

昭和47年7月12日～13日の西三河集中豪雨の降解析*

瀬下慶長** 田中隆一***

要旨

10分間降雨強度と風の場合から降雨バンドの微細構造を解析した。それによると降雨システムは水平収束域と発散域の中間に位置しており、降雨バンド構造の維持と発達はそのバンド中に形成されるメソ・スケールの対流性じょう乱による。

1. はじめに

昭和47年7月豪雨の一連として、12日21時から13日3時頃にかけて愛知県西三河地方から岐阜県東濃地方に集中豪雨が発生した。

愛知県西加茂郡小原村では12日9時から13日9時までの日雨量281mmを観測しており、この地区では文化12年7月下旬の大雨以来159年ぶりの大雨記録に当たる。

この大雨は第1図に示すように12日21時から13日3時までの6時間に集中している。この強雨域のスケールは200mm/6hr以上の降雨帯の長さは40km、巾は10kmで、100mm/6hr以上の長さは80km、巾は20kmを示している。前者は後者の丁度2分の1倍に相当する典型的な集中豪雨であった。

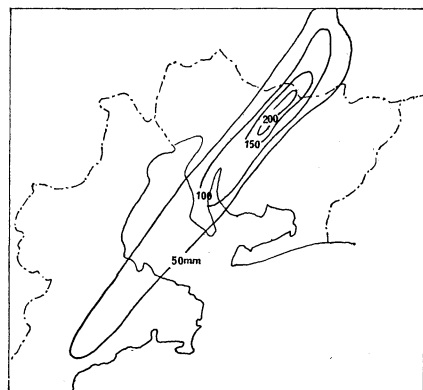
本例については総観場からの解析は名古屋地方気象台予報課で、降雨特性の解析は名古屋大学の武田教授の報告がある。

本文では主として豪雨集中域における細密な実測風にもとづく水平発散及びうず度場との関係について述べる。

2. 資料

雨量と風ならびに気温のデータは気象官署の他に中部地方建設局、愛知県土木部河川課および県内各消防署から収集した。

データの処理には、雨量は自記々録から10分毎に読みとる。風はエーロベンによる記録が多かったので、雨量に対比するため10分間平均の風向と風速を読みとった。次に、風速は東西成分 u と南北成分 v に分けて、5km格子の u, v イソプレットを作成し、5km²に1点の割



第1図 12日21時から13日3時までの6時間雨量

合で発散、うず度を算出する。それを更に10kmの平均をとることによってスムージングを行なって解析する。

気温のデータは気象官署以外はほとんど皆無に等しく、あっても週巻自記記録のため絶対値は用いられないので、平均値(12日21時から13日5時まで)からの偏差を求める。

それらのデータ観測点は第2図に示すとおりで、雨量と風の観測密度は密な領域では約10km²につき1点で、疎な領域は20km²に1点の割合に配置されている。

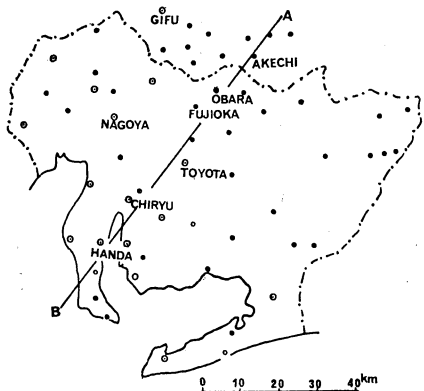
3. 風速場の特性

この豪雨期間中における局地風の状態を調べるため流線解析を行なった。その流線場の特徴は第3図にみられるように浜松から奥三河地方と岐阜県恵那地方に恒常的な高気圧性循環場が形成されており、そこからの発散風と一般場の南風との合流域に12ノット以上の強風帯が渥美半島から矢作川流域に沿ってのびていることがある。

前者の浜松から奥三河地方の高気圧性循環は後述する中層ジェットコアの真下から南側の乾燥域の下降流に対応している。

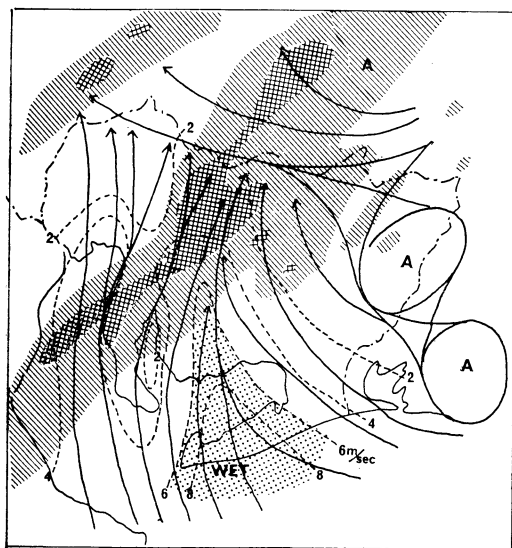
* Precipitation Analyses of Heavy Rainfalls in the Western Mikawa District, Aichi Prefecture on 12-13 July, 1972.

** Y. Seshimo, *** R. Tanaka 名古屋地方気象台
—1974年6月25日受理—



第2図 風・雨量観測所の配置図

●は風・雨量観測点, ○は雨量観測点,
○は風観測点を表わす。

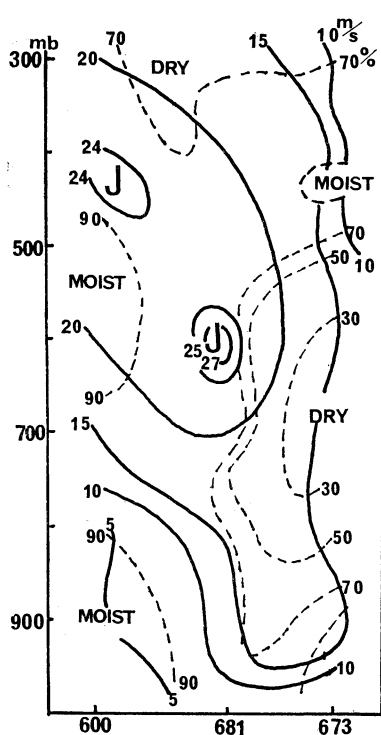


第3図 流線場とレーダーエコー分布図

黒点域は6 m/s以上の領域, 斜線域はエコー,
Aは高気圧性循環を表わす。

一般場の南風域においては、得られたデータの範囲内では、いづれも相対湿度は90%以上の飽和状態になっているので、上記の強風帯は水蒸気輸送のとくに著しい局地的湿舌を形成しているものと考えられる。

次に、鉛直方向の風の構造をみるために豪雨開始直前の12日21時における輪島一浜松一八丈を結ぶ線上の鉛直断面図を作る(第4図参照)。それによると浜松上空600 mb 高度付近に54ノットの非地衡風のジェットコアが観測され、その上層150 mb までの風速はほとんど一



第4図 風速・湿度の鉛直断面

定の40ノットになっている。これは対流混合の盛んであることを示している。また速度場に関連する水蒸気場では、ジェットコアの南側下層と北側上層に相対湿度70%以下の乾燥域が分布し、その反対の南側上層と北側下層に相対湿度90%以上の湿潤域が存在している。

一方、温度風を $\partial V_g/\partial Z$ 、実測風の鉛直シアを $\partial V/\partial Z$ とすると、ジェットコアの下層と上層の $\partial V_g/\partial Z$ 、 $\partial V/\partial Z$ では、第5図のような鉛直分布を示している。

すなわち、ジェットコア面より上では、

$$\partial V_g/\partial Z > \partial V/\partial Z$$

ジェットコア面より下では、

$$\partial V_g/\partial Z < \partial V/\partial Z$$

になっている。この結果は松本の理論が適用される。それは非地衡風の速度場と気圧場の不つり合から鉛直循環がジェットコア面の下側では、間接循環が生成し、その上側では直接循環を生ずる。このような運動場は質量場を調節することにより第4図のような湿度分布を形成したものと考えられる。また、その下降域にあたる地上の浜松付近の高気圧性循環の発散風も理解される。

本文のエコーパターンは第6図に示されるとおりジェ

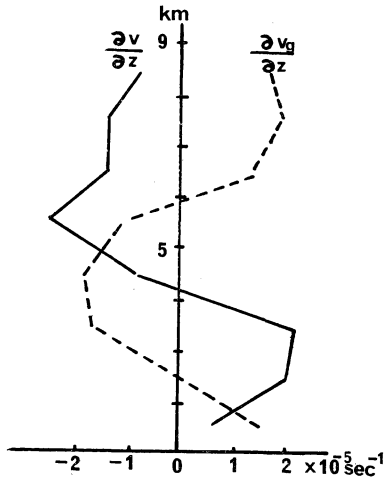
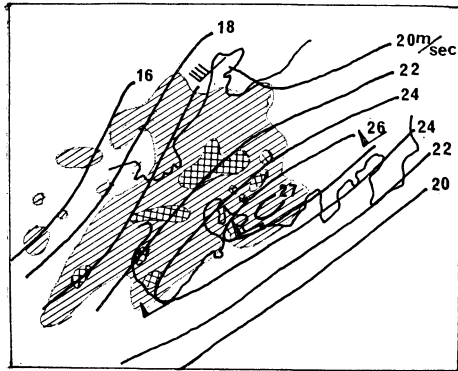


図5 第 図地衡風シアーと実測風シアーの鉛直分布図



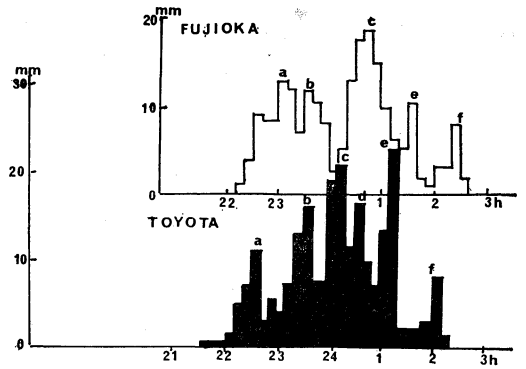
第6図 12日21時における600mb面の等風速線とレーダーエコー(斜線)分布図

ット・ストリームの北側下層での上昇域を支持するように分布している。

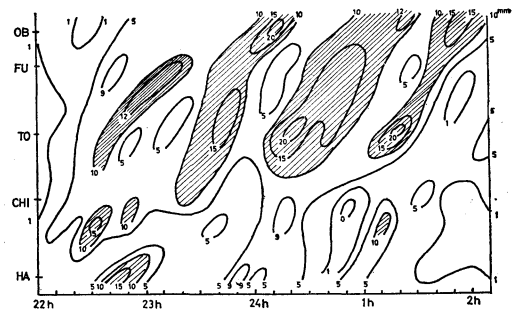
4. 降雨特性

第7図は豪雨中心域に位置している豊田と藤岡における10分間雨量の時間変化を示したもので、前者には6個のピーク(a, b, c, d, e, f)がはっきりと認められる。降雨最盛期にはピークは約30分の周期で出現しており、このピークは毎時50~60kmの速さで北上して後者のピークになって現われている。

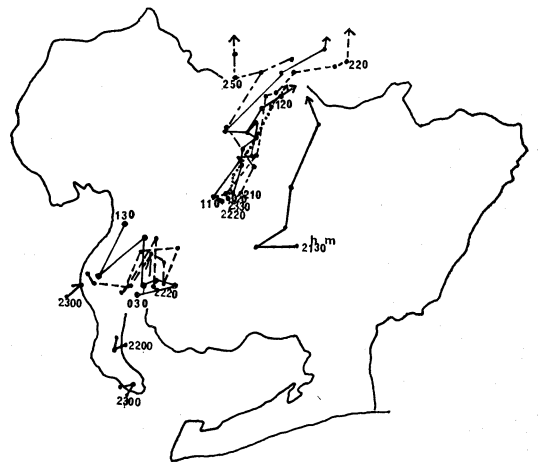
これを別の角度からみるために降雨の集中帯に沿って軸を第2図のAB線のようにとりその軸上の降雨のタイム・シーケンスを作ると第8図のようなバンド構造をもった強雨システムが6個観測される。ここで注目されるのは強雨システムが豊田付近から北のシステムと知立付



第7図 10分間雨量の時間変化図



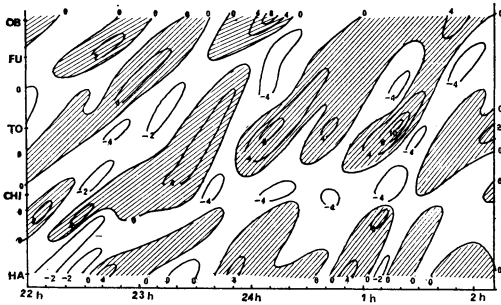
第8図 雨量のタイム・シーケンス
縦軸は第2図のAB線上の観測点を用いる。



第9図 雨量極大域中心の移動径路図

近から南のシステムに2分されていることである。しかも前者の強雨極大域は北に移動しているが、後者の強雨極大域は停滞性である(第8, 9図参照)。

更に、強雨システムの変動特性を調べるために次式の



第10図 空間平均雨量からの偏差雨量のタイム・シーケンス斜線域は正偏差を示す。

ような空間平均雨量からの偏差雨量を算出する。

$$R' = R - \langle R \rangle$$

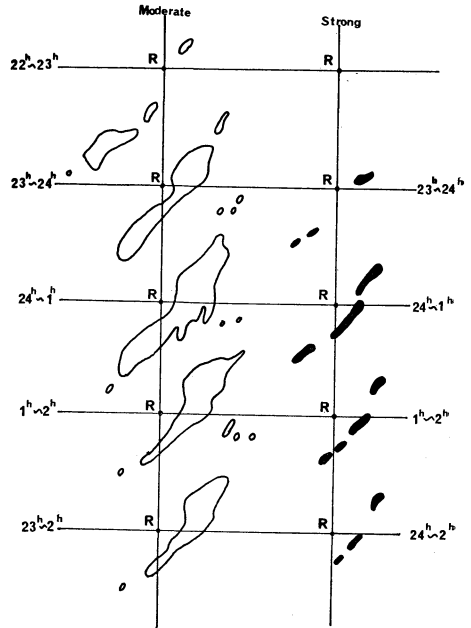
ここで、 R' は10分間雨量の偏差、 R は10分間雨量、 $\langle R \rangle$ は空間平均雨量を表わす。本文では空間を前記の軸上の20 km 距離で代用し、その距離をスライドしながら平均雨量を求める。

第10図は上式から算出した R' のタイム・シーケンスを表わしたもので、 R' の時-空間変化から7個の強雨システムの移動がみられる。豊田以北の降雨システム中に現われている R' の極大域の移動速度は36~60 km になっており、その周期は降雨初期では50~60分、最盛期では平均30分になっている。本図でも知立付近の R' は降雨の初期段階を除いて、負偏差域が占めており、 R' 分布同様に強雨システムは2分されている。

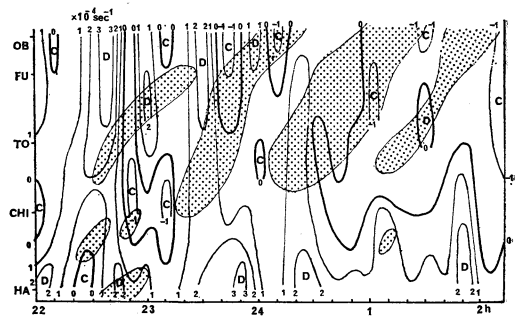
次に、降雨の集中度をエコーの立場から考察する。本文では資料の関係上から毎時間のエコーパターンの強度が並および強いエコーのみを対象にして、そのエコーパターンが2時間にわたってオーバー・ラップする部分を取りだし、そこを対流性の強い集中域と定義する。

第11図は強度別の集中域を示したもので、並の場合は23時以降からラインパターンを現わしており、そのスケールは長さ120~140 km、巾は広いところで25~38 km になっている。また23時から翌日2時までの4時間に集中している場合のスケールは長さ100 km、巾は3~6 km になって、6時間の100 mm 強雨域のスケールと大体一致している。

一方、強いエコーでは、24時以降から集中域が現われており、しかもセル状に分離しているのが特徴である。地上では、この時刻頃から降雨も最盛期に入っており、10分間雨量強度は20 mm 以上を観測している。このセル状集中域のスケールは長さが8~15 km、巾は3~5 km で、20~37 km の間隔で並んでいる。



第11図 強度別レーダーエコー集中域の時間変化図Rはレーダーサイト

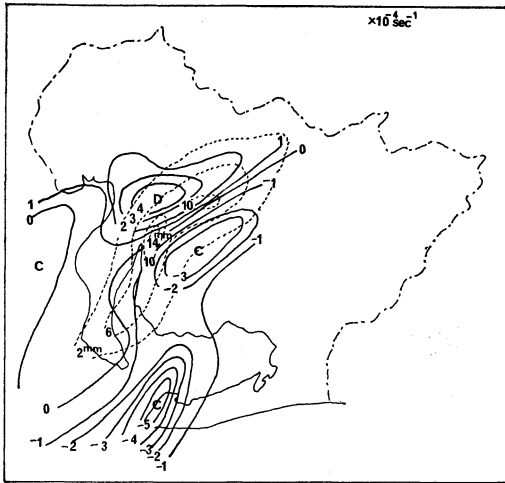


第12図 発散・収束と雨量10 mm 以上のタイム・シーケンスCは収束、Dは発散、黒点域は雨量でa, b, c...fは降雨群のピークを表わす。

これらセル状の集中域は対流性じょう乱の代表的スケールを表わし、積雲対流の活発なメソ・システムの対流性じょう乱域と理解される。その対流性じょう乱域は知立南西部、豊田付近および岐阜県明智北部に位置している。

5. 降雨と水平発散、うず度との関係

第12図は前節の軸上における地上収束、発散のタイムシーケンスと10 mm 以上の強雨域(黒点域)との関係を示したものである。その強雨システムの発生源はいづ



第13図 12日22時30分の発散場と雨量分布との関係図
 実線は発散・収束の等値線、破線は等雨量線を示す

れも収束域に対応している。その発生域は豊田付近で、ここから強雨は移度しているが、半田付近に発生する強雨はほとんど発散域に現われて、停滞性である。

更に、バンド構造をもった強雨システムに対する水平収束、発散およびうず度の空間特性を調べると、第13図のように降雨軸を中心にして、南東側が水平収束に、その北西側が水平発散になっており、水平発散の零線が強雨軸に大体一致している。とくに対流性じょう乱域で

は、降雨の極大域をはさんで、その東側に収束、西側に発散の極大域が対応しているのが特徴である。

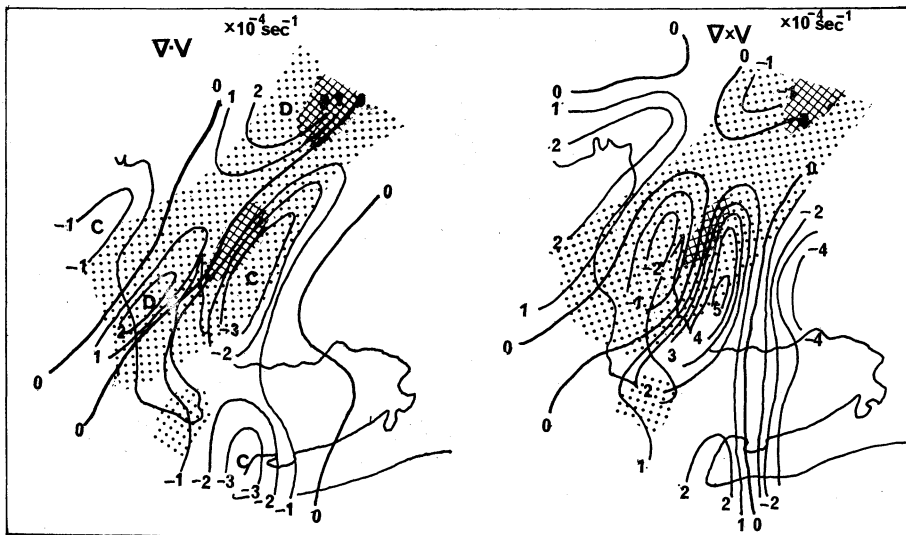
他方、地上強風域では水平シアアが卓越しているため、強風軸を境にしてその西側には正うず度、その東側に負うず度が分布する。そこで、上述の収束、発散場を対比させると、第14図に示されるとおり、正うず度域に収束域が、負うず度域には発散域が分布している。

この対応を降雨の初期、最盛期および末期のステージからみると、初期の22時30分から23時30分までは、収束域が正うず度域に、最盛期の23時30分から0時50分までは、発散域が負うず度域になっており、末期の1時以降は再び収束域が正うず度域に変化している。したがって、降雨最盛期では、強雨システムの地上では水平発散が支配的である。

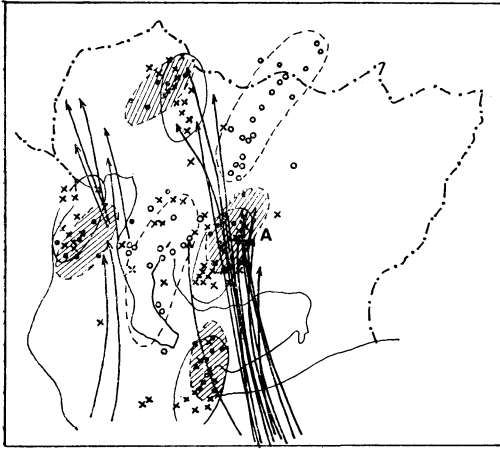
黒崎はメソ降雨の解析において、うず度と発散の正負の割合はうず度と発散のいずれの側からみても相手の正負の割合が6：4になっていることを指摘している。

本例のうず度と発散の正負の割合をその極大域について、地上強風軸との関連から図示したものが第15図である。これによると、強風軸の先端付近およびその西縁は収束に正うず度が多少の位相のずれをもって一致しているが、弱風域では発散に負うず度が大体一致している。とくにA地区は本文の対流性じょう乱域に相当しているところである。

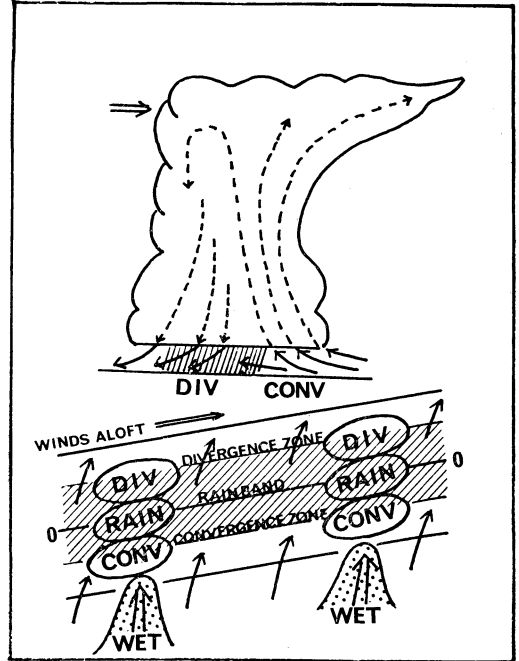
次に、上層の発散場をみるため小花が計算したレーダーエコーによる名古屋レーダーの探知範囲内の収束・発



第14図 12日23時の発散場・うず度場と降雨域（黒点）との関係図



第15図 強度軸（矢印）と発散・収束およびうず度のそれぞれ極大域中心の分布図
 ・は収束，○は発散，×は正うず度を示す。



第17図 降雨帯と発散・収束帯との関係模図

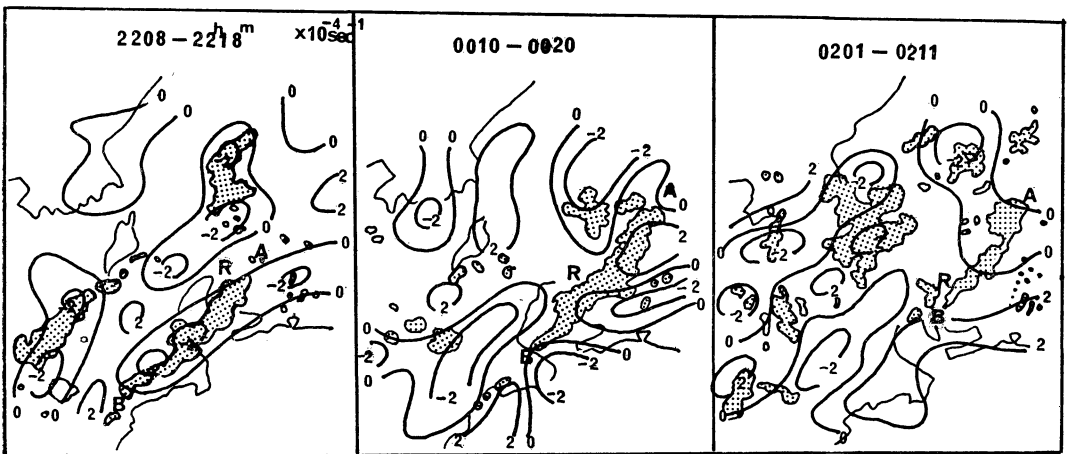
散分布によると、降雨初期には強いバンド状のエコーがバンド状に分布する収束域の中に存在しているが、降雨最盛期から末期にかけては、エコーは発散域に位置するようになる（第16図参照）。収束・発散のオーダーはいづれも 10^{-4} sec^{-1} である。

したがって降雨初期では、バンド状降雨システムは地上から中層までは収束場の中に入っているが、最盛期には、その降雨システムは発散場に存在するようになる。

これまで述べてきた降雨特性やエコーの集中域ならびに水平発散、うず度場から第17図のような模図が考えられる。その模図にみられるように降雨バンドの軸を境に

して収束と発散がバンド状に分布しており、とくに降雨バンドの中に降雨極大域をはさんで収束と発散の極大域がワンセットになっているメソ・システムの対流性じょう乱が20～40 kmの間隔で、中層風の方向に並んで形成される。

このじょう乱域の南東側では、水蒸気フラックスの収束に伴った積雲対流が30～60分の周期で発達する。こ



第16図 レーダーエコーの移動から計算した発散・収束分布図黒点域は4 m/hr以上の強度を表すエコー、ABは停滞性線状エコーを表す。（小花，1973気象庁技術報告による）

の対流雲が成熟段階に達すると降水を伴った下降気流が発生し、雲低下では発散する寒気で占められるようになる。このことは地上の発散域が周辺より低温なことから支持される(第17図上段参照)。

また、この低温な発散風とその周辺の強風先端の暖湿気流とが収束を起して、新しい対流雲を発生させることが考えられる。このような対流性じょう乱域では、対流雲を発生させると同時に上層風に流される対流雲を増幅強化させて、バンド構造の降雨システムが維持されるものと理解できる。

ここで、対流性じょう乱を形成し維持させるものとしては、下層の水蒸気フラックス収束と中間規模の中層ジェットコアー近傍の運動場と気圧場との不つり合による鉛直循環との相互作用による。

6. あとがき

本調査は気象研究所との地方共同研究の一環によるもので、相原正彦気象大学校教授のご助力と二宮洸三博士

ならびに和田英夫博士のご指導に感謝します。なを、解析資料の提供に協力いただいた岐阜地方気象台、中部地方建設局管理河川課、愛知県土木部河川課ならびに県内各消防署に謝意を表します。

文 献

- 名古屋地方気象台, 1973: 昭和47年7月豪雨調査報告. 東海地方の部, 気象庁技術報告, **84**, 84-96.
 武田喬男, 1973: 47・7 西三河東濃地方豪雨の雨量解析, 1973年度春季気象学講演予稿集.
 Matsumoto, S., 1972: Unbalanced Low-Level Jet & Solenoidal Circulation Associated with Heavy Rainfalls, J. Meteor. Soc. Japan, **50**, 194-203.
 Ninomiya, K., 1971: Mesoscale Modification of Synoptic Situations from Thunderstorms Development as Revealed by ATS-III & Aerological Data., J. Appl. Met., **10**, 1103-1121.
 黒崎明夫, 1973: メソ降雨の解析と予想. 東管技術ニュース, **33**, 28-50.



関口 武著

風の塔——四季の科学随想——

時事通信社 1974, 290p. 900円

本最は昭和46年、東京新聞、中日新聞の文化欄に連載された「科学歳事記」を主体に、昭和47年月刊「人物評論」昭和48年月刊「日本と世界の旅」連載の「気象歳事記」を併せてとりまとめたものである。一項目がB6判1頁に収まるよう500～600字にまとめられた約270項目の短いエッセーが収録されている。

内容は四季の科学と自然・科学・人間の二つに大別さ

れている。前者は春夏秋冬に分けられて、啓蟄、水ぬるむなどの季語のほか、長崎の凧上げ、振袖火事など日本の気象風土記やウドの地下産地やココヤシなど産業気象、春の雪や海陸風など気候や気象現象など多彩な話題が盛り込まれている。後半は暮らしの中の科学、自然と科学者の眼、現代社会点描、学者の周辺の四つに分けられ、著者の眼を通して見た様々の話題が書かれていて楽しい。外国旅行の印象もあり、著者が大学で日頃感じていることもある。

全体を通して、著者の旺盛な知識欲と長年の多地域にわたる外国生活や旅行の体験がよくこなされて幅広い分野にわたる、あか抜けのした随想集となっていて気軽に読めるのがよい。仕事に疲れたときなどに開いた頁を読むと気分転換になり、またちょっとした知識が得られ一挙両得だろう。

(河村 武)