

豪 雨 の 研 究 (I)

中島暢太郎・後町幸雄・荻本 洋

STUDIES ON HEAVY RAINFALL (I)

By *Chotaro* NAKAJIMA, *Yukio* GOCHO and *Hiroshi* OGIMOTO

Synopsis

As the first step to studies on heavy rainfall, geographical and seasonal distributions of the maximum daily, hourly and 10 minutes precipitations in whole Japan, and time change of several rainfall intensities and dimensions of several heavy rainfall are investigated. It was found that heavy rainfall occurred in a narrow region as well as a relatively broad region in spite of the nearly same rainfall intensity.

1. ま え が き

われわれは豪雨或いは集中豪雨と日頃口にするが、それらが具体的にどういふものであるかは知ってはいない。豪雨は大雨とか強雨とどちらがうのか、豪雨はいつも集中豪雨なのかかもしれない、また豪雨の起りやすい場所、時期というものが本当にあるのかといったような疑問が生じる。

そこで豪雨の研究の第一歩として過去の日降水量、時間降水量、および10分間降水量の極値の分布から調べ始めることにした。そしてわれわれが手がけた比較的最近の豪雨や過去の顕著な豪雨の例をあげて、豪雨の時間変化と豪雨の地域的な広さ等について調べる。

はじめから断りなしに豪雨という言葉を使うけれども、この言葉の定義はむしろ今後の研究の結論として導かれるものである。

2. 降水量の極値の分布

Fig. 1 の (a) は1921年から1950年までの平均の年降水量分布¹⁾、(b) は最大10分間雨量の分布、(c) は最大時間雨量の分布、そして (d) は日雨量の極値分布を示すものである。(b)―(d) は気象庁発行の「極値および順位」²⁾ から観測開始以来1960年までの資料を用いてわれわれが作成したが、気象官署における観測値によるものである。これらの図から、降水量やその強度が場所によってかなりちがうことが分る。(a) では関東以西の太平洋沿岸と北陸地方を中心とした日本海沿岸とに降水量の多いところがある。

(b)、(c) および (d) の各極値の分布は互いに全国的によく一致しており、またその極値が観測された日はいずれについてもほとんど6月から10月の暖候期である。しかしこれらと (a) の年降水量分布と比べると、関東以西の太平洋側の地域の多雨域と極値の大きい地域とはほぼ一致しているが、必ずしも多雨域でない所々 (例えば中国山地の瀬戸内側、関東北部、仙台付近、および北海道南部等) に極値の大きい地域がある。また特に日本海側の降水量の多いところの極値はあまり大きくない。日本海側は冬期の降雪が多いことはよく知られているが、以上のことから、冬期の降雪は積算降水量或いは積雪として大きくなくても降水量の強度としては余り大きくないことが分る。

尚降水量の極値の分布については、吉野 (1960)³⁾ が同種の分布図を作成しているが、吉野は1941～1950年の資料を用いた。両者とも大体似ているが、地域によってかなりちがっているところもある。

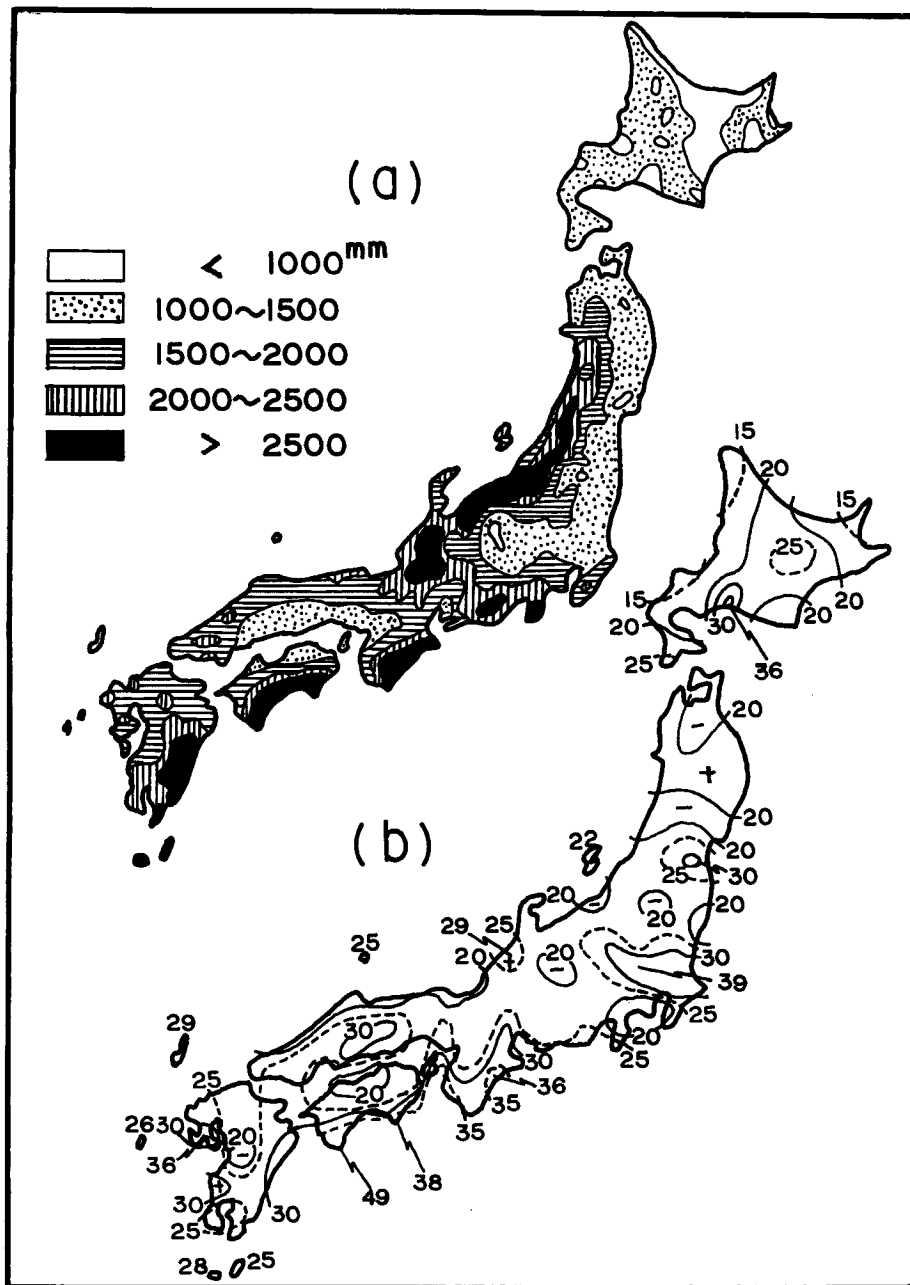


Fig. 1 Distributions of (a) average annual precipitation (1921—1950), (b) the maximum 10 minutes precipitation (1937—1960) in mm.

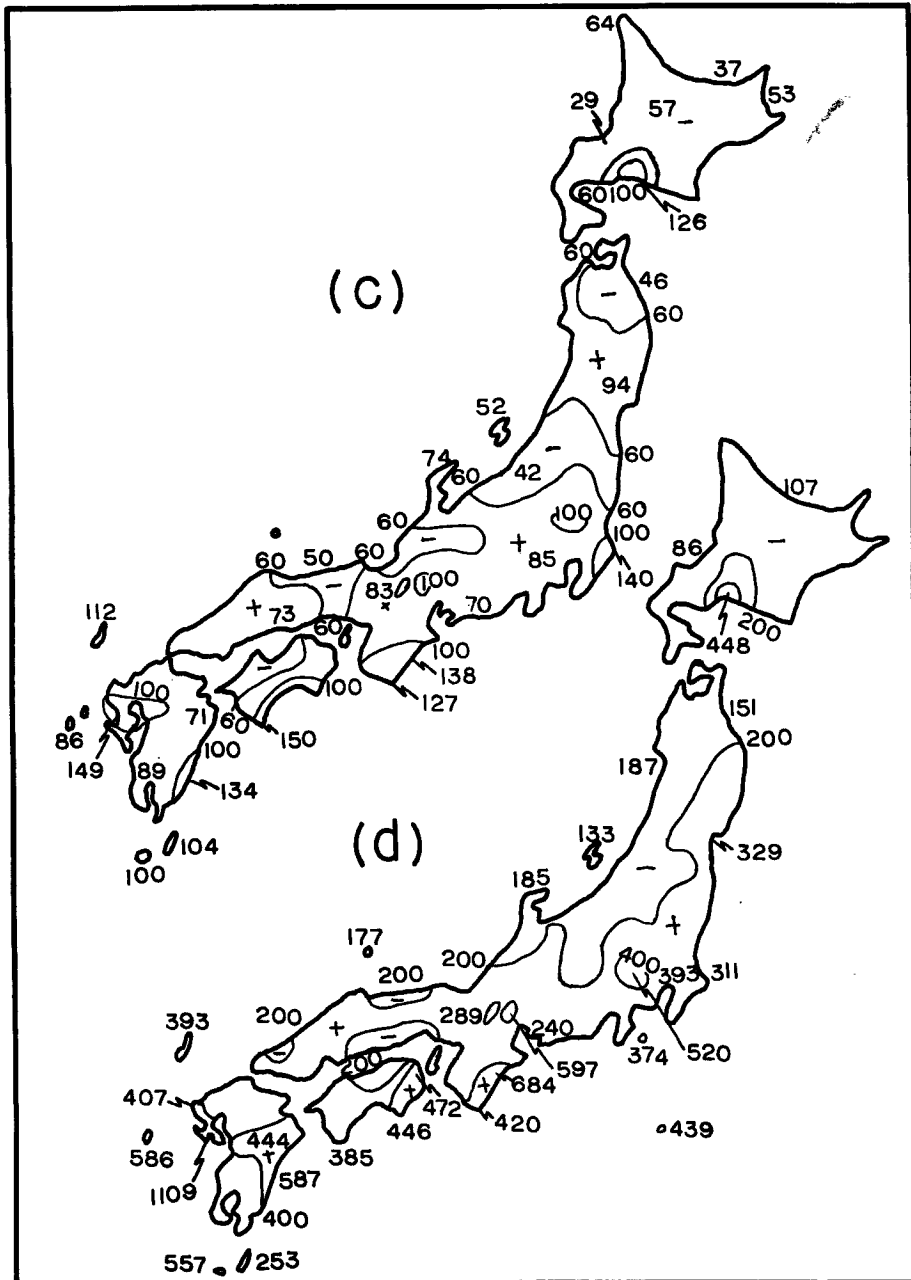


Fig. 1 Distributions of (c) the maximum hourly precipitation (1937-1960), and (d) the maximum daily precipitation (1876-1960) in mm.

Table 1 Monthly ranking of the maximum 10 minutes precipitation. The cases of 10 mm or more are enclosed by thin lines and the cases of 20 mm or more by thick lines. Causes for each first ranking 10 minutes precipitation are shown by letters F, L, M and T which mean front, cyclone, monsoon and typhoon respectively.

Maizuru (1947—1960)

Ranking	Jan.	Feb.	Mar.	Apr.	May.	Jun.	Jul.	Aug.	Sep.	Oct.	Nov.	Dec.
1	11 M	6 M	3 L	11 F	10 F	14 L	20	19	16 F	9 L	7 L	5 T
2	5	6	3	7	7	13	20	15	15	8	7	5
3	3	3	3	6	7	12	17	15	15	6	5	4
4	2	3	3	6	7	11	16	14	13	6	4	4
5	2	2	2	5	7	10	15	14	13	5	4	4

Kyoto (1938—1960)

Ranking	Jan.	Feb.	Mar.	Apr.	May.	Jun.	Jul.	Aug.	Sep.	Oct.	Nov.	Dec.
1	6 F	5 L	7 L	11 F	12 F	17	22 F	22 L	17 F	11 L	11 F	3 F
2	4	4	7	8	12	13	20	21	15	8	7	3
3	4	4	6	8	10	13	16	20	15	8	5	3
4	2	4	5	7	8	12	16	17	15	7	5	3
5	2	3	5	6	8	12	15	16	14	7	5	3

Owase (1940—1960)

Ranking	Jan.	Feb.	Mar.	Apr.	May.	Jun.	Jul.	Aug.	Sep.	Oct.	Nov.	Dec.
1	21 L	12 L	16 L	9 L	10 L	23 F	23 T	21 T	25 T	36 L	21 T	19 L
2	7	9	6	8	9	23	21	20	23	33	20	12
3	7	4	6	7	8	20	18	18	19	27	16	11
4	6	4	5	7	8	18	17	17	19	22	13	6
5	6	4	5	7	7	13	17	16	18	22	7	5

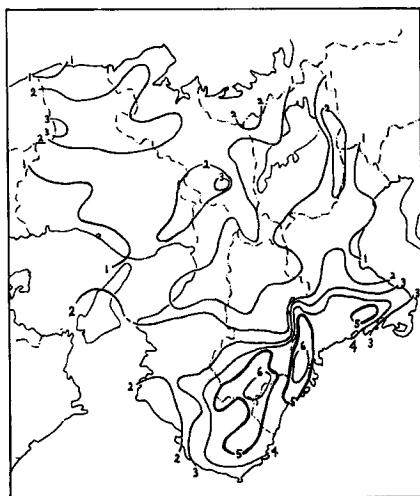


Fig. 2 Distribution of number of hours when precipitations are 31 mm and more in a warm season (Jun.—Oct.) for the Kinki district.

次に降水量の極値の大きい地域の代表として尾鷲、小さい地域からは舞鶴、それらの中間の地域から京都と、近畿地方の3地点を選んで、日最大10分間雨量の極値順位の1～5位までの値を月別に配列してTable 1に示した。

10 mm 以上、20 mm 以上を各々細い実線と太い実線で囲んであるが、これを見ると10 mm 以上の強い雨は殆んど暖候期に集中していることが分る。しかし尾鷲では1月と11月にそれぞれ21 mm という強雨を観測しており、また、大きな極値が10月に集中しているのも興味深い。これらの原因等についてはあとの考察のところでふれる。

Fig. 2 は近畿地方で1965年および1966年に時間雨量 31 mm 以上の強雨を観測した年平均の時間数の分布を示し、豪雨の頻度を表すものと考えられる。これを見ても分る様に尾鷲付近を中心とした紀伊半島南東部は、豪雨が起り易く、極値からみてかなり激しいものであるのに対し、京都および舞鶴付近では31 mm/hr 以上の強雨は年に1～2回程度しか起らず、その極値はあまり大きくならないことが分る。

3. 豪雨の時間変化

前節では主に降水量の極値の地理的分布と季節分布について統計的に調べたが、ここでは豪雨の特性の一つである、豪雨の時間変化について調べる。

Fig. 3 は最近の豪雨の最盛期を中心にした10分間雨量の変化を示したものである。最盛期にはいずれも10 mm を越えており、1968年8月18日の京都西部の太閤垣 (Fig. 6 の (e) 参照) の例では36 mm で、この中では最も多い。いずれの場合でも極値或いはそれに近い値が2回以上連続して現れるようなことはなく、10分間雨量の変化の激しいことが分る。しかしもっと大きな時間スケールでみると、2～4時間程度の降雨の周期があることがうかがわれる。

Fig. 4 は京都地方気象台で1968年7月2日と8月17～18日に観測された、1分間雨量（降雨強度として単位は mm/hr で示す）の1分毎の変化を表わした降雨強度計の自記記録である。Fig. 3 の10分間雨量の変化より細い降雨強度の変化が分り、これから降雨に10分程度の周期があることがうかがわれる。

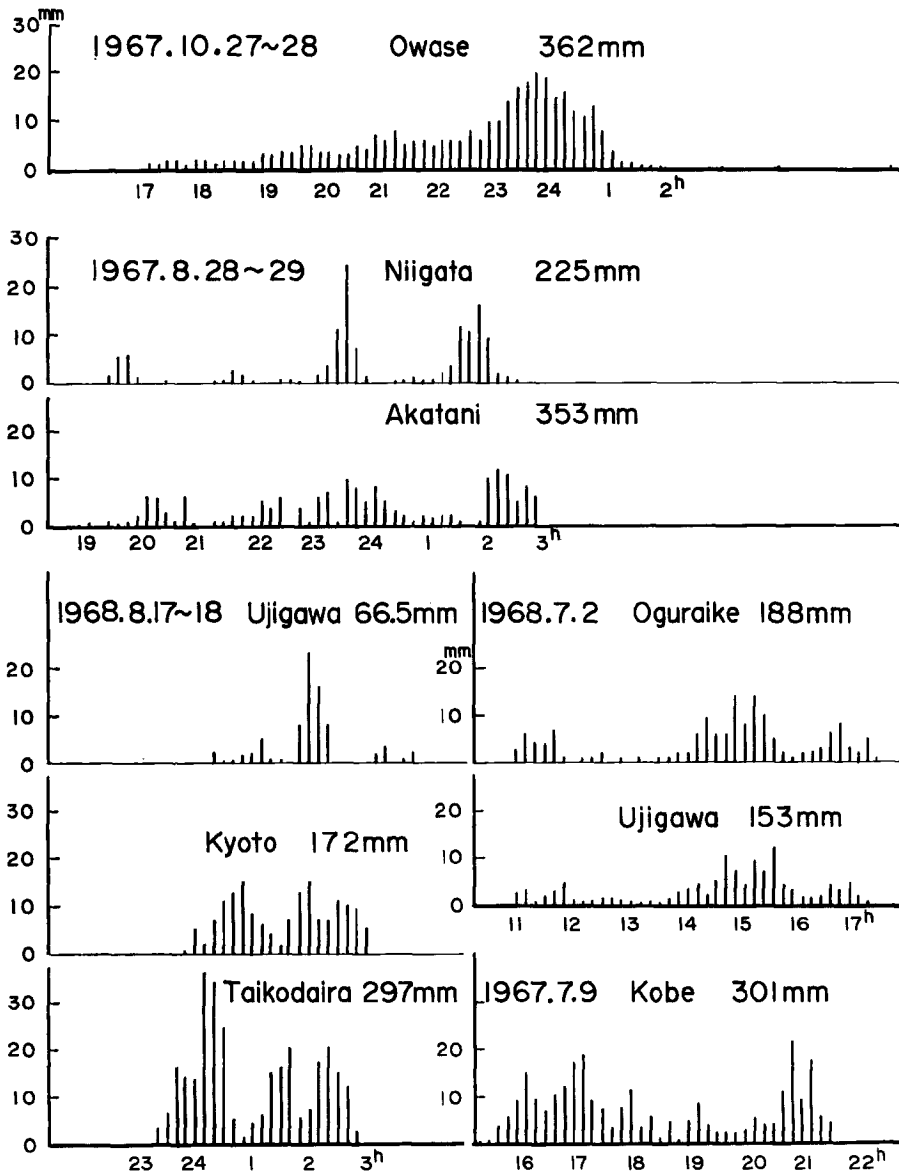


Fig. 3 Time change of 10 minutes precipitation in the cases of heavy rainfalls (the daily precipitations are also shown).

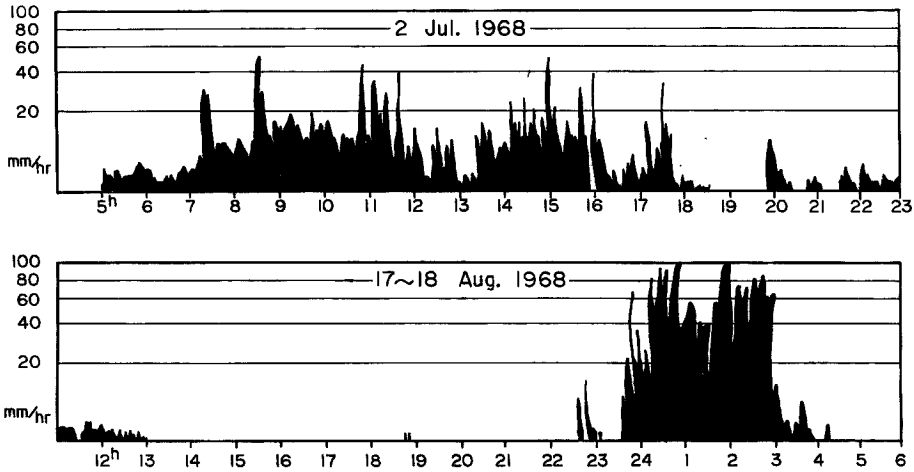


Fig. 4 Time change of rate of rainfall in mm/hr, observed by drop-counting type recorder.

4. 豪雨域の広さ

豪雨の特性の一つである豪雨域の広さを知るために、1955年以後に生じた顕著な豪雨および最近われわれが解析したものから10例を選び、Fig. 5のa~j⁵⁰⁻¹⁰⁰に示した。

左側の記号1は日雨量分布を、右側の記号2はこのときの豪雨の最盛期頃の時間雨量分布を示し、縮尺はすべての図について同一である。ここでとり上げた豪雨の例で日雨量、時間雨量とも最大のものは、(b)の「諫早豪雨」の場合で、日雨量は1109 mm (b-1)、最盛期の時間雨量は(b-2)で示す様に128 mmに達する激しさであり、最小は(h)の例で、日雨量165 mm、時間雨量46 mmのものである。Fig. 5の中の5例について最盛期頃の10分間雨量の分布をFig. 6^{(11),(12)}に示した（縮尺はFig. 5と異なることに注意）。

Table 2 Areas enclosed by isohyets of 100 and 200 mm per day, 30 mm per hour, and 8 and 12 mm per 10 minutes.

Date	100 mm/day	200 mm/day	30 mm/hr.	8 mm/10 min.	12 mm/10 min.
(a) 27 Aug. 1956	9,542 km ²	1,100 km ² 522	302 km ² 71	246 km ²	38 km ²
(d) 25 Jul. 1957	15,647	5,995	1,375	387	186
(c) 14 Sep. 1965	3,987	1,622	522		
(d) 9 Jul. 1967	2,777	577	5,197		
(e) 9 Jul. 1967	3,272	—	3,025	212	89
(f) 9 Jul. 1967	4,537	1,100	2,255		
(g) 28 Aug. 1967		5,060	1,540		
(h) 2 Jul. 1968	1,870	—	698	77	33
(i) 17~18 Aug. 1968	825 7,067	74 1,347	137 308	44	20
(j) 27 Oct. 1967	13,413	3,410	3,162		
Average	6,294	3,820	1,543	193	73

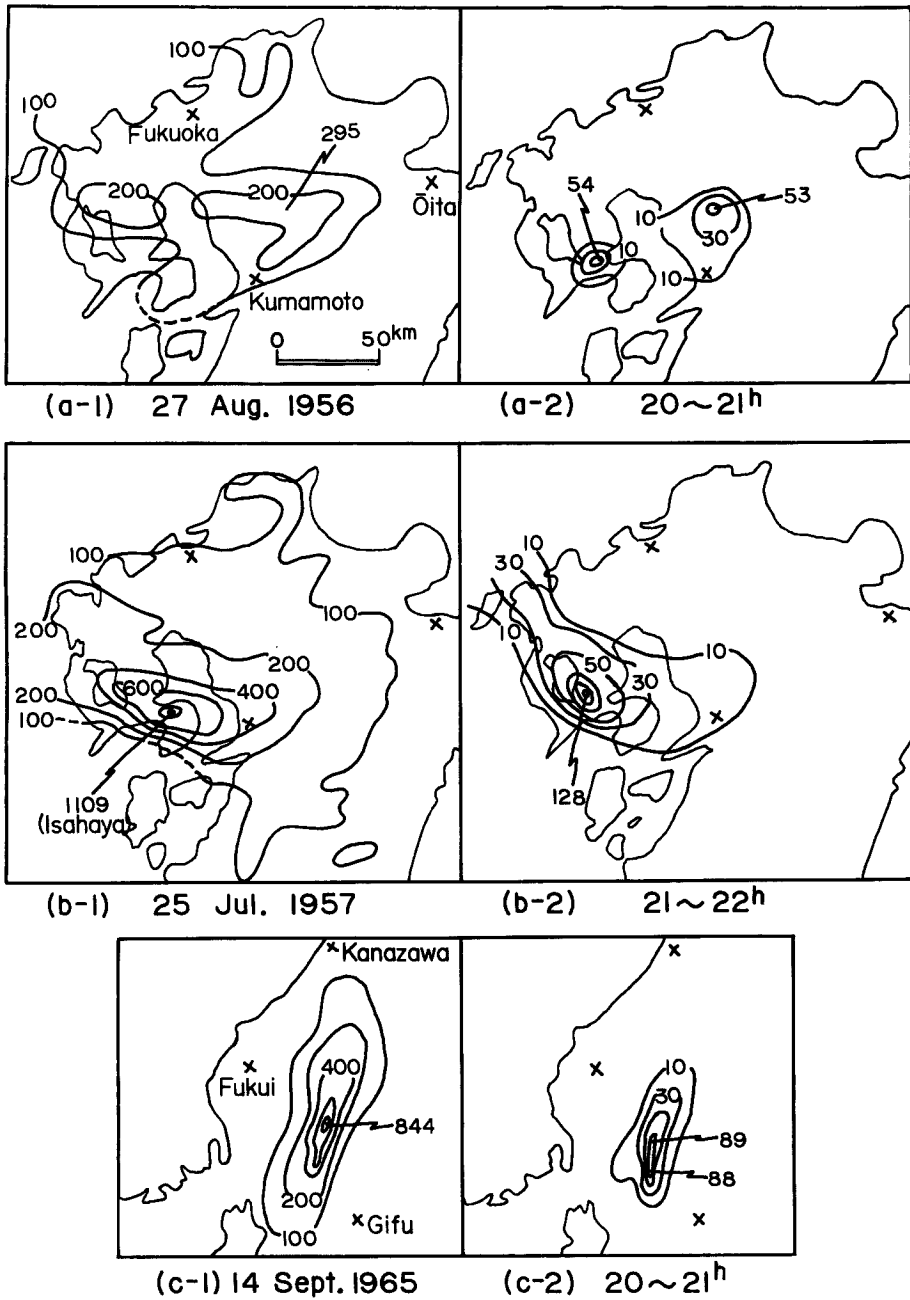


Fig. 5 Distributions of daily (left) and hourly (right) precipitations in the cases of heavy rainfalls.

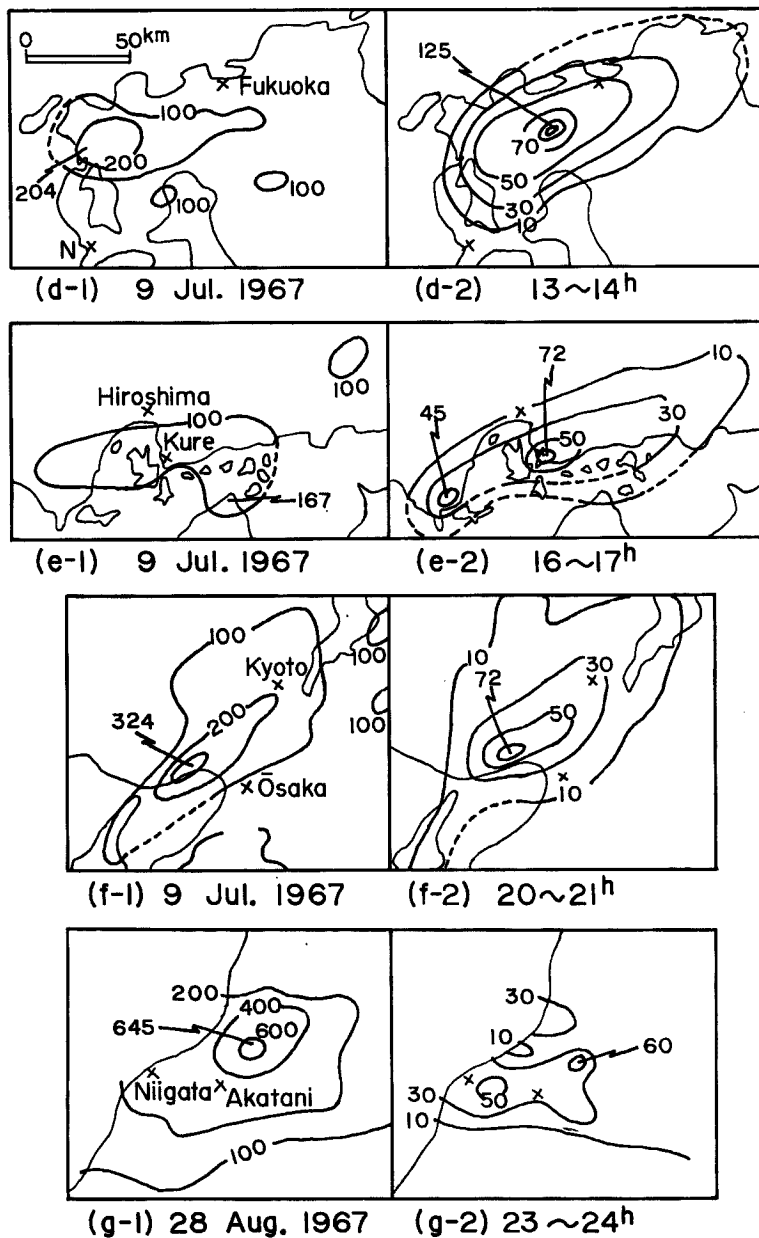


Fig. 5 Distribution of daily (left) and hourly (right) precipitations in the cases of heavy rainfalls.

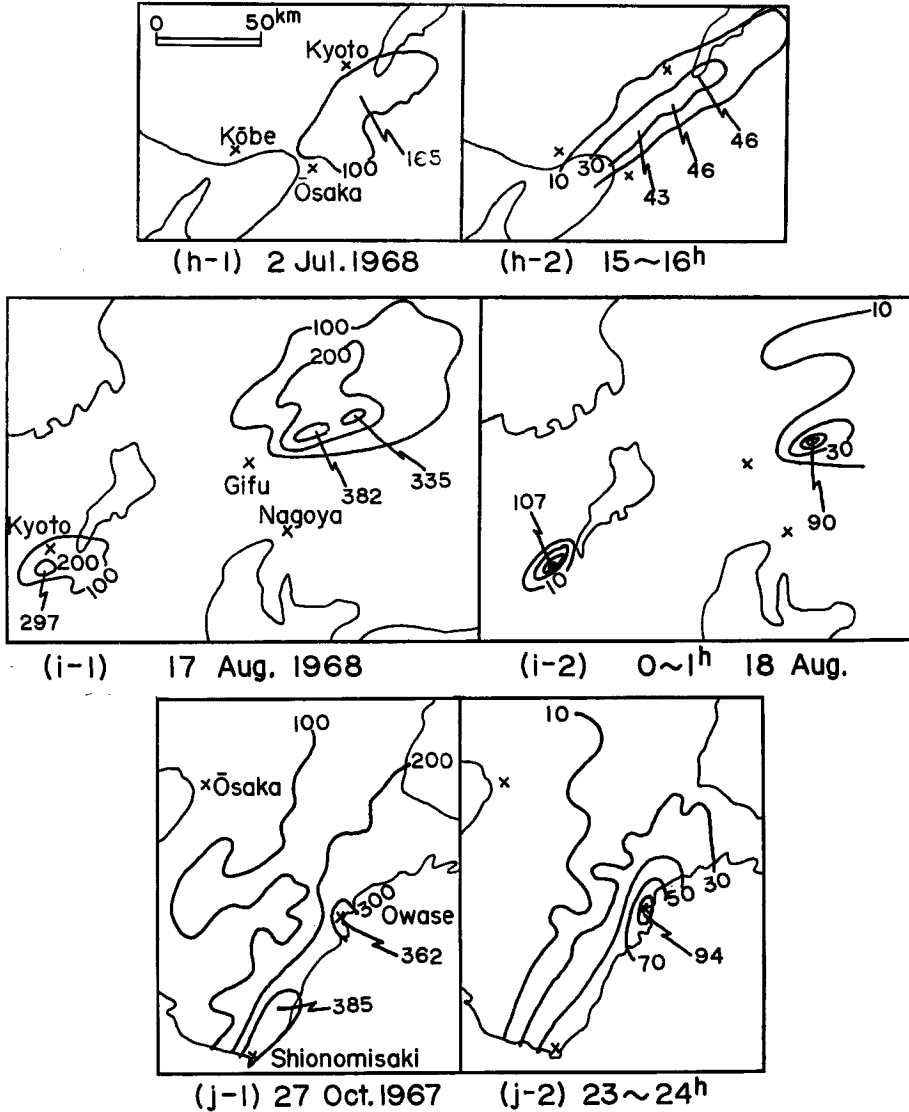


Fig. 5 Distributions of daily (left) and hourly (right) precipitations in the cases of heavy rainfalls.

10分間雨量の最高は (e) の 36 mm である。

さてわれわれは豪雨域の広さを知るために、日雨量分布図、時間雨量分布図 (Fig. 5) および10分間雨量分布図 (Fig. 6) でそれぞれについて適当な等雨量線で囲まれる雨域の面積を計って比較してみることにした。適当な等雨量線は原則としてどの分布図にもある閉じた等雨量線であるが、全てに該当できない時には二つの等雨量線を選んだ。このようにして日雨量分布図では 100 mm と 200 mm, 時間雨量分布図では 30 mm, 10分間雨量分布図では 8 mm と 12 mm の等雨量線が選ばれた。また面積を計るに当たり等雨量線が海岸線を横切る場合には、面積は陸地の部分だけを採用することにしたが、狭い海峡や小さな湾の場合にはこれを無視した。このようにして計った各々の面積を Table 2 に示した。

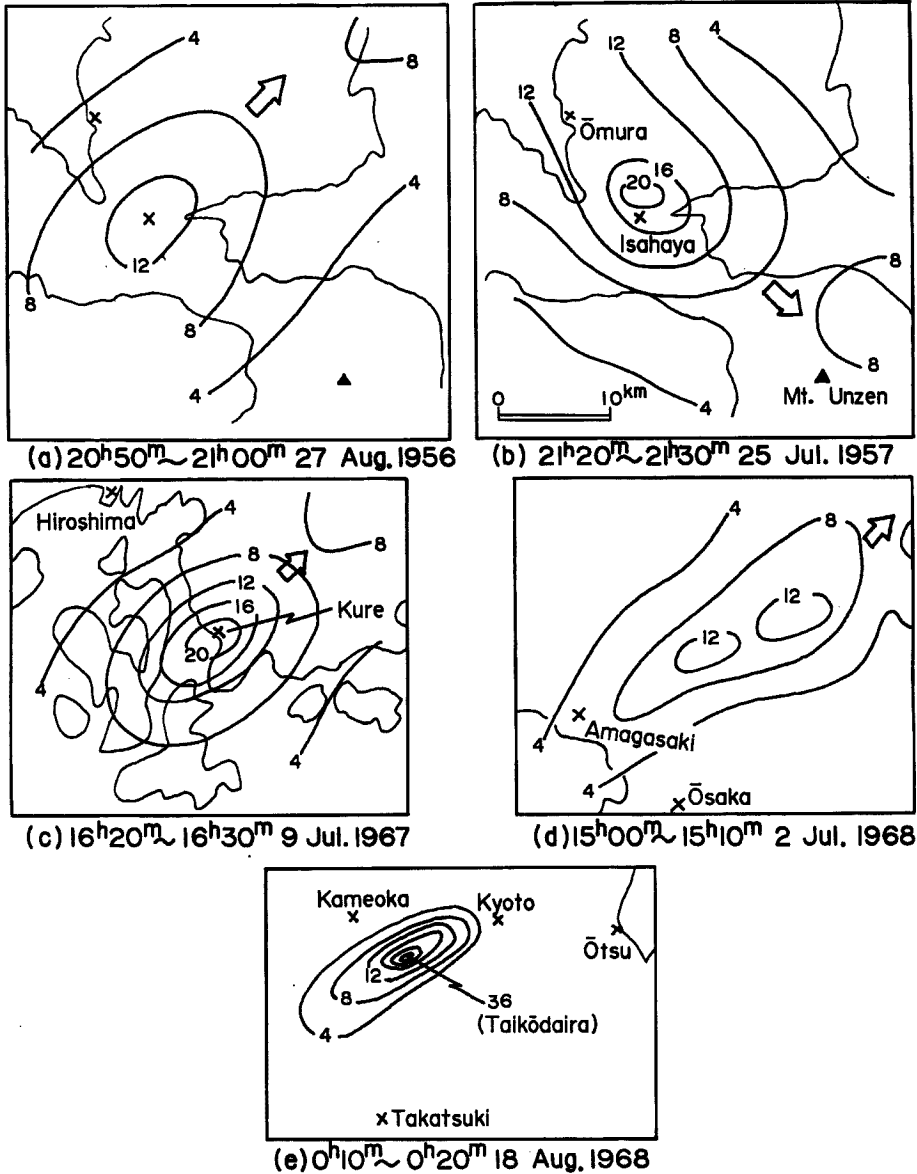


Fig. 6 Distributions of 10 minutes precipitation in the cases of heavy rainfalls.

日雨量分布図で 100 mm の等雨量線で囲まれる面積でいちばん大きいのは (b-1) の場合で 15,600 km² 最小は (i-1) の 800 km², 平均で 6,300 km², 200 mm の等雨量線の場合には, 最大 6,000 km², 最大日雨量 200 mm 以下の場合を除けば平均 3,800 km² で, 100 mm の等雨量線の場合の半分程度である。時間雨量分布図で 30 mm の等雨量線で囲まれる面積でいちばん大きいのは 5,200 km², 最小 70 km², 平均 1,500 km² である。10分間雨量分布図で 8 mm の等雨量線で囲まれる面積の最大は 390 km² 最小 40 km², 平均 200 km² で, 12 mm の等雨量線で囲まれる面積の最大は 190 km², 最小 20 km², 平均 70 km² である。尚この場合の場合 Fig. 6(d) の二つの 12 mm の等雨量線で囲まれる面積は加えて 1つのものとした。

5. 豪雨時のレーダー・エコー・パターン

Fig. 7 の (a) と (b) は各々1967年7月9日の神戸付近の水害時と1968年8月17~18日の飛騨川付近に災害のあった時の豪雨の最盛期頃の名古屋レーダーによる PPI エコーである。いずれも強エコーを示しているが、黒色部分はその中でもさらに強いエコーである。これを見ても分かるように、豪雨は (a) のように強エコーがバンド状になってその中に強いエコーが散在していることが多い。(b) の場合は強いエコーがやや孤立して並んでおり、いずれの場合でも強エコー付近で強雨が起っていた。(b) の場合には、Fig. 6 (e) から分かるように京都地方は10分間 36 mm という強雨がいった。(c) は同17日の岐阜方面で激しかった降雨を示す大阪からの RHI エコーで、豪雨域のエコーは単に強度が強いばかりでなく、上方に発達し高度 10 km 以上に達している。

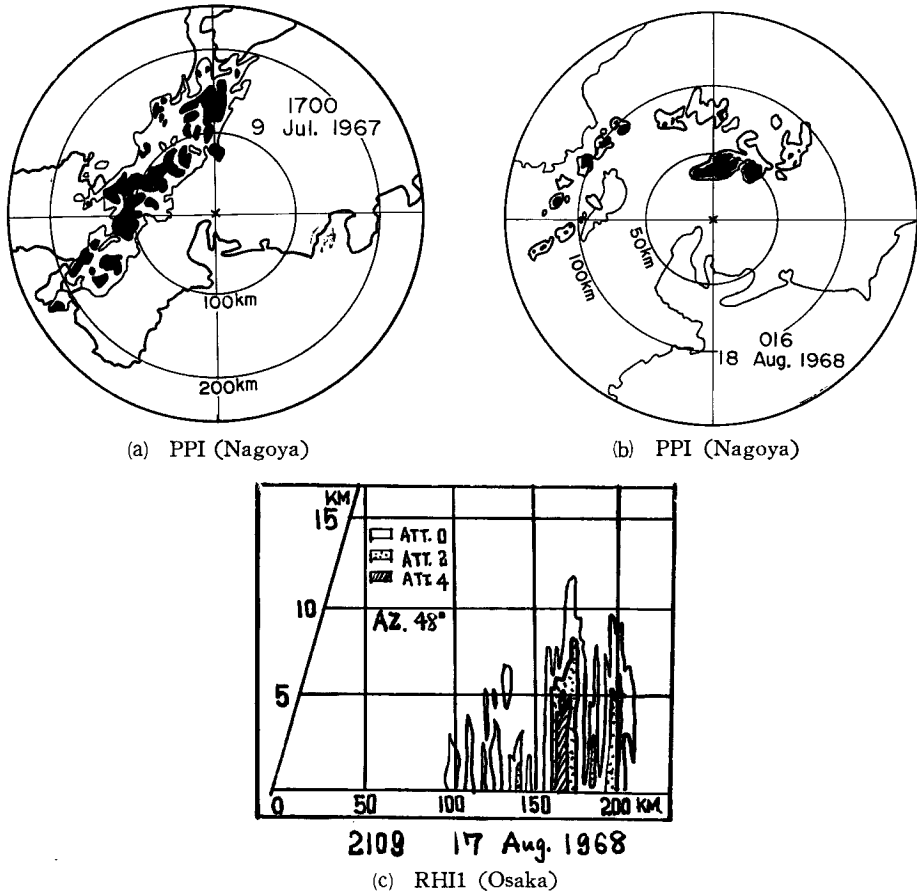


Fig. 7 Radar-echo patterns in the cases of heavy rainfalls.

6. 考 察

以上われわれは豪雨の極値の地理的な分布や、それがだいたいどの季節に起りやすいかを調べ、さらに豪雨の特性としてその時間変化と豪雨域の広さについて、だいたいのことを把握しようとしてきたが、ここでそれらの結果についてさらに検討してみる。

極値の地理的分布については、日本海に面した地域では極値の値はあまり大きくないということのほか、

全国的にみてその他の地域における特徴をつかむのは困難である。ここで使用した分布図が気象官署だけの資料で作成されていることは、実際の豪雨で極値がむしろ気象官署以外のところで生じることが多いことを考えれば、何らかの制約になっている可能性がある。その外以上から豪雨の起りやすい季節はだいたい6月～10月の暖候期ということができる。

次に Table 1 の極値表の各月の1位について、その原因を天気図から判断して、L, T, F, およびMで記したが、これらは各々低気圧、台風、前線、および冬のシベリヤ高気圧からの季節風の吹き出しによるものであることを示す。なお何も記入してないところは夏季、太平洋高気圧におおわれていた場合に起きていることから、局地的な雷雨によるものと考えられるものである。さて、これを南の尾鷲からみると、低気圧によるものがいちばん多く7回あり、しかも最大値 36mm もこれに属している。台風によるものは4回で夏季に多く、前線は一回で両者とも10分間雨量は 20～25mm 程度である。京都については低気圧によるものは4回であるが、ここでも最大値 22mm は低気圧によるものである。残りの8回のうち7回は前線で1回は局地的な雷雨と考えられるものである。特記すべきは台風によるものがないことであろう。舞鶴については低気圧によるものは4回だが、降水量は 14mm 以下である。20mm の最大値と第2位の2回はいづれも局地的な雷雨と推定されるものである。前線は3回で 15mm 程度である。その他、台風1回、季節風2回となっているが値は大きくはない。

さて、先に豪雨の時間変化で2～4時間と10分程度の周期がみられたが、この程度の周期は今までも、

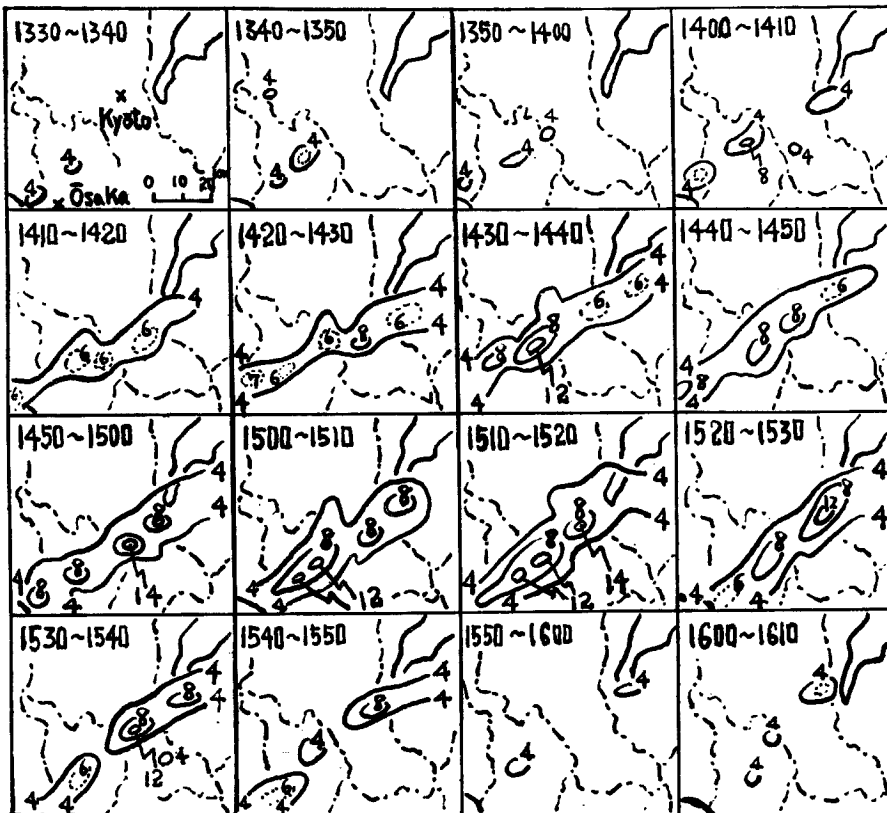


Fig. 8 (a) Series of distributions of 10 minutes precipitations on 2 Jun., 1968.

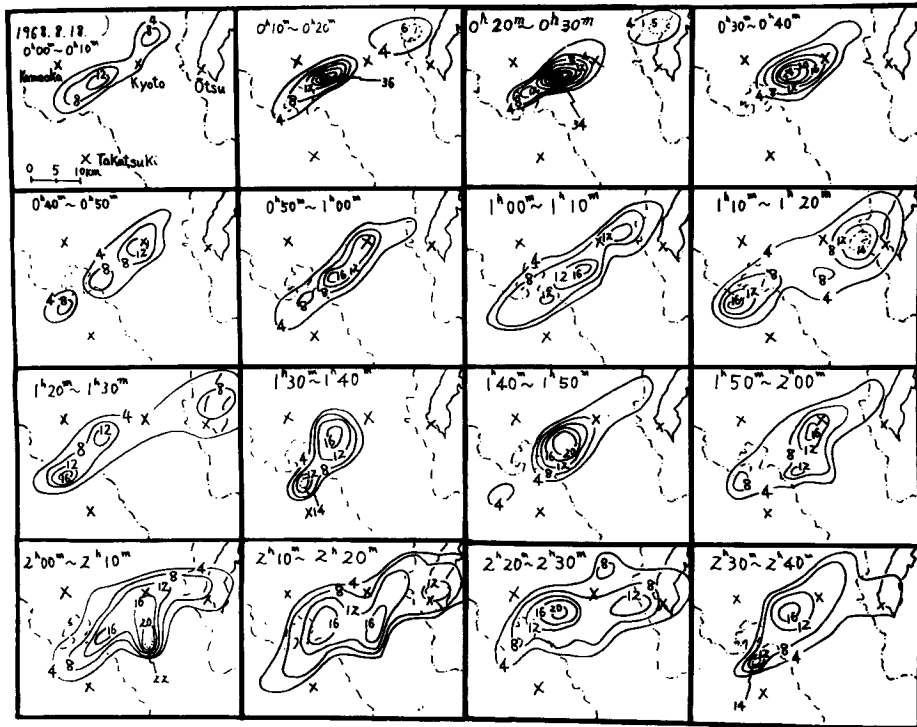


Fig. 8 (b) Series of distributions of 10 minutes precipitations on 18 Aug., 1968.

しばしば見出されている。Fig. 6 の 5 例については10分間雨量分布図を示したが、1968年7月2日と8月18日の場合について豪雨の最盛期頃の3時間足らずの間の10分間雨量分布を連続的に、Fig. 8 に各々 (a), (b) として示した。これを見ると Fig. 6 や Fig. 7 から分かるように降雨は細胞状を成していることが分る。多くの場合、1つの細胞からはほぼ同一の走向をもった線上で 10 km 程離れたところに、別の細胞があり、これらの細胞の多くは時間と共にほぼ一定の方向に動いている。しかも1つの細胞による降雨には強度に消長があり、寿命があるようである。豪雨域といわれる区域はこのように発達した強い細胞が何回も通過する地域にはかならない。したがって Fig. 5 の (a)~(i) から分かるように豪雨域は多少とも細長くなることが多い。長くなる方向は細胞の移動方向とほぼ一致している。Fig. 5 (a)~(i) はいづれも原因が前線にあるもので、以上のような降雨特性がみられるが、最後の (j) の場合は台風による場合で、このような場合の豪雨域はその地域の山脈の方向に細長くなる場合が多いようである。しかしここでとりあげた豪雨の例には台風によるものの数が少なく、その特性などについては今後調査する予定である。また3節での降雨の変化をみると10分程度の周期があったが、これは降雨細胞の連続的な通過により生じているものと考えられる。

次に Fig. 5 で例えば (b) と (i) とを比較してみると (b) のように日雨量分布の雨域が広い場合には、時間雨量分布の雨域も広く、(i) のように日雨量分布の雨域の狭い場合には、その時間雨量分布の雨域も狭いことが分るが、これは興味深いことであるので、今後調査することの1つである。また特に Fig. 5 の (i-2) の1968年8月18日の時間雨量分布と Fig. 6, (e) の同時間内の10分間雨量分布図をみると、極めて狭い地域 (1957年7月25日の諫早豪雨の場合の10分の1程度) に、広域にわたる豪雨に匹敵する強雨が生じていることが分る。このことは Fig. 1, (b) で多雨域でない所に10分間 30 mm を越えるような強雨の

あることと関係があるものと推定される。

7. 結 語

豪雨の研究の第一歩として豪雨の極値の地理的分布と、それがいつ起ったかについて調べ、さらに豪雨の時間的変化と豪雨域の広さについて調査したが、わが国には比較的広域にわたる豪雨とともに極めて狭い地域に、強さでは同程度の豪雨が生じることが分った。

上の諸特性についてはまだ大雑把な実態をつかんだにすぎない。今後考察に述べた問題を明らかにしてゆきたい。

参 考 文 献

- 1) 和達清夫, 日本の気候, 昭33, p. 93.
- 2) 気象庁, 観測開始以来の極値と順位, 昭33.
- 3) 吉野正敏, 日本における雨量最大観測値, 雨量——時間曲線, 雨量強度——時間曲線の特性とその分布, 気象集誌, Ser. II, Vol. 38, No. 1, Feb. 1960.
- 4) Nakajima, C and Y. Gocho: On the heavy rainfall in the Kinki district (Western Japan). Bull. Disas. Prev. Res. Inst., Kyoto Univ., Vol. 17, Part 3, No. 128, March 1968, p. 32.
- 5) 気象庁, 大雨予想資料, 1956年, 1957年.
- 6) 光田寧, 後町幸雄, 米谷俊彦, 佐野雄二, 昭和40年9月の豪雨に関する気象学的研究・昭和40年9月の豪雨および24号台風による風水害の調査とその防災研究・研究報告, 昭41. 3. p. 12.
- 7) 大阪管区気象台, 異常気象調査報告, 昭42. 8.
- 8) 中島暢太郎, 後町幸雄, 昭和42年7月豪雨の特性について, 京都大学防災研究所年報, 11号(B), 昭43. 3. pp. 41—42.
- 9) 中島暢太郎, 昭和42年8月羽越水害の気象特性, 羽越水害の総合的研究, 昭43. 3.
- 10) 東京管区気象台, 岐阜地方気象台, 昭43年8月17~18日の前線による飛騨川, 長良川水域の集中豪雨, 異常気象調査報告, 昭43. 10. p. 23.
- 11) 大沢綱一郎, 尾崎康一, 雨量分布図より観た降雨細胞について, 気象集誌, Ser II, Vol. 38, No. 3, June 1960, pp. 138—140.
- 12) 前川力, 岡本雅典, 柱順治, A, 気象学的研究, 昭和42年7月豪雨による呉市の災害の調査速報, 昭42. 9. p. 14.