

## 昭和58年7月山陰豪雨時の洪水流出の特徴

中根和郎\*

国立防災科学技術センター

### The Characteristics of the Runoff at the Extra-ordinary Flood Observed in Shimane Prefecture, July 1983

By

Kazurou Nakane

*National Research Center for Disaster Prevention, Japan*

#### Abstract

In the case of extra-ordinary storms, for instance it rains hourly more than 50 mm. Would the river overflow? How high would the flood water go up in the basin? The report describes some extents of the answer to the question above. The fact that the runoff coefficients might be changed during the extra-ordinary flood is discussed in the report. The 10 minutes rainfall data and detailed discharge data had been acquired at the severe storms observed in July 1983 near Hamada City, Shimane Prefecture. In this severe storms, 107 persons were lost and the total economic loss reached 362 billion yen.

Based on the data, the author makes the following conclusions.

- (1) The time series of the running averaged rainfall intensity becomes similar to the observed hydrograph, if the time constant of the running average is adequate. But difference among them is big at the initial stage and small at the later stage.
- (2) The runoff coefficient with the time of concentration has a relation with the accumulated rainfall. The runoff coefficient is expressed as a function of the accumulated rainfall, if the rainfall continues and the running averaged rainfall intensity does not so go up and down.
- (3) The hydrograph which is calculated by the rational formula including the function obtained above agrees fairly to the observed hydrograph.

---

\* 第1研究部風水害防災研究室

## 1. はじめに

豪雨災害調査等で豪雨時に洪水流出が異常に大きくなる、つまり降雨に対する洪水流出の割合として示される洪水流出率・流出係数が1に近い値になることが報告されている(木下ら, 1976)。しかし、豪雨期間中にどのようにして、これらの係数が1に近い値になるのか? 言いかえると、山腹斜面に降った雨がどのようにして浸透せずに溪谷に直接流出する状態に移行するのか? は、異常洪水時の詳細な観測資料が乏しく未だ明らかにされていない。ここで言う異常洪水とは河川構造物等の計画対象洪水を越える洪水流出を言う。このような異常洪水の実態を明らかにしておくことは防災対策上の急務であり、今後同一の地域あるいは他地域で起こるであろう異常洪水の発生を予想するのに極めて重要な情報となると考えられる。そこで、島根県の豪雨を事例として異常な洪水流出の特徴を研究した。

島根県西部は1983年7月22日～23日にかけて、300～400mmの豪雨に見舞われた。この豪雨により各河川に異常な洪水が発生し、各地に著しい被害が発生した。特に、三隅町、益田市、浜田市等に甚大な被害が発生し、島根県下の死者・行方不明者は107名、全半壊家屋705戸、床上浸水6,953戸、床下浸水7,043戸、被害総額は3.615億円に及んだ(植原ら, 1984)。以下に浜田ダム流域、周布川ダム流域で得られた観測結果を基に豪雨時の洪水流出の変化について報告する。

## 2. 調査流域

雨量・流量資料を収集しようとする時、異常な豪雨ほど観測トラブルが多く発生し、良いデータは得難いものである。しかし、幸いにして浜田川・周布川・三隅川等の流域では関係者の努力により雨量・流量が適確に観測されており、この資料に基づき浜田ダム流域・周布川ダム流域の洪水流出の解析を行った。以下に両流域の概要を述べる。

### (1) 浜田ダム流域

浜田ダムより上流流域は流域面積33.8km<sup>2</sup>、最長流路長12km、最長流路の比高340mとなっている。図1に示すように、流域の約半分は起伏量\*100～200mの丘陵地によって占められ、残りは中小起伏山地(起伏量200～600m)によって占められている。この流域の山頂は標高300～500mの著しい定高性を示し、比較的なだらかな山なみを形成している。表層地質は流域の約半分を中世代の花崗岩類・火山岩類が占め、1/4を第三紀集塊岩・凝灰角礫岩が占めている。岩盤の風化は比較的浅く、未固結な砂礫層を除きほぼ流域の3/4が風化の浅い地域とされている。

\* 経済企画庁発行の土地分類図による

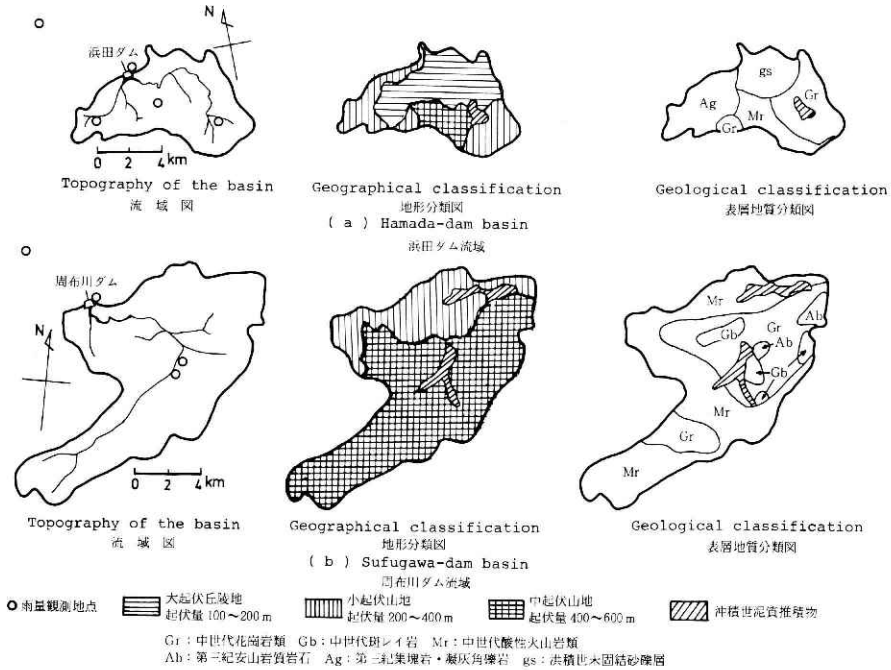


図1 流域の地形・表層地質概略図

Fig. 1 The outline of topographic and geological feature in the Hamada-dam basin and the Sufugawa-dam basin

## (2) 周布川ダム流域

周布川ダムより上流流域は流域面積 88.5 km<sup>2</sup>, 最長流路長 23 km, 最長流路の比高 200~400 m の小起伏山地となっている。この地域の山頂は標高 500~700 m の定高性を示し、比較的なだらかな山なみを形成している。鍵型に曲った流域の南部は標高 1,000~800 m の稜線に挟まれ、起伏量 400~600 m の中起伏山地となっている。表層地質は流域の大部分を中世代火山岩類・花崗岩類が占め、他に沖積世の堆積層が部分的に存在している。この地域の岩盤の風化は比較的浅くなっている。

## 3. 降雨・洪水流出状況

浜田測候所では 7 月 20 日に 33 mm, 21 日に 134 mm, 22 日に 25 mm を観測し、その後 23 日に 330 mm の豪雨を観測した。その時の降雨強度は最大 10 分雨量 18 mm/10 min (時間雨量に換算すると 108 mm/h), 最大時間雨量 72 mm/h に達した。この豪雨により、異常な洪水流出が各地に起った。大雨になると短時間の降雨強度が洪水流出に大きく影響することが予想されるので、ここでは降雨強度および洪水流量の変化を出来る限り詳しく調べるため、各地の 10 分雨量、10

表1 1983年7月豪雨における浜田ダム・周布川ダム流域の降雨量・最大比流量

Table 1 Rainfall and the maximum specific runoff at the severe storm in the Hamada-dam basin and the Sufugawa-dam basin, July 1983

	最大比流量 m <sup>3</sup> /s / km <sup>2</sup>	最大10分雨量 mm/10min	最大時間雨量 mm/h	最大3時間雨量 mm/3h	連続雨量 (22日22時-23日24時) mm
浜田ダム流域	9.4	15.5 (93mm/h)	73.9	147	393
周布川ダム流域	10.0	11.8 (71mm/h)	53.4	132	364

分間隔流量を収集するように努めた。流域平均雨量は図1に示す雨量観測地点の雨を単純平均して求めた。ただし、流域外の観測所および近隣に2つ観測地点がある場合は観測値のウェイトを他に対し0.5とした。この手法によって求められた浜田ダム流域の雨量は表1に示すように最大10分雨量15.5mm/10min, 最大時間雨量73.9mm/h, 周布川ダム流域では最大10分雨量11.8mm/10min, 最大時間雨量53.4mm/hに達した。最大比流量は浜田ダムで9.4m<sup>3</sup>/s/km<sup>2</sup>, 周布川ダムで10.0m<sup>3</sup>/s/km<sup>2</sup>にもおよんだ。

#### 4. 豪雨時の流出係数の変化

豪雨時の洪水流出の変化を定量的に評価するため、ここでは合理式における流出係数を木下(1984)が提案するように流出係数の時系列として求める。このように、到達時間流出率 $f_T$ を求めることによって豪雨時の流出係数の変化を直感的かつ定量的に表現することが出来る。合理式はピーク流量を計算するために提案されたものであり、流出係数 $f_P$ は流量のピーク時における降雨に対する流出高の比を表わす。したがって、任意時刻における降雨と流出高の比である流出係数 $f_T$ とは区別する必要がある。木下はこの $f_T$ を到達時間流出率とした。

(合理式)

$$Q_P = \frac{A}{3.6} \cdot f_P \cdot R_T \quad (1)$$

$$R_T = \frac{1}{T_C} \int_{t-T_C}^t R(t) dt \quad (2)$$

ここに、 $Q_P$ :ピーク流量(m<sup>3</sup>/s),  $A$ :流域面積(km<sup>2</sup>),  $f_P$ :流出係数,  $T_C$ :洪水到達時間,  $R(t)$ :降雨量(mm/h),  $t$ :時刻

到達時間流出率 $f_T$ を求めるには流域の洪水到達時間 $T_C$ を客観的に定める必要がある。ここでは、雨量を $T$ 時間で移動平均し、移動平均降雨時系列と流出高時系列が最も良く似る時

の移動平均時間 $T$ を洪水到達時間 $T_C$ として求めた。この移動平均時間 $T$ と洪水到達時間 $T_C$ の関係は面積102㎡, 斜面長12mの中央が凹形斜面でのサイン波散水実験(木下ら, 1977)においても求められている。この手法で求めた到達時間流出率 $f_T$ は連続している降雨の累加雨量と良い対応関係にあることが分った。以下にこの $T_C$ ,  $f_T$ について詳しく述べる。

(1) 降雨の移動平均化法から求められる $T_C$

3.で述べた流域平均10分雨量を $T$ 時間で移動平均して移動平均降雨時系列を求めると図2に示すようにハイドログラフに似た降雨時系列を作ることが出来る。また、この図は降雨に対する流出高の比が時間と共に増加する現象を良く表現している。即ち降雨初期には移動平均降雨は流出高に比べ大きい、時間の経過と共にその差は小さくなっている。

この手法で求めた $T_C$ と他の経験式で提案されている到達時間と比較すると表2のようになる。ただし、最長流路長 $L$ は最長流路に沿った山頂からダム地点までの水平距離を2万5千分の1の地

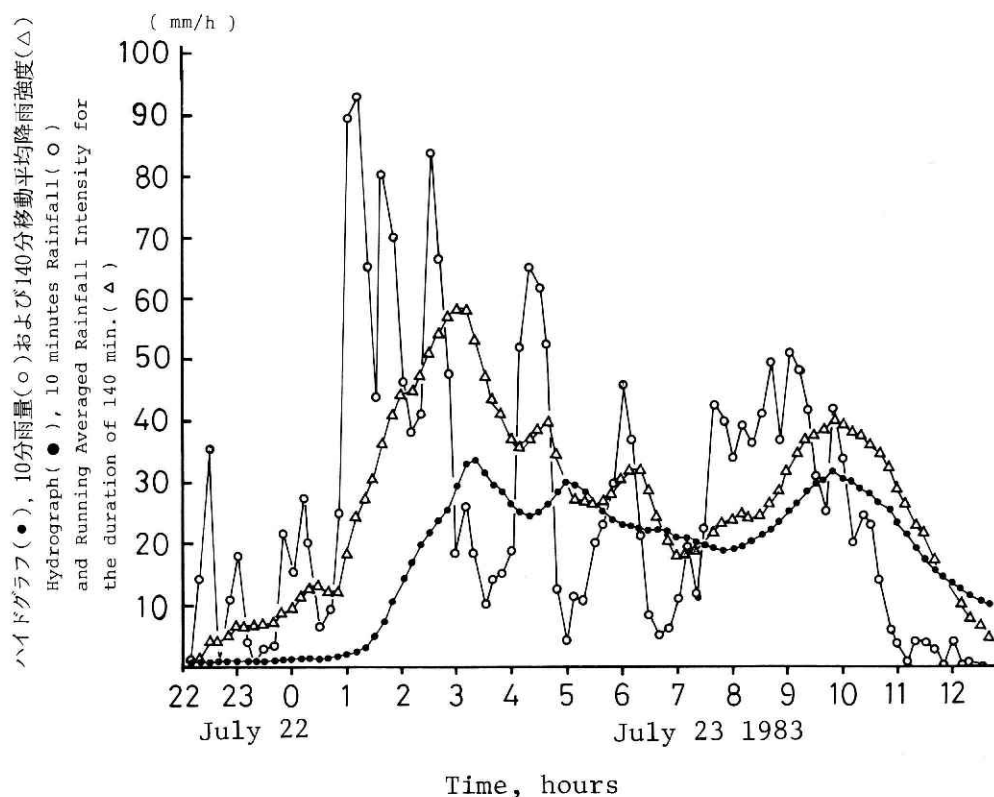


図2 移動平均降雨強度とハイドログラフの比較(1983年7月浜田ダム)

Fig. 2 Comparison of the running averaged rainfall intensity curve and hydrograph at the Hamada-dam during July 22th to July 23th, 1983

表2 浜田ダム・周布川ダム流域における洪水到達時間の比較

Table 2 Comparison of the concentration times using some empirical formula in the Hamada-dam basin and the Sufugawa-dam basin

単位：時間

流域名	流域諸元	降雨の移動平均化による本手法	上木研究法 $0.00167 \times (L \times I)^{0.7}$	中安法 $L > 15 \text{ km}$ $t_g = 0.4 + 0.077 \times L / 1,000$ $L \leq 15 \text{ km}$ $t_g = 0.26 \times (L / 1,000)^{0.7}$ ただし $T_c^* = 2t_g$	Kirpich法 $0.00032 \times (L \times I)^{0.77}$	Kraven法 $T_c = L/W$ W:洪水波の伝搬速度 $I \geq 1/100$ W = 3.5 m/s $1/100 > I \geq 1/200$ W = 3.0 m/s $1/200 > I$ W = 2.1 m/s
浜田ダム流域	流域面積 33.8 km <sup>2</sup> 最長流路長 L = 11.5 km 平均流路勾配 I = 1/34	2.3	4.0	1.4	1.7	0.9
周布川ダム流域	流域面積 88.5 km <sup>2</sup> 最長流路長 L = 23 km 平均流路勾配 I = 1/29	3.8	6.1	2.2	2.7	1.8

\* 中安法において洪水到達時間  $T_c$  を遅れ時間  $t_g$  の2倍と仮定した。

形図上で求めた値とした。流域平均勾配 I は最長流路に沿った山頂の標高とダム地点の標高の差を L で単純に割算して求めた。この表からも分るようにこの手法で求めた  $T_c$  は浜田ダム流域 140 分、周布川ダム流域 230 分となり、これは他の手法で求めた値よりやや大きい。

(2) 到達時間流出率と累加雨量の関係

(1)で求めた到達時間  $T_c$  を用いて、到達時間流出率  $f_T$  を求め、この  $f_T$  と累加雨量の関係を求めると図3、図4のようになる。図中には累加流出高と累加雨量の関係、 $T_c$  時間移動平均降雨強度  $R_T$  と累加雨量の関係も示した。この図によると、 $f_T$  と累加雨量の関係において、累加雨量が増加するにしたがって、 $f_T$  は次第に増加していることが分る。ただし、雨が小降りになるところでは  $R_T$  が急に小さくなるのに反して、流出高はゆっくり減少する。そのため、見かけ上  $f_T$  が急上昇することになる。この部分を良く表現するには単位図法、貯留関数法、タンクモデル等の流出モデルを適用することが必要となるが、ここでは、雨が小降りになる時に生じる  $f_T$  の急上昇部は無視して考えることとした。累加流出高と累加雨量の相関曲線は累加雨量の増加と共に勾配が急になっている。この勾配はある時点の降雨量に対する流出高の比を現わしており、累加雨量の増加に伴ってこの比率が大きくなっていることが分る。また、同じ  $R_T$  であっても  $f_T$  は異なった値を示すことから両者の間に一価性の対応関係を求めることは難しいと考えられる。

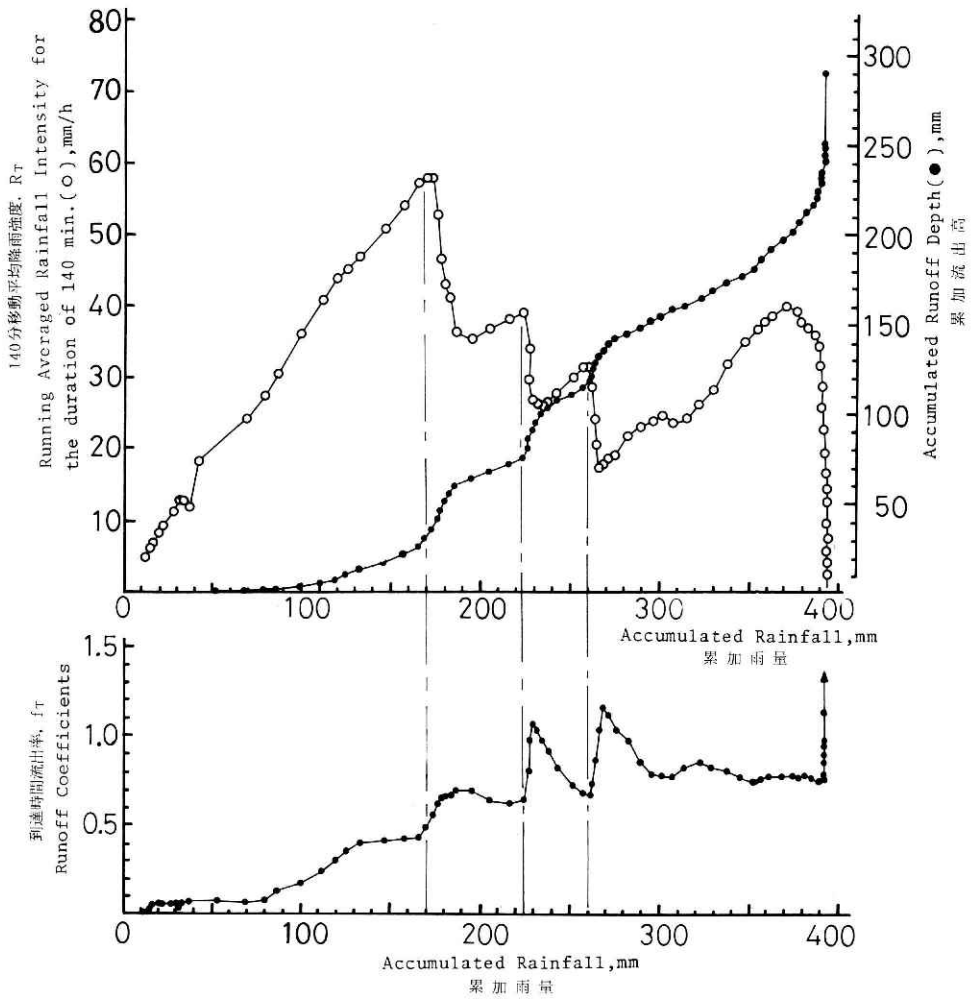


図3 到達時間流出率, 累加流出高および移動平均降雨強度と累加雨量の関係  
(1983年7月浜田ダム)

Fig. 3 Typical Runoff Coefficients, Accumulated Runoff Depths and Running Averaged Rainfall Intensities at the Hamadad dam during July 22th to July 23th, 1983

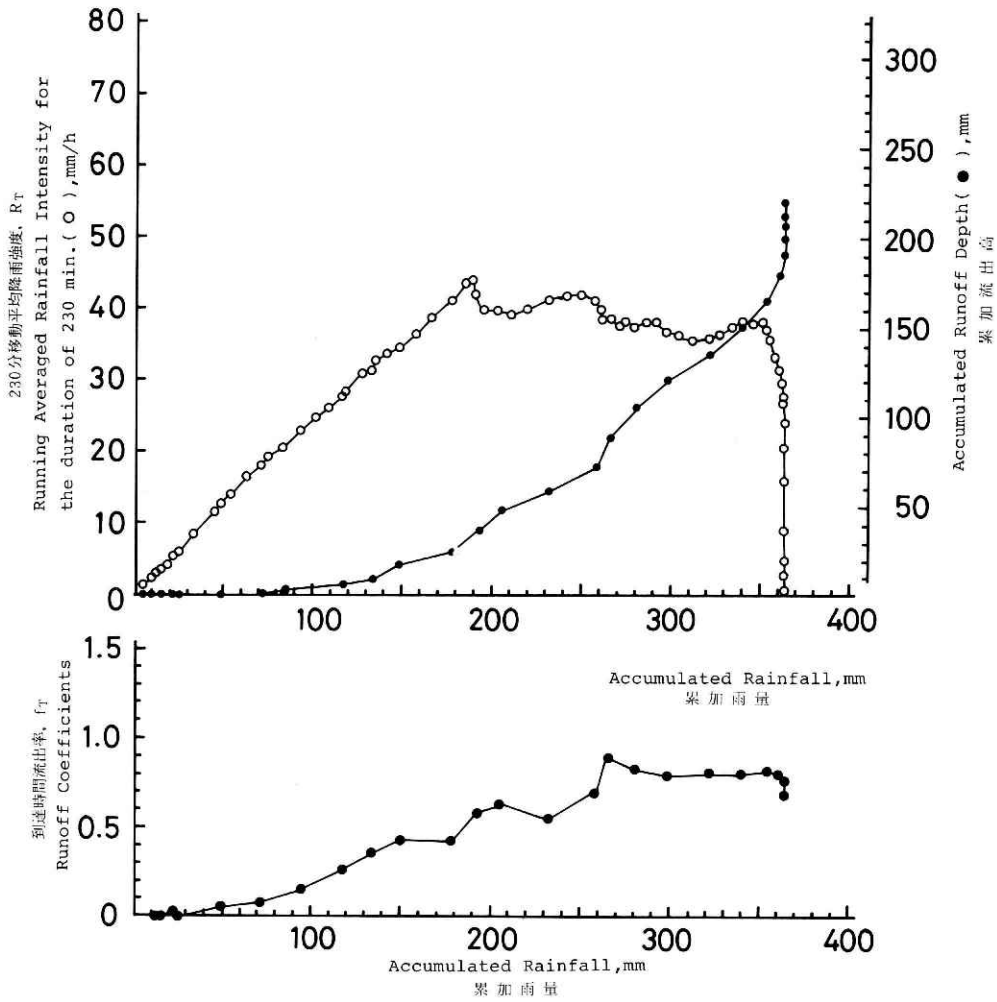


図4 到達時間流出率, 累加流出高および移動平均降雨強度と累加雨量の関係  
(1983年7月周布川ダム)

Fig. 4 Typical Runoff Coefficients, Accumulated Runoff Depths and Running Averaged Rainfall Intensities at the Sufugawad dam during July 22th to July 23th, 1983



到達時間流出率  $f_T$  と累加雨量の相関曲線は図5に示すように降雨強度、流域面積、地形、地質の異なる浜田ダム流域と周布川ダム流域において、雨が小降りになる部分を除くとほぼ一致し、 $f_T$  は上限値0.8を持つように見える。 $f_T$  が上限値を持つ点については他の多くの流域の解析結果を総合して結論付ける必要がある。以上のように  $f_T$  と累加雨量は一定の相関関係にあり、この関係を使用すると任意時刻における流量は合理式を用いて手計算で簡易に求められる。

ここで求められた相関曲線は例えば図5に示すように次式で近似することもできる。

$$\left. \begin{aligned} f_T &= \frac{0.8}{2} \cdot (\tanh P + 1) \\ P &= \left( \int_0^t R(t) dt - 140 \right) / 70 \end{aligned} \right\} (3)$$

しかし、関数形が複雑なので手計算で流量を計算するためには次式による折れ線近似の方が都合が良い。

$$\left. \begin{aligned} \text{(i)} \quad & \int_0^t R(t) dt \leq 50 \text{ mm の場合} \\ & f_T = 0.05 \\ \text{(ii)} \quad & 280 \text{ mm} \geq \int_0^t R(t) dt > 50 \text{ mm の場合} \\ & f_T = 0.0035 \times \left( \int_0^t R(t) dt - 50 \right) + 0.05 \\ \text{(iii)} \quad & \int_0^t R(t) dt > 280 \text{ mm の場合} \\ & f_T = 0.8 \end{aligned} \right\} (4)$$

この折れ線近似式を用いて、浜田ダム、周布川ダムの流入量を推定した。図6に両ダムの流入量の推定結果を示した。ダム流入量が3つ山の複雑な洪水波形であるにもかかわらず簡易な手法によってある程度の精度で推算することができた。しかし、推定誤差の大きい所もあり、これは(3)式の近似式を用いず(4)式の折れ線近似式を用いたこと、洪水期間中の洪水到達時間を一定としたこと等によるものと考えられる。周布川ダム流入量の推定では洪水波形が比較的単調なため、洪水全般にわたってさらに良い推定結果が得られた。

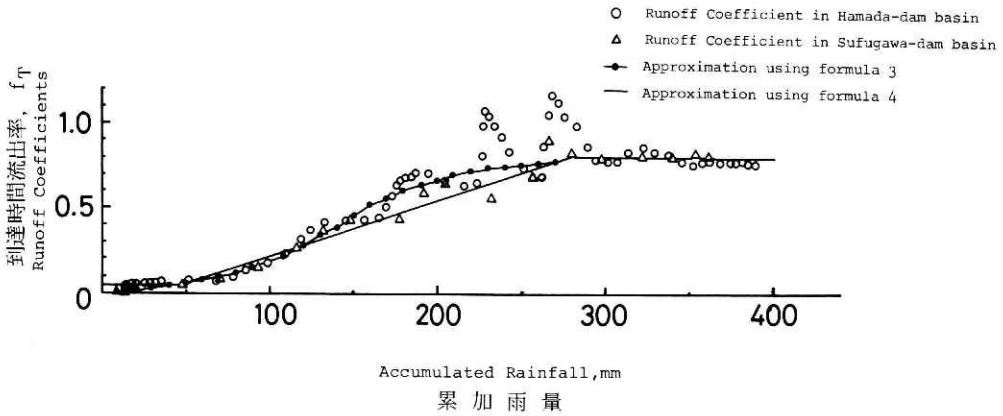


図5 到達時間流出率と累加雨量の相関曲線の函数近似

Fig. 5 Approximations to the relation curves between Runoff Coefficients and Accumulated Rainfall

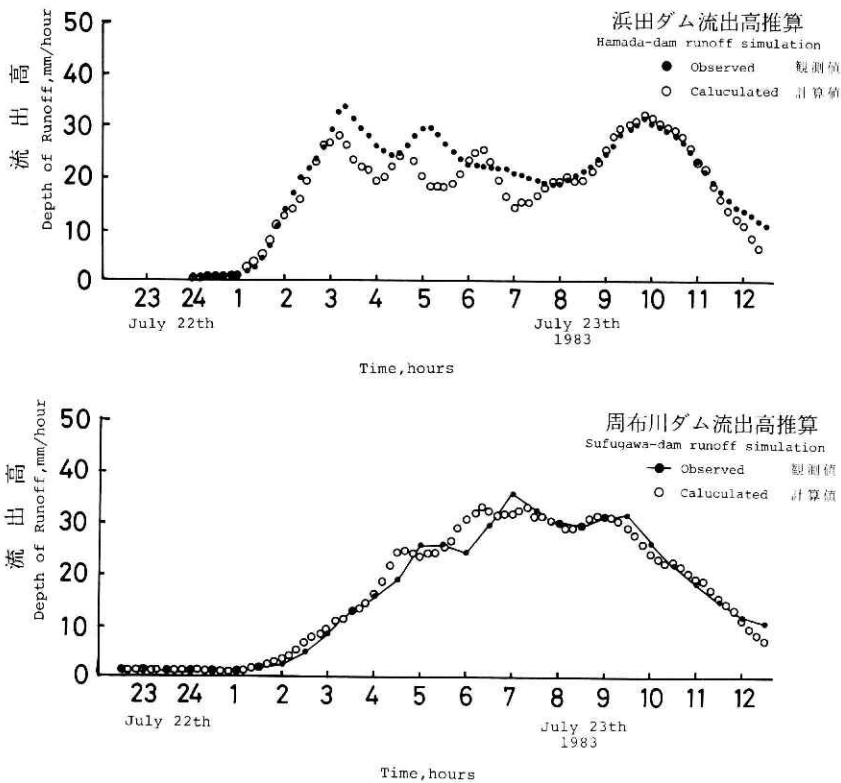


図6 合理式による流出高の推定

Fig. 6 Runoff simulations by Rational Formula using the Runoff Coefficients are expressed as a linier function of the Accumulated Rainfall

## 5. 結 論

1983年7月島根県西部に起った豪雨を対象に豪雨時の洪水流出の変化を研究し以下の結論を得た。

- (i) 10分雨量時系列を一定時間で移動平均する、即ち降雨時系列中の高周波成分を単純な手法で平滑化すると、得られた時系列は流出高時系列に良く似て来る。この移動平均降雨時系列が最も流出高時系列に似る時の移動平均時間を合理式における洪水到達時間と仮定すると、流出係数は比較的安定した時系列として求められる。
- (ii) (i)の手法で洪水到達時間を定め、合理式における流出係数と同様の性質を持つ到達時間流出率を時系列で求めると、到達時間流出率は連続雨量に強く影響されること、連続している降雨の累加雨量と到達時間流出率の間に一定の相関関係が求められた。さらに、流域面積・地形・地質の異なる浜田ダム流域、周布川ダム流域において求められた累加雨量と到達時間流出率の相関関係は互いにほぼ一致した。
- (iii) (ii)で得られた累加雨量と到達時間流出率の相関関係は例えば(3)式のような函数で近似できること。また、(3)式は複雑な函数なので、手計算で簡易に流量計算するには(4)式の折れ線近似を用いれば良いことも分った。

以上のように豪雨時の洪水流出の変化が少し明らかになった。今後、他の流域や幾つもの洪水においても同様な $f_T$ と累加雨量の相関関係が得られるのか？到達時間流出率の上限值は他の地域でどのような値になるか？降雨が一旦降り止んだ後の豪雨に対して、到達時間流出率はどのように変動するのか等について、さらに詳細な解析を行う予定である。

## 6. 謝 辞

豪雨時の貴重なデータを収集するに当り、松江地方気象台、浜田測候所、島根県河川課、同県耕地課、同県浜田ダム管理所、同県企業局経営課、同企業局三隅川ダム発電所、中国電力長見ダム管理所等の方々に大変お世話になりました。ここに謹んで感謝いたします。また、解析に当り研究室の方々に御指導・御指摘いただいたことに謹んで感謝いたします。

## 参考文献

- 1) 木下武雄(1982): 浦白川流出試験地における流出率・流出係数の変化, 国立防災科学技術センター研究報告, No.27 P. 13-14.
- 2) 木下武雄(1984): 到達時間流出率を用いた流出係数の解明, 第39回年次学術講演会講演概要集II-19; 土木学会.
- 3) 木下武雄・中根和郎(1977): 表面流出に関する研究(そのI) - 実験斜面において降雨強度が表面流出の発生に及ぼす影響 -, 国立防災科学技術センター研究報告, No.18, P. 35-49.
- 4) 木下武雄・中根和郎・福井隆文(1976): 1975年8月17日台風第5号による高知県中部の災害現

地調査, 国立防災科学技術センター主要災害調査報告第9号, 55pp.

- 5) 中根和郎(1984): 豪雨時の洪水流出の変化, 第39回年次学術講演会講演概要集Ⅱ-20, 土木学会.
- 6) 植原茂次・森脇寛・米谷恒春(1984): 1983年7月梅雨前線による島根豪雨災害現地調査報告, 国立防災科学技術センター主要災害調査報告第24号, 85pp.
- 7) 経済企画庁(1971): 土地分類図(島根県).

(1984年11月29日 原稿受理)