

昭和47年7月4日～6日における熊本県の大雨*

山 鹿 延**

要旨

今回の大雨は地上天気図でみるかぎり、熊本県に直接の影響を及ぼすような低気圧、前線等のじょう乱はなく、太平洋高気圧が次第に勢力を増し、南西の気流が卓越する気圧配置で、しかも湿潤な区域で起った現象である。著者は昭和47年度の GARP の集中豪雨特別観測が熊本で実施されたのを機会に、天草上島における集中豪雨を中心にその原因を究明する目的で解析検討を行った。その結果、主な原因として、(1)この期間を通じ九州地方は対流圏中層以下で気層は対流不安定で湿潤であった。(2)5日下層でメソ低気圧が発生した。(3)6日上層で発生したメソ高気圧が慣性不安定波を誘発し、総観規模の上層谷が波動化し、下層から上層への運動量の鉛直輸送が増大したことがあげられる。

1. まえがき

過去に集中豪雨については、数多くの調査研究が発表されているが、それらの結果を検証する意味もあって、まず総観規模のパターンを解析し、その中でメソ規模のじょう乱がどのような構造で存在し、今回の大雨と如何なる関係にあるかについて調査を行った。主として気層の安定度のインデックスとして Static Energy を用い、また等温位面解析(ここでは湿球温位の代りに温位を用いた)、発散量の計算によって、5日～6日の大雨について総観規模とメソ規模のじょう乱の相互関係を明らかにしようとした。その結果、5日の大雨は対流圏中層以下における対流不安定と下層のメソ低気圧によるもので、6日の天草上島を中心とした大雨は総観規模とメソ規模のじょう乱が重なって起ったものであることが判明した。以下概要について報告する。

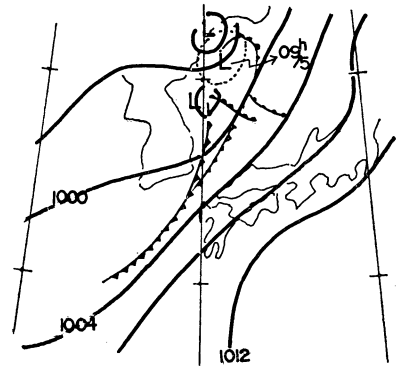
2. 総観解析

(1) 地上解析(第1図参照)

4日21時、前線は朝鮮北部の東沖にある低気圧から南西にのびており、5日09時になっても前線の位置は南端でほとんど変化なく、5日21時には消滅し九州地方は太平洋高気圧の縁辺にあって湿った南西流の場となっていた。

(2) 等圧面解析(第2-a図～第6図参照)

(ア) 300mb 面解析。5日21時気圧の谷の後面、朝鮮



第1図 地上天気図 21h. 4. Jul. 1972

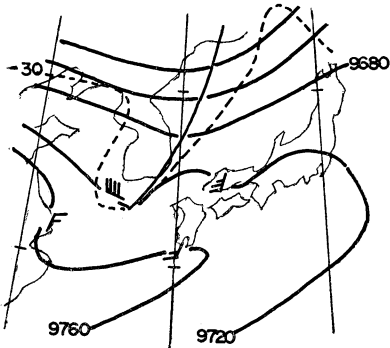
には楔状に突きこんだ寒気があり、 -30°C の等温線は済州島まで南下し、6日09時には朝鮮南岸にメソ高気圧の発生が認められる。

(イ) 500mb 面解析。太平洋高気圧は4日～6日にかけて北上傾向にあり、これに伴い特に東経 130° に沿って著しい高度の上昇がみられる。6日09時には300mb面に対応して朝鮮海峡付近にメソ高気圧が発生しており、また温度場をみると300mb面と同じように5日21時、6日09時とも気圧の谷の前面で寒気の場となっている。

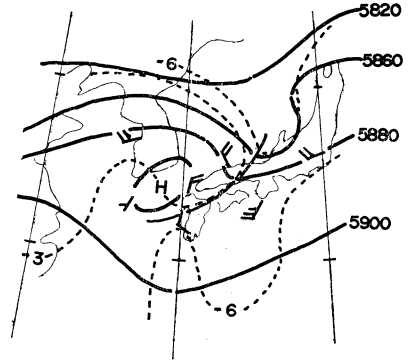
(ウ) 700mb 面解析。4日21時～5日21時にかけて、九州地方は南西流が卓越し、4日21時山陰方面にあった湿域($T-Td \leq 3^{\circ}\text{C}$)は5日21時には南下して九州をすっぽりおおい、6日21時までその一部が九州に残存した。

* The Heavy Rainfall in Kumamoto Prefecture within 4~6 July 1972.

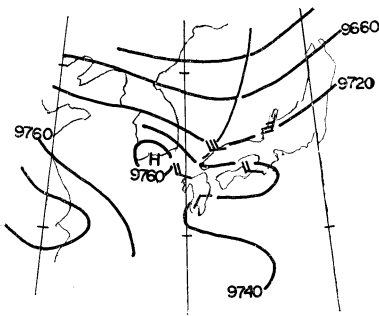
** N. Yamaga: 熊本地方気象台
—1973年11月27日受理—



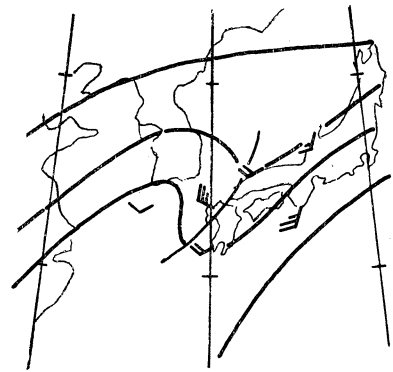
第2-a図 300mb 天気図21h. 5. Jul. 1972



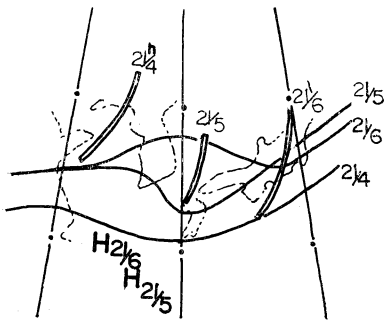
第4図 500mb 天気図09h. 6. Jul. 1972



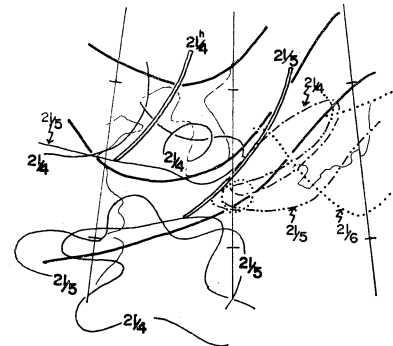
第2-b図 300mb 天気図09h. 6. Jul. 1972



第5図 700mb 天気図09h. 6. Jul. 1972



第3図 500mb 面におけるトロフと 5,880gpm の等高線の動き



第6図 700mb 面におけるトロフ, 湿域 ($T - Td \leq 3^\circ\text{C}$) および乾燥域 ($T - Td \geq 9^\circ\text{C}$) の動き. 太実線は等高線

(3) 各等圧面天気図における気圧の谷の追跡 (第7図参照)

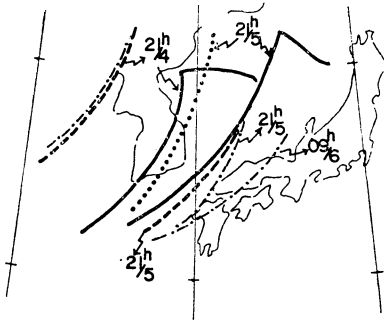
850mb から300mb までの各等圧面における気圧の谷の追跡からつぎのような特徴があげられる.

(ア) 4日21時. 500, 700mb はほとんど同位相, ただし850mb は約500軒先行している.

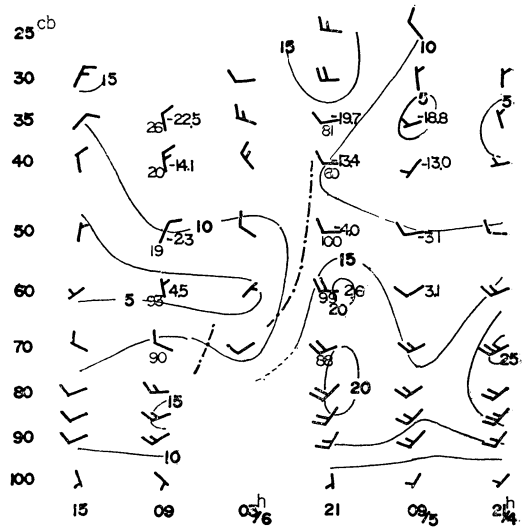
(イ) 5日21時. 500mb は300mb より約400km 先行し, 700, 850mb はほとんど同位相である. ただし500mb はその南端に近いほど700, 850mb よりむしろ先行

している.

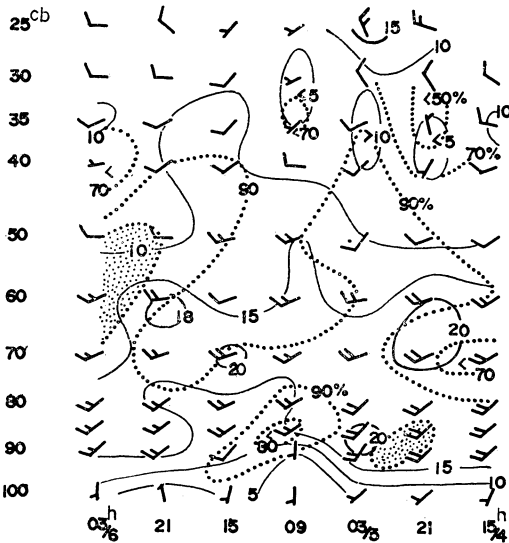
(ウ) 6日09時. 500mb で気圧の谷はその北側で700mb より約250km 先行すると同時に, その走向は5日21時の場合よりも南北方向からさらに東へ傾き北東から南西の向きに変わった.



第7図 各等圧面におけるトロフの追跡。——850, ---700, ●—500, ……300



第9-a図 福岡における風、気温および湿度の鉛直方向のタイムセクション。実線：等風速線（1 m/s 単位）、風の右上：気温（0.1°C 単位）、●—：シャープライン、風の左下：湿度



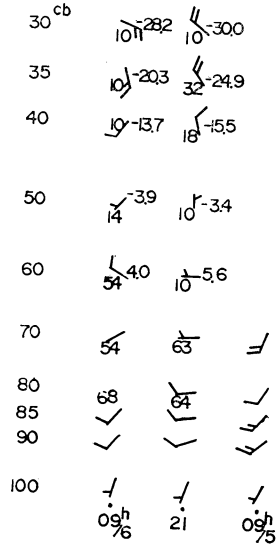
第8図 熊本における風と湿度の鉛直方向のタイムセクション。実線：等風速線（1 m/s 単位）、点線：湿度（1% 単位）、∴∴∴：飽和域

3. 福岡、熊本、済州島における高層資料解析（第8図～第9-b図参照）

(1) 熊本における下層風は境界層で特に風速の鉛直シャープが著しく、福岡より大きな値を示し、600mb 面以下で南西風の下層ジェットがみられる。

(2) 福岡では6日03時、600mb より上層で北成分が増大し、特に350、400mb 面で風速が強い。このことは北部九州が中層以上で寒気移流の場となっていることを示すものと思われる。また済州島における上層の低湿と関連して6日09時には500mb より上層で湿度の著しい減少がみられることは注目すべき現象である。

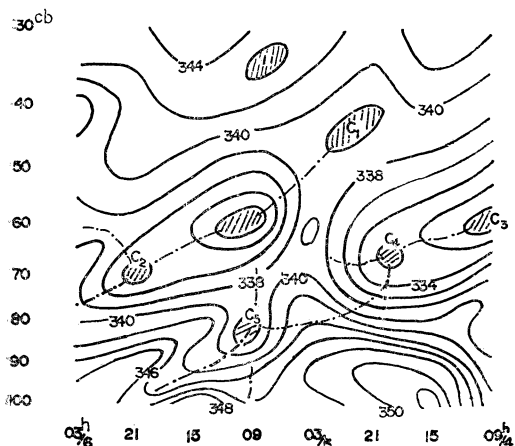
(3) 済州島で5日21時、600mb より上層で風速の北



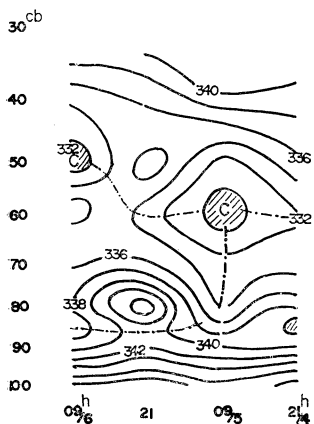
第9-b図 済州島における風、気温および湿度の鉛直方向のタイムセクション

成分が高さとともに増大しており、350mb 面の気温は-24.9°Cで福岡の同時刻の気温より5°Cも低い。

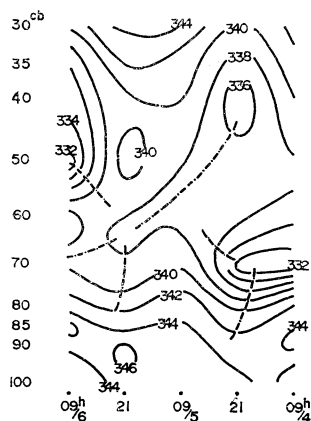
(4) 前(2)、(3)の項で述べたことは、6日の天草上島の集中豪雨に対して先行する重要な観測資料であると考えられる。



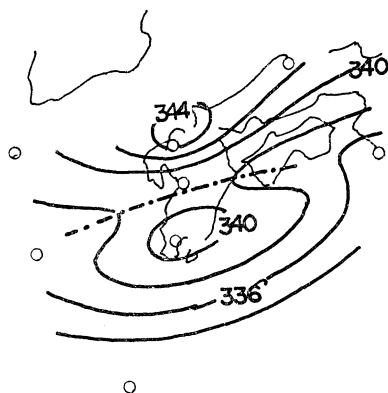
第10-a 図 熊本における σ の鉛直方向のタイムセクション



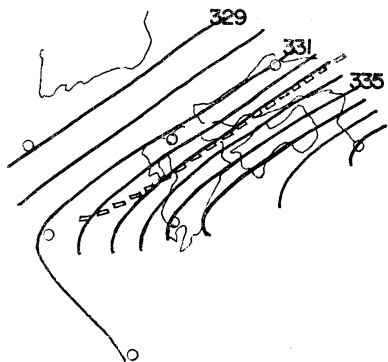
第10-b 図 啓風丸における σ の鉛直方向のタイムセクション



第10-c 図 福岡における σ の鉛直方向のタイムセクション



第11 図 850mb 面における σ -分布, 09h. 5. Jul. 1972.



第12 図 500mb 面における σ -分布, 09h. 6. Jul. 1972.

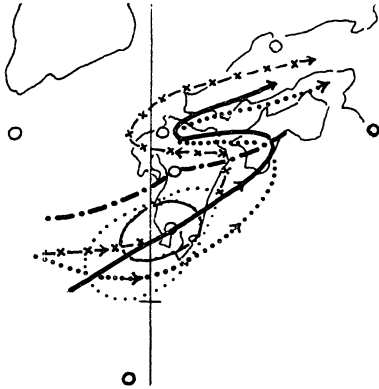
4. σ の鉛直分布と等圧面分布の特徴 (第10-a, b, c 図参照)

Static Energy (σ) はつぎの式で計算した.

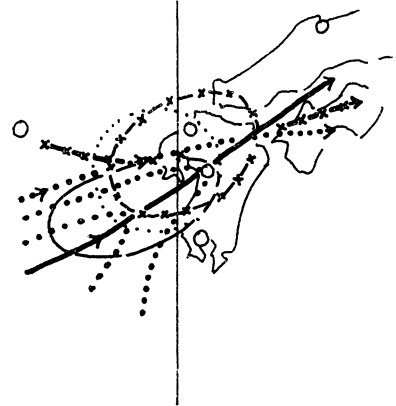
$$\sigma (\text{Jgm}^{-1}) \approx 9.8 \times Z (\text{km}) + T (\text{k}) + 2.5 \text{m} (\text{gmkg}^{-1})$$

σ は相当温位と同じ性質のもので, $d\sigma/dZ < 0$ が対流不安定の条件となる. σ の鉛直分布で σ の極小部分を寒気渦 (Kreitzberg: 1970 は寒気核と呼んでいるが保存性がありメソ規模のじょう乱に対応する考え方から敢えて) と呼ぶことにする. 熊本, 福岡, 啓風丸における σ の鉛直分布と等圧面分布についてその特徴を述べる.

(1) 熊本で2つの系列 $C_1 \rightarrow C_2$, $C_3 \rightarrow C_5$ の寒気渦があって, 約12時間の周期で発生しており, 下層への伝播がみられる. また5日09時, 2層型 (850, 600mb 面) の寒気渦がみられるが福岡では存在していない. この下層の寒気渦 (C_5) に関連して850mb 面の σ -分布 (第11 図) をみると, 寒気渦の軸は四国方面から熊本をとおり



第13-a 図 流線と上昇流 (W_s) の分布. 09h. 5. Jul. 1972. 流線は——305,314, ×-×-327°Kで示す. ●-●- シャーライン, 閉じた細線の領域は W_s の場を示す.



第13-b 図 流線と上昇流 (W_s) の分布. 21h. 5. Jul. 1972.

東支那海にのびており、鹿児島付近に湿った暖気が存在していることは興味深い。

(2) 福岡、啓風丸の2地点で、6日09時著して寒気渦 ($\sigma < 332 \text{Jgm}^{-1}$) が500mb面で見られる。500mb面の σ -分布(第12図)によれば、 $\sigma = 332 \text{Jgm}^{-1}$ の等値線付近で東西方向の水平傾度の不連続を示し、気圧の谷に沿ってそのすぐ後面に331, 332の等 σ 線が見られる。啓風丸では5日21時、800~850mb層で σ が増大しており著しい気層の安定化が見られる。

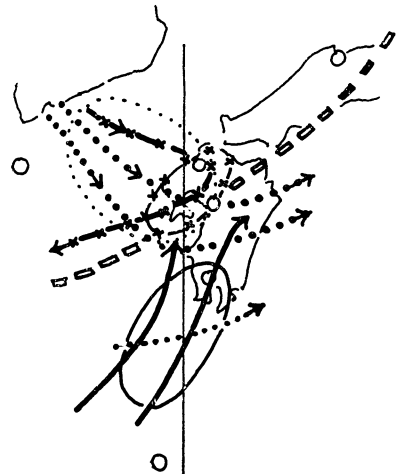
(3) 熊本、福岡の資料から600mb面以下で発生した寒気渦に対応して下層ジェットまたは鉛直シャーの増大が見られ対流不安定を示している。

5. 等温位面解析

σ 鉛直分布によれば、熊本で5日09時、850mbで C_5 、また5日21時700mbで C_2 の寒気渦が、一方福岡、啓風丸で6日09時、500mbで著しい寒気渦が存在した。熊本における5日21時(それら寒気渦が発生した時刻にあたる)の850, 700および500mb面の温位(θ)は、305, 314および327°Kであり、メソじょう乱の存在とその構造を明らかにする理由から305, 314および327°Kの3つの等温位面をえらんで解析を試みた。すなわち等温位面における風速は、

$$V_\theta = \frac{1}{f} \left[-\frac{\partial}{\partial n} (gZ + C_p T) \right]$$

の式で表わされることから、流関数 $\psi_\theta = gZ + C_p T$ を求める場合、 $\psi_\theta (\text{Jgm}^{-1}) \approx T(\text{k}) + 9.8Z(\text{km})$ の近似式を用いて計算し、各等温位面の地衡風と高度のパターンに



第13-c 図 流線と上昇流 (W_s) の分布. 09h. 6. Jul. 1972. - - - - 500mb面のトロフ

ついて解析し検討を加えた。その結果について、各時刻における各等温位面の地衡風と上昇流のパターンの特徴をあげる。ただし強い地衡風に対して等高度線が直交または斜交し、しかも高度勾配が正で最も急なところを強い上昇流の区域(W_s)とした。

(1) 5日09時の場合(第13-a図参照)

(ア) 305°K面解析: 熊本付近にメソ低気圧があって、この中心から東北東と西南西にのびるシャーラインがあり、また熊本県南部から鹿児島県にかけてWSW~SWの流れが最も強く、 W_s が九州南部で見られる。

(イ) 314°K面解析: 風系から熊本付近に低気圧性の循環が見られる。またWSWの風による W_s が九州南

第1表 各観測所の毎時間雨量 (1mm/h)

観測所	日時刻	5日	04～	05～	06～	07～	08～	09～	10～	11～	12～	13～	14～	15～	16～	17～	18～	19～	20
		03 04	05	06	07	08	09	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19		
鹿北		6	24	27	20	0	0	0	3	0	5	1	10	0	0	0	1	7	
御船		1	20	5	9	8	—	—	1	—	1	—	—	2	28	13	3	1	
俵山		3	5	7	23	21	2	1	—	1	—	—	—	3	28	3	3	4	
人吉		3	6	12	19	31	1	11	21	15	4	29	2	5	5	16	5	3	
竜ヶ岳		7	2	2	1	—	—	—	—	5	1	—	2	4	4	—	—	—	

観測所	日時刻	5日	21～	22～	23～	6日	01～	02～	03～	04～	05～	06～	07～	08～	09～	10～	11～	12～	13～	14
		20 21	22	23	24	00 01	02	03	04	05	06	07	08	09	10	11	12	13		
鹿北		1	0	1	1	0	7	17	25	6	7	8	0	1	0	0	0	1	1	
御船		4	1	5	2	1	3	1	2	23	25	46	75	28	9	20	7	11	5	
俵山		4	4	3	11	2	3	2	2	42	25	66	36	30	21	4	3	2	1	
人吉		7	46	11	19	2	11	17	29	8	10	3	2	28	38	18	14	3	0	
竜ヶ岳		1	—	—	—	—	—	1	6	34	3	18	37	49	24	(80)	(130)	(45)	(3)	

注 () : 簡易雨量計による測定

部でみられる。

(ウ) 327°K面解析：風系から熊本付近に低気圧性の循環がみられるが、特に九州地方は下降流の場となっている。

(2) 5日21時の場合 (第13-b図参照)

(ア) 305°K面解析：熊本と福岡の間でSW流が最も強く、強風軸は5日09時よりやや北上したことになり、また熊本より南西の方向にSW風によるWsがみられる。

(イ) 314°K面解析：済州島の南海上から福岡県南部をとおりWSWの流れが最も強く、また啓風丸から熊本にかけて集風線があり、九州北部にWSW風によるWsがみられる。

(ウ) 327°K面解析：熊本と福岡の間をとおり最も強いWSWの流れがあり、九州北部の西沿岸を中心にWSW風によるWsがみられる。

(3) 6日09時の場合 (第13-c図参照)

(ア) 305°K面解析：5日09時、21時におけるSW流から風向が変化して九州北部以南の西岸沿いにS風が卓越し、鹿児島県の南海上にS風によるWsがみられる。

(イ) 314°K面解析：シャープラインがみられるが、これは700mb面の気圧の谷と同じ位置にあり、NW風によるWsが対島海峡付近から九州北部の西沿岸にかけてみられる。

(ウ) 327°K面解析：熊本付近でNよりの風が変わり、

5日21時と比較すると啓風丸の地点にかけてWSWからNEへと大きな風向の変化がみられるが、このNE流はちょうど500mb面の気圧の谷に沿ってすぐ後面に存在している。またN～NEの風によるWsが九州北部西岸でみられる。(イ)、(ウ)の項で述べた上昇流と流線から500mb面の気圧の谷の波動化が部分的に説明されるように思われる。

6. 熊本県における日降水量分布と強雨

(1) 日降水量 (09時限界) の分布 (第14-a, b, c図参照)

(ア) 4日は県北部と南部の球磨川上流で最も多く、鹿北で232mm、白髪岳で230mm。

(イ) 5日は白川上流から南へのび球磨川上流にかけて多く、俵山で273mm、甲佐で311mm、人吉で314mm。

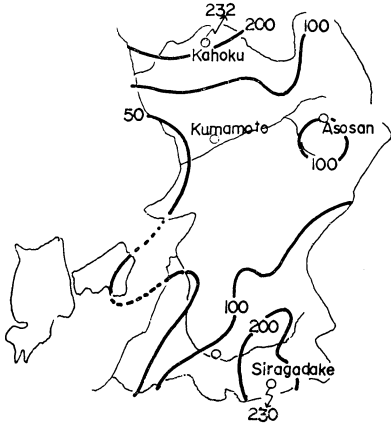
(ウ) 6日は天草上島で最も多く、竜ヶ岳で284mmを観測した。

なお4日は福岡県の柳川市で集中豪雨があり、5日の大雨は熊本県に集中し、6日は天草上島で集中豪雨が発生した。

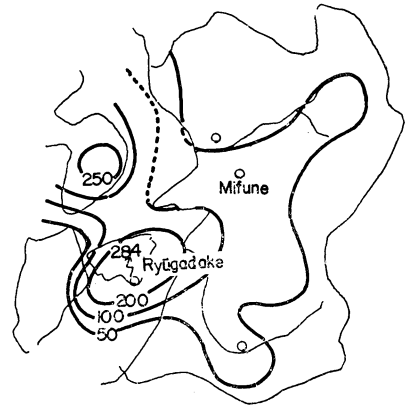
(2) 毎正時の1時間雨量からみた強雨 (≧20mm/h)。

(ア) 球磨川上流で4日16時から本格的に強雨が降り始め、特に5日02時～04時に40mm以上の強雨、また県北部の荒尾、鹿北方面で4日19時に30mm、5日02時に40mmの強雨を観測した。

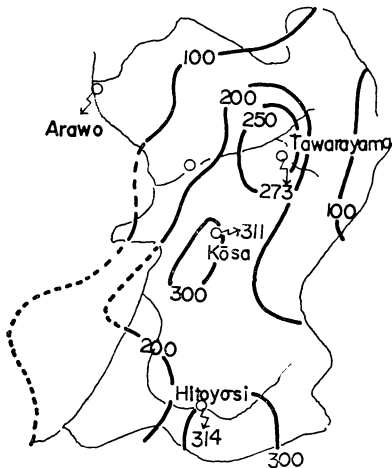
(イ) 県北部で5日04時すぎから始まった強雨は南へ



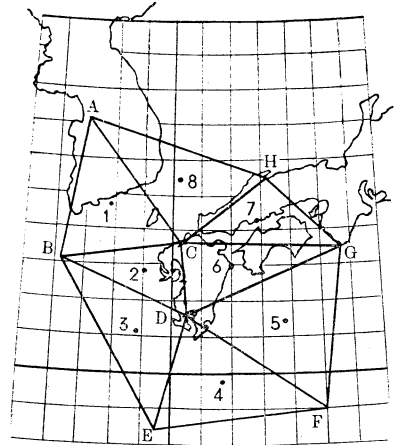
第14-a 図 日降水量の分布 (09h. 4～09h. 5 Jul. 1972)



第14-c 図 日降水量の分布 (09h. 6～09h. 7. Jul. 1972)



第14-b 図 日降水量の分布 (09h. 5～09h. 6 Jul. 1972)



第15図 発散量の計算に用いた観測点とブロック

ひろがるとともに東へ移動し、5日07時には50mmの強雨となり、その後約3時間して東部山岳方面で終息した。人吉では5日10時から強雨が断続し、5日15時に終わった。

(ウ) 人吉周辺で5日18時、22時に単発的に30mm以上の強雨を観測したが、その後弱まった。県北部では6日03時から強雨となり、この雨域は次第に南下し6日08時緑川流域でさらに強まり、御船で75mmを観測したが、その後弱まった。

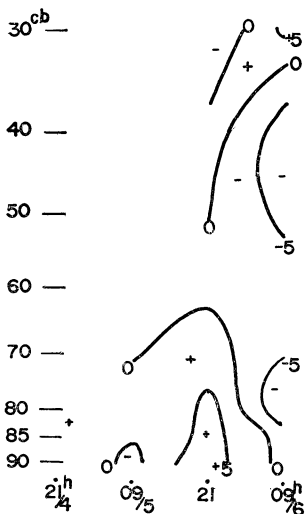
(エ) 6日05時天草上島の竜ヶ岳で30mm以上の強雨が降り、09時再び40mm以上の強さとなり、10時から竜ヶ岳を中心に集中豪雨となり、12時に130mmの未曾

有の記録となったが、14時以後は弱まり、強雨域は雲仙岳方面へ移動した。

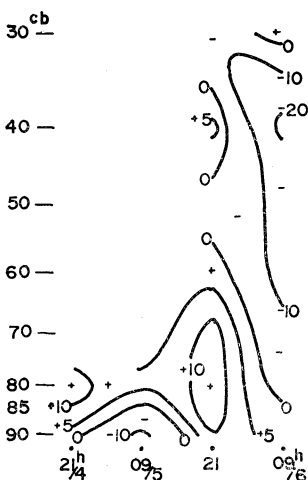
なお各地の時間雨量を第1表に掲げておく。

7. 発散量の鉛直分布 (第15図, 第16-a, b, c 図参照)

発散量はベラミーの方法により縮尺1,500万分の1のアジャ天気図を用いて、沢田氏の計算尺で求めた。単位は $10^{-2}hr^{-1}$ で表わし、計算する場合風速10m/sを1cmとしたので時間にして約4.5hrとなる。熊本発散量は便宜上、ブロック2, 3, 6, 7の算術平均値で表わした。5日09時、ブロック2と熊本の地上から850mb面にかけて収束がみられるが、このことは5日09時305°Kの等温位面で熊本付近に発生したメソ低気圧を実証するものであると考える。5日21時には熊本の600mb面付近、ブロック2の500mb面付近に収束が存在した。6日09時には熊本、ブロック2で厚い層に及ぶ収束の増大がみ



第16-a 図 熊本における発散量の鉛直方向のタイムセクション



第16-b 図 ブロック2における発散量の鉛直方向のタイムセクション

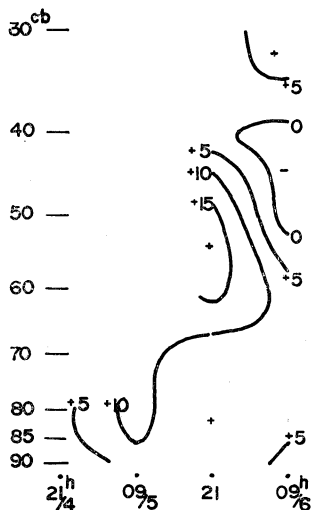
られる。特に400～500mb層で全域とも強い収束がみられるが、これは500mb面の気圧の谷の波動化に関係するものと思われる。6日09時におけるブロック2の上昇流(ω)を

$$\omega = \omega_0 + \int_p^{p_0} Ddp$$

の式により $\omega_{900}=0$ として計算した各高度における上昇流は第2表のとおりである。これから中層以上で大きな上昇流が存在し(10mb/hrのオーダー)、下層から上層

第2表 ブロック2における各高度の上昇流の強さ(mb/hr)

P	800	700	600	500	400	300
$\omega = dp/dt$	-5.6	-12.4	-15.7	-19.8	-27.3	-25.6



第16-c 図 ブロック3における発散量の鉛直方向のタイムセクション

へと著しい増大がみられる。

8. 今回の大雨に対する考察

(1) 4日の大雨は500mb面の気圧の谷の前面、約1,000kmのところ降り始め、5日の大雨は305°Kの等温位面解析から明らかなように、熊本付近に発生したメソ低気圧に関連して下層における収束と対流不安定を原因とするメソ現象である。

(2) 6日の天草上島を中心とした集中豪雨については、6日09時30分、500mb面でメソ高気圧が発生し、これによる慣性不安定が卓越したことが一つの原因と考えられる。すなわち

(ア) 6日09時、500、700mb面で気圧の谷は熊本付近を通っており、しかも気圧の谷は5日21時、6日09時とも500mb面の方が700mb面より先行している。

(イ) 等温位面解析で述べたように、メソ高気圧の発生に伴い6日09時500mb面の気圧の谷は前線波動の様相を示し、700、500mb面の気圧の谷の後面に上昇流域があり、また発散量の鉛直分布からブロック2で対流圏全層に及ぶ上昇流が存在し、ある層では20mb/hrをこえる大きさとなった。

(ウ) 6日09時、ほぼ500mb面の気圧の谷に沿って、

そのすぐ後面にあたる福岡，啓風丸の地点で寒気渦 ($\sigma < 332 \text{ Jgm}^{-1}$) が存在し，対流圏中層で対流不安定が強まった。このことは前項の (イ) と関連し，500mb の気圧の谷に沿って部分的に，特に九州西岸付近で運動量の下層から上層への鉛直輸送を増大させる結果にもなったと考えられる。

(エ) 6日09時305°K の等温位面解析によれば九州西岸で南風が卓越し，500mb 面の気圧の谷と交わるところが天草上島付近と推定される。

以上これらのことから天草上島の集中豪雨は総観規模のじょう乱にメソ高気圧発生に伴う慣性不安定波のようなメソ規模のじょう乱が重なって発生した対流不安定現象であると考えられる。

9. むすび

上層の寒冷渦に伴う集中豪雨については，よく知られているが，今回の調査では上層におけるメソ高気圧の発生が一つの主要な原因であることが実証されたものと思われる。著者は日頃，総観解析の重要性を強調するものであるが，それを再確認するとともに等温位面解析の有利性を改めて知ることができた。すなわち福岡，済州島

の上層における風，気温，湿度の特徴ある変化は予報上重視すべき性質のものであり，また上層の気圧の谷の通過とその性質，メソ高気圧とメソ低気圧の発生がそれである。またレーダーエコーとの関係は検討していないが，できれば今後調査してみたいと思っている。最後に熊本地方気象台の技術課の各位には資料の作成に尽力していただき，また気象庁天気相談所長宮沢清治氏に御教示をいただき，この紙面をかりて心から感謝の意を申し上げます。

文 献

- Kreitzberg, Carl, W. and H. Albert Brown, 1970: Mesoscale Weather Systems within an Occulsion, *Jour. Appl. Met.*, **9**, 419, 422-423.
 窪田正八, 1971: 中間規模じょう乱をめぐって, 電計室報告別冊, **15**, 183-185.
 宮沢清治, 1970: 降水量の定量的な取り扱い, 福岡管区気象台技術通信, **16**, 444-445.
 沢田竜吉, 1955: 天気図解析の基礎, 予報研究ノート, **6**, 83-84.

第16回 IUGG 総会について

期 日: 1975年8月25日～9月6日

場 所: Grenoble (フランス)

プログラム (気象関係) の概要

- (a) Meteorological and Hydrological Aspects of Continental Drughts
- (b) Isotopes and Impurities in Snow and Ice
- (c) GARP First Objective: Weather Predictability
- (d) GARP Second Objective: Climatic Change.
- (e) Marine Pollution
- (f) Atmospheric Pollution

(g) Stratosphere/Mesosphere Relations

(h) Optical Sensing and Probing of the Atmosphere

(i) Artificial Weather Modification

登 録

登録料は \$ 30～\$ 40位の子定，登録申込用紙が必要な方は，岸保勘三郎 (東京都文京区弥生町 2-11-16 東大理学部地球物理学教室) まで申出て下さい。なお，地球物理学研連，気象分科会では航空運賃割安の団体旅行を計画しています。なお詳細なことがわかり次第，逐次天氣に掲載していく予定です。