

四国南部の強雨の事例*

二宮 洸 三**

要旨

この調査では四国南部の強雨と地形の関係を観察する。最初に、気候資料から、短時間雨量極値の分布は地形によらないが、日雨量極値の分布は著しく地形に関係していることを示した。台風にもなる大雨の事例として1968年8月7～10日の大雨を観察すると、その短時間変動は比較的小さく、大雨域は、台風の移動にもなる風向の変化に追従して背稜山脈に沿って移動したことが示された。大雨の帯状構造の例として、1972年7月4～6日の例を観察すると、雨量の極大は、それと山脈の交差する近傍で発生している。雨量極大地点とその風上地点の時間雨量の推移を比較すると、山地での大きな雨量は、風上地点での弱い降水に対する山地での著しい増幅に関係していたことが推察される。

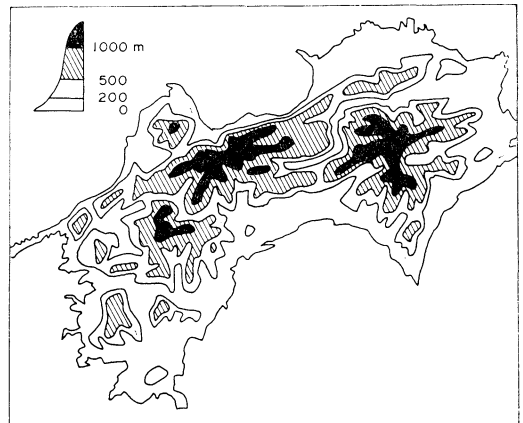
1. まえがき

四国南部は、日本列島の代表的な多雨地域の1つであり、この地域の大雨に関してはすでに多数の調査研究がなされている。それらによって明らかにされた四国南部の大雨の特性は、合田(1965)の総合報告に要領よくまとめられている。重要な事項として、たとえば、(1)南部山岳地帯の降雨量は太平洋沿岸部のその約1.5倍であること、(2)四国南部の大雨は台風によってもたらされることが多く、その場合の降水は地形性上昇でかなりよく説明されること、(3)台風時の降水分布は、したがって、台風経路によって決定されること、などが記述されている。

既存のデータによって、この地域の大雨についての知識をさらに深めるのは困難であるが、この報告において筆者は地形に関係すると思われる大雨の実例として、四国南部の大雨を観察したい。この地域を選んだ理由は、四国の毎時雨量データが刊行されており、さらに高知県については気候学的データも刊行されていて、必要な資料がすぐに利用できたからである。

2. 雨量の極値の分布

第1図は四国の地形図である。概観すれば四国背稜山脈は高知県境沿いに土佐湾に対して開いた円弧状に連な



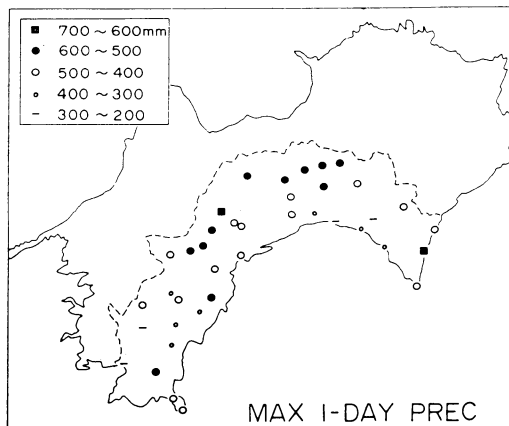
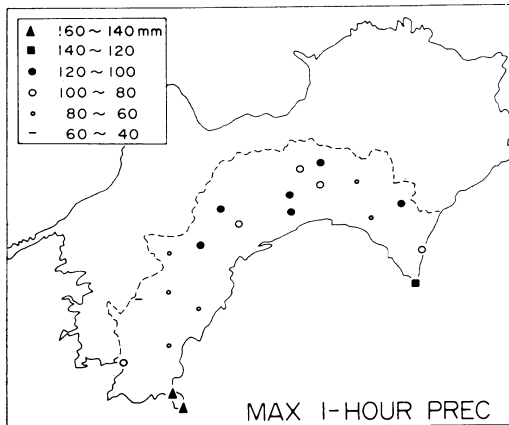
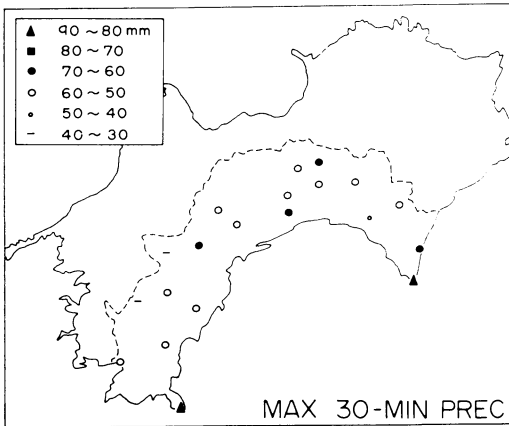
第1図 四国の地形図。

っている。主要な急峻地域は、土佐湾に向かうこの山脈の南斜面と、室戸阿南海域に向かう徳島、高知県東部の南東斜面である。

第2図は、高知県内の雨量観測所における、30分雨量・1時間雨量・日雨量の極値の分布図である。30分雨量極値の分布をみると、室戸岬、足摺岬で際立って大きな数値のみられる以外には、その分布はむしろ一様で(あるいはランダムといったほうがよいかもしれない)、巨視的にみた地形との関係はうかがうことができない。1時間雨量極値の分布状況の特徴も、30分雨量極値のそれに類似しており、地形との関係はみられない。これに対して日雨量極値の分布を観察すると、海岸部・平野部での極値

* A note on the heavy rainfalls over south Shikoku.

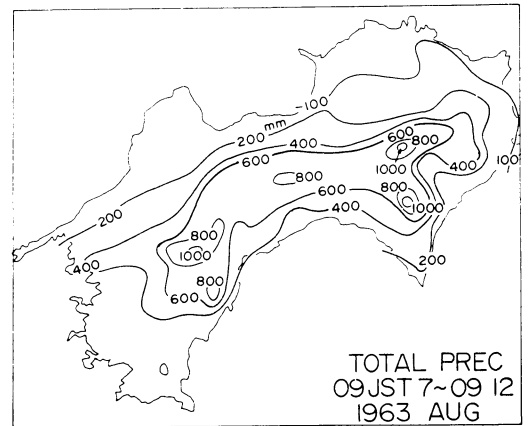
** K. Ninomiya, 気象研究所予報研究部。
——1976年11月15日受領——
——1976年12月13日受理——



第2図 高知県内の30分雨量・1時間雨量・日雨量の極値の分布。

は小さく、前記した主要斜面での極値は大きく、巨視的にみた地形と日雨量極値の分布との関係は明瞭である。

換言すれば、短時間雨量の極値の発現は空間的に



第3図 1963年8月7日9時～12日9時の総雨量分布。

ホモジェニアスであるのに対し、日雨量極値の分布は地形によって支配されていることを示している。短時間雨量極値が大きくないにもかかわらず、巨視的にみた南・南東斜面で日雨量極値が大きい事実は、この地形性の大雨が、主として、強雨の継続によってもたらされたことを意味している。

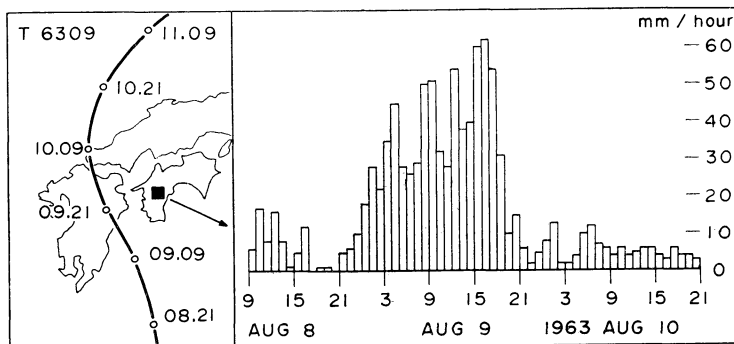
日本列島の気象官署の雨量極値の分布を観察して、二宮(1977)は、短時間雨量(10分雨量・1時間雨量)極値分布には南北差(可降水量の南北差に対応する)以外の地域差が認められないのに対し、日雨量極値の分布には地形に関係する地域差が明瞭に認められることを指摘した。これと同じ結論が高知県内の稠密な雨量観測網のデータによって得られたわけである。

3. 台風にとまう四国南部の大雨の例

台風にとまう四国南部の大雨の一例として、台風6309号にとまう大雨をとりあげる。この例は四国の西側を通過する台風による大雨の典型的例として、合田(1965)の総合報告にも掲げられているものである。

第3図は1963年8月7日09時から、12日09時にいたる期間の総雨量である(この間の降水の大部分は8日午後から10日午前にかけてもたらされている)。総雨量の極大は1200mmに達し、総雨量400mmを越す地域は、四国背稜山脈の南・南東斜面とほぼ一致している。

第4図はこの降雨をもたらした台風6309号の経路と船戸(図中■印で示す)における時間雨量の推移を示す。船戸では、9日19時以後、降水量が急に減少するが、これは後述するように、台風の移動にとまう風向の変化に対応するものである。第4図に示したように、降水強



第4図 台風6309号の経路と船戸における降水量.

度には4～5時間の周期性が認められるが、その極大と極小の差はあまり大きくなく、40 mm/hour（1時間雨量としては特に強くはない）前後の降雨が継続したことの方がむしろ特徴的である。

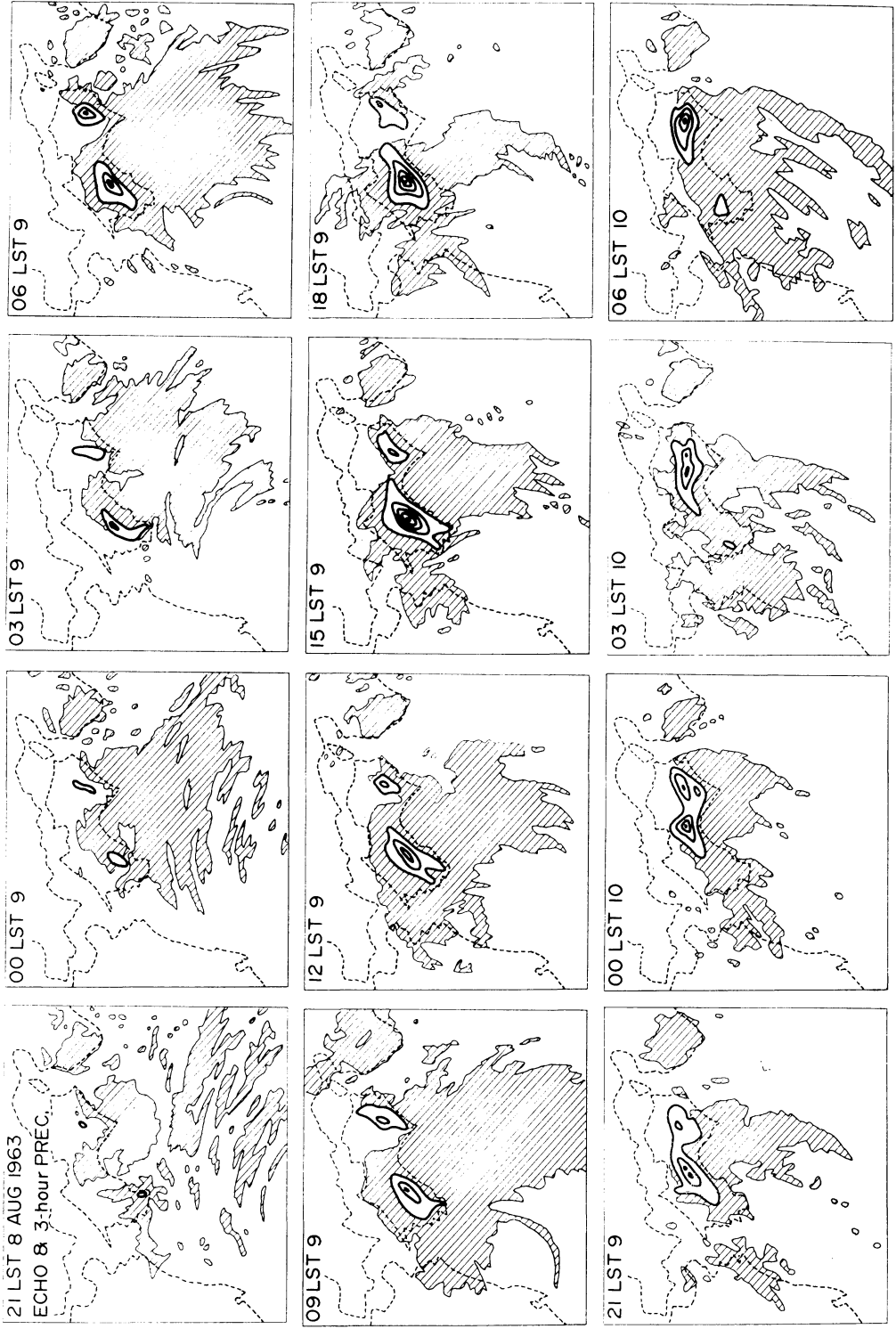
第5図は、8日21時から10日06時にいたる3時間間隔のレーダエコーの分布および前3時間雨量（等雨量線は30 mm/3 hour 間隔）分布を示す（この図ではグランドエコーと降水エコーは区別されていない。また、四国以外の地域での降水量も記入されていない）。もしも、さらに詳細に短時間間隔のレーダ資料や降水量のデータを解析すれば、立平（1961）、Staff members of Tokyo Univ. (1969)、Sakakibara・Takeda（1973）等が示したような台風の降雨帯にともなう短周期の変動が解析されるであろうが、ここでは、それを調査の対象にはしない。大づかみに見ると、台風の接近によって東風が強まり、まず8日21時から9日03時にかけて東斜面（土佐湾西部と室戸阿南海岸に向かった斜面）に強雨域がみられる。台風の進行にしたがって、四国南部の風向は、東、南東、南、南西と変化し、強雨域もしたがって背稜山脈の東、南東、南、南西斜面と移動する。

第6図は、100 mm/3 hour 以上の大雨域の移動と、室戸および足摺における地上風の変化を模式的にまとめたものである。3時間の積算雨量でみるならば、降雨帯にともなう強雨の変動は平滑化され、台風の移動に応じて、地形性降雨の極大域（つまり、背稜山脈に、下層風がほぼ直角にあたる領域）が移動して行く有様が明瞭に示される。くり返すが、第6図の大雨域の移動は、実体的なしょう乱の移動によるものではなく、風向の変化によって地形性上昇の場所が移動したことを示している。

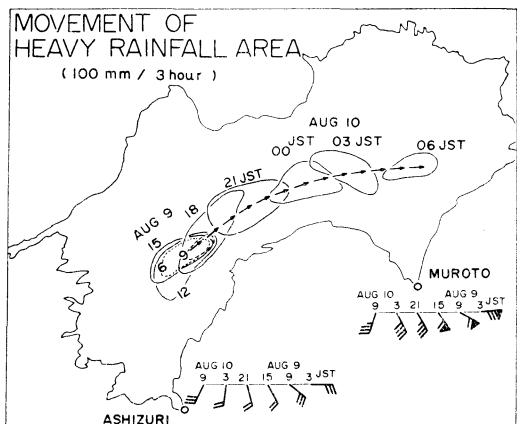
第7図は9日21時の850 mb 天気図である。温度場に注意すれば、風にむかう陸地に位置する潮岬、浜松で周

囲に比し、約2°C 低温であることに気づく。断熱図（図は省略）を比較すれば、周囲の下層の成層は、湿潤中立より安定であるのに対し、この2地点では、湿潤中立に近い成層であって（これは湿潤気層の上昇を意味する）、この差が850 mb 面の低温となってあらわれる。

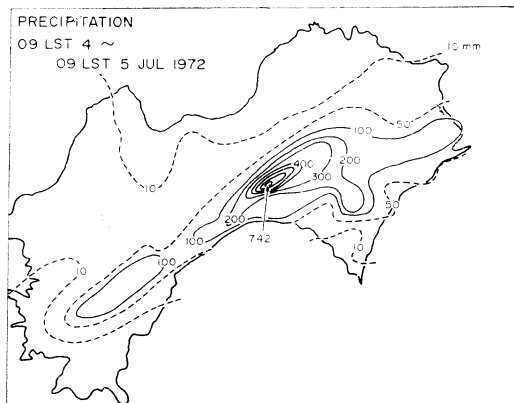
大量の降水は、大気中の水蒸気の減少によってまかなわれる。それは正確な水蒸気の収支解析を行なって、“水蒸気の sink” を計算すればわかることであるが、四国を囲む高層観測網が不十分なので、この計算は行なわず、背稜山脈の風上（太平洋岸）と風下（日本海岸）との水蒸気垂直分布の比較をするにとどめる。第8図は9日21時における潮岬(778)と米子(744)の水蒸気混合比の垂直分布と、両地点の混合比の差の垂直分布を示す（正確には、気塊の流跡線の始点と終点での混合比を比較すべきであるが）。潮岬では下層での混合比は著しく大きい、630 mb に逆転層があって、その上空ではむしろ乾燥している。米子では下層の混合比は大きくないが、上層ではむしろ大きな混合比がみられる。両地点の混合比の差 Δq は、1000～800 mb 層で正であるが、600～400 mb 層では逆に負である。領域に流入する水蒸気流束の収束 $\nabla \cdot \mathbf{v}q$ が主として降水量と釣り合うが（二宮・秋山, 1976）、もし大気の垂直運動（したがって質量収束）が山脈の風下と風上とで補償しあって、山脈の両側を含む広域では質量収束がなければ（ $\nabla \cdot \mathbf{v} = 0$ なら）、 $\nabla \cdot \mathbf{v}q$ は $\mathbf{v} \cdot \nabla q$ と等しくなる。実際の混合比傾度と風速からあたってみると、 $1/g \int_{800}^{1000} \text{mb} \mathbf{v} \cdot \nabla q dp = 1.6 \text{ mm/hour}$ となる。山脈南斜面の降水量は、20～30 mm/hour であるが、その南北幅は考える領域の幅（潮岬～米子間の距離）の約1/10であるので、この数値は、ほぼ妥当であるとも思われる。しかし、上層では、米子で混合比の大きな事実も同時に説明しておく必要がある。山脈の風上斜



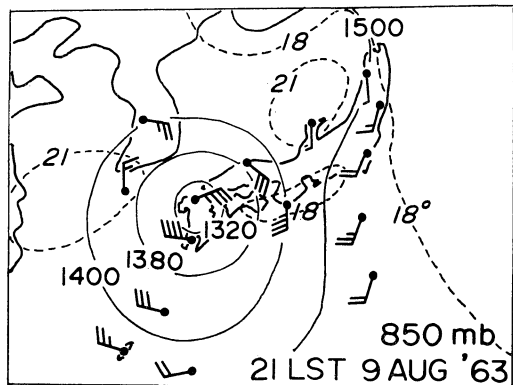
第5図 レーダスケッチと前3時間雨量 (雨量等値線は 30 mm 間隔).



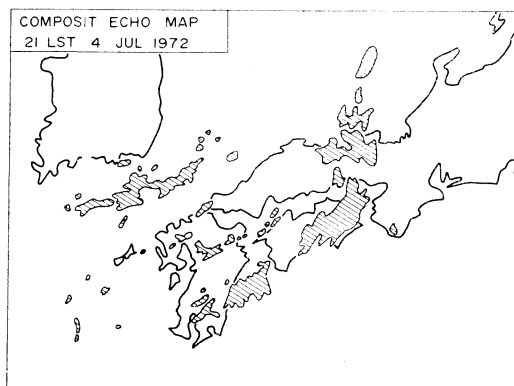
第6図 100 mm/3 hour 以上の強雨域の移動および室戸岬、足摺岬における地上風の変化。



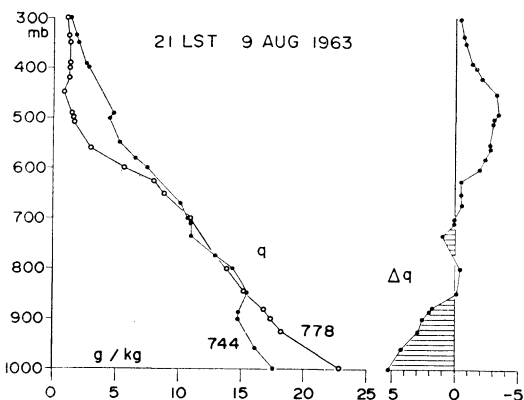
第9図 1972年7月5日09時前24時間降水量の分布。



第7図 1963年8月9日21時の850 mb 天気図。



第10図 1972年7月4日21時の合成レーダスケッチ図。



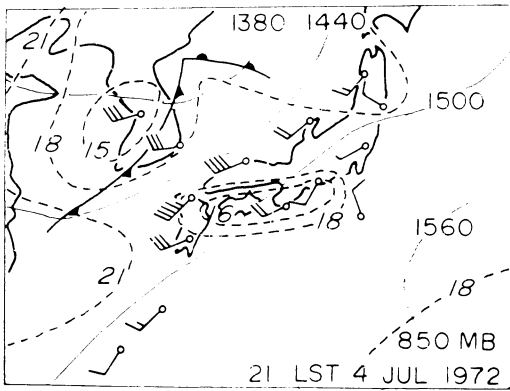
第8図 1963年8月9日21時の潮岬、米子における混合比およびその差の垂直分布。

面の大雨域で水蒸気が上方に運び上げられるから、風下の層が湿潤になると説明するのが適当であるが、この場合 $1/g \int_{1000}^{100} v \cdot \rho q dp$ は小さく、降水量と見合わなくなる。逆にいうと、 $\nabla v \neq 0$ 、つまり、山脈の両側を含む領域で質量収束が零ではないのかも知れない。

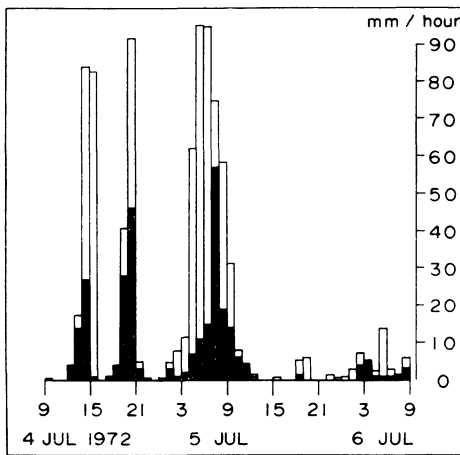
ここでは、観測事実として、地形性大雨域の風下斜面では、大気下層の水蒸気量が著しく減少していたことを指摘しておこう。多くの大雨の事例で、山地の風下で雨量の減少していることが報告されているが、これは、大雨域で水蒸気が消費されることと無関係ではなからう。

4. 大雨の帯状構造の事例

台風の大雨と非常に異なった例として、1972年7月4～6日の大雨を観察しよう。第9図は1972年7月4日09時から5日09時にいたる日雨量分布図であり、幅40～50 km のなかに鋭く集中した雨量分布が特徴である。

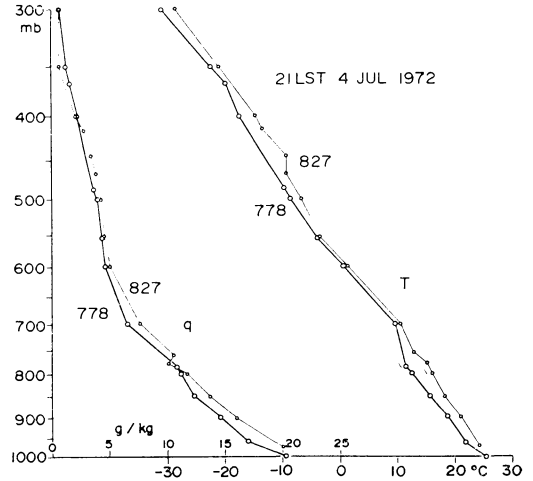


第11図 1972年7月4日21時の850 mb 天気図.



第12図 天坪における毎時降水量の変化と高知（黒塗の棒グラフ）における毎時降水量の変化.

第10図は4日21時の合成レーダスケッチ図であり、この日のレーダエコーの帯状構造は、四国南部に局限されたものではなく、はるかに大規模なものであったことがわかる。第11図は4日21時の850 mb 天気図である。この大雨の総観的気象状況をどう表現すべきかは問題であるが、太平洋高気圧の北西縁辺、かつ低気圧の南東象現でおきた大雨だと説明しておく。大雨期間、潮岬と鹿児島の高層風は900~700 mb 層で、10~15 m/sec で風向は220~230°であり、非常に定常的であり、この風向は、大雨の帯状構造の走向とはほぼ一致していた。連続したレーダ観測によると、大雨の帯状構造は長時間にわたり、高知県西部および中部の背陵山脈の南~南東縁に沿



第13図 1972年7月4日21時の鹿児島、潮岬の気温・混合比の垂直分布.

って東北東にのび、高知県東部で山脈を越している。雨量の極大域は、帯状構造が、高知県東部で山脈の南西斜面にはほぼ直角に交わる付近に現われ（ここでは下層風も山脈に直角にあっている）、その風下では雨量が減少している。

第12図に日雨量の最大値の観測された天坪における時間雨量の推移を示す。降雨の時間的変動は大きく（第4図と比較してほしい）、数時間の間隔でくり返される鋭い強雨のピークが特徴である。第12図には、この天坪より、約20 km 風上にあたる高知の雨量も図示してある（黒塗の棒グラフ）。両地点における雨量変化は平行しているけれども、その量は、天坪で著しく多い。両地点を比較すると、その高知のピーク時の雨量（40~60 mm）に対応する天坪のピーク時の雨量（80~90 mm）の比は2倍程度であるに対し、ピークの前後では、高知の雨量に比し天坪のそれは、10倍以上に達していることが知られる。高知に対する天坪の雨量の増加をかりに“増幅”と表現すれば、“増幅”作用は一様でなく、最強強度の降水系に対する“増幅作用”は弱く、それ以外の降水系に対する“増幅作用”が大きいことが注目される。

日本列島における大雨の帯状構造は、しばしば発現するもので、立平（1971）、Ninomiya・Akiyama（1974）、青木（1975）、瀬下・田中（1975）、小花（1976）など多くの報告があるが、この南四国の大雨の帯状構造について、その停滞と山脈の関係、山脈と降雨の増幅作用などを説明することは、できない。立平（1976）の提案し

た。地形性の雲と移動する対流性の降水との相互作用を含む、雨量計算方法の結果の一例によれば、 ~ 10 mm/hour 程度の降水の増幅が得られているが、この量はこのケースにおける増幅には足りない。

第13図は、4日21時の鹿児島、潮岬における気温・混合比の垂直分布である。潮岬では800~700 mb 層に安定層があり上空では乾燥している。大雨域のすぐ南で、安定層が保たれていることは興味深い。

前記したように、鹿児島、潮岬の高層風向は、大雨の帯状構造と走向にほぼ一致し、風向・風速ともにはほぼ定常的であった。主風向に沿っての水蒸気流束の収束は弱く、したがって大量の降水に相当する水蒸気の sink を、主風向にそう水蒸気流束の収束には求めがたい。1日1回だけ、09時に徳島でも高層観測が行なわれているが、5日09時においては、鹿児島、潮岬の西南西の下層風に対し、徳島のそれは著しい南風成分を示していた。このことは、帯状構造に対し直角方向の収束の存在を暗示しているのかも知れない。これから考えれば、09時以外の時刻について、鹿児島と潮岬の高層風のみにもとづいて、大雨の帯状構造と四国の地形との関係を観察したのは、正当でなかったかも知れない。

5. 討論とむすび

この調査においては四国南部の強雨と地形の関係を観察した。その内容は次のように要約される。まず30分・1時間・日雨量極値の分布から、短時間雨量極値の発現は空間的にランダムあるいはホモジェニアスであるに対し日雨量極値の分布は地形と関係の深いことを示した。

台風による大雨の例として1968年8月7~10日の大雨を観察した。時間雨量の変動は小さく、その特徴は強雨の継続であった。個々の降雨帯ともなう変動を無視して3時間雨量で雨域の動向を調べると、台風の進行にともなう風向の変化に対応して雨量極大域が背稜山脈の南縁に沿って移動していたことが示された。

大雨の帯状構造の一例として1972年7月4~6日の大雨を観察した。この降水は著しい時間的変動が特徴であり、停滞した帯状構造の内部での強雨のくり返しが、帯状構造が山脈を横切る地域で、特に大きな降水をもたらした。雨量極大地点とその20 km 風下の地点の雨量強度を比較すると、山地の降水系に対する増幅作用は、強い降水系をさらに増幅させるというよりは、むしろ、弱い降水系を増幅する点に重要性があることがわかる。

この観察は通常観測データに基づいており、指摘した事実についての気象学的考察も不十分であるけれども、

四国南部の雨について若干の知見を加えることができた。

ここでは一切ふれなかったが、地形性大雨についての小スケールの調査(竹永, 1976)、雲力学的なレーダ解析(Takeda et al., 1976)、雲力学的な数値実験(榊原, 1975)などに基づいた考察も必要であろう。しかしそれにもまして必要なのは、やはり、新しい観測資料などではなかろうか? 例えば、500 km もはなれた鹿児島と潮岬の高層データで四国の雨を議論するのは無理である。また、たとえば山地における降雨の増幅作用を論じたいなら、研究用レーダで降水系の垂直構造を計った方が直載なのではあるまいか?

謝辞

レーダ資料を御提示下さった室戸測候所に、厚く、御礼を申し上げる。

文 献

- 青木 孝, 1973: 1972年7月11~12日の神奈川県および静岡県での集中豪雨, 研究時報, 25, 315-319.
- 合田 勲, 1965: 四国南部の降雨(大雨)の特性, 気象研究ノート, 16, 154-167.
- Ninomiya, K. and T. Akiyama, 1974: Band structure of mesoscale echo clusters associated with low-level jet stream, J. Met. Soc. Japan, 52, 300-313.
- 二宮洗三, 秋山孝子, 1976: 豪雨のスケールと水蒸気収支解析について, 天気, 23, 221-229.
- 二宮洗三, 1977: 豪雨の時間スケールからみた降水強度の地理的分布, 天気, 24, 63-70.
- 小花隆司, 1976: 47・7 西三河集中豪雨のときに現われたレーダエコーの合流現象, 天気, 23, 347-361.
- 榊原 均, 1975: 山の風上側での降水雲のふるまいと東よりの風による大雨, 梅雨末期集中豪雨プロジェクト速報, 28, 8 pp.
- Sakakibara, H. and T. Takeda, 1973: Modification of Typhoon 7002 rainfall by orographic effect, J. Met. Soc. Japan, 51, 155-167.
- 瀬下慶長, 田中隆一, 1974: 昭和47年7月12~13日の西三河集中豪雨の降水解析, 天気, 22, 131-137.
- Staff members, Division of Met. Tokyo Univ., 1969: Precipitation bands of Typhoon Vera in 1959 (part I), J. Met. Soc. Japan, 47, 298-309.
- Takeda, T. et al., 1976: A case study of heavy rain in Owase area, J. Met. Soc. Japan, 54, 32-41.
- 竹永一雄, 1976: 台風7505による集中豪雨の解析的

研究, 日本気象学会1976年度春季大会講演予稿集, 70.

立平良三, 1961: 台風の降雨帯の解析, 研究時報, 13, 264-279.

——, 1971: 帯状エコーの生成・維持に必要な総観場の条件, 研究時報, 23, 341-355.

——, 1976: 雨滴成長を考慮した地形性降雨の計算, 天気, 23, 96-100.

資 料

高知県, 1974: 高知県気象 30 年報 (1941~1970), 430 pp. (高知地方気象台編).

日本気象協会高松支部, 1972: 四国雨量月報, 17, 7.

大阪管区気象台, 1964: 大阪管区気象台異常気象報告, 11, 3 (台風6309号調査報告), 1-75.

第19期第2回常任理事会議事録

日 時 昭和51年12月1日 14.00~17.00

場 所 気象庁観測部会議室

出席者 岸保, 小平, 浅井, 朝倉, 内田, 奥田, 神山, 門脇, 杉本, 立平, 松本, 股野, 各常任理事

報 告

〔庶務〕

当学会北海道支部は, 52年秋季大会を10月4~6日に開催したい意向。

〔天気〕

12月, 1月号まで進めている。地方委員に敬をとばして「天気」に掲載の原稿を依頼している。

〔気象集誌〕

来年度1年間で560頁, 文部省へ申請した。

〔気象研究ノート〕

130号「気象の測定」を印刷している。「大気放射」が遅れている。印刷業者は2社が建前となっており, 渡辺印刷が廃業となったので代わりに信行社(台東区上野5-12-4)と従来からの三報社とでやって貰うことになった。

〔講演企画〕

昭和52年度の春季大会は気象大学校が担当で, 期日は5月24日(火)~26日(木)を予定し, 会場は気象庁で行なうことに計画している。シンポジウムとしては、「乱流と境界層」を考えている。

〔長期計画〕

内田理事から11月の委員会の報告があった。当面, 気象学会の研究者の現状と問題点を調べること, および教育問題(中学・高校を含む)を前回の委員会の討議事項を参考にして検討する必要性等が議論された。

〔南極〕

10月2日極地研で南研連気象小委員会(話題は Polex South にどう対処するか)が行なわれた。オブザーバーとして出席した門脇理事から内容について簡単に報告があった。

議 題

1. 昭和52年度総会ならびに春季大会について。

1) 期日は5月24日(火)~26日(木)を予定。

2) 場所は気象庁。

3) 提出議題は, 会費値上げについて。

最終予算案作成の時に検討する。

2. 外国人会員の取扱いについて。

気象集誌担当浅井理事から以前は会員であったが, 投稿時に会費の納入がない者の気象集誌投稿に対する措置について提案があった。

これに対し, 1年以上会費を納めない者は, 気象集誌への投稿は認めない。かりに投稿してきた場合, 会費の督促をしても送金がなければ原稿は返送する。

外国人向け気象学会案内が不備であるため庶務理事が修正し作成し直すことにする。

承認事項: 那田由直ほか17名の入会を承認。