

夏季における岐阜県多治見市の気温分布調査

岡田 牧^{*1}・日下博幸^{*2}・高木美彩^{*3}・阿部紫織^{*4}
高根雄也^{*5}・富士友紀乃^{*6}・永井 徹^{*6}

要 旨

2010年当時の国内最高気温40.9°Cが記録された岐阜県多治見市における夏季の気温分布を調べるために、2010年8月に多治見市並びに愛知県春日井市の学校及び公園に計15台の気温計を設置した。月平均気温の空間分布から、盆地底に位置する多治見市中心部ほど気温の高い様子が示された。また、日最高気温35°C以上の日数(猛暑日数)と日最低気温が25°C以上の日数(熱帯夜数)についても、多治見市中心部で最も多かった。更に、日最低気温が現れやすい早朝の気温分布においても、多治見市中心部ほど気温が高かった。夜間の盆地底は冷気層の形成によりその周囲よりも低温になりやすい。しかしながら気温が下がりにくかったという結果から、多治見市の日最低気温の形成に多治見市の都市化が影響していることが推察された。

1. はじめに

近年、日本において夏季の日最高気温は上昇しており(藤部 2004 ; Fujibe 2009)、2010年の夏季における平均気温は、統計が開始された1946年以来、最も高くなった(気象庁 2010)。夏季の高温現象は、熱中症等の健康被害にも繋がるため社会問題となっている。

2007年8月16日には、岐阜県多治見市のアメダスにおいて、埼玉県熊谷市と並ぶ当時の国内最高気温40.9°Cが記録された。2006年には37°C以上の日数が全国最多となり、多治見市は「日本一暑い町」として知

られるようになった。多治見市を含む東海地方は関東、近畿と並んで極端な高温が現れやすい地域の1つである(藤部 2004)。名古屋や岐阜を中心に、濃尾平野の高温発生についてフェーン現象との関係性が古くから調べられてきた(例えば、安井 1966 ; 鬼頭 1986 ; 由比 1988 ; 吉村 1995)。近年では、多治見市における高温の要因解明のために、多治見市内の気温実態調査が行われてきている。例えば、多治見市民有志と多治見市環境課は「多治見の気温をはかる会」を立ち上げ、これまで精力的な調査を行っている(吉田 2013)。彼らは、多治見市内の水田作付面積の減少が気温上昇の一因であることを示した。また、大和田ほか(2010)は多治見市内で気温の移動観測と定点観測を行い、市街地を中心に気温分布が同心円状になっていることを明らかにした。高根ほか(2013)は、小規模盆地の内側に位置する多治見市と外側に位置する愛知県春日井市において、気温と湿球黒球温度 WBGT の観測を行った。観測の結果、多治見市で観測された日最高 WBGT は、春日井市に比べて高いことが分かった。ただし、これらの観測は数日間に限られており、多治見市の気温分布の実態を明らかにするためには、更なる調査が必要である。

*1 (連絡責任著者) 筑波大学大学院生命環境科学研究科, mokada@geoenv.tsukuba.ac.jp

*2 筑波大学計算科学研究センター。

*3 筑波大学大学院生命環境科学研究科(現:横浜市環境創造局)。

*4 筑波大学生命環境学群地球学類(現:第一航業株式会社)。

*5 独立行政法人産業技術総合研究所。

*6 多治見市役所環境課。

—2013年5月16日受領—

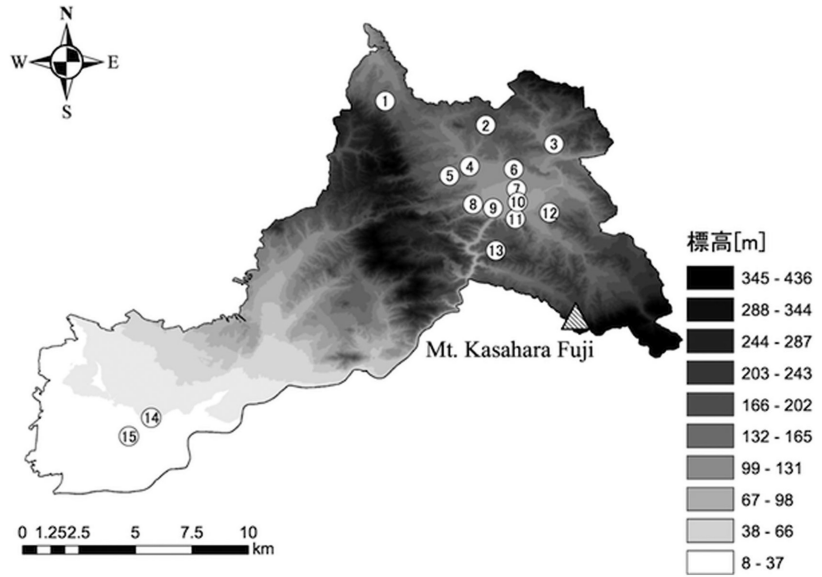
—2013年10月25日受理—

本研究は多治見市内に気温の固定観測点を1ヶ月設置することで、比較的長期のデータを用いて多治見市内の気温分布の実態を調べることが目的とする。また、参考値として多治見市からみて盆地の外に位置する愛知県春日井市においても同様の観測点を設けた。

2. 調査の概要

観測は2010年7月31日から8月31日の1ヶ月間行った。第1図に多治見市と春日井市の標高分布と気温計の設置地点を示す。多治見市は、岐阜県南部の岐阜・愛知県境に位置し、笠原富士など標高300～500mの山々に囲まれた盆地状地形を形成している。なお、多治見市の市街地は盆地底(標高約90m)に広がっている。一方、春日井市は愛知県北部に位置し、多治見市とは山を隔てて隣接している。

第1表に各観測点の標高と地面状態、周囲の環境をまとめた。多治見市内の気温分布を把握するため、多治見市内の小中学校10箇所と公園2箇所、多治見駅前1箇所の計13箇所に気温の固定観測点を設けた。春日井市の観測点は春日井高校と春見公園に1点ずつ設けた。多治見市内における最低標高点(太平公園, 94m)と最高標高点(北栄小学校, 193m)の差は99mであった。観測点直下の地面状態について、学校の場合は裸地、公園の場合は草地となるようになるべく揃えた。また、学校の観測点周囲の環境について、校舎



第1図 本研究における対象地域の標高と気温観測点の分布。対象地域を代表する山として笠原富士の位置を三角記号で記す。

第1表 各気温観測点の地点情報。観測点周囲の環境に記載されている「校庭」と「校庭と校舎」について、前者は校舎から建物の高さ以上離れた場所に観測点が置かれた場合を指し、後者は前者よりも校舎側に観測点が位置する場合を指す。

番号	観測地点名	標高 (m)	地面状態	観測点周囲の環境 (面積)
①	南姫中学校	160	裸地	校庭
②	北栄小学校	193	草地	校庭と校舎
③	共栄小学校	159	草地	校庭と校舎
④	小泉公園	117	草地	樹木のある公園 (0.5 ha)
⑤	小泉中学校	131	コンクリート	校庭と校舎
⑥	陶都中学校	106	裸地	校庭
⑦	精華小学校	98	裸地	校庭
⑧	池田小学校	126	裸地	校庭
⑨	太平公園	94	草地	樹木のある公園 (1.7 ha)
⑩	多治見駅前	95	アスファルト	建物が立ち並ぶ市街地
⑪	昭和小学校	95	裸地	校庭
⑫	養正小学校	123	コンクリート	校庭と校舎
⑬	脇之島中学校	182	裸地	校庭
⑭	春見公園	26	草地	樹木のある公園 (0.7 ha)
⑮	春日井高校	20	草地	校庭と校舎

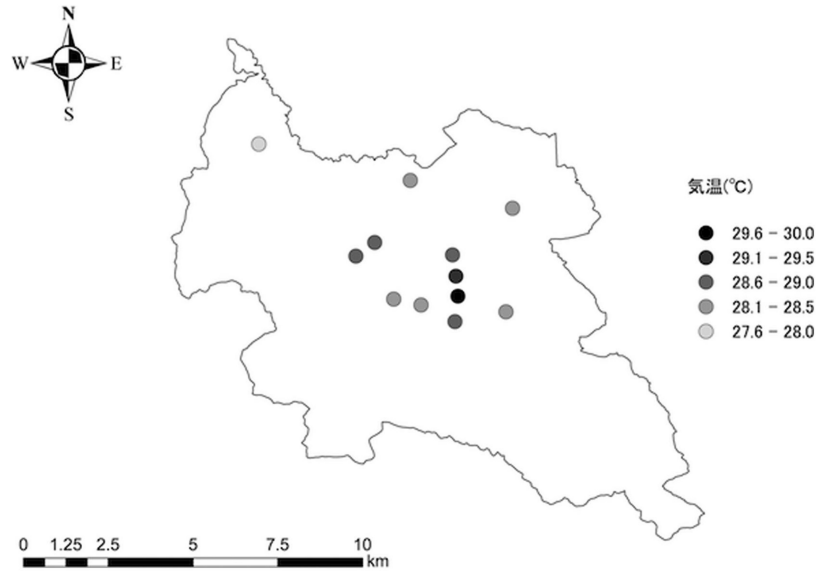
から十分に距離が離れた場所もあれば、許可の関係上校舎と校庭の間に設けた場所もあった。なお、脇之島中学校と春日井高校に関して、測器設置日程の関係上、1ヶ月の測定期間を設けることができなかった。

気温の観測は、データロガー付のサーミスター温度計 (RTR52: T&D 社製) に自然通風式シェルター (酒井ほか 2009: GAIA 技研合同会社製) を被せた測定器を地上1.5 mの高さに設置して行った。記録間隔は2分に設定し、解析には前後10分平均値を使用した。各観測地点の標高が一樣でないため、気温の高度補正が必要であると考えられる。但し、それ以前に観測事実を把握することは重要であるため、本研究における図化ではあえて気温の高度補正は施さなかった。なお、高度補正については考察で述べる。

3. 気温調査結果

第2図に多治見市の月平均気温の空間分布を示す。多治見駅前の気温が29.8°Cと最も高く示された。但し、多治見駅前の観測点は建物の混んだ市街地に設置されており、他地点と比べると開いた環境ではなかった。また、交通量も多く人工排熱も多いと推察される。これらの結果、多治見駅前で記録された気温は、他地点よりも高温になっていたと考えられる。多治見駅前を除いた場合、最も気温の高かった地点は、多治見駅前に最も近い精華小学校 (29.1°C) であった。気温は市街地の広がる盆地底から山腹部にかけて徐々に下がっており、気温最低値は南姫中学校における27.6°Cであった。なお、脇之島中学校と春日井高校の記録が開始された8月13日以降の平均気温分布も第2図とほとんど似たような分布が描かれた (図略)。この期間、脇之島中学校の平均気温は28.3°Cであった。この気温は、脇之島中学校 (標高182 m) と標高の近い北栄小学校 (標高193 m) の気温28.7°Cよりやや低かった。

一般的に草地の表面温度は裸地に比べて低く (杉本・近藤 1994; Herb *et al.* 2008)、市街地内の公園は周囲よりも低温である (丸田 1972; Spronken-Smith and Oke 1998)。本研究の観測地点である小泉公園と



第2図 多治見市の月平均気温の空間分布図。

太平公園の気温はそれぞれ28.8°Cと28.5°Cであった。この両公園の近傍にある小泉中学校と池田小学校の気温はそれぞれ28.7°C, 28.4°Cであった。つまり公園は草地であるにも関わらず裸地面上の学校の気温とほとんど変わらない。3 ha 未満の小さい公園では、公園内外の気温差が小さくなりやすく、場所・時刻によっては市街地よりも高温になる場合もあると報告されている (Chang *et al.* 2007)。小泉公園と太平公園の面積はそれぞれ0.5 ha と1.7 ha であり、小規模公園の部類に入る。公園規模の違い以外にも、樹木等の観測地点周りの風通しによる効果、いわゆる日だまり効果 (近藤 2012) も、小泉公園と太平公園の気温の大小の一因として考えられる。このような公園内の気温が周囲よりも高くなる原因について詳細に調べられた例がなく、今後、小規模公園に焦点をあてた詳細な気象観測やシミュレーションが望まれる。

多治見市からみて盆地の外に位置する春日井市の気温について触れる。春見公園の8月平均気温は29.6°Cと多治見駅前の気温に次ぐ高さであり、多治見市内の小泉公園や太平公園よりも高かった。この春見公園の29.6°Cは、多治見駅前の標高95 mを基準にして高度補正をしても多治見駅前の気温に次ぐ高さであった (第2表)。この結果は「はじめに」で述べた高根ほか (2013) の WBGT の結果と異なる。これは、WBGT の定義式 (Yaglou and Minard 1957)

$$\text{WBGT} = 0.7 \times (\text{湿球温度}) + 0.2 \times (\text{黒球温度}) + 0.1 \times (\text{乾球温度})$$

より、WBGTは乾球温度（気温）以外に、湿球温度や黒球温度の寄与が気温よりもより大きく反映されているからである。春見公園の気温が高かった要因の仮説として、春日井市の都市化の進行をあげる。人口は都市化の1つの指標として考えられ、人口と都市内外の気温差の間には正の相関が見られる（Oke 1973）。2010年における人口は、多治見市で112,595人、春日井市で307,746人であり、両都市に明らかな人口の差が確認できる。但し、この仮説を裏付けるには結果が不十分であり、2都市間の気温差に関しても今後詳細な調査が望まれる。

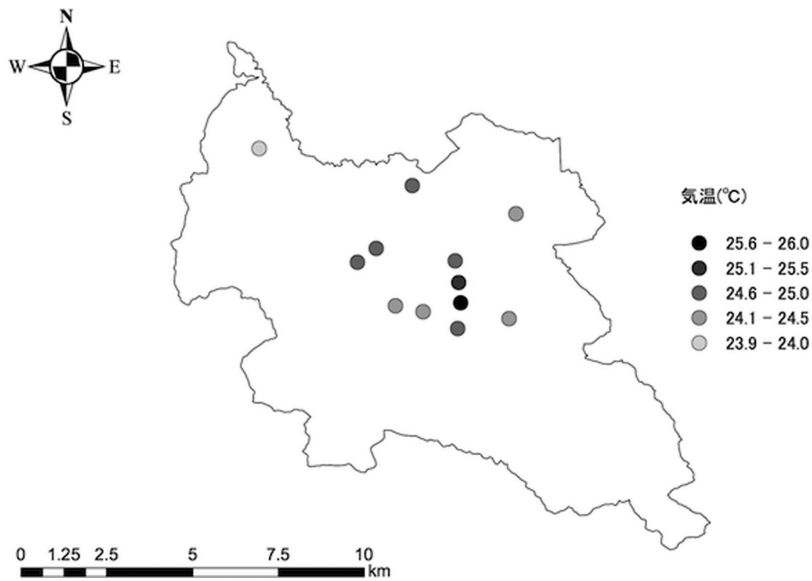
各観測点における日最高気温35°C以上の日数（以下、猛暑日数）と日最低気温25°C以上の日数（以下、熱帯夜数）を第2表にまとめる。夜間、盆地では放射冷却と斜面下降流の移流・堆積により、盆地底に冷氣層が形成される（Kondo *et al.* 1989）。従って、盆地底は夜から早朝にかけ山腹部よりも低温になりやすい（吉野 1986）。しかし、熱帯夜数について、多治見駅前（25日）と精華小（17日）が他地点と比べて顕著に多いことが示された。その一方、例えば標高の比較的高い南姫中学校では、わずか3日しか記録されていなかった。月平均気温分布（第2図）と同様に市街地中

第2表 各気温観測点における8月の月平均気温と5時平均気温、日最高気温35°C以上の日数（猛暑日数）、日最低気温25°C以上の日数（熱帯夜数）。括弧内の数字は、多治見駅前の標高を基準に高度補正をした時の値。

番号	観測地点名	標高 (m)	8月平均気温 (°C)	8月5時平均気温 (°C)	猛暑日数	熱帯夜数
①	南姫中学校	160	27.8(28.2)	23.9(24.4)	3(3)	3(5)
②	北栄小学校	193	28.4(29.0)	24.6(25.2)	5(5)	6(10)
③	共栄小学校	159	28.5(28.9)	24.4(24.8)	8(8)	5(11)
④	小泉公園	117	29.0(29.2)	24.6(24.8)	16(18)	8(8)
⑤	小泉中学校	131	28.8(29.0)	24.7(25.0)	9(9)	9(12)
⑥	陶都中学校	106	29.0(29.1)	24.6(24.7)	14(14)	7(10)
⑦	精華小学校	98	29.2(29.3)	25.4(25.4)	13(13)	17(17)
⑧	池田小学校	126	28.6(28.8)	24.4(24.6)	12(12)	5(8)
⑨	太平公園	94	28.7(28.6)	24.4(24.4)	13(13)	10(9)
⑩	多治見駅前	95	29.9	25.8	15	25
⑪	昭和小学校	95	28.8(28.8)	24.6(24.6)	12(12)	9(9)
⑫	養正小学校	123	28.6(28.8)	24.3(24.5)	12(12)	5(6)
⑭	春見公園	26	29.8(29.4)	25.9(25.4)	16(16)	23(18)

心部の気温の高い様子は、最低気温の現れやすい朝5時における平均気温分布でも確認された（第3図）。多治見駅前や精華小といった盆地底で、朝の気温が下がりにくいことは高度補正をしても変わらない（第2表）。従って、朝の気温分布の形成要因の1つとして、ヒートアイランド現象が考えられる。例えば、多摩川盆地帯の中に位置する立川や府中においてヒートアイランド現象が確認された例がある（Yamashita *et al.* 1986）。この他にも、メキシコ盆地を対象とした数値シミュレーションの例もある（Jazcilevich *et al.* 2000; Cui and de Foy 2012）。Jazcilevich *et al.* (2000) は過去と現在の土地利用における気温分布を比較して、極端な水域の減少が盆地内のヒートアイランド現象を進行させたことを示している。多治見においても、水田作付面積の減少が著しく、2010年の作付面積は1960年の25%程度にまで減少している（吉田 2013）。このように、少なくとも多治見市の日最低気温の形成に都市化が影響を及ぼしていると推察される。

朝の気温に対して、猛暑日数は小泉公園（16日）や多治見駅前（15日）で多く、ほとんどの地点で10日以上を記録した。標高の比較的高い地点（130 m以上）では、猛暑日数が10日未満であり、例えば南姫中学校（標高160 m）では3日しか記録されなかった。猛暑日数と標高には高い負の相関関係があり（ $R^2 = 0.67$ ）、盆地底ほど猛暑日が記録されやすいことが示された。各地点の猛暑日数は、高度補正をしてもほとんど変わらず、日数と標高の相関関係もほとんど変わらなかった（ $R^2 = 0.60$ ）。高度補正の如何にかかわらず、盆地底と山間部の間で猛暑日数の差が示された。この結果の要因としても、多治見市の都市化が考えられる。但し、春見公園の気温も高いことから、多治見市・春日井市を含む東濃地域全体が暑いことも予想される。また、盆地による地形の影響も考えられるが、多治見市を囲む山の高さは



第3図 多治見市の朝5時における月平均気温の空間分布。

300~500 m と比較的低い。盆地を囲む山地が低い場合、盆地内外の気温差に起因した気圧差によって、平野部の大気が尾根をつたって盆地に流れ込むことがある (Kimura and Kuwagata 1993)。以上のように、多治見市における日最高気温の形成には諸説考えられ、今回の観測結果のみで断定することは難しい。今後、多治見市における最高気温形成メカニズムについて更なる調査が望まれる。

4. まとめ

日本国内で夏季の高温が著しい地域の1つである岐阜県多治見市の気温分布を調査するため、2010年8月に同市と愛知県春日井市に計15台の気温計を設置した。主な結果は以下の2点である。

- (1) 月平均気温の空間分布から、多治見市の中心部ほど気温が高く、比較的標高の高い郊外では気温の低い様子が示された。この傾向は日最低気温が記録されやすい朝5時の気温分布でも同様に確認された。
- (2) 盆地底の市街地は、日最高気温35°C以上の日数(猛暑日数)も日最低気温25°C以上の日数(熱帯夜数)も比較的多かった。市街地と郊外の差は、熱帯夜数の方がより明瞭に現れた。これらの結果から、多治見市の日最低気温の形成に少なからず多治見市の都市化が影響を及ぼしていることが考察された。多治見市は国内でも夏季の高温が著しい地域の1つ

である。多治見市の日最高気温の形成には諸説考えられ、本研究の観測結果だけで断定することは難しい。但し、夏季における多治見市の気温空間分布が示された例はほとんどないことから、本研究の結果が今後の多治見市の高温形成メカニズムに関する研究の参考となることが期待される。本研究による調査では、多治見市内の公園で観測された気温が裸地面上の気温と比べて高温であった要因や、春日井市と多治見市の気温差が生じる要因について深く言及できなかった。これらの要因解明も含めて、多

治見市の高温の更なる実態把握のために、今後も中長期的な観測網が敷かれることが必要であろう。

謝辞

本研究は、文部科学省「気候変動適応推進プログラム (RECCA)」の支援により実施された。本観測は、筑波大学計算科学研究センターと岐阜県多治見市の連携協定の下、実施された。

参考文献

- Chang, C.R., M.H. Li and S.D. Chang, 2007: A preliminary study on the local cool-island intensity of Taipei city parks. *Landsc. Urban Plan.*, **80**, 386-395.
- Cui, Y.Y. and B. de Foy, 2012: Seasonal variations of the urban heat island at the surface and the near-surface and reductions due to urban vegetation in Mexico City. *J. Appl. Meteor. Climatol.*, **51**, 855-868.
- 藤部文昭, 2004: 日本における近年の著しい夏季高温の発生状況. *地理学評論*, **77**, 119-132.
- Fujibe, F., 2009: Detection of urban warming in recent temperature trends in Japan. *Int. J. Climatol.*, **29**, 1811-1822.
- Herb, W.R., B. Janke, O. Mohseni and H.G. Stefan, 2008: Ground surface temperature simulation for different land covers. *J. Hydrol.*, **356**, 327-343.
- Jazcilevich, A., V. Fuentes, E. Jauregui and E. Luna,

- 2000: Simulated urban climate response to historical land use modification in the Basin of México. *Clim. Change*, **44**, 515-536.
- Kimura, F. and T. Kuwagata, 1993: Thermally induced wind passing from plain to basin over a mountain range. *J. Appl. Meteor.*, **32**, 1538-1547.
- 気象庁, 2010: 夏(6~8月)の天候. <http://www.jma.go.jp/jma/press/1009/01c/tenko100608.html> (2013.5.1閲覧).
- 鬼頭博尚, 1986: 岐阜の夏季の高温について. *東京管区地方気象研究会誌*, (19), 227-228.
- 近藤純正, 2012: 日本の都市における熱汚染量の経年変化. *気象研究ノート*, (224), 25-56.
- Kondo, J., T. Kuwagata and S. Haginoya, 1989: Heat budget analysis of nocturnal cooling and daytime heating in a basin. *J. Atmos. Sci.*, **46**, 2917-2933.
- 丸田頼一, 1972: 公園緑地の都市自然環境におよぼす影響. *都市計画*, **69-70**, 49-77.
- 大和田道雄, 松岡翔太郎, 恩田佳代子, 2010: 岐阜県多治見市における猛暑要因. *日本地理学会発表要旨集*, (77), 90.
- Oke, T. R., 1973: City size and the urban heat island. *Atmos. Environ.*, **7**, 769-779.
- 酒井 敏, 梅谷和弘, 飯澤 功, 伊藤 文, 小野耕作, 矢島 新, 飴村尚起, 森永修司, 2009: 都市熱環境観測システムの開発研究. *天気*, **56**, 337-351.
- Spronken-Smith, R. A. and T. R. Oke, 1998: The thermal regime of urban parks in two cities with different summer climates. *Int. J. Remote Sens.*, **19**, 2085-2104.
- 杉本荘一, 近藤純正, 1994: 仙台市におけるヒートアイランドと各種地表面温度の日変化の観測. *天気*, **41**, 541-544.
- 高根雄也, 日下博幸, 高木美彩, 岡田 牧, 阿部紫織, 永井 徹, 富士友紀乃, 飯塚 悟, 2013: 岐阜県多治見市における夏季晴天日の暑熱環境の実態調査と領域気象モデル WRF を用いた予測実験—物理モデルと水平解像度に伴う予測結果の不確実性の検討—. *地理学評論*, **86**, 14-37.
- Yaglou, C. P. and C. D. Minard, 1957: Control of heat casualties at military training centers. *Amer. Med. Assoc. Arch. Ind. Health*, **16**, 304-314.
- Yamashita, S., K. Sekine, M. Shoda, K. Yamashita and Y. Hara, 1986: On relationships between heat island and sky view factor in the cities of Tama River basin, Japan. *Atmos. Environ.*, **20**, 681-686.
- 安井春雄, 1966: 名古屋の酷暑について. *天気*, **13**, 59-65.
- 由比栄造, 1988: 岐阜の高温特性について. *東管技術ニュース*, (91), 65-68.
- 吉田信夫, 2013: 奨励賞を受賞して—多治見の盛夏期における異常高温の出現特性に関する調査研究—. *天気*, **60**, 65-67.
- 吉村 香, 1995: 太平洋高気圧時の山越え効果による昇温について. *東京管区地方気象研究会誌*, (28), 253-254.
- 吉野正敏, 1986: 新版小気候. 地人書館, 298pp.

Distribution of Air Temperature in Tajimi City in Summer

Maki OKADA*¹, Hiroyuki KUSAKA*², Midori TAKAKI*³, Shiori ABE*⁴,
Yuya TAKANE*⁵, Yukino FUJI*⁶ and Toru NAGAI*⁶

*¹ (Corresponding author) Graduate School of Life and Environmental Science, University of Tsukuba, 1-1-1 Tennodai, Tsukuba, Ibaraki, 305-8572, Japan.

*² Center for Computational Sciences, University of Tsukuba.

*³ Graduate School of Life and Environmental Science, University of Tsukuba (Present affiliation: Environmental Planning Bureau, Yokohama City Government).

*⁴ College of Geoscience, School of Life and Environmental Sciences, University of Tsukuba (Present affiliation: Daiichi Kogyo Co.,Ltd.).

*⁵ The National Institute of Advanced Industrial Science and Technology.

*⁶ Environmental Division, Tajimi City Government.

(Received 16 May 2013; Accepted 25 October 2013)

Abstract

To research the distribution of air temperature in the city of Tajimi, Gifu prefecture, a total of 15 thermometers were placed at the schools and parks in the city of Tajimi, and the city of Kasugai, Aichi prefecture in August 2010. From the distribution of monthly average air temperature, air temperature at the center of Tajimi city was higher than the suburbs. Also, the days of daily minimum air temperature more than or equal to 25°C and daily maximum air temperature more than or equal to 35°C at the elementary school near the center of Tajimi city was more than those at other schools. This tendency appeared more clearly on the days of daily minimum air temperature more than or equal to 25°C. Also, the air temperature near the center of the city was higher than that of the suburbs in the early morning. Thus, it was indicated that the air temperature was hard to decrease as the bottom of the basin. From these results, the influence of urbanization to the formation of the daily minimum temperature in Tajimi city was indicated.
