて各地で記録的豪雨といった異常気象が頻発し，温暖化と関係があると推測されている<sup>1)</sup>．

近年，地球温暖化は深刻化しており，人間活動が20世紀半ば以降に観測された温暖化の主な要因であった可能性が極めて高いと推測されている．気候変動に関する政府間パネル(IPCC)は，2013年の第5次評価報告書の中で「気候システムの温暖化については疑う余地がない」と結論付けている．そして，1986～2005年を基準とした2016～2035年の世界平均地上気温の変化は0.3～0.7°C，2081～2100年は1.4～3.1°Cの範囲で上昇する可能性が高いとしている<sup>2)</sup>．

日本では，気象官署の観測に加えアメダス観測点が充実しており，1976年以降日本全国の詳細なデータが蓄積されている．しかし，観測データには観測点の移転・観測地点の周囲の環境変化，観測方法・測定器の改良の影響があるため，詳細に調査し，データの質を評価する必要がある．

これまで大河内ら<sup>3)</sup>の同様の報告では，過去30年間(1983年～2012年)の平均気温は $3.0 \pm 0.9^\circ\text{C}/100$ 年，日最高気温は $4.5 \pm 1.0^\circ\text{C}/100$ 年，日最低気温は $2.6 \pm 0.9^\circ\text{C}/100$ 年上昇したと推定している．本報告では，これまでの研究<sup>4),5)</sup>を引き継ぎ，新たなデータを用いて日本の長期的気候変化について詳細に解析する．また，アメダスデータの質を検討するため，観測グループ間の比較を行い，気候変化の現状を把握し，統計量への影響を推定する．

## 2. 使用データ

気象庁の自動化された「地域気象観測システム」アメダス(AMeDAS)は，Automated Meteorological Data Acquisition Systemの略で，全国1316カ所で雨量を自動的に観測し，このうち気象官署および4要素観測局840カ所では気温，風向・風速，日照時間などの要素も観測され，観測データは決められた時間に国内外にリアルタイムに配信されている．アメダスは1974年11月1日に運用が開始された．

開始から40年後の現在まで，継続性に配慮しつつも絶えず気象データの質にかかわる変更がなされている．気象庁では，①観測場所の移転など，②観測場所周囲の環境変化，③測器の変更，④観測方法の変更，⑤統計方法の変更などについての取り扱いを定めている<sup>6)</sup>．

変更の例を挙げる．降水量の最小単位は2008年3月26日に1mmから0.5mmに変更され，1時間最大降水量の統計方法が2003年1月1日に毎正時値から毎10分値へ，2008年

\*土木建築工学科(平成26年卒業)

\*\*建築社会デザイン工学科

〒866-8501 熊本県八代市平山新町2627

Dept. Architecture and Civil Engineering,

2627 Hirayama, Yatsushiro-shi, Kumamoto, Japan 866-8501

3月26日に毎10分値から任意の時分で観測する方法へ変更、最大10分間降水量の観測を開始した。気温は日最高気温、日最低気温の統計方法が2003年1月1日に毎正時値から毎10分値へ、2008年3月26日に毎10分値から任意の時分で観測する方法へ変更した。観測が自動化されていなかった気象官署などでは1990年以前には、気温等を3時間ごとに観測していた。日照時間は1986年1月1日から1990年1月1日にかけて、气象台等の日照計をジョルダン式日照計から回転式日照計に変更した<sup>7)</sup>。

本研究で使用した気象観測データは、気象庁のWebに公開されたデータを利用した。現在、1316カ所の観測所で降水量が観測されているが、降水量だけではなく気温も同時に解析するため、気象官署・四要素観測所の840カ所に限定した。長期的気候変化の解析を行うために最近36年の1978年から2013年までのデータを使用した。欠測データの取り扱いについては、データの精度にばらつきが生じるため、6年以上欠測データがある地点は削除し集計した。

### 3. 気象データ収集・解析プログラム

長期的気候のデータ収集を目的とし、降水量、気温、日照時間その他の解析を行った、

データの収集および処理には、気象庁のHPよりExcel表に自動的にコピーした後、計算はExcel上で行わせるVBAで作成した自動収集集計プログラム<sup>3)</sup>を作成した。その他の関連計算もVBAマクロによる処理により行った。

アメダスの観測時間間隔は年経過とともに1時間ごとから、10分ごと、10秒ごとと、より詳細なデータを取得できるように改良されてきた。そのため、30年間にわたる変化を解析する際には集計結果に差異が生じる。特に瞬間的な変化が極値として捉えられやすくなったと言える。本報告では、精度の変化によって生じる長期的変化への影響を評価するため、日平均気温、日最高気温、日最低気温などについては、実際にデータ収集時間間隔を変化させて検討した。

このため、気象庁HPに公表されているデータの1日分、1カ月分の1時間ごと、10分ごとの降水量、気温、平均風速・風向、最大瞬間風速・風向を表としてExcelに貼り付け、日平均気温、日最高気温、日最低気温を集計するプログラムを作成し、解析した。

集計結果を地図上に表現するため、GIS(地理情報システム)のフリーソフトの一つであるMANDARA<sup>8)</sup>(地理情報分析支援システム)を用いた。地図データはソフト付属の全国の市町村別地図データ、白地図画像から地図データを作成したり、国土数値情報からデータを取得したりできる。データの表示は塗りつぶしや記号、グラフ、等値線などがあり、目的に応じた統計地図を描くことができる。このソフトを利用し、アメダスの観測点840カ所の緯度経度のデータを

作成し、長期データ収集観測点に対応するMANDARAデータを作成した。これにより、日本の気候変化に対する詳細な地域分布を表現することができる。本文図2～図7、図9には、MANDARAを用いている。

### 4. 観測所グループによる差

気象庁が公開する観測所は主にアメダスと気象官署(地方气象台、測候所)がある。観測所のグループを3種類に分ける。

- ・アメダス(A): 従来の気象官署の観測網だけでは把握できない局地的な大気現象を監視する目的で整備されたもので、より均質で詳細なデータ取得が可能であるが、1976年以降の観測データのためより30年以上の長期的変化の解析には不向きである。ただし、解析総数は気象官署を含む791地点。
- ・気象官署(S): 1940年以降の観測データのため比較的長期的変化の解析が可能である。しかし、県庁所在地を中心とする都市に集中しており、都市化に伴うヒートアイランド現象の影響を受けやすい。解析総数は154地点。
- ・代表17地点(C): 気象官署の中で観測点の変更がなく、都市化の影響が少ないこと、特定の地域に偏らないことを基準に日本の代表的な平均気温を表す地点として気象庁により選定された。17地点は網走、寿都、根室、石巻、山形、水戸、銚子、伏木、長野、飯田、彦根、境、浜田、宮崎、多度津、名瀬、石垣島である。

表1にそれぞれ特徴を持つ上記のA、S、Cの観測グループについて降水関係、日照時間、気温関係の気候変化を比較した。年々変化の傾きの信頼性はt値とR<sup>2</sup>値によって判断される。期間が36年間の場合、|t|>2.01、R<sup>2</sup>>0.112であ

表1 各気象要素の観測グループによる差

気象要素	グループ	傾き	標準誤差	R <sup>2</sup>	t値	判定
年降水量 (mm/y)	A	428	289	0.06	1.48	—
	S	263	299	0.02	0.88	—
	C	329	245	0.05	1.34	—
日最大降水量 (mm/d/y)	A	39.7	20.7	0.10	1.92	△
	S	36.1	20.7	0.08	1.74	△
	C	39.2	21.4	0.09	1.83	△
1時間最大降水量 (mm/h/y)	A	25.1	3.70	0.57	6.78	▲
	S	15.1	3.68	0.33	4.09	▲
	C	9.4	6.13	0.06	1.53	△
日照時間 (h/y)	A	-1071	284	0.30	-3.78	▼
	S	-596	174	0.26	-3.43	▼
	C	-578	170	0.25	-3.41	▼
平均気温 (°C/100y)	A	3.13	0.68	0.39	4.63	▲
	S	3.04	0.66	0.38	4.61	▲
	C	2.73	0.68	0.32	4.02	▲
日最高気温 (°C/100y)	A	4.20	0.71	0.50	5.88	▲
	S	3.36	0.71	0.40	4.73	▲
	C	2.93	0.74	0.32	3.98	▲
日最低気温 (°C/100y)	A	2.83	0.69	0.33	4.12	▲
	S	3.58	0.65	0.47	5.53	▲
	C	3.13	0.66	0.40	4.76	▲
年最高気温 (°C/100y)	A	3.88	1.27	0.22	3.06	▲
	S	3.61	1.18	0.22	3.07	▲
	C	3.58	1.35	0.17	2.65	▲
年最低気温 (°C/100y)	A	4.70	1.73	0.18	2.72	▲
	S	5.25	1.41	0.29	3.72	▲
	C	4.69	1.57	0.21	2.99	▲

判定: ▲(t≥2), △(2>t≥1.5), —(1.5>t>-1.5), ▽(-2<t≤-1.5), ▼(t≤-2)  
観測グループ A: アメダス, S: 気象官署, C: 代表17点

れば危険率 2.5%で変化率は有意と判定される。年降水量は、増加傾向が見られるが信頼性は低い。日最大降水量、1時間降水量は増加傾向を示している。気温関係の5要素は、上昇傾向を示し。日照時間は減少傾向を示した。平均気温はアメダス  $3.13 \pm 0.68^\circ\text{C}/100$  年、気象官署  $3.04 \pm 0.66^\circ\text{C}/100$  年、17地点  $2.73 \pm 0.68^\circ\text{C}/100$  年上昇したと推定される。これらの差は、有意な差ではない。ヒートアイランド現象の影響を受やすい気象官署がアメダスより低い値を示した理由は、気象官署が観測間隔を3時間おきから1時間おきに更新したのに対して、アメダスでは1時間から10分に変更され、さらに任意の時点で観測する方法へ変更したことで、時間精度の差も影響したものと見られる。測定間隔が短いことは、瞬間的な高温や低温をより観測しやすく

なつたと考えられ、日最高気温、年最高気温においても、観測精度が良いアメダスの観測点が最も高い値を示した。同じ理由で、最低気温は、日最低気温、年最低気温のいずれもアメダスの平均値が最も低い値であった。

また、同じデータを用いてその年の過去30年の平均変化

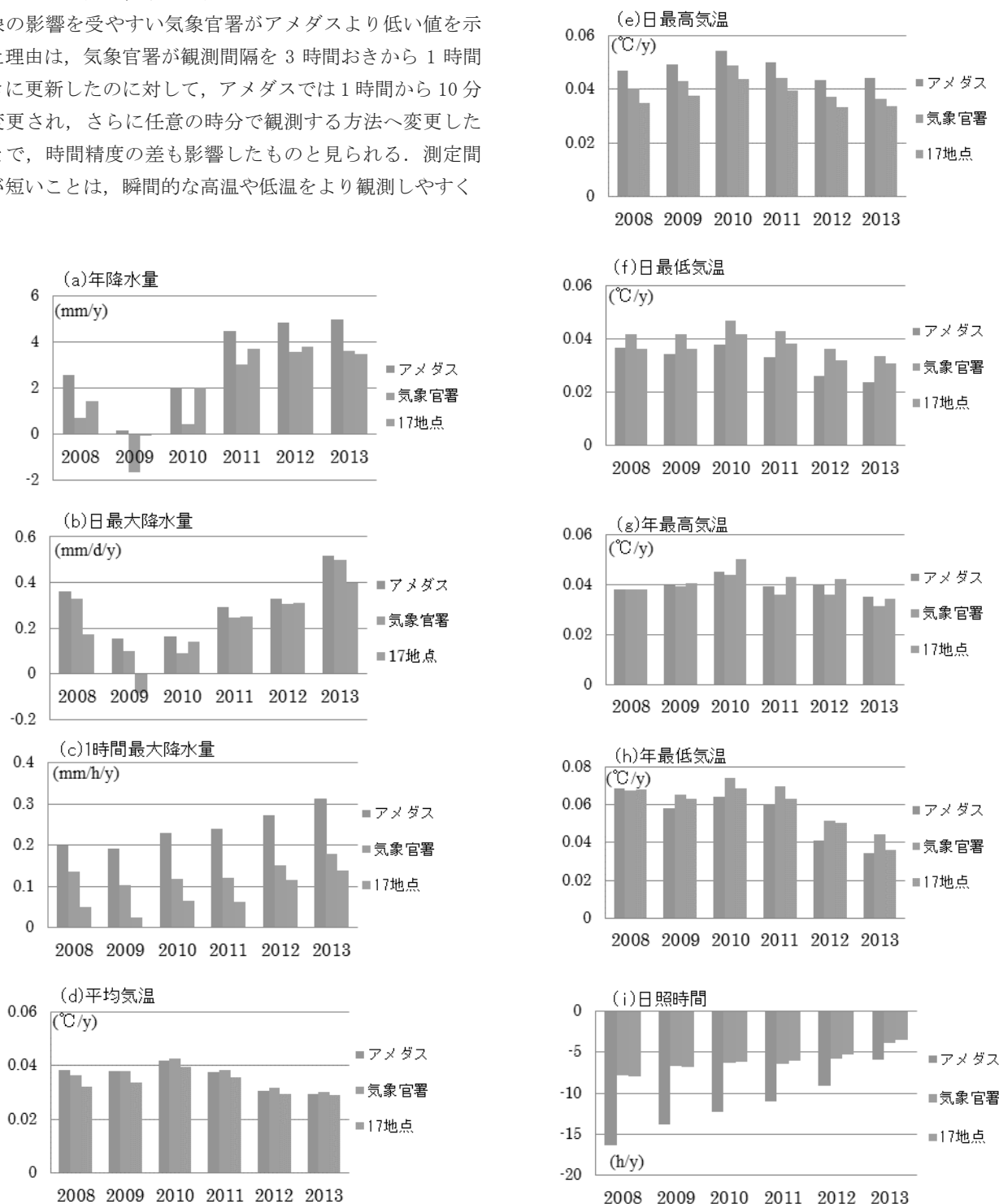


図1 各気象要素の30年間年平均変化率の最近6年間の推移

率の6年間の推移を図1に示した。降水量(図1(a)-(c))は観測所による分散や年々変動が大きいため、データの信頼性は低い。2010年以降は、どのグループも年々増加傾向にあり、観測グループではアメダス値が最大を示している。特に、アメダスの1時間最大降水量の増加率は増大している。このように、短時間降水量は年々増加傾向を示し、ゲリラ豪雨の増加が推定される。ゲリラ豪雨とは、学術的に定義されているものではないが短時間のうちに狭い範囲に集中して降る大雨のことをいう。一つの原因は都市化に伴うヒートアイランド現象であり、都市付近で上昇気流が起き、積乱雲をつくる。ここに海風など暖かく湿った空気が吹き込むと、さらに雲の中に発達した大量の雲粒が発生し、上昇気流が強まり急速に雨滴へと成長する。ただし、グループ間の差および増加率の増加傾向は、観測点の観測時間精度の向上で強調されていると考えられる。

気温関係(図1(d)-(h))はいずれも降水量に比べて観測所ごとの測定値のばらつきが小さく、過去30年の平均変化率としては少し変動があるが2010年をピークに増加率の減少傾向が続いている。平均気温の上昇率(図1(d))では、観測グループごとの差は小さい。アメダスの日最高気温(図1(e))は観測時間間隔を変更したことで、気象官署より最高気温の精度が上がったため、高くなったと推定される。日最低気温(図1(f))は、都市部にある気象官署がヒートアイランド現象の影響を受け、高い値を観測している一方でアメダス観測点では最低気温についても精度が上がって低くなったと推定される。日照時間は1986年1月1日から1990年1月1日にかけて、気象台等の日照計をジョルダン式日照計から回転式日照計に変更した。図1(i)を見ると日照時間の年変化率は負の値を示しているが、測定器の変更の影響は大きく、変化率は次第に0に近づきつつある。日照時間データとして1986年以降を採用すると正の値となり、日照時間は増加しているという結論を得る。

## 5. 観測時間間隔の変更による誤差

アメダスの観測時間間隔が1993年2月に1時間ごとから10分ごとへ変更された。測定間隔を短くすることで、瞬間的高温や低温がより観測されやすくなった。これに伴う精度の誤差を2013年八代観測局の1年間のデータを用いて解析した。公開されている1時間ごと及び10分ごとのデータを用いて日平均、日最高気温、日最低気温を求め、気象庁で公開されている日最高気温、日最低気温と比較した。1時間ごとのデータから求めた日最高気温 $x$ と任意時刻で求められた日最高気温 $y$ の関係は $y=1.006x+0.42$ と傾きはほぼ1.0とみなせるが、上記の理由で $0.42^{\circ}\text{C}$ のバイアスがあり、日最低気温関係では、同様に $y=1.005x-0.43$ と $-0.43^{\circ}\text{C}$ と負のバイアスとなっている。同様に10分ごとの

データと比較した日最高気温では $0.14^{\circ}\text{C}$ 、日最低気温では $-0.11^{\circ}\text{C}$ のバイアスがあった。このように日極値の決定方法の違いから最近になるほど日最高気温は高く、日最低気温は低くなっている。平均気温については、1時間間隔測定とのバイアスは $0.015^{\circ}\text{C}$ 、10分間隔測定とのバイアスは $0.003^{\circ}\text{C}$ と無視できる程度であった。したがって、平均気温については、従来の値をそのまま温度変化率に用いても大きな誤差はないものと考えられる。

1時間おきの計測値から決めていた日最高気温や日最低気温は、1対1に対応してはいるが現在の観測値にはバイアスを含んでいる。気温上昇率への寄与は、1時間間隔からの変更が30年間に1回であることから100年当たり日最高気温では $1.4^{\circ}\text{C}$ 、日最低気温では $-1.4^{\circ}\text{C}$ 程度と推定される。

## 6. 2013年の気候要素について

2013年の気象をこれまでの平年値と比較して位置づけてみよう。日照時間、平均気温、日最高気温、日最低気温、年降水量、1時間最大降水量の平均値からの偏差を平年差とし、平年差分布を図2-4に示す。日最高気温、日最低気温、年降水量、1時間最大降水量は36年平均からの偏差とし、日照時間は測器変更後の26年平均からの偏差とした。

### (1) 日照時間平年差

日照時間平年差(図2)は東・西日本では非常に多く、沖縄・奄美で多かった。特に春の平年差が大きく、5月には月日照時間が大阪などの13地点では、年間日照時間1位を更新した<sup>1)</sup>。一方、北日本では少なかった。

### (2) 気温関係平年差

平均気温(図3(a))は東・西日本、沖縄・奄美で高く、北日本は平年並だった。特に関東地方で平年より $0.5^{\circ}\text{C}$ 以上高く、都市化に伴うコンクリートを主体とした建築物などの蓄熱効果や人間のエネルギー消費活動によるヒートアイランドの影響が推定される。夏は全国的に高温となり、全国の気象台等のうち26地点で平均気温の1位を更新した<sup>1)</sup>。

日最高気温(図3(b))は全国の気温を観測している地点の

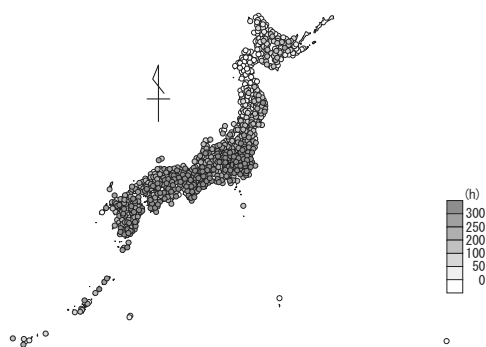


図2 2013年の日照時間平年差

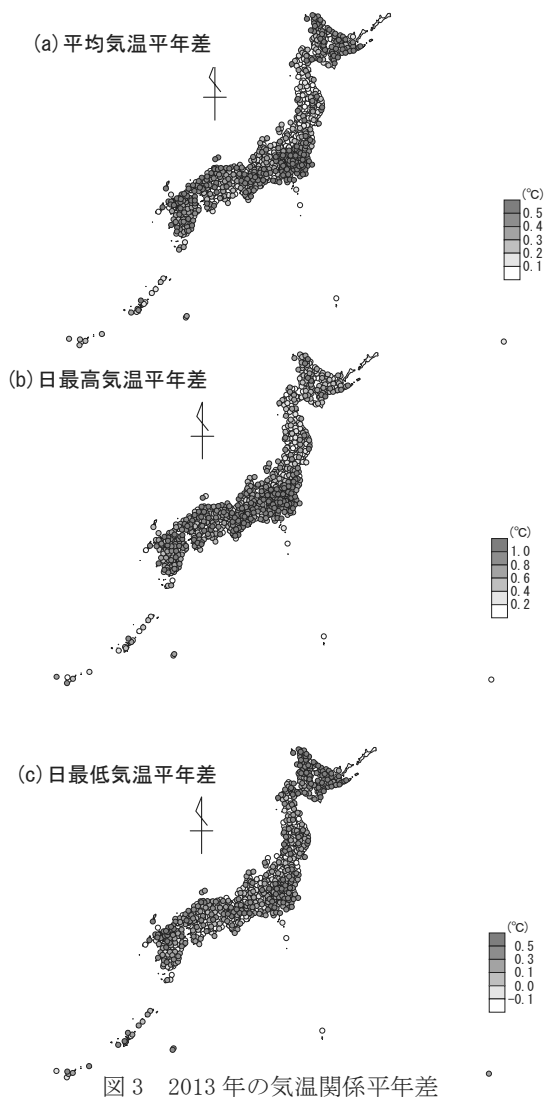


図3 2013年の気温関係平年差

うち125地点で日最高気温の記録を更新し<sup>1)</sup>、8月12日には、江川崎(高知県)で日最高気温が41.0℃となり歴代全国1位となった。特に都市部ではヒートアイランド現象の影響もあり平年より1.0℃以上高くなった。

日最低気温(図3(c))は関東、北海道地方では日最低気温が0.5℃以上高くなった。沖縄・奄美では、2月には顕著な高温の時期があり、暖冬となった。しかし、北・東日本は冬型の気圧配置となる日が多く、強い寒気が南下したことから、北・東日本では2年連続、西日本では3年連続の寒冬となった<sup>1)</sup>。

### (3) 降水量関係平年差

年降水量(図4(a))は、北・東日本の日本海側ではかなり多く、北日本太平洋側で多かった。冬時に酸ヶ湯(青森県)で積雪の深さが566cmとなるなど、全国の積雪を観測している330地点のうち、12地点で月最深積雪の大きい方からの1位の値を更新し<sup>1)</sup>、記録的な積雪となったことや夏季の記録的な豪雨が影響していると推測される。しかし、春

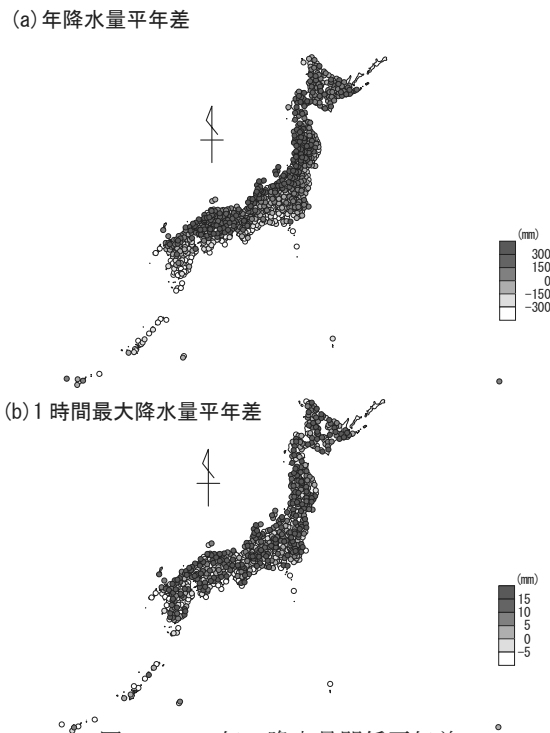


図4 2013年の降水量関係平年差

季は西日本太平洋側で降水量が記録的に少なかった。新庄、酒田(山形県)では年降水量1位を更新した<sup>1)</sup>。一方、太平洋側、沖縄・奄美では少なかった。東日本は平年並だった。1時間最大降水量(図4(b))の図は局地的な豪雨が多かったことを示している。7月には山口県や島根県で、8月には秋田県や岩手県、島根県で記録的な豪雨が発生し、9月中旬に上陸した台風第18号の影響により福井県、滋賀県、京都府で、10月中旬に接近した台風第26号の影響により大島(東京都)で記録的な豪雨となった。

## 7. 日本の長期的気候変化

日本の長期的気候変化(100年程度)を評価するために、36年間の気候要素データをアメダスの840カ所で集計し、回帰直線の傾き(トレンド)を求め、分布を図5-7に示した。

### (1) 日照時間の変化率



図5 100年当たりの日照時間変化率の分布

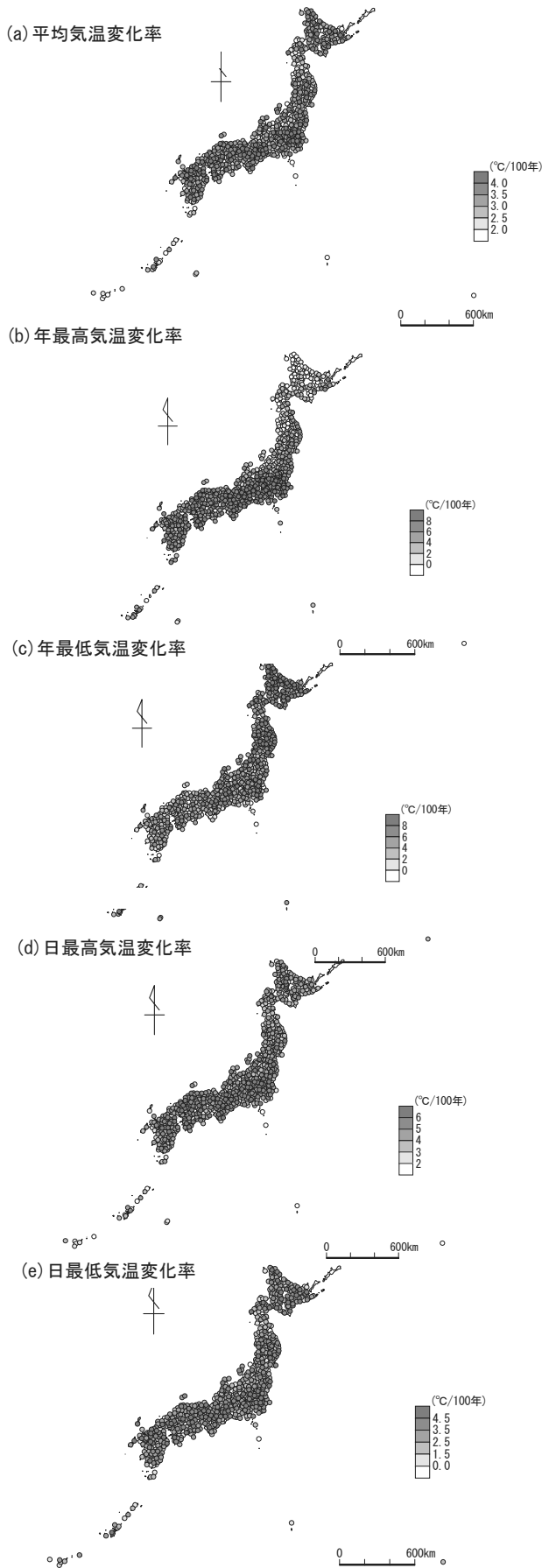


図6 100年当たりの気温関係変化率分布

日照時間率(図5)は、表1とは異なり信頼性が高い測器変更後26年のデータを用いて集計した。日照時間は全国的に増加傾向で、822h/100年の傾き( $t=3.36$ ,  $R^2=0.36$ )で増加しており、特に関東地方、中国地方では1400h/100年以上の増加率の観測点が多い。北海道では増加率は小さい。

### (2) 気温関係の変化率

平均気温の変化率(図6(a))は全国平均 $3.13^{\circ}\text{C}/100$ 年の傾き( $t=4.63$ ,  $R^2=0.39$ )で上昇しており、全国的に上昇傾向にある。特に東京、大阪、福岡といった都市部では $4.0^{\circ}\text{C}/100$ 年以上の高上昇率の観測点が多い。

年最高気温の変化率(図6(b))は全国平均 $3.88^{\circ}\text{C}/100$ 年の傾き( $t=3.06$ ,  $R^2=0.22$ )で上昇しており、西日本、関東地方では $8^{\circ}\text{C}/100$ 年以上の高上昇率の観測点が多い、都市部の上昇率が高い。離島や北海道などでは上昇率は低い。

年最低気温の変化率(図6(c))は平均 $4.7^{\circ}\text{C}/100$ 年の傾き( $t=2.72$ ,  $R^2=0.18$ )で上昇しており、東北、北海道地方では $8.0^{\circ}\text{C}/100$ 年以上の高上昇率の観測点も多くあり、西日本は上昇率が小さい。

日最高気温の変化率(図6(d))は全国平均 $4.2^{\circ}\text{C}/100$ 年の傾き( $t=5.88$ ,  $R^2=0.50$ )で上昇しており、関東地方で上昇率が高く、沖縄・奄美では比較的小さい。

日最低気温の変化率(図6(e))は平均 $2.83^{\circ}\text{C}/100$ 年の傾き( $t=4.12$ ,  $R^2=0.33$ )で上昇しており、東京、大阪といった都市部で $4.5^{\circ}\text{C}/100$ 年以上の高上昇率の観測点が多い。また、東北、北海道地方でも上昇率が高い。

### (3) 降水量関係の変化率

年降水量の変化率(図7(a))は、信頼度は低い全国平均 $428\text{mm}/100$ 年の傾き( $t=1.48$ ,  $R^2=0.06$ )で増加している。降水量に関しては、年ごとの変動が特に大きくなっている。降水量は、全国的にやや増加傾向にあり、西日本の太平洋側は台風の影響で、また東日本の日本海側は積雪の増加の影響で平均 $800\text{mm}/100$ 年以上の増加率である。中国地方、九州地方の北部は上昇率は小さい。

日最大降水量の変化率(図7(b))は、全国平均 $39.7\text{mm}/100$ 年の傾き( $t=1.92$ ,  $R^2=0.10$ )で増加しており、西日本は台風や梅雨前線の影響で $100\text{mm}/100$ 年以上の地域がある。中国と中部地方の増加率は小さい。

1時間最大降水量の変化率(図7(c))は、全国平均 $25.1\text{mm}/100$ 年の傾き( $t=6.78$ ,  $R^2=0.57$ )は、上昇しており、主に東京、大阪、福岡といった都市部で $45\text{mm}/100$ 年以上の増加率となっている。温暖化に加えてヒートアイランド現象に伴うゲリラ豪雨の増加などの影響があると推測される。このようにヒートアイランド現象と1時間最大降水量の関係も推定される。

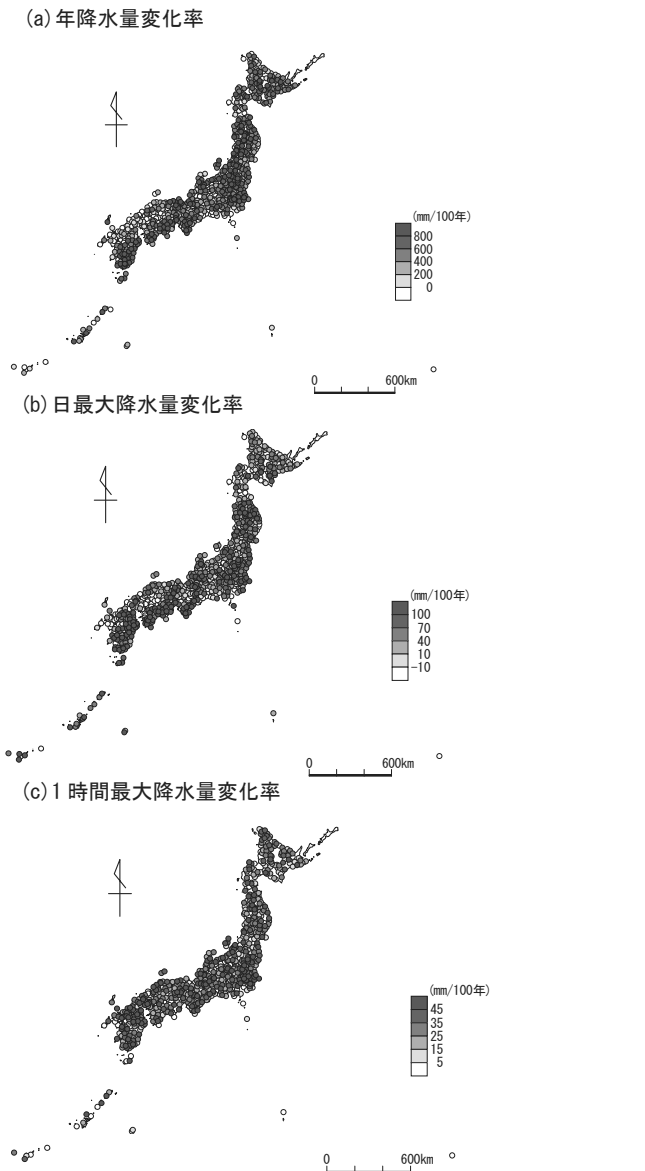


図7 100年当たりの降水量関係変化率分布

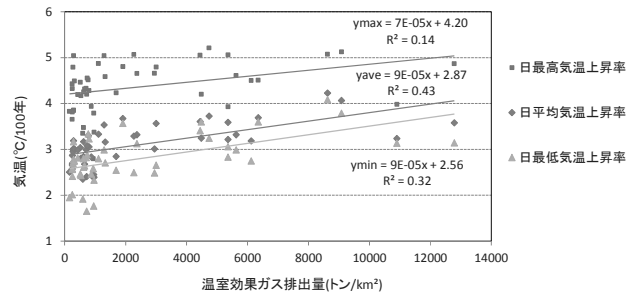
表2 気温上昇率とエネルギー消費活動などとの関係

気温 (°C/100年)	傾き 誤差	人口密度 (人/km <sup>2</sup> )	県内総生産 (万円/km <sup>2</sup> )	使用電力 (GWh/km <sup>2</sup> )	森林率 (%)	温室効果ガス 排出量 (トン/km <sup>2</sup> )
平均気温上昇率	傾き	2.00E-04	1.00E-08	3.00E-05	-0.015	9.00E-05
	標準誤差	5.00E-05	4.42E-09	9.16E-06	3.73E-03	1.61E-05
	t	4.00	2.26	3.27	-4.02	5.60
	R <sup>2</sup>	0.17	0.13	0.21	0.26	0.43
日最高気温上昇率	傾き	6E-05	3E-09	1E-05	-0.0056	7.00E-05
	標準誤差	6.76E-05	5.88E-09	1.27E-05	5.31E-03	2.45E-05
	t	0.89	0.51	0.79	-1.05	2.86
	R <sup>2</sup>	0.019	0.0056	0.021	0.024	0.14
日最低気温上昇率	傾き	0.0001	1E-08	3E-05	-0.011	9.00E-05
	標準誤差	6.07E-05	5.29E-09	1.12E-05	4.75E-03	2.04E-05
	t	1.65	1.89	2.69	-2.32	4.41
	R <sup>2</sup>	0.10	0.085	0.14	0.11	0.32

## 8. 都道府県ごとの温暖化寄与率

日本の温暖化には、人間のエネルギー消費活動などの直接的エネルギー消費の影響が存在すると推定される。そこで、都道府県単位の気温関係上昇率と人口密度、1km<sup>2</sup>あた

(a) 温室効果ガス排出量



(b) 森林率

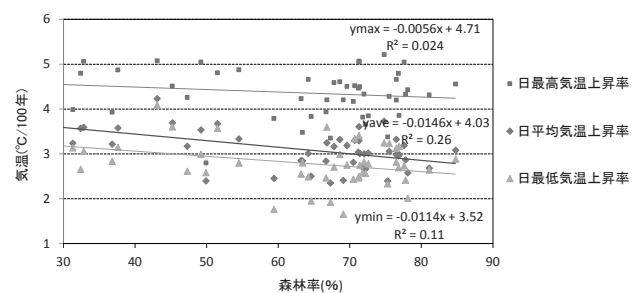


図8 気温関係上昇率と人間活動の関係

りの県内総生産、使用電力、森林率、温室効果ガス排出量など<sup>9)</sup>との関係を表2に示す。このデータは47都道府県で集計したため、変化率は $|t| > 2.01$ ,  $R^2 > 0.069$ であればその相関は危険率2.5%で有意である。

図8には、気温関係上昇率と温室効果ガス排出量および森林率との関係を示した。平均気温上昇率は、 $R^2=0.43$ 、日最高気温上昇率は $R^2=0.14$ 、日最低気温上昇率は $R^2=0.32$ であるため、いずれも関係が強いと推定される。森林率は負の傾きを示し、森林率が小さい都道府県で気温上昇率が高いことが推定される。平均気温の上昇率については人口密度、県内総生産、使用電力との関係においても相関は有意であり、これらの量は気温上昇率に関係していると推定される。相関が有意であるものに赤紫の網掛けをしている。

図9には、各都道府県の人口密度および温室効果ガス排出量と平均気温上昇率の関係を示した。関東地方、大阪、福岡などの人口の密集する都市圏では、人間の生活の向上や経済活動の拡大が、エネルギー消費の増加すなわち温室効果ガス排出量の増加をもたらす、都市圏の気温を上昇させていると推定される。

## 9. 結論

本研究では、日本全国の最近36年(1978~2013年)のアメダスデータなどを用いて、日本の長期的気候変化についての現状把握及び、アメダスデータの質を検討し、次のよう

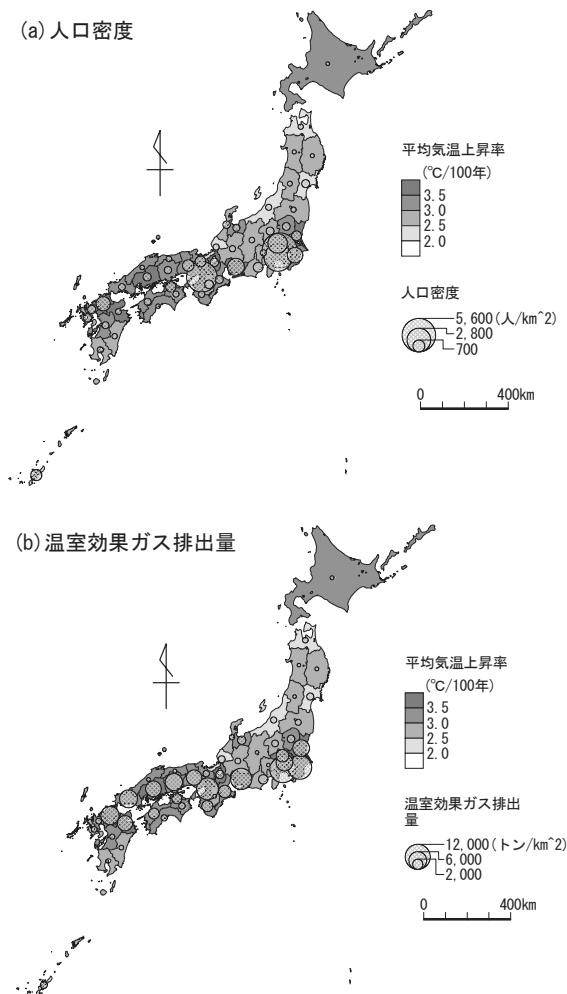


図9 平均気温上昇率と人間の経済活動関係

な結果を得た。

・気象庁が公開するアメダスと気象官署、17地点はそれぞれ特徴があり、統計量に差が生じる。平均気温の上昇率はアメダス $3.1^{\circ}\text{C}/100$ 年、気象官署 $3.0^{\circ}\text{C}/100$ 年、17地点 $2.7^{\circ}\text{C}/100$ 年であり、差は小さいことから、現状では100年当たり $3^{\circ}\text{C}$ 程度の上昇率と推定される。また、年最高気温は $3.9^{\circ}\text{C}$ 、年最低気温は $4.7^{\circ}\text{C}$ 、日最高気温は $4.2^{\circ}\text{C}$ 、日最低気温は $2.8^{\circ}\text{C}$ の上昇率である。主に都市部の上昇率が高くなっている。

・アメダスの観測時間間隔が変更され、瞬間的な気温変化が観測されやすくなった。特定の観測局の例では、気象庁で公開されている現在の日最低気温と以前のように1時間ごとのデータから求めた日最低気温との差は $\pm 0.4^{\circ}\text{C}$ また10分ごとのデータとの差は $\pm 0.1^{\circ}\text{C}$ のであった。日最低気温および日最高気温については、一般的に、これらの差が長期的な気温上昇率評価に影響を与えている。

・降水量は増加傾向にあり、都市部を中心に1時間最大降水量は100年当たり $25\text{mm}$ 増加しており、温暖化に加えてヒートアイランド現象によるゲリラ豪雨の増加が推測される。

・2013年の気象の特徴を見ると、平均気温は関東地方で平年より $0.5^{\circ}\text{C}$ 以上高く、26地点で平均気温の1位を更新した。日最高気温は125地点で記録を更新し、江川崎で $41.0^{\circ}\text{C}$ となり歴代全国1位となった。日最低気温は関東、北海道地方では日最低気温が $0.5^{\circ}\text{C}$ 以上高くなったが、北・東日本では2年連続、西日本では3年連続の寒冬となった。降水量は各地で記録的な豪雨を観測し、日本海側では記録的な積雪となった。

・温室効果ガス排出量の増加すなわちエネルギー消費の増加は、地球温暖化をもたらすとともに気温上昇率に直接影響すると推定される。

日本においては、温暖化傾向が見られるが、長期的気候変化は、環境の変化や測定機器の変化、観測時間間隔の変更などの影響を受けるため純粋な変化とはいえないことが多い。よって、最新のデータを採集する際にはデータの質の吟味が必要である。本報告でも、欠測データの取り扱いや修正方法の検討などは、今後の課題として残したい。また、測定方法の変更を考慮し、均質かつ厳密なデータになるような検討を行い、丁寧な処理や精度の向上を図る必要がある。

(平成26年9月17日受付)

(平成26年12月3日受理)

#### 参考文献

- 1) 気象庁:2013年(平成25年)の日本の天候, 報道発表資料, pp. 17 (2014. 1. 6).
- 2) 気象庁:気候変動に関する政府間パネル(IPCC)第5次評価報告書 第1作業部会報告書(自然科学的根拠)の公表について, 報道発表資料, pp15 (2013. 9. 27).
- 3) 大河内康正・伊藤美樹・源友樹, 日本の気候変化の展望-2012-, 熊本高等専門学校研究紀要, 5号, 83-90(2014).
- 4) 大河内康正・水本剛, アメダスで見た最近の日本の温暖化, 熊本高等専門学校研究紀要, 1号, 31-38(2009).
- 5) 大河内康正・池崎浩介, 内田宙斗, 都道府県別に見た最近30年の日本の温暖化, 熊本高等専門学校研究紀要, 3号, 36-42(2011).
- 6) 気象庁: 気象統計の解説(気象統計指針抜粋), 平成25年11月1日改正 ([http://www.data.jma.go.jp/obd/stats/data/kaisetu/shishin/shishin\\_all.pdf](http://www.data.jma.go.jp/obd/stats/data/kaisetu/shishin/shishin_all.pdf))
- 7) 気象庁, 要素ごとの値の補足説明, (<http://www.data.jma.go.jp/obd/stats/data/mdrr/man/sampling.html>).
- 8) 地理情報分析支援システム MANDARA, (<http://ktgis.net/mandara/>).
- 9) 環境省, 環境統計集, (<http://www.env.go.jp/doc/toukei/contents/>).