

京都府八幡市男山神應寺の谷で観測される特異な山風現象に関する基礎的解析

Basic analysis about the peculiar mountain breeze phenomenon observed at a valley of Jinnouji, Otokoyama mountain in Yawata-city, Kyoto pref.

山田 宏之* 一色 和明**

Hiroyuki YAMADA Kazuaki ISSHIKI

Abstract: In this study, we conducted outdoor observation around the valley of Jinnouji in Yawata City, Kyoto Prefecture. The purpose of this research was to clarify the occurrence of low temperature mountain breeze and its characteristics. Observations were carried out for 13 days out of sunny days from August to September 2015. As a result, it was revealed that mountain breeze was confirmed in all observations for 13 days, and it was revealed that mountain breeze continues to occur day and night. It was a peculiar case that a remarkable mountain breeze occurs during the day. The mountain breeze brought about a remarkable temperature decrease of around 7.0 °C around the valley of Jinnouji during the summer day and it was confirmed that a continuous wind of 1.5 m wind speed was blowing. Chilling effect of this wind was high compared with general mountain breeze and valley breeze phenomenon. It turned out that this is a phenomenon that can be effectively utilized as a cool spot in urban areas.

Keywords: heat island, mountain breeze, Mt.Otokoyama, urban thermal environment

キーワード: ヒートアイランド, 山風, 男山, 都市温熱環境

1. はじめに

都市におけるヒートアイランド対策の一つとして、風の道の活用という方法が考えられる¹⁾²⁾。都市における風の道の整備計画とは、周囲の海洋、湖、山地などからの冷気をできるだけ妨げずに都市内に導き、それをヒートアイランド軽減に活用しようとする試みのことである¹⁾²⁾。このような風の供給源の一つとして、山地で発生する山谷風³⁾や斜面の冷気流³⁾が考えられる。

山谷風の発生は気象条件に左右されるが、晴天で周辺地域全体で吹く風が弱いときに顕著に発生するといわれている。一般に、夜間は谷を吹き降ろす山風、日中は谷を吹き上げる谷風が卓越し、日出、日の入の頃に風が生じることが日本および世界の各地における実測調査で確認されている³⁾⁴⁾⁵⁾⁶⁾⁷⁾⁸⁾⁹⁾。

山風が市街地に及ぼす冷却効果を研究した事例のうち、糸川ら(1999)¹⁰⁾が行った神戸市灘区袖谷川周辺市街地での野外観測では、夜間に六甲山から吹き降ろす冷気流の市街地冷却効果が確認された。浜田ら(2011)¹¹⁾による長野市における山風の研究では、夜間に安定した山風が観測され、市街地に平均0.5°C、最大で2.0°Cの気温低下をもたらすことが確認された。このように山地の傾斜地形によって発生する局地風が市街地に到達し、気温低下をもたらすという研究結果は何例か報告されている。

本研究で調査対象地とした京都府八幡市の男山周辺では、地域住民によって、夏季の日中に山から吹き降ろす顕著な冷気流を感じるものが古くから知られている。日中に顕著な下降風が吹くというのは珍しい現象であり、かつ、ヒートアイランド対策として有効に活用できる可能性が高い自然現象であると考えられる。

先行研究¹²⁾では、日中において山から市街地へ向けて吹く低温な風が確認され、その風は市街地方向へ約100m離れた地点まで到達することが明らかになっている。周辺地域の気温分布も把握され、山内と市街地との気温差は最大で7.0°C以上に及ぶことが確認された。本研究では、最も顕著な冷気流の発生が確認された神應寺の谷において、主に冷気流の日変化特性について解析を行

った。その結果から、男山周辺地域における冷気流を活用したヒートアイランド対策の可能性について考察する。

2. 研究方法

(1) 観測対象地の概況

本研究は京都府八幡市、男山の神應寺の谷で行った(図-1, 2)。神應寺の谷は、先行研究¹²⁾において山風が最も顕著に現れた地点である。男山は京阪八幡市駅の南東部に広がる独立峰で標高142mである。男山には多くの植物種が生育しているが、アラカシなどの照葉樹が中心となっている。今回観測対象とした神應寺の谷は男山の北東部に位置しており、谷筋はおおよそ西から東へと続いている。谷沿いの参道は樹木に囲まれた空間になっており、谷筋に沿って湧き水が流れている。地面被覆の大部分は土壌面であり、舗装面、草地面は僅少である。

(2) 谷口における風の連続観測

表-1に示す風向風速計を用いて、神應寺の谷の谷口付近で風向、風速、気温の経時変化を測定した。風向風速計は地上1.5mに設置して観測を行った。2015年8~9月の晴天日に計13日間、各々1時間から24時間の連続観測を行い、10秒間隔または60秒間隔でデータを記録した。

(3) 谷口における風の鉛直分布の観測

高さ7.0mの標尺と熱線式風速計(表-1)を用いて、神應寺の谷の入り口付近で風速、気温の鉛直分布を測定した。また、風向を把握するため、標尺に1.0m毎に吹流しを取り付け、それを目視することで風向を判別した。地上高3.5m、7.0mの位置に風速計を取り付け、10秒間隔で記録した。

(4) 気温、風向風速の平面分布状況観測

温度計付のサーミスタ風速計(表-1)を用いて、神應寺の谷から周辺地域にかけての8地点において風向、風速、気温の移動観測を行った。

風向は風速計に取り付けた吹流しを目視することで直接地図上

*大阪府立大学大学院生命環境科学研究科

**中央復建コンサルタンツ(株)

表-1 測定場所と測定機器一覧

調査項目	調査場所	調査期間	使用機器
風の連続観測	谷口	2015年8～9月の13日間	風向風速計(Kestrel 4500: Mistral)
風の鉛直観測	谷口	2015年9月4～5日	熱線式風速計(AM-14SD: 佐藤商事)
気温・風向風速分布	移動1～8	2015年9月4、5、15、23日	温度計付サーミスタ風速計(Testo VI: TESTO)
気温日変化	参道①～⑤ 谷筋①～④ 市街地内	2015年8月4日～10月7日	自記温度計(DATA mini-3633: 日置電機)

表-2 谷口における山風の出現率

観測期間	全データ数 (個)	山風 データ数 (個)	顕著な山 風データ (個)	山風 出現率 (%)	顕著な山 風 (%)
8月3日	12:00-13:00	360	345	69	95.8
8月5日	15:30-18:30	1080	1069	256	99.0
8月6日	9:00-11:00	720	671	2	93.2
	11:30-13:00	540	205	21	38.0
	12:00-14:30	900	900	831	100.0
	15:00-18:30	1260	929	297	73.7
8月9日	15:00-18:30	1260	1260	927	100.0
8月12日	15:30-18:00	900	889	222	98.8
8月18日	9:00-11:00	720	679	143	94.3
	12:00-13:00	360	360	268	100.0
	8:00-20:00	720	260	34	36.1
	8:00-20:00	720	607	274	84.3
9月4日	12:00-13:00	360	353	91	98.1
9月15日	10:30-13:30	1080	710	142	65.7
9月23日	11:30-13:30	720	233	29	32.4
8月5日	20:00-翌8:00	720	720	110	100.0
8月9日	20:00-翌8:00	720	720	250	100.0
8月23日	20:00-翌8:00	720	639	95	88.8
8月27日	20:00-翌8:00	720	720	220	100.0
9月5日	0:00-1:00	360	360	66	100.0



図-1 調査対象地の概略図と計測地点

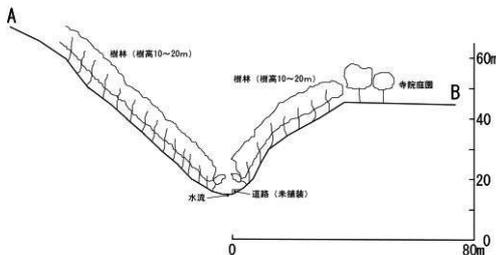


図-2 谷口部A-B間の概略断面図(水平:高さ=1:1)

に記録した。山風の風速の変動を考慮し、それぞれの測定地点に1分間留まり、その間の風速の最大値と最小値を記録した。1回の移動観測は30分以内で終了した。観測は参道の奥から谷口に向けて移動し、谷口から約200m離れた市街地付近までを範囲とした。図-1の移動1から移動3は山内、移動4は谷口付近、移動5と移動6は谷口と市街地の中間地点、移動7は幹線道路の手前、移動8は八幡市駅に近い幹線道路上にある。

(5) 気温日変化の観測

自記温度計(表-1)を用いて、神應寺の谷とその周辺での気温日変化を測定した。日射の影響等を避けるため温度計にアルミニウムの放射遮蔽傘を被せた上で、地上高1.5mの木陰内に設置し、10分間隔で気温変化を記録した。温度計は図-1に示す9箇所と、谷の入り口から北へ約300m離れた市街地の建物脇に1箇所設置した。

(6) 解析方法

使用した全ての機器は、アスマン通風乾湿計を用いて室内で検定を行い、示度差を補正した上で解析に用いた。

風向風速計で得られた風向のデータは方位角で記録されており、磁気偏角補正した上で解析を行った。本研究では方位角50～110°の方向から吹く風を谷風、230～280°の方向から吹く風を山風と定義した。

一般風のデータとしては、男山から南東へ約7km離れた地点にある京田辺のアメダスと、南南西へ約8km離れた地点にある枚方のアメダスの、風向、風速の値を使用した。

3. 結果および考察

(1) 観測期間中の気象条件

2015年の西日本の8月の平均気温は平年より低く、降水量は平年より多かった。8月上旬は晴れて気温が高い日が多かったが、下旬は天気崩れた日が多く気温が低かった。9月の平均気温は平年より低く、降水量は平年並みであった。9月上旬は曇りや雨の日が多く、上旬から中旬にかけて低温となった¹³⁾。

(2) 全観測日における山風の発生状況

全観測日における山風発生状況を表-2に示す。風向が230～280°の範囲にあり、かつ風速が0.0 m/sより大きいデータを山風と定義し、それぞれの観測日における山風の発生状況を解析した。表-2の山風出現率とは、それぞれの測定時間中に得られた全データのうち、山風に該当するデータを%で表したものである。顕著な山風出現率とは、それぞれの測定期間中に得られたデータのうち、風速1.5 m/s以上に該当するものである。

今回の測定範囲では、日中、夜間ともに高い頻度で山風が発生していることが明らかになった。8時から20時において、山風出現率が90%以上の日が多くみられたが、40%に満たない期間もあり、日によって山風の発生状況が異なることが分かる。

20時から翌8時の夜間においては、ほとんどの観測期間で山風出現率が100%となっており、安定して山風が吹いていた。夜間に斜面を吹き降ろす風が連続的に吹くという結果は、長野県の研究事例(浜田, 2011)¹¹⁾などと同様の結果であり、山地における山風の一般的な性質であると考えられる。

(3) 谷口における風の連続観測結果

1) 安定した山風の例

2015年8月8日12時00分～14時30分の谷口での測定結果を図-3に示す。以下、図-5まで計測間隔は10秒である。測定中の天候は晴れであり、京田辺のアメダスで14時50分に最高気温37.4℃を記録した猛暑日であった。風向は230～280°の範囲にあり、山を吹き降ろす風が連続的に吹いていた。平均風速は1.7 m/sであり、風速の最大値と最小値はそれぞれ2.4 m/s、1.0 m/sであった。測定中に得られた全データのうち、風速1.5 m/s以上が約90%を占めており、顕著に山風が発生した日であった。谷口の平均気温は28.5℃であった。市街地内に設置した自記温度計の値は12時、13時、14時においてそれぞれ33.9℃、35.0℃、35.9℃を記録していた。同時刻における谷口の気温はそれぞれ28.8℃、28.5℃、28.6℃であった。市街地の気温と比較すると14時では気温差が7.3℃に達し、谷口は顕著に低温な環境であったことが分かる。市街地では12時から14時にかけて気温が2.0℃上昇し

たが、谷口においては目立った気温上昇がみられなかった。これは山風により冷涼な環境が維持され、気温上昇が抑制されていたことが原因だと考えられる。この時、神應寺の谷の気温は、14時において谷筋①では27.8℃、谷筋②では27.4℃を記録しており、谷口の気温よりも更に低温であった。谷筋③では28.7℃と、谷口の気温と同程度であった。神應寺の谷の谷筋において冷たい空気が形成されており、その空気が流出することで谷口付近で大きな気温低減効果をもたらしていると推察される。

この事例以外では、2015年8月18日12時～13時のデータが同様の傾向を示した。13時の市街地の気温は31.3℃であったが、谷口では24.7℃であり、6.6℃の気温差があった。8月18日12時において、放射温度計(PM132A: YOKOGAWA)を用いて地表面温度分布の測定も行った。その結果、谷口付近の地表面温度は25.0℃であり、谷口の気温25.3℃よりもわずかに低かった。参道を進むにつれて地表面温度は徐々に低下していき、谷の上流部では24.1℃であった。谷筋を流れる水の温度は21.9℃であり、これも谷口の気温より低かった。このような神應寺の谷の低温な地面の影響で低温が保たれ、冷気が維持されている可能性が高い。

このように山風が連続的に吹く場合には、谷口での気温変化が非常に小さく、気温が低い状態が維持されることが特徴である。

2) 間欠的に吹く山風の例

2015年8月12日15時30分から18時に行った観測結果を図-4に示す。測定中の天候は曇りであり、京田辺のアメダスで15時28分に最高気温34.2℃を記録した真夏日であった。風向は250～270°の範囲にあり、山風が吹いていた。しかし、測定中に4回ほど風速が0.0 m/sとなり、山風は間欠的であったことが分かる。平均風速は1.2 m/sであり、8月8日より小さかった。この日無風状態が続いた最長継続時間は約50秒であり、非常に短時間であった。これとは別の8月8日の夕方の観測では、周辺地域で大気の状態が不安定となり雷鳴が聞こえ、無風状態の最長時間は7分間に及んだ。

このように日によって無風状態となる頻度や、吹き止む時間が異なっており、その時の気象条件に影響されていると考えられる。無風状態になると一時的にわずかな気温上昇が見られたが、低温な環境は維持されていたといえる。15時30分において市街地の気温は34.2℃であったが、谷口では27.3℃で、気温差は6.9℃であった。

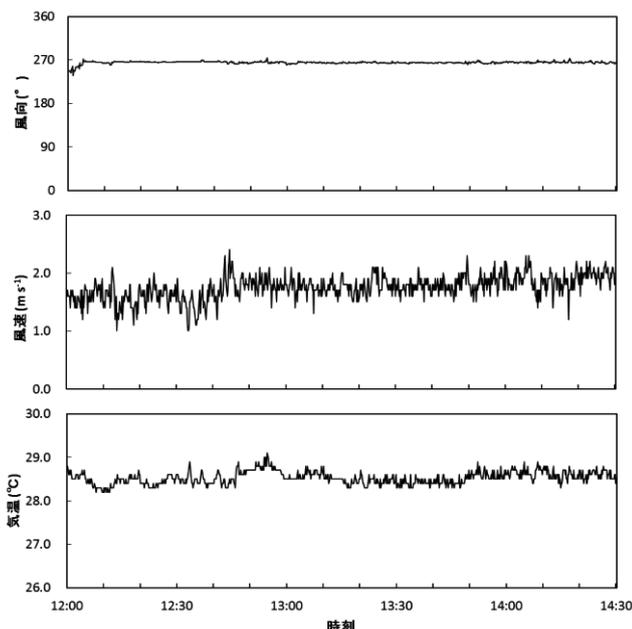


図-3 谷口における風向、風速、気温の変化 (2015年8月8日)

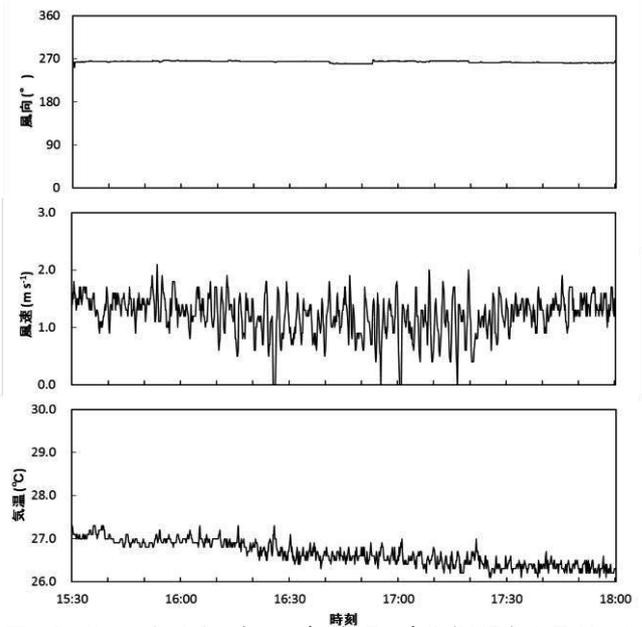


図-4 谷口における風向、風速、気温の変化 (2015年8月12日)

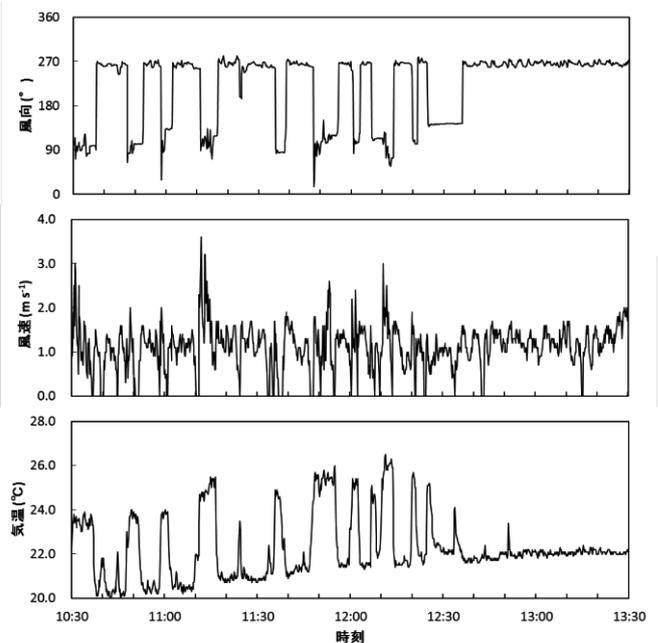


図-5 谷口における風向、風速、気温の変化 (2015年9月15日)

3) 谷風との入れ替わりがある山風の例

2015年9月15日10時30分から13時30分に行った観測結果を図-5に示す。測定中の天候は晴れであり、京田辺のアメダスでは13時21分に最高気温29.6℃を記録した。

10時30分から12時30分頃までは、山風と谷風が交互に入れ替わり吹いていた。この時間帯において、風速は0.0 m/sから3.6 m/sと変動幅が大きく、前述した事例よりも不安定であった。2.5 m/s以上の風速を記録した時は、いずれも谷風が吹いていた。

風向と気温の関係を見てみると、山風が吹いていた時は、谷風が吹いていた時と比べ、顕著に気温が低下していることが分かる。それらの気温差は3.0～4.0℃程度であり、風向の変化に伴い急激な気温の変化が生じていた。測定中に最も高い気温を記録した際の気温変化について詳しく見てみる。谷風が吹いていた12時11分から12時13分間の気温は26.0℃前後であり、12時11分20秒には測定中の最高気温26.5℃を記録した。12時13分40秒

に風向が 76° 、風速が 0.0 m/s となったが、その10秒後には風向が 263° 、風速が 1.6 m/s となっており、この時点で山風に変わった。山風が吹く直前の気温は 25.9°C であったが、その後急激に気温が低下し、50秒間で気温は 4.5°C も下がった。この急激な気温変化は、前述した地域住民によって経験されている冷気流の特徴であり、このエリアにおける特異的な現象であると考えられる。風向の変化に伴う急激な気温変化は、山風と谷風の入替わりの際に生じており、12時以前にも繰り返し見られた。なお、一部のデータで風向の変化よりも気温の変化が先に生じている時間帯があるが、これは矢羽で風向を変化させる測器の遅れによる影響と考えられる。浜田(2011)¹¹⁾が長野県の市街地で行った研究では、山風流入後20分間で約 2.0°C 、40分間で約 4.0°C の気温低下が観測されたが、その結果と比較すると、極めて短時間で気温変化が生じたことが分かる。谷筋に設置した自記温度計は安定して低温を示していたことから、谷筋上流側の空間に安定的に低温空気が蓄積しており、この下端部での空気の移動が、極端な気温の変化をもたらしているものと推察される。13時以降は安定して山風が吹いており、気温は $21.9\sim 22.4^\circ\text{C}$ を推移していた。京田辺のアメダスで日最高気温が出現した13時21分において、市街地では 27.9°C 、谷口では 22.1°C であり、気温差は 5.8°C であった。

谷風と入れ替わり山風が吹く場合には、風速の変動幅が大きく、風向が変わる時に急激な気温変化を伴うのが特徴であり、谷口付近で冷氣の前線面のようなものが形成されていると考えられる。

(4) 日変化パターンの比較

ここでは、24時間の連続観測の結果から、谷口での風速、風向、気温の日変化パターンを示し、1日を通して山風がどの時間帯に発生するのかを解析する。これらの計測間隔は60秒である。

1) 2015年8月23日8時から8月24日8時の観測事例

8月23日から24日にかけて天気は概ね安定していた。23日8時から15時においては山風が吹く時間が多かった(図-6)。この時間帯では時折 $50\sim 110^\circ$ の方向から吹く谷風が発生することもあった。このような谷風との入れ替わりがある山風は、9月15日の観測事例と類似しており、気温と風速の急激な変化を生じている。15時から21時においては山風よりも谷風の頻度が高くなっていた。この時間帯における風速はかなり不安定であり、無風状態から 3.0 m/s 程度までの幅があった。アメダスのデータによると、この時間帯の一般風は京田辺では $2.1\sim 2.7\text{ m/s}$ 、枚方では $2.9\sim 4.4\text{ m/s}$ であり、全観測期間のうちでも比較的風速が大きい日であった。強い一般風が谷口での風に影響を及ぼしていた可能性がある。21時以降は常に山風が吹いており、風速も $0.5\sim 1.5\text{ m/s}$ の範囲で安定していた。

2) 2015年8月27日8時から8月28日8時の観測事例

測定期間中、天気は安定して晴れであった。27日の12時までは山風とその他の方向から吹く風との入れ替わりが見られ、8月8日の観測事例と同様の結果であった。しかし、12時以降から翌8時まで常に山風が吹いていた(図-7)。

山風が安定して吹き始めた時間帯から、風速も $1.0\sim 2.0\text{ m/s}$ の範囲で安定していた。1時30分に一度無風状態になったが、それ以外は山風が連続的に吹いていた。山風の影響により、谷口付近では日中においても気温がほとんど上昇せず、 26.0°C に満たなかった。市街地では16時に日最高気温の 32.4°C を記録したが、同時刻において谷口では 24.9°C であり、気温差は 7.5°C に達した。

(5) 谷口における気温・風速の鉛直分布の特性

測定を行った2015年9月4日12時から13時(日中)、9月5日0時から1時(夜間)は、両日とも天気は晴れであった。日中は風向が $260\sim 280^\circ$ の範囲にあり、山風が吹いていた。12時45分頃までは安定して山風が吹いていたが、それ以後は無風になることもあり、間欠的に吹いていた(図-8)。

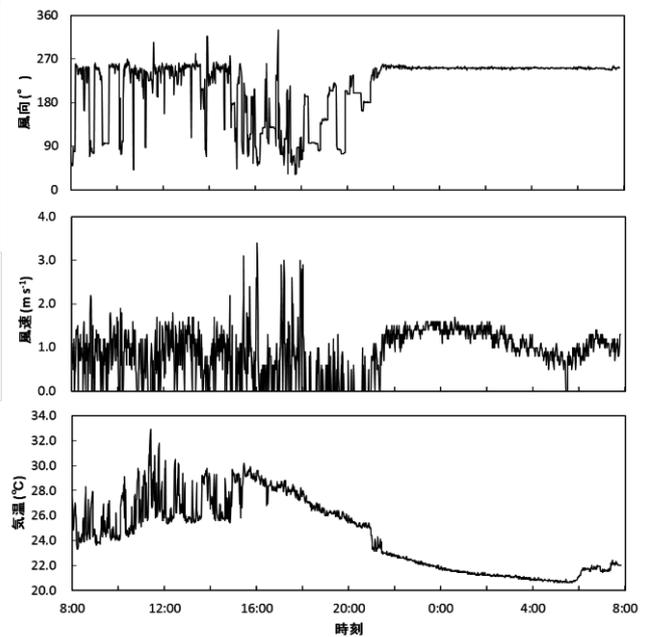


図-6 谷口における風向、風速、気温の変化
(2015年8月23日8時~24日8時)

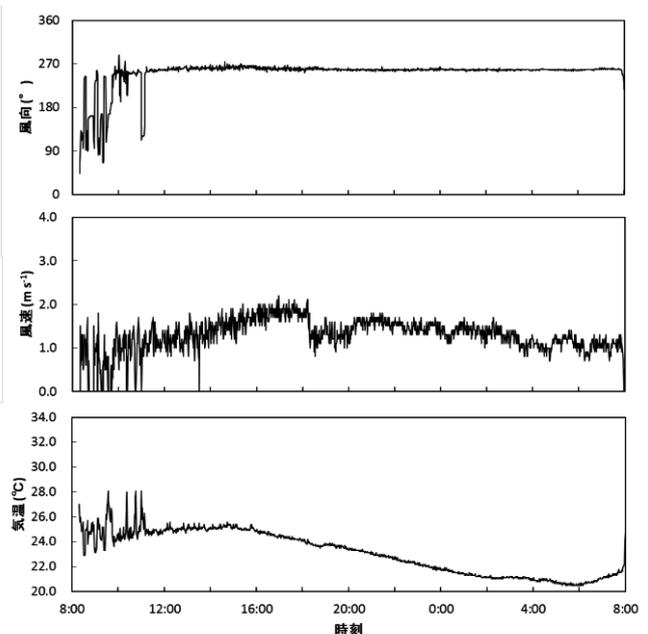


図-7 谷口における風向、風速、気温の変化
(2015年8月27日8時~28日8時)

地上高 3.5 m で風速が大きくなる傾向がみられたが、風速の変動のパターンは各高度で類似していた。山風はある程度の高さをもって吹いており、少なくとも地上高 7.0 m まではその範囲に含まれることが分かった。市街地の気温は12時で 28.6°C 、13時で 28.9°C であった。それらと比較すると各高度とも顕著に低温であった。高度によっても気温差がみられ、高度が低いほど気温も低くなる傾向にあり、地上 1.5 m ではいずれの高度よりも常に気温が低く、地上 7.0 m よりも $1.0\sim 1.5^\circ\text{C}$ 低かった。低温な地面に近い空気が暖まりにくいためと考えられる。

夜間において山風は、日中とは異なり連続的に吹いていた(図-9)。夜間は各高度を比較しても明確な温度差がなく、 0.4°C 差以内にとどまっており、山風の層全体で一様に近い温度分布であった。

と考えられる。0時において、神應寺の谷内に設置した7個の自記温度計のデータは、20.0~20.3°Cの範囲にあった。このように、夜間において神應寺の谷では、谷筋や参道でほとんど気温差がなく、1.5~7.0mの範囲でも気温差は小さかった。風速も各高度で安定しており、夜間における安定した山風の発生は8月8日、8月12日と同様の結果であった。地上高3.5mで風速が大きくなる傾向があり、これは日中と同様であった。高度3.5mでは、地面や樹冠付近の葉による摩擦の影響を受けにくくなるため、風速が大きくなるものと考えられる。

(6) 山風発生時の谷上流から市街地にかけての気温・風向・風向の水平分布の特性

2015年9月4日の日中(12時)の天気は晴れ時々曇りであった。谷口における風向風速計の記録から、移動観測中は谷口付近で安定した山風が吹いていた。神應寺の谷内での風向は常に参道沿いを市街地側へ吹いていく山風の方であり、移動1から移動4まで風速の最小値が0.0 m/sを記録した地点もなかった(図-10)。このことから参道の最も奥の移動1より更に上流から山を吹き降ろす安定した気流が発生していたことが分かる。移動4の風速は1.5 m/sであり、神應寺の谷内の風速と比較すると大きい値となっていた。また、最大値と最小値も同様に大きい値となっていた。これは山の地形による影響と考えられる。移動5から移動7において、風向は一定であったが、風速の最大値と最小値の差が大きく、山風はやや不安定であったといえる。幹線道路上の移動8では風向が南向きになっており、この地点では山風ではなく、一般風の影響を受けていると考えられる。山風は市街地に近づくにつれて一般風の影響を受け、幹線道路上ではさらに車両交通等の

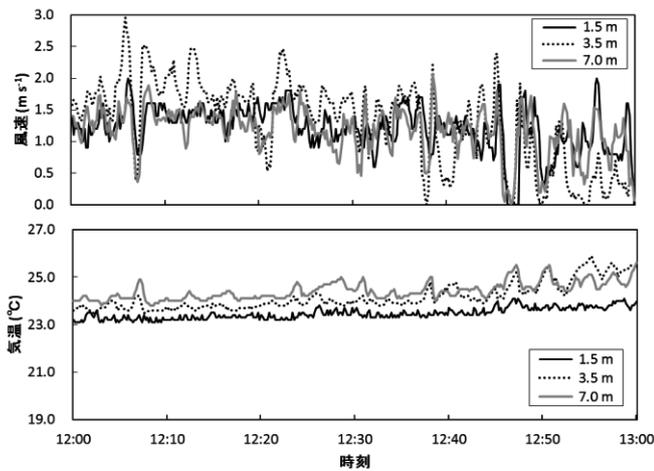


図-8 高度別の風速、気温の変化 (2015年9月4日・昼間)

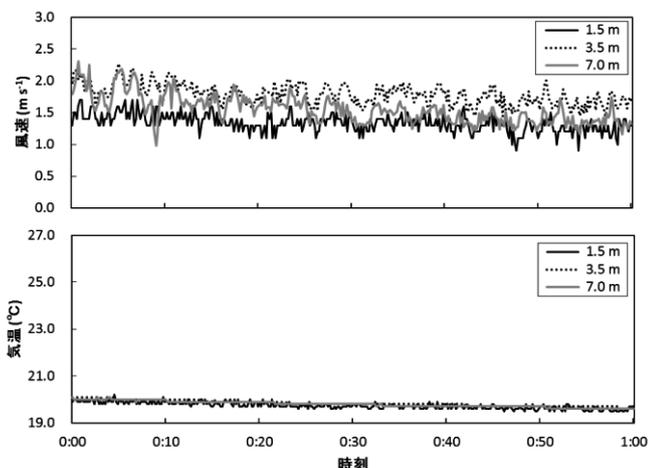


図-9 高度別の風速、気温の変化 (2015年9月5日・夜間)

影響も受けて消滅すると推察される。神應寺の谷から周辺地域にかけての温度変化を見てみると、山内にある移動1から移動3までは気温が低く、移動2では23.4°Cであった。一方、市街地に最も近い移動8の気温は29.5°Cで、移動2との気温差が6.1°Cに達していた。同時刻において市街地では28.6°Cを記録していた。移動8は幹線道路上にあり、八幡市駅にも近く比較的交通量が多いため、気温が高かったと考えられる。男山と市街地の中間地点である移動5と移動6では、それぞれ25.5°C、25.9°Cであり、移動8や市街地のデータと比較すると低温であった。谷口から80~100m程度離れている地点においても、山風による冷却効果が及んでいたと判断できる。これらは、他の観測日においてもおおよそ同様な結果であり、2009年の測定¹²⁾とも良く似た結果となり、再現性が認められる。

9月5日の夜間の移動観測時においても、日中と同様に安定した山風が吹いていた(図-11)。山内での風向は常に参道沿いを市街地側へ吹いていく方向であり、移動1から移動4まで風速の最小値が0.0 m/sを記録した地点も無かった。移動4で風速が大きいのは日中と同様である。気温は移動3と移動4で19.8°C、市街地に近い移動8で20.8°Cであり、それらの気温差は1.0°Cであった。また、移動5、移動6と移動8との気温差はそれぞれ0.8°C、0.7°Cであった。日中ほど顕著な温度差は現れなかったが、山風の影響範囲で低温化が認められた。

(7) 山風と一般風との関係

男山では日中、夜間ともに山風が吹くことが確認されたが、日中の山風の発生状況は日により、時間帯により異なっており、その時々気象条件に影響されるということが示唆された。そこで、日中の山風発生時の一般風の風向や風速との関連性について解析した。



図-10 日中の気温・風向風速分布 (2015年9月4日12時)



図-11 夜間の気温・風向風速分布 (2015年9月5日0時)
口内が気温、矢印が風向風速を表す

1) 山風発生頻度と一般風の風速

アメダスの風速のデータは 10 分毎の値を用いた。谷口における風の観測で得られたデータは集計し、10 分毎のデータとした。日中の全観測期間で 296 データが得られた。

解析の結果、アメダスの風速が大きくなるほど、山風の発生率が低くなる傾向がみられた。枚方のアメダスで風速 0.0~1.0 m/s を観測したときは、92.0%が山風であった。しかし、風速 3.0~4.0 m/s、4.0~5.0 m/s を観測したとき、山風の占める割合はそれぞれ 44.3%、45.5%であり、山風の発生率は低くなった。京田辺のアメダスでも同様の傾向を示し、一般風の風速が強いほど山風の発生頻度が低くなる傾向が見られた。

2) 山風発生頻度と一般風の風向

解析には風速と同様に 296 個のデータを用いて、16 方位ごとに比較した。京田辺のアメダスの風向との関係をみてみると、風向が北から東寄りの場合に山風の発生率が低くなっていた。特に、京田辺での風向が北北西の時、山風が占める割合は 37.1%しかなかった。風向が西寄りの場合は山風の発生率も高く、風向が西の時 100%が山風であった。神應寺の谷は西から東へ向けて開けており、山の斜面もこの方向に下っている。一般風が西寄りから吹く場合は、ちょうど山の斜面を吹き降ろす方向と一致しており、それにより山風の発生率が高くなったと考えられる。枚方のアメダスの風向との関係を見ても、風向が西寄りの時は山風の発生率が高かった。

しかし、いずれの風向の場合においても山風は発生しており、一般風の風向と山風の発生に関する関連性については十分には明らかにならなかった。

4. まとめ

本研究の結果、13 日間の全観測日において男山から日中、夜間ともに山から吹き降ろす低温の風が観測された。

谷口における風の観測の結果から、日中においては、山風が連続的に吹く場合、間欠的に吹く場合、谷風と入れ替わりながら吹く場合とが確認された。山風が連続的に吹く時は風速が大きく、風速 1.5 m/s 以上となる時間帯も多かった。いずれの場合も山風が発生している時間帯に谷口では顕著に気温が低く、周辺のアメダスデータや八幡市市街地での実測データと比較すると最大で 7.5°C程度低かった。山風と谷風と入れ替わりながら吹く場合は、風向の変化に伴い急激な気温変化が生じており、最大、50 秒間で気温が 4.5°Cも低下した。

山風の日変化パターンは日によって大きく異なっていた。夜間における安定した山風の発生は、各観測日ともに共通しており、一般的に知られている山風と同じ特性を示した。しかし、日中における山風は一定のパターンを示さず、その時の気象条件に影響されることが示唆された。

谷口における風速、気温の鉛直分布の測定結果から、日中は、上部よりも下部で気温が低いという結果となり、地上 1.5 m では、地上 7.0 m よりも 1.0~1.5°C低かった。このことから地面付近で冷気が形成されているということが分かった。谷筋に流れる水や地面の温度は山風よりも低く、低温を保つ一因となっている可能性が高い。

移動観測結果から、山風発生時は、山から市街地へ向かう道に沿う風が確認され、日中は谷口から約 100 m 離れた地点においても気温低下が認められた。しかし、幹線道路と交わる地点では気温低下がほとんど認められず、その先に山風は到達し難いと考えられる。

今回研究対象とした山風は、夏季の日中において神應寺の谷口周辺に顕著な気温低下をもたらすことが確認された。低温な山風の頻繁な発生状況と、強い冷却効果を考慮すると、夏季において

低温な風の及ぶ範囲にある神應寺の谷口付近のスペースを、避暑目的に特化したクールスポット緑地として整備、活用できる可能性は高いと考えられる。公園緑地からの冷気にもじみだし現象等¹⁴⁾¹⁵⁾と比較すると、男山の山風は気温の低減量と風速が大きく、体感的にも非常に涼しく感じられる。このような特化した目的で設置された公園緑地の前例は、ほとんど無いと思われるが、地域住民による日常的活用のみならず、特殊な自然現象を体感するための観光目的の緑地としても有望であると考えている。

なお、山風の冷却効果が及ぶのは谷口から 100m 程度までであり、広く都市全体を冷却するような効果は期待できないことも明らかになった。

今回の調査では、山風が日中に生じる原因は明らかにならなかった。その発生メカニズムを直接的に解明していくためには、男山上空での風況などについて詳細な調査を行っていく必要があり、その発生原理が明らかになれば、他の緑地等での発生可能性の判断なども出来るようになるだろう。

謝辞：本研究を遂行するにあたって協力いただいた、曹洞禅宗神應寺住職、大木祖浄氏、ならびに(株)森生テクノ代表取締役、田中明則氏に謝意を表す。

補注及び引用文献

- 1) 東京都環境局(2005)：ヒートアイランド対策ガイドライン、11-20
- 2) 環境省：ヒートアイランド対策 http://www.env.go.jp/air/life/heat_island/index、2016.9.1 参照
- 3) 吉野正敏(1986)：新版 小気候：地人書館、162-267
- 4) 糸川文崇、竹林英樹、森山正和(1999)：夏季夜間の冷気流による市街地冷却効果に関する実測研究—神戸市灘区袖谷周辺市街地における実測結果(98年夏季)—：日本建築学会大会学術梗概集 1999.9、703-704
- 5) 竹林英樹、森山正和、糸川文崇(2001)：夏季夜間における山麓冷気流の出現頻度と市街地における影響距離：日本建築学会計画系論文集第 542 号、99-104
- 6) 竹林英樹、森山正和(2002)：夏季夜間における山麓冷気流の集積・流出過程に関する研究：日本建築学会計画系論文集第 558 号、57-61
- 7) 竹林英樹、森真佐雄、芝池英樹、森山正和(2002)：斜面冷気流における冷気生成機構に関する研究：日本建築学会技術報告集 16、181-184
- 8) 鳴海大典、水野稔、下田吉之(2002)：地域計画への運用を目的とした冷気流のモデル化に関する検討—丘陵地周辺の住宅地域に及ぼす冷気流の影響 その 2—：日本建築学会計画系論文集第 557 号、111-118
- 9) 竹林英樹、森山正和、芝池英樹(2005)：夏季夜間における山麓冷気流の市街地熱環境緩和効果に関する研究：日本建築学会環境系論文集第 591 号、69-74
- 10) 糸川文嵩、竹林英樹、森山正和(1999)：夏季夜間の冷気流による市街地冷却効果に関する実測研究—神戸市灘区袖谷周辺市街地における実測結果(98年夏季)。日本建築学会大会学術梗概集 1999、9、703-704
- 11) 浜田崇、一ノ瀬俊明(2011)：山風の流入による夏季の都市気温への影響：地学雑誌、2、403-410
- 12) 山田宏之、鳥羽響子(2010)：京都府八幡市男山周辺で観測される低温な山谷風に関する基礎的解析：環境システム研究論文集 Vol.38、73-80
- 13) 気象庁ホームページ：平成 27 年報道発表資料(夏(6~8 月)の天候：<http://www.jma.go.jp/jma/press/1509/01c/tenko150608>、2015.9.1 参照
- 14) Hiroyuki Yamada, Mami Yokota(2009)：Research on the park breeze from the Daisen park, Osaka pref.：The 7th International conference on Urban Climate, Yokohama, Japan, CD-ROM
- 15) Eliasson, I., Upmanis, H. (2000)：Nocturnal Airflow from Urban Parks-Implications for City Ventilation. Theoretical and Applied Climatology, 66, 95-107