

昭和42年7月豪雨による呉市の夕方の雨量のメソ解析*

吉 持 昭**

あらすじ：1967年7月9日夕方に呉市を襲ったいわゆる集中豪雨について、パーセンテージ・メソッドにより10分間降水量分布図を描いて、豪雨の時間的、地域的な考察を行なっている。

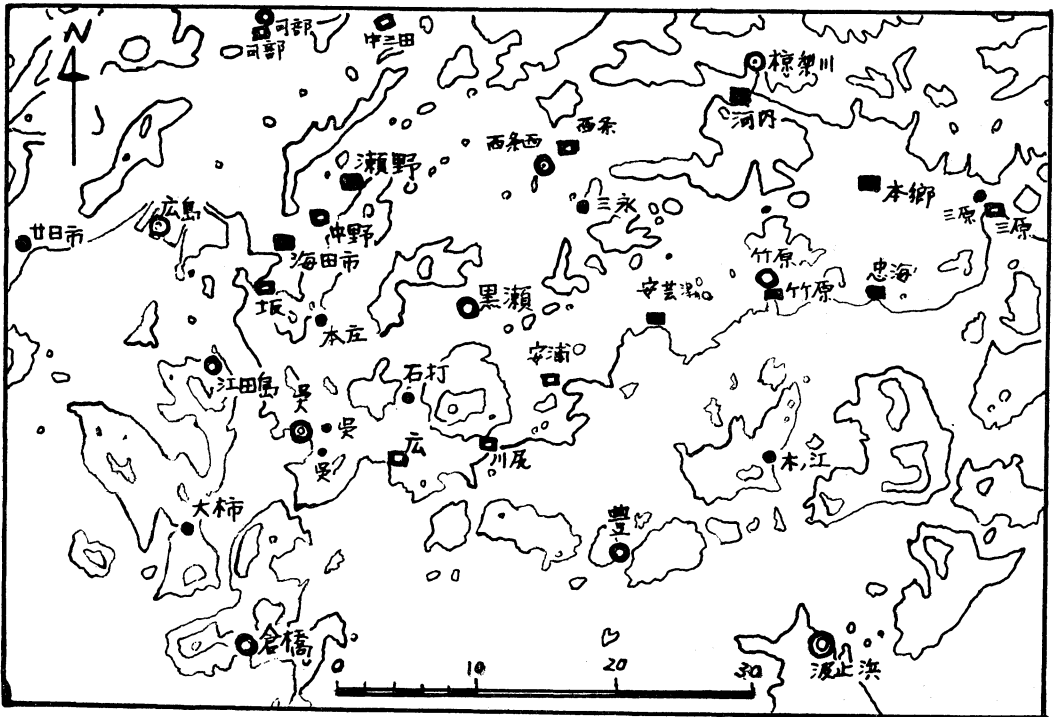
降雨セルの移動は、東寄りのものと、北寄りのものがあること、移動速度も毎時20kmから50kmのものがあるが、大体30kmぐらいのものが多く、セルの寿命は40分ぐらいのものが多くいことがわかる。

レーダーエコーと、降雨セルの関係は、レーダー資料の関係ではっきりした結論は得ていない。

1. まえがき

呉市長の奥原義人⁽¹⁾もいうように、1967年7月9日の夕方、呉市を襲った集中豪雨は、時間雨量で16時から17時にかけて75mmという1894年に、旧帝国海軍が呉市

に気象観測所を開設して以来の、呉測候所における最大記録を示し、山崩れ、河川の欠壊、はん濫など、崩壊か所約2,700、生き埋め171名、死者88名にのぼる大災害をもたらした。

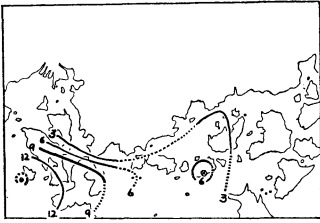
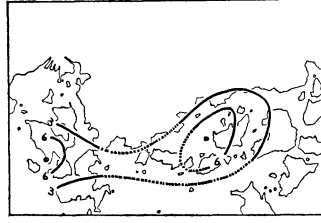


第1図 観測所配置図、二重円は気象官署、円のなかに点は水対、黒点は自記紙のあるところ、四角は国鉄で、塗りつぶしてあるのは自記紙観測、円だけは区内観測所

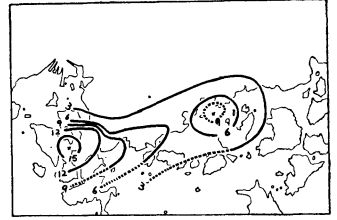
* Meso Analysis of Severe Rain in Kure City around 15 h00m—18 h00m, 9 July, 1967.

** Akira Yoshimochi 呉測候所

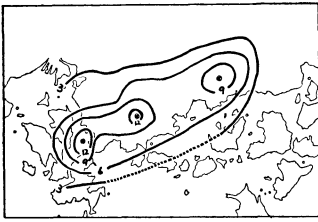
—1968年7月16日受理—

第2—1図 10分間雨量分布図
15h00m—15h10m

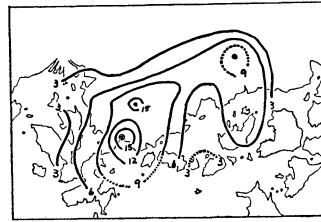
第2—2図 15h10m—15h20m



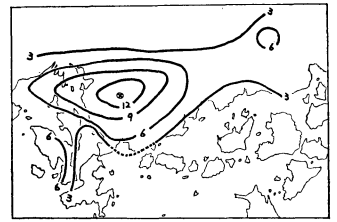
第2—3図 15h20m—15h30m



第2—4図 15h30m—15h40m



第2—5図 15h40m—15h50m



第2—6図 15h50m—16h00m

災害実態の速報は、すでに別の調査⁽¹⁾もあり、佐世保、神戸と共に「昭和42年7月豪雨」と命名された。この大雨についての、総観解析はいろいろ報告があり、呉市付近の調査も浜田周作⁽²⁾によってなされた。

浜田によれば、中国地方の瀬戸内海沿岸は、すでに7月8日6時ごろから、時間雨量10mm以上の、带状に伸びる降雨帯があったが、この報告では、9日夕刻の雨を呉市付近から東は忠海あたり、北は西条から南は瀬戸内海島しょ部に限って、雨量分布のメソスケールを調べたものである。

いわゆる集中豪雨のこの種の大雨の降り方や移動などをはっきりさせたい。

すでに発表された浜田周作⁽²⁾・宮本一夫⁽³⁾のレーダー資料からも、雨の降り方の関連をみよう。

2. 資料

気象通報所を含めて、気象官署3か所、それ以外の自記雨量計の記録を読み取れる観測所14か所、これには水理水害緊急対策業務のひとつとして気象庁がもうけた観測所2か所を含んでいる。

日本国有鉄道公社では、雨による災害が予想される場合に、指示雨量計で1時間ごとに毎時間雨量を測っている。これの国鉄の資料が13か所、なお、国鉄の保線区の現場のひとに聞いてみると、この7月9日のような豪雨の場合は、呉線沿線の山を切り開いてすぐ近くがけのある観測所では、がけの斜面からの雨のはね返りもある

ということだが、記録をそのまま使っている。

気象庁が委託して9時1回の観測を行なう、いわゆる区内観測所6か所である。

観測所の配置と、地形の等高線を第1図に示す。

自記雨量計の観測所は、貯水型、転倒ます型の記録があり、転倒ます型にも0.5mmで1接点のものと1mmで1接点のものが混ざっている。観測所は、地方公共団体、およびこれの管理する事業所、それに国鉄がおもなものである。自記時計の遅れ進みを考えに入れて10分間雨量を読み取った。

すなわち、前後数日の自記紙の取り変え時間から、1日の遅れ進みの傾向をみた。どうしても時間のわからないものは、せっかくの記録を捨てたものもある。読み取りの誤差は最大3mmぐらいになる。自記紙の取り変えの時間が書いてないものがあるので、自記紙の上から、観測のはじまりを正しいものとして、時間を推定する必要があったからである。

こうして得られた資料から、パーセンテージ・メソッドによって、日雨量から時間雨量を、さらに時間雨量から10分間雨量を求め、10分間雨量分布図を描いている。

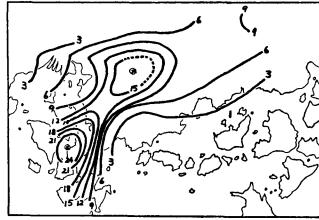
2. 雨量分布図の考察

15時00分から18時10分までの10分間雨量分布図を第2図に示す。

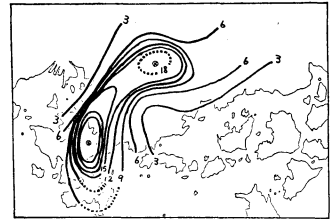
この期間中の分布図の雨量の最大の中心、降雨セルの中心を地図に記入して結んだのが、第3図である。



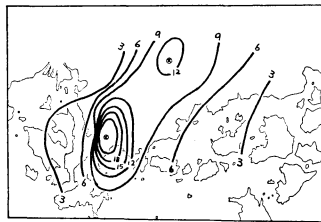
第2-7図 16h00m—16h10m



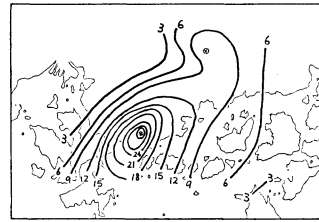
第2-8図 16h10m—16h20m



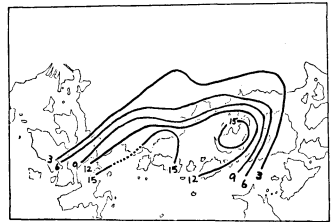
第2-9図 16h20m—16h30m



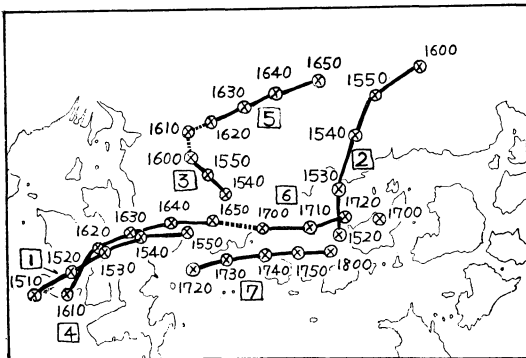
第2-10図 16h30m—16h40m



第2-11図 16h40m—16h50m



第2-12図 16h50m—17h00m



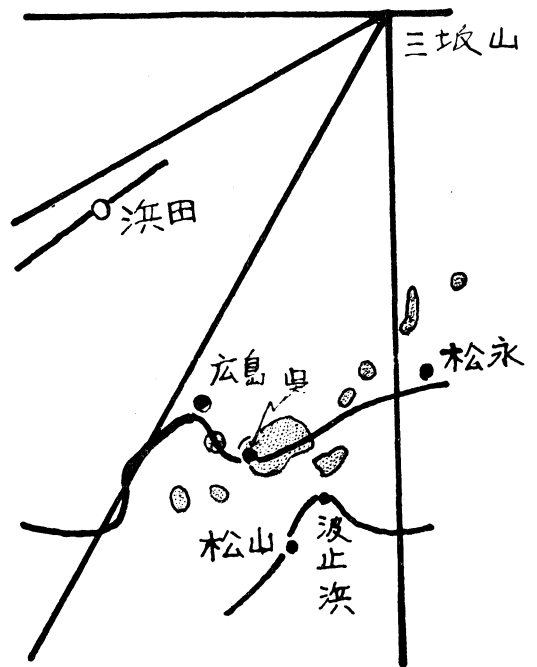
第3図 降雨セルの移動経路、第2図の10分間雨量分布図から雨量の最大の中心を結んだ図、発生順に番号が四角のなかに書いてあり地点のそばに時間を数字4文字で書きこんでいる

16時50分から17時00分の分布図(第2-12図)では、大崎上島の北部に中心が現われ、次の時間にはなくなっているけれども、追跡できる降雨セルは7こあって第3図には発現順に番号を付けてある。第3図から、みかたを変えれば点線で結んだものは、連続したものとする考えもできようが、われわれは別の降雨セルとして考えた。この理由はあとで述べる。

以下降雨セル別に考察してゆく。

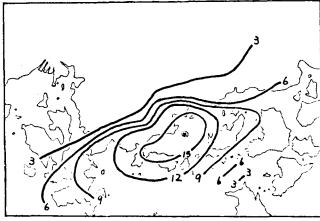
(1) 番号1の降雨セル

15時00分から15時10分の分布図(第2-1図)に、いきなり大柿で11.0mmの雨を観測した。

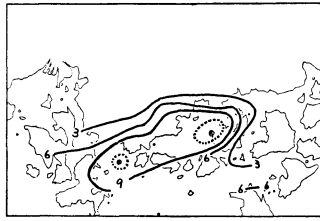


第4図 15時09分の三坂山レーダーによる呉市付近のエコーセル。浜田周作⁽²⁾の図から引用した

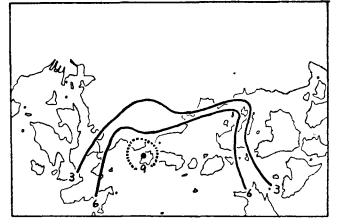
三坂山レーダーのエコーセルは、浜田周作⁽²⁾によると、14時10分から15時16分にかけて3分ないし5分おきに撮影してあって、彼はエコーフィルムからセルを追跡



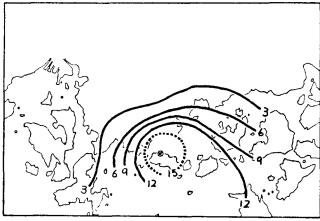
第2—13図 17h00m—17h10m



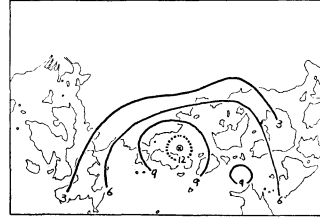
第2—14図 17h10m—17h20m



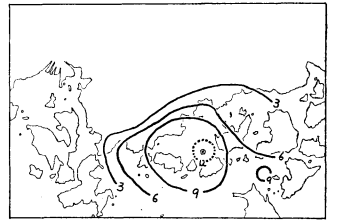
第2—15図 17h20m—17h30m



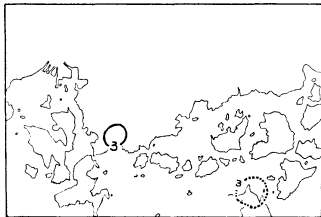
第2—16図 17h30m—17h40m



第2—17図 17h40m—17h50m



第2—18図 17h50m—18h00m



第2—19図 18h00m—18h10m

している。すなわち、浜田は15時09分に呉市付近にあったエコーセルは、第4図に引用してあるが、このセルは愛媛県肱川下流にあったものが、伊予灘海岸沿いに北上して、広島湾に接近したという。エコーの移動速度は、時速約50kmである。

しかし、われわれの降雨セルの解析では、15時00分—15時10分に大黒神島付近にセルの中心が現われ(第2—1図)、毎時35—40kmぐらゐの速度で、東北東ないし東に進み、15時50分すぎに呉市広地区で消滅している。

15時00分—15時10分では中心付近の最大値はわからないけれども、まえに述べたように大柿でいきなり降りだし、次の第2—2図では呉測候所でも降雨を観測している。そして、大柿に近づくにしがって、降雨セルの中心が、まだ大柿の西にあるにもかかわらず、雨量強度は弱まっている。さらに、中心付近の雨量強度を推定すると、15時20分—15時30分(第2—3図)に前より強くなり、呉測候所に最も近い第2—4図では弱く、再び15時40分—15時50分(第2—5図)で強く、次の15時50分—

16時00分には、降雨セルの中心はわからなくなっている。いいかえると、約10分おきに強くなったり弱くなったりしており、等雨量線の広さからも、降雨域が拡がり、次にせばまっているらしい。

(2) 番号2の降雨セル

15時00分—15時10分(第2—1図)に豊付近に中心があるらしいが、豊は区内観測所であって、パーセンテージ、メソッドで日雨量から推測してある。この10分間に6.0mmと推測したけれども、島の観測で付近に自記雨量計がないので、降雨セルの中心も存在もあやしい。

したがって、われわれは15時10分—15時20分に大崎上島の西海上に現われたものと考えたい。

この番号2の降雨セルは、はじめ北に進み、北北東から北東に弧を描くように、毎時45—50kmの、かなり速い速度で進み、16時00分前に本郷の北北西で消滅した。

中心付近の雨量強度を推測すると、強弱はあまり変わりはないが、等雨量線の広がり次第に広がって15時30分—15時40分(第2—4図)にもっとも広く、次の図では急速にせばまっている。

(3) 番号3の降雨セル

15時20分—15時30分の分布図(第2—3図)で、降雨セル番号1が大柿の北に、降雨セル番号2が安芸津の南にあるころ、これらふたつのセルを結ぶように海岸線沿いに帯状に連なって等雨量線が描ける。

川尻の西に、引き方にもよるが、なにか中心があるら

しいともみえる。しかしわれわれはこの時間にはまだまとまっていないとする。次の時間15時30分—15時40分(第2—4図)には、石打の北東、膳棚山の北の麓に現われている。

この降雨セルは、毎時20kmの速度で北西進し、16時00分すぎに本庄で消滅した。

ここで、降雨セル番号5とつながっているという見方もあるが、移動方向、速度、それに中心付近の雨量強度などの違いから、番号3から番号5への連続はなさそうである。したがって、第3図では点線で結んでいるけれども別の降雨セルを考えたい。

(4) 番号4の降雨セル

番号1の降雨セルが通り過ぎたあとも、大柿では10分間雨量5mm程度の雨が降り続いていたが、15時50分—16時00分(第2—6図)には、呉測候所や、海上自衛隊気象室では雨量強度は弱まってきている。

16時00分—16時10分(第2—7図)に大柿で12.0mmと、再び強い雨が降りはじめた。大黒神島の東岸にセルの中心があるらしい。

16時00分—16時10分から次の16時10分—16時20分には降雨セルの中心は北東に進み、あとは東北東ないし東に進み、17時00分ごろ川尻の西で消滅したものらしい。移動速度ははじめ時速40kmぐらい、のちに30—35kmぐらいになった。

はじめの移動方向と移動速度の変化からみて、あるいはずっと江田島の南西方海上から、北東進したものが、16時00分—16時10分に大黒神島付近にたどりつき、別の降雨セルが第2—8図で大柿付近に発生したとみるほうがいいかも知れないが、海上のことはわからないので、われわれは第2—7図に現われた降雨セルと連続しているものとして考えたい。

前に、降雨セル番号3と、番号5を連続しては考えられないと述べたが、ここでも、16時50分—17時00分(第2—12図)では、セルの中心がぼやけているので、われわれは次の降雨セル番号6とは別のセルとしたい(第3

図を参照されたい)。

降雨セル番号4の降雨も、中心の降雨強度や等雨量線の広さから、番号1の降雨セルと同じく、やはり約10分間ぐらいの周期がありそうだ。

この報告で解析する前後7個の降雨セルのうちで、16時20分—16時30分および16時30分—16時40分のあいだが降雨強度が最も強く、中心の雨量を推定することは困難で、周期性は降雨セル番号1ほどはっきりしたことはわからない。

第2—8図から第2—10図にかけてわかるように、少しはなれた観測所で雨量は大きく違う。すなわち、第5図に、呉測候所、広島県呉土木出張所および海上自衛隊気象室の位置が示してあるが、わずか1.5kmたらずの3点での雨量のコントラストは第1表でもわかるようにきわめて大きい。

(5) 番号5の降雨セル

第2—6図の、15時50分—16時00分に、中野の南東でまとまっている。はじめの10分ぐらいは遅く、のちに30—35kmぐらいで東北東進し、16時50分ごろ西条の東で消滅した。

この番号5の降雨セルはさきの番号3のセルの降雨域が広がって中心がぼやけたなかに、別のものがまとまったもので、15時50分—16時00分には、西のほうの廿日市まで強い雨を降らせ、番号2の降雨セルの末期と連なった帯状に、ほぼ東西に分布する。中心が東北東進するにつれて、西に伸びた降雨域は反時計回りに南に下がり、次の時間16時00分—16時10分には番号4の降雨セルとつながったようにみえる。あるいは南に下がったのではなく、西のほうで急速に雨が止んだのかも知れない。

この番号5の降雨セルも、中心の強度と雨域の広がりから約10分の周期で強くなったり弱くなったりする振動があるらしいが詳しいことはわからない。

(6) 番号6の降雨セル

17時00分ごろ、番号4の降雨セルがぼやけたころ、次の第2—13図の17時00分—17時10分に安浦の東でまとま

第1表 わずか1.5kmたらずはなれた3か所の観測所の雨量の違い

観測時間	呉測候所	県土木出張所	自衛隊気象室
1610—1620	19.5	4.0	3.7
1620—1630	24.3	13.5	15.2
1630—1640	9.0	22.5	18.3
1640—1650	10.1	16.5	16.2

第2表 降雨セルの要素

降雨セルの番号	発生時刻	発生場所	移動方向	移動速度	およそのセルの寿命
1	15時00分すぎ	大黒神島の西海上	ENE~E	35~40 km/h	40分
2	15時10分すぎ	大崎上島の西海上	N→NNE→NE	45~50	50
3	15時30分すぎ	石打の北東	NW	20	30~40
4	16時00分すぎ	大黒神島の東側	NE→ENE~E	40→30~35	40~50
5	16時10分すぎ	中野の南東	ENE	30~35	40~50
6	16時50分すぎ	安補の東海上	E	30	30
7	17時10分すぎ	広の南西海上	E	30	40~50

った降雨セルである。

17時20分ごろ安芸津の南東海上で消滅した。進行方向は東で、時速30kmである。

(7) 番号7の降雨セル

第2—14図の17時10分—17時20分ごろ、広の南西海上でまとまったもので、降雨セル番号4および番号6の通り過ぎたあと、海上に海岸線に沿って、帯状に倉橋島にまで伸びていた降雨帯のなかにまとまり発生したものであるが、海岸沿いの広と川尻の両観測所は、毎時だけの観測であって、中心の雨量や、セルの中心の位置はあやしいが、毎時30kmの速さで東に進んで、18時00分ごろ豊の北東で消滅している。

降雨セルの中心の降雨強度は、したがって推定することは困難であるが、雨量分布の等値線は時間をおって少しずつ広くなり、消滅と同時に各地共雨は小止みとなり、呉市の広地区と、四国波止浜では10分間雨量3mmの強いところが残っているが、次の18時10分すぎにはこれらの強い雨も小止みになっている。

上に記述したおのおの降雨セルを、発生順に移動方向、移動速度および降雨セルの寿命をまとめると第2表のようになる。

移動方向は東が多いが、降雨セル番号2と、番号3は北分である。降雨セル番号1のところでの追跡したレーダーエコーセルとも関連して、浜田周作⁽²⁾は、9日15時の福岡では、850mb以下の上層風は南東の風、850mb以上は南西の風であったという。

エコーセルならびに降雨セルが、上層風に流されると考えるならば、あるいは番号2および3のように北よりへ進む動きをしてもよい。また浜田⁽²⁾・宮本一夫⁽³⁾等の解析による地上のシノプティックシステムの移動は、われわれの調査した期間15時00分から18時00分のあいだには西から東に動いているので、降雨セルも東進するもの

もあってよい。

北よりの進路と、東よりの進路が共存していて、雨量分布図の15時30分—15時40分(第2—4図)および15時40分—15時50分(第2—5図)では、西から順に、降雨セル番号1, 3, 2と並んだものが、距離わずか15kmと20kmにあってそれぞれ別べつの動きをしているのはなぜだろうか。

あるいは、Cbのなかのどのあたりで降雨が起こっているのか、降雨機構と関係して、さらに上層風やレーダーエコーと関係して、研究しなければ解明し得ない問題である。

移動方向とともに、移動速度もゆっくりしたものでは毎時20km、早いもので50kmとさまざまである。

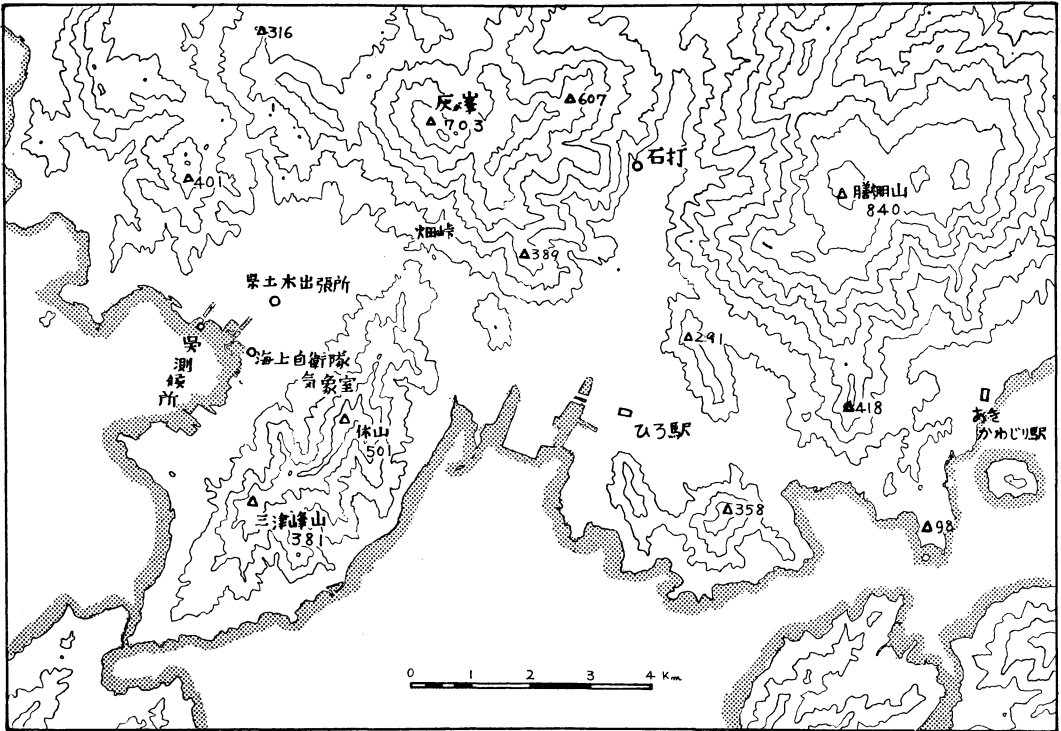
降雨セルは、地形の低いところを通る傾向がある。呉市をおそった降雨セル番号1および番号4は、第5図に地形の等高線が書いてあるが、多少のずれはあっても、セルの中心は畑峠を通過して旧市内から広地区へ抜けている。

すなわち、ふたつの降雨セルとも、海から上陸したのち灰が峯と三津峰連山のあいだの、いわゆる畑越えを通っている。ここで、被害状況⁽⁴⁾からみて、三津峰連山の東西両斜面や広地区にことに被害が大きく、吉浦地区や灰が峯の北側がほかに比べて被害が小さいのは、雨量だけの関係のほかに、宅地造成の状況、地質や地形の傾斜度、それに植生とも関係が深いからであろう。

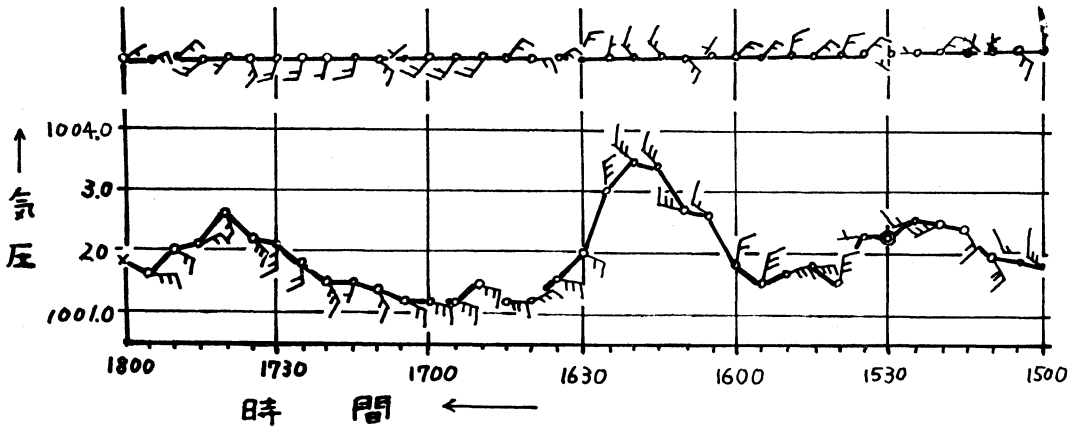
降雨セル番号2, 3および5についても、第1図の地形図と第3図とを参照して、地形の低いところを通りやすいことがうかがえる。

降雨セルの寿命は、まとまってから早いもので30分ぐらい、少なくとも50分、1時間を越えるものはなさそうである。

雲のなかのどの高度で降雨が起こっているか、また、水蒸気の補給と凝結の速度などによって違いがあろう



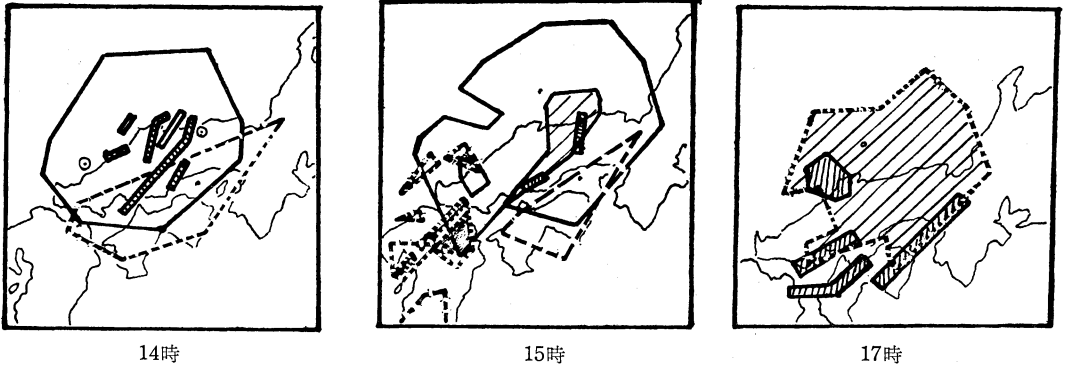
第5図 呉市の地形ならびに観測所配置図、広島大学⁽¹⁾によると、崩落の多いのは灰が峯の南西山麓、三津峰山系の山麓、および広地区の白竹山(358m)に多い



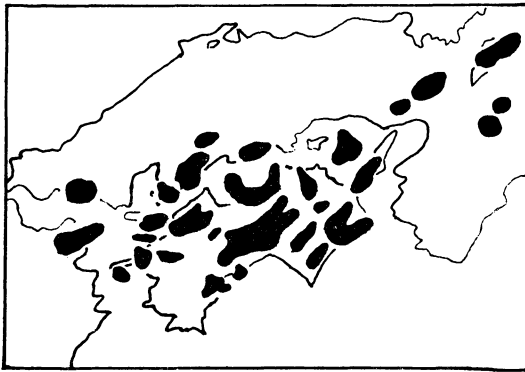
第6図 呉における現地気圧および風向風速変化図。上欄は海上自衛隊気象室、下欄は呉測候所における観測。第2図の10分間雨量分布図と参照して、気圧の高くなるところで降りはじめ、下降する時間にはげしい雨が降ったことがわかる

が、このたびの豪雨のように、短時間にきわめて強い降雨があると、Cbのなかの水が、いわゆる種切れになって、急速に降雨セルは弱まるか、またはセルの中心がぼやけてしまうものらしい。

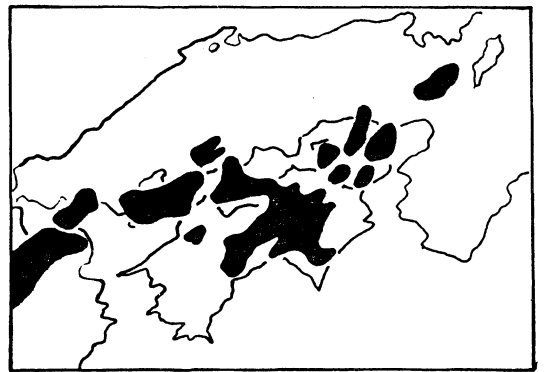
40分ぐらいの寿命の降雨セルでも、中心の雨量強度や降雨分布の広がりについて、振動という周期があるらしい。これを調らべるためには10分間隔の雨量では時間が長すぎる。実は、われわれは3分間雨量あるいは5



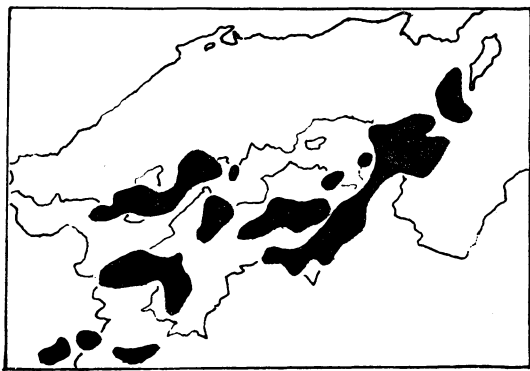
第7図 レーア-エコー合成図，浜田周作⁽²⁾による



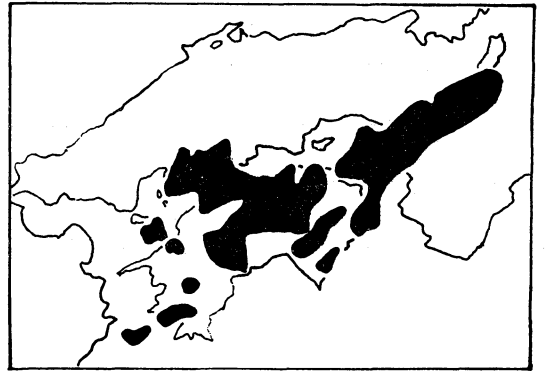
第8—1図 レーダースケッチ図，宮本一夫⁽³⁾による。14時05分



第8—2図 15時00分



第8—3図 16時55分



第8—4図 18時00分

分間雨量を自記紙から読み取り，分布図を描きたかったのであるが，気象官署を除いて，資料のところで述べたように，多くは自記紙を取り付けた時間がわからず時計の遅れ進みの問題があり不可能であった。

今後の問題として提出しておく，専門学者のご意見が

得られれば幸いである。

3. 気圧，地上の風向，風速との関係

降雨セルと，メソスケールでの気圧や風，その他の気象要素との関係を調べてみる必要があるが，呉測候所以外では，自記記録は海上自衛隊気象室以外にはみあた

らなかった。

第6図に測候所の気圧と風向、風速、および自衛隊の風向、風速を5分おきに読み取って変化図を描いている。

呉市には、降雨セル番号1および4が襲ったのであるが、降雨セルの近づく前に気圧が上昇し、下降するところで雨が強くなっていることがわかる。メソ高気圧がどの地点に中心があったか、この変化図だけでははっきりしないが、風向の廻り具合からも、降雨セル番号4では通過する前に高気圧性の風が吹いている。

4. レーダーエコーとの関係

われわれの手もとは、エコーセルの詳しい資料がないので、降雨セルとの関係を調査することは十分ではないけれども、浜田周作⁽²⁾は背振山、三坂山および室戸岬のレーレップから、エコー合成図を描いている。

第7図に引用してあるが、14時には鳥取県東部から南西に伸び、呉市付近に達する線状エコーがみえる。この線状エコーは、15時、17時にも残っている。はじめに引用した降雨セル番号1のところで述べた第4図のエコーセルの移動は、15時の合成図での線状エコーに沿って北北東進したものである。

さらに詳しくは、全く同じ時刻のものを宮本一夫⁽³⁾が室戸岬のレーダースケッチを描いている。第8図に引用してあるが、この図では、四国山脈を越えて観測したものであって、呉市付近ではトップエコーを見ていることになり、ブロークンや、スキッターもあるらしいが、ここではすべて黒く塗りつぶして引用する。

宮本が述べるように、16時55分には豊後水道に波状に三段にエコーが現われている。彼は周期的に瀬戸内海西部に上昇流が発生したためだという。さらに宮本は上層風にはぼ平行に、シノプティクスケールの前線の北上するときは、エコーは南西から北東に伸びていたのが、18時ごろにもっとも北上したというが、前線の南下につれて、線状エコーは次第に西から東になったという。

室戸岬のエコー高度は、10,000m以上のものが大部分で、なかには、10,000~16,000mにも達する対流性の雲もあり、雲のセルの寿命は最も長いものは2時間たらずであったが、30分程度のものが最も多いという。2時間近くにおよぶものは別にして、30分という寿命は、われわれが調べた降雨セルの寿命と傾向が合っている。

むすび

10分間降水量の分布図を連続して考察することによって、降雨セルの様子がわかった。

調査した期間、15時から18時のあいだに7この降雨セルがあり、発生場所や、どこを通過してどの方向に、どのぐらいの速度で移動したか、また降雨セルの寿命はどのくらいかがわかった。いいかえると時間的にも地域的にもどのように変化していたかが、ある程度解明できた。

しかし、10分間雨量分布図を描いても、なおひとつひとつの降雨セルの強くなったり弱くなったり、あるいは降雨域の広がりの変化があるらしいこと、移動方向には北寄りと東寄りがあって、しかもこれが共存していること、などまだわからないことが多い。

資料の関係もあって、他の気象要素やレーダーのエコーセルとの関係もはっきりしないし、総観スケールとの関連づけも不十分であるが、現在の筆者の手のとどく問題ではない。

この調査が、降雨現象と災害との関係についての研究に役立てば幸いである。

引用文献

- 1) 前川力等 (1967): 昭和42年7月豪雨による呉市の災害の調査速報, 文部省・科学研究費・災害科学・中国地区班, 呉市.
- 2) 浜田周作 (1968): 呉豪雨の経過と解析, 昭和42年度全国予報技術検討会資料, 広島地方気象台.
- 2) 宮本一夫 (1967): 四国地方の7月豪雨について, 昭和42年度四国地区気象研究会誌, 発表番号14, 高松地方気象台.