

法政大学多摩キャンパスにおける森林の気象緩和作用：最暖月と最寒月の気温特性からの検討

MARIKO, Shigeru / MARIKO, Noriko / ITOGA, Ippei / OYAKE, Shun / 糸賀, 一平 / 鞠子, 典子 / 鞠子, 茂 / 小宅, 駿

(出版者 / Publisher)

法政大学多摩研究報告編集委員会

(雑誌名 / Journal or Publication Title)

法政大学多摩研究報告 / Bulletin of Hosei University of Tama

(巻 / Volume)

29

(開始ページ / Start Page)

1

(終了ページ / End Page)

8

(発行年 / Year)

2014-05-30

(URL)

<https://doi.org/10.15002/00010287>

法政大学多摩キャンパスにおける森林の気象緩和作用 ～最暖月と最寒月の気温特性からの検討～

鞠子 茂¹⁾・小宅 駿²⁾・糸賀一平²⁾・鞠子典子³⁾

Considerations on weather regulatory function of Hosei University's Tama campus forest,
based on air temperature characteristics in the warmest and coldest months

Shigeru MARIKO, Shun OYAKE, Ippei ITOGA and Noriko MARIKO

I はじめに

法政大学多摩キャンパス（町田市相原町）は多摩丘陵の西端部に位置する典型的な郊外型キャンパスである。キャンパス内には東京ドーム10個分に相当する森林が広がっており、キャンパスを利用する教職員と学生に対して多様な生態系サービスを与えている。森林生態系は、その基本的機能である土壌形成、栄養塩循環、一次生産などの「基盤的サービス」に支えられて、「資源供給サービス」、「調整的サービス」、「文化的サービス」を提供している（前崎，1976；山下ら，2013）。資源供給サービスとは食料、水、木材、繊維、燃料などの生産・提供、調整的サービスとは気候や災害などの調節、文化的サービスとはレクリエーションなどの精神的・文化的利益を指す。こうした生態系サービスの恩恵を評価することは、郊外型キャンパスが抱える諸問題を検討・改善したり、その存在価値をアピールしたりする上で大変重要である。

多摩キャンパスの森林生態系が私たちにもたらす恩恵にはどんなものがあるであろうか。現在の森林の管理状況を踏まえて言えば、資源供給サービス以外の基盤的、調整的、文化的サービスによる恩恵が大きいものと考えられる。炭素循環機能や生物多様

性などの基盤的サービスについては、著者らがいくつかの科学的知見を報告してきたところである（池田ら，2009；小宅ら，2011；小川ら，2012）。一方、多摩キャンパスの森林が私たちに有形無形の調整的サービスや文化的サービスを与えていることは実感として認め得るところであるが、その根拠となる科学的あるいは社会学的な知見を得るための調査はほとんど行われてこなかった。本論文では、多摩キャンパスの森林生態系による調整的・文化的サービスについて理解を深めるために有用な基本的知見を提供することを目的としている。

多層な垂直構造をもつ森林は、樹木の生理生態の季節の変化などにより周囲の温度環境を調節する機能をもっている。たとえば、植物の蒸散作用は潜熱輸送を活発にして昇温を防止する効果をもっている。その効果を利用したのが壁面緑化や屋上緑化であり、地球温暖化や都市部でのヒートアイランドなどの昇温問題に対する有効な適応策となっている（川島，1986）。一方、森林の平均的なアルベドはアスファルトで舗装された道路並みの10%程度であることから、森林は陸域最大の日射吸収体でもある（Campbell and Norman, 1998）。森林の昇温防止機能および貯熱機能による温度環境の調節は気象緩和機能と呼ばれ、調

1) 法政大学社会学部

2) 法政大学社会学部学生

3) 早稲田大学理工学研究所

整的サービスの1つである。発達した階層構造をもつ多摩キャンパスの森林でも気象緩和機能は働いているものと推察される。

著者らは多摩キャンパスにおける気温を含む幾つかの気象要素について数年間にわたって断続的な観測を行ってきた。その結果、観測された気温データに基づいて、多摩キャンパス林の気象緩和機能について定量的に評価することが可能となってきた。気象緩和機能の効果は最暖月と最寒月においてより顕著に現れると期待される。そこで、本論文では、最暖月と最寒月における気温データを多摩キャンパスと周辺の気象観測所と比較することにより、多摩キャンパスの気温特性を明らかにした上で、森林による気象緩和機能の恩恵について考察する。

II 方法

法政大学多摩キャンパスから北北東へ6 km離れたアメダス八王子観測所において観測された月平均気温の平年値から、法政大学多摩キャンパスにおける最暖月と最寒月はそれぞれ8月と1月であると推定された(気象庁HP, 表1参照)。そこで、2010年8月、2011年1月、2011年8月、2012年1月に多摩キャンパス内の2地点における気温を観測・記録することとした。ただし、2011年8月の観測データは、すでに小宅ら(2011)が報告済みであるので、ここでは

引用データとして扱う(表1)。また、観測機器の不具合により、最暖月の気温データには10日間前後の欠測がある。観測できた期間は、2010年においては8月11日～31日、2011年においては8月9日～31日であった。

気温の観測にはデータロガー付小型温度計(TidBit, Onset社)を用いた。温度計の設置場所は研究実験棟(12号館)から東西に10mほど離れた2地点とした。西側の観測地点は駐車場と周回道路との中間付近に位置し、その両脇には樹高5m超のクスノキが植えられている。東側の観測地点は周回道路沿いの歩道から数mほど離れた場所である。両観測地点の地表面は芝がまばらに生育しているが、その隙間には苔の繁茂も見られた。その地面に長さ2m、直径2cmの支柱を埋め込み、温度計を地上1.5mの高さに設置した。設置した温度計に直射光が当たらないようにアルミホイルの傘で覆ったのち、1時間ごとの気温を測定・記録した。両観測地点で観測された気温の平均値を多摩キャンパスの気温とした。

本論文では、多摩キャンパスの気温特性を理解するために、キャンパスから最も近いアメダス八王子観測所の気温を比較対象とした。八王子の気温データは気象庁ホームページより比較可能な期間のデータセットをダウンロードした(観測地点の詳細については表1を参照)。ただし、最暖月である8月の気温を比較する際には、八王子の気温データは多摩キャン

表1 本論文で使われた気温データ(2010年8月、2011年1・8月、2012年1月)に関する観測地点情報と出典

観測地点	緯度	経度	標高 m	出典
法政大学 多摩キャンパス	35° 36' 55" N	139° 17' 42" E	216	2010年8月のデータ：小宅ら(2011) それ以外のデータ：本論文
アメダス八王子 気象観測所* ¹	35° 40' 00" N	139° 19' 00" E	123	気象庁ホームページ http://www.jma.go.jp/jma/menu/menureport.html
アメダス府中 気象観測所* ²	35° 41' 01" N	139° 29' 00" E	59	
東京管区気象台* ³	35° 41' 40" N	139° 45' 60" E	6	

*1：アメダス八王子気象観測所は法政大学多摩キャンパスの最寄りの気象観測所であり、キャンパスから北北東へ6.1 km離れている。

*2：アメダス府中気象観測所は法政大学小金井キャンパスの最寄りの気象観測所であり、キャンパスから南西へ4.6 km離れている。

*3：東京管区気象台は法政大学市ヶ谷キャンパスの最寄りの気象観測所であり、キャンパスから東南東へ2 km離れている。

ンパスの欠測期間を除いて集計することとした。したがって、本論文では、最暖月の気温に関する諸量は月単位の評価としては不十分であることをお断りしておく。さらに、日最高気温と日最低気温のデータを使って最暖月と最寒月における夏日、真夏日、猛暑日、熱帯夜、冬日、真冬日の日数を集計した。夏日は日最高気温が25℃以上の日、真夏日は日最高気温が30℃以上の日、猛暑日は日最高気温が35℃以上の日、熱帯夜は日最低気温が25℃以上の日、冬日は日最低気温が0℃未満の日、真冬日は日最高気温が0℃未満の日である。この集計には法政大学の3キャンパスを比較するために小金井キャンパスに近いアメダス府中気象観測所と市ヶ谷キャンパスに近い東京管区気象台の気温データの集計結果も含めることにした。

Ⅲ 結果および考察

図1は最暖月（2010年8月11日～31日、2011年8月9日～31日）と最寒月（2011年1月1日～31日、2012年1月1日～2012年1月31日）に観測された気温の1時間ごとの変化を示している。何れも、日変化が顕著にみられるが、ときどき変動幅が小さくなる期間が数日間続くことも観測された。一般に、1日の変動幅（日較差）が小さいのは、曇天や雨天の時に見られる現象である。また、2011年8月では、20日頃を境にして気温の顕著な低下が見られた。

図1のデータから多摩キャンパスの気温特性を理解するために、キャンパスから最も近いアメダス八王子気象観測所で観測された気温データと比較することは極めて有効である。ただし、八王子は多摩キャン

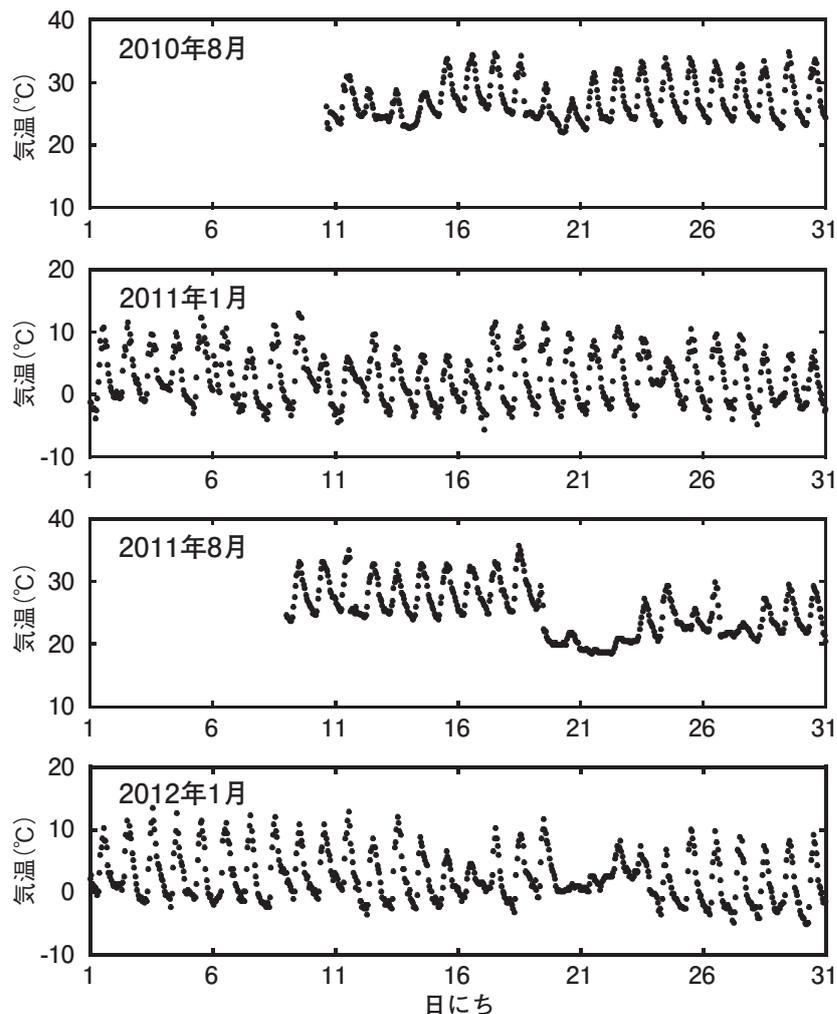


図1 法政大学多摩キャンパス内で観測された最暖月（8月）と最寒月（1月）における一時間ごとの気温変化

ンパスより標高が93 mほど低いので、比較の際には気温減率に従って0.6℃程度の気温差を考慮した。また、気温の地域特性を評価するとき、平均気温だけではなく、極値を含めた総合的な検討が必要である。本研究では、図1のデータから日平均気温だけでなく日最高気温と日最低気温という2つの極値を読み取った。

図2は、最暖月と最寒月における日最高気温、日平均気温、日最低気温について、多摩キャンパスの値から八王子の値を差し引いた気温差の変化を示し

ている。全体的にみて、最暖月の8月の気温は八王子よりも多摩キャンパスで低く、最寒月の1月は多摩キャンパスで高い傾向が見られた。

月平均気温で比較すると、多摩キャンパスでは2010年と2011年の8月にそれぞれ27.3℃と25.2℃を記録したのに対して、八王子ではそれよりも1.2℃高い値であった(表2)。標高差による気温減率を考慮すると標高の高い多摩キャンパスは0.6℃ほど気温が低くなるはずであるが、これを差し引いたとしても、

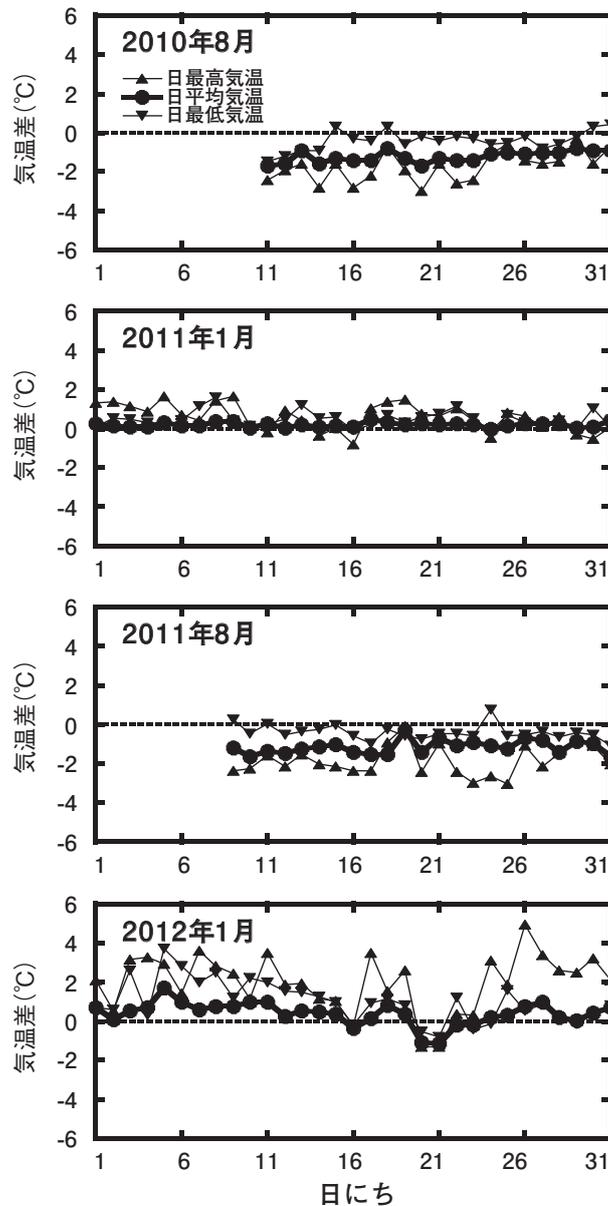


図2 最暖月(8月)と最寒月(1月)における法政大学多摩キャンパスと八王子の気温差(多摩キャンパスから八王子を引いた値)

▲: 日最高気温, ●: 日平均気温, ▼: 日最低気温
破線は気温差がゼロを示す

多摩キャンパスの最暖月の気温は0.5℃から0.6℃程度低いことになる。一方、最寒月の多摩キャンパスの月平均気温は2011年と2012年にそれぞれ2.5℃と2.4℃であったのに対して、八王子では2.3℃と2.0℃であった。両観測地点の標高差による気温減率を考慮して多摩キャンパスの気温を推定した場合、八王子の気温から0.6℃を引いた値が多摩キャンパスの気温であるとして計算すると、2011年と2012年における多摩キャンパスの気温はそれぞれ1.7℃と1.4℃になると推定される。この推定値と観測値との気温差から、多摩キャンパスの最寒月の気温は八王子よりも0.8～1℃高いことになる。

月平均気温に見られた気温差は多摩キャンパスが市街地よりも夏は冷涼、冬は温暖であることを示している。この結果をもたらした原因について考察するために、日最高気温と日最低気温についても比較検討した。日最高気温と日最低気温の月平均値を算出してみたところ、2010年8月には多摩キャンパスの最高気温と最低気温が32.3℃と23.8℃、八王子の最高気温と最低気温が34.1℃と24.2℃であった(表2)。また、2011年8月では、多摩キャンパスの最高気温と最低気温が29.3℃と22.2℃、八王子は31.1℃と22.6℃であった。この結果は最暖月における多摩キャンパスの気温の低さは主として日中に観察される日最高気温の差が反映されているように思われる。関東地方における日最高気温の多くは14時前後に記録されるが、真夏のこの時間帯は植物が最も盛んに蒸散を行っているため、潜熱輸送による熱の放散が活発に行われる(Suzuki, 1980)。森林による熱放散は日中の気温上昇を軽減させる効果をもつ。多摩キャンパスと八王子における気温差を1時間ごとにプロットしてみると、最暖月では昼間に多摩キャンパスの気温が低下する傾向が強く表れている(図3)。この

結果は、多摩キャンパスにおいて森林の蒸散作用による気温上昇抑制効果がはたらいたことを間接的に裏付けるものである。

最寒月では、2011年の多摩キャンパスの最高気温と最低気温が9.0℃と-3.0℃、八王子では8.4℃と-3.5℃であった(表2)。2012年では、多摩キャンパスの最高気温と最低気温は9.4℃と-2.0℃、八王子では7.4℃と-3.0℃であった。両観測地点間の気温差は、最高気温で0.6～2℃、最低気温で0.5～1℃であった。この結果は、最寒月の日最高および日最低気温はいずれも多摩キャンパスの方が高いことを示している。最寒月の気温が市街地の八王子よりも標高の高い多摩キャンパスで高くなるという結果は注目しているが、著者らはこの現象が森林の樹冠部の構造と内部の垂直構造に起因しているのではないかと考えている。Campbell and Norman (1998)は森林の太陽放射に対する反射率(アルベド)はアスファルトで舗装した道路並みの10%程度であると見積もっている。このことは、森林は太陽放射の強力な吸収体であり、熱貯留機能を持つことを示している。熱貯留機能は蒸発散による潜熱輸送の少ない冬期に強くはたらくと考えられる。また、多層的な垂直構造を内部に発達させた森林では、天空率が小さくなるので晴れの日には地面から宇宙に向かって行われる放射冷却が抑制される(川島, 1986)。放射冷却が抑制されれば、森林内部に熱が残ることになる。こうした複合的な熱の貯留機構をもつ森林の存在が多摩キャンパスの最寒月における気温を高めているのではないかと推察される。

表3は最暖月と最寒月における夏日、真夏日、猛暑日、熱帯夜、冬日、真冬日について多摩キャンパス、八王子、府中、東京の観測地点で集計した結果を示している。また、府中は法政大学小金井キャンパス

表2 多摩キャンパスと八王子における日最高気温、日平均気温、日最低気温、日較差(日最高気温一日最低気温)の月平均値(℃)の比較

観測地点	2010年8月(21日間)				2011年1月(31日間)				2011年8月(23日間)				2012年1月(31日間)			
	最高	平均	最低	較差	最高	平均	最低	較差	最高	平均	最低	較差	最高	平均	最低	較差
多摩キャンパス	32.3	27.3	23.8	8.6	9.0	2.5	-3.0	12.0	29.3	25.2	22.2	7.1	9.4	2.4	-2.0	11.3
八王子気象観測所	34.1	28.5	24.2	9.9	8.4	2.3	-3.5	11.9	31.1	26.4	22.6	8.5	7.4	2.0	-3.0	10.4

注) 2010年8月と2011年8月はそれぞれ8月11日～31日(21日間)と8月9日～31日(23日間)の気温データを集計したものであることに注意

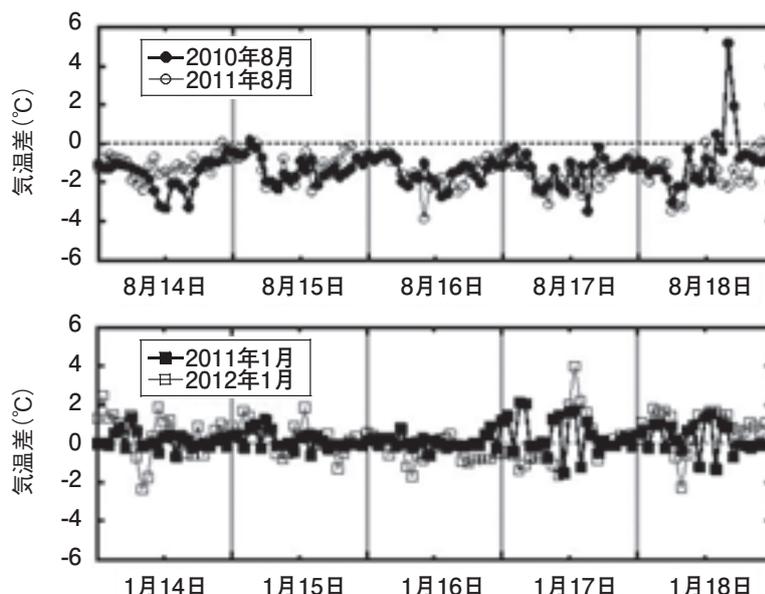


図3 最暖月(8月)と最寒月(1月)の中甸(14日~18日)における法政大学多摩キャンパスと八王子の一時間ごとの気温差(多摩キャンパスから八王子を引いた値)

●: 2010年8月14日~18日, ○: 2011年8月14日~18日
 ■: 2011年1月14日~18日, □: 2012年1月14日~18日
 破線は気温差がゼロを示す

の最寄りの気象観測所、東京は市ヶ谷キャンパスの最寄りの気象台であることから、都心部および都心に近いキャンパスの気温特性を推することができる。そこで、便宜上、府中と東京の観測地点をキャンパスの名称に読み替えて以後表記する。

真冬日はいずれの観測地点でもゼロであった。冬日は多摩キャンパスと八王子において同じ30日だったが、小金井キャンパスではそれよりも若干少ない25日、市ヶ谷キャンパスでは極端に少ない3日であった(表3)。他のキャンパスに比べて多摩キャンパスの冬日が多いのは、地理的条件を反映したものと言える。また、市ヶ谷キャンパスで冬日が極端に少ないのは、ヒートアイランドの影響が冬季により顕著に表れることと関連している(鍋島ら, 2006; 梶元ら, 2006)。夏日、真夏日、猛暑日、熱帯夜について観測地点間で比較すると、夏季に最も過ごしやすなのは多摩キャンパスであることが分かる。とくに、猛暑日や熱帯夜の出現率は都心部や都心に近い観測地点の出現率と比べて5分の1以下であった。

IV まとめ

キャンパス間の最暖月と最寒月の気温比較から、

多摩キャンパスの冬季は寒さが厳しいが、夏季は極めて過ごしやすい環境であることが明らかとなった。しかし、八王子市街地との比較から、キャンパスに広がる森林の気象緩和機能が本来よりも温和な冬季の温度環境を提供している可能性も指摘した。また、夏季の冷涼な温度環境も森林の垂直構造や樹木の生理作用の恩恵によるものと考えられる。こうした森林の恩恵は郊外型キャンパスを利用する者に大きな利益を与えている。しかし、こうした恩恵を末永く享受するには、多摩キャンパスの森林を適切に保全していく必要がある。とりわけ、森林伐採などの攪乱、森林構造の劣化、樹木多様性の減少などは回避しなければならない。

今後、多摩キャンパスの森林の生態系サービスについて様々な角度から調査研究し、郊外型キャンパスには優れた側面があることを主張していくべきと考える。そのためには、長期的かつ多種多様な研究を展開し、多摩キャンパスの自然について基礎的な知見を集積する必要がある。幸いなことに、気象に関する諸量についてはすでに観測が開始されている。2013年12月より、簡易気象観測システムが多摩キャンパス内2カ所に設置され、7項目の気象要素を1時間ごとに観測・記録している。得られたデータの解

表3 最暖月（8月）と最寒月（1月）における夏日、真夏日、猛暑日、熱帯夜、冬日、真冬日の観測地点間の比較

観測地点	観測期間	夏日 日数	真夏日 日数	猛暑日 日数	熱帯夜 日数	冬日 日数	真冬日 日数
多摩キャンパス	2010年8月（21日間）	5	16	0	2	0	0
	2011年1月（31日間）	0	0	0	0	30	0
	2011年8月（23日間）	9	8	2	0	0	0
	2012年1月（31日間）	0	0	0	0	27	0
八王子気象観測所	2010年8月（21日間）	0	11	10	4	0	0
	2011年1月（31日間）	0	0	0	0	30	0
	2011年8月（23日間）	5	10	5	5	0	0
	2012年1月（31日間）	0	0	0	0	27	0
府中気象観測所 （小金井キャンパス の代替データ）	2010年8月（21日間）	0	12	9	9	0	0
	2011年1月（31日間）	0	0	0	0	25	0
	2011年8月（23日間）	4	7	9	9	0	0
	2012年1月（31日間）	0	0	0	0	25	0
東京管区気象台 （市ヶ谷キャンパス の代替データ）	2010年8月（21日間）	0	15	6	21	0	0
	2011年1月（31日間）	0	0	0	0	3	0
	2011年8月（23日間）	5	13	3	12	0	0
	2012年1月（31日間）	0	0	0	0	3	0

注) 2010年8月と2011年8月はそれぞれ8月11日～31日（21日間）と8月9日～31日（23日間）の気温データを集計したものであることに注意

析とその開示が2015年度以降に始まる予定である。キャンパス気象データの収集・公開と森林生態系サービスの深い理解はキャンパス内の環境教育研究の向上に資するものと期待される (Guan, 2011; Worthington, 2008)。

引用文献

- Campbell, G. S. and Norman, J. M. (1998): An Introduction to Environmental Biophysics, Springer.
- Guan, K. K. (2011) Surface and ambient air temperatures associated with different ground material: a case study at the University of California, Berkeley. Environmental Sciences, University of California, Berkeley, ES196, 1-14.
- 川島茂人 (1986) : 航空機 MSS データによる地表面熱収支分布の評価, 天気 33, 333-344.
- 気象庁 (2013) : ヒートアイランド監視報告 (平成 24 年)、気象庁.
- 池田寛二・伊藤宏樹・鞠子 茂 (2009) : 法政大学多摩キャンパスの森林における植生とバイオマス, 法政大学多摩研究報告 24, 35-40.
- 前崎武人 (1976) 森林の社会的機能とその評価, 光珠内季報 29, 1-7.
- 梶元慶子・谷口一郎・野呂奉弘 (2006) : 2005 年の大阪市域における気温分布の特徴とヒートアイランドの発生状況, 日本ヒートアイランド学会論文集 1, 30-35.
- 鍋島美奈子・古崎靖朗・中尾正喜・西岡真稔 (2006) : 移動観測によるヒートアイランド現象の実測 大阪平野の夜間気温分布, 日本ヒートアイランド学会論文集 1, 23-29.
- 小川亮祐・池田寛二・川井伸朗・鞠子 茂 (2012) : 法政大学多摩キャンパスの森林における土壌有機炭素量の定量的評価, 多摩研究報告 27, 19-23.
- 小宅 駿・栗原健太・鞠子典子・大江悠介・鞠子 茂 (2011) : 法政大学多摩キャンパスに生育するアカハナワラビ (*Botrychium nipponicum* Makino) の個体生長と個体群構造, 法政大学多摩研究報告 26, 15-20.
- Suzuki, M. (1980) : Evapotranspiration from a small catchment in Hilly Mountains (I), Journal of Japanese Forest Society 62, 46-53.
- Worthington, R. L. (2008) Measurement and assessment in campus climate research: A scientific imperative.

Journal of Diversity in Higher Education 1, 201-203.
山下 聡・岡部貴美子・佐藤 保 (2013) 森林生態

系における生物多様性と炭素蓄積, 森林総合研
究所研究報告 12, 1-21.