

都道府県別に見た最近30年の日本の温暖化

大河内康正・池崎浩介・内田宙斗

Prefectural Warming in Japan during Recent 30 Years

Yasumasa Okochi^{*}, Kosuke Ikezaki^{**}, Hiroto Uchida^{***}

The purpose of the present study is to evaluate the relationships between the rising rate of the average temperatures and the human activities at 47 prefectures in Japan, in recent 30 years (1980-2009). The annual average temperatures at each prefecture are rising at a rate of 3-5°C/100years. It is found that the rising rates of the daily mean and the daily minimum temperatures averaged over prefecture have significant relationships with the human activities, such as the emission of carbon dioxides.

Further, this report attempts to clarify the characteristics of urban climate in Japan from the difference between the diurnal changes in temperature at Urban and Rural areas. The difference of temperature between Urban and Rural areas has a maximum in evening in a day and in autumn in a year. It seems that those implicate a tendency of future climatic change.

キーワード：日本の温暖化，都市温暖化，都道府県ごとの上昇率，人間の活動

Keywords：warming in Japan, urban warming, prefectural rising rate, human activity

1. はじめに

近年の地球温暖化問題は、人類の直面する大きな課題の一つであると考えられている⁽¹⁾。しかし、カンクン(メキシコ)で開催された 2010 年の気候変動枠組み条約(COP16)でも、先進国と新興国や発展途上国との考え方の違いからまともならず、削減目標も先送りされている。現在も原因物質と考えられている二酸化炭素などの温室効果ガスは年々増加しており、地球温暖化は続いていると考えられる。ただし、日本については、不景気の影響もあって、2008 年度～2009 年度と二酸化炭素の排出量は、前年比で減少を示している⁽²⁾。地球温暖化問題は、気温の上昇そのものが問題を引き起こすが、間接的にも近年の異常気象などの原因とも考えられている⁽¹⁾。

地球温暖化問題は、一般的にも認識されてはいるが、解決への道筋も見えないまま、最近では人々の関心は薄いも

のようになって来ている。しかし、地球環境を守るためには、継続的にその動向を監視していく必要がある。

観測される平均気温は、地域によってまた年々の違いによって大きな変動がある。したがって、温暖化傾向の把握は、広域的に、長期にわたり統計的に取り扱う必要がある。気象学での気候値とは、30 年平均値⁽³⁾であり、30 年～100 年程度の期間を長期と称している。

さらに、観測地点近傍の観測値には、局所的な都市における工場や生活で消費される排熱などの人間のエネルギー消費の影響も、地球規模の温暖化以上に含まれている可能性もある。また、ビルの屋上への観測点の変更や測定方法の変更などの問題点も指摘されている⁽⁴⁾。

これらの観測点近傍の局所的ヒートアイランドの影響と広域的地球温暖化の影響を分離して評価する必要がある。このため大河内・水本(2009)⁽⁵⁾は、1980 年から 2007 年までの 28 年間について全国の 826 カ所の地域観測局(アメダス観測点)での年集計データを用いて、日平均気温、日最高気温、日最低気温の年平均値の 100 年当たりの気温上昇率を調べた。人間の活動の気温上昇に与える影響を評価し、人的な影響が小さいと考えられる全国の島や岬などの気温変化を比較して、最近 28 年間について日本では 100 年当たり 4.0℃程度の上昇が見られることを示した。これは、Fujibe(2009)⁽⁶⁾の推定値と同程度である。

さらに、大河内・湯ノロ(2010)⁽⁷⁾は、地方气象台(気象官

*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. of Architecture and Civil Engineering, 2627, Hirayama-shinmachi, Yatsushiro, Kumamoto 866-8501
**りんかい日産建設(株)
〒105-0014 東京都港区芝 2-3-8(臨海ビル)
Nissan Rinkai Construction Co. Ltd
2-3-8(Rinkai Bu.) Shiba Minato-ku Tokyo 105-0014
*** (株)興人
〒866-8686 熊本県八代市興国町 1-1
Kojin Co. Ltd.
1-1, Kokoku-machi, Yatsushiro, Kumamoto 866-8686

署)47 地点について、1950 年から 2008 年までの 59 年間の月別データを解析して最近の日本の都市の温暖化量を推定した。気象官署は、県庁所在地を中心とする都市に集中しており、県庁所在地は地方における代表的都市である。彼らは、59 年間の平均気温の上昇率から、気温上昇率は $2.5^{\circ}\text{C}/100$ 年であり、その内 $1.7^{\circ}\text{C}/100$ 年が地球温暖化、 $0.8^{\circ}\text{C}/100$ 年が都市温暖化の影響と推定した。

これらの研究を受けて、本研究では、二酸化炭素排出量など、都道府県単位で集計されているデータを用いて、人間活動の間接的な温度上昇に与える影響について考えてみる。そのため、最近 30 年(1980-2009)の日本全国のアメダス観測点の観測値を都道府県単位で集計したものを基礎データとして用い、各都道府県の温暖化量と産業活動指標との関係を考察する。

2. 使用データ

時系列解析には、気象庁インターネット上のサイトから気象庁気象統計情報⁽⁸⁾ の 1980 年から 2009 年までの 30 年間の日最高気温、日平均気温、日最低気温の年平均値データをダウンロードして使用した。

ここで、日平均気温とは、一日 24 時間の正時に計測された 24 個のデータの平均値である。また、日最低気温および日最高気温は、一日の中の最低気温および最高気温である。ただし、日最高気温と日最低気温については、近年ではより精密になってきているので日最高気温は、高くなる傾向が、日最低気温は低くなる傾向が見られる。したがって、日最高気温は、一般の温暖化傾向に加えて高くなる傾向が、また日最低気温については、日最低気温の低温化を温暖化傾向が打ち消す傾向をもつと推察される。本報告では、日平均気温同様に日最高気温と日最低気温も取り扱っているのは、温暖化との関係で最高気温や最低気温が何らかの情報を持つと考えられるからである。

観測データには、欠測があるが、できる限り多くのデータを有効に活用することを考えた。しかし、30 年間で 4 年以上の何らかの欠測を含む観測点のデータは、集計対象から外した。対象となる地域気象観測局(アメダス観測局)は 828 地点である。欠測データについては、近隣の観測点の平均気温の差と前年度との年変化率の関係から補った。こうすることで都道府県領域平均を取り扱う際に欠測データの影響を最小にするように図った。

また、都市の温暖化については、平均気温の上昇ばかりではなく、時間的な日変化も何らかの特徴があることが期待される。そのため、上記の解析とは別に詳細な解析を行った。この際の日変化の解析では、10 年間(2000~2009)について、アメダス年報の特別データ CDROM 版⁽⁹⁾を用いた。

ただし、統計処理には Microsoft Office Excel 2007 の VBA マクロを用いている。

3. 全国の温暖化率

最初に、全国のアメダス観測局の 30 年間の観測値から求めた年平均気温の変化を図 1 に示す。年平均気温は年々上昇しており、上昇率は、日平均気温： $4.13 \pm 0.89^{\circ}\text{C}/100$ 年、日最高気温： $5.43 \pm 0.93^{\circ}\text{C}/100$ 年、日最低気温： $3.74 \pm 0.91^{\circ}\text{C}/100$ 年であった。この値を、28 年間(1980-2007)から求

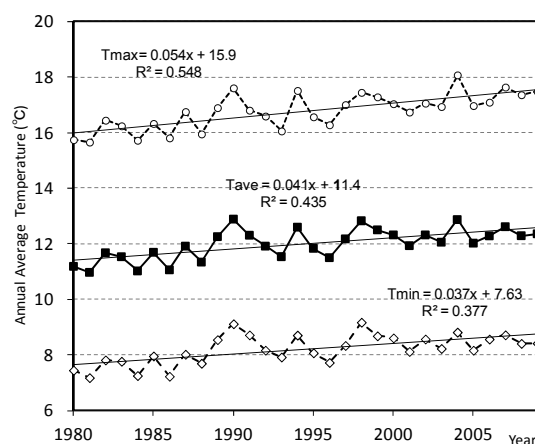


図 1. 日本の全観測点の年平均日最高、日平均、日最低気温の経年変化

Fig.1 Change in annual average of the daily maximum, the daily average, the daily minimum temperatures in all observatory in Japan.

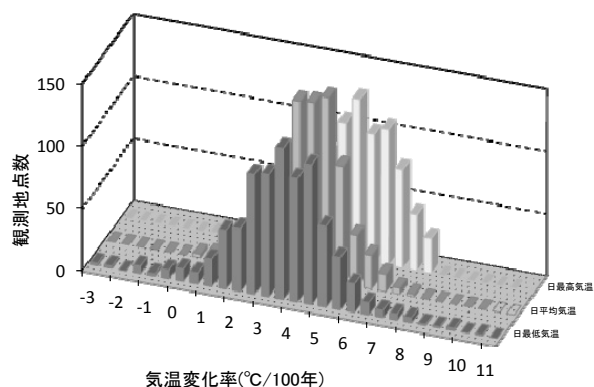


図 2. 日最高気温、日平均気温、日最低気温の 100 年当りの変化率の日本全国の観測点数

Fig.2 Site number of centenary change rates in the average of the daily maximum, the daily average and the daily minimum temperatures in Japan.

表 1. 都道府県ごとの最近 30 年間の 100 年当たりの気温上昇率

Tab. 1. Rising rates of annual average temperature each prefecture.

地方	都道府県名	観測 点数	日平均気温 上昇率	日最高気温 上昇率	日最低気温 上昇率
北海道	宗谷	9	3.93	4.38	3.73
	網走	20	3.35	4.27	2.91
	根室	7	3.31	3.94	3.05
	釧路	11	3.27	3.98	3.21
	上川	20	4.00	5.09	3.36
	十勝	18	3.03	4.41	2.10
	日高	8	3.17	4.09	3.18
	空知	12	3.27	4.33	2.48
	留萌	9	3.43	4.40	2.74
	石狩	8	3.44	4.43	2.91
	後志	11	2.83	4.15	1.86
	胆振	12	3.59	4.55	3.44
	渡島	8	3.24	4.43	2.37
	檜山	6	3.24	4.24	2.63
全北海道		159	3.39	4.39	2.85
東北	青森	21	3.47	4.60	2.89
	岩手	32	4.07	5.02	4.13
	宮城	17	4.09	5.52	3.21
	秋田	24	3.90	5.01	3.66
	山形	19	4.11	5.45	3.92
	福島	30	4.54	5.87	4.45
関東	茨城	13	4.98	6.08	4.47
	栃木	15	4.51	5.85	4.15
	群馬	13	4.13	5.07	3.79
	埼玉	8	5.09	6.11	4.25
	千葉	14	4.58	4.99	4.71
	東京	7	5.68	6.19	5.43
	東京離島	6	3.65	4.23	3.20
	神奈川	4	4.74	5.88	4.46
中部	新潟	25	3.77	5.49	2.94
	富山	9	4.53	6.14	3.95
	石川	10	4.18	5.44	3.67
	福井	9	3.55	4.37	3.43
	山梨	11	4.13	5.38	3.81
	長野	28	3.95	5.75	3.50
	岐阜	23	4.10	5.77	3.99
	静岡	18	4.11	6.66	4.90
	愛知	10	5.00	5.92	4.76
近畿	三重	11	3.99	5.62	3.49
	滋賀	8	4.67	6.21	3.91
	京都	8	4.97	6.03	5.01
	大阪	7	5.74	6.83	5.60
	兵庫	20	4.91	5.45	5.17
	奈良	6	4.45	6.51	4.00
	和歌山	9	4.34	5.79	3.98
中国	鳥取	9	4.31	5.97	3.87
	島根	15	4.42	6.73	3.61
	岡山	15	4.24	5.72	3.80
	広島	19	5.07	6.93	4.40
	山口	15	4.62	6.26	3.84
四国	徳島	11	4.66	6.24	4.49
	香川	6	5.36	6.49	5.19
	愛媛	13	4.86	6.64	4.11
九州 沖縄	高知	15	4.57	6.10	4.35
	福岡	12	5.39	6.56	4.91
	佐賀	5	4.59	6.34	3.37
	長崎	12	4.27	5.60	4.28
	熊本	17	4.72	6.74	3.70
	大分	13	5.49	7.17	4.98
	宮崎	17	4.44	5.93	4.08
	鹿児島	17	4.02	5.78	3.15
	鹿児島離島	6	3.63	4.74	3.02
	沖縄	17	3.06	3.47	3.13
観測点総数・平均		828	4.13	5.43	3.74

められた大河内・水本⁽⁶⁾の変化率の値（日平均:4.5℃/100年, 日最高:5.7℃/100年, 日最低:4.3℃/100年）と比較すると, 上昇率はここ数年で少し鈍化傾向にあると言える。

図 2 に示す全国のアメダス観測局における上昇率の頻度分布では, 2~7℃/100 年の範囲にわたり分布している。ピーク値を示す日最高気温上昇率が, 日最低気温上昇率より大きな値となっている。ただし, いずれも平均値(4~5℃/100 年)に対して標準偏差は±0.4℃/100 年 とほぼ同じである。日最高気温の上昇率が, 日最低気温の上昇率より大きいのは, アメダス観測データの特徴である。都市部にある気象官署のデータを取り扱った大河内・湯ノ口⁽⁷⁾によると, 日最低気温の上昇率の方が大きかった。野口(1994)⁽¹⁰⁾や日下ほか(1998)は, 都市化の影響は, 最低気温の上昇に表れやすいことを指摘している。

4. 都道府県ごとの温暖化率

都道府県領域で地域ごとの気温上昇率の違いを見るために, 都道府県ごとの上昇率を表 1 に示した。ただし東京の気温上昇率データからは, 小笠原や八丈島などの離島のデータは除外し別取り扱いとした。また鹿児島についても同様である。北海道については, 14 の支庁の違いはそれほど大きくないため, 北海道としてまとめて取り扱った。北部日本(北海道, 青森・秋田), 北陸(新潟・福井), 島嶼(鹿児島離島・東京離島・沖縄)では, 気温上昇率は 4.0℃/100 年以下と小さく, 特に離島の 100 年当たり上昇率は個別に見ると八丈島 0.5℃, 南鳥島・南大東島 2.2℃, 種子島 1.2℃, 波照間 1.5℃, 沖永良部 1.9℃, などと比較的小さな平均上昇率であった。また, 埼玉・東京, 愛知, 大阪, 広島, 香川, 福岡, 大分の都府県では 5.0℃/100 年以上の大きい値となっている。上昇率の大きな県は都市化や人間活動の影響が大きいと考えられる。

表 2 日平均気温の上昇率と人間の各種のエネルギー消費活動の関係

Tab. 2 Relationships between the centenary rising rate of the average temperatures and the human activities in each prefecture.

		人口密度 (人/km ²)	工場総産 出額(百万 円/km ²)	自動車保 有台総数 (台/km ²)	製造業事 業所総数 (個/km ²)	使用電力 量(W/m ²)	森林面 積(%)	温室効 果ガス排 出量総数 (ton/km ²)
日 最 高	相関係数	0.183	0.229	0.203	0.179	0.192	-0.058	0.207
	傾き	1.17E-04	7.63E-05	1.82E-04	2.51E-05	1.91E-01	-2.79E-03	4.93E-05
	標準誤差	9.40E-05	4.83E-05	1.30E-04	2.05E-05	1.46E-01	7.16E-03	3.48E-05
	t値	1.25	1.58	1.39	1.22	1.31	-0.39	1.42
日 平 均	相関係数	0.536	0.525	0.547	0.466	0.543	-0.437	0.529
	傾き	2.74E-04	1.39E-04	3.89E-04	5.20E-05	4.30E-01	-1.68E-02	1.01E-04
	標準誤差	6.4E-05	3.4E-05	8.9E-05	1.5E-05	9.9E-02	5.1E-03	2.4E-05
	t値	4.26	4.13	4.38	3.53	4.34	-3.26	4.19
日 最 低	相関係数	0.539	0.550	0.539	0.542	0.546	-0.364	0.536
	傾き	3.18E-04	1.68E-04	4.43E-04	6.97E-05	4.99E-01	-1.61E-02	1.17E-04
	標準誤差	7.4E-05	3.8E-05	1.0E-04	1.6E-05	1.1E-01	6.1E-03	2.8E-05
	t値	4.29	4.42	4.30	4.32	4.37	-2.62	4.25

都道府県ごとの気温上昇率と人間の経済活動⁽¹²⁾との関係を見るために、1km² 当たりの人口(人口密度)、工場総産出額、自動車保有台数、製造業事業所総数、森林面積(森林率)、温室効果ガス排出量との相関を調べた。ここでの変数の集計年度は、最新の平成 16 年～22 年の都道府県別の単年度の集計年度で、変数ごとに異なっている。仮定として、それぞれの量が大きいほど増加量も大きいと考える。表 2 では、都道府県レベルの日最高気温、日平均気温、日最低気温の年平均値の 100 年当たりの上昇率とそれぞれの変数の相関係数、傾き、傾きの標準誤差、および傾きと誤差の比(t 値)を示している。

日最高気温の上昇率と各種変数の関係は弱く、森林率以外は関係性が認められるものの、人口密度、工場総産出額、自動車保有台数、製造業事業所総数、温室効果ガス排出量のどれも有為な因子とは言えない。日最高気温については、地球温暖化のほか別の二次的な要因で増加している可能性も考えられる。

日平均と日最低気温の上昇率との関係では、森林率がマイナス因子であるが、人口密度、工場総産出額、自動車保有台数、製造業事業所総数、温室効果ガス排出量のどれも有為なプラス相関を示している(|t|>2.0)。県レベルでも日平均気温や日最低気温の上昇率と人間の経済活動とは関係が認められる。

しかし、ここにあげた変数は、完全に独立ではなくお互いに関係がある。実際に、図 3 に工場総産出額と温室効果ガス排出量の関係を示した。これらには決定係数 $R^2=0.627$ (相関係数 $R=0.792$) の関係が認められる。

図 4 は、温室効果ガスの排出量と気温上昇率の関係を見

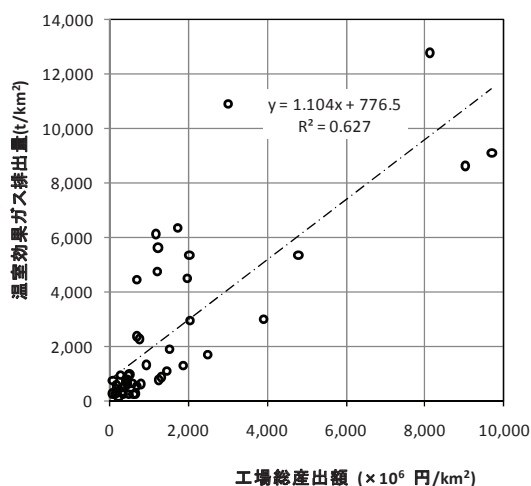


図 3 温室効果ガスの排出量と工場総産出額の関係

Fig.3 Relationships between the total factory production values and the emissions of greenhouse gases.

たものである。表 2 に示したように経済活動を示すいくつかの指標についても同様の関係がある。図 4 は、二酸化炭素排出量との関係ではあるが、局所的な温暖化と考える。

指標には、負の相関が予想される森林率を除けば、人口密度を含め特徴的な大きな違いはない。図 5 は、森林率と気温上昇率の関係であるが、森林の存在は、平均気温上昇を抑制する可能性があることが分かる。ただし、日最高気温については、抑制効果はあまり認められない。

各種の人間活動の影響は $R^2=0.3$ 程度であることから、気温上昇率に 30%程度以上の影響があると推定される。

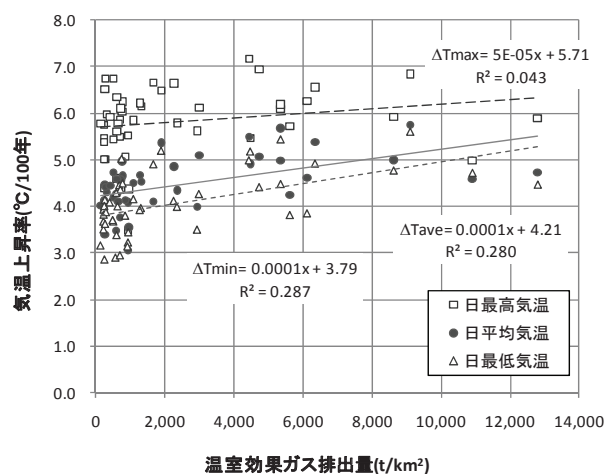


図 4 日平均気温の上昇率と都道府県の温室効果ガスの排出量との関係

Fig. 4 Relationships between the centenary rising rate of the average temperatures and the emission of the greenhouse gases in each prefecture.

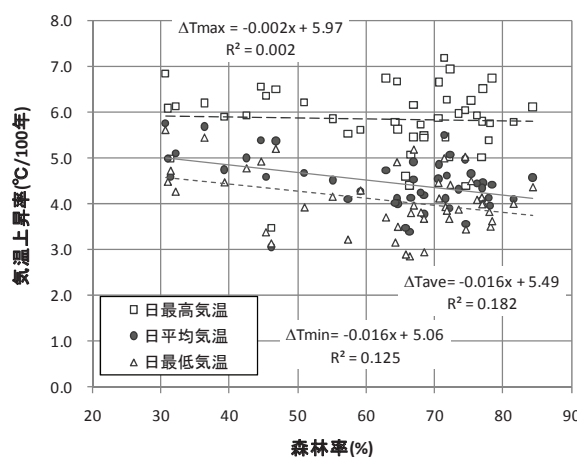


図 5 日平均気温の上昇率と都道府県の森林率の関係。

Fig.5 Relationships between the centenary rising rate of the daily average temperatures and the forest coverage in each prefecture.

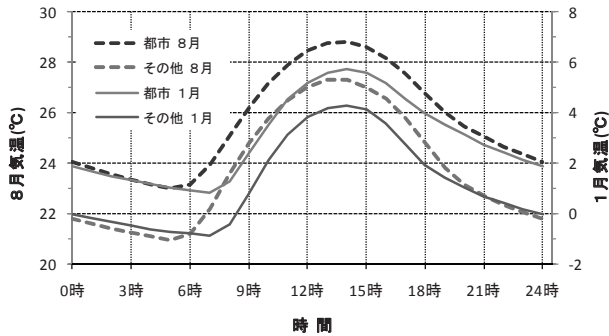


図 6 都市部およびその他における 1 月 (実線) と 8 月 (破線) の気温の平均日変化

Fig.6 Diurnal change in average temperatures at Urban and Rural areas in January and August.

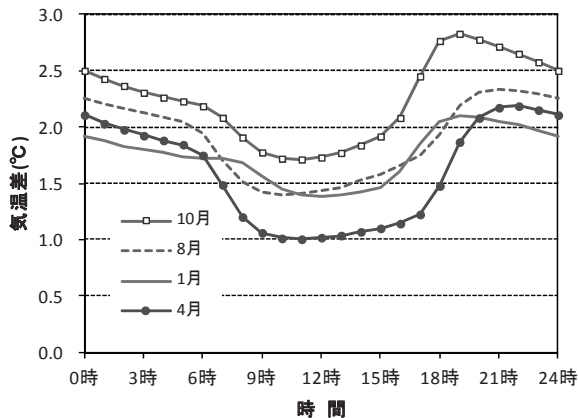


図 7 1 月、4 月、8 月、10 月における、都市部とその他の差の平均日変化

Fig.7 Diurnal change in the difference between Urban and Rural areas in January, April, August, and October.

5. 都市とそれ以外の地域の気温日変化の差

地球温暖化と都市温暖化(ヒートアイランド)とは、両者とも近年進行しているという点で類似している。ヒートアイランドは、都市の規模(人口)と関係していることが知られている^{(13), (14)}。大河内・水本⁽⁵⁾もアメダス観測地の都市人口から気温上昇率の人口依存性を推定している。彼らは、その変化率から日平均気温の上昇率は、人口 100 万人当たり $0.6^{\circ}\text{C}/100$ 年大きくなると推定した。さらに、都市人口ゼロの極限でも都市の気温上昇率は、全アメダス平均上昇率より大きいことから都市であるというだけで基本的に少なくとも $+0.6^{\circ}\text{C}/100$ 年だけ大きい(都市バイアス)という関係も予測した。したがって、100 万人の都市であれば、気温上昇率が $1.2^{\circ}\text{C}/100$ 年大きいということになる。

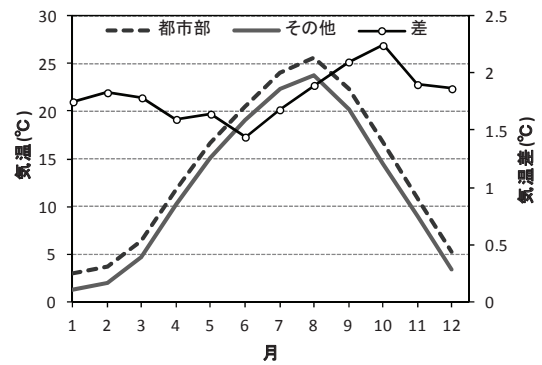


図 8 都市部とその他の月平均気温の平均年変化とそれらの差の平均年変化

Fig.8 Annual change in monthly temperature and the temperature difference between Urban and Rural areas.

県庁所在地は、各都道府県の代表的な中心都市であり、人口も増加している都市が多い。そこで、主に県庁所在地(「都市部」:55 カ所)とそうでない地域(「その他」:753 カ所)と分けて考える。県庁所在地には管区気象台または地方気象台があり、両者の観測値の差は、気象官署と地域気象観測局の差とも言える。図 6 は、2000-2009 年までの 10 年間の両者の 1 月と 8 月について、平均日変化を見たものである。1 月と 8 月の軸スケールは 22°C だけずらしている。また図 7 では、詳細に温度差の変化の違いを見るために、1 月、8 月、のほか 4 月、10 月についても温度差の日変化を示した。1 月、8 月では、ともに都市部は、その他にある観測値より 1.7°C ほど高い。1 月と 8 月の気温日変化の差は、基本的に日の出時間と太陽高度の違いである。また図 7 の温度差の変化を見ると午前 10 時から 12 時に最小値、夕方 18 時から 21 時ごろ最大値となっている。都市部ではこのように 15 時以降の温度低下が、その他の方が大きい。これは、コンクリートを主体とした建築物などの蓄熱効果のほか人間のエネルギー消費活動によるものと考えられる。季節的には、春 4 月が最小、秋 10 月に最大となっている。1 月と 8 月は、気温差日変化としては類似しているが、夜間を見ると 8 月の気温差の方が、1 月より大きい傾向が見られる。

このように都市部では日没後の気温低下が少なく 19 時～21 時に気温差が最大となり、その後日の出直前までの下がり幅には大差はないが、最低気温となる 6 時に気温差が残ってしまう。

次に、月ごとの変化を見るために、図 8(左軸)に、10 年間の気温の月ごとの変化を示した。都市部がその他より気温が高いが、差を取って見ると図 8(右軸)のように 9-11 月で最高、4-6 月で最低となっている。都市部の気温は、秋が高温になりやすいという特徴がある。

図7と図8を比較して、1年を1日に対応させれば、都市部とその他の気温差は12時(6月)前後に最小となり20時(10月)前後に最大となる類似したパターンを持っているということが出来る。これは、温度が最大になった後、都市部では冷却率が小さいことに関係しているように思われる。これは、海陸の温度差の日変化と大陸と海洋の温度差の季節変化の関係に例えられる。

次に、季節的な気温変化を見るために図9に30年間の気象官署60地点(「都市部」+5地点)における平均気温の気温上昇率($^{\circ}\text{C}/100$ 年)を月ごとに折れ線で示した。また、同時に決定係数 R^2 も示した。図では、春先2月、梅雨期6月、秋9-10月に上昇率の極大がある。2月が最大であるが、

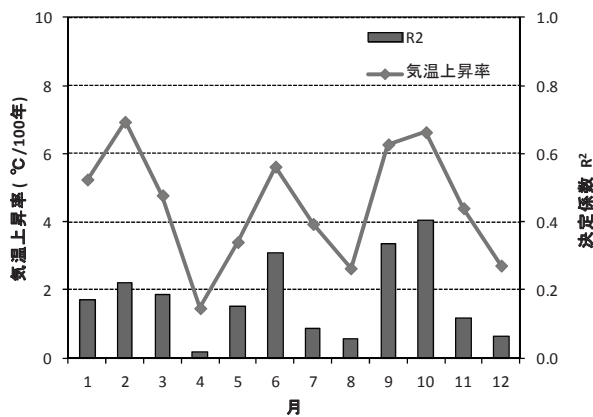


図9 都市部の月ごとの30年間の上昇率($^{\circ}\text{C}/100$ 年)と決定係数 R^2

Fig.9 Centenary Rising rates of temperature during 30 years and coefficient of determination R^2 in Urban areas at each month.

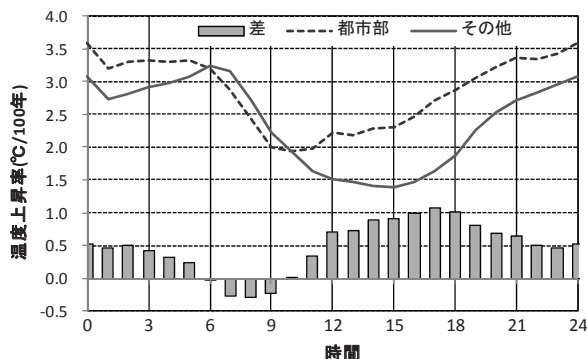


図10 都市部とその他の時間ごとの温度上昇率($^{\circ}\text{C}/100$ 年)とそれらの差の日変化

Fig.10 Diurnal change in temperature rising rate ($^{\circ}\text{C}/100$ year) in Urban and Rural areas, and the difference between them.

9-10月が最も信頼性が高く、 $6^{\circ}\text{C}/100$ 年以上の上昇率となっている。

気象庁は代表17地点の1898~2008年の100年間の気温上昇率として、春: 1.35°C 、夏: 0.92°C 、秋: 1.07°C 、冬: 1.13°C という集計結果⁽¹⁵⁾を得ている。これらの季節ごとの上昇率は、図9の結果とは少し異なるが、今回の解析では1980~2009年までの30年という比較的最近のデータを取り扱っている点および都市温暖化を含む気象官署全体を対象にしている点を考えれば、両者の差は矛盾するものではないと思われる。

次にさらに、詳細に1時間ごとの、10年間の変化傾向を見てみることにしよう。図10は、都市部とその他の地域の1時間ごとの気温上昇率($^{\circ}\text{C}/100$ 年)とその差を見たものである。

最近10年間(2000~2009年)の全体的な平均気温の上昇率は、 $2.4^{\circ}\text{C}/100$ 年と第3節において最近30年で推定した上昇率よりかなり小さい値となっている。ここでも日本の温暖化は、やや鈍化している傾向がうかがえる。都市部とその他で見ると、都市部: $2.8^{\circ}\text{C}/100$ 年、その他: $2.4^{\circ}\text{C}/100$ 年と、その差 $0.4^{\circ}\text{C}/100$ 年ほど都市部が大きい。

その他では、15時ごろ最小 $1.4^{\circ}\text{C}/100$ 年、6時ごろ最大 $3.2^{\circ}\text{C}/100$ 年となっているのに対して、都市部では、10時ごろ最少 $1.9^{\circ}\text{C}/100$ 年、それから徐々に増大し午前0時には最大 $3.6^{\circ}\text{C}/100$ 年となっている。両者の差は、エネルギー消費を反映しているように思われる⁽¹⁶⁾。

最近の人々の生活レベルの向上には常にエネルギー消費の増大を伴って来たので都市部とその他の日変化の気温差は見方を変えれば、未来と現在の差に例えることが出来る。都市部の気温変化の動向は、これからの気候変化を考える際のヒントになるように思われる。

6. 結論

本研究では、日本全国の最近30年間(1980~2009年)のアメダスデータを用いて、最近の日本における気温上昇について調べた。その結果、全観測点の年平均気温上昇率は100年当たり 4.13°C であった。

また、二酸化炭素排出量など、都道府県単位で集計されているデータを用いて、人間活動の県単位の温度上昇に与える影響について考えた。その結果、日平均気温や日最低気温の上昇率は二酸化炭素の排出量など経済活動と関係があることが示された。ただし、日最高気温の上昇率については、有意な関係を見出せなかった。さらに、森林率については、直接的効果かどうかは不明だが、日平均気温や日最低気温の上昇率を下げる効果が認められる。

気温の日変化で見ると、都市とその他の気温差は夕方か

ら早朝にかけて大きくなっており、都市化の影響と見ることが出来る。また、1 年間で見ると秋 9-10 月に、都市とその他の温度差は最大となっている。これらの違いは、将来の日本の温暖化の動向を推察させる。

これらの事から、日本全国の観測点の気温には、人間のエネルギー消費などの影響が明らかに存在すると言える。これらのエネルギー消費の影響は、直接地域を温めているもので、本来の温室効果ガスによる地球温暖化とは別のものと言える。エネルギー消費から大体 30%程度($R^2=0.3$)以上の上昇があると推定すれば、平均気温上昇率 $1.2^{\circ}\text{C}/100$ 年は、地域のエネルギー消費によるものと推定される。このことから最近 30 年間の日本域の地球温暖化量は $3.0^{\circ}\text{C}/100$ 年程度以下と推定される。

気温以外の関係については、変化はそれほど明確ではない。今後は、さらに気象変数の動向を継続的に監視していくと同時に、気温上昇とその他の気象変数全般との関係などを調査検討していく予定である。また、温暖化と異常気象との関係が指摘されているが、異常気象とは何なのかも考えていく必要がある。今後の課題としたい。

謝辞

研究遂行にあたり、熊本高専大気環境解析研究室の専攻科の松浦宏昭君(平成 23 年度修了)のご協力に厚くお礼申し上げます。また、ハワイ大学(USA)において在外研究中の熊本高専共通教育科岩尾航希講師には細部にわたり有益な助言をいただきました。篤く感謝申し上げます。

(平成 23 年 10 月 11 日受付)

参考文献

- (1) IPCC (Intergovernmental Panel on Climate Change): “Climate Change 2007”, Cambridge University Press, Cambridge, pp996 (2007).
- (2) 経済産業省, トップページ, 2009 年度エネルギー需給実績(2010). <http://www.meti.go.jp/>
- (3) 気象庁, 20 世紀の日本の気候, 財務省印刷局, pp116 (2002).
- (4) 近藤純正, ホームページ (2011) <http://www.asahi-net.or.jp/~rk7j-kndu/>
- (5) 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).
- (6) Fujibe, F., Detection of urban warming in recent temperature trends in Japan, *Inter. Jour. Climatology*, 29, 1811-1822 (2009).
- (7) 大河内康正・湯ノ口哲平, 日本の都市の温暖化と地球温暖化, 熊本高等専門学校研究紀要, 2 号, 1-8 (2010).
- (8) 気象庁ホームページ, 気象統計情報, 過去の気象データ検索 (<http://www.jma.go.jp>) (2009).
- (9) 気象業務支援センター, 2000-2009 年アメダス年報 CDROM 版, (2001-2010)
- (10) 野口泰生, 日最高・日最低気温の永年変化に与える都市化の影響, 天気, 41, 123-135(1994).
- (11) 日下博幸・西森基貴, 安成哲三, 最高・最低気温偏差の季節性を利用した都市化に伴う気温上昇率の推定, 天気, 45, 369-378(1998).
- (12) 森林面積(平成 18 年)については, 林野庁統計情報検索サイト(2010) <http://www.rinya.maff.go.jp/>
人口密度については, 総務省統計局(2010) <http://www.stat.go.jp/>,
製造事業所総数(平成 19 年), 工場総産出額(平成 19 年)については, 経済産業省工業統計調査(2010) <http://www.meti.go.jp/>,
自動車保有台数(平成 21 年)については国土交通省(2010) <http://www.mlit.go.jp/>
温室効果ガス排出量(平成 18 年)は環境省報道発表資料(2010) <http://www.env.go.jp/>
使用電力量は, 総務省統計局, 日本統計年鑑, 平成 18 年度都道府県別使用電力量(電灯), (2010) <http://www.stat.go.jp/>
- (13) Oke, T. R., City size and the urban heat island, *Atmospheric Environment*, 7, 769-779(1973).
- (14) 福岡義隆ほか, 都市の風水土 都市環境学入門, 朝倉書店, 10-37(1995).
- (15) 文部科学省・気象庁・環境省, 日本の気候変動とその影響, 温暖化の観測・予測および影響評価統合レポート, pp65 (2009).
- (16) 例えば 1 日の電力消費量, 電気事業連合会, 電気の情報広場 (2011.9) <http://www.fepc.or.jp/>