

九州地方における豪雨の特質とその予報方法*

山 田 三 朗**

要旨: 九州の強雨を他地方と比較してみると、短時間の雨はあまり強くないが、日量等では全国一の多雨地であり、特に梅雨期と春に豪雨が多い。また、前線に直接伴わない豪雨が多い。

一方、九州における線状エコーの出現ひん度や停滞ひん度の分布は強雨や界雷、たつまき等の分布とおおむね類似している。すなわち、豪雨・強雷・たつまき等の局地的異常気象は線状エコーの発生・発達・停滞しやすい所に多く起こっており、そこは地形的に下層風が収束しやすいか、収束線の延長が停滞しやすい地形条件の所であった。

したがって、エコーセルの追跡によって下層風場を推定すれば、下層風の収束位置・強さなどが予想でき、それによって線状エコーの発生・発達と、その合流または重なる位置および時刻を予想すれば、その豪雨型エコーパターンの予想によって集中豪雨を量的に早く予報できることになる。

はしがき

九州地方に豪雨が多いことは観念的には誰でも知っているが、その特質については九州の関係者でも必ずしも具体的にはつかんでいないように思われる。しかも、その予報は防災上最も重要であるが、その予報精度はまだ満足できる状態にはほど遠い現状にある。

そこでまず、気候学的に九州地方における豪雨の特質を報告し、その豪雨の予報方法として集中豪雨のスケールに最も適合したレーダーによる予報の方法を提案したい。

1. 九州地方における豪雨の特質

(1) 年降水量の特徵

まず九州地方と他地方との年降水量を面積的に比較してみると第1表のようになり、年量2000mm以上の地点数の観測数に対する比では宮崎、高知、福井、鹿児島が大きい。すなわち、南九州と南四国および北陸に年降水量2000mm以上の地点が多い。

一方、地点雨量としては紀伊半島の大台ヶ原観測所の4772mmが最大値として有名であるが、南九州でも乙種観測所の4年間平均では宮崎県蝦野で5050mmになっており、尾久島でも大台ヶ原のような地点で観測すれば5000mmをこえる所もあるのではないかと思われる。したがって、地点雨量では多雨域としての代表性が少ない

第1表 年降水量多雨地点の府県別比較表

県名	県内面積 雨量 mm	県内観測 所数 A	A中の2000 mm以上地 点数B	比率 B/A	%
宮崎	2614	42	41		98
鹿児島	2353	52	46		89
熊本	2064	44	21		48
長崎	1823	50	11		22
佐賀	1859	24	7		29
福岡	1771	70	11		16
大分	1715	40	4		10
山口	1765	29	4		14
三重	2347	38	23		61
奈良	1953	38	11		29
和歌山	2150	37	20		54
徳島	1964	38	17		45
高知	2721	45	44		98
愛媛	1636	48	7		15
新潟	2375	67	49		74
富山	2468	34	28		83
石川	2467	41	31		76
福井	2438	31	29		94

ので、代表的最多雨域とされている紀伊半島と南九州との区内年降水量による分布図を画き、2500mm以上の面積と3000mm以上の面積について両地方を比較してみると、紀伊半島はそれぞれ南九州の52%と59%であり、多雨域の面積は南九州の方が2倍くらい広い。

(2) 年間最多降水月の特徵

30年間の累年月別降水量により全国各地の最多降水量

* On the Special Character and the Forecasting Method of Heavy Rains in the Kyūshū District.

** S. Yamada. 福岡管区気象台
—1965年1月18日受理—

月を比較すると、九州は23地点の気象官署中18地点が6月に最多雨で、次に7月の4地点であり、他の月は畿原の9月の1地点だけである。しかるに、わが国の九州以外の地方では台風期の9月に最多雨となることが多いので、教科書などにもわが国の最多雨月は9月となっているものが多いようであるが、九州としては一般に6月が最多雨月である。したがって、区内資料も用いて6月と9月の30年平均による月降水量分布を比較しても、9月の方が多い地域は大分県南部から宮崎県北東部などに部分的にある程度で、9月が6月より多雨の地域は九州本土の約12%の面積にすぎない。

(3) 月降水量の特徴

1951—58年の気象官署、乙種、ロボット雨量における最大月降水量10位までの中から、1000mm以上になった地点数を各府県別に求めると、九州は各県とも10位以下までも1000mm以上の地点があって、合計数が出せないほど多くあり、四国や紀伊等よりかなり多く、特に梅雨期に多い。

ゆえに、気象官署における30年間の最大月降水量の1位から4位までの平均で月別に比較しても、6月は九州の14官署全部が500mmをこえているのに対し、他の地方は四国で2地点、紀伊半島に2地点、東海と豆南諸島に各1地点あるにすぎず、700mm以上では他地方が1地点もないのに九州は半数以上の8地点もある。

7月も九州の14官署中10地点が600mm以上であるが、他地方には全部で2地点しかなく、700mm以上は他地方に1地点もないのに九州は半数が700mm以上である。

このように九州は梅雨期に極端な多雨となることが多いが、月合計で数十mmの少雨のことも多く、から梅雨のときは雨の少ない地方以上に少なくなったりするので、月降水量の変動幅が400—800mmにも及び、水資源としての質が悪く、雨の過多や過少による災害が多い。

(4) 日降水量の特徴

日本気候表の6により最大日降水量の1位から4位までの平均を月別に比較すると、6月に200mmをこえた地点が、九州には5地点もあるのに、他の地方では全部で3地点しかない。7月の200mm以上は九州の4地点に対し、四国と紀伊半島で4地点あり。8月では九州の1地点に対し、四国2、近畿3、関東3の計8地点ある。すなわち、日量で200mm以上降るよ豪雨は九州では6月に多く、九州のかんりの地域で数年に1回は降っているが、7月、8月になるにつれ、九州での豪雨が多い特徴は薄れてくる。

したがって、九州では梅雨期に豪雨が多く、日降水量100mm以上の回数も梅雨期に多い。特に九州の特徴は春の4月に日量300mmをこえる豪雨があることで、長崎・佐賀両県では11地点も4月に日量300mm以上の豪雨が降っている。

(5) 1時間降水量の特徴

日本気候表の6により、最大1時間降水量の1位から6位までの平均で全国各地を比較すると、潮岬と室戸岬が100mm/h以上で大きく、東京・銚子・宇都宮・前橋も宮崎を除く九州本土の各地より大きい。したがって、5年に1度くらいの強雨における1時間降水量では、九州各地よりもむしろ関東各地の方が大きい。九州内では西九州に強雨の所が多く、特に佐世保と阿久根に大きく、東シナ海からの南西気流が収束しやすい地形条件の所に強雨が多い傾向を示している。

(6) 10分間降水量の特徴

日本気候表の6により最大10分間降水量の1位から5位までの平均をとって比較すると、九州各地より東京や熊谷の方が大きく、福岡や大分、熊本は仙台や青森県の深浦よりも小さく、鹿児島や宮崎も銚子や水戸、甲府などより小さい。

これを九州内で比較すると阿久根が30mmで最も強く、次で平戸の26mm、長崎、屋久島の25mmで、西九州の東シナ海沿岸に強い。

また、10分間降水量20mm以上の回数と35mm以上の回数を日本気候表の6により地方別に比較すると、第2

第2表 10分間降水量による強雨回数の地方別比較

地方名	所在官署数	都府県名	20mm	35mm
			以上回数	以上回数
南部九州	11	宮崎、鹿児島、熊本	49	1
北部九州	13	福岡、佐賀、長崎、大分	27	0
中国地方	14	山口、広島、岡山、鳥根、鳥取	5	0
四国地方	12	高知、徳島、香川、愛媛	9	4
近畿北部	10	大阪、兵庫、京都、滋賀	8	1
紀伊半島	8	三重、奈良、和歌山	27	2
中山地方	9	岐阜、長野、山梨	5	0
東海地方	8	愛知、静岡	5	0
北陸地方	8	新潟、富山、石川、福井	4	0
関東地方	11	豆南諸島を除く関東の7都県	18	4
豆南諸島	4	東京都の一部	5	0
東北地方	16	福島、宮城、岩手、青森、秋田、山形	8	0
北海道地方	21	北海道全域	4	0

表のようになり、35mm 以上では関東と四国が多いが、20mm 以上では南九州が特に多い。

すなわち、九州地方には特に強い短時間強雨はそれほど多くないが、10分間20mm 以上程度の強雨回数が他地方に比べて特に多いのが特徴である。

(7) 一雨降水量の特徴

気象庁観測技術資料の日本の強雨資料によって、一雨500 mm 以上の大雨回数を調べてみると、九州は24官署中10地点あるが、中国は14官署中下関だけ・四国が12官署中3地点・近畿が18官署中2地点、関東は11官署中3地点だけで、他地方にはない。したがって、一雨500mm をこえるような大雨も九州に特に多い。

(8) 西九州の豪雨の特徴

そこで第3表のように全国主要地点における継続時間別の降水量最大値について、1位から4位までの平均を比較すると、10分間ないし1時間の短時間降雨では北西九州などより反って関東各地の方が降雨強度が強い。しかるに3時間以上の継続時間になると北西九州の方が多くなり、36時間では関東より50%以上も多くなる。すなわち、九州は短時間の雨は特に強くはないが、かなりの強雨が継続しやすいので他地方より豪雨となりやすい。

第 3 表

各地の継続時間別降水量最大値4位までの平均の比較

地点名	10	30	1	3	6	12	24	36
	分間	分間	時間	時間	時間	時間	時間	時間
	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm
平戸	20	37	61	118	165	197	317	339
佐世保	20	43	75	132	194	244	305	345
長崎	20	40	59	112	159	209	242	269
東京	22	47	62	87	105	135	157	188
熊谷	26	49	72	91	120	164	240	264
宇都宮	22	38	67	89	107	140	192	210
佐賀	24	42	65	113	156	209	302	332
阿久根	31	44	55	97	134	194	259	282
和歌山	20	30	37	48	72	85	98	115
潮岬	38	56	94	137	166	241	296	318
室戸岬	23	49	69	131	178	214	257	290
高知	23	44	88	139	166	209	249	300

また、1時間20mm 以上の強雨の継続時間と10分間5 mm 以上の強雨の継続時間を日本の強雨資料から各地について調べてみても、油津・宮崎・阿久根・佐世保・平戸では、これら強雨が特に降り続きやすい傾向にある。すなわち、西九州と南九州はその他の地方に比し、地形的に強雨が降り続き易い条件にあることがうかがえる。

(9) 月別継続時間別強雨回数の特徴

九州各地における10分間20mm以上、20分間30mm以上、30分間40mm以上、1時間50mm以上、2時間70mm以上、3時間90mm以上、6時間120mm以上、12時間160mm以上、および24時間230mm以上について、月別の回数の特徴を調べてみると、10分間20mm以上では7・8月が多く6月が少ないが、2時間70mm以上では反対に6・9月が多く、7・8月が少ない。24時間230mm以上では7・8月は6・9月の半数以下である。そして1時間から12時間では6月の強雨回数が最も多い。

すなわち、短時間の強いしゅう雨性の雨は気温の高い7・8月の真夏に多いが、それは一般には30分ぐらいいし継続せず、1時間以上続くような大雨性の強雨は梅雨期の6月や台風期の9月に多くなる。

(10) 北部九州主要河川の水位の季節変化

10年間の日時別水位観測資料により、北部九州を北流して玄海などにそそぐ遠賀川と、西流して有明海にそそぐ筑後川・矢部川・菊池川・および東流して伊予などにそそぐ大分川・大野川の6河川について、その河口から10~30 kmの(潮汐の影響がなくなる)所での代表的水位観測所を各河川について3~5地点選んだ。これら水位観測所での日時別水位観測資料から、その地での指定水位以上および警戒水位以上になった月別回数を調べると、北流と西流の河川は7月に指定水位および警戒水位ともに多く、6月と9月がこれにつく。したがって、筑後川の洪水回数を調べても、6月下旬から7月中旬の間が圧倒的に多い。一方東流の河川では8・9月の台風期に警戒水位以上になることが特に多い。

(11) 九州地方の地形による豪雨の特徴

九州は日本では緯度が低く、九州山脈が南北に伸び、その周囲を暖流が強く流れているので、不安定な降水量の大きい東風や西風および南風をまともに受けやすく、特に亜熱帯の海上からの南西流を強く受けやすい。すなわち台風の北上接近のときは高温な偏東風が強く九州山脈に吹き上げ、地形上昇の強雨が何日間も続き、東九州で台風による豪雨が一雨1000 mm 以上も降ったりする。また、梅雨期などには可降水量の大きな南西流が特に強く西九州や南九州に収束しながら流入しやすいので、西九州や南九州では不安定線等による集中豪雨が多いのが特徴である。なお、北部九州では梅雨末期に寒冷前線の南下に伴う豪雨も多いので、雨期の九州ではどちらの海からのじょう乱の接近も豪雨のおそれがある。

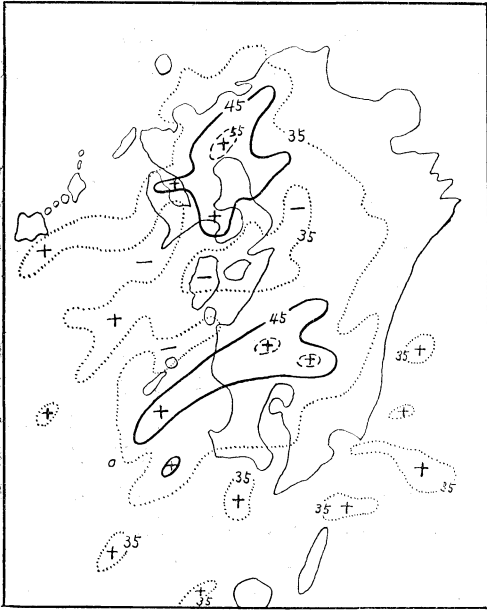
2. 線状エコーと地形との関係

(1) 線状エコーのひん度分布と地形

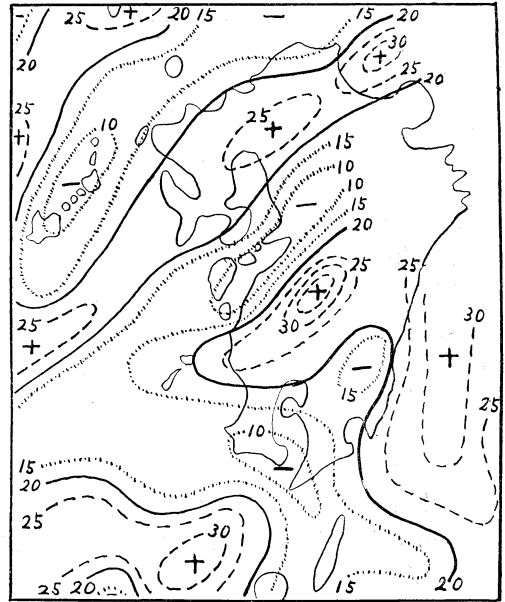
1961—63年の3年間における6—9月の線状エコーを局地天気図に記入された脊振山・種子島・名瀬のレーダー電報による合成図から選び、13 km の格子ごとに出現ひん度をとって分布図を画くと第1図のようになる。た

だし、この図には大分県東部のように脊振山レーダーの影になる所があるための誤差や、観測者の個人差による影響なども多少含まれているが、平均的には線状エコーと地形との関係を示していると思われる。

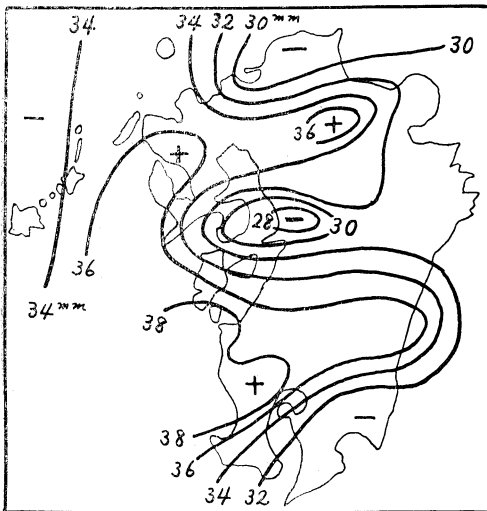
この図によれば、こしき島の南西海上からこしき列島



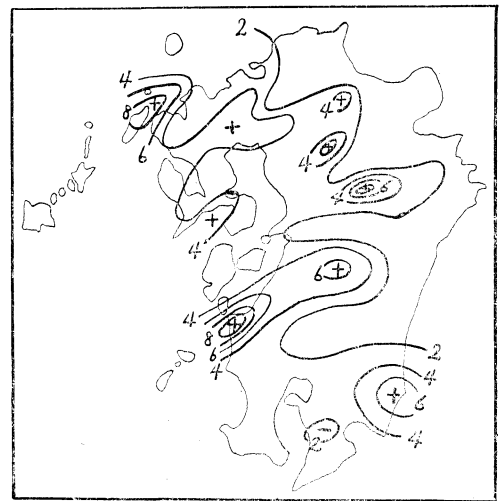
第1図 線状エコーのひん度分布 (1961—1963年の6—9月における3レーダー官署のレーダー電報合成図による)



第2図 線状エコーの停滞ひん度の分布 (3レーダー官署のレーダー電報における時速10km以下の分布)



第3図 30分間降水量最大の平均による分布 (気象官署における30分間降水量の10位までの平均)



第4図 3時間60mm以上の回数の分布 (気象官署、乙種、ロボット雨量の5年間の雨量電報による)

ぞいに、その南東側を北東に伸びて川内川ぞいに霧島山塊方面に伸びるひん度の高い帯状域がある。また、五島列島の南側を列島にそって東北東に伸びるひん度の高い帯状域は大村湾北部付近から佐世保の南の地峡を通して佐賀平野に抜け、福岡県北東部に伸びている。この外、この2本の帯状域の中間に、こしき島の西方海上から北東に伸び諫早地方の地峡を通り、佐賀平野に突込むものと有明海中部で分れて大牟田付近から矢部川や筑後川の上流域方面に伸びるものなどがある。この九州西方海上での3本の線状エコーの多い帯状域は約100kmの波長をもつしま状を形成しており、気象衛星からの写真等に見られるような波状の雲帯と関連があるように見える。

(2) 線状エコーにおける停滞ひん度の分布

1959年9月から61年8月までの2年間にレーダー電報で報じられた約2000個の線状エコーについて、その移動速度が時速10km以下のもののひん度分布図を作ってみると、第2図のように、玄海なだから五島列島にかけて停滞が少なく、それに平行にその南側で2倍くらい停滞の多い帯状域があり、その南側にまた少ない帯状域が熊本から天草方面にかけてあつて、こしき列島から霧島山塊と球磨川上流域にかけてまた多い地域がある。

すなわち、北部九州と南部九州での停滞の多い地域は第1図の線状エコーの出現の多い地域とおおむね一致し、これらの地域に線状エコーが発生、発達、および停滞しやすいことを示している。

3. 九州地方における異常気象の分布

(1) 強雨の地理的ひん度分布

気象官署における30分間降水量の1位から10位までの平均の分布図は第3図のように、長崎県中部から筑後川上流域にかけてと、こしき島方面から宮崎にかけての帯状域に多い。また、乙種やロボット等からの3時間60mm以上の雨量電報により、強雨回数を図示すると(統計年数は5年で短い)第4図のようになり、偏東風の影響による油津方面を除いて、おおむね第1図などと同様な傾向にある。

(2) 雷雨期間外の発雷分布

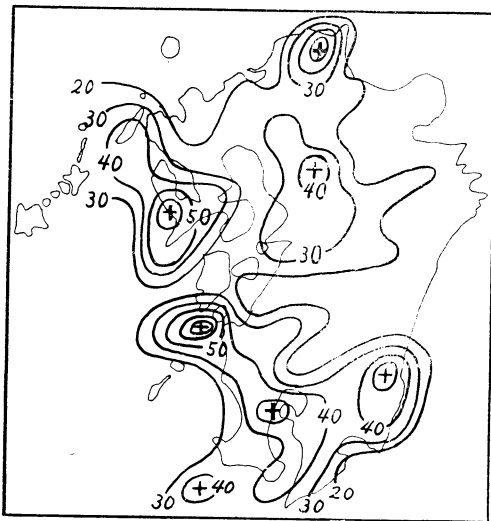
最近10年間における10月から5月までの界雷の発雷分布図を第5図にみると、やはり上記の各図と同様な傾向の所に多く、それらの地域が不安定線の発生・発達などの多い垂直不安定になりやすい地域であることを示す。

(3) たつまきの発生地点分布

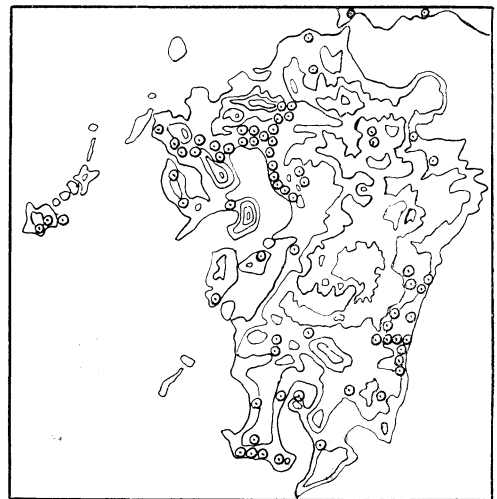
32年間のたつまきの発生地点を調べると第6図のようになるが、宮崎県のたつまきはほとんど台風接近中に発生したものである。そこで宮崎県以外のたつまきについてみると、同図に記入した等高線による地形条件との関係が明らかで、第1図の線状エコーのひん度などと同じく、下層風の収束の起りやすい地形条件の所に多い。

4. 大雨時の気象条件と地形条件

1957年—60年の4年間における台風以外の原因による約100例の大雨または短時間の強雨について、そのときの気象条件をいろいろな資料から調べてみると、日最大降水量で200mm以上降り、河川が指定水位以上になっ



第5図 雷雨期間外の発雷分布(10年間の10-5月における界雷数の分布)



第6図 たつまきの発生地点の分布と地形(32年間のたつまきの発生地点と300mごとの等高線)

たときは、いずれも 800mb 以下の下層で南西象限の強風が 17-30 m/sec くらい吹いている。一方 15m/sec 以下のときの25例は日最大が 160mm 以下であり、その 68% は 100 mm 以下であった。したがって、下層風が 15 m/sec 以下で、垂直または水平シアアの弱いときは大雨は降らなかった。

また、九州上の算術平均降水量が 40mm 以上で、地点の日最大降水量が 150mm 以上の場合か、または一地点でも日量 200mm 以上降った場合の 20 回の豪雨について調べると、その全部に南西象限の 17m/sec 以上の下層風が吹いており、その中の 16 回は 20m/sec 以上であった。しかも 17m/sec くらいのときの 4 回はすべて 7.8 月の風の弱い盛夏期であるから、そのころの平均風速に比べると、倍くらいの強い風のときであった。

ただし、例外的には 1962 年 7 月 3 日の中部九州の豪雨のときのように、福岡、鹿児島とも下層風が弱いときもあるが、そのようなときも、850mb での 6 時間ごとの収束量を Bellamy の方法で計算し、20,000km² 内の 3 時間ごとの面積雨量と比較してみると、収束量が大いときに大雨となっている。したがって、九州での大雨は南西象限の風が 800mb 以下で 20m/sec 以上と吹き垂直シアアの強いときか、水平シアアが強く水平収束や速度収束の強いときに降っている。

一方 1956-60 年の高層観測資料から全国各観測所の 6-9 月における各月の 5 か年平均による高度、気温、スカラー平均風速、ベクトル平均風をとって比較すると、850mb の 6 月では離島を除く 10 地点中鹿児島のスカラー平均風速が最も大きく、7 月では福岡がスカラー平均、ベクトル平均ともに最大となっている。したがって、福岡、鹿児島間の 850mb における高度差も 7 月の 10m に対し、6 月は 4 m、8 月が 2 m、9 月が 0 m で、7 月が特に大きい。

このように九州西岸の下層では梅雨期に南西象限の強風が吹きやすく、しかも地形的に水平収束や速度収束を伴いやすい条件の所が(第 6 図の地形図のように)多いので、梅雨期に収束による豪雨が多い。

したがって東九州では、台風接近時の強い偏東風の長時間継続による地形上昇の大雨が多いので、九州山脈の風上側の高い地域で多雨なのに対し、西九州の集中豪雨は下層風の収束によって局地的に起りやすいから、海拔高度にはあまり関係なく、むしろ高度の低い海峡や地峡などで多雨となっているのが特徴である。

5. 集中豪雨の予報におけるレーダーの活用

1965 年 9 月

以上調べたように、九州の局地的異常気象、特に集中豪雨は下層風の収束がおもな原因である。しかるに集中豪雨のようなメソスケールの現象に対応する下層風の観測資料がない。このため、集中豪雨の予報にはメソスケールの観測のできるレーダーを活用して下層風場を知る外ない。

そこで 1962 年 7 月の 4 つの集中豪雨等について 5 分ごとのエコースケッチと、87 地点の自記雨量計の読み取りから作った 10 分間雨量分布図とを比較してみると、毎時雨量図とエコーとの相関よりも良い。しかし、小河川の洪水では豪雨型エコーパターンとそれに伴う水害がほとんど同時現象的に起るために、そのような豪雨型エコーパターンを発見してから雨量予報し、注意報警報を出したのでは防災対策に間に合いかねることが多い。また、10 分間雨量等も現在ではすぐ入手できないから、強雨が降り始めても一般に予報者はそれから 1-2 時間以上たたないと知ることができない。そこでレーダーによりエコーパターンが豪雨型になる前に豪雨になることを予想できることが望ましい。

6. セルの移動と下層風との関係

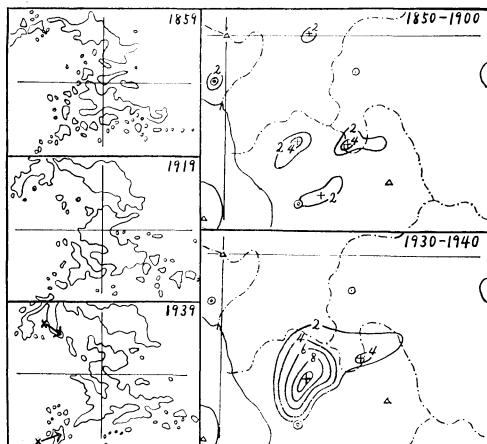
そこでまず、セルの移動を追跡しやすい孤立した熱雷型セル 18 例について 5 分間隔での約 1000 枚のスケッチを作り、福岡と鹿児島の下層風との関係を調べると、全体の約 2/3 はおおむね地上から 2-5 km の下層風に流されている。ただし約 1/3 は下層風に逆らって風上側に移動したり、直角方向に進むものなどがある。しかし、1962 年 7 月の 4 つの豪雨のときなどのように強い線状エコー等のできているときは、山中²⁾の測定などのようにセルはほとんど下層風に流されている。したがって、セルの移動を追跡すれば下層風場が推定できる。

そして下層風の方向にセル群が並び始めると線状エコーとして発達し、セルが収束を示す所で強く発達し、その強化したエコー内部に下降気流を示す穴や溝ができて始めると、地上の雨量も大きくなっている。逆にセル群の並びや向きが下層風向に一致なくなると、その線状は発達しないか衰弱を始め、雨も弱くなっている。この外多くの強雨例についてレーダー資料による調査³⁾をしてみると、線状エコーが合流したり、重なったりしたときに豪雨となることが多かった。

7. エコーセルの移動と集中豪雨

(1) 1962 年 7 月 3 日の例

第 7 図のように 5 分ごとのエコースケッチと 10 分間雨量図を比較してみると、線状エコーの並びとセルの移動



第7図 1962年7月3日の集中豪雨
(左エコースケッチ, 右10分間雨量分布図,
図の右上隅の数字は観測時刻)

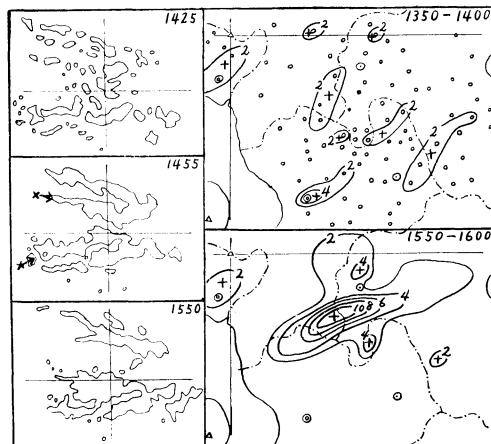
方向とが一致し、南西の下層風流に流れているセル群と北西風に流されているセル群がともに線状エコーを形成しながら合流している。そして、セルがまだ分散していた19時ごろまでは第8図右上図のように10分間2-4mm程度の雨域が分散している程度であるが、線状エコーが合流すると合流域付近で第7図右下図のように10分間10mm以上の強雨域にまとまり、その後約4時間にわたって毎時70-80mmの豪雨が降り続いた。

(2) 1962年7月4日の例

この場合も第8図のように14時25分ごろは西風に流されるセル群と西北西風に流されるセル群がまだまとまっていないので、14時までの10分間降水量分布では2-4mmの雨域が分散している。しかし、15時から16時ごろになって西北西風に流される線状と西南西風に流される線状とが重なってくると、雨域も10分間10mm以上の強雨域にまとまり、1時間50mm以上の豪雨になって、合流域の移動とともに東に移動した。

8. レーダーによる集中豪雨の予報

前節の例などのように、一般にセルが線状エコーの方向に移動しているときは線状は発達するか持続し、セルの移動方向が線状の向きと異なるときは一般に発達せず停滞しない。そこで、レーダーの連続観測によってセルの移動を観測し、それによって下層風場を推定すれば収束域が予想でき、それによって線状エコーの発生域、発達域、停滞域などが予想できる。そこで線状エコーの合



第8図 1962年7月4日の集中豪雨
(左エコースケッチ, 右10分間雨量図,
図の右上隅の数字は観測時刻)

流や上下に重なるような位置と時期を予想すれば、その豪雨型エコーパターンから、集中豪雨になる1-2時間前に、ある程度豪雨の量的予報がメソスケールでできることになる。そこですぐ注意報警報を出せば小河川等の水害に対しても大体間に合うように予報が伝達できるであろう。

また、現在開発されつつあり、近い将来観測網の展開が予想されるロボットや乙種の観測の隔測自記化によって、予報官の面前に記録または表示され、各地の毎10分間雨量が常時監視できるようになれば、強雨域の移動や降雨強度の変化によってエコーパターンをチェックしながら、レーダーによる雨の量的予報精度を刻々と向上させることもできるであろう。

文 献

- 1) 山田三郎 1964…集中豪雨の予報とエコーセルの移動 西部管区気象研究会誌 25, 59-63.
// 1964…レーダーによる集中豪雨と強雷の予報 筑後川洪水予報連絡会研究論文集(第5回洪水予報研究会) 37-74.
- 2) 山中陸男 1964…レーダーエコーと上層風 西部管区気象研究会誌 25, 53-58.
- 3) 山田三郎 1962…強雨時のエコーの特徴 福岡管区気象台要報 18, 148-157.