

鈴鹿山脈周辺の降雨について (2)

後 町 幸 雄

ON THE RAINFALL AROUND THE SUZUKA MOUNTAINS (2)

By Yukio GOCHO

Synopsis

Western Japan was struck by Typhoon Trix (No. 23) at the end of August in 1971. Though the pattern of rainfall distribution around the Suzuka Mountains was a usual type in the case of easterly wind, the rainfall amounts near the mountains were record breaking. Such heavy rainfall was thought to occur by the superposition of the outer rainbands of the typhoon on the orographic rainband along the mountains. The rainfall amounts of the outer bands at the point where the maximum value was observed were thought to have at most same order as the orographic rainfall amounts. It was considered that the convective instability observed in front of the typhoon was important for this heavy rainfall.

The time change of rainfall intensity accorded considerably well with that of surface wind velocity over the mountains rather than over the lowlands. The time change of wind speed was roughly explained by the change of surface pressure gradient.

1. ま え が き

1971年8月29日から31日にかけて、台風23号がわが国をほぼ南岸沿いに通過し、関東以西の各地に500mm以上におよぶ豪雨をもたらした。前報(1971)¹⁾に述べたとうり、われわれがIHDびわ湖水文観測事業の一環として、降雨観測を行なっている鈴鹿山脈周辺にも、記録的な豪雨が降り、その山脈一帯には大小規模の山くずれがいたるところに生じ、道路、森林、および鉄道が多大の災害を受けた。

河川の破堤箇所は少なかったが、特に山頂付近の土砂流出は多く、河床変動が著しかった。ここでは、このような記録的な豪雨の気象学的な解析を行ない、その結果についての考察をする。

2. 台風23号

1971年の台風23号については、特にその上陸後の減衰過程について山元龍三郎他(1972)²⁾の詳しい解析があり、詳細は述べないが、8月21日に南鳥島付近で台風となり、発達しながら西進し、29日に転向して、29日夜九州南部に上陸した。その後は除々に衰えながら、ほぼわが国の南岸沿いに北東進し、31日夜房総半島を通り東へ抜けた。この台風にもなって、やはり29日から31日の間に、関東以西の特に太平洋側の地方の各地に豪雨があり、多いところで400mmから、1,000mmにもおよんだ。近畿地方におけるその間の雨量分布は、台風の接近などで、対流圏下層で南東風が強い場合によくみられるように、紀伊半島の南東部で多く、最大値は800mm近くに達した。このような時には、ここで述べる鈴鹿山脈でも、同様に豪雨になる場合が多く、今度も最大は700mmを越えた。

3. 鈴鹿山脈周辺の降雨状況

Fig. 1 が1971年8月29日9時から9月1日9時までの3日間の鈴鹿山脈付近の総雨量分布図で、Fig. 2

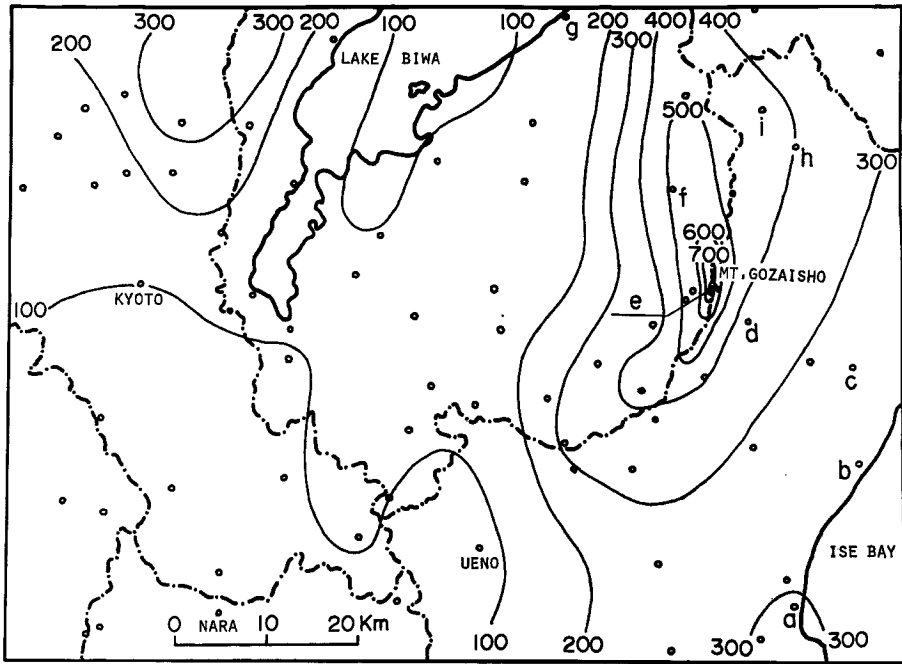


Fig. 1 Distribution of precipitation (in mm) for Aug. 29-31, 1971. ○: observation points.

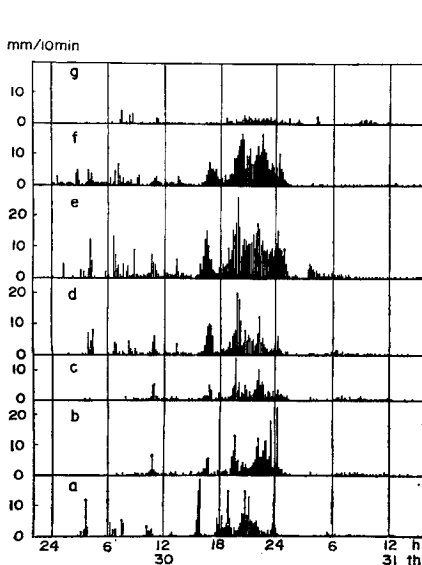


Fig. 2 Time change of 10 minutes precipitation at the points shown in Fig. 1.

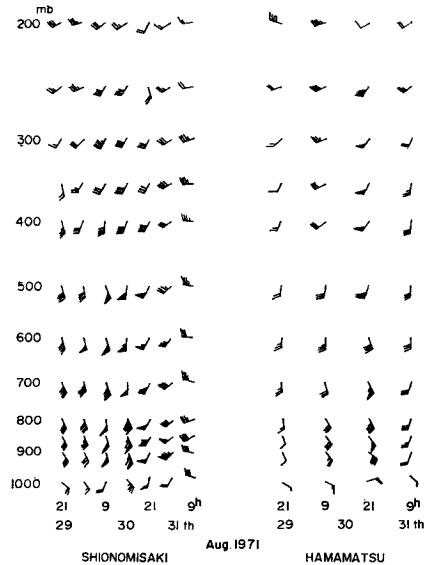


Fig. 3 Time-height cross-sections of wind. A long barb shows 10 knots.

は Fig. 1 に示したように、鈴鹿山脈を伊勢湾からびわ湖の方へ横切るようにとった各地点の10分間雨量の時間変化を示すものである。Fig. 2 からわかるように、雨の大部分は30日に降っているから、Fig. 1 も30日9時からの日雨量分布を示すものと考えて大差ない。鈴鹿山脈周辺の古い雨量観測地点をとってこれまでの観測値と比較してみると、滋賀県政所 (Fig. 1 中 f)、三重県の阿下喜および藤原 (同図中 h および i) における30日の雨量はそれぞれ、411 mm, 364 mm, 同じく 364 mm, で観測所開設以来最大であった。われわれが独自に雨量観測を行っている7地点中、豪雨の場合にはほとんど何時でも雨量の最大となる、御在所岳の直ぐ南西にある武平峠 (同図中 e) では、この時も、この付近では最大となり、Fig. 1 からわかるように3日間の総雨量は700 mm を越えた。30日の日雨量は626 mm だが、特に30日16時から31日1時までの9時間に517 mm と集中的に降った。また1時間雨量の最大は99 mm で20時頃出現した。この豪雨はこのように記録的なものであった。

Fig. 1 の雨量分布から、豪雨地域が鈴鹿山脈沿いにあり、そのなかでも特に雨量の多いところが、山脈の直ぐ西側に、やはり山脈沿いにあることがわかる。

4. 豪雨時の風

前節に述べたような雨量分布の形は、台風がこの地域に対して南—西にある時、すなわち特に対流圏下層に山脈を東から越えるような強風 (主に南東風) のあるときにしばしばみられ、これは前報にも述べたとおりである。Fig. 3 に29日21時から31日9時までの潮岬 (6時間毎) と、浜松 (9時間毎) における高層風の鉛直分布を示すが、この地域に豪雨のあった頃、約600 mb 以下に強い南東風が吹いていたことがわかる。30日21時に浜松上空の特に850 mb 付近から700 mb 付近までは強く、700 mb 面の少し下のところでは、特異点として風速75ノット程度の南東風が観測されている。

鈴鹿山脈に最も近い気象官所である四日市測候所における風車型風向風速計の記録を Fig. 4 に示す。た

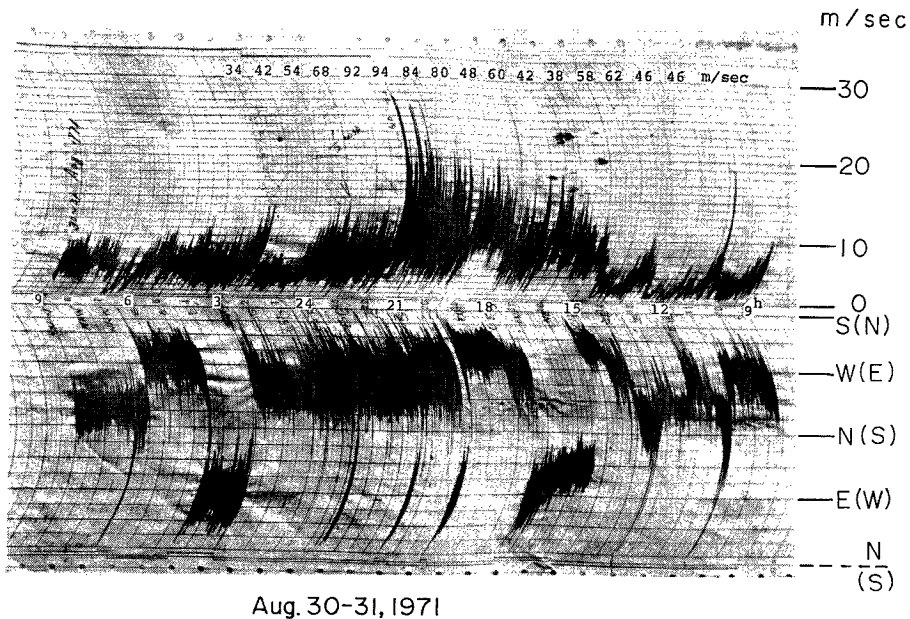


Fig. 4 Anemograph at Yokkaichi (c in Fig. 1). The scale of wind speed for about four hours from 22 h is two times. Numbers shown above the figure are speeds of the geostrophic wind computed by the pressure differences between Yokkaichi and Ueno (cf. Fig. 1 and Fig. 10).

だし、22 時頃から 4 時間余りの間の風速の値は、風速計の目盛のレンジを 2 倍にしてあるので、目盛を 2 倍にして読まなければならない。この図と Fig. 2 の 10 分間雨量の時間変化とを比較してみると、風速が大きい程雨量強度も大きい傾向がみられ、特に山岳地 (e, f 地点) でその相関が大きい。例えば e 地点の場合をみると、本格的な豪雨になった 15 時頃から風速も大きくなり、20 時頃から翌日 1 時頃まで両者とも最盛となっている。さらに雨量強度の、11 時、13 時、16 時、20 時、22 時、24 時頃の極大が、それに対応する風速の極大とかなりよく一致している。Fig. 4 の上に記してある数字は四日市と上野との間の気圧差から求めた地衡風速であるが、あとで示す Fig. 10 の地上天気図からわかるように、等圧線はその両者を結ぶ直線にほぼ直角な走行をもっているから、その気圧差は気圧勾配に比例するものと考えてよい。短周期のこまかい変動ははっきりしていないが、地衡風速の変化は、実測風速の変化傾向にかなりよく一致している。

5. 1 時間雨量分布とレーダ・エコー

次に雨量分布の時間変化を調べるために、1 時間雨量分布とそれに対応するレーダ・エコー分布を示す。レーダ・エコーだけで雨量強度を量的に、正確に知ることはまだできないが、任意の短い時間間隔で広域にわたる雨域がわかるので、1 時間雨量分布とを併用することによって、特に強い雨域を確実に追跡することができる。

そこで先ず Fig. 5 に大阪の高安山レーダの観測によるエコー分布の写真を示す。いずれも 30 日 20 時 38 分前後のものであるが、(a) が極く弱いエコー (レーダの感度を最高にしたときのエコー。エコーの輪郭が極く弱いという意味で、この中にそれよりも強いエコーが含まれている。以下も同様である)、(b) が弱いエコーで、標準的な降雨の雨量強度で 1 mm/hr 以上、(c) が並のエコーで雨量強度が 4 mm/hr 以上、(d) が強いエコーで、雨量強度が 16 mm/hr 以上の場合である。(a) では中心から 100 km 以内は一面にエコーがあり、南西方 200 km 付近に台風の眼があることがわかる程度で、降雨分布特性はほとんどわからない。(b) で分布が様でないことがうかがえるようになったが、詳細なことはまだわからない。しかし、(c) では後の 1 時間雨量分布と比較するとよくわかるが、非常にはっきりと降雨分布の特徴がでている。(d) になるとほとんどグラウンドエコーしかなく、雨のエコーはかすかに残っている程度である。そこで (c) の並のエコー (ATT: 4) について解析を行ない、1 時間雨量分布と比較することにした。

Fig. 6~Fig. 9 はそれぞれ 30 日 15~16 時、16~17 時、17~18 時および 20~21 時の 1 時間の雨量分布 (a) とその間の並のエコーの出現頻度分布 (b) とを対応させて示したものである。(a) の方は図示した地域の全域にわたって示してあるが、(b) の方は、レーダのビームが地形の影響を受けて、エコー強度の地域による相異が大きいので、その点ではかなり一様なエコー強度特性をもっていると考えられる鈴鹿山脈を中心とした範囲、すなわちレーダからの距離がおよそ 50 km と 100 km の間の北東象限だけの並のエコーを対象にして示してある。(b) について具体的に述べると、並のエコーを多少平滑化して約 10 分毎に 5 回か 6 回重ね合せたものである。これと、(a) の 1 時間雨量分布との対応関係はかなりよく示されている。

Fig. 6 から Fig. 8 は連続した 3 時間の変化を示しており、鈴鹿山脈あたりから南東に延びた強雨帯が時速 20 km ぐらいで北上していることがわかる。この様子は個々のエコー分布をみると、一層ははっきりと追跡できる。その後この降雨帯は衰えてしまった。この場合にはこの降雨帯がかなりはっきりと単独にあった。それに対して Fig. 9 の 20~21 時の場合をみると、Fig. 6 のような鈴鹿山脈の南端付近から南東に延びる強雨帯の他に、山脈沿いに強雨帯がある。そして前者は前の場合と同様に時速約 20 km で北上しているのに対し、後者の山脈沿いの強雨帯は 18 時以後豪雨の終る 31 日 1 時頃まで停滞していた。つまりその豪雨の最盛期の間は、山脈沿いに降った山岳性の降雨に、台風にともなう、移動する降雨帯が次々と 3 回程重なって一層強い豪雨となっていたと考えることができる。

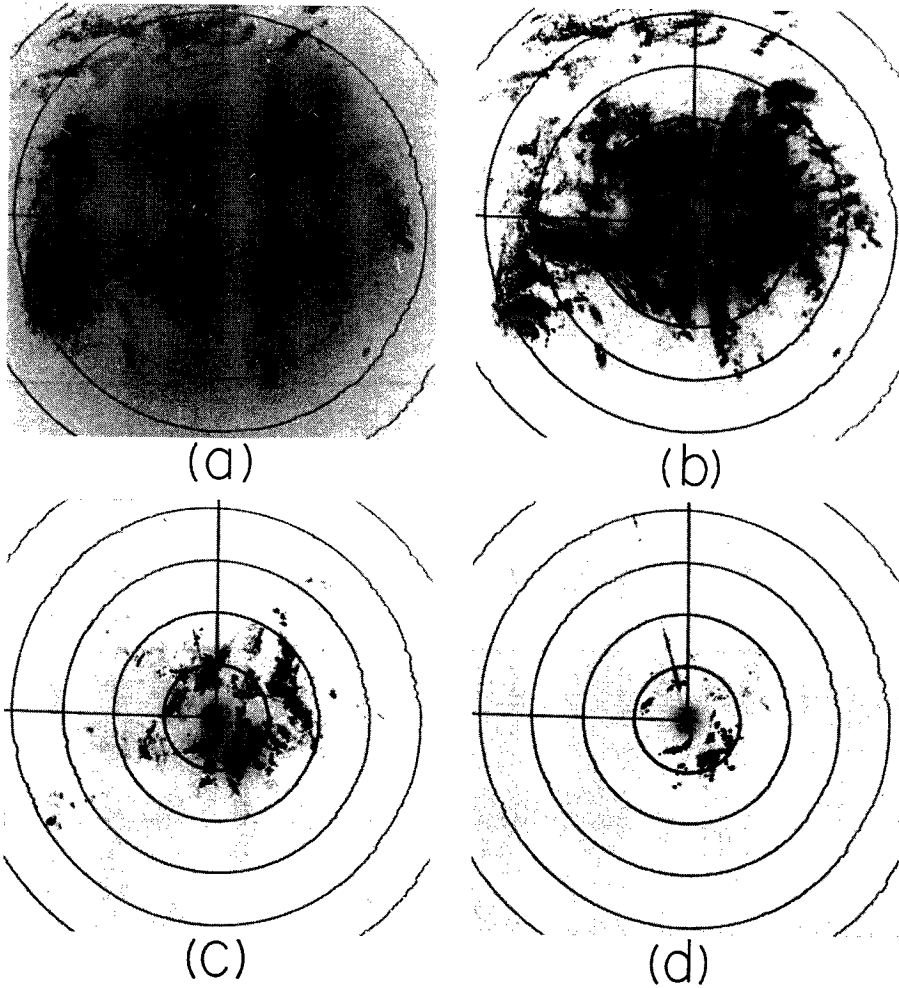


Fig. 5 PPI echoes (black) at 2038 LST, Aug. 30, 1971 (5 cm radar, Osaka). Range markers at 50 km intervals. The Suzuka Mountains lies north-east of the radar site and 70-90 km distant from the site. (a) very weak echo, (b) weak echo, (c) moderate echo and (d) strong echo. Most of echoes near the site in (c) and (d) are ground echoes. (cf. Fig. 9).

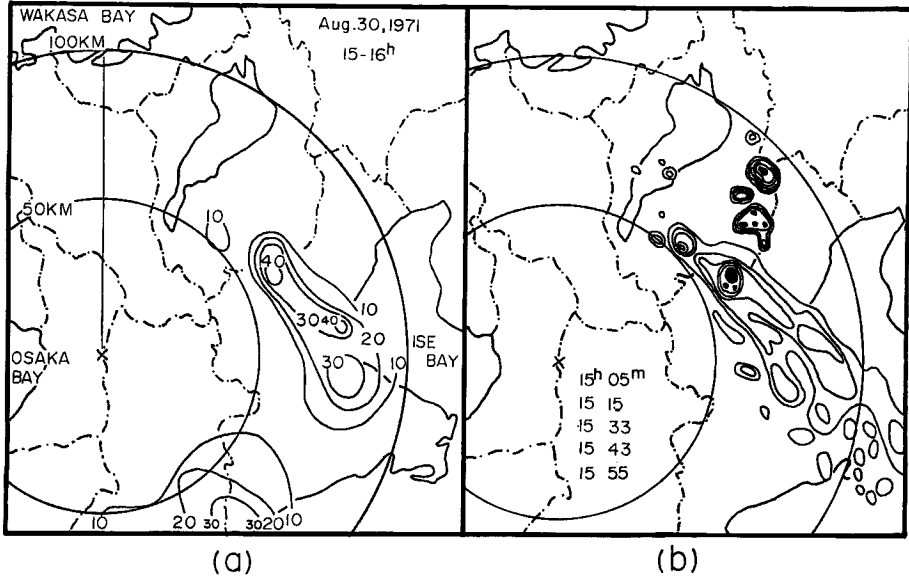


Fig. 6 (a) Distribution of hourly precipitation.
 (b) Frequency of appearances of moderate echoes for an hour in 5-6 observations made at the time shown in the figure. The echoes only in the north-east sector around the Suzuka Mountains. Black echoes show the ground echoes of the mountains.

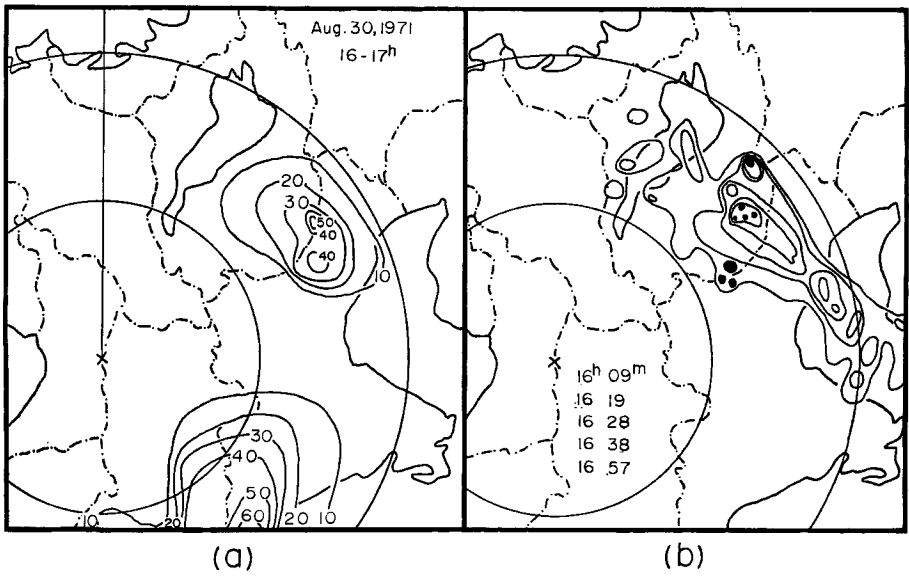


Fig. 7 Same as Fig. 6.

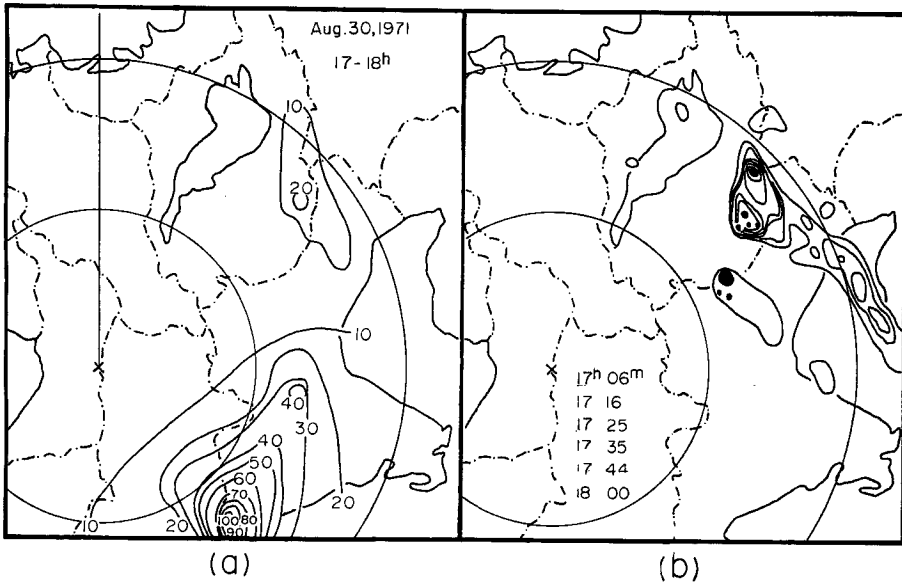


Fig. 8 Same as Fig. 6.

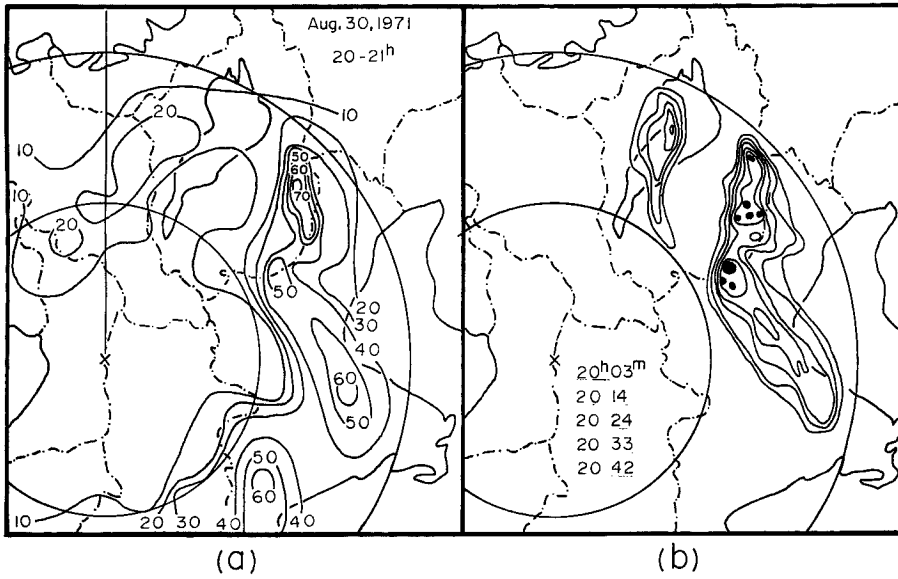


Fig. 9 Same as Fig. 6.

6. 考 察

前節の最後に述べたことは、Fig. 2 の各地の 10 分間雨量の時間変化にも現われている。同図の下の a 地点 (津) から c 地点 (四日市) は伊勢湾に近い風上側の平地の地点を南から北に、その上の d-f 地点は山脈を南東から北西に横切ってとったと考え、g 地点 (彦根) は風下側の平地の代表と考えるとよい。例えば、e 地点 (武平峠) の 16 時、20 時、22 時および 24 時頃の極大は、そのような移動する強雨帯を顕著に示すもので、g 地点を除くいずれの地点にも現われている。それぞれの地点の位置を考慮すれば、その移動が北上を示すものであることがわかるであろう。これから山脈の風上側の平地部における雨量は、ほとんどこの強雨帯の通過によるものであるといえる。一方山地 (特に e, f 地点) の 10 分間雨量の時間変化をみると、上に述べた北上する強雨帯を示す極大が、30 日 18 時から 31 日 1 時にかけて、山の形をしたトレンドの上に乗ったような形をしている。このトレンドは山脈沿いの停滞した強雨域の降雨成分を示すものと考えられ、山岳性の降雨として、前の北上する降雨帯とかなり明瞭に区別されているように思われる。また同図で山岳地の豪雨の最も激しかった e 地点で、10 分間雨量の最大値が平地のそれと、それ程違わないことから、台風ともなう北上する降雨帯は、山岳の影響で強化されるとは考えられず、これより風下側の地点 (f および g 地点) ではむしろ弱まっているように思われる。山岳性の降雨と移動する降雨帯による降雨を、正確に区別することはできないが、日雨量が風上側の平地で約 300 mm とすれば、山岳地の最大値がおよそ 600 mm であるから、山岳地における移動する降雨帯による雨量は高々その半分の 300 mm 程度であることが推定される。

Fig. 10 は豪雨のほぼ最盛期と考えられる 21 時の地上天気図であるが、鈴鹿山脈付近の太い破線は北上する強雨帯の位置を示している。台風は中心はまだ四国東部を北東進しており、この地域から 200 km 以上

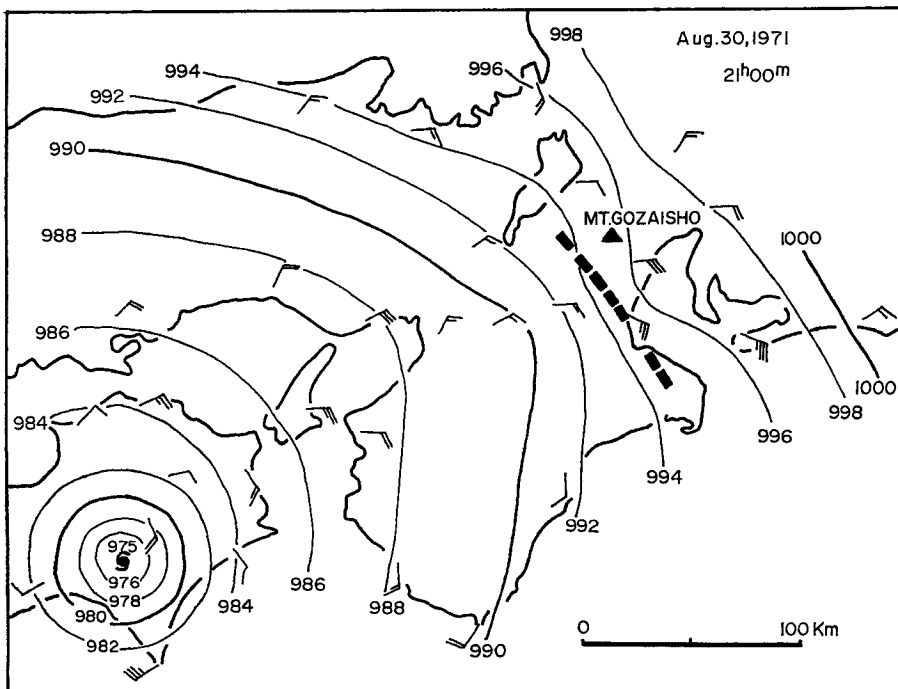


Fig. 10 Local surface map. Thick dashed line shows rainband which moves northward.

も離れていた。台風の中心の位置に対するこの強雨帯の走行および移動方向からみて、この強雨帯は台風のレイン・バンドで、中心からかなり離れているところから、いわゆるアウター・バンドに相当すると考えられる。台風がこの地域に最も近づいたのは翌31日5時頃で、山脈の南側数十キロメートルぐらいのところを東進したが、その頃はすでに風雨とも弱まっていた。従ってこの台風の場合には、台風の中心よりもむしろ、かなり前面に強風、強雨帯があったといえることができる。

Fig. 10 で興味深いのは図示した強雨帯とその付近の等圧線の形である。4. に雨量強度と地上の風速との相関が大きいことを示したが、等圧線の形をみると、強雨帯付近で、強雨帯に沿うように等圧線の間隔が狭くなっている。つまり台風からかなり離れたところでも、広い地域一面に強風があるのではなく、強風帯がある部分に形成されているということがわかる。

もう1つ興味のあることは、996 mb の等圧線を見ると、それが強雨帯の前面にあって大きく波状をなしていることである。このことは当然、上に述べたように強雨帯に沿って等圧線の間隔が狭くなっていることに関係している。東京大学理学部地球物理学教室気象研究室の人々 (1969)⁸⁾ が伊勢湾台風の際の雨量強度の時間変化を解析して、台風にもなうレイン・バンドの存在を明らかにし、その前面に、気圧場にも同様なバンド構造があることを示したが、上の等圧線の波の形はそれに対応するものと考えられる。

Fig. 11 は潮岬と浜松 (21 時のみ) 上空の豪雨中とその前後の気温と偽湿球温度の鉛直分布を示したものである。潮岬においては、9 時に対流圏最下層で対流不安定であるが、まだ飽和にはなっていない。15 時にもさいわい特別観測があったので、成層状態がわかり、大気はほとんど飽和に達し、地上から 600 mb 付近までが不安定である。その他はほぼ中立であるとみてよいと思われる。潮岬付近の豪雨は 15 時頃が最盛で、21 時には Fig. 3 に示した高層の風向が南西に変っていることから考えると、潮岬はすでに台風の後面と考えられる。したがって台風のはるか前面で起ったこの豪雨には、対流活動が加わったものであることが示唆

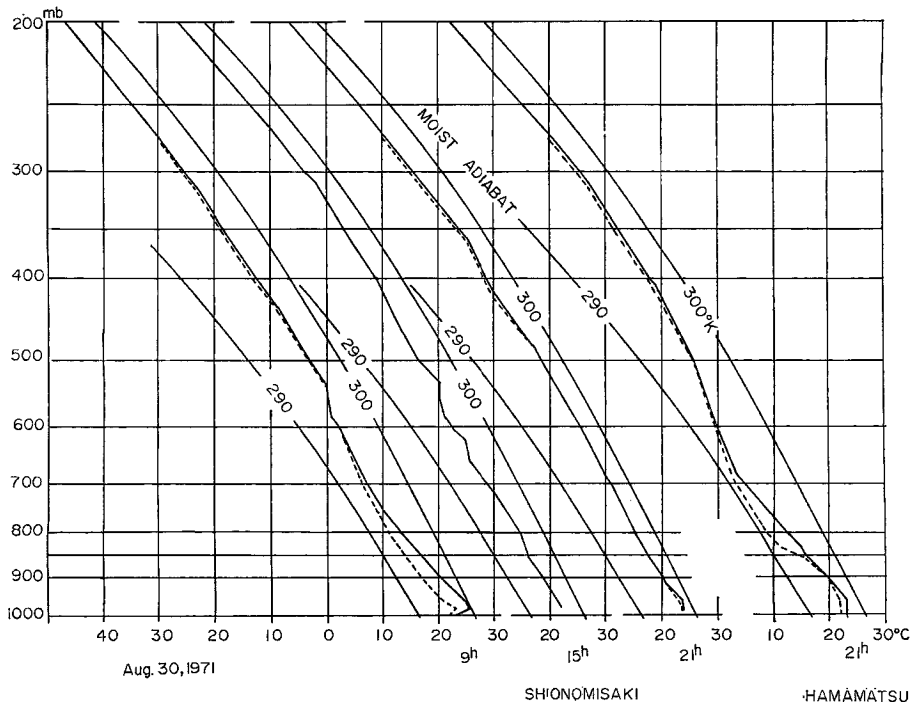


Fig. 11 Emagrams. Solid and dashed lines show temperature and pseudo wet-bulb temperature respectively.

される。これは、台風のアウター・バンドが一般に強い対流によるものであるといわれていることを支持している。浜松の21時の状態は潮岬の9時の状態に近いと考えられる。

Fig. 5 に代表的なレーダ・エコーの写真を示したが、実測した雨量に比べてエコー強度は弱い。これは山岳地の降雨のかなり共通した特徴で、その雨滴が小さいものが多いからだと考えられるが、実際に雨滴の観測も少し行なっているのので、これについてはここでは触れず、別の機会に述べることにする。

7. 結 論

1971年8月30日午後台風23号が四国の南岸を北東に進んでいる間、その中心から200km以上離れている鈴鹿山脈付近に記録的な豪雨があった。レーダ・エコーおよび雨量解析により、山岳性の降雨と考えられる停滞している強雨帯と、台風にもなうアウター・バンドと考えられる移動する強雨帯とがかなり明瞭に区別され、最大雨量を観測した地点付近においては、両者が重なって豪雨になったと考えることができる。またそこにおいて、移動する強雨帯による雨量は高々、山岳性の降雨による雨量と同程度ではないかと推定される。

安定度の解析から、台風のはるか前面に不安定域があり、この豪雨には対流活動も重要であることが示唆される。

参 考 文 献

- 1) 後町幸雄・中島暢太郎：鈴鹿山脈周辺の降雨について、京都大学防災研究所年報，第14号B，昭46. 4, pp. 103-117.
- 2) 山元龍三郎・浅井富雄・光田 寧・藤井 健・川平浩二：台風7123号の減衰過程について，京都大学防災研究所年報，第15号B，昭47. 4, pp. 275-283.
- 3) Staff Members, Tokyo University: Precipitation bands of Typhoon Vera in 1959 (Part 1), J. Meteor. Soc. Japan, Ser. II, Vol. 47, No. 4, 1969, pp. 298-309.