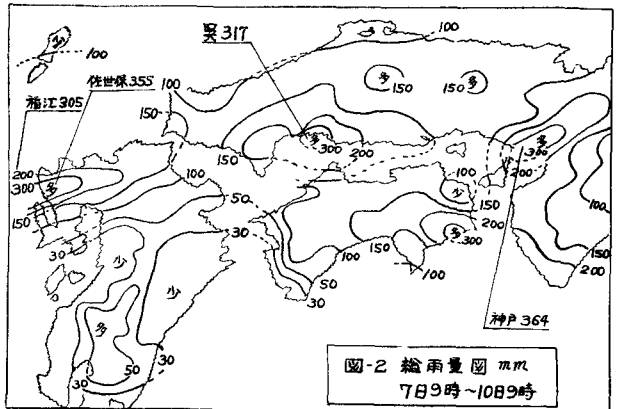
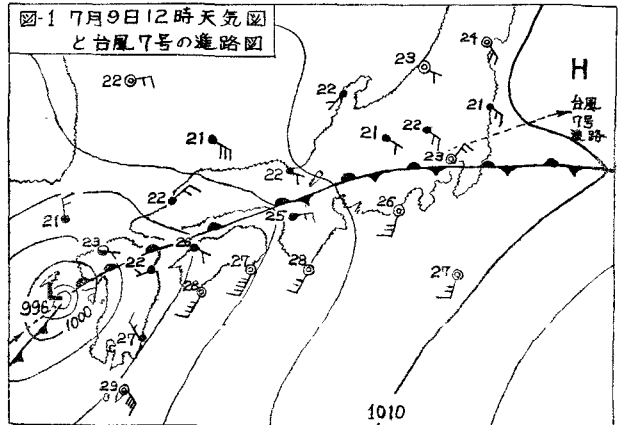


1 まえがき

昭和42年7月豪雨と命名された集中豪雨は7月7日から10日まで梅雨前線にそって九州西北部から山陽道、近畿地方にかけて死者、行方不明は370名を超える人的被害をもたらした。この豪雨は梅雨末期の前線と台風7号くずれの熱帯低気圧の接触によるものである。本文では河川災害、地すべり災害などの防災的観点から、この原因である降雨現象を今後の設計、計画へどのように取り入れて行くべきかについて論議し、特にハイトグラフとして降雨特性を表現すれば多くの長所を有し、また各種の流出解析法が適用できるので佐世保市、福江市での実測降雨資料を用いて解析し、その実例をも示して、この災害における降雨特性の一端をも明らかにしようとするものである。

2. 気象経過

7月6日ごろから日本の南岸沿いに梅雨前線が東西へ長くのびて停滞していたが、7日までは勢力も弱く全国的に小雨を降らせる程度であった。一方6月30日ごろトラック島付近で発生した台風7号は一時の勢力が次々に衰え8日朝、沖縄西方海上で熱帯低気圧となり、9日朝、梅雨前線に接触して勢力を少し減弱し、熱帯低気圧に衰え、その後中心は前線上に東北東に進み瀬戸内海、近畿、関東から東方海上へ上がった。この間の梅雨前線の動きは、台風の接近に伴い南方からの暖湿気の流入により南岸から次々に内陸へ押し上げられ、8日早朝から雨が強くなり出し、台風7号が梅雨前線に乗るや、流入する異常の暖湿気を受けて波動し、9日早朝から福江、佐世保、佐賀、福岡、長門、神戸などで集中豪雨を起した¹⁾²⁾³⁾。7日早朝から8日あけ方にかけて全国的に弱い雨が降ったり止んだりしており、梅雨前線沿いの四国から紀伊半島南部で時々強雨があつた。8日早朝になって西日本で前線が活発となり、北九州から近畿地方にかけてせまい帯状の地域にとびとびに雷雨を伴った強い雨が降った。昼すぎから九州の雨はいくぶん弱まりながら東へ移った。9日早朝台風7号は熱帯低気圧となって九州



西方海上に現われ、梅雨前線を刺激したため前線は活発となり、福江であけ方から昼前にかけて記録的な大雨となり、最大1時間雨量113.9mm(9時03分～10時03分)、最大10分間雨量26.0mm(9時50分～10時00分)、9～12時の3時間雨量は176mmであつた。昼すぎには福江の強雨域は東へ移り天気は急速に回復したが、今度は佐世保から佐賀県、福岡県西部にかけて12時から14時の間に局地的な大雨となり、佐世保では1時間125.1mm(12時10分～13時10分)、10分間33.4mm(12時57分～13時07分)を観測し、測候所開設以来の新記録となつた。この頃から低気圧は急に速度を速めながら東進し、17時ごろ呉付近、20時ごろ神戸付近、10日朝には関東地方から太平洋へ去つた。7月9日12時の天気図と台風7号進路を図-1、総雨量分布を図-2へそれぞれ示す。

3 降雨特性

佐世保と福江における7月8日から9日までの毎時降雨量を示すと表-1のとおりである。

時刻	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
佐世保	0.0	0.2	1.0	0.4	0.6	0.5	0.1	0.0	0.0	0.3	2.0	3.2	3.0	0.8	0.5	2.2	3.5	1.9	4.8	3.7	2.3	9.8	7.0	26.1	24.9	34.5	0.0
福江	0.0	0.0	0.3	0.8	1.7	0.9	2.1	5.3	1.7	5.6	4.7	6.5	1.9	5.2	6.8	5.9	6.0	4.0	3.7	2.3	39.7	32.2	76.2	0.5	0.0	0.0	0.0

1) 確率雨量 佐世保における1947年より67年まで21年間の毎年最大日、時、10分間雨量記録および福江の1941年より67年まで27年間の(日雨量の平均43年間の)降雨資料を用いて、対数正規法で確率計算を行なつた結果が表-2と図-3、図-4である。これらの結果から今回の豪雨は佐世保の日雨量が確率6年、1時間雨量が確率42年、10分間雨量が確率155年であり、福江の日雨量が確率20年、1時間雨量が確率45年、10分間雨量が確率27年であることが判る。

地名	計 算 式	確率年	2年	5年	10年	30年	50年	100年
佐世保	$\log(x-18) = 1.9944 + 0.1519\bar{F}$	R_{10}	12.8	23.3	25.6	28.7	30.3	32.3
	$\log(x-10) = 1.6530 + 0.2309\bar{F}$	R_{60}	54.9	77.0	92.5	117.2	129.0	145.2
	$\log(x-32) = 2.0687 + 0.3471\bar{F}$	R_{24}	149.1	220.4	273.6	362.3	405.8	468.2
福江	$\log(x+23) = 2.1196 + 0.1032\bar{F}$	R_{10}	18.1	21.4	23.4	26.0	27.2	28.6
	$\log(x-13) = 1.5812 + 0.2969\bar{F}$	R_{60}	51.1	70.2	83.8	105.5	115.8	130.4
	$\log(x-38) = 2.0578 + 0.2807\bar{F}$	R_{24}	152.2	205.8	243.2	302.2	330.1	368.9

2) 強度係数 日雨量から任意時間中の降雨量を推

定する方法として物部、伊藤、川上の各式がある⁽⁴⁾⁽⁵⁾すなわち

$$Y_t = \frac{R_{24}}{24} \left(\frac{24}{t} \right)^{0.25} \dots (1)$$

$$Y_t = \frac{R_{24}}{24} \left(\frac{36.7}{t + 15} \right) \dots (2)$$

$$Y_t = \frac{R_{24}}{24} \left(\frac{30}{t + 6} \right) \dots (3)$$

ここで Y_t は t 時間中の平均降雨強度(mm/hr)、 R_{24} は日雨量(mm)、 $R_{24}/24$ は日雨量の平均1時間強度である。

いま式(1)～(3)の右辺を変形すれば"

図-3 佐世保確率雨量

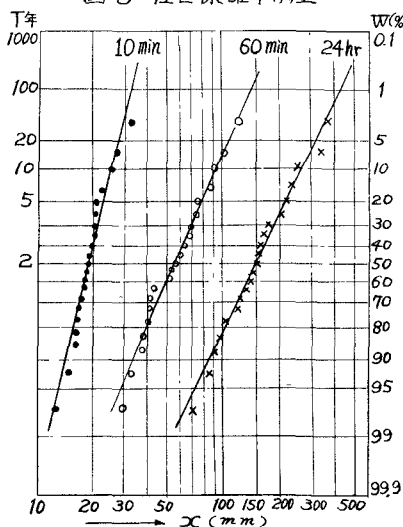
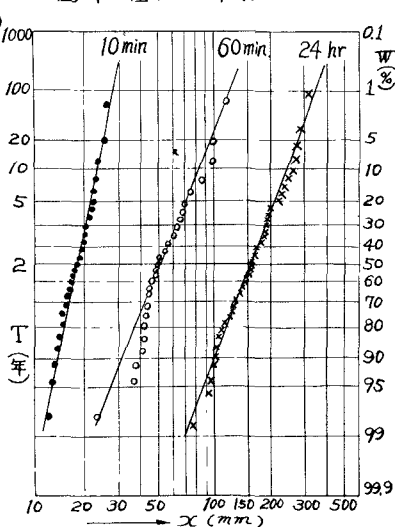


図-4 福江確率雨量



$$r_t = r \cdot C \quad \text{----- (4)}$$

各種のCを計算図示したものが図-5である。今圖の豪雨について式(3)のタルボット型として

$$C = a / (t + b) \quad \text{----- (5)}$$

係数を求めると、次のような値となる

$$C = 25 / (t + 1.0) \cdots \text{佐世保} \quad \text{----- (6)}$$

$$C = 25.7 / (t + 1.7) \cdots \text{福江} \quad \text{----- (7)}$$

$$C = 26.1 / (t + 2.1) \cdots \text{呉} \quad \text{----- (8)}$$

$$C = 27.9 / (t + 3.9) \cdots \text{神戸} \quad \text{----- (9)}$$

図-5に各式を比較図示したが、今圖の豪雨は既往の各式で推定される値よりも非常に大きく、係数 a の値が1~4以内であることは注目すべきである。

3) ハイエトグラフ 降雨の初まりからピーク部を過ぎて終了するまで一連の現象を数式的に表現するハイエトグラフの手法で解析する、これは特性係数法を応用した次の手順で算定できる⁹⁾

$$\left. \begin{aligned} I^{24} &= R_{24} \cdot \beta = I_{24} \left\{ \frac{a'}{(t+b)} \right\} = \frac{a}{(t+b)} \\ a' &= b + 24 \quad b = (24 - \beta'_N) / (\beta'_N - 1) \\ \beta'_N &= I / I_{24}, \quad \beta = a' / (t + b) \end{aligned} \right\} \quad \text{--- (10)}$$

ここで I^{24} は日雨量単位の降雨強度式、 β'_N はN年確率1時間特性係数値、 I_1 は1時間雨量の24時間強度、 I_{24} 、 R_{24} は日雨量である。式(10)によって係数 a 、 b を求め、この値を用いて次式でハイエトグラフ式は算出される⁹⁾

$$i_a = \frac{a \cdot b}{\{(t_a/r) + b\}^2} \quad \text{----- (11)}$$

$$i_a = \frac{a \cdot b}{\{(t_a/(1-r)) + b\}^2} \quad \text{----- (12)}$$

ここで i_a はピーク以前、 i_b はピーク以後のハイエトグラフ、 t_a はピークを原点としてそれ以前の時間、 t_b はピーク以後のそれ、 r は一連降雨中のピーク位置を示す値、 a 、 b は常数である。

式(10)~(12)を用い佐世保、福江の日雨量と1時間雨量からハイエトグラフ式を算出図示したものが図-6、図-7である。本豪雨は降雨のピークが後部にあり $r=0.9$ となっているが、これは流出現象説明上重要な意義をもっている。すなわち同一日雨量でもピークが後部にあるほど損失雨量の割合

図-5 既往C式と42.7豪雨との比較

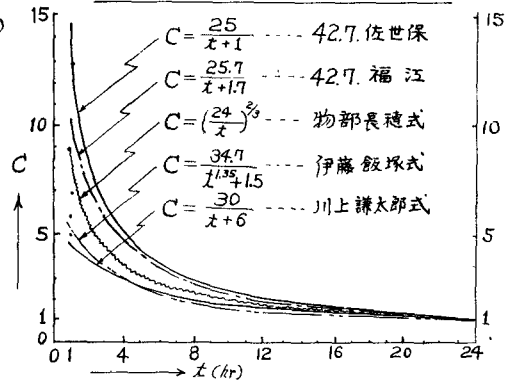


図-6 佐世保の実測雨量と計算ハイエトグラフ

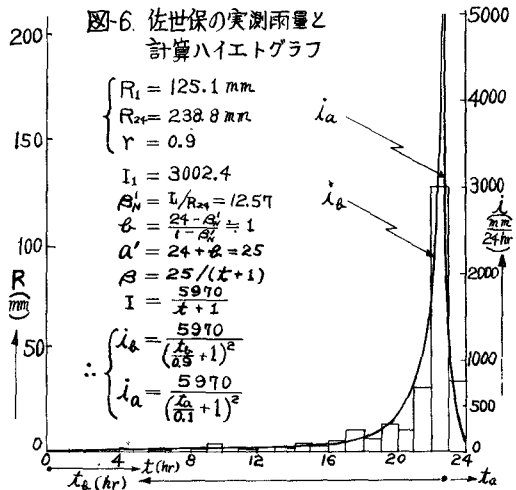
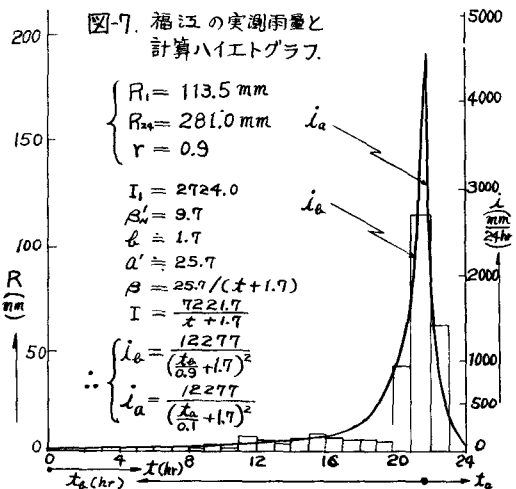
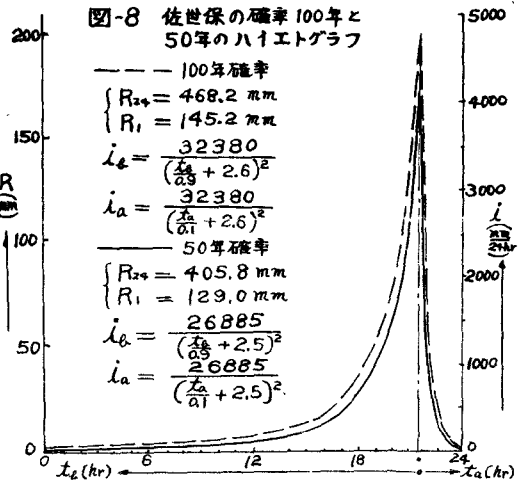


図-7 福江の実測雨量と計算ハイエトグラフ

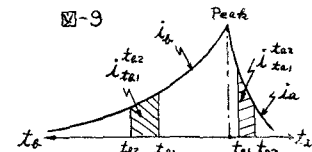


がピーク部で少なくなり、ピーク流量も大きくなる。今回の豪雨はこの意味が最も危険な降雨型であったことが数式的に判明できた。

4) 計画降雨としてのハイトグラフ算定法
今回の豪雨は前述のように日雨量と時間雨量との確率年が異なっており計画降雨決定に難点がある。そこで本豪雨型を基本型としてハイトグラフ算定法を例示する。佐世保の同一確率年の日雨量と時間雨量とを採用して式(10)~(12)を用い、 r 値は今回の0.9をとる、表2から $R_{24}=468.2\text{ mm}$ $R_1=145.2\text{ mm}$ 、 $r=0.9$ として式(10)~(12)から容易に図-8の確率100年ハイトグラフが求まる。



同図には確率50年も示してあるが、同様の手法で所望確率年のハイトグラフは容易に算定できる。このようにしてハイトグラフが求まれば、この曲線から任意時間の降雨量を次の積分式から算出でき、単位図法、貯留関数法、特性曲線法などの流出解析法に直ちに適用することができる。式(11)、(12)を図-9のように $t_{a2} > t_{a1}$, $t_{a2} > t_{a1}$ で積分すると次式を得る。



$$i_{t_{a2}} = \int_{t_{a1}}^{t_{a2}} i_a dt_a = \int_{t_{a1}}^{t_{a2}} \frac{ab}{(\frac{t_a}{r} + b)^2} dt_a = ab r^2 \left(\frac{1}{t_{a1} + br} - \frac{1}{t_{a2} + br} \right) \quad (13)$$

$$i_{t_{a2}} = \int_{t_{a1}}^{t_{a2}} i_a dt_a = \int_{t_{a1}}^{t_{a2}} \frac{ab}{(\frac{t_a}{1-r} + b)^2} dt_a = ab(1-r)^2 \left\{ \frac{1}{t_{a1} + b(1-r)} - \frac{1}{t_{a2} + b(1-r)} \right\} \quad (14)$$

式(13)、(14)は単位が $\text{mm}/24\text{hr}$ であるから算出値を24で除すれば降雨量(mm)が得られる。

4 わすび 42年7月豪雨は中小河川、都市災害としてわれわれに多くの教訓を与えたが、この豪雨は短時間に強く、かつピークが後部にある最も危険なタイプの降雨特性を有しており、今後このようなタイプを計画降雨として選ぶのが適当と思われ、ハイトグラフによる解析法をも例示した。なお図-8の例で明らかに日雨量と時間雨量の確率計算から算出した係数が2.5~2.6となっており、今回のような豪雨は本文で提示した確率論的な方法によれば当地方では予測可能であったと云える。また日雨量記録しきれない場合は日雨量確率値 R_{24} と係数 b も1~4、 r も0.8~0.9にとればハイトグラフは容易に算定できる。最後に資料蒐集に協力頂いた宮崎地方気象台長三浦武臣氏、気象協会宮崎支部長鈴木重義氏および資料整理と計算に助力頂いた当土木教室井上幸子、浜田愛子嬢に謝意を表し、確率計算は宮崎大学FACOM 270を用いた。なお本研究は文部省科学研究費「災害科学」の補助の一部であることを付記する。

参考文献 1) 柳沢一誠：佐世保集中豪雨被害、土木技術、第22巻12号、1967.12、PP45~54。 2) 日本気象協会：昭和42年7月豪雨被害調査報告。 3) 建設省河川局防災課：7月集中豪雨の概要、河川、第254号、1967.12、PP10~21。 4) 水理公式集土木学会編。 5) 川上謙太郎：河川洪水のピーク流量に関する研究、土木学会論文集、第79号、1962.3、PP1~14。 6) 石黒：特性係数法による確率降雨強度式算定法、土木学会論文集、第74号、1961.5、PP19~26。 7) 石黒：南九州地方41年7月災害の降雨特性について、第3回災害科学総合シンポジウム論文集、1966.11、PP2~5。 8) 石黒：流出量算定のための計画降雨について、第5回全建設技術講習会テキスト、1967.11、PP155~174。 9) 石黒：ハイトグラフとその他の特性に関する研究、土木学会論文集、投稿中。