

宇治川水理実験所気象観測用鉄塔による観測と解析 (1)

中島暢太郎・田中正昭

METEOROLOGICAL OBSERVATION AND ANALYSIS USING 55 M HEIGHT TOWER AT UJIGAWA HYDRAULIC LABORATORY

By Chotaro NAKAJIMA and Masaaki TANAKA

Synopsis

This is a preliminary report of the results of the meteorological observation and analysis using 55 m height Tower at Ujigawa Hydraulic Laboratory. This Laboratory is located in the southern part of the Kyoto Basin. Air flows into this area through the Yodo River from the Osaka Bay. So, this area is important for the analysis of the heavy rainfall, dense fog and air pollution. In this paper the intensities of the temperature inversion layer for the various weather conditions are discussed. The difference between the surface inversion and the inversion due to the subsidence is also discussed from the view point of the air pollution analysis. The variations of the temperature and wind when a thunderstorm approaches are also analysed.

1. 観測用鉄塔について

宇治川水理実験所においては大気境界層中の水収支、熱収支や運動エネルギーの輸送についての基礎的研究のための 10 m 鉄塔を設置して、気温、湿度の鉛直勾配や風速の測定を行ってきたが、たまたま、構内を通っていた送電線のつけかえがあったので不用になった高さ 55 m の鉄塔を気象観測用の鉄塔に改造することとした。**Fig. 1** に鉄塔の南西側からみた図面を示してあるが 1975 年には第 1 次設備として 50 m、にプロペラ型風向、風速計を、また、50 m、25 m および 2 m に白金抵抗型温度計をとりつけ、50 m と 2 m および 25 m と 2 m の気温差および 2 m の気温が自記されるようにした。7 月から本格的な観測を開始したが、残念なことに 9 月 3 日の強雷によって破損し、1976 年初夏まで一時観測を休止した。ここではこの観測用鉄塔の設置場所の気象学的特性について述べたあと、今までに得られた記録について報告する。

2. 宇治川水理実験所の位置の気象学的特色

京都盆地は西、北、東の 3 方を 300 m 以上の山で囲まれた直径 10~15 km の盆地であるが、宇治川水理実験所はこの盆地の南端にあり、一般的には盆地気候の特性が強いが、宇治川の岸にあり、大阪湾から淀川沿いに南西気流の入ってくる通路にあたっているという点では京都盆地の中央部とは異なった性格も持っている。初夏から夏にかけて南西気流が卓越しているときに淀川沿いに細長い集中豪雨域が延びてきて、京都付近では南部に雨が集中する例が多いことはわれわれの解析で明らかとなっている¹⁾。このように雨をもたらす水蒸気が淀川沿いに輸送されてくるが、夜間の放射冷却によって水蒸気が凝結すると濃霧が発生する。この実験所付近ではとくに濃霧が発生しやすく、足元が見えなくなるほどの濃霧もときどきみられた。濃霧の発生については宇治川の影響も大である。琵琶湖から流れる宇治川は冬も比較的流量が大であるために流量の少ない木津川と比べて合流点で水温が 4~5°C も高いことがある。したがって夜間には放射冷却を受けた兩岸の地面温度に対してかなり高く、宇治川の水面から蒸発した水蒸気が両側の空気で冷されて濃霧となる場合もあり、早朝に水面から暖かい空気がパフ状に上昇するため河岸の地表気温に周期的な振動が見ら

れたこともあった。

水蒸気と同じように大気汚染物質も淀川沿いに大阪方面から京都南部へ流入してくる。冬季の SO_x については、冷気流が京都盆地から流出するような朝に高濃度となるため、一般的には大阪方面から流入する汚染物質は京都盆地の冷気の上方を通過することはあっても、地表近くを高濃度の気流が流入してくる場合は少ない。しかし、われわれの解析した1971年1月12日の例²⁾では午前中大阪付近にあった高濃度汚染空気塊が午後に京都盆地北部まで流入したことが示されている。

冬季の京都盆地に発達する逆転層は 200~300 m 高度までの接地逆転であるが、夏の晴天時は高気圧中の沈降による沈降逆転の方が卓越する。したがって大阪方面から汚染された気流が流入しやすくなる。大阪付近で発生した一次汚染を受けた気流が京都南部に入ってくると光化学反応によって二次汚染され光化学スモッグを生ずる。このことは光化学注意報が京都市内より、その南に隣接する市町村に多く出ることや、われわれの解析例³⁾からも明らかである。

京都地方気象台の年間平均風速は 1.6 m/s で大阪の 2.7 m/s や神戸の 2.8 m/s にくらべて著しく小である。宇治川水理実験所の旧 10 m 鉄塔で測った風速が 1.5 m/s 以下の弱風を 8 時間以上継続した回数を月別に **Table 1** 示す。これをみると、30 時間以上もの長時間にわたって弱風となるのは 9~12 月に多いが、8~10 時間程度の弱風がつづく日数では夏の方が多いことがわかる。次に、宇治川水理実験所の 1968 年 11 月から 1969 年 3 月までの 5 カ月間の毎時の風速を 3 時間ずつの 8 個の時間帯に分けて、さらに、風速 0~0.2, 0.3~1.5, 1.6~2.5, 2.6~5.0 および 5.1 m/s 以上の 5 階級別に風配図につくりあげたのが **Fig. 2** である。なお **Table 2** には時間帯別に各風速階級の出現比率を示した。**Fig. 2** と **Table 2** からわかるように、弱風は夕方から翌日ひる前までに多く、強風は午後が多い、また弱風は風向が不定であるが南~南東がやや多く、一方強風は西~北、とくに北西が多い。

3. 55 m 鉄塔による観測と解析の 2, 3 の例

前節で述べたように、宇治川水理実験所付近は大阪などの海陸風の影響の大きいところとは異った盆地の気候特性を持っている一方、淀川沿いの気流の入りやすいところで、しかも集中豪雨、濃霧、大気汚染などの災害の起りやすいところであるので観測塔を設置して大気境界層内の気象観測をはじめようとしてい

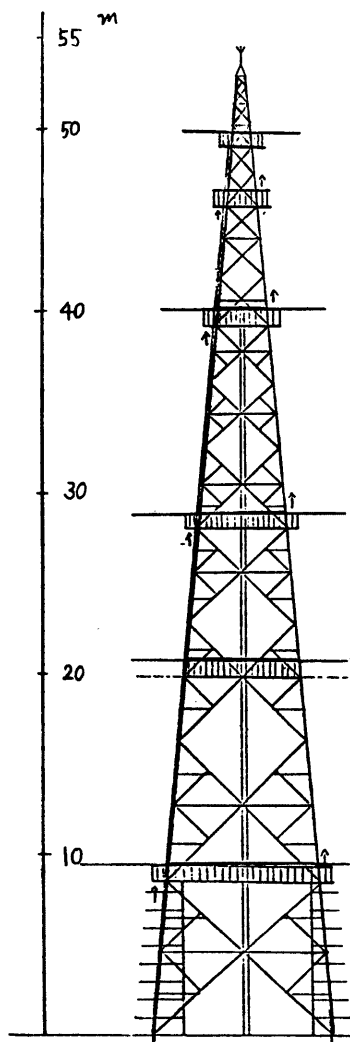


Fig. 1. Tower of Ujigawa Hydraulic Laboratory.

Table 1. Monthly number of days in 1969 with the wind of weaker than 1.5 m/s for long duration more than 8 hours.

Month Duration of weak wind (hours)	Jan.	Feb.	Mar.	Apr.	May	Jun.	Jul.	Aug.	Sep.	Oct.	Nov.	Dec.
8~11	8	4	3	4	6	11	13	3	6	6	6	7
12~15	2	6	8	9	11	8	6	10	5	4	7	2
16~19	4	1	3	1	0	2	2	10	2	3	2	6
20~23	1	1	1	0	0	0	0	0	0	2	3	1
24~27	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	3
28~31	0	0	1	0	0	0	0	0	0	1	0	0
32~35	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	1	0
36~39	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0
40<	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1
Total	15	12	16	14	17	21	22	23	14	16	21	20

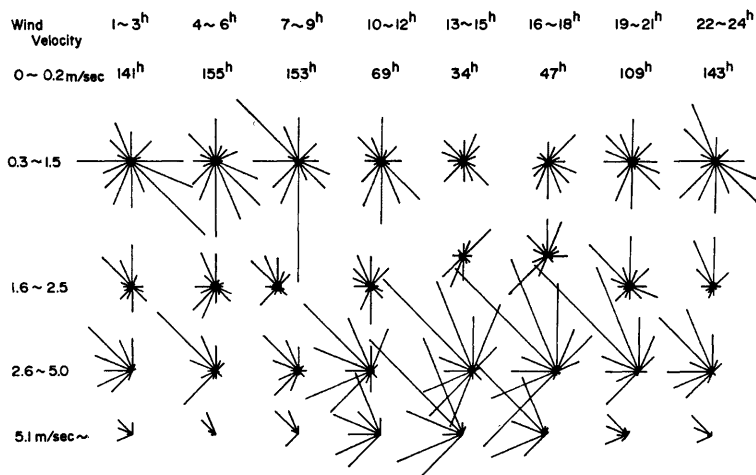


Fig. 2. Wind rose for every three hours and for various wind speed at Ujigawa Hydraulics Laboratory (made by the hourly data from November 1968 to March 1969)

Table 2. Percentage of occurrence of various wind speed for every 3 hours interval.

Time wind velocity	1~3h	4~6h	7~9h	10~12h	13~15h	16~18h	19~21h	22~24h
0~0.2 m/s	31.8%	35.4%	35.0%	15.8%	7.6%	10.4%	24.3%	32.2%
0.3~1.5	34.2	29.2	32.3	25.8	16.5	17.6	23.2	30.6
1.6~2.5	14.2	15.8	12.8	15.8	11.1	15.3	17.6	13.1
2.6~5.0	15.6	16.4	14.4	26.3	38.3	40.0	28.6	20.0
5.1<	4.1	3.2	5.5	16.4	26.5	16.7	6.3	4.1

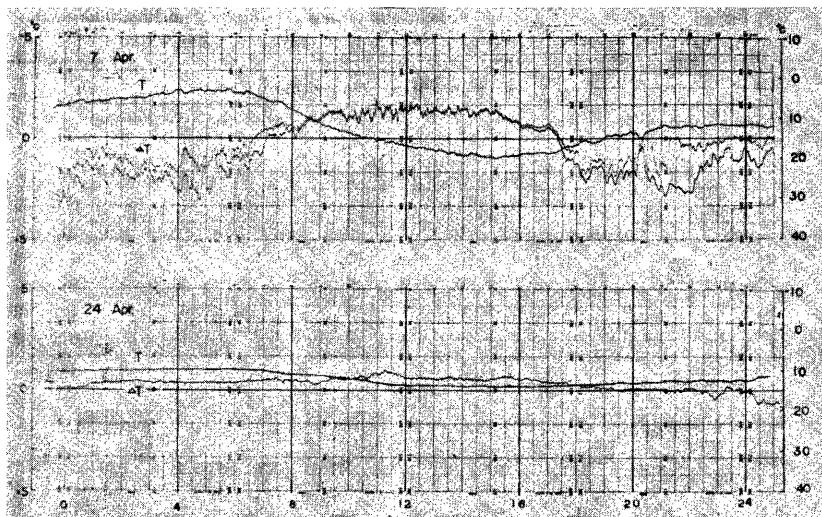


Fig. 3. Thermographs on 7 April and 24 April, 1975. T : Temperature at 2 m, ΔT : Temperature differences between 50 m and 2 m (thin line) and between 25 m and 2 m (thick line)

るが、ここでは1975年の観測例について述べる。

Fig. 3 に1975年4月の予備観測の記録から4月の晴天日（4月7日）と曇天日（4月24日）をえらんで例示した。図中、 T は2 mの気温、 ΔT は高度50 mと2 mおよび25 mと2 mの気温差で、 T のスケールを右端に、 ΔT のスケールを左端に示してある。横軸は1日間の時刻である。 ΔT の2本の線の内、図の下側の太い方の線の方が25 mと2 mの気温差である。まず、晴天の4月7日を見ると、最低気温は6時頃に発現していて3°Cぐらい、最高気温は15時頃で20°Cぐらい。日較差は17°Cぐらいである。 ΔT の方をみると、7時頃から17時頃までは2 mの方が高く、差の最大値は2°Cぐらいになっている。一方、夜間から早朝にかけては2 m気温の方が低く、いわゆる気温逆転を示していて、差の最大値は3°Cぐらいに達している。一般には25 mと50 mの気温は大差がないが、50 m気温の方が25 m気温よりやや低い、22時頃のように、夜間には時には50 m気温が25 m気温より2°Cぐらい低くなることもある。移流によるものと思われるが詳しい原因については今後の研究課題としたい。次に、4月24日の自記記録をみると、1日中ほとんど気温の変化はなく、 ΔT もほとんど零に近い、7日と24日の天気図は**Fig. 4**に示す。

Fig. 5 には7～8月でオキシダント濃度(O_x)が最大値となった7月20日と、日中の最高気温が最高となった8月5日の自記記録を示す。これらの日の地上天気図は**Fig. 4**に示されている。両者は一見大きな差が見られないが ΔT のグラフをみると7月20日には夜間早朝の逆転層がはっきり現われているのに、8月5日には逆転が非常に弱いのが目立ち、これがこれらの日のオキシダント濃度の差に何らかの役割を持っているように思える。

このように大気汚染と何らかの関係がありそうだと思われたので、**Fig. 6**には大気汚染濃度と逆転層の強さとを7月1日から8月15日まで比較してみた。第1段の実線は毎日の SO_2 濃度の最大値、点線は O_x 濃度の最大値である。第2段は1975年の夏季に毎日京都地方気象台で環境庁委託で日本気象協会が行なった低層ゾンデによる1日2回の観測のうち、朝8時の観測によって得た500 m高度の気温から1000 m高度

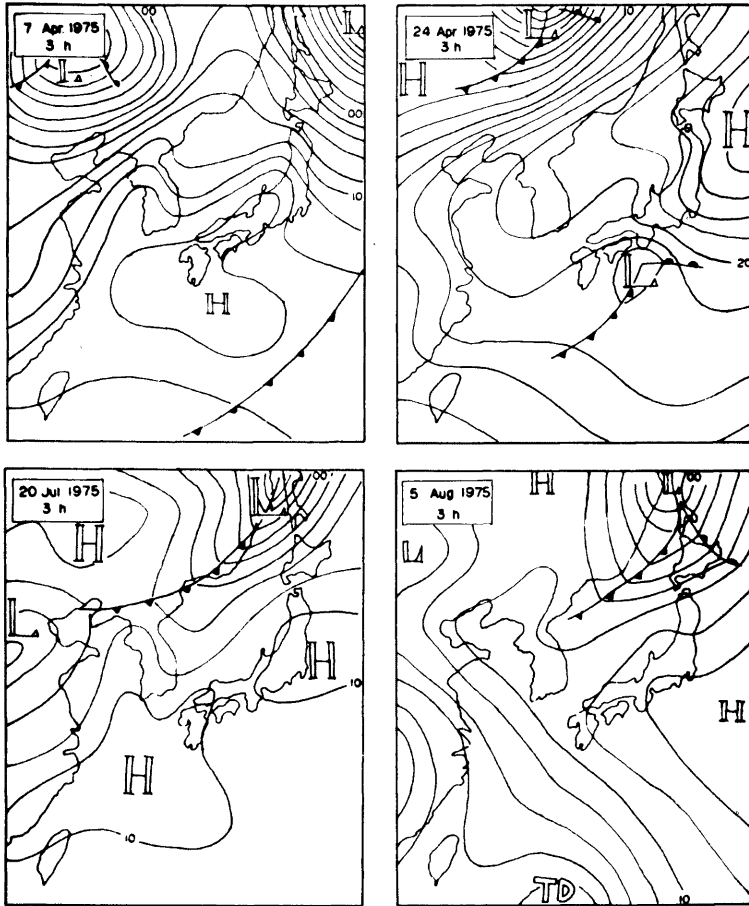


Fig. 4. Surface weather maps at 3 h on 7 and 24 April, 20 July and 5 August 1975.

の気温を差引いた値である。第3段は京都市公害監視センターが大気汚染予報のために逆転層の目安として用いている、地表と比べ山頂(860 m)の最低気温の差である。最下段はわれわれの記録から計算した朝5時の25 m 気温から2 m 気温を引いた値である。逆転層の強さを示す3本の曲線のうち第2段と第3段のものは比較的似ているが、われわれの観測による接地逆転の強さとは必ずしも一致していない。また O_x の値が大きい日と SO_2 濃度の高い日も一致しているとは限らない。 SO_2 は午前中に最大値が出、 O_x は午後で最大値が出ることも考えねばならない、また後者は2次汚染によるものであることも考えねばならない。今は一応 O_x に注目することにする。図中、たてに線が引いてあるのは光化学注意報発令日を示し、上の数字は1975年の第何回目の注意報であるかを示している。先に例として示した7月20日は逆転層の強さの目安として考えた3種の量がいずれもピーク値を示している。天気の方も午後まで晴天がつづい

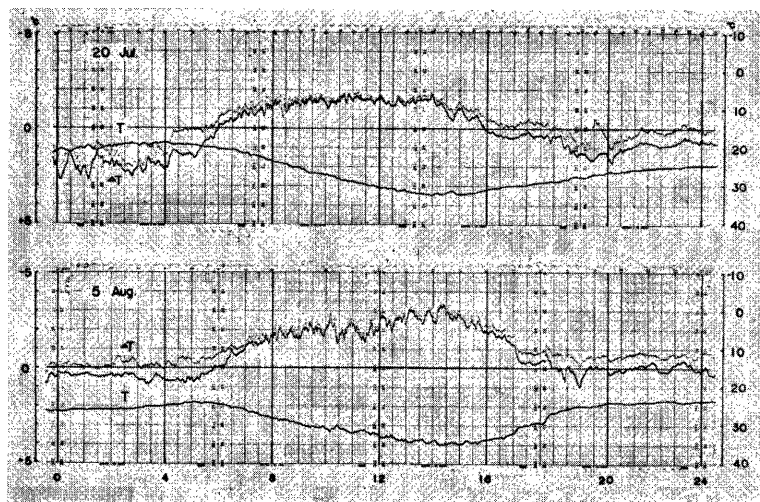


Fig. 5. Thermographs on 20 July and 5 August, 1975.

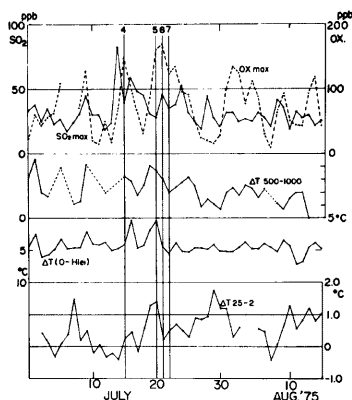


Fig. 6. Daily maximum concentration of SO_2 and O_3 , temperature difference between 500 m and 1000 m observed by low-level rawin sonde at 8 h, difference between the minimum temperature at Kyoto Meteorological Observatory and Mt. Hiei (860 m), temperature difference between 25 m and 2 m at 5 h at Ujigawa Hydraulic Laboratory from 1 July to 15 August 1975.

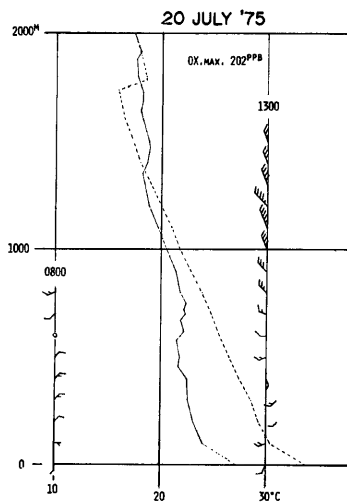


Fig. 7. Vertical distribution of air temperature and wind observed by low-level rawin sonde at 8 h (continuous line) and 13 h (broken line) on 20 July 1975.

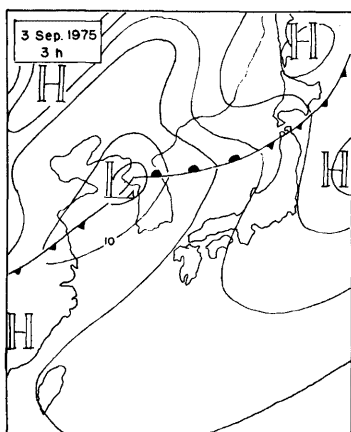


Fig. 8. Surface weather map at 3h on 3 September 1975.

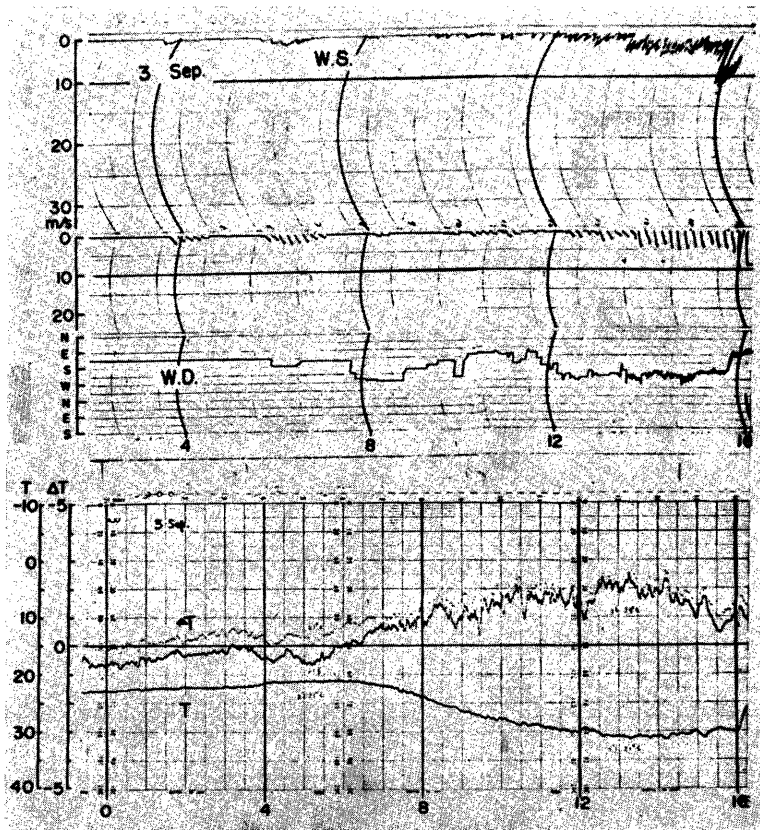


Fig. 9. Wind record and thermograph from 0h to 17h 20 m on 3 September 1975.

た。われわれの鉄塔の 25 m と 2 m との差がピークを示している日は 7 月 20 日の他に 7 月 8 日、7 月 29 日が著しい。しかし、これらの日は第 2 段と第 3 段に示された値はいずれも大きくない。上層の天気図を調べてみると北方から寒気が流入していて大気成層は不安定となっており、7 月 20 日のような高気圧性沈降が見られない。当日の天気を調べてみても午後には俄雨が降っている。 O_x 濃度も当然高くない。このように早朝の接地逆転があることは沈降逆転の強さは必ずしも対応していない。両者が一致するときは午後の O_x の高濃度が出現している。**Fig. 7** には 7 月 20 日の低層ゾンデによる 8 時と 13 時の地表から 2000 m までの気温分布と風向風速分布を示した。実線は 8 時の、点線は 13 時の値であり、矢羽根 1 本は 1 m/s に相当し、風向は上が北風を示している。8 時には高度 100 m から 800 m までほとんど等温で安定層の存在を示している。200~300 m 以下では風は弱い。風向が高度とともに著しく異なっている。

最後にこの設備に損害を与えた 9 月 3 日の天気について述べる。**Fig. 8** は 9 月 3 日 3 時の地上天気図である。近畿地方では西低東高の気圧配置で、大気下層には暖かい南風が吹きこんでいることを示している。一方、上層では西日本へ向けて北から寒気が南下していて、京都付近は大気成層が不安定となり午後には烈して雷雨となった。**Fig. 9** は 9 月 3 日の 0 時から 16 時 20 分の落雷時までの自記記録のコピーである。気温の他に、瞬間風速、10 分間平均風速および風向の記録が示されている。この日は残暑で午後の最高気温は 30°C をこえていた。しかし、正午ごろから風向が東から南西に変わり次第に風速が増大してきている。14 時ごろまでは 50 m や 25 m の気温は地表より 2°C ぐらい低かったのが風速の増大とともに地表との熱の交換が大となって気温が地表気温に近づくようになってくる。16 時の少し前に風向が南西から再び東風に急変するとともに風速が急に増大している。これは雷雲の接近を示している。16 時には烈しい降雨とともに気温が 4°C ほど急降下したあと落雷で記録が中断した。

4. あとがき

短期間の試験的観測に留まったが、上述のようにいくつかの興味深い結果が得られた。風速の鉛直分布が知られていないので十分な解析ができないが、25 m と 50 m との気温の差が今後の興味ある研究対象となろう。この観測および解析計算に協力していただいた多河英雄技官に感謝する。また、大気汚染および低層ゾンデ資料を提供していただいた京都市公害対策室および日本気象協会に謝意を表したい。

参 考 文 献

- 1) Nakajima, C and Y. Gocho: On the Heavy Rainfall in the Kinki District, Bulletin of the Disaster Prevention Research Institute, Kyoto University. 17, 1968, pp. 29-44.
- 2) 近藤次郎編：大気汚染，コロナ社，1975，p. 62.
- 3) 池田有光，中島暢太郎，梅木雅幸：流動する汚染気塊への光化学反応式の適用，天気，21，1974，pp. 517-525.