

成蹊気象観測所発祥の地における気象庁検定機器による再観測

宮下 敦*・財城 真寿美*

要 旨

SDGs のターゲット 13「気候変動に具体的対策を」を実現するためには、長期的な気温変化の測定について、正しい理解をする必要がある。成蹊学園所属の成蹊気象観測所では約 100 年にわたって、学内の気温を正確に測定してきている。この間で、学内での観測場所の移動によって継続性が保たれているかどうかを検証するために、100 年前の観測点と現在の観測点において、気象庁検定機器を用い、2022 年 1 年間に 10 分間隔で測定された気温データを分析した。両観測点のデータ間の相関や差、その原因を調べ、成蹊学園の気温観測が連続したデータとして扱えることを明らかにした。

キーワード：成蹊気象観測所，気象観測，気温測定，データ連結

I はじめに

SDGs のターゲット 13「気候変動に具体的対策を」では、長期的な気温の変化が社会に与える影響を正確に把握し、社会や個人が対策を考えることが重要である。地球温暖化や都市気候変化のモニターには、長期にわたる気象観測データが必要になる。このデータを SDGs に生かすためには、気象観測データが意味するものを、市民に理解してもらえる形で、広く公表していく必要がある。

成蹊学園では、武蔵野市に校地を得てから、2023 年まで 98 年間、気象庁の観測方法に準拠する形で、学校気象観測データを蓄積し、中学生や高校生の教材として活用するとともに（宮下・山崎, 2022）、これを一般に公表してきている（宮下, 2018）。この間、第二次世界大戦後の学校制度の変化や、その後の校舎建て替えなどにより、気象観測場所を校地内で移転している。移転に際しては、移転前と移転後の場所で、気象庁検定機器を

用いて並行観測をして、移転による影響が無視できることを確認し、観測データの連結を行ってきている。このことにより、約 100 年間の気象観測データの変化から、都市気候や地球環境の変動を読み取ることができる。

本稿では、約 100 年前の最初の観測場所に気象庁検定機器を設置し、現在の成蹊気象観測所のデータとの比較を試みる。1 つの気象観測所で約 100 年をおいて観測位置の変化を検証した例は、管見では見出すことができなかった。本報告では、長期的な気象観測データ変化についての評価の一例を示すことを目的とする。

II 成蹊気象観測所について

成蹊学園サステナビリティ教育研究センター所属の成蹊気象観測所は、成蹊学園が吉祥寺に七年制旧制高等学校を開校した際に、物理学科担当の加藤藤吉先生が「本物の観測装置を用いた測定により、根気強く自然のしくみを知ること」を学ぶために始めた気象観測が発展したものである。加

*成蹊学園サステナビリティ教育研究センター

藤先生が設計された理化館（成蹊学園では「理科」ではなく「理化」を用いる）は、現在の成蹊大学情報図書館の位置にあり、露場（気象観測のための施設）は、この理化館の南側に設置された（図1）。観測野帳として記録が残っているのは1925（大正14）年であり、観測記録を年報として公表を始めたのが1926（昭和元）年からになる。

成蹊気象観測所の気象観測は、第二次世界大戦後も、戦前からの場所で観測が続けられていたが、1962（昭和57）年に成蹊中学・高等学校が現在の場所（校地北東方向の陸上競技／ラグビー等協議場グラウンド＝けやきグラウンドの西側）にある新校舎に移ったときに、気象観測所の露場も中学・高等学校の敷地内に移転した。移転直後の露場は、中学校校舎と林苑の間の中学前庭に置かれた（図1）。最初の露場から約600m北側に移転したことになる。並行観測の結果、この移動によって観測値は大きく変化しなかった。しかし中学校校舎の前庭でスポーツをしている生徒たちの影響（バレーボールが露場に入ってしまうなど）が大きく、1986（昭和61）年に、特別教室棟の家庭科室南側に再度移転して現在に至っている（図1）。この移動は、西北西方向に約100m程度の距離であったが、南側に雑木林（林苑）があって日照が遮られた。ただ、露場で観測していた気温・湿度などは並行観測の結果で影響は認められず、風向風速計や日照計は気象観測所観測室のある理科棟屋上に、気圧計は観測室内にあって観測環境は変わらなかった。また、1994年からは、従来のアナログ機器による気象観測に加えて、デジタル式自動気象観測装置（大田計器㈱ OTAC-2000）を導入し、1999年から正式観測データとして公表してきている。この移行では、アナログ機器記録からデジタル機器記録に切り替えて、データ集計や年報編集方法などを新しくするために、5年ほどかかった。逆に、両データの比較は十分な時間をとって検討でき、デジタル記録の集計方法をアナログ記録のものに合わせたこともあって、観測方法の変更はデータの連続性に影響は与えなかった。

このように、気象観測露場を移転したり、観測

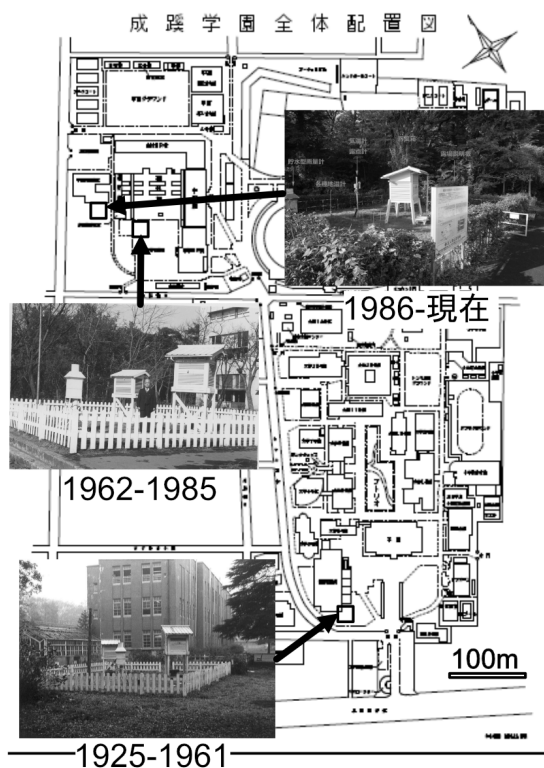


図1 成蹊気象観測所の露場位置の変遷

装置の仕様を大幅に変更したりする場合には、旧露場と新露場あるいは旧装置と新装置を1年程度の間で並行して測定して、変更が原因となった観測データのずれを検証する。旧データと新データを比較し、差異が認められた場合には、データを接続するための補正作業を行うことになる。また、大きな変化がなく移設できれば、そのまま観測データを継承する。成蹊気象観測所でも、発祥の地から現敷地への移転時や、アナログ観測装置をデジタル化した際には、並行観測をしてデータの接続が可能かどうか検証を行ってきた。

Ⅲ 旧露場位置における再観測

Ⅱで示したように、慎重な検討を経て観測場所を移動しているが、旧露場は並行観測が終わると取り壊してしまうので、長い期間を経た後で、元々



図2 成蹊大学情報図書館横のPOTEKA設置の状況
ほぼ最初の気象観測露場の置かれた場所に設置してある。

の場所での観測データがどうなったか検証した先行研究はほとんどない。

成蹊学園サステナビリティ教育研究センターの設置と成蹊学園のユネスコスクール認定を記念して、2021年6月に、旧理化館の跡地付近（情報図書館の南）に明星電気㈱製の自動気象観測装置「POTEKA」が設置され、最初の観測露場に近い場所での気象観測が再開された（図2）。POTEKAはPOint TEnki KAnsokuの頭文字をとった命名である。気象観測は成蹊学園の理化教育の原点であるため、その発祥の地に記念施設を置き、併せて教育施設としての実用面にも役立てるのが設置の目的であった。この実用面の中には、この地点を原点として、気温測定装置を多点展開して、学内の気温分布の詳細や、吉祥寺周辺のヒートアイランド現象の観測をする将来計画も含まれている。

今回、旧露場で改めて気象観測を再開することで、約100年を経て旧露場付近での気象観測データがどう変化しているか、変化しているとすれば原因は何か、を調べることができる。



図3 おんどり (TR52i) の設置状況
センサー部分は自然通風式シェルター内に入っている。

ただ、観測装置のそばにビルや高い樹木などがあると、風がさえぎられたり、枝葉から雨量計に落ちる雨粒などより、観測データが影響を受けたりするので、前述の広さなどの条件の他に、それらのものから露場を一定距離離すという条件もある。2023年3月までのPOTEKA設置場所は、学内工事の関係で、情報図書館のすぐそばであったため、風向風速や雨量は正しく測定されていない可能性も否定できないため、本稿での分析は気温データに限ることにした。

また、情報図書館前の芝地では、POTEKAとは別に、簡易通風シェルターと小型気温ロガー（T&D社のおんどり：TR52i）による気温測定を行っている（図3）。これは、従来は、大学校舎の冷暖房を効率的に運用するための情報を得るのが目的であったが、POTEKAの気温データと比較して、両者の気温測定データの互換性を確認し、気温の多点観測のための基礎資料として利用することにした。

IV 気象観測データについて

POTEKA は、超高密度気象観測・情報提供サービスを銘打っており、場所によっては AMeDAS よりも稠密な観測点網になっている地域もある。センサー部は、POTEKA 本体から約 1.5m の自然通風シェルター内に設置されている。POTEKA 気温センサーの詳細は公開されていないが、計測レンジ $-50.0 \sim +50.0^{\circ}\text{C}$ 、測定分解能 0.1°C 、 $-10^{\circ}\text{C} \sim +50^{\circ}\text{C}$ の範囲での誤差は $\pm 0.3^{\circ}\text{C}$ とされている。気温センサーも含め、観測装置は気象庁検定を受けている。

成蹊気象観測所のデータロガーは、気象情報通信(株)・(株)大田計器製の AWS で、白金抵抗温度計の気温センサー (OW-1-1) は、地上高 1.5 m の強制通風シェルター中に設置されており、計測レンジ $-40.0 \sim +60.0^{\circ}\text{C}$ 、誤差は $\pm (0.15+0.002t)^{\circ}\text{C}$ である (t は指示温度)。こちらも、気温センサーも含め、観測装置は気象庁検定を受けている。

「おんどとり」(T&D 社製 TR52i) は、POTEKA とほぼ同じ地点の芝地で、地上高約 1 m の自然通風型シェルター中に設置してあり、気温センサー

はサーミスタで、計測レンジ $-40.0 \sim +80.0^{\circ}\text{C}$ 、測定分解能 0.1°C 、 $-20^{\circ}\text{C} \sim +80^{\circ}\text{C}$ の範囲での誤差は平均 $\pm 0.3^{\circ}\text{C}$ とされている。おんどとりについては、気象庁検定を受けていない測器である。このため、おんどとりで測定した気温を、AMeDAS データなどと比較する場合には、気象庁検定機器との間で比較校正を行う必要がある。

V 気温データの比較

2022 年 1 年間で観測した気温データについて、各観測装置間の示度を比較した。データサンプリング密度も各観測装置で異なるが、おんどとりデータの取り出しで設定されていた時間間隔が 10 分間であったので、成蹊気象観測所および POTEKA データも 10 分毎のものを出力して用いた。以下では、POTEKA 観測装置で測定した気温を POTEKA 気温、成蹊気象観測所で測定した気温を成蹊気象観測所気温、および、おんどとり (TR52i) で測定した気温をおんどとり気温と略称することにする。

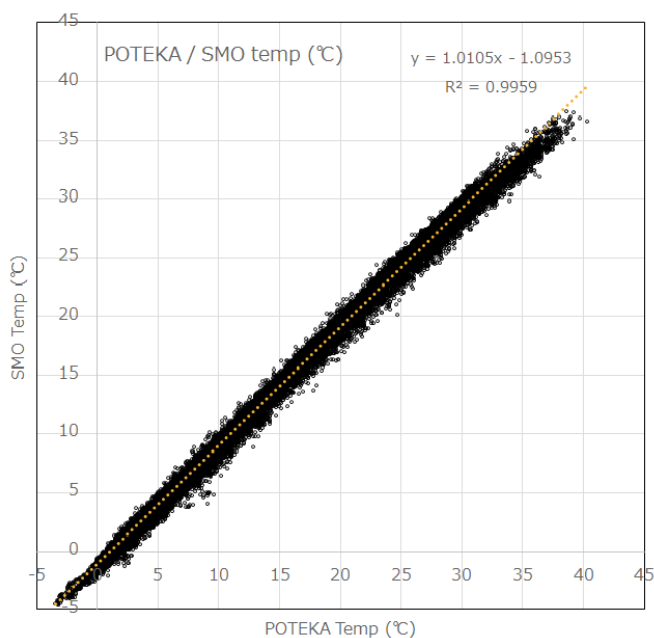


図4 POTEKA で測定した気温と成蹊気象観測所 (SMO) で測定した気温の比較

1. 成蹊気象観測所 - POTEKA の比較

POTEKA 気温を横軸に、成蹊気象観測所気温を縦軸にとった散布図を図 4 に示す。回帰直線の傾斜が 1.011 と 1 に近く、 R^2 値が 0.996 であることは、両者がよい相関を持つことを示している。一方、回帰式が負の y 切片を持つことは、成蹊気象観測所気温の方が、POTEKA 気温に比して約 1.1°C 気温が低めに出る傾向があることを意味している。この差については、成蹊気象観測所の気温センサーが強制通風式シェルター中に設置してあるのに対し、POTEKA やおんどりは自然通風型シェルター中に気温センサーが設置してあることによると考えられる。通風シェルターが強制通風か自然通風か、あるいは、その形状と材質の違いによって、気温データには差がでることが分かっている（気象測器検定試験センター，2013）。特に、自然通風式については、日射による影響によって最大 +3.9°C、夜間の気温急変時における放射冷却による応答速度の差によって -3.4°C の差が生じる（気象測器検定試験センター，2013）。成蹊気象観測所気温と POTEKA 気温間の 1°C の気温差は、通風方式の違いでほぼ説明できると

考えられる。また、成蹊気象観測所気温については、特に夏季に南側に隣接する雑木林（林苑）の冷気湖効果の影響があることが分かっており（宮下，2013）、緑地に隣接していない POTEKA 気温やおんどり気温との気温差は、夏季に大きくなる可能性がある。

2. おんどり - POTEKA

POTEKA 気温を横軸に、おんどり気温を縦軸にとった散布図を図 5 に示す。回帰直線の傾斜が 0.993 と 1 に極めて近く、 R^2 値が 0.998 であることは、両者がよい相関を持つことを示している。また、y 切片は -0.19°C と、両者の気温センサー特性の誤差範囲に入っている。POTEKA 気温は気象庁検定機器で、おんどりは気象庁検定を受けていない機器であるが、ほぼ同じ場所で測定をしている 2 つの気温は、大きな補正なく直接に比較することができる。

しかし、細かくみると、両者に差がある場合がある。図 6(a) は 2022 年で最も低い最低温度を示した 1 月 7 日の、図 6(b) は 2022 年で最も高い最高気温を示した 8 月 2 日の、それぞれの観測装置

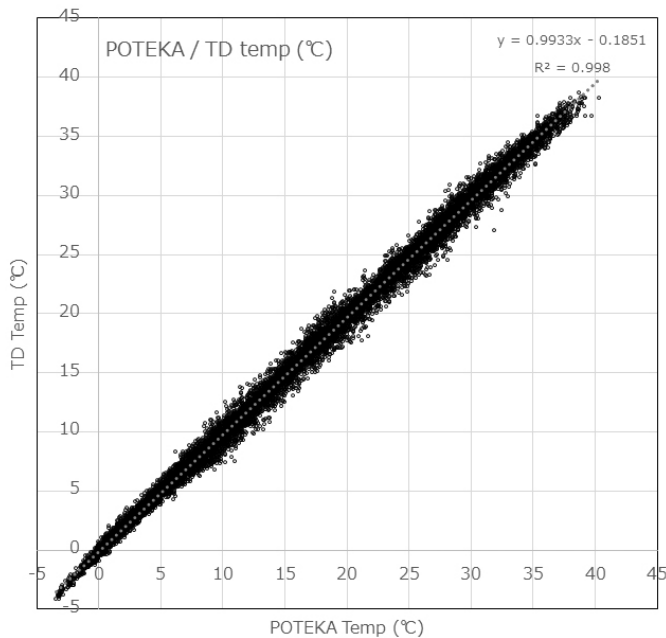


図 5 POTEKA で測定した気温とおんどり (TD) で測定した気温の比較

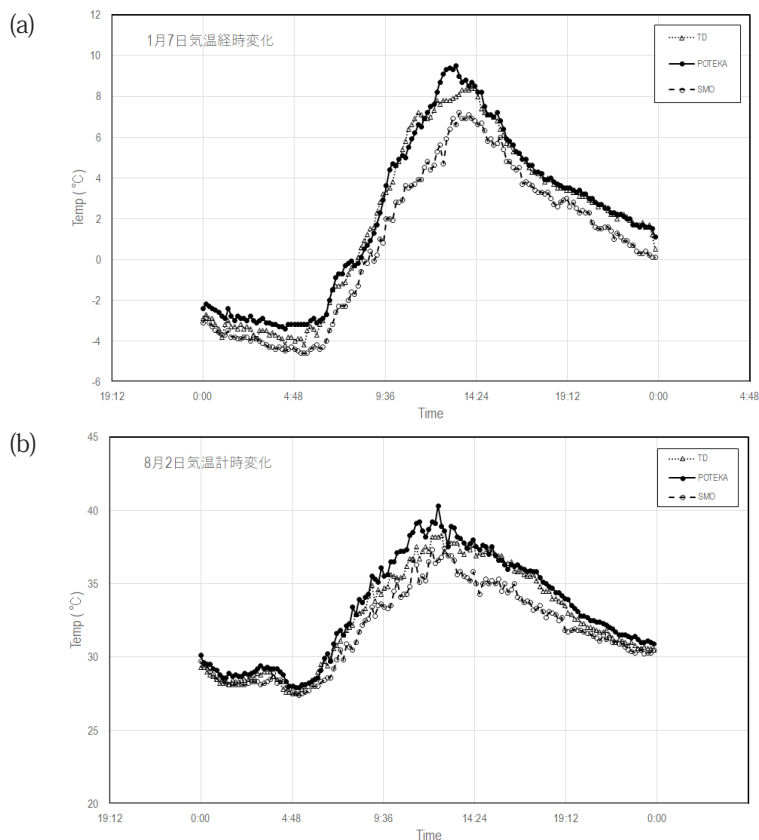


図6 POTEKA, 成蹊気象観測所 (SMO), おんどとり (TD) で観測した気温の経時変化

(a) 2023年1月7日の気温変化. この日に2022年の日最低気温低極を観測した. ; (b) 2022年8月2日の気温変化. この日に2022年の日最高気温の高極を記録した.

における時系列変化を示したものである. グラフの縦軸のスパンが違うことには注意を要する. 1で見たように, 成蹊気象観測所気温が, POTEKA 気温およびおんどとり気温よりも1°C程度低く出ているところは同じである. しかし, 最高気温の出た時刻付近で POTEKA 気温の方がおんどとり気温よりも高く出る傾向が (a) (b) のどちらでも見られる. 近い場所で, 同じ自然通風式シェルター中での測定であるので, この差は, それ以外の原因を考えなくてはならない.

この原因をさぐるために, おんどとり設置場所

が学内工事による影響を受けないことが分かったことを期に, 2023年3月28日に POTEKA 全体をおんどとり設置場所に移動し, 併せて, おんどとりを POTEKA シェルターのポールに同架した. また, 2023年4月21日には, 装置移動後のメンテナンスに併せて, 同じポール上で, POTEKA シェルターとおんどとり用シェルターの位置を180度入れ替えた. 後者の操作は, POTEKA 下部についている太陽電池パネルが測定される気温に影響を与えているか見るためである. まず, この設置環境の変更後, 最高気温が30°Cを超える日

でも、図6(b)で見えていたようなPOTEKA気温の方が高くなる現象は、同架することによって現れなくなった。また、POTEKAセンサーとおんどりの向きの入れ替えによって、両者の気温の差に変化はなかった。このことから考えて、図6のようにPOTEKA気温がおんどり気温に比べて高めになる現象は、移動前のPOTEKAが成蹊大学情報図書館建物に近接しており、その熱的影響を受けていたためと推定される。成蹊気象観測所気温とPOTEKA気温の差にも、観測環境による影響が含まれていると考えられる。成蹊大学情報図書館は、2006年6月に竣工しており、露場移転後の周辺環境の変化によって、成蹊気象観測所の最初の露場と現在の露場で、気象観測データに差が生じることを示している。

3. 成蹊気象観測所 - おんどり

おんどり気温を横軸に、成蹊気象観測所気温を縦軸にとった散布図を図7に示す。回帰直線の

傾斜が1.016と1に近く、 R^2 値が0.996であることは、両者がよい相関を持つことを示している。一方、回帰式が負のy切片を持つことは、成蹊気象観測所気温の方が、おんどり気温に比して約0.88℃気温が低めに出る傾向があることを意味している。この傾向は、POTEKA気温と成蹊観測所気温との差とほぼ同じであり、基本はシェルターの通風方式の差で説明することができる。このため、同じ強制通風式シェルターで観測を行えば、旧露場近くの芝地と現在の露場と間での気温差はなくなることが期待できる。

2で見たように、2022年のPOTEKA気温は隣接する情報図書館建物の影響を受けている。2023年に建物の影響を受けにくい場所に移動することができたことを受け、POTEKA気温と成蹊気象観測所気温の比較は、雨量などと併せて、2025年以降の通年観測終了後に改めて検討する必要がある。

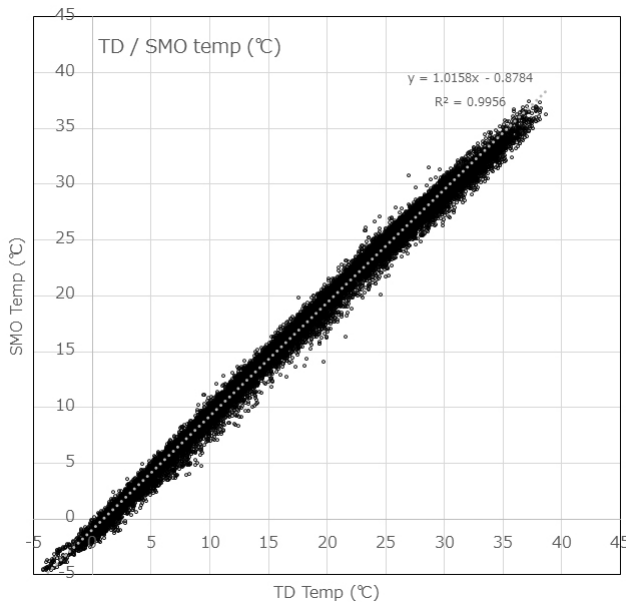


図7 おんどり(TD)で測定した気温と成蹊気象観測所(SMO)で測定した気温の比較

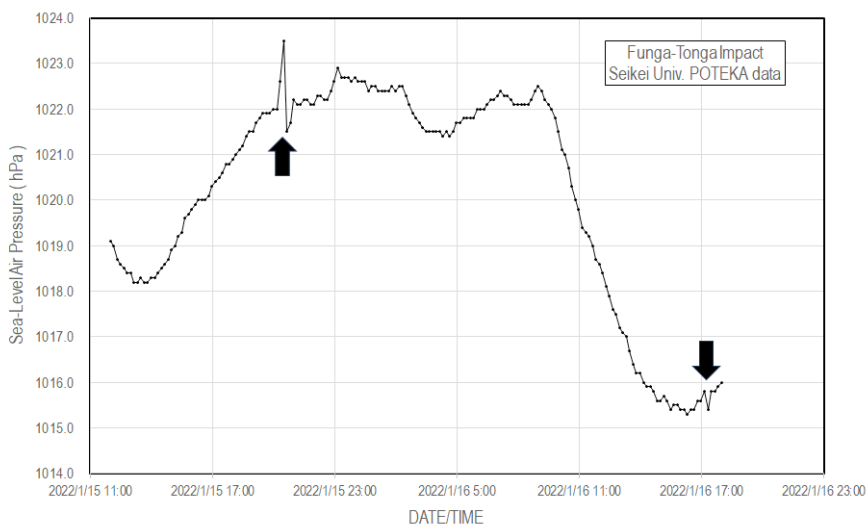


図8 POTEKAによる、フンガ・トンガ火山噴火時の2022年1月15日12時～1月16日18時までの気圧の時系列変化

VI おわりに

旧露場と現在の露場の双方に、気象庁検定機器を設置して気象観測を行った結果、同じ学内で700m程度の移動距離で観測場所を変更しても、移設の影響を最小限にする配慮を行えば、気象観測データの連続性は保たれていることが分かった。本稿では示さないが、日射や通風などの環境の影響をより受けにくい観測方法になっている気圧測定に関しては、成蹊気象観測所の気圧データとPOTEKAによる気圧データは完全に一致しており、気象庁検定機器の正確さも改めて確認ができた。これは、学校敷地内での移転で、露場の周辺環境が保ちやすい条件であったことに加えて、歴代の観測者が、露場や観測方法の変更時に、影響が最小になるように慎重に変更を実施したことによることが大きいと考えられる。

今回、IV-2で示したように、POTEKAと小型気温ロガーの気温データの比較により、同じ場所に設置すれば、両者は簡単な補正により直接比較できることを示すことができた。これにより、POTEKAを起点として、多数の小型気温ロガーを展開できれば、面的な気温分布とその経時変化

を測定することができる。将来的には、成蹊学園の基点として、武蔵野市内の詳細なヒートアイランド現象の状況を把握できる可能性がある。

また、POTEKAの利点は、スマートフォンアプリなどにより簡単に観測データにアクセスできるところにある。アプリに表示される要素には暑さ指数もあり、学校教職員らまた学生らがその数値を確認することで熱中症予防ができるなど、学校の安全管理に資することが容易である。

さらに、図8は、2022年1月15日に南太平洋のトンガで噴火したフンガ・トンガ噴火による衝撃波に起因する2 hPa程度の気圧変化をとらえたものである。遠方で起きた火山噴火が、身近なところに影響することを示すことができる。同様な気圧変動として、台風通過時のプレッシャー・デップの観測なども挙げることができ、POTEKAデータを理科教材として活用ができる一例になっていると考えられる。

本研究にあたって、成蹊気象観測所所長の三上岳彦先生には、POTEKAやおんどり観測データの違いと、太陽電池パネルの影響についてご指摘を頂いた。Southern Illinois University EdwardsvilleのMichael GROSSMAN 名誉教授には、英文要旨を添削して頂き、また原稿について貴重なご意見を賜った。また、成蹊気象観測所サポートスタッフの染谷有紀氏には、観測所データの取り出しにご協力いただいた。成蹊学園サステナビリティ教育研究センターの関係者の方や明星電気㈱の担当者の方たちにはPOTEKAの運用に関して種々のご協力を頂いた。記して感謝申し上げます。

文 献

- 気象測器検定試験センター (2013): 気温観測用通風筒の特性調査. 『測候時報』80 : pp. 15-32.
- 宮下 敦 (2013): 成蹊中高「林園」の夏季冷気湖効果観測. 『成蹊論叢』49: pp. 247-252 .
- 宮下 敦 (2018): 成蹊気象観測所の歴史. 『成蹊学園史料館年報』2018年度版 : pp. 116-144.
- 宮下 敦・山崎 悠 (2022): 成蹊中学高等学校の気象教育—学校気象観測所を中心として—. 『気象研究ノート』(245) : pp. 39-44.

Meteorological Data Acquisition at the Original Location of the Seikei Meteorological Observatory

Atsushi MIYASHITA* and Masumi ZAIKI*

Abstract

In order to achieve Target 13 of the SDGs “Take urgent action to combat climate change and its impacts.”, it is necessary to have a correct understanding of how to measure long-term temperature changes. For about 100 years, the Seikei Meteorological Observatory has been measuring the temperature on the campus of the Seikei Family of schools. To verify the continuity of these data, parallel temperature measurements were taken at the original location and at the present observation location in 2022 at 10 minute time intervals using registered verification equipment from the Japan Meteorological Agency. Scatter plots and correlation coefficients were used to examine the consistency and the degree of difference between the respective data. As a result, annual temperature data at the Seikei Meteorological Observatory were found to be valid for continuity.

Keywords: Seikei Meteorological Observatory, Meteorological Observations, Temperature measurement, Data Linkage

* Seikei Education and Research Center for Sustainable Development