

論文

東京大学演習林生態水文学研究所における器差補正を考慮した 78年間の年平均気温の変化の推定と名古屋の都市化による昇温との関係

蔵治光一郎*・五名美江*,**

Estimation of the variation of 78 years' mean annual temperature in the Ecohydrology Research Institute of The University of Tokyo Forests and its relation to the temperature increase in Nagoya caused by urbanization with correction for instrument error.

Koichiro KURAJI* and Mie GOMYO*,**

1. はじめに

近年、地球全体で気温が上昇していること（地球温暖化）が指摘されている。気象庁が展開している自動気象観測装置（アメダス）で観測された気温にも上昇傾向が見えている。アメダスは都市部に設置されていることが多く、都市部の気温は地球温暖化の影響に加えて近年の都市化による昇温の影響を受けている。これまでの都市化による昇温は、都市気候モデルを用いたシミュレーションによって、都市の影響を加味した場合と除去した場合の気温の差を都市化による昇温とする方法で推定されていた（例えば気象庁, 2013）。

都市化による昇温を推定するもう一つの方法として、一方が都市化した、もう一方が都市化していない、互いに近接した2地点において長期に観測された気温データを比較する方法がある。都市化が徐々に進行している場合、もし両地点の気温の差が徐々に広がる傾向が認められれば、その主たる要因は都市化による昇温であると推定できる。この方法を適用するためには、都市化の影響を受けている地点の近傍で、都市化の影響を受けていない地点で長期にわたり精度に相当の注意を払って計測されたデータが必要であるが、そのようなデータはほとんど存在していなかったため、これまで研究が行われてこなかった。例えば近藤（2010）は、都市化の影響や露場の周辺環境の変化の影響の少ないと考えられる気象庁の34か所の気象官署のデータから、日本における温暖化量（バックグラウンド温暖化量）を整理しているが、戦前から現在に至るまでの長期のデータを有する気象官署の多くは都市部に位置しており、森林地帯内には存在せず、また気象官署同士は互いに離れているため、気象官署のデータだけでは上述したような研究を行うことは困難である。

東京大学演習林はこのような研究に供することのできるデータを保有している数少ない組織の一つであり、このデータを用いて長期年平均気温を推定する試みが蔵治ら（2012）、田中ら（2013）によってすでに行われている。このような検討をするにあたり、観測方式が温度計の目視による

* 東京大学大学院農学生命科学研究科附属演習林生態水文学研究所
Ecohydrology Research Institute, The University of Tokyo Forests, Graduate School of Agricultural and Life Sciences, The University of Tokyo

** 日本学術振興会特別研究員（PD）
JSPS Research Fellow

読み取りから、記録紙を用いた方式や、温度センサーとデジタル記録装置などの方式に切り替えられる際、設置地点の微妙な変更や測定方式、記録時間間隔の違い、温度計（センサー）の交換などにより、切り替えの前後のデータが接続できるかどうかを慎重に判断する必要がある。蔵治ら（2012）はこの点を慎重に検討し、千葉演習林札郷にて切り替えの前後のデータの接続（器差補正）を行った長期データを作成し、近年の気温上昇が見られないことを示した。一方、田中ら（2013）はこの点を検討せずに1941～2009年（2005年を除く）のデータを整理した結果を示し、名古屋の都市化による昇温が1960年ごろからすでに現れていた可能性について定性的な考察をしているが、定量的な考察には至っていない。加えて、この考察は器差補正をしていないデータに基づいた考察であるため、その妥当性は器差補正をしたデータによって確認される必要がある。

そこで本論文では、田中ら（2013）が検討した東京大学演習林の3地方演習林のうちの一つである生態水文学研究所赤津研究林内に位置する白坂を対象として、田中ら（2013）のデータには含まれていなかった1935～40年および2010～2012年の9年分のデータを付け加えた上で、田中ら（2013）が今後の課題としている器差補正を行い、78年間の年平均気温データを作成することを第一の目的とし、得られた年平均気温や夏季および冬季の平均気温の変動を、名古屋および飯田で気象庁によって観測された同じ期間の年平均気温や夏季および冬季の平均気温の変動と比較することにより、名古屋の都市化による昇温を推定することを第二の目的とした。本論文では蔵治ら（2012）、田中ら（2013）にならい、「日平均気温」は1日に8回以上の一定間隔で測定された気温を日界0時で平均した値、「年平均気温」は日平均気温を1月1日から12月31日まで平均した値と定義する。

2. 方法

2-1. 対象地点

本研究の対象とした地点は東京大学演習林生態水文学研究所白坂、気象庁名古屋地方気象台、気象庁飯田特別地域気象観測所（2006年までは飯田測候所）の3地点であり、以下ではそれぞれ白坂、名古屋、飯田と略記する。3地点の位置を図-1に、緯度経度、標高、白坂からの距離を表-1に示す。名古屋は、本論文の第二の目的である名古屋の都市化による昇温の推定のために、飯田は、白坂と名古屋の比較による考察を補強するため、それぞれ対象とした。飯田を選んだ理由は、白坂の近隣の気象庁の観測点のうち、本研究で対象とした期間（1935～2012年）の連続データが得られ、かつ名古屋に比べて相対的に都市化の程度が弱く、都市化による昇温が小さいと予想されるため、観測開始から現在まで周囲を森林に覆われている白坂との比較を行う地点として適切であると判断されたためである。白坂は猿投山から雲興寺山に連なる山系の西向き斜面に位置し、名古屋は濃尾平野内の平地に、飯田は盆地内に位置している。飯田の気象庁の観測露場は2002年5月27日に馬場町（標高482m）から高羽町（標高520m）に移転したため、表-2には新旧両方の地点の位置と標高、白坂からの距離を示した。

名古屋市の人口は1935年には108.3万人であったが、終戦の年である1945年には一時的に59.8万人まで減少したものの、その後急激に増加して1954年には125.0万人となった。現在の名古屋市の面積と人口は2012年時点でそれぞれ326km²、226.7万人である。一方、現在の飯田市のうち、2005年の合併前も飯田市であった地区の面積と、2012年時点の人口は、それぞれ325km²、10.4万人である。この地区には、ほぼ同じ面積の名古屋市の20分の1未満の人口し

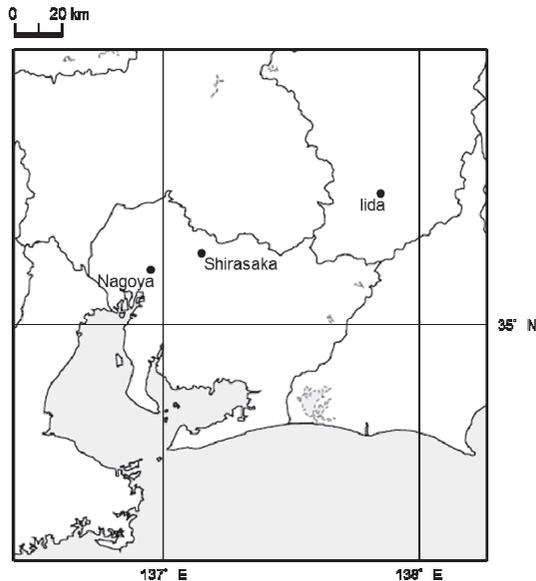


図-1 対象地点の位置

Fig. 1. Location of the study sites

表-1 本研究で対象とした地点の位置と標高、白坂からの距離

Table 1. Location and altitude of the study sites used in this study and distance to Nagoya and Iida from Shirasaka

地点	緯度 (北緯)	経度 (東経)	標高 (m)	白坂からの距離 (km)
白坂	35° 13.1'	137° 9.9'	304	0
名古屋*	35° 10.0'	136° 57.9'	51	19.2
飯田(2002年5月27日まで)	35° 30.8'	137° 25.0'	482	68.0
飯田(2002年5月28日以降)	35° 31.4'	137° 49.3'	516	67.6

か居住していないことになる。一方、白坂から半径2kmの範囲内は1935年から現在に至るまでほぼ全域が森林であり、都市化の影響はほとんどない。

2-2. 対象とした期間

本研究で対象とする白坂では、気象観測露場内で気温観測が行われている。白坂における気温観測およびデータ公表の経緯は表-2のようにまとめられる。気温観測は1930年から開始されているが、1930～34年にはそれぞれ1か月以上、データが発見されていない期間がある。そこで本研究では、解析対象を1935～2012年の78年間とした。

2-3. 用いたデータ

本研究で用いたデータのうち、白坂で観測されたデータは以下の通りである。すべて未公表データであり、公開データは使用していない。

- 1) 未公表の野帳に記載された午前10時(1953年1月1日以降は午前9時)の百葉箱内の気温、最高気温、最低気温の観測データ(1935年1月1日～2001年3月28日)。ただし

表-2 白坂における気象観測およびデータ公表方式の変遷

Table 2. Changes in the history of the air temperature observation system and data publishing in Shirasaka

年	月	日	事由
1930	1	1	気象月報に最高気温・最低気温の記載を開始
1931	5	1	気象月報に最高気温, 最低気温に加えて 10 時気温の記載を開始
	8	31	気象月報に 10 時気温, 最高気温, 最低気温の記載を中止
1932	11	23	観測野帳を生態水文学研究所で保管
1941	1	1	気象月報に 10 時気温, 最高気温, 最低気温の記載を再開 雑誌「演習林」誌上にて気象年報の公開開始
1953	1	1	日界を 10 時から 9 時に変更
1988	3	26	気象観測露場に自動気象観測システムを新規設置し, データロガー (中浅測器 NASCON-2000) に毎時の記録を開始
	6	1	毎日の気象観測を月～土曜日の観測に変更
	7	1	雑誌「演習林」誌上にて気象年報として公開される月平均値・積算値を, データロガー (中浅測器 NASCON-2000) に記録された日界 0 時の値に変更
1989	1	1	雑誌「演習林」誌上にて気象月報による日データの公開開始
1992	5	1	月～土曜日の気象観測を月～金曜日の観測に変更
2000	12	31	気象観測露場に自動気象観測システムを新規設置し, データロガー (キャンベル社 CR10X) にて 6 分間隔の記録を開始
2001	1	1	雑誌「演習林」誌上にて気象年報・月報として公開されるデータを, データロガー (キャンベル社 CR10X) にて記録された値に変更 気象月報による日データ公開を, 雑誌「演習林」誌上からホームページに変更
	3	29	月～金曜日の気象観測廃止
	7	1	データロガー (キャンベル社 CR10X) の記録間隔を 6 分から 5 分に変更
2003	10	20	データロガー (中浅測器 NASCON-2000) による自動気象観測システムを中止
2012	5	29	データロガー (Onset 社 HoboPendantEvent) による自動気温観測開始

1941 年 1 月 1 日～3 月 31 日, 1945 年 1 月 3 日～1948 年 3 月 31 日は, 本論文執筆時点では野帳が見つからないため, 未公表の気象月報に記載されたデータを用いた。

2) NASCON-2000 (表-2 参照) によって出力紙に記録された毎時の気温データ, 日平均, 最高, 最低気温データ (1988 年 3 月 30 日～2003 年 10 月 20 日)。なお表-2 では NASCON による記録開始が 1988 年 3 月 26 日となっているが, 3 月 27～29 日のデータに欠測があるため, 本論文では 3 月 30 日からのデータを用いた。

3) CR10X (表-2 参照) によってデジタル記録された 5 分間隔の気温データ, 日平均, 最高, 最低気温データ (2001 年 1 月 1 日～2012 年 12 月 31 日)。

名古屋と飯田については、気象庁ホームページにて公開されているデータをダウンロードして使用した。気象庁ホームページには、飯田の気象観測露場の移転により、2001年と2002年との間で日平均気温の年平均が均質でないことと記載されているが、この前後を均質化するための補正は行わず、均質でないことを前提として図を描き、考察を行うこととした。

2-4. 白坂における日平均気温の推定式

白坂の日平均気温の観測値には、NASCON-2000で記録された値 ($TS_{\text{mean_NAS}}$) と CR10X で記録された値 ($TS_{\text{mean_CR10X}}$) の2つがある。本論文ではこのうち $TS_{\text{mean_CR10X}}$ を日平均気温の標準値とし、以下では単に TS_{mean} と表記する。2001年1月12日から2003年1月11日までの2年間の二重観測期間のデータ（欠測日を除く）から、 TS_{mean} を $TS_{\text{mean_NAS}}$ から推定する式として次式を得た。

$$TS_{\text{mean}} = TS_{\text{mean_NAS}} \times 1.0094 + 0.1042 \quad (n = 725, R^2 = 0.9999) \quad (1)$$

田中ら (2013) の検討により、自記観測が行われていなかった1988年3月26日以前は、日平均気温を推定する場合、午前9時または10時の気温よりも、日界9時または10時の最高気温と最低気温の平均値を用いることが妥当とされている。1988年3月26日から1990年3月25日までの二重観測期間のデータ（欠測日、測定していない日を除く）から、 $TS_{\text{mean_NAS}}$ を日界9時の最高気温と最低気温の平均値 ($TS_{\text{mm}9}$) および午前9時の気温 (TS_9) から推定する式として次式を得た。

$$TS_{\text{mean_NAS}} = TS_{\text{mm}9} \times 0.9619 - 0.5364 \quad (n = 451, R^2 = 0.9889) \quad (2)$$

$$TS_{\text{mean_NAS}} = TS_9 \times 0.9289 - 0.5978 \quad (n = 598, R^2 = 0.9766) \quad (3)$$

午前10時の気温 (TS_{10}) や、日界10時の最高気温と最低気温の平均値 ($TS_{\text{mm}10}$) には、NASCON との重複観測データがないため、上記の方法では $TS_{\text{mean_NAS}}$ を推定することができない。そこで田中ら (2013) が求めた $TS_{\text{mm}10}$ 、 TS_{10} から TS_{mean} を推定する式、および $TS_{\text{mm}9}$ から TS_{mean} を推定する式から TS_{mean} を消去して得られる次式を用いて、 $TS_{\text{mm}9}$ を $TS_{\text{mm}10}$ や TS_{10} から推定することとした。

$$TS_{\text{mm}9} = TS_{\text{mm}10} \times 1.0003 - 0.0835 \quad (4)$$

$$TS_{\text{mm}9} = TS_{10} \times 0.9529 - 2.548 \quad (5)$$

以上の式より、以下に定義したA~Dの4つの期間区分（田中ら (2013) の期間区分とは異なる）ごとに TS_{mean} を以下の式で算出した。

1) A 期間 (1935 ~ 1952 年) (1), (2), (4) 式から得られる次式を用いた。

$$TS_{\text{mean}} = TS_{\text{mm}10} \times 0.9712 - 0.5183 \quad (6)$$

$TS_{\text{mm}10}$ が欠測の日については、(1), (2), (5) 式から得られる次式を用いた。

$$TS_{\text{mean}} = TS_{10} \times 0.9314 - 1.9629 \quad (7)$$

2) B 期間 (1953 年～1988 年 3 月 29 日) (1), (2) 式から得られる次式を用いた。

$$TS_{\text{mean}} = TS_{\text{mm}9} \times 0.9709 - 0.4372 \quad (8)$$

$TS_{\text{mm}9}$ が欠測の日については, (1), (3) 式から得られる次式を用いた。

$$TS_{\text{mean}} = TS_9 \times 0.9376 - 0.4992 \quad (9)$$

3) C 期間 (1988 年 3 月 30 日～2000 年) (1) 式を用いた。欠測日については B 期間にならった。

4) D 期間 (2001～2012 年) 換算式は用いず, 観測・記録されたデータをそのまま用いた。

A 期間には最高気温, 最低気温のうち少なくとも 1 つが欠測の日が合計 3 日あった。そのうち 2 日は (7) 式を用いて 10 時気温から推定した。残る 1 日は 10 時気温も欠測であったが, この 1 日については前日と翌日の日平均気温推定値の平均値をもって補完し, 年平均気温を計算した。

B 期間には最高気温, 最低気温のうち少なくとも 1 つが欠測の日が合計 72 日 (うち 32 日は 1975 年) あった。そのうち 53 日は (7) 式を用いて 9 時気温から推定した。残る 19 日は 9 時気温も欠測であったが, 1 年間の欠測日数は最大 3 日で, 連続した 2 日以上欠測はなかったため, この 19 日については前日と翌日の日平均気温推定値の平均値をもって補完し, 年平均気温を計算した。

C 期間には 28 日の欠測があった。C 期間を通じて, 日曜, 休日 (1992 年 5 月 1 日以降は土曜も) を除き, 午前 9 時の百葉箱内の気温, 最高気温, 最低気温の観測が並行して行われていた。欠測日のうち 18 日は (6) 式を用いて 9 時日界の最高気温と最低気温の平均値から, 6 日は (7) 式を用いて 9 時の気温から推定した。残る 4 日は 9 時日界の最高気温, 最低気温, 9 時の気温がいずれも測定されていなかったが, 1 年間の欠測日数は最大 3 日で, 連続した 2 日以上欠測はなかったため, この 4 日については前日と翌日の日平均気温推定値の平均値をもって補完し, 年平均気温を計算した。

D 期間には 62 日間の欠測があり, そのうち 61 日間は 2005 年であった。これらの欠測はいずれも別の機器を用いた観測との二重観測が行われていなかった期間に起きたため, 2004 年については欠測の補完は不可能と判断し, 解析の対象から外した。2005 年の欠測は 1 月 1 日であり, 1 月 2 日の平均気温と同じと仮定して計算した。

3. 結果

3-1. 器差補正を行った 78 年間長期の年平均気温データの作成

図-2 は本研究で得られた 1935～2012 年の平均気温と田中ら (2013) が示した年平均気温を比較したものである。D 期間のうち田中ら (2013) に含まれる 2001～2009 年については本研究も田中ら (2013) も補正を行っていないため, 両者は重なっている。A～C 期間については, 本研究の年平均気温は田中ら (2013) が示した年平均気温よりもおおむね 0.2～0.4 度, 高くなった。本研究で得られた年平均気温からは, 田中ら (2013) 同様, 1960 年前後の高温傾向, 1960 年ごろから 1980 年代半ばまでの弱い寒冷化傾向, 1980 年代半ば以降の温暖化傾向が読み取れた。しかし最近の温暖化傾向については, 田中ら (2013) は 2009 年までのデータをもとに現在に至るまでとしているが, 本研究で 2010～2012 年のデータを付け加えた結果, 温暖化傾向は 2000 年ごろに収束し, その後の 10 年間は横ばいか, やや寒冷化傾向に向かっているよう

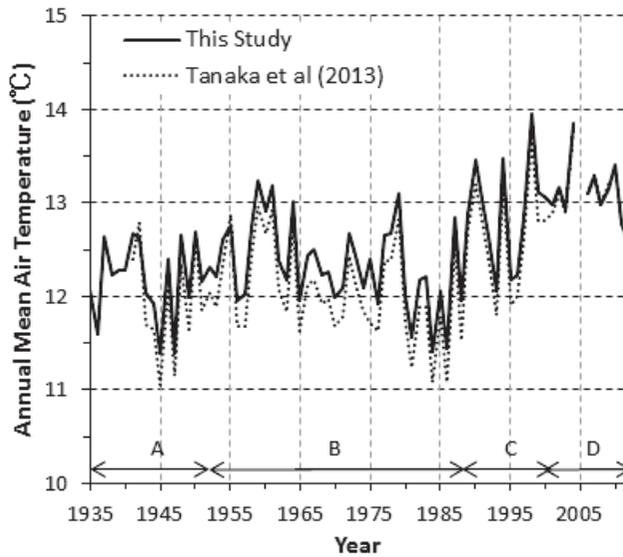


図-2 白坂における年平均気温の78年間の変動。図中の点線は田中ら(2013)図-1の元となったデータを田中氏より提供を受けて描いた。図中のA~Dは器差補正を行った期間区分を示す。

Fig. 2. Seventy eight years variation of the annual mean air temperature at Shirasaka. The dotted line shows the data in Figure 1 in TANAKA *et al.* (2013) which was provided by Dr. TANAKA. The same equations were used during each A~D periods indicated in the figure.

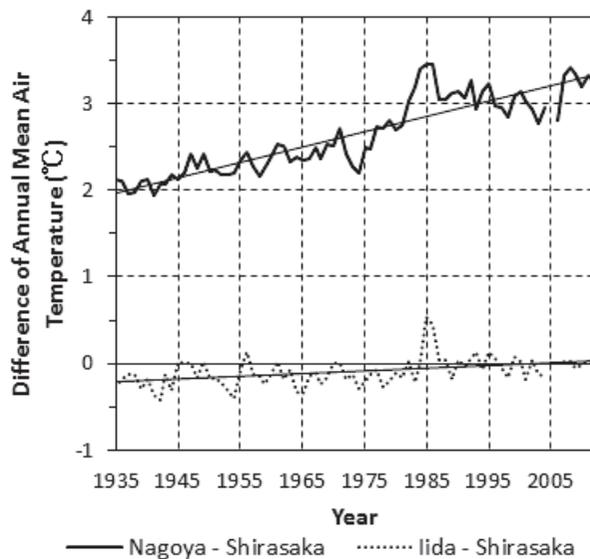


図-3 気象庁の観測点(名古屋および飯田)と白坂との年平均気温の差の78年間変動。直線は回帰直線

Fig. 3. Seventy eight years variation of the difference of the annual mean air temperature between the JMA observatory (Nagoya and Iida) and Shirasaka. The straight lines indicate regression lines

に見える。

3-2. 名古屋と白坂, および飯田と白坂の年平均気温差の78年間変動

名古屋および飯田で観測された78年間の年平均気温と、同じ期間の白坂の年平均気温との差を計算した。結果を図-3に示す。名古屋と白坂の差は増加する傾向にあり、その平均的な増加率は1.8度/100年であった。一方、飯田と白坂の差はわずかな増加傾向にあり、その平均的な増加率は0.3度/100年にすぎなかった。

図-3に現れた関係の季節別の特性を解析するため、6～8月を夏、12～2月を冬と定義して、

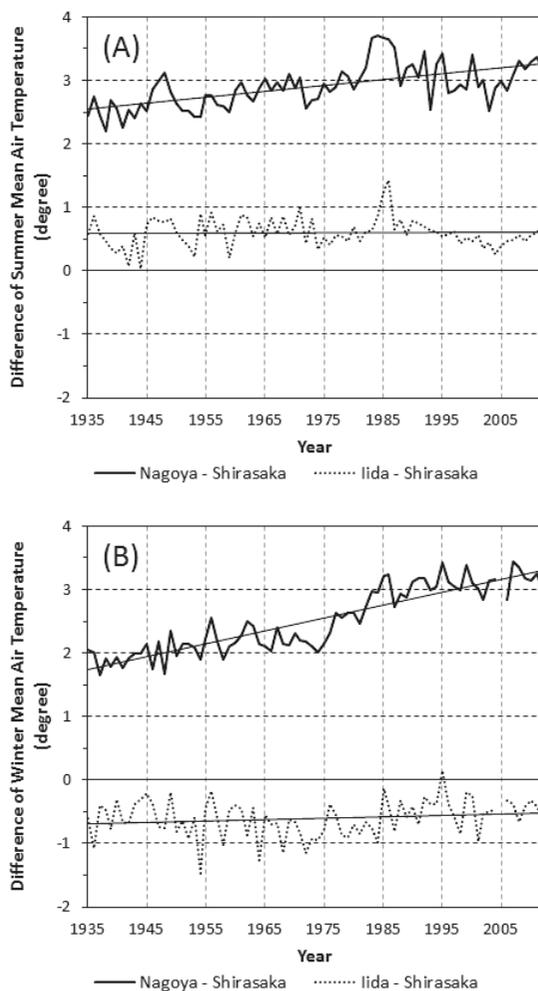


図-4 気象庁の観測点(名古屋および飯田)と白坂との夏(A)と冬(B)の平均気温の差の78年間の変動。直線は回帰直線。

Fig. 4. Seventy eight years variation of the difference of the summer (A) and winter (B) mean air temperature between the JMA observatory (Nagoya and Iida) and Shirasaka. The straight lines indicate regression lines.

名古屋および飯田の夏と冬の平均気温について、白坂との差を求めた結果を図-4に示す。名古屋と白坂の差の増加率は、夏で0.8度/100年、冬で2.1度/100年であり、夏よりも冬の方が差の増加率が大きかった。一方、飯田と白坂の差の増加率は、冬は0.2度/100年であったが、夏は0.0度/100年であった。

4. 考察

4-1. 器差補正を行った78年間の年平均気温データの作成

図-2より、期間A、B、Cの年平均気温は田中ら(2013)が示した器差補正をしていない年平均気温よりもおおむね0.2~0.4度、高くなった。なぜこのような差が生じたのかを2001~2002年の重複観測期間のデータを基に調べたところ、期間Dで使われた観測機器の値は、期間Cで使われた観測機器の値と比べて、日最高気温の年平均値が0.9~1.0度高く、日最低気温の年平均値が0.2度低かった。なぜこのような違いが生じたのかは現時点では不明であり、毎時のデータを突き合わせるなどして今後、検証していく必要がある。

田中ら(2013)が示した年平均気温は、観測機器の変更に伴う器差の補正を行っていないデータであったため、気象庁の長期観測データとの詳細な比較ができなかったが、本研究で器差補正を行ったデータを作成したことにより、気象庁の長期観測データとの比較が可能となった。ただし1988年以前については、気象観測露場の百葉箱内に設置した温度計、最高温度計、最低温度計を毎日読み取る方式で観測されていたが、これらの温度計の更新履歴の記録は本論文執筆時点では発見されていないため、この期間については、温度計の更新に伴って器差が生じた可能性が残っている。

図-3において、1985年付近に名古屋と白坂の差および飯田と白坂の差が極大値を形成していることが読み取れる。元データに立ち返って調べたところ、名古屋と白坂との差は1984~86年の3年間、飯田と白坂との差は1985~86年の2年間に特に大きな値をとっていることが判明した。これらの年に注目して図-4を見ると、特に冬において同様の傾向が見られた。1985~86年に関しては、この極大値が、名古屋と飯田に共通してみられたことから、白坂の年平均気温を推定する根拠となっている最高気温または最低気温の測定において、器差が発生した可能性が疑われた。そこでこの2年間を含む前後10年間について、白坂の年平均気温を午前9時気温から推定する式を用いて推定したところ、やはり同様の傾向がみられた。最高気温、最低気温、午前9時気温はそれぞれ独立した機器で観測されていたことから、この極大値は、器差が原因ではなく、短期でもとに戻るように気象観測露場近傍の環境の局所的かつ一時的な変化(例えば気象観測露場の周辺樹木の伐採など)があり、それが原因で白坂の気温が特に冬季に低下したことによって、名古屋や飯田との差が一時的に大きくなったのではないかと考えられる。この推察をもとに気象観測露場の周辺を調査したが、確かな証拠は得られなかった。

4-2. 名古屋と白坂の気温差と数値シミュレーションによる都市化による昇温推定値との比較

図-3より、名古屋と白坂の差は年々拡大する傾向にあることが明らかになった。また、図-4より、名古屋と白坂の差の増加傾向は、夏季よりも冬季に顕著であることがわかった。

気象庁(2013)は、都市気候モデルを用いたシミュレーションによって、都市の影響を加味した場合と除去した場合の気温の差を都市化による昇温とする方法によって、日本の3大都市圏の2009~2013年の8月の都市化による昇温の推定を行っている。このうち本研究の対象期

表-3 名古屋と白坂の8月の気温差と気象庁(2013)による8月の都市化による昇温幅の比較
 Table 3. Comparison of temperature differences between Nagoya and Shirasaka with altitudinal correction and the temperature increase caused by urbanization estimated by JMA (2013)

年	標高補正をした名古屋と白坂の8月平均気温差(℃)	気象庁(2013)による8月の都市化による昇温幅(℃)
2009	1.7	1.8
2010	1.9	1.7
2011	1.9	1.8
2012	1.8	1.6

間と重複する2009～2012年について、それぞれの年の名古屋と白坂の8月の平均気温差に白坂と名古屋の標高差による補正を行って得られた気温差と、シミュレーションによって求められた昇温幅を比較した結果を表-3に示す。両者の差は0.1～0.2度の範囲に入っていることがわかった。この範囲は気温差の絶対値と比べて著しく小さいことから、都市気候シミュレーションで求められた都市化による昇温は、名古屋と白坂で別々に観測された気温差にほぼ一致したといえる。

一般的に都市化による昇温が最も顕著となるのは、地表面での大気の大気攪拌が弱くなる冬の夜間から明け方にかけての時間帯である(原ら, 2010)。冬の大都市は、多くの民家や事業所が暖房機を使い、熱を生む化石燃料の消費が増大する。建造物の密集により地表の熱が放出されず、コンクリートで覆われた地表からは地中の水分も蒸発しにくくなる。本研究の結果は、都市化による昇温について一般に言われていることと一致している。

さらに、図-3や図-4にみられる名古屋の昇温は、田中ら(2013)が示唆した1960年代よりも前の1940年ごろから始まっていることもわかる。名古屋市の人口は1945年から54年にかけて59.8万人から125.0万人に急増しており、都市化は昇温と同期して起きている。

以上より、名古屋と白坂の年平均気温の差の増加傾向は、名古屋の都市化に伴う昇温が主たる原因である可能性を強く示唆している。仮にこのことが正しい場合、本研究によって、シミュレーションの妥当性が観測データによって裏付けられたことになる。

4-3. 名古屋、飯田、白坂の比較からわかること

図-3より、名古屋と白坂の差は年々拡大する傾向にある一方で、飯田と白坂の年平均気温の差は、過去78年間ほとんど変化していない。この結果は、名古屋と比べて白坂も飯田も都市化による昇温が生じていない可能性を強く示唆している。都市化による昇温の強弱は、土地被覆状態の変化に伴うアルベドの変化、植生や土壌表面からの蒸発散による潜熱、コンクリートの蓄熱、冷暖房等に伴う排熱等に影響される複雑な現象であるため、単純に比較できるものではないが、都市化による昇温の強弱と相関がある可能性が高い一つの要因として、名古屋と飯田の周辺域の人口がある。前述したように合併前の飯田市と名古屋市の面積はほぼ同じで、人口は20分の1未満であるため、都市化による昇温は名古屋に比べて相対的に小さいと考えられる。

飯田の観測露場が2002年5月27日に移転したことによって、2001年と2002年との間で年平均気温の年平均が均質でなくなっている。図-3や図-4はこの不均質を無視し、均質とみなして描いているが、両図からはこの間の白坂との気温差の明瞭な不連続は確認できなかった。

表-1より、飯田の標高は白坂よりも約200m高いため、標準的な気温減率(標高が100m上がるごとに0.6度下がる)を仮定すれば、白坂の気温は飯田よりも1.2度高くてもおかしくな

い。白坂と飯田の夏季の78年間平均気温はそれぞれ22.2, 22.8度であり、白坂は飯田よりも0.6度低いことがわかった。飯田は盆地の中にあり、夏の気温が高くなるが、白坂は盆地地形ではないため、盆地地形による昇温が生じないためであると推測される。飯田の気象データから白坂の気象データを推測する場合には、気温減率を考慮するのみでは不十分であり、盆地地形による昇温などを考慮する必要があることがわかった。

5. おわりに

本研究では白坂において1930年から現在に至るまで様々な方法・観測機器で観測が行われてきた気温について、観測機器の変更に伴って生じる器差の補正を考慮した、より正確な年平均気温データを作成した。器差補正後の年平均気温は器差補正前と比べ0.2～0.4度、高くなった。名古屋と白坂の気温差は1940年ごろから年々拡大する傾向にあった。気象庁が都市気候モデルを用いたシミュレーションによって推定した名古屋の2009～2012年の都市化による昇温は、名古屋と白坂の気温差から実証的に求めた昇温と一致していた。このことは名古屋と白坂の気温の差が主に名古屋の都市化による昇温によってもたらされていることを示唆している。

謝 辞

本研究で使用したデータのメタデータの調査、数値データの入力・確認作業には生態水文学研究所気象水文過去データ管理室特任専門職員の五名美恵氏に多大なご尽力をいただいた。同研究所助教の田中延亮氏には田中ら(2013)に示された図の元データおよび式(5)の係数を快くご提供いただいた。ここに記して謝意を表します。

要 旨

東京大学演習林生態水文学研究所赤津研究林内の白坂気象観測露場(白坂)においては1930年から現在に至るまで様々な方法・観測機器で気温観測が行われてきた。本研究では観測機器の変更に伴って生じる器差の補正を考慮した、より正確な78年間の年平均気温データを作成することを第一の目的とし、得られた年平均気温の変動を、気象庁によって名古屋および飯田で観測された同じ期間の年平均気温の変動と比較することにより、名古屋の都市化による昇温との関係を調べることを第二の目的とした。器差補正後の年平均気温は器差補正前と比べ0.2～0.4度、高くなった。名古屋と白坂の気温差は1940年ごろから年々拡大する傾向にあった。気象庁が都市気候モデルを用いたシミュレーションによって推定した名古屋の2009～2012年の都市化による昇温は、名古屋と白坂の気温差から求めた昇温とほぼ一致していた。このことは名古屋と白坂の気温差が少なくとも1940年代から主に名古屋の都市化によってもたらされていることを示唆している。

キーワード：年平均気温, 78年間の変動, 東京大学演習林生態水文学研究所, 器差補正, 都市化による昇温

引用文献

- 原政之・日下博幸・木村富士男・若月泰孝 (2010) 気候変動が首都圏の都市ヒートアイランドに及ぼす影響：冬季を対象として. *ながれ* 29(5): 353-361.
- 気象庁 (2013) 2013 年 8 月のヒートアイランド現象による気温上昇の解析結果について (平成 25 年 9 月 24 日報道発表資料). URL: <http://www.jma.go.jp/jma/press/1309/24a/heatiland201308.pdf> (最終アクセス 2013 年 11 月 18 日)
- 近藤純正 (2010) 日本における温暖化と気温の正確な観測, 伝熱 (日本伝熱学会誌) 49: 58 - 67.
- 蔵治光一郎・鎌田直人・芝野博文・山田利博・山本清龍・山中千恵子・算用子麻未 (2012) 東京大学演習林 富士癒しの森研究所・千葉演習林における年平均気温の長期データの推定. *東大演報* 127: 45 - 56.
- 田中延亮・鎌田直人・芝野博文・尾張敏章・大川あゆ子・五十嵐勇治・荒木田きよみ (2013) 東京大学演習林生態水文学研究所・北海道演習林・秩父演習林における年平均気温の長期データの推定. *東大演報* 128: 1 - 19. (2013 年 9 月 13 日受付)
(2014 年 3 月 19 日受理)

Summary

Temperature observations in the Shirasaka meteorological observation field (Shirasaka) of the Akazu Research Forest, Ecohydrology Research Institute, the University of Tokyo Forests have been performed using various methods and observation equipment since 1930. The primary objective of this research is to create a time series of the 78 years' annual mean air temperature data with a correction for the instrument error arising from the changes of observation equipment. A secondary objective is to investigate the relationship between the temperature increase due to urbanization seen in Nagoya and the 78 years' annual temperature data observed at Shirasaka, Nagoya and Iida. The annual mean air temperature, after correction for instrument error, increased by 0.3 or 0.4 degrees compared with the figures before correction. The difference of mean annual temperature between Nagoya and Shirasaka starts increasing from the 1940s. The range of temperature increase caused by urbanization estimated by the JMA through urban climate model simulation was almost the same value as the estimated temperature increase through the observed mean annual temperature at Nagoya and Shirasaka, suggesting that the temperature difference between Nagoya and Shirasaka can be explained mostly by the urbanization of the Nagoya area, at least since the 1940s.

Key words: annual mean air temperature, seventy eight years variation, Ecohydrology Research Institute of the University of Tokyo Forests, correction of instrument error, temperature increase by urbanization