

京都盆地の局地気象

田 中 正 昭

LOCAL CLIMATE OVER THE KYOTO BASIN

By *Masaaki TANAKA*

Synopsis

Wind data at Ujigawa Meteorological Tower at 50m height and over Yonago at 900m surface are analysed from April 1976 to April 1977. The detailed investigations of the diurnal and seasonal variations in the wind speed and direction are made. At daytime, in the period of the strongest vertical mixing, wind speed at the 50m height attains a maximum, at the 900m surface a minimum and the wind direction controlled by synoptic weather conditions is not so different between them. At night time, wind speed is a reverse and the wind direction difference between at 50m height and at 900m surface is very large.

Besides the strong wind, from night to early morning at the lower layer over the Kyoto basin, the wind speed deceases less than 2m/s and wind direction which differs from the upper layer is northward or southward. The mechanism of local winds is discussed considering the distribution of temperature field associate with local topography over the Kyoto basin.

1. ま え が き

地表付近の気象現象は、数日の周期をもつ高低気圧の位置関係によるシノプティックな気象条件によって強く支配されている。しかし、この支配力が弱いとき地表から数100 m高度まで、みかけ上シノプティックな気象現象とは無関係な、その地域特有な風および気温分布が形成される。この現象は、主として地表面の形状や熱的性質の水平方向の不均一性に帰因するもので、局地気象（気候）とよばれ、斜面に発生する斜面風、峡谷の山谷風、沿岸域における海陸風、盆地内の冷え込み、局地循環風、霧の発生などが、その典型的なものである。

京都盆地に発現する局地風は、その風速は弱いが、一般風と全く異なる特有な風向をもち、大気汚染など環境問題をとり上げる場合は、最も重要な問題となる。京都盆地の局地気候について、主に大気汚染問題と関連して、すでにいくつかの報告がなされ、京の底冷え、逆転層の発達しやすさ、などが指摘されすでに常識となっている¹⁾²⁾³⁾。中島³⁾は京都盆地内16カ所で、冬期夜間の弱風時にどのような風が吹いているか調べ、平均してみると京都駅付近を中心として風は $10^{-4}/s$ のオーダーで収束していることを求めた。しかし局地風、気温の逆転層、気温の水平分布などの形成とその相互関連を総合的にみた研究は無いように思う。

この報告では、われわれが観測研究⁴⁾を続けている宇治川気象観測塔の気象要素を解析することにより京都盆地の局地気象、特に局地風の形成について検討した。

京都盆地は Fig. 1 に示したように周囲を高度200mから500mの山地にかこまれた南北20km東西8 kmの楕円型をした平坦地である。盆地内を北から南へ桂川、東から西へ宇治川、南東から北西へ木津川が流れ、盆地の西の八幡で合流して淀川となり大阪へ流れる。図中、数字で示した地点は常時、気温、風などの気象観測がなされている、1. 京都地方気象台、2. 京都大学防災研究所宇治川水理実験所、3. 京都府農業試験所田辺分場の位置である。われわれが観測を続けている宇治川気象観測塔は、盆地のほぼ中央部の2の位置にある。この地点の海拔高度は約10mで、ここから北へは勾配約1/200の登り斜面をなしているが南は木津

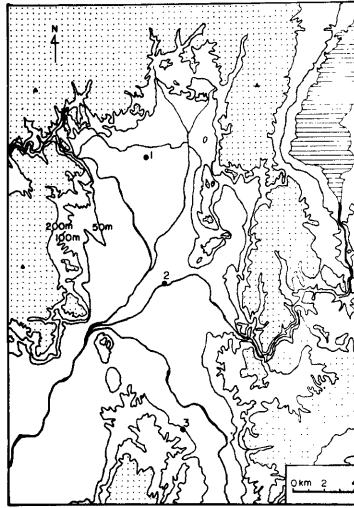


Fig. 1. Map of the Kyoto basin. Dotted areas indicate the areas more than 200m height. Numeral 1, 2, 3 indicate Kyoto Meteorological Observatory, Ujigawa Hydraulic Laboratory and Tanabe AMEDAS Station.

川まではほぼ平地が続いている。

2. 京都盆地の風の特徴

われわれは1976年4月から1977年4月までの一年間、宇治川の50m高度の風を解析して、地表面近くの風の特徴を検討した⁵⁾。地表面から100 mまでの地表面近くの風（以下地表風とよぶ）は、地面で風速ゼロという拘束条件のもとに、通常は上層の自由大気の風の影響を強く受けている。したがって京都盆地特有の地表風の特徴を検討するためには、京都の上空を吹く上層風のとの関連においてみる必要がある。宇治川の地表風の記録に対応できる京都上空の風は測定されていない。したがって、ここではゾンデによって常時高層観測がなされている地点で、最も京都に近い米子の900mb（約1000m）の実測風を、上空の風とした。米子

Table 1 Monthly mean wind speed at 900mb over Yonago and at 50m Ujigawa meteorological Tower. (m/s)

	76 4	5	6	7	8	9	10	11	12	77 1	2	3	ave.
900mb over Yonago	8.4	8.1	7.2	6.5	8.0	6.8	6.7	9.3	10.2	10.0	10.2	9.9	8.4
50m U.M.T	2.7	2.8	3.1	3.0	3.0	3.0	2.9	3.3	3.2	3.2	3.1	3.5	3.1
Ratio	0.32	0.35	0.43	0.46	0.38	0.44	0.43	0.35	0.31	0.31	0.32	0.30	0.37

Table 2 Seasonal occurrence of wind at 9 0mb over Yonago. (%)

season	time	03	09	15	21
	wind speed				
Spring	0-2.5 m/s	3.4	3.3	7.8	3.3
	2.6-5.0	25.0	27.2	33.8	31.5
	5.1-10.0	39.8	33.7	35.1	35.9
	10.1-	33.0	35.9	23.4	29.3
	days of data lack	4	0	15	0
Summer	0-2.5	9.1	9.8	11.4	12.0
	2.6-5.0	25.0	33.7	40.5	30.4
	5.1-10.0	37.5	28.3	31.6	39.1
	10.1-	28.4	28.3	16.5	18.5
	days of data lack	4	0	13	0
Autumn	0-2.5	10.2	12.1	16.7	9.9
	2.6-5.0	28.4	25.3	29.5	20.9
	5.1-10.0	37.5	37.4	33.3	41.8
	10.1-	23.9	25.3	20.5	27.5
	days of data lack	3	0	13	0
Winter	0-2.5	2.3	3.3	2.6	2.2
	2.6-5.0	20.7	15.6	16.9	13.5
	5.1-10.0	32.2	40.0	42.9	43.8
	10.1-	44.8	41.1	37.7	40.4
	days of data lack	3	0	13	1

は京都の西北西約 220km と距離はかなり離れているが、上層の風は、かなり大規模なスケールで変化しているから、両地点の差は地表風のそれほど大きくないだろうと考えた。Table 1 に 1976 年 4 月 11 日から 1977 年 4 月 10 日までの一年間、米子の 900mb 面、日 4 回 (03, 09, 15, 21) の実測風 (以下上層風とよぶ) から月平均風速を求め、宇治川 50m 高度の平均風速とともに示した。これから上層の風は冬期強く、夏期弱いという季節変化が明瞭に表われているが、地表風は平均すると季節変化が無くなってしまっていることがわかる。Table 2 に上層風を 4 階級に分けて時刻別に発現比率を示した。なお表の下端に期間中の欠測日数を示したが比率計算は欠測を除いた値で求めた。Fig. 2 に上層風として米子の 900mb の風の風配図を季節別、時刻別、風速階級別に分けて示した。風配図の風向は 16 方位に分けられ、線分の長さはその風向の風の発現頻度数に比例している。上層風の特徴は Fig. 2 と Table 2 から、1) 主風向が季節によって顕著な特長をもっている、すなわち春は西ないし西南西、夏は西南西ないし南南西、秋と冬は西ないし西北西、である、年間を通してみると西風が主方向であり、これを春夏は南成分が、秋冬は北成分が加わった風向になっている、2) 風速も季節変化し冬強く、夏弱い、冬期 5m/s 以上の風が 80% 以上の頻度で出現し、さらにそのうち約半分が 10m/s 以上であるのに対して、夏期は 5m/s 以上が 60%、特に昼間 15 時は 50% 以下である、3) 特に 10m/s 以上の風の強いとき、風速の日変化が明瞭に表われている、すなわち午後から夕方にかけて弱まり、夜半から午前中に強くなる、これに対して風向はほとんど日変化しない。

風向風速の季節変化の特長は、西日本のシノプティックな気象条件でできる自由大気風の一般的なものである。風の日変化は、気温の鉛直分布の日変化による安定度の変化から、上下の混合の度合の違いによって生ずる、すなわち昼間は不安定度の増大により上層から下層への運動量輸送が大きくなり結果として上層

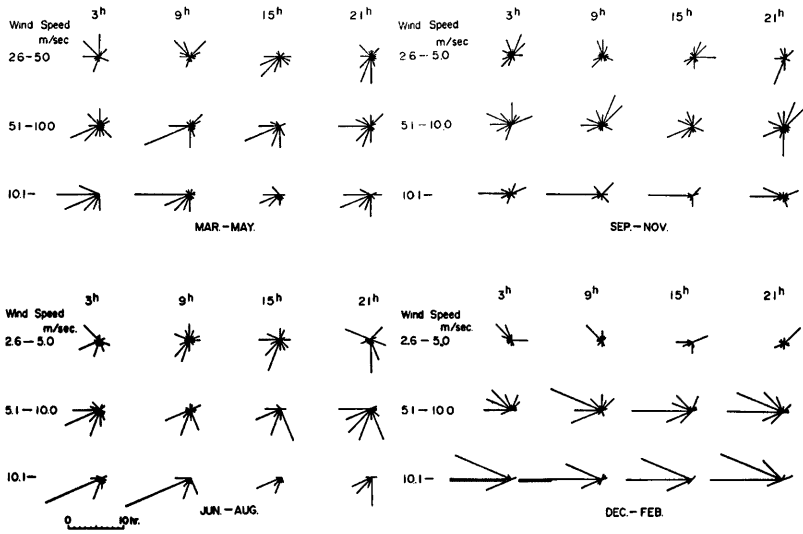


Fig. 2. Seasonal wind roses at 900mb level over Yonago.

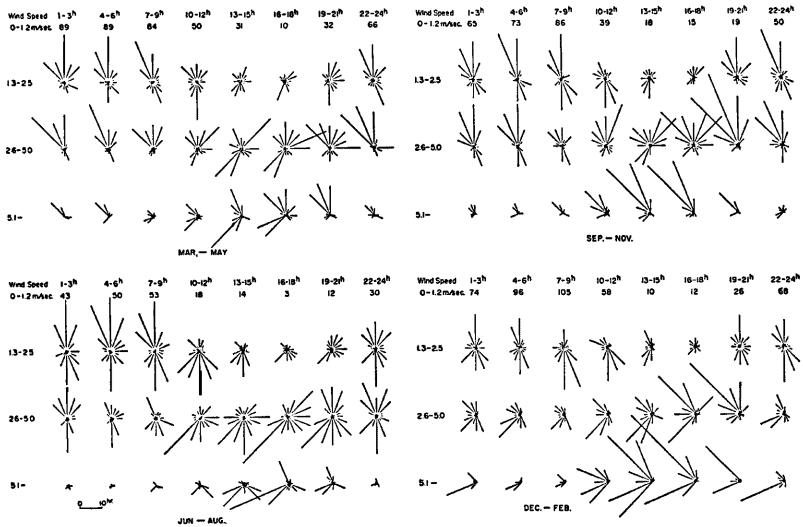


Fig. 3. Seasonal wind roses at 50m height at Ujigawa Meteorological Tower (after Tanaka et al. (1977)).

風が弱まり、逆に夜間から早朝は安定度の増大により下層への運動量輸送が小さくなり、上層の風は自由大気の風と同じ強さを保つ。Table 2 の風の発現率をみると冬は風速の日変化が小さく夏に大きいことがわかる、これは鉛直安定度が日変化しながら、さらに季節変化（冬期大、夏期小）していることを反映している。以上にみたように高度1000mの上層風はシノプティックな気象条件で一義的には風向、風速とも決められ、それに下層大気安定度の季節変化、日変化の効果が加わっているということが出来る。

これらの上層風の吟味結果をふまえて京都盆地中央部の地表風の状態を検討してみよう。宇治川気象観測塔 50m 高度の風を上層風と同期間、全く同様な手法で風配図にしたものが Fig. 3 である。地表風も明瞭な日変化をしているが、上層風（1000m）に比べて位相がほぼ半日ずれている。すなわち昼間に強く、夜間に弱い、これは先に述べた安定度の日変化による。地表風の強い午後、各季節の卓越風向をみると、春は南西夏は西南西、秋は北西ないし北北西、冬は北西と西南西で、この風向は、ほぼ先にみた上層風が下層に降りてきてやや低圧部に向いたという見方ができる。また上層と下層の風速の比は約 1/2 である。すなわち昼間最強時の地表風は、上層の風によって支配されている。ただ秋冬期、上層風の風向からみて、西風の地表風の頻度をもっと多くてもよいと考えられるが、これは Fig. 1 でみたように京都盆地が南北に細長いため、東西風より南北の風が吹きやすい効果が現われているのかもしれない。

つぎに夜間の弱風時についてみる、各季節共通して北または南成分の風が、東西風に比べて圧倒的に多くなっている、さらに詳細にみると、春・秋は北風が多く、夏・冬は北と南成分の風がほぼ半々の頻度となって現われている。この弱風時の地表風の風向は、上層風の風向と安定度の日変化からは説明できない。これは上層風と無関係な北または南の風向をもった局地風が形成されていることを物語っている。

3. 局地気象の形成例

前節で、京都盆地中央部の地表風は通常、昼間、上層風とほぼ同風向で風速が約 1/2 の風となり、一方夜間、風は弱まり、上層風と無関係な南または北成分系の局地風が吹くことをみた。この節では1979年3月3日から4日にかけての宇治川気象観測塔での特別観測結果⁹⁾ から京都盆地の夜間局地気象の形成状態を風と気温分布から検討してみる。3月4日03時の地上天気図を Fig. 4 に示したが、西日本は大陸の高気圧の影響下にあり、京都の天気は晴れ時々薄曇りであった。

Fig. 5 に宇治川気象観測塔で測定した 42m, 17m, 1.5m 高度の相対湿度 (RH 42, RH 17, RH 1.5), 地表面温度 (T_s), 地上 1.5m 高度の正味放射量 (R_N), 地上 1.5m 高度の気温 ($T_{1.5}$), 50m と 1.5m 高度および 25m と 1.5m の気温差 ($\Delta T_{50-1.5}$, $\Delta T_{25-1.5}$), 42m 高度の10分間平均風向 (D), 風速 (U) を示した。夜間の逆放射量 (R_N) が上向きになった時刻は3日16時45分、下向きになったのは4日7時30分で、この間天空への総放射量は 67 cal/cm² で、地上 1.5m 高度の気温降下量は 8.5°C と冷え込みがきびしかった。風の変化から、この期間を4つに分けてみる事ができる、すなわち3日午後吹いていた北の風 5m/s が夜半に入るにしたがい徐々に西北に変化しつつ風速が弱まっていた4日0時すぎまでの期間、風速がごく弱い東成分の3時頃まで期間、風速 2m/s 程度の南風の9時すぎまでの期間と、それ以後の北西の強風の期間である。このときの上層 1000m 高度の風は米子のゾンデ観測によると北北東 8m/s であった。第1期の風向が反時計廻りに変化をした0時すぎまでは、夜間の冷え込みにより下層大気安定

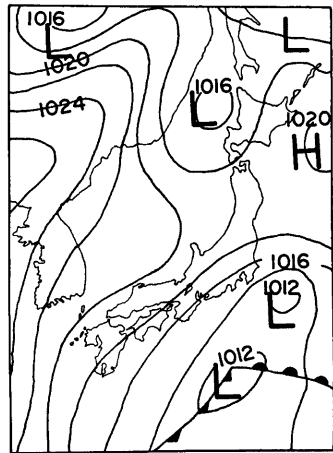


Fig. 4. Surface weather map on 03^h March 4, 1979.

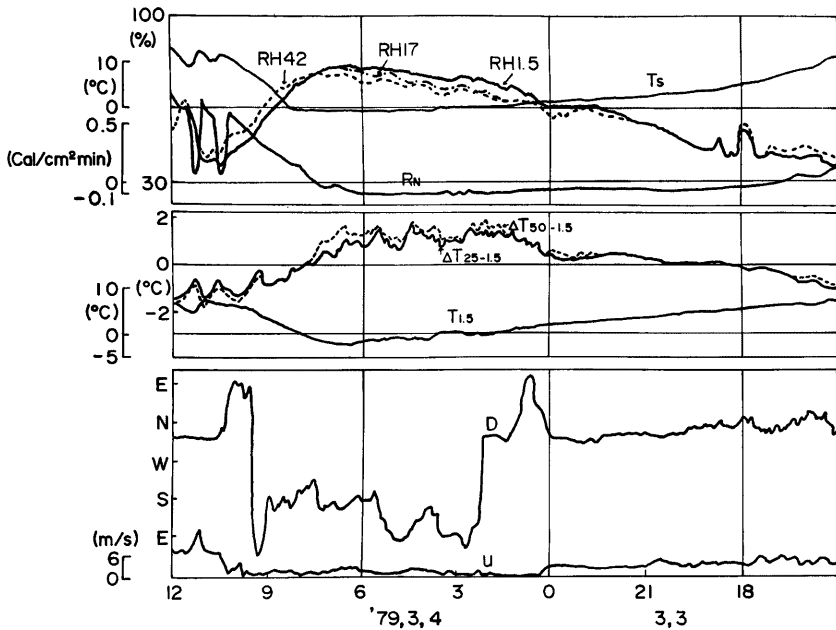


Fig. 5. Records of relative humidity (RH 42, RH 17, RH 1.5), soil surface temperature (T_s), net radiation flux (R_n), temperature difference ($\Delta T_{50-1.5}$, $\Delta T_{25-1.5}$), air temperature ($T_{1.5}$) and wind (D, u) observed at Ujigawa Meteorological Tower from 15^h March 3 to 12^h March 4, 1979 (after Tanaka (1980)).

度が増し、徐々に内部マサツが大きくなり低圧部へ吹き込みが大きくなっていった期間である。したがってこの期間、地表風は、まだ上層風に支配されていた。4日0時すぎから9時すぎまでは、上層風と全く無関係な、この地域特有な局地風が形成されていた期間である。Fig. 5の気温差(ΔT)をみると明らかに、局地風が形成される前後で違いがある、すなわち局地風の形成と地表面付近の急速な冷え込みが同時進行している。宇治川付近では、この夜の冷え込みによって発生した局地風は、最初、東部山地からの弱い山風(東南風)に始まり、最終的には、盆地全体のスケールの南風 2m/sになった。このときの局地風の厚さは測定してないが、気温の冷え込みが最も進んだ6時における逆転層の高度はゾンデ観測によれば 250mであった。京都盆地の気温の水平分布をみるため Fig. 6に Fig. 1でその位置を示した京都気象台、宇治川水理実験所と田辺のアメダス観測点の気温の変化を示した。昼間はほとんど気温の差が無かったが、夜間に入ると南部が寒冷となり、その差は早朝まで徐々に

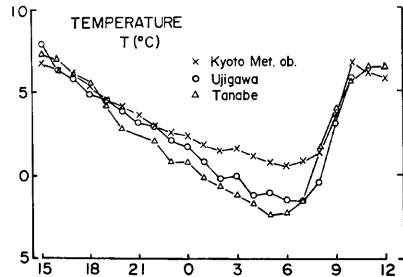


Fig. 6. Records of air temperature at Kyoto Meteorological Observatory, Ujigawa Meteorological Tower and Tanabe AMEDAS Station.

大きくなり最大 3.2°C になった。この南低北高の気温分布が、このときの局地風を南風にした原因である。

4. 京都盆地における早朝の局地風・南北風の形成メカニズム

地表面における温度差がある程度あり、その不均一性が水平方向に大きいと、温度差は上空かなりの高さまで伝わり、それが水平方向に気圧傾度をつくり、空気の流れが生じる。水平面上の気温差は地表面そのものに不均一がある場合のほか、地表面は同一温度であっても、その面が傾斜している場合、地表面と水平面との距離が場所によって異なるため伝わってくる熱に差が生じ形成される。

京都盆地はさきにもたように平坦地は南北に細長く、しかも北部の方が海拔高度が高く、中央部との斜面勾配は約 $1/200$ である。このことは夜間、地表面付近の気温が均一に冷却されたとき、前述のように、南北に気圧差が生じ、いわゆる斜面風として北風が誘起される因子となる。一方京都盆地の早朝は、特に冬期、さきの3月4日の観測例でみたように南部の方が北部に比べて冷え込む場合がある。これは南風を形成させる原因となる。京都府気象月報で気象台（北部）と田辺（南部）の日最低気温を比べると冬期、田辺の方が低い日が多い。これは、特に冬期、北部が曇り、南部が晴れという京都盆地特有の気候にもとずいで生じていると考えられる、すなわち早朝の地表面近くの気温は、風が無いがごく弱いとき主として地表面から天空への放射量によって決まっている。宇治川気象観測塔での1979年2月、3月の観測値から風が弱いときを選んで夜間天空への総放射量 $R(\text{cal}/\text{cm}^2)$ と日の入りから最低気温発現時刻までの気温降下量 $\Delta T(^{\circ}\text{C})$ の関係を求めると、 $R > 40 \text{ cal}/\text{cm}^2$ の範囲で

$$\Delta T(^{\circ}\text{C}) = 0.16 R(\text{cal}/\text{cm}^2) - 1.8(^{\circ}\text{C})$$

なる関係を得た。この関係が京都盆地内で適用できるとすれば、北と南の曇りと晴れの違いによる放射量の差が $20 \text{ cal}/\text{cm}^2$ あれば、南部の方が北部に比べて約 3°C 程度低い水平気温分布が形成されることが期待される。

盆地の中央部から北に向けて登り勾配であることと、特に冬期北部曇り南部晴れの京都盆地の気候が、早朝の冷え込みが進んだとき盆地スケールの南または北の局地風を形成させる主因である。南風になるか北風になるかは放射による地表面温度の南北差の強さ（南風）と斜面風の強さ（北風）のバランスによる。この考えにしたがえば、Fig. 3の春秋の夜間から早朝にみられる北風の弱風は冬期と異なり北部、南部とも晴れ、したがって地表面の温度差が大きくなり、冷え込みによる斜面風（北風）が卓越したためと理解することができる。

5. あとがき

宇治川気象観測塔の記録から京都盆地の局地気象を解析した。局地気象は地表面の不均一性から形成されるが、上層の影響を大きく受ける昼間や、夜間でも安定度が強くない夏期は、みかけ上発現しない。宇治川気象観測塔50m高度の風からみると、上層から伝わってくる風が $2\text{m}/\text{s}$ 以下（夏はもう少し弱い）になったとき、上層風と全く無関係な局地風が発現している。1976年4月から1977年4月までの一年間の統計による夜間から早朝にかけては、60%ないし70%局地風が発達していたと推定される。

盆地のほぼ中央部にある宇治川水理実験所付近では、夜間冷え込みによって上層からの風の伝達が無くなると、まず東側の山地から小スケールの山風（南東風）が吹き、次に盆地全体のスケールをもつ南風または北風に変る。風速は最強時でも $2\sim 3\text{m}/\text{s}$ 程度である。盆地内の他地点でも、詳細にみれば異なるが、最初その地点の小地形による風が、後に盆地スケールの南または北の風系になるという点は共通であると思われる。

京都盆地の地表風の挙動について定性的にはほぼ説明が可能になった。しかし次の問題として地表風の厚さ、気温逆転層の高さ、それらの相互関係、京都における逆転層高度の決定因子等々疑問点は拡がっていく。

われわれは宇治川気象観測塔による常時観測と必要な特別観測を随時加えて、さらに京都盆地の局地気象を定量的に解明していく予定である。

おわりにこの研究は中島暢太郎教授との議論の中から得た点が多いことを記して感謝の意を表す。また高層風の解析は多河英雄技官、図の清書は片岡玲子嬢に御協力いただいた。

参 考 文 献

- 1) 中島暢太郎：大気汚染から見た京阪地方の局地気候，京都大学防災研究所年報，第10号B，1967，pp. 1-9.
- 2) Nakajima, C: Forecasting of Atmospheric Stagnation in the Kyoto Basin, Bull. of DPRI, Kyoto Uni., Vol. 19, 1970, pp. 39-53.
- 3) 中島暢太郎：気象現象と大気汚染現象，大気汚染，コロナ社，1975，pp. 45-66.
- 4) 中島暢太郎・光田 寧・田中正昭・中村 武：局地異常気象観測解析装置について，京都大学防災研究所年報，第22号B-2，1979，pp. 127-141.
- 5) 田中正昭・中島暢太郎・多河英雄：宇治川水理実験所気象観測鉄塔による観測と解析(2)一風と気温鉛直分布の季節変化日変化一，京都大学防災研究所年報，第20号B-2，1977，pp. 571-583.
- 6) 田中正昭：宇治川気象観測塔で観測された冬期の冷え込みと霧について，京都大学防災研究所年報，第23号B-2，1980，pp. 123-132.