近畿大学農学部紀要　第44号　35～46（2011）

近畿大学奈良キャンパスの気象
－地形と植生のもたらす影響－

荻野 直人*・西野 済*・古根川 浩之*・高見 佑*・
原薗 芳信**・高見 晋一*

*近畿大学農学部環境管理学科
**アラスカ大学国際北極研究センター

Meteorological conditions of the Kinki University Nara campus as influenced by its topography and vegetation

Naoto OGINO*, Wataru NISHINO*, Hiroyuki KONEGAWA*, Yu TAKAMI*,
Yoshinobu HARASONO** and Shinichi TAKAMI*

*Department of Environmental Management, Faculty of Agriculture, Kinki University, Nakamachi, Nara 631-8505
**International Arctic Research Center, University of Alaska, Fairbanks, Alaska 99775-7340

Synopsis

Meteorological data, collected for three years between 2007 and 2009, were used to characterize the meteorological conditions of the Kinki University Nara Campus (the Kindai Campus). The Kindai Campus (34° 40.3′ N, 135° 44.0′ E, elevation 185m) is located in a 'satoyama' forest on a slope of the Yata Hill. Corresponding data from the Nara Meteorological Observatory (34° 41.6′ N, 135° 49.6′ E, elevation 104m) were used for comparison. Additionally, the air temperatures measured at Gojyo AMeDAS Point (34° 22.8′ N, 135° 43.8′ E, elevation 190m) were incorporated in an analysis. The daily amplitudes of the air temperature at Kindai Campus were the smallest all year round among the three sites studied. This was presumably because the vegetation and topography of Kindai Campus alleviated the occurrence of extreme temperatures. Ample vegetation on and around the site may have reduced radiative heating around noon, while the topographic location may have allowed for the site not to dip in a cold air lake occurring on the Nara Basin on calm nights. In other words, our analysis showed that the site was situated on the thermal belt of Yata Hill. Rain occurred more frequently, albeit slightly, on the Kindai Campus than on the Nara Meteorological Observatory. This was probably due to precipitation events associated with uphill airflows along the slope where the site was located.

Keywords: cold air lake, thermal belt, uphill airflows

1. はじめに

近畿大学奈良キャンパス（以降、近大と略称）は、矢田丘陵の東斜面に位置し、周辺は里山として利用されてきた。1992年から継続的に気温、湿度、日射量、降水量、風向、風速の観測が行なわれてきたが、1993年から1997年についてまとめられているのみで（桜谷，1999）[1)]、それ以降は未整理である。近年、里山修復プロジェクトをはじめ、本キャンパスの生物や環境に関する調査が盛んになってきた。しかし、気象データの利用が困難であり、簡便で信頼できる観測システムの整備が強く望まれていた。

そこで、本研究では、近大において実施中の里山関連研究に資するため、これまでの観測データを統一的に整理解析し、里山を代表する気象環境

表 1. 基準観測点の観測機器と記録機器

	機器	製造元 / 型番	測定形式
気温	白金抵抗温度計	VAISALA/HMD450	白金抵抗測温体
降水量	転倒ます型雨量計	竹田計器株式会社	パルス信号
日射量	全天日射計	KIPP&ZONEN / CM － 6E	熱電起電力
記録	データロガー	CAMPBELL SCIENTIFIC /C-CR1000	

としてとりまとめることにした。また、それと共に、奈良地方気象台（以降、気象台）や近隣のアメダス観測所のデータと比較することにより、近大の気象環境がどのような特徴を持つのかを明らかにしようとした。

2. 調査地の地理的状況

近大奈良キャンパスは、奈良盆地の西端（奈良県北西部）、矢田丘陵の東斜面に位置しており（北緯 34 度 40.3 分、東経 135 度 44.0 分、基準標高 185m）、標高約 170m から 245m の高低差がある。その周囲は、かつて里山林として利用されてきた森林（落葉広葉樹と常緑広葉樹の混交林）で囲まれており、総面積は 約 110ha である。林内には、二次林、湿地・棚田・ため池などが存在している（馬場・岩坪, 2001）[2)]。以上のようなことから、奈良盆地の平野部とは異なった特有の局地気象を形成していると考えられる。

奈良盆地は内陸性気候で、全般に風が弱く、風向分布に地域性がある。また、台風が接近した場合でも強風はあまり観測されない。内陸性気候の特徴（田宮・和達, 1993）[3)]の 1 つは、海岸に面した地域に比べて、気温の日・年較差が大きいことである。それは、土壌の熱容量が水より小さいからである。2 つ目に、湿度が低く、降水量が少ないことがあげられる。これは、海洋からの水蒸気の供給が少ないことに起因している。

3. 観測データと解析方法

3-1　解析対象データの概要

近大では、農学部研究棟屋上で日射量、降水量および風向風速を、研究棟北東の芝地に設置された百葉箱内で温湿度を観測している（表 1）。これらの観測データは、研究棟 4 階のデータロガーに送信され、記録保存される。本報告ではこれを基準観測点並びに基準観測値とよぶ。これまで測器の保守管理やデータ保存状態が完全ではないため、データには欠測やエラーが多く含まれ、これらすべてを統一的に扱うには、かなりの労力を要する。そこで、本報告では、2007 年 1 月から 2009 年 12 月の 3 カ年に観測された気温、降水量、日射量の観測値を解析対象とした。2006 年以前のデータに関しては、今後改めて解析されることを期待する。

これらの解析したデータを、奈良盆地平野部に位置する奈良地方気象台[4)]と、近隣のアメダス五條観測点（以後アメダス五條と略称）[5)]のデータと比較した（図 1）。気象台（北緯 34 度 41.6 分、東経 135 度 49.6 分、標高約 104m）は、近大と同じ奈良盆地内の市街地に位置し、近大とは水平距離にして約 9km しか離れていない。しかし、標高が異なるだけでなく、気象台は平地の市街地に、近大は矢田丘陵の東斜面に位置する（図 2）。そのため、両地点の気象は異なると考えられる。

アメダス五條観測点（北緯 34 度 22.8 分、東経 135 度 43.8 分 標高約 190m）は五條市の市街地に位置している[5)]。五條市は人口約 37000 人（2005 年時点）で、奈良盆地とは流域を異にする紀ノ川上流（吉野川）に位置する[6)]。アメダス観測点はその右岸の河岸平地部にあって、標高は近大とほぼ同じである。

3-2　観測機器とデータ解析

近大キャンパスにおける、日射量、降水量、気温の測器及び記録装置を表 1 に示す。データのサンプリングは 1 秒毎で、気温、日射量は 10 分平均値を、降水量は 10 分積算値をコンパクトフラッシュメモリ（CF メモリ）に保存している。保存されたデータは記録計から直接読み取るほか、CF メモリをパーソナルコンピューターの読み取り装置に接続して、読み取ることも可能である。今回は、CF メモリに記録したデータを用い

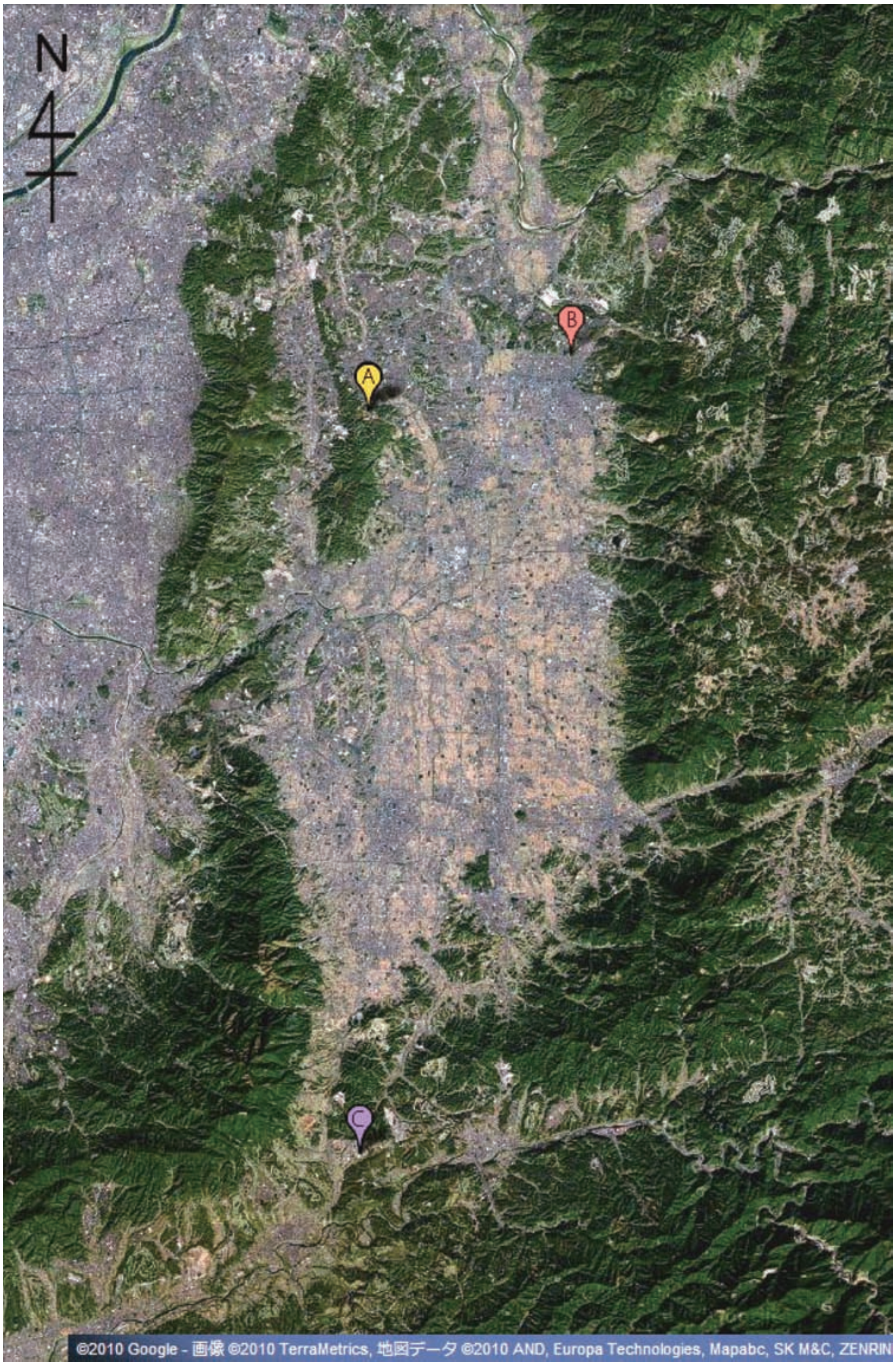


図 1. 観測点の位置関係
A 黄色 : 近畿大学奈良キャンパス , B 赤色 : 奈良地方気象台 , C 緑色 : アメダス五條

た。これを元データとよぶ。

10 分毎に記録された元データで、測定エラーと思われるデータを除去し、1 時間平均値（時別データ）を求めた。これは、白金抵抗温度計について不適正なパラメータ設定値があったために、高温時のデータがエラー表示されたことによる。1 時間平均値を求める場合、欠測が短い場合はその前後のデータを線形補完し、欠測が長時間に及ぶ場合は日変化パターン適合法（Falge *et al.*, 2001）[7] により、補完した。こうして得られた 1 日当り 24 個の時別データから、日平均気温、日最高気温、日最低気温をもとめた。さらに、日別

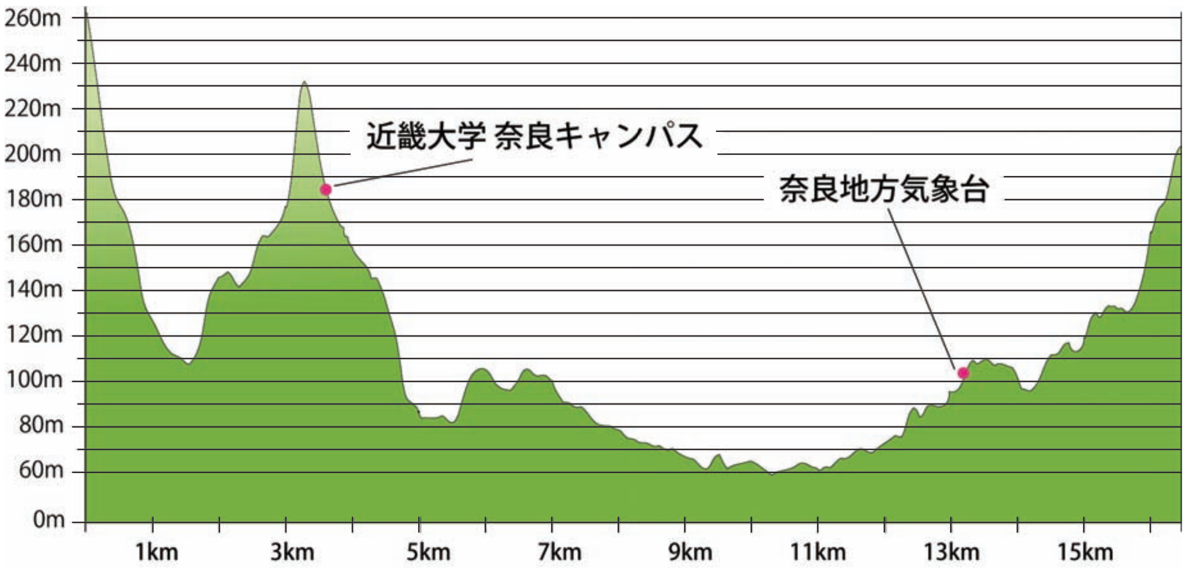


図 2. 奈良盆地の地形（２地点を結ぶ直線に沿った断面）

データから月ごとに各地点の気温を平均し、月平均値とした。最高気温、最低気温、日較差についても月ごとの平均値を求め、これら 12 カ月分を平均した値を年平均値とした。日射量、降水量は日値を積算して月積算値とし、さらに、12 カ月分を積算して年間積算値とした。

月積算値や年積算値を求めるには欠測値を補完する必要があり、前述のように、日変化パターン適合法により日変化を補完した。しかし、欠測が長期間続いた場合の気温については、奈良気象台の日変化パターンに近大基準観測値の日平均値と奈良気象台の日平均値との差を重ね合わせて、補完値を求めた。このようにして求めた補完値は観測値と区別して参考値として表示した。

3-3 近大奈良キャンパスと他の地点との比較

気象台とは気温、日射および降水量を、アメダス五條とは気温のみを比較した。気温、日射量および降水量は、日値、月値そして年値を比較の対象とした。降水日数は 5mm 以上の降水が確認された日を 1 日とした。月平均日平均気温、月平均最高気温、月平均最低気温と月積算日射量は 2007 から 2009 年の 1 月から 12 月を各月で平均し、3 年間の各月の値とした。

気温の日変化を比較検討するにあたっては、冬季晴天日の代表日として 2009 年 1 月 28 日、夏季晴天日として 2009 年 8 月 17 日のデータを使用した。日射量の日変化については、気温の比較対象とした同じ日について比較を行った。また、冬季の夜間の気温を比較するにあたっては、盆地特有の風の影響を含めて検討した。そのため、夜間（日没後から日出前）の平均風速が 3 m/s の 2009 年 12 月 17 日 18 時から 12 月 21 日 7 時、平均風速が 1 m/s の 2009 年 12 月 21 日 18 時から 12 月 25 日 7 時の間の時間平均値を求めて比較した。

4. 結果

4-1 気温

年平均気温は、各年とも気象台が他の 2 地点より高く、0.5 ～ 0.8℃程度の差があった。近大とアメダス五條は、ほとんど同じであった（表 2）。日平均気温の月平均は、3 地点とも夏を除いて、ほとんど同じであった（図 3-a）。8 ～ 9 月は、気象台が他の 2 地点より約 1℃高かった。一方、月平均最高気温は、各地点の差がより顕著で、どの

表 2. 3 地点の年平均気温

	年平均気温（℃）*		
年	近大	気象台	アメダス五条
2007	14.9	15.4	14.7
2008	14.2	14.9	14.3
2009	14.2	15.1	14.5

*5% 危険率で 3 カ年とも 3 地点間で有意差なし（F 検定）.

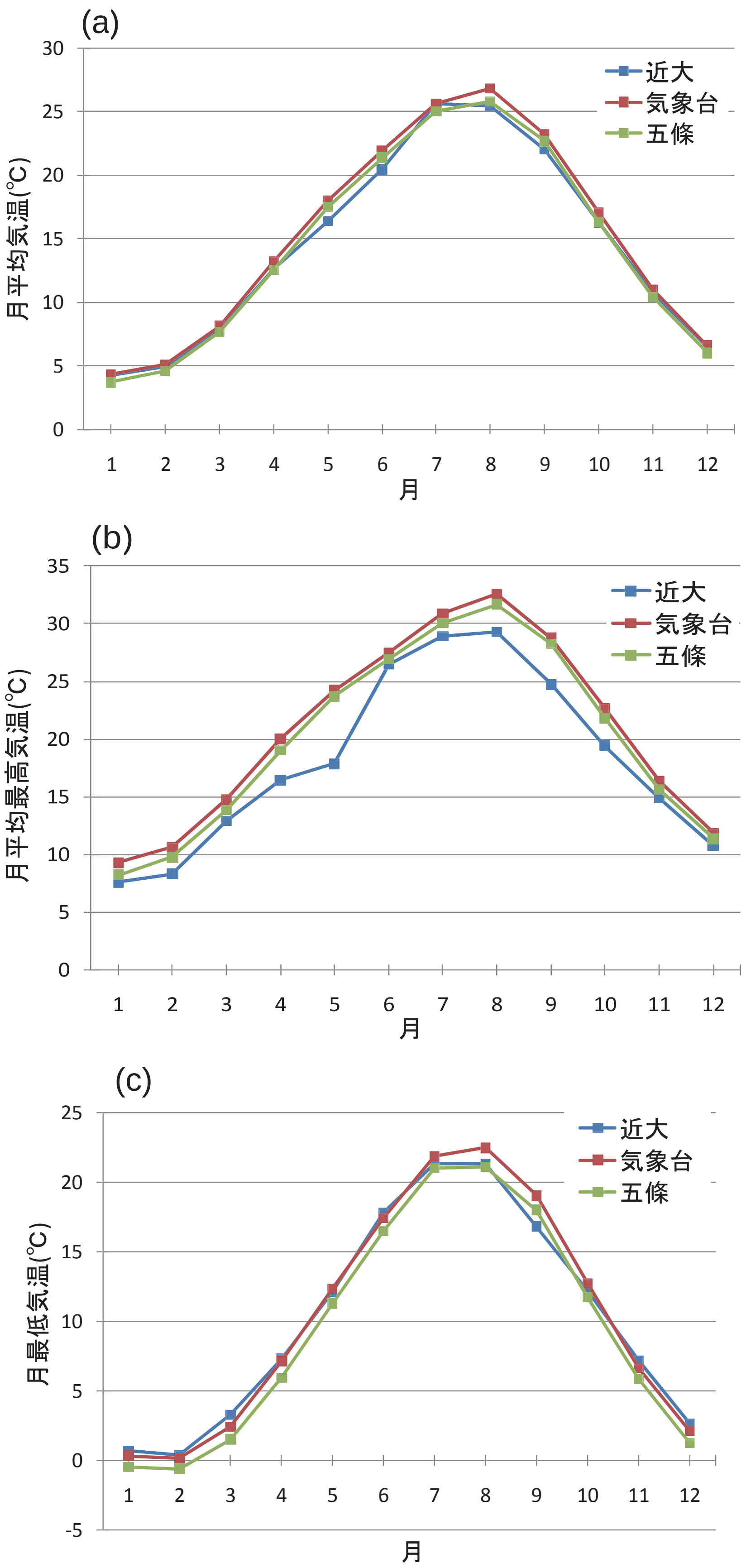


図 3. 3 地点における気温の年変化

a. 気温の月平均値　b. 月平均最高気温　c. 月平均最低気温

近大の日平均気温（月平均値）は、5 月には五條より２カ年（2008, 2009）とも有意（5%危険率）に低かった。また、2007 年 5 月には気象台より有意に低かった。さらに、2007 年 7 月には五條、気象台のいずれよりも有意に低かった。

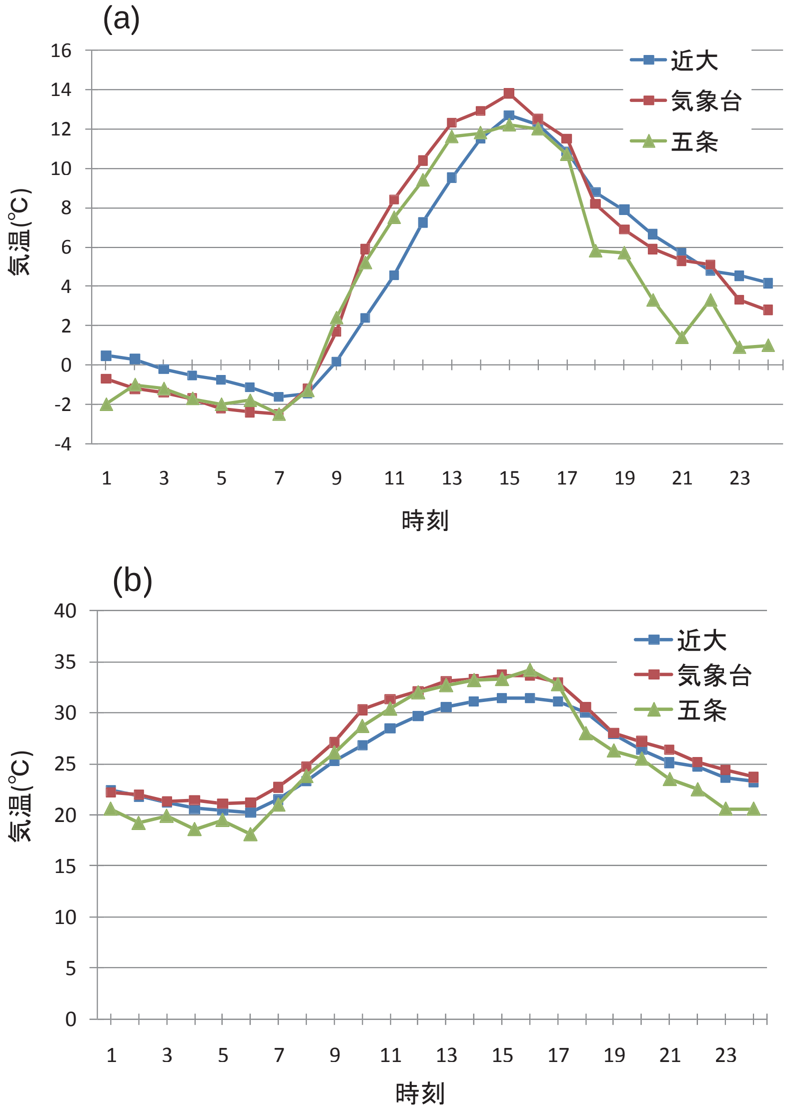


図 4.　気温の日変化
a. 2009 年 1 月 28 日，b.　2009 年 8 月 17 日

月も気象台が最も高く、近大が最も低かった（図 3-b）。さらに、月平均最低気温は、年間を通してアメダス五條が最も低かった（図 3-c）。近大と気象台の違いはそれほど大きくはなかった。ただし、8 月から 10 月では近大の方が気象台のそれより 1℃程低く、他の月では近大の方が 0.5℃程度高くなっていた。

気温の日変化は、どの地点も冬の方が（図 4-a）夏より（図 4-b）大きかった。地点間を比較すると、夏、冬いずれも、日中は気象台が最も高く、次いで五條、そして近大の順であった。これに対して、夜間は、五條が最も低く、冬季には気象台が次に低く、近大は最も高かった。そのため、1 日の気温の変動幅（日較差）は近大が最も小さかった。

月平均値でみた日較差の年変化（図 5）から、日較差は、気象台と五條では 3 ～ 5 月に、近大では 3 ～ 4 月に最も大きくなることが認められた。また、近大は年間を通して、他の 2 地点より日較差が小さく、特に 5 月には他の 2 地点との間に、大きな違いが認められた。

冬季の夜間の気温についてみると、近大と気象台との関係には、風速の影響が認められた。近大で測った夜間の平均風速が 3m/s の日は、時間当たりの気温低下率は両地点で大きい差違はなく、気象台の気温の方が高く推移した（図 6-a）。しかし、平均風速が 1m/s 程度の日（2009 年 12 月 21 日～ 25 日）には、気象台の方が気温低下率が

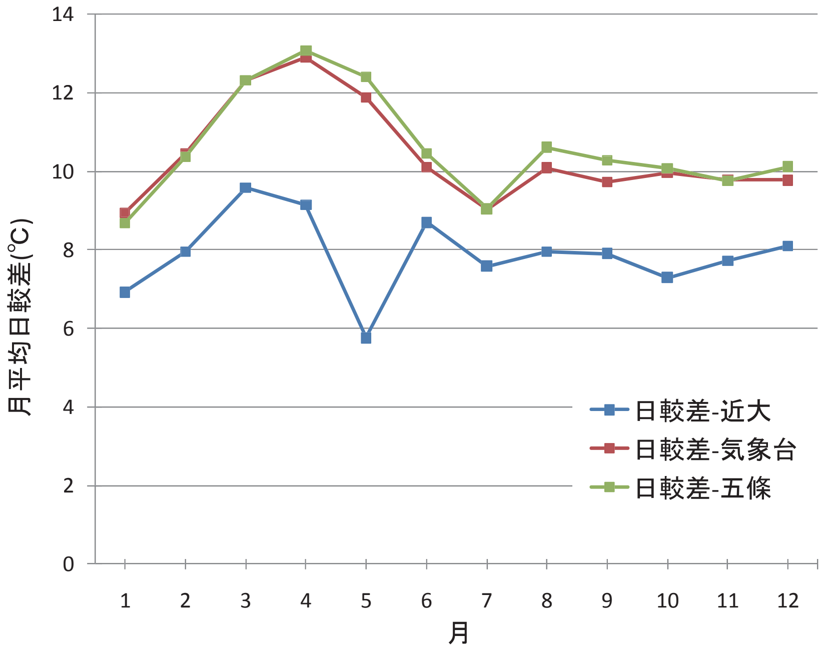


図 5.　3 地点における月平均日較差の年間推移

大きく、気温は最初の 1 ～ 2 時間を除けば、近大のそれを下回った（図 6-b）。

4-2　日射量

年間の積算日射量は 3 年間を通して、近大が気象台より若干少なかった（表 3）。月積算日射量でみた日射量の年変化は、近大も気象台も同様であった。最も少ない 1 月から次第に上昇し、5 月に極大に達した後、6 ～ 7 月にいったん低下し、8 月に再び極大値をとるという推移を示した（図 7）。時間値でみた日変化は夏、冬とも南中時を中心にその前後でほぼ対称であった。冬季には日照時間、日日射量とも、夏季を大きく下回った（図 8）。1 年を通して、また 1 日を通して、ほとんどの場合、近大の日射量は気象台よりわずかながら少なかった。

表 3. 近大と気象台の年間積算日射量

年間積算日射量（MJ/m^2）		
年	近大奈良キャンパス	気象台
2007	4818	4967
2008	4704	4812
2009	4646	4837

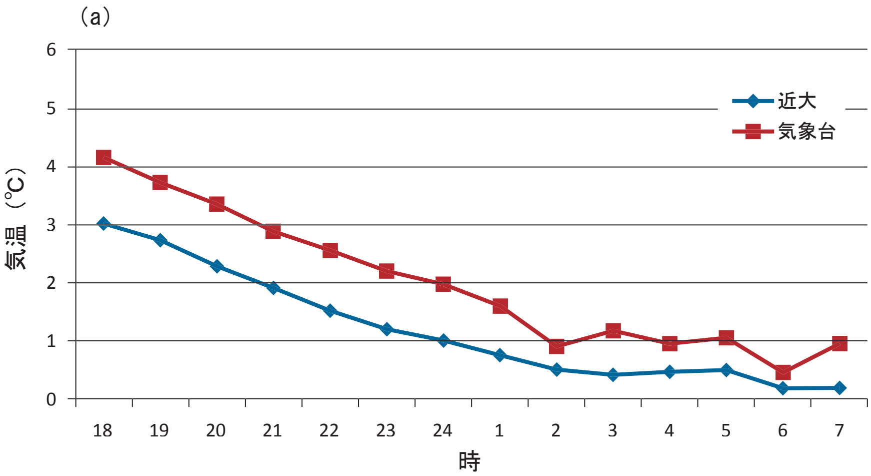
4-3　降水

3 地点の年降水量は 1100 ～ 1300mm で、3 年間を通してみると、気象台が近大よりやや多かった（表 4）。気象台が近大よりやや多かったのは、2008 年の降水量が多かったからである。一方、降水日数の方は全体として近大の方がやや多かった。2008 年に降水量の差がもたらされたのは、8 月と 9 月の気象台の降水量が近大を上回ったためであった（図 9）。また、降水日数は、1 年の大部分の月で近大が気象台より多かった（図 10）。

5. 考察

近大は気象台および五條に比べて、年間を通して最高気温が低く、最低気温は 8 ～ 10 月を除けば逆に高かった（図 3）。そのため、気温の日較差は年間を通して常に他の 2 地点より小さかった（図 5）。このように、近大では気温の低下と上昇が抑制されているため、気温の変動幅が小さくなっていることが分った。

このように変動幅が抑制された原因としては、次の 2 つが考えられる。1 つは丘陵の斜面という地形が最低気温の低下を抑えているということである。盆地の底部には夜間、盆地冷気層が出来る（吉野，1980）[8]。奈良盆地でも、この冷気層の出現によって、冷気層の底層に位置する気象台の気温が低下したことが、図 6 の気温低減の様子から裏づけられる。一方、山頂付近で 4 ～ 5m/s の風速があると盆地内の大気が撹拌され、この冷気層は形成されない（近藤，2000）[9]。本研究でもこのような冷気層の形成に対する風



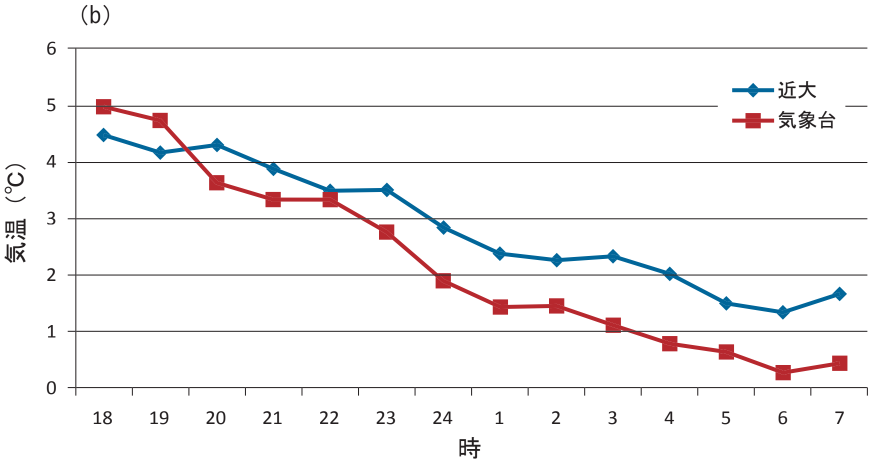


図 6. 近大と気象台における夜間の気温の時間推移
a. 夜間の平均風速が 3m/s（2009/12/17-21）
b. 夜間の平均風速が 1m/s（2009/12/21-25）

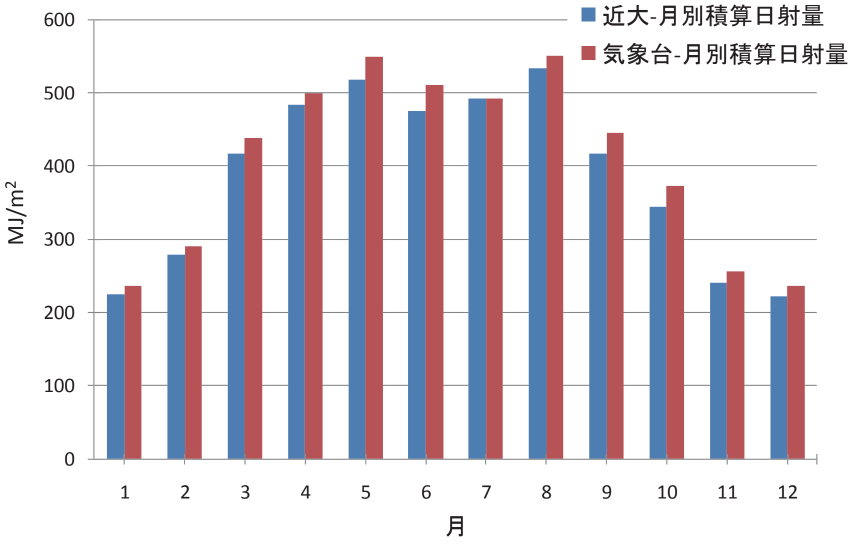


図 7. 近大と気象台の月別積算日射量の年間推移（2007-2009 年）

の影響が明瞭に認められ（図 6)、標高 185m あたりに位置する近大では最低気温が高く維持されたと考えられる。

2 つ目は、森林の蒸散と太陽放射の反射によ

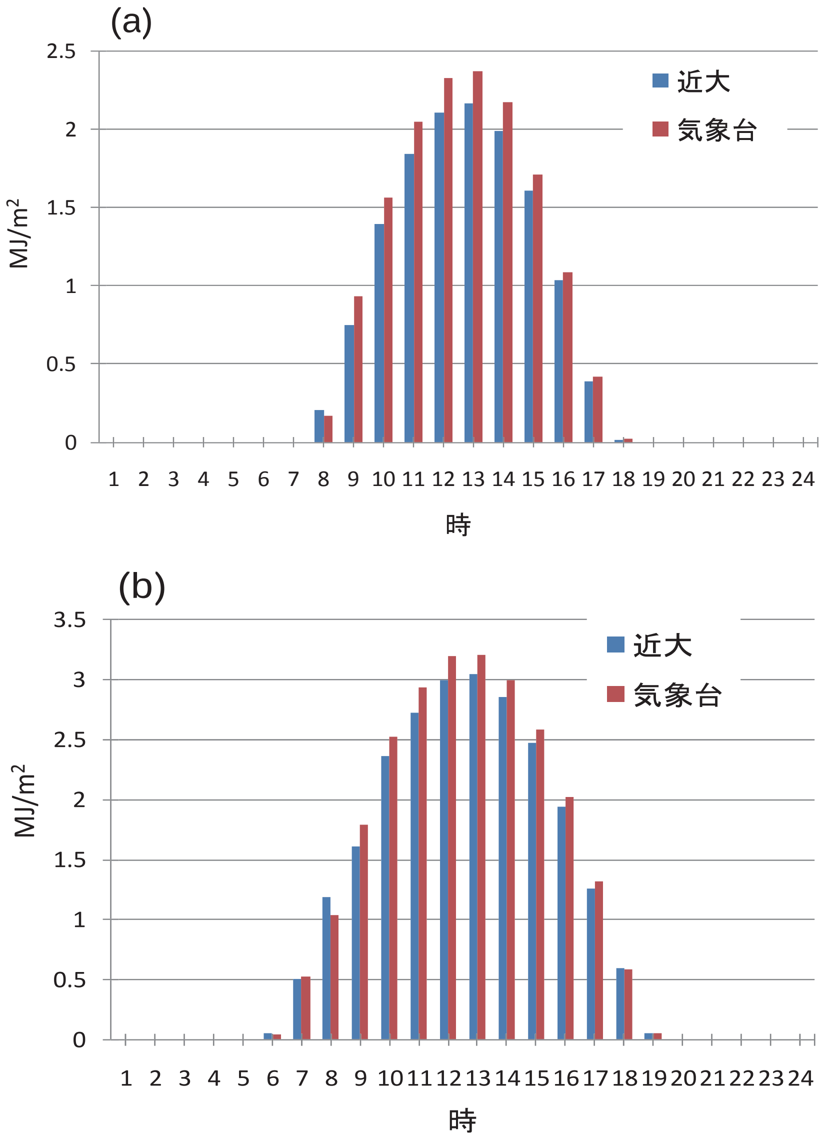


図 8. 近大と気象台の日射量の日変化
a. 2009 年 1 月 28 日，b. 2009 年 8 月 17 日

り、最高気温が抑えられている可能性である。近大周辺は里山林が残っており、気象台、アメダス五條より植生が多い。その植生からの蒸散によって、気温の上昇が抑制される。特に、図 3-b において、近大では 4，5 月の最高気温が他の 2 地点に比べて大きく低下しているのは、気温測定点付近の落葉樹の葉が展開し若葉の蒸散が活発であったことを示唆する。また、森林植生は雪の次に放射に対する反射率（アルベド）が高い [9]。そのため、吸収日射量が少なく、気温上昇が抑えられる。近大では、この 2 つの効果により最高気温が他の 2 地点より抑えられたものと考えられる。

日射量の年変化をみると、近大、気象台両地点とも 8 月に最も多く、5 月が 2 番目であった（図 7）。6 ～ 7 月に一時的に日射量が少なくなったのは、梅雨のためである（図 10）。また、日射量の月値は常に（図 7）、そして時間値もほとんどの場合、近大の値が気象台を下回った（図 8）。日射計の設置場所は、開けた所であり、日射がさえぎられたとは考えられない。気象台では、付近の大気汚染の影響により、太陽放射が散乱減衰し、近大での日射量より、少なくなる可能性はある。しかし、近大の値が常に少なくなる理由は考えにくい。2 つの問題点が考えられる。1 つは、日射計の感度が経年変化により低下している可能性である。もう 1 つは、日射計の水平性に狂いが生じている可能性である。ただし、南中時を挟んで午前午後の日射量は対称性を保っている。それゆ

表 4. 近大と気象台の年降水量と年降水日数

年間積算降水量（mm）		
年	近大	気象台
2007	1099	1110
2008	1201	1301
2009	1307	1287
年間積算降水日数（日）		
2007	118	123
2008	131	124
2009	123	118

え、東西方向の水平性は保たれており、北方向に傾いている可能性が推測される。定期的メンテナンスがなされているにもかかわらず、長期間にわたり同じ傾向が続いていることから、水準器自体に問題がある可能性が指摘される。早急に、日射計の点検・再検定が必要である。

年降水量には、2008 年を除けば、近大と気象台との間にほとんど差がなかった（表 4）。2008 年の年降水量が近大より気象台が多かったのは、8 月と 9 月の降水量が多かったからだ（図 9）。これは、この時期、近畿圏を台風が通過したためと思われる。前線の通過あるいは停滞に伴う広域的な降水であれば、近大と気象台は同様の降雨状況にあると考えられる。しかし、台風にともなう強雨の場合、台風通過経路からの距離、まとまった積乱雲の通過か否かによって、局所的な降雨状況に違いが出る可能性が高い。降水量の差（近大と気象台）には風の影響も考えられる。近大の降水量計は屋上に設置されているため、風の影響を受けやすいからである。そこで、降水量の差と風速との関係をみるなどの分析を行なってみた。しかし、風の影響によって近大の降水量観測値が有意に低下したどうかは判然としなかった。

降雨頻度は気象台より近大の方がやや多かった（表 4、図 10）。これは盆地という地形にともなう斜面上昇風[8]が関与しているのではなかろうか。夜間、層が逆転した盆地底の空気が、昼間の太陽放射に暖められ、斜面を上がる。この風が上昇気流を形成し、断熱膨張による気温低下により、降雨がもたらされることが知られている。

以上のように、近大奈良キャンパスは、その地形的特性のために、気温の日較差が小さいといったような斜面温暖帯にみられる特徴的気象を有することが分った。それと同時に、植生の存在によって、気温上昇が抑えられている可能性も示唆された。今後、降水量に対する風速の影響、降雨頻度に対する地形的特性の影響をもっと多くのデータで確認する必要がある。また、日射については測器の点検、再検定を早急に実施することが望まれる。

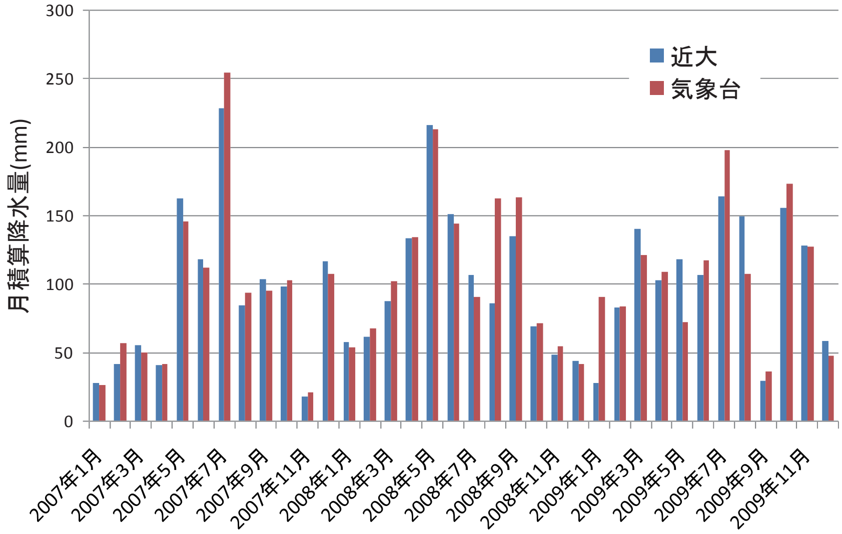


図 9.　近大と気象台の月別積算降水量の年間推移（2007-2009 年）

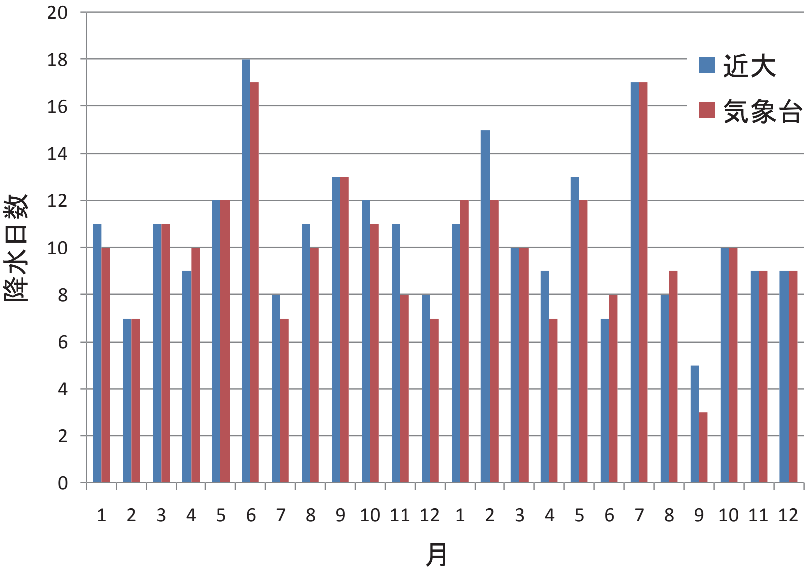


図 10. 近大と気象台の月別降水日数（2008-2009 年）

6. 謝辞

本研究は、筆頭著者の 2009 年度卒業研究をもとに、共著者が分析、討議の上、取りまとめたものです。有限会社クライメットエンジニアリングの宮崎伸夫氏には観測機器の調節・点検をして頂きました。また、「里山気象班」の残りのメンバー（小川高直氏、半野源太氏）には観測の維持、データの収集、整理に協力して頂きました。さらに、環境管理学科桜谷保之教授、同奥村博司准教授には観測データの入手に関して種々の便宜を図って頂くとともに、とりまとめに際して有益な助言を頂きました。以上、ここに記して厚く御礼申し上げます。

7. 要約

近畿大学奈良キャンパス（以降、近大と略称）では、1992 年から継続的に気象観測が行なわれてきた。しかし、そのデータはほとんど未整理で、測定値の信頼性にも疑問があった。近年、里山修復プロジェクトをはじめ、本キャンパスの自然環境、生物に関する研究が盛んになってきた。そしてそれに伴って、信頼できる気象データの整備が強く望まれていた。そこで、私達は、観測システムを整備点検し、そうして得られた観測値の妥当性を評価検討した。評価、検討に当たっては、近隣の奈良地方気象台（以降、気象台）および五條アメダス観測点（以降、五條アメダス）のデータと比較した。また、このような比較によって、近大の気象環境がどのような特徴を持つのかを明らかにしようとした。

近大のデータとしては、2007 年から 2009 年の間に観測された気温、降水量、日射量の観測値を用いた。また、これらの観測項目については、同一期間の気象台のデータも用いた。気温については、ほぼ同じ海抜高度に位置する奈良県内の五條アメダスデータの観測値も使った。

近大の気温日較差は、盆地平坦部の気象台・五條よりも小さかった。これは近大の最高気温が年間を通して他の 2 地点よりも低いことと、最低気温が他の 2 地点を下回らないためであった。それには次のような植生・地形の影響が考えられた。まず、最高気温は植物の蒸散・太陽放射の反射により、他の 2 地点より低めに抑えられていたと思われる。次に最低気温の方は、丘陵の斜面という立地のため、盆地の平坦部より冷気が溜まりにくくなっていると考えられた。

年間積算日射量は、3 カ年とも近大の方が気象台より少なかった。通算すると、気象台を 100 としたとき、近大の日射量は 97 であった。また、各月とも気象台より近大の方が日射量は少なく、日射計の検定定数に誤差がある可能性が考えられた。年降水量に関しては、気象台との間で一定の違いは見いだせなかった。しかし、5mm 以上の降水が観測された日を降水日数とすると、近大は気象台よりやや多く、山地斜面気象の特徴の一つ

を示す可能性が考えられた。

8. 引用文献

1）桜谷保之（1999）近畿大学奈良キャンパスの生態系の概観．近畿大学農学部紀要．第32号．69-78.

2）馬場生織・岩坪五郎（2001）近畿大学奈良キャンパスの現存植生に関する生態学的研究．近畿大学農学部紀要．第34号．113-149.

3）田宮兵衛・和達清夫（1993）気象の辞典．東京堂出版

4）http://www.jma-net.go.jp/nara/（奈良地方気象台　2010年1月18日）

5）奈良地方気象台（1997）奈良県の気象100年

6）奈良県総務部知事公室統計課（2009）奈良県勢要覧

7）Falge, E., Baldocchi, D., Olson, R., Anthoni, P., Aubinet, M., Bernhofer, C., Burba, G., Ceulemans, R., Clement, R., Dolman, H., Granier, A., Gross, P., Grünwald, T., Hollinger, D., Jensen, N. O., Katul, G., Keronen, P., Kowalski, A., Lai, C. T., Law, B. E., Meyers, T., Moncrieff, J., Moors, E., Munger, J. W., Pilegaard, K., Rannik, Ü., Rebmann, C., Suyker, A., Tenhunen, J., Tu, K., Verma, S., Vesala, T., Wilson, K., Wofsy, S., 2001. Gap filling strategies for defensible annual sums of net ecosystem exchange. Agric. For. Meteorol. 107, 43-69.

8）吉野正敏（1980）自然地理学講座②　気候学．株式会社　地人書館 p53

9）近藤純正（2000）地表面に近い大気の科学．東京大学出版会 p166,p183.