

近畿地方南部の降雨について (第3報)

後 町 幸 雄

ON THE RAINFALL OVER THE SOUTHERN KINKI DISTRICT (III)

By Yukio GOCHO

Synopsis

The relations of horizontal water vapour flux, precipitable water, mean humidity in the layer, 1000 to 450 mb, and stability over Shionomisaki to mean 6-hour precipitation over the southern Kinki district in warm season are investigated. For the cases in which mean 6-hour precipitations exceed 15 mm, the values of horizontal vapour flux, precipitable water and mean humidity are estimated above 4.5 kg/sec·cm, 45 mm and 80% respectively. Number of the cases in which values of these three elements exceed above values simultaneously is 51 in 304, all cases. In these 51 both cases are included, that is, very heavy rainfall and very light rainfall. It seems to be difficult to distinguish heavy rainfall from the other by the data of upper air observations only at one point.

1. ま え が き

大気の状態と降雨状況との関係を知り、大雨の起る際のモデル的な値を得ることを目的に、近畿地方南端の潮岬から約 100 km 以内の領域の暖候期の降雨を対象にし、潮岬における高層気象観測資料を用いて調査を行なっているが、前報 (第2報)¹⁾ ではその領域の6時間雨量と潮岬を通過する 1000 mb から 450 mb までの水蒸気の流量との関係を調べた。ここでは前報での調査と同じ1961年6月～10月の資料を用いて、領域の平均の6時間雨量と 1000 mb から 450 mb までの可降水量、平均の湿度、および安定度との関係を調べた。

2. 調 査 結 果

1) 水蒸気の流量と領域の平均6時間雨量

水蒸気の流量と雨量との関係については前報で述べたが、そこでは水蒸気の流量に関して流れの方向を考慮しなかったため、ここではその方向を考えた場合の結果を示しておく。方向を考慮した場合の水蒸気の流量は、1000 mb 面から 500 mb 面までの7つの指定気圧面上の各流量の、高度 5 km までの風のベクトル平均の方向への成分に、層厚を乗じて 450 mb まで積算して求めたもので、下層と上層で風向が逆になっている時にはその値は小さくなり、わずかにゼロに近い負の値を示すこともある。地上気圧が 1000 mb より低い場合には、地上の観測値を 1000 mb 面の観測値として計算を行なった。

上に述べたような方法で求めた9時と21時の水蒸気の流量と、その日の各々6～12時と18～24時の領域の18地点の6時間雨量から Thiessen 法で求めた平均の6時間雨量との関係を Fig. 1 に示す。結果としては前報と大体同じであるが、流量が増す程雨量が多くなる傾向があり、流量が約 4.5 kg/sec·cm* を越すと急

* 前報の流れの方向を考慮しない場合には約 5kg/sec·cm

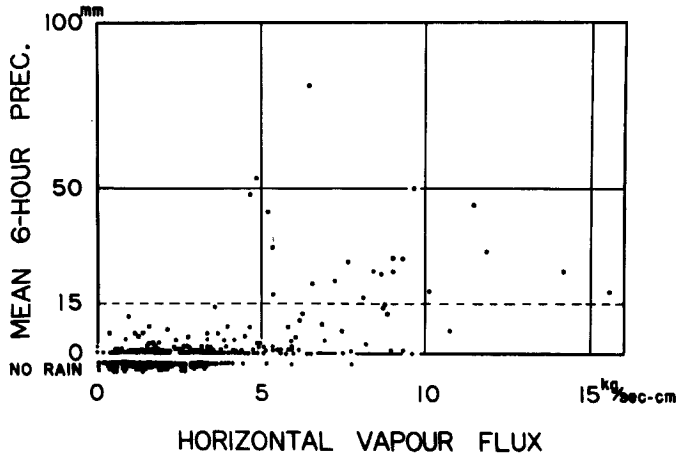


Fig. 1 Relation between horizontal vapour flux and mean 6-hour precipitation.

に雨量の多い場合が多くなっている。また流量が 4.5 kg/sec-cm 以下のところには、平均雨量が 15 mm 以上の点がない。前報では平均雨量の他に最大雨量等についても調査し、或る程度以上の大きな規模の大雨は平均雨量が 15 mm 以上の場合に限られていたので、今後この 15 mm を大雨に対する一つの目安とする。

2) 可降水量と平均6時間雨量

1000 mb から 450 mb までの可降水量と平均の6時間雨量との関係を 1) の場合と同様に Fig. 2 に示す。可降水量が増すと雨量も多くなる傾向があり、可降水量の 50 mm 付近から急に雨量の多い場合が多くなっているが、1) で述べた雨量 15 mm 以上の場合は可降水量が約 45 mm 以上の場合となる。しかし可降水量が 45 mm 以上の場合に雨がなかったり、少ない場合も極めて多い。

3) 平均湿度と平均6時間雨量

1000 mb から 450 mb までの実際の可降水量と、その間が飽和しているとした時の可降水量との比をその間の平均の湿度として求め、これと平均の6時間雨量との関係を Fig. 3 に示す。湿度が大きい程雨量の

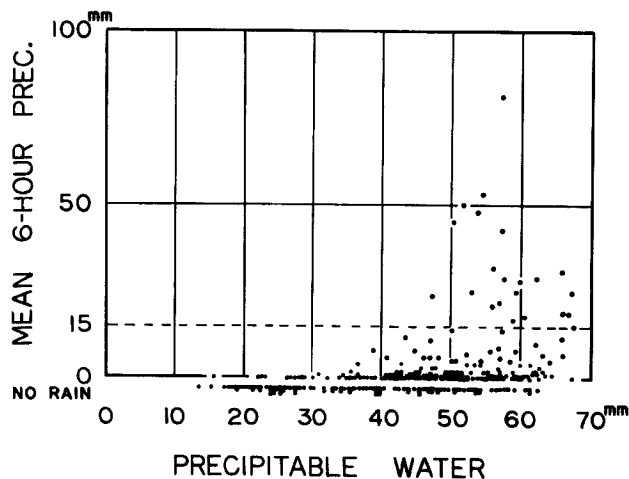


Fig. 2 Relation between mean humidity and mean 6-hour precipitation.

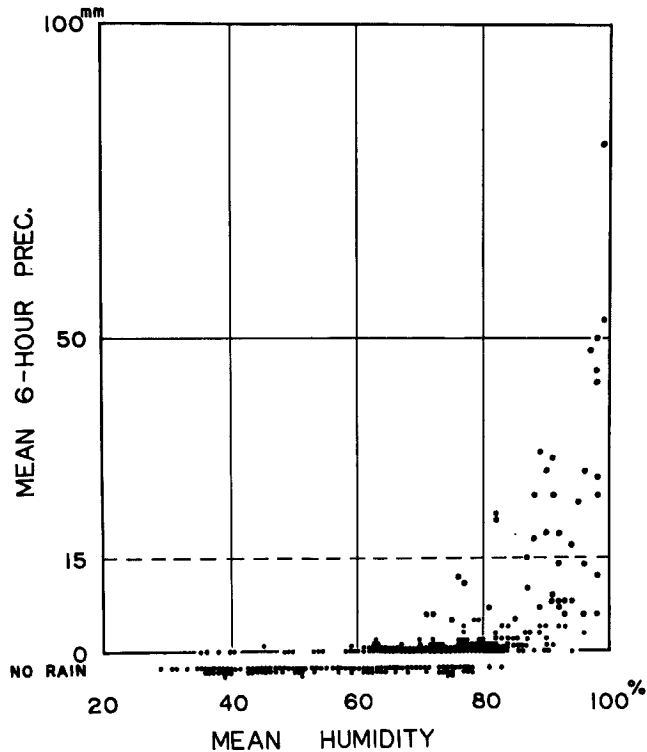


Fig. 3 Relation between mean humidity and mean 6-hour precipitation.

多い場合が多くなり、雨量の上限はかなりまとまった線を成している。平均雨量 15 mm 以上の点は湿度 80% 以上の場合に限られ、また 80% 以上では雨のない場合や非常に少ない場合は著しく少ない。

4) 安定度と平均6時間雨量

安定度の示数には、第1報²⁾で日雨量との比較に用いたものと同じ Showalter の安定度示数を採用し、この示数と平均の6時間雨量との関係を Fig. 4 に示す。日雨量との場合と同様に雨量の多い場合は中立に

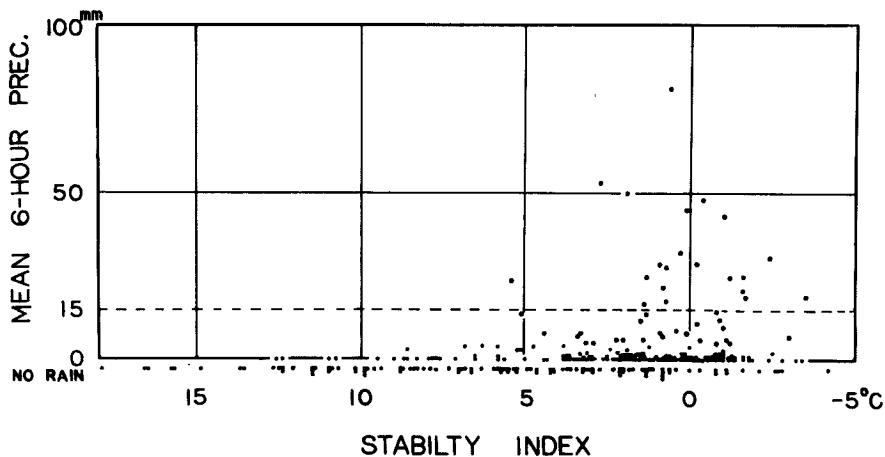


Fig. 4 Relation between stability index and mean 6-hour precipitation.

近い。比較的安定な時に雨量の多い場合が2, 3回あるが、このうち1つだけ安定度示数が 5.4°C 、雨量が 24 mm のとび離れている点は、雨量 15 mm 以上ではただ1つの北東風の場合である (Fig. 5 参照)。また安定度が中立に近くても、雨がなかったり少ない場合が非常に多い。

5) 3要素が基準値以上の場合の平均6時間雨量について

以上の結果から平均の6時間雨量が 15 mm 以上になるのは、水蒸気の流量、可降水量および平均湿度が各々 $4.5 \text{ kg/sec}\cdot\text{cm}$ 、45 mm および80%以上の場合であったが、これら3要素の基準値以上の場合を選び出してみることにする。これら3つの要素も安定度もいずれも互いに独立な量ではなく、温い——従って水蒸気の量も多くなり得る——湿った空気が大気下層に多量に流入すれば、可降水量も湿度も増し、安定度も低下し不安定になりやすい。しかしこれらの関係は必ずしも同時に全部満足されていない。全部で304の場合があり、水蒸気の流量、可降水量および平均湿度のそれぞれの基準値以上になる回数は各々67, 175および91回あり、水蒸気の流量と可降水量について同時にそれぞれの基準値以上になる場合は60回、可降水量と平均湿度について同時にそれぞれの基準値以上になる場合は78回、また水蒸気の流量と平均湿度について同時にそれぞれの基準値以上になる場合は52回、最後に上の3つのいずれの要素についても同時にそれらの基準値以上になる場合は51回あった。従って水蒸気の流量と平均湿度の2つについてだけそれらの基準値以上にすれば、その大部分のものが可降水量の基準値以上になっていることになる。同時に上の3要素が基準値以上になる51回のうち、平均の6時間雨量が 15 mm 以上になる場合は22回、14 mm 以下が29回で、雨のない場合はなかった。この51回の場合のみについて、安定度と平均の6時間雨量との関係を高度 5 km までの平均風の8方位の風向別に表わすと Fig. 5 のようになる。高安定度を示す点はなくなり、中立のまわりにはほぼ均等に点が分布しているために、これらの選び出した場合を安定度によって雨量の多少に更に分けることは困難である。

Fig. 5 から以上4つの要素の値がほぼ等しくても、雨の多い場合と非常に少ない場合があることが分る。これらの場合を更に詳しく調べるために、これらの場合の全てについてエマグラムをつくってみたが、雨の多い場合と少ない場合の相異点を見出すことは困難であった。その代表的な例として8月2日9時と翌3日21時のエマグラムを Fig. 6 に示した。上の諸要素の値、平均の風向風速および領域内の最大と平

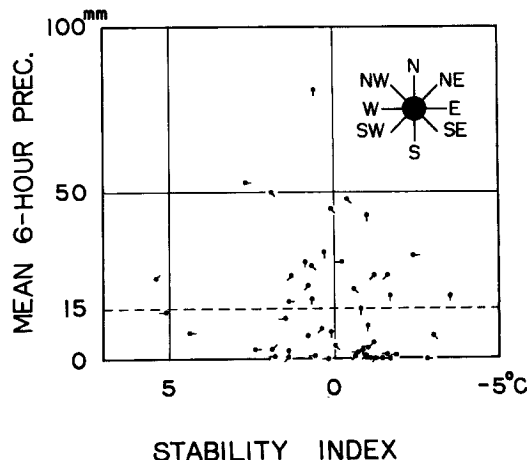


Fig. 5 Relation between stability index and mean 6-hour precipitation for the cases in which the values of horizontal vapour flux, precipitable water and mean humidity exceed simultaneously $4.5 \text{ kg/sec}\cdot\text{cm}$, 45 mm and 80% respectively. Mean wind directions are also shown.

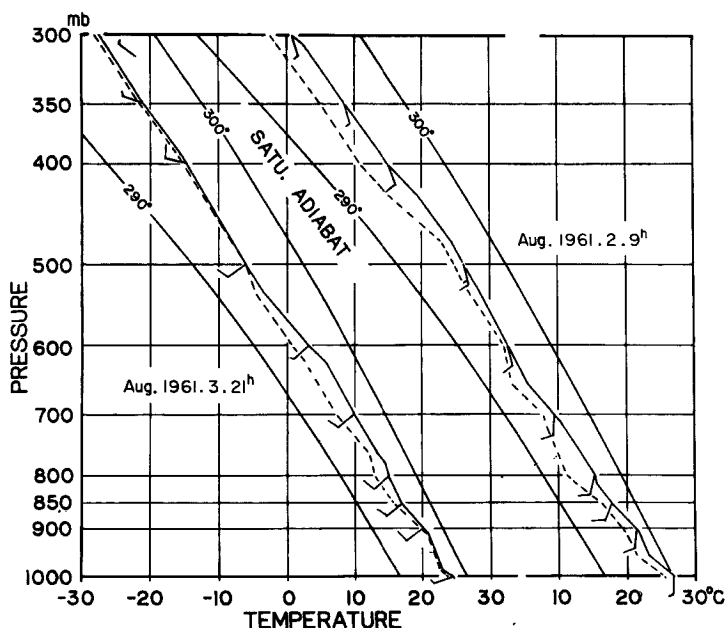


Fig. 6 Emagrams for 9^h (JST) on 2 (heavy rainfall) and 21^h on 3 (light rainfall) in Aug., 1961; solid and dashed lines show temperature and dew-point temperature respectively, and a long barb means 10 m/sec in wind velocity.

Table 1 Values of horizontal water vapour flux, precipitable water, mean humidity, stability index, mean wind direction, mean wind velocity, maximum 6-hour precipitation, and mean 6-hour precipitation, for 9^h on 2 and 21^h on 3 in Aug., 1961.

	Horizontal water vapour flux (kg/sec·cm)	Precipitable water (mm)	Mean humidity (%)	Stability index (°C)	Mean wind		6-hour precipitation	
					direction (°)	velocity (m/sec)	maximum (mm)	mean (mm)
9 ^h (JST), 2. Aug.	5.36	60.5	88	0.7	181	11	61	18
21 ^h (JST), 3. Aug.	6.11	59.4	91	-0.6	231	10	4	1

均の6時間雨量を Table 1 に示す。諸要素からは3日の場合の方がむしろ雨量の多いことが期待されるが、実際は逆であった。但しこの両者の相異点は風向にあって、2日には南の風で3日には南西になっている。風向と雨量に関しては前報で調べ、風向も大いに雨量と関係があると考えられる。Fig. 5 から分るように上の基準値を越えながら余り降らない場合は特に西風の時に多いが、西風だから降らないというわけではないから、降雨の多少の原因は単に地形ばかりではなく他の気象的な要因に求めなければならない。

6) 混合比、風速および水蒸気流量の最大の出現高度

混合比、風速および水蒸気流量の最大が 500 mb 面までのどの高度に出現するかを、雨のほとんどない場合（領域の最大雨量が 0 mm、或いは雨なし）、少ない場合（最大雨量 1 mm 以上、平均雨量 14 mm 以下）および多い場合（平均雨量 15 mm 以上）と大雑把に分けて Table 2 に示す。

Table 2 The number of cases of maximum mixing ratio, maximum wind velocity, and maximum horizontal water vapour flux, for each pressure level and for each degree of rainfall.

Pressure level (mb)		1000	900	850	800	700	600	500
Max. mixing ratio	Max. 6-hour prec. 0 mm, no rain	142	6	3	0	0	0	0
	Max. 6-hour prec. 1 mm or more	129	2	0	0	0	0	0
	Mean 6-hour prec. 15 mm or more	18	3	4	0	0	0	0
	Total	289	11	1	0	0	0	0
Max. wind velocity	Max. 6-hour prec. 0 mm, no rain	5	29	10	10	10	24	63
	Max. 6-hour prec. 1 mm or more	4	29	10	12	15	15	46
	Mean 6-hour prec. 15 mm or more	0	3	0	1	5	6	7
	Total	9	61	20	23	30	45	116
Max. horizontal water vapour flux	Max. 6-hour prec. 0 mm, no rain	40	52	17	18	8	6	10
	Max. 6-hour prec. 1 mm or more	27	64	18	11	7	4	0
	Mean 6-hour prec. 15 mm or more	0	12	8	1	1	0	0
	Total	67	128	43	30	16	10	10

混合比はほとんど常に地表或いは大気最下層にその最大がある。風速は大体高い程大きくなっているが、雨が多い時は風速最大の高度がやや低くなる傾向がある。またその他に 900 mb 面にも風速が最大となる回数の極大がある。水蒸気の流量は水蒸気量と風速との積になるので、その最大出現高度は地表付近より高くなり 900 mb 面で最も多くなるが、雨が多いとその高度は 900 mb 或いは 850 mb 面に集中してくるような傾向がある。

3. 考 察

以上の結果から或る程度以上の規模の大雨が出現する平均の 6 時間雨量 15 mm 以上の場合には、1000 mb から 450 mb までの、水蒸気の流量が 4.5 kg/sec·cm 以上、可降水量が 45 mm 以上、そして平均の湿度が 80% 以上の場合に限られることが分った。

Huff と Changnon (1964)³⁾ とはイリノイ州では最大級であるような 12 時間に 5,000 sq mi (約 13000 km²) の面積に平均 4.5 inches (約 110 mm)、最大 10 inches (250 mm) 程度の雨量をもたらす severe rainstorm を 10 例程選び、15 の要素について統計的なモデルをつくった。その中からわれわれの場合に関係のあるものをあげると、地表から 400 mb までの可降水量は 50 mm 程度で平均よりも 50% 増し、地上の露点は平均よりも 5°C 増加し、風向は 850 mb から 500 mb にかけて南西から西に変わり、風速はそのいずれの高度でも 15 m/sec 程度となっている。雨量の基準も異なるが、可降水量についてわれわれの場合は 450 mb までで下限として 45 mm であるから 50 mm にかかなり近い。風についてわれわれの調査は充分ではないが、Fig. 5 から分るように平均の風向はむしろ東から南にかけての方が雨量が多い。また平均の風速に関しては前報の水蒸気の流量との関係から、大雨の時は約 10 m/sec 以上という値が出されている。

Myers (1964)⁴⁾ は雨量の資料は用いずに、レーダー・エコーの模様を定量化して、これと綜観的な変数との相関係数を求めた。最も相関の大きいのは地上の dew-point depression で、850 mb での相対湿度をとると相関はそれよりやや小さくなる。その他相関が有意であったのは 850~500 mb の風の shear, 500 mb の渦度で、大規模の垂直速度に関しては大きな相関は得られなかった。われわれの場合と同じ Showalter の安定度指数、可降水量についても調べているが、両者については相関は小さかった。

上の 2 つの場合から地上の湿度が降雨と大きな相関を持つことが考えられるけれども、われわれの場合恐らく潮岬が太洋に突き出した場所にあるために地上或いは地上付近の湿度はほとんど常に高く、降雨との関

係が余りよくなることは期待できない。しかしここで得た平均湿度80%以上という値はかなりよい大雨の示で数あると思われる。その他風の垂直 shear, 垂直速度, 渦度等との関係は今後の問題である。

前節の最後で混合比, 風速および水蒸気の流量の最大が現われる高度を調べたが, 各高度について, Huff 等のしたように平均値とそれからの差或いはそれとの比として表わしてみることも興味深いことだと思われる。

4. 結 語

暖候期における近畿地方南部を対象として, 潮岬における 1000 mb から 450 mb までの水蒸気の流量, 可降水量, 平均湿度, および安定度に対する, その時の高層気象観測時前後の6時間の領域の平均雨量との関係を調べた。或る程度以上の規模をもった大雨が出現する平均雨量 15 mm 以上の場合には, 水蒸気の流量, 可降水量および平均湿度について各々 4.5 kg/sec·cm, 45 mm および80%以上の場合に限られた。3つのいずれの要素についても同時に上の各々の基準値以上になった場合は304回中51回あり, このうちでは雨のない場合はなく, 平均雨量が 15 mm 以上になる場合は22回で, 14 mm 以下が29回であった。また安定度に関してはこれら51回について雨量に関係なく大体中立に近かった。そして潮岬1地点だけの観測ではこれらの51回について, 雨の多い場合と少ない場合とを高層観測資料によってはっきり区別することはむずかしいように思われる。

次に水蒸気の量とその流量および風速の最大が現われる高度を 1000 mb から 500 mb の間で調べた。水蒸気量はほとんど常に地表付面に最も多い。風速は大体高い程大きい, 雨が多くなると風速最大の高度がやや低くなる傾向がみられた。水蒸気の流量は 900 mb 面で最も多いが, 雨が多くなると 900 mb 面の他に 850 mb 面でも多い場合が多くなる。

参 考 文 献

- 1) 後町幸雄：近畿地方南部の降雨について（第2報）, 京都大学防災研究所年報, 第11号, B, 昭43.3, 29頁.
- 2) 後町幸雄：近畿地方南部の降雨について, 京都大学防災研究所年報, 第10号, B, 昭42.3, 11頁.
- 3) Huff, F. A. and S. A. Changnon, Jr.: A model 10-inch rainstorm. Jour. App. Meteor. Vol. 3, 1964, p. 587.
- 4) Myers, Joel H.: Preliminary radar climatology of central Pennsylvania. Jour. App. Meteor. Vol. 3, 1964, p. 421.