

Conditions and Its Application to a Multi-Level Primitive Equation Model. J. Met. Soc. Japan. 64, 637-663.

Ueno, M., R. Taira and T. Kudo, 1986: A Dynamic Assimilation Method for a Mesoscale Model Using Observed Rainfall Rates. Short- and Medium-Range Numerical Weather Prediction. Collection of papers presented at the WMO/IUGG NWP Symposium, Tokyo, 4-8 August 1986, Special Volume of J. Met. Soc. Japan. 573-584.

Zhang, D.-L., K. Gao and D.B. Parsons, 1989: Numerical Simulation of an Intense Squall Line during 10-11 June 1985 PRE-STORM. Part I: Model Verification. Mon. Wea. Rev., 117, 960-994.

———, and K. Gao 1989: Numerical Simulation of an Intense Squall Line during 10-11 June 1985 PRE-STORM Part. II: Rear Inflow Surface Pressure Perturbations and Stratiform Precipitation. Mon. Wea. Rev., 117, 2067-2094.

407 (情報; 防災)

3. 集中豪雨の情報と防災*

1989年9月14日・阪神間の豪雨の実例

吉澤 博**

(1) 概要

1989年9月14日06:00から09:00の間に阪神間の六甲山南麓の幅、僅かに10数キロメートルの狭い地域で集中的な豪雨があり、13日07:00の降り始めから14日12:00の降り終わりまでの降水量の最大値は神戸市東灘区にある建設省六甲砂防工事事務所で247ミリとなった。時間最大雨量は西宮市役所で14日07:00から08:00の間で112ミリに達した。阪神間での過去の時間雨量の記録は1979年9月30日の大阪での台風7916号による77.5ミリと1939年8月1日の神戸での雷雨による87.7ミリであるから、阪神間では112ミリの時間雨量が如何に大きな値であるかが評価できる。時間最大雨量の発生時間帯は、出勤時間、登校時間と一致していた事もあって通信の混乱、情報把握の時間的遅れもあり、床上床下浸水7,566戸、山崩れ、崖崩れ14箇所等の大きな災害となった。この時の集中豪雨について多数の観測点によって明らかになった降雨の実体と、今後、この種の極めて狭い範囲に発生する集中豪雨予報等への取組み方等について防災実務者の立場から要望などを述べる。

(2) 異常に多雨であった9月

この年の9月の降水量は神戸で483.5ミリとなり平年

値の176.6ミリの2.7倍にも達した。この値は1965年の558.6ミリに次ぐ第2位の記録である。各旬別に見ると230.5(52.9) 215.0(62.5) 38.0(61.2)ミリ()内は平均値となっている。この前月の8月は154.5(107.8)で、やはり平年よりも多雨であるが、程度において大差がある。

この現象について正木・中川(神戸海洋気象台)は第1図の黒潮の蛇行と関連を付け、荒川(気象庁海洋気象部)の研究を引用して多雨の原因の一つとして検討の価値があるとしている。特に今回の集中豪雨の発生した9月14日は黒潮が四国沖、北緯30度付近から真北に北上して室戸岬につっかけている状況が、11日から20日までの間に観測されている。(気象庁海況旬報 1547)この事実は今回の豪雨の直接的な原因ではないにしても、優勢な暖湿流を当該地に送り込んだ要因の一つと評価することは可能なように思える。前月の8月は中旬までは黒潮は沿岸に並行して流れており、蛇行が開始された下旬以降に神戸での雨量が増加している事に注目している。

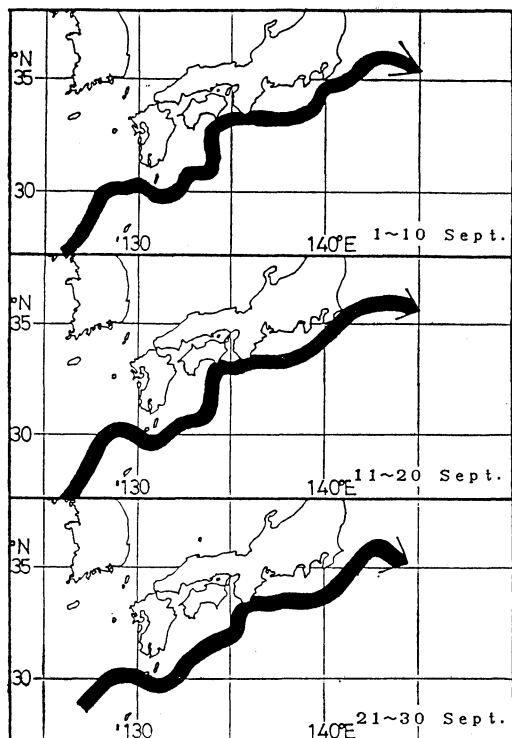
(3) 当日の地上天気図

神戸海洋気象台の高層解析によると総観場での状況は次のようになっている。500mb天気図を見ると、西日本は太平洋高気圧に覆われ、流れは西南西でトラフが日本海西部にある。850mbの流れは暖い湿った空気が九州から瀬戸内海に流入している。

第2図に14日03:00の地上天気図を示す。四国沖から

* Information of local severa rain and Prevention of disasters

** Hiroshi Yoshizawa, 神戸市嘱託.

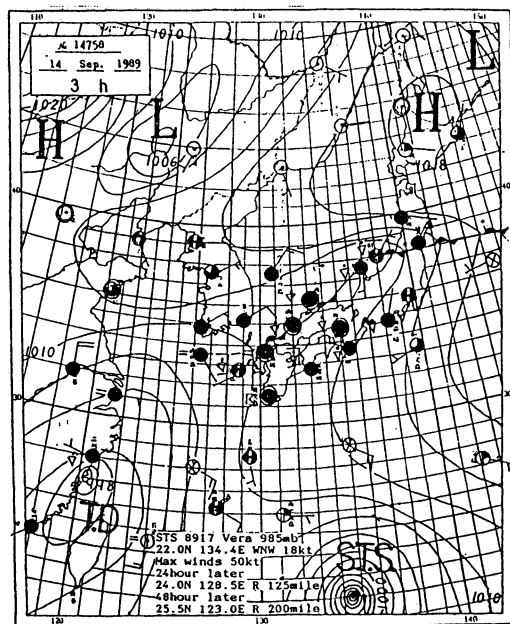


第1図 黒潮流軸位置 9月1989 (気象庁海況旬報 No. 1547)

九州沖に台風があって西北西に進んでおり、山陰地方の沿岸には秋雨前線が停滞している。この天気図の形は特に太平洋高気圧の周辺に沿って暖湿流が西日本に流入しやすい形である。第1表の通り、13日には大雨・洪水警報や雷注意報が兵庫県南東部に発表され、神戸海洋気象台では13日の日雨量が107.5ミリに達する降雨が観測されていた。西日本のどこかで大雨となる危険性は前日から予想する事はできていたのである。しかし、これほどの集中豪雨が、この時間帯に阪神間に発生するとは誰も予報として確信することはできなかった。

(4) 神戸市域と周辺地域での雨量観測と通報組織

第3図に神戸市域と周辺での雨量観測所の分布を示す。観測所の所管は国の組織として気象庁、建設省があり、地方自治体では神戸市、芦屋市、西宮市がある。大雨防災のために、現在、神戸市が実況の追跡、事後の調査に神戸市所管外の管理者の御協力も得て、活用している個所数は44地点になる。対象面積は約644km²であるから、およそ15km²に一点の分布となり、アメダス地点が約290km²に一点の分布であるから約19倍の密



第2図 地上天気図 1989年9月14日 03:00

度で雨量観測が実施されていることとなる。

これらの雨量観測所は、その発生の経過から下記の4種類に分類することができる。

- ① 下水処理場など施設の管理と業務の安全・能率的な遂行を目的として、かなり以前から設置されているもの。
- ② 建設省六甲砂防工事事務所によって山地崩壊対策、流出調査を目的として設置されたもの。
- ③ ②と地域分担して神戸市によって面積雨量、降雨実体の把握により直接的に大雨防災に活用する目的で設置されたもの。
- ④ 気象官署、アメダス観測所のように実況監視と予報のために設置されたもの。

これらの内、②③④に属する観測所のデータはテレメーターで送信されコンピューター処理され、アメダスは別として、原則的には10分間隔のリアルタイムで降雨実況を知ることが可能で、その数は20個所である。②に属するものは、目的に照らし六甲山地に集中している。③に属するものは、雨量観測所適性配置調査の結果、85%の雨量代表性が持てるように計画的に配置されている。

これらの観測所で得られたデータにより9月14日の降雨実況について述べる。

第1表 1989年9月14日阪神間豪雨時の気象注意報、警報

発表形式	日	時分	種類	対象地域
発表	13日	08:50	大雨, 洪水, 雷 (注意報)	県南部
切替	13日	11:10	同上	県南東 南西部
切替	13日	11:50	大雨, 洪水 (警報) 雷 (注意報)	県南東部
表表	13日	13:25	大雨に関する情報第1号	
切替	13日	14:45	大雨, 洪水, 雷 (注意報)	県南東部
発表	13日	23:20	雷, 濃霧 (注意報)	県南部
発表	14日	06:35	大雨, 洪水, 雷, 濃霧 (注意報)	県南部
発表	14日	07:50	大雨, 洪水 (警報) 雷, 濃霧 (注意報)	県南東部
発表	14日	09:55	洪水 (警報) 雷 (注意報)	県南東部
切替	14日	11:00	雷 (注意報)	県南部
発表	14日	20:25	大雨, 洪水, 雷 (注意報)	県南東 南西部
解除	15日	05:00	解除	

(神戸海洋気象台発表 神戸市役所受信)

神戸海洋気象台での気象実況

種目	日最大風速 m/s				日照時間	日降水量	日最大		天気概況	
	10分間		瞬間				降水量 mm		昼間	夜間
	風速	風向	風速	風向			1時間	10分間	6時~18時	18時~6時
13日	7.0	ENE	10.0	ENE	—	107.5	39.0	12.0	大雨, 雷を伴う	雨, 雷を伴う
14日	6.3	SW	10.5	SW	—	65.0	31.5	13.5	大雨, 雷を伴う	曇り

神戸市域と周辺の降水量

	東部土木事務所	中部土木事務所	北土木事務所	西部土木事務所	垂水土木事務所	西土木事務所	東部管理事務所	芦屋市役所	西宮市役所
14日雨量	163.5	43.0	47.5	22.5	10.5	15.0	154.5	168.5	172.0
最大時間雨量	81.0	19.0	23.6	16.0	6.6	7.5	97.0	104.0	112.0

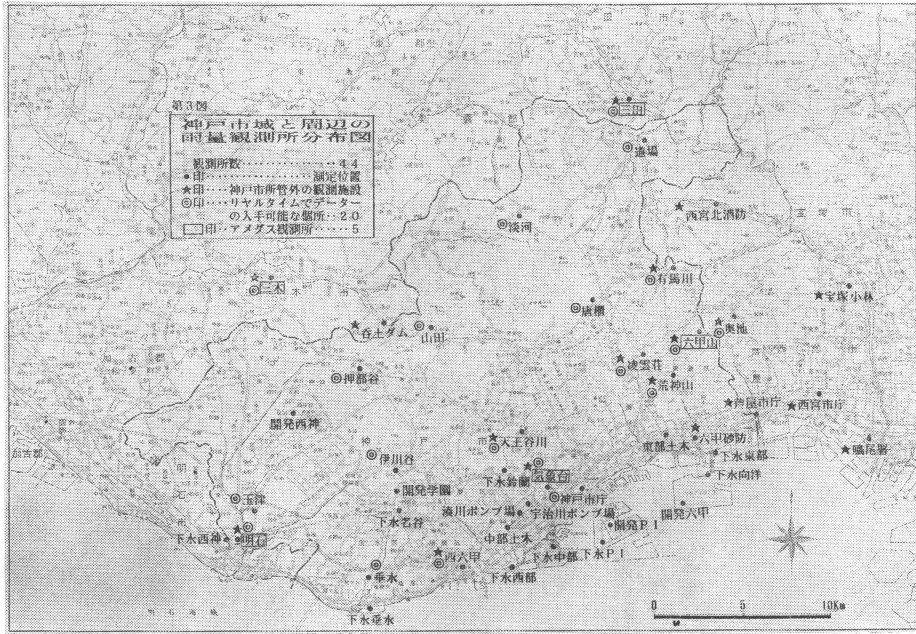
(5) 1989年9月14日の集中豪雨

5-1 雨量分布図

第4図に当日の06:00から09:00までの毎時間雨量分布図と降り始めから降り終わりまでの総雨量分布図を示す。神戸海洋気象台での観測によると山陰沿岸の秋雨前線と南沖の台風21号との影響で、前日の06:00頃から降雨は始まり13日の日雨量は108ミリに達していた。この内、9時から12時までの3時間には66ミリ、時間雨量39ミリの強い雨も含まれていた。14日になって6時までの雨量は6ミリに過ぎず雨は小康状態を保っていた。6時以後、雨の強度は神戸市東部から西宮市にかけての東西10数キロメートル、南北7キロメートル程度の極く狭い範囲で急激に強まり、07:00から08:00の間に最強

となり、西宮市役所で112ミリの時間最大雨量を観測した。図で見られる通り神戸市中央部から西側、北側地域では、僅か10キロメートル程度しか離れていないのに雨量は0~6ミリと言う全く、比較にならない少なさである。これらの結果、降り始めから降り終わりまでの一雨降水量は、この狭い地域で最大値247ミリから最少値は明石での45ミリまで極端な相違が見られたのである。

この雨量分布図は前述の通りの多数の観測地点の値を活用することによって有意に描写することが可能であった。またリアルタイムで入手できた資料によっても降雨継続中に分布図を連続的に作成したが、データ不足のため最終図とは、かなり異なった実況把握とならざるを得なかった。



第3図

総雨量分布図で見ると、沿岸部で120ミリの等量線が向き合っている地点、すなわち垂水海岸から須磨海岸の間に南西方向からの暖湿流が流入し、六甲山地の南斜面をはい上がる上昇気流となって連続的に濃密な雨雲が発生したものと考えている。

5-2 風の流線

第5図に14日の6時、7時、8時の風の流線図を示す。これは大阪府と兵庫県南部にある約60地点の大阪府、兵庫県公害監視センターとアメダス資料によって正木・橋本（神戸海洋気象台）が流線解析を行ないスムーズ化したものである。

雨の強度が一段と強まった07:00の時点では、神戸市の東半分は六甲山地南麓に沿った東から北東流となり、西側の須磨から垂水海岸にかけては南寄りの強い収束が見られる。この風系変化は発達した雷雲のエコーと対応し、その両側では降雨に伴うOUT-FLOWとみられる風系が考えられるとしている。

08:00となると大阪湾西部の全域で南から南西寄りの風が強まり、紀伊水道からの暖湿流の移流の拡大を示している。六甲山地の地形効果でこの流れは山腹を駆け上がるような状況である。

09:00となると強い雨域は武庫川以東の箕面市から大阪市北部に移るのであるが、大阪湾全域は南風となり、

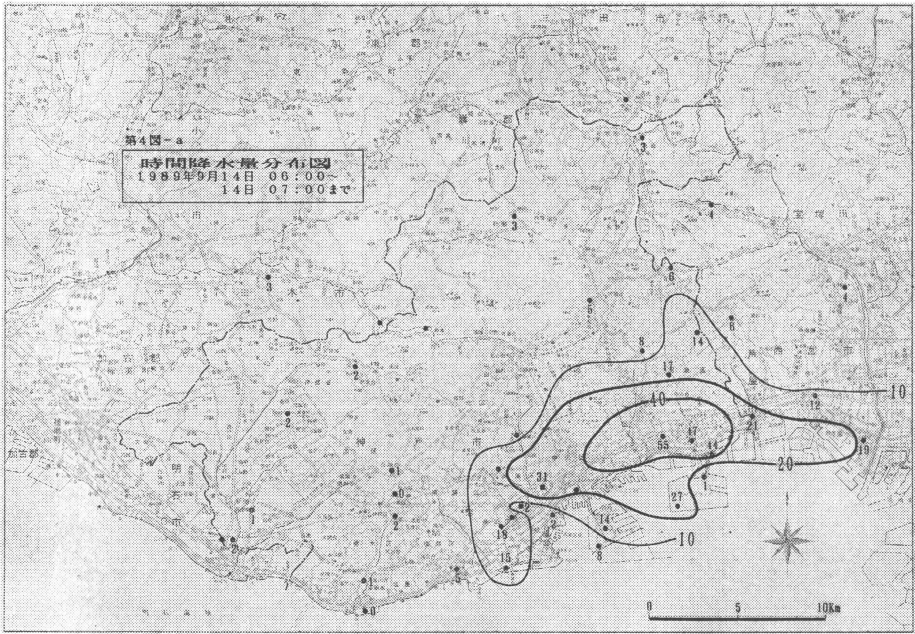
東寄りの風との収束地点は六甲山地の東端から箕面山地方面に移行している。

5-3 神戸市での災害の発生状況

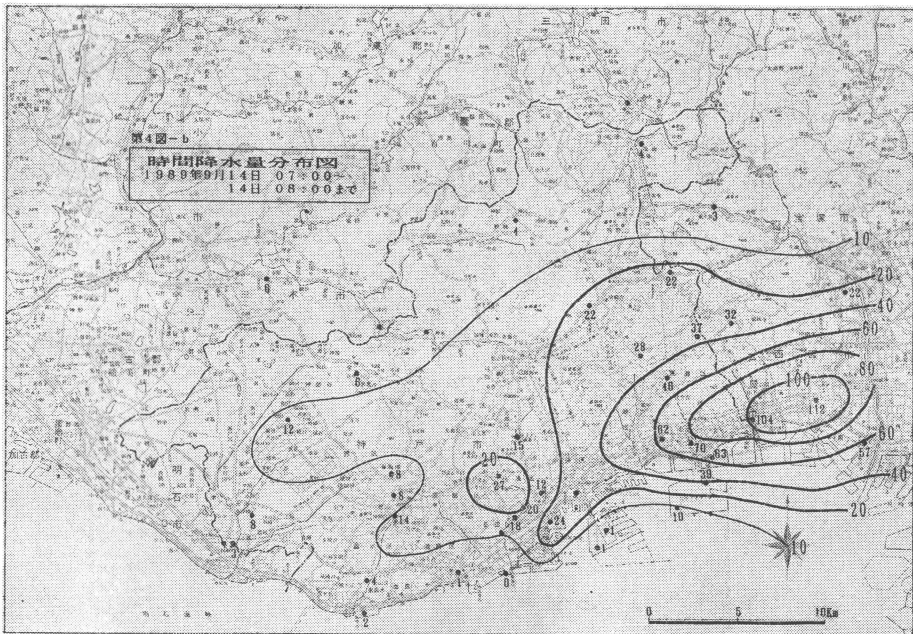
13日の07:00頃から降り始めた雨は前述の通り09:00から12:00までの3時間に神戸海洋気象台で66ミリ、最大時間雨量39ミリの強雨があったが、21:00頃には始ど降り止んでいた。14日06:00頃から再び降雨が始まり、神戸市東部の東灘区から以東の地域で集中豪雨となった。神戸市東部土木事務所では、06:30からの1時間に81.0ミリ、下水道局東部管理事務所では、06:40からの1時間に97.0ミリの豪雨となった。

このため、軽傷者1名、床上浸水199棟、226世帯、606名・床下浸水1,304棟、1,304世帯、3,423名・非住家被害19棟・道路決壊9箇所、冠水6箇所・河川決壊3箇所・溢水氾濫9箇所・鉄道不通3箇所・電話回線輻輳8万回線、等の被害が発生した。特に、後述の通り「大雨・洪水警報」が発表されたのが07:50で、すでに豪雨状況が始まっており、学校閉鎖の有無についての「問い合わせ電話」が多数に上り、電話が非常にかかりにくい状況となった。この影響を受けて、神戸市防災当局での速やかな災害発生状況の把握が困難となった。

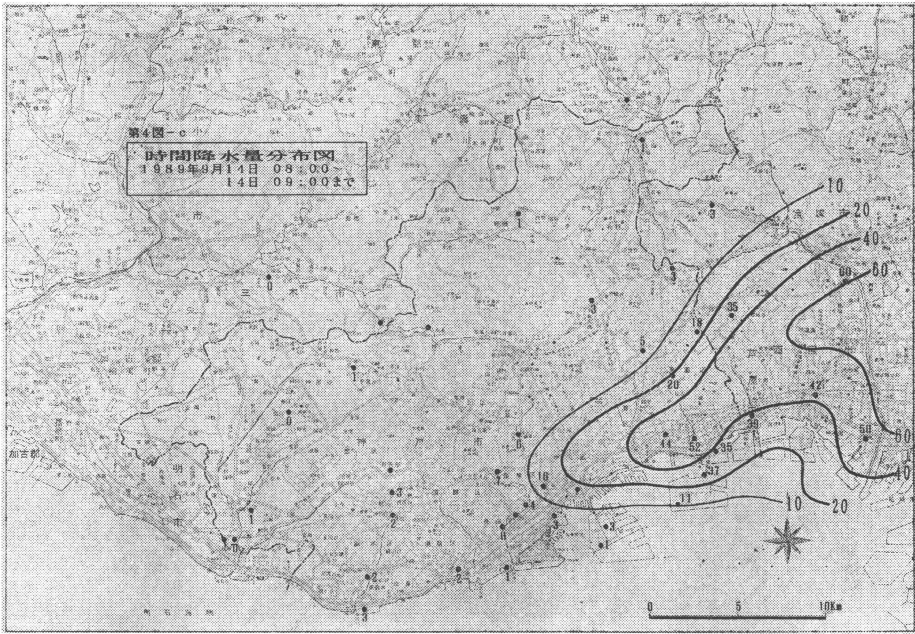
神戸市にあっては、13日16:40に、職員に対し、通達を発表して「大雨・洪水警報は一応、解除されたが、大



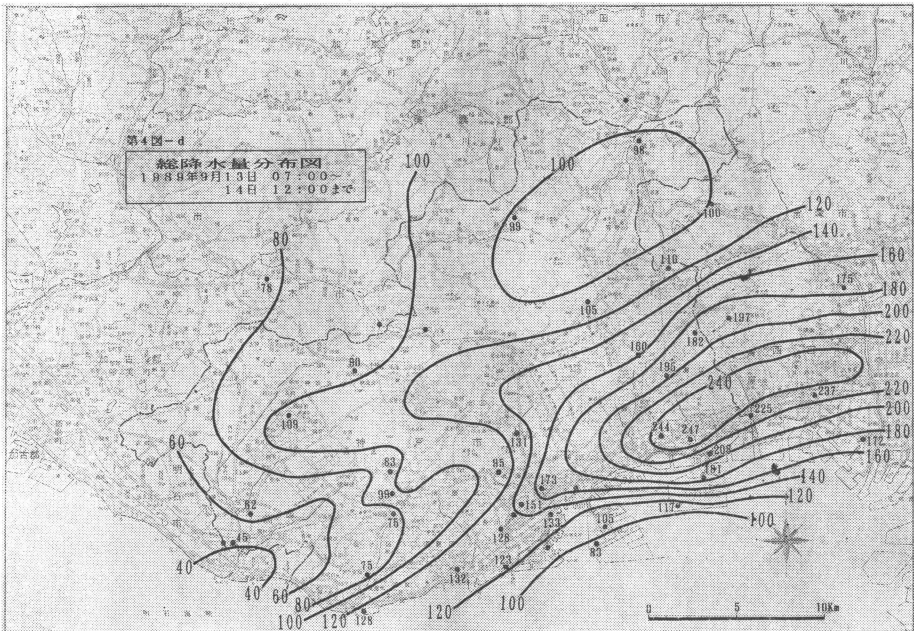
第4図(a)



第4図(b)



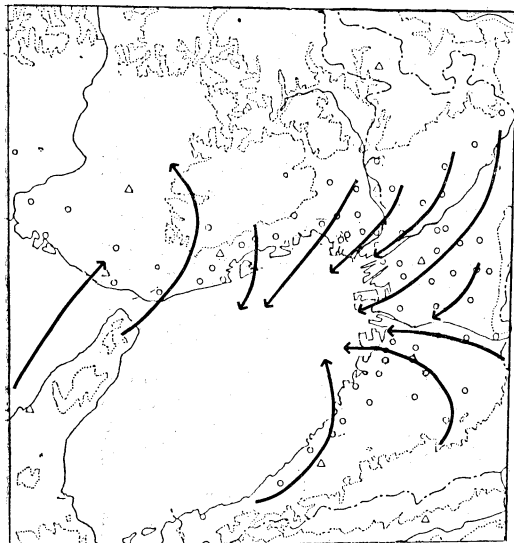
第4図(c)



第4図(d)

第5図-a 風の流線図 1989/9/14/06:00

(正木・橋本)

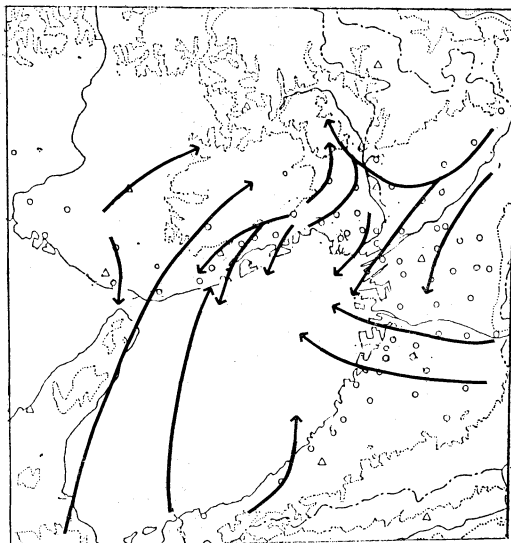


図中の○印は使用した風の観測位置を示す

第5図(a)

第5図-b 風の流線図 1989/9/14/07:00

(正木・橋本)

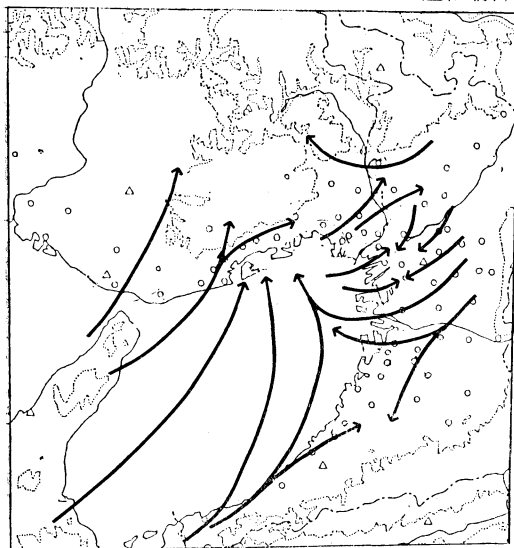


図中の○印は使用した風の観測位置を示す

第5図(b)

第5図-c 風の流線図 1989/9/14/08:00

(正木・橋本)

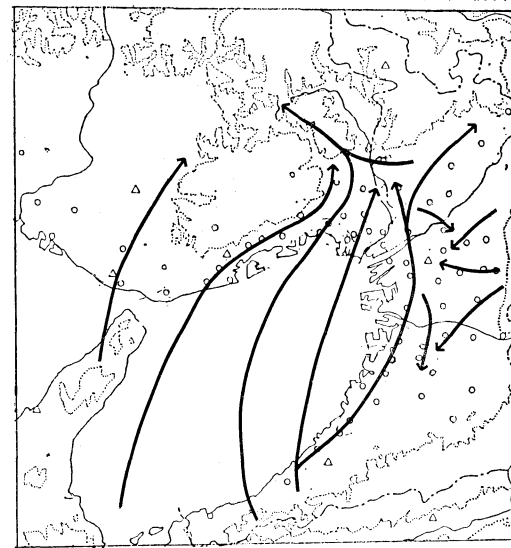


図中の○印は使用した風の観測位置を示す

第5図(c)

第5図-d 風の流線図 1989/9/14/09:00

(正木・橋本)



図中の○印は使用した風の観測位置を示す

第5図(d)

気の状態が不安定であり、なお局地的な大雨の怖れがあるので、今後の気象情報に十分注意するように」との指示をしている。

今にして思えば、前日から一晩中、防災関係の職員を

待機させておけば言うことはなかったのであるが、やはり結果論であって、ある程度、確度の高い予報がない限り、行政当局が多数の職員を一夜待機させる事は困難な事と思える。

(6) 神戸海洋気象台の注意報・警報の発表状況

第1表に気象注意報・警報の発生状況と主な観測値を表示した。13日11:50に大雨・洪水警報が発表されているが前述のように、すでに雨のピークは過ぎ去っており「後追い」の実感は払底できない。14日07:50発表の大雨・洪水警報は集中豪雨の最中であり、この地域に限れば予報的価値は少ない。しかし、私は今回の事に関して神戸海洋気象台を非難する気持ちは毛頭もない。

神戸海洋気象台から大阪管区気象台の間には気象官署はない。アメダス六甲山があるが、今回の豪雨では西宮市役所で112ミリの最大時間雨量を観測した時点では、アメダス六甲山の雨量は37ミリに過ぎなかった。つまり、現在の気象官署の保有する観測網では、今回の集中豪雨は、実況の捕捉ができなかったのである。日本モデルなどメッシュの細かい数値予報資料でもこの種の小さいスケールの現象に対応する事は不可能に近く、降水短時間予報でも的確な予報は難しいと考えられる。つまり、予報技術者の立場に立てば「仕方がなかった事」と理解できる。

(7) 地方自治体の防災担当者として感じている今後
の問題点

7-1 観測網の高密度化

アメダス観測網の整備は非常に高く評価できるものがあるが、この整備を第一段階とし、第二段階として、経済や人口の集積度の高い地域、気象の地形特性の著しい地域を選定してメソスケール、それも今回の集中豪雨のような10数キロメートル規模の現象の解析に耐えるような観測網の高密度化をめざすべきと考える。現象の、より正確な把握なくして学問、技術の発展は期待できない。

7-2 観測項目の増加

地上観測の項目には雨量の他に気温、風向風速(xyZ)を加えると同時に、場所を選定して立体的にもデータ

を得るようにし、継続的に、この種の気象現象の予報に活用できることを目標とした観測を展開するのを感じて

7-3 既存観測所の整備と速報性を重視した観測組織の
充実

気象庁所管以外の雨量観測所は、それぞれの必要性によって設置され運用されている訳である。それ相当の経費が投入されている事は言うまでもない。しかし、一部を除いては気象業務法による届出未了の箇所も多く、技術的管理も不十分な点が見受けられる。専門筋にあっては、これらの一応の働きのある施設の整備と技術管理に配慮すると共に、データーを速やかに活用できるように体制について政策的、経済的に検討される事が望ましい。

近時、東京都を始め川崎市、横浜市、大阪市、神戸市など大都市にあっては下水道設備の維持と能率的な活用等を目的として短距離レーダー観測による降雨実況をリアルタイムで知ろうとする計画と検討が進展している。東京都では、すでに実用化されている。レーダー観測による降雨実況の追跡は有効な手段ではあるが、エコー強度と地上観測による雨量との間には、多々問題がある事は良く知られている所である。このことについても専門筋は的確な指導をされることが望ましい。

7-4 最後に

水理に関する土木施設は特に、過去最大の降雨を設計の基礎とする場合が多い。観測網の整備進展と共に、今まで見つからなかっただけで、実は発生していた激しい気象現象が事実として認識されるケースが生れているように思える。過去の最大が、その地域にとって将来も最大たりうるかと言う問題について、専門筋は地域別に見解を明らかにする努力が望ましい。このことによる将来の防災面での安全性の確保、防災工事に対する投資の合理化に及ぼす効果は大きいものがあると考え

総 合 討 論

座 長：気象学、大気物理学としての観点、並びに防災科学の観点から話題提供がありました。まず、前者について討論をしたいと思ひます。

初めに、雲のパラメタリゼーションについてももう少し

説明をお願いします。

小 倉：集中豪雨の予報は二種類のパラメタリゼーションを使っています。一つは積雲をパラメタライズしたものであり、もう一つは雲物理学で取り扱われている雲