

## 干ばつ時における 中小河川の水文学的研究

木 下 武 雄

建設省 土木研究所

### Runoff from Small Basins During the Drought 1967

By

T. Kinosita

The Public Works Research Institute, Tokyo

#### Summary

This is a report on hydrological behaviour of small basins during the drought 1967 in the western part of Japan. The author has made the following conclusions.

- (i) Rainfall in June 1967 is less than half of the average monthly rainfall in June, and rainfall in September 1967 is less than 10% of the average monthly rainfall in September in the most part of western Japan as shown in Figs. 1 and 2. Evaporation potential by Hamon's formula was not so high during this period.
- (ii) Recession curves are drawn in Fig. 9. Minimum runoff from small basins was found to be  $0.008 \text{ m}^3/(\text{sec} \cdot \text{km}^2)$  in June and  $0.004 \text{ m}^3/(\text{sec} \cdot \text{km}^2)$  in September. See Figs. 10 and 11.
- (iii) Four hydrological networks are established for more precise observation in small basins. See Figs. 11 and 2 photographs.
- (iv) Basic research has been made for optimum operation of a multipurpose dam.

#### 目 次

1. 目 的 .....	6 0	7. 蒸発散能 .....	6 3
2. 方 法 .....	6 0	8. 昭和42年の干ばつ時の流量とその変動の 実態究明 .....	6 4
3. 当該月の降水量の平年に対する比 .....	6 0	9. 中小河川における雨量水位の現地観測 .....	6 6
4. 月降水量の経年変化 .....	6 1	1 0. 中小河川における多目的ダムの管理 .....	6 9
5. 月降水量の移動平均 .....	6 3	1 1. ま と め .....	6 9
6. 度数分布 .....	6 3		

1. 目的

昭和42年6月及び9月に西日本を中心としておこった干害を総合的に研究してその実態を明らかにし、干害対策のための基礎とすることを目的とする。

干害がなぜおこったかについての因果関係というものは、完全には実証できるわけではない。雨量、蒸発量が昭和42年には果して変動が大きかったか、その地域的分布はどうかという問題が第1に考えられる。干ばつの影響を受けやすいのは大河川より中小河川であるが、次にそこにおける流出量がどのように減小したか、そこでは何か法則性がなかったかを考えなければいけない。第3にはそれを貯水池等で補給するためにはどのような考えで行えばよいか問題になる。さらには地下水、土壤水分として水がどのように挙動するかまで見極めなければいけない。

この研究では実施期間が短かったため、これら全部を究明することはできなかったが、上に述べたうちの前半に関してはある程度の成果をえたのでここに報告する。

2. 方法

ここでとられた研究の具体的方法は3つである。

(I) 気象データの収集・解析：干ばつの直接原因は雨の降らなかつたこと、蒸発が多かつたこと

であるから、この2つを量的に把握するため中部地方以西90カ所において雨量データを収集した。

(II) 中小河川における現地観測：これまでは建設省においては大河川を中心に現地観測網を完成させていた。しかし干ばつは中小河川(大河川の支川も含む)において著しいので、中小河川の流出機構を調べる意味で、中小河川に雨量計と水位計を設置して観測を開始した。

(III) 昭和42年度の流量の変動の実態：現存するデータによって、昭和42年度の干ばつの実態を究明した。

3. 当該月の降水量の平年に対する比

干ばつから干害へ発展する過程において；平年(長期間の平均)に比べて、当該月の降水量がどれだけ少なかったか問題となることが多い。そのため当該月の降水量の平年に対する比をとってみよう。

$$r_6 = \frac{\text{昭和42年6月の月降水量}}{\text{平年6月の月降水量}}$$

$$r_9 = \frac{\text{昭和42年9月の月降水量}}{\text{平年9月の月降水量}}$$

このようにして計算した $r_6, r_9$ の地域分布を図-1, 図-2に示す。

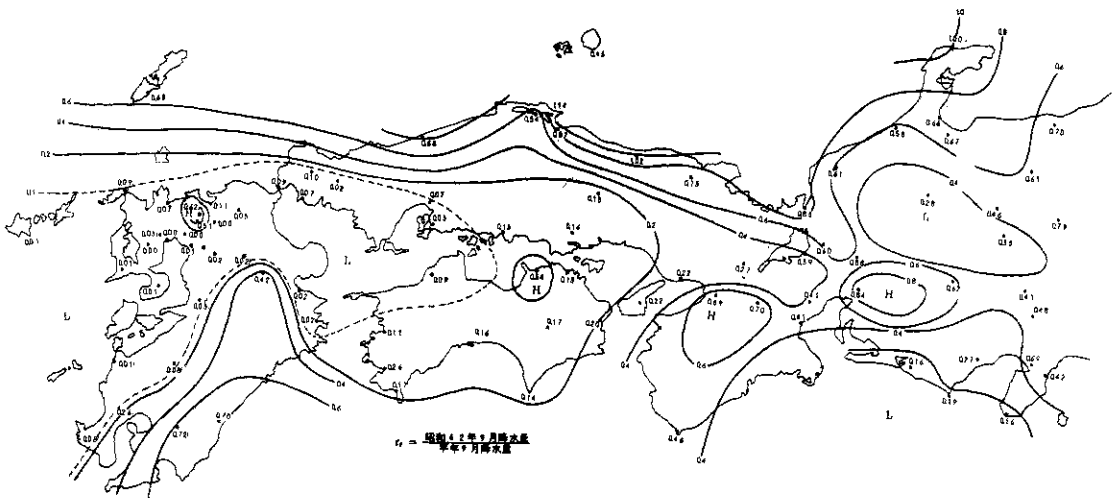


図-1  $r_6$  の分布

### 3.1 6月の干ばつについて

(i)  $r_6 < 0.5$ の地域が北九州から四国北部の瀬戸内を経て近畿地方の一部にまで及んでいる。つまりこの地域では平年の半分以下の雨しか降らなかった。これが6月干ばつの中心域である。

(ii) 中部地方、山陰地方、南九州～北海道地方というように上記(i)の地域を取囲む地方は  $r_6 \approx 1$ すなわち、若干の過不足はあってもほぼ平年並みの降雨である。

(iii) 細かく見ると北九州地方でも平野部で  $r_6$  は小さく山岳部で大きい。つまり山岳部ではあまり干ばつの影響を受けていない。たゞしこれは一般論として言えるかどうかには疑問がある。今後調べるべき興味ある課題である。

$r_6$  は平年に対する比であるから普通でも雨の少ない北九州～瀬戸内地方は降水量そのものも少なく、大きな痛手となった。同年6月の月降水量の数列を下に示す。

広島 158.0mm 高松 58.1mm 松山 79.8mm  
福岡 67.6mm 佐賀 60.4mm 熊本 86.4mm

### 3.2 9月の干ばつについて

(i)  $r_9 < 0.5$ の地域は広く九州から四国・中国・近畿まで及び、中部地方の一部も含まれている。 $r_9 < 0.5$ の地域が、6月に比べ9月に入ってから南と東へと広がったとも言えようか。 $r_9 < 0.1$ すなわち昭和42年9月は平年の1割しか雨が降らなかった地域は図-1の  $r_6 < 0.5$ の地域と対応している。換言すれば、6月に平年の半分

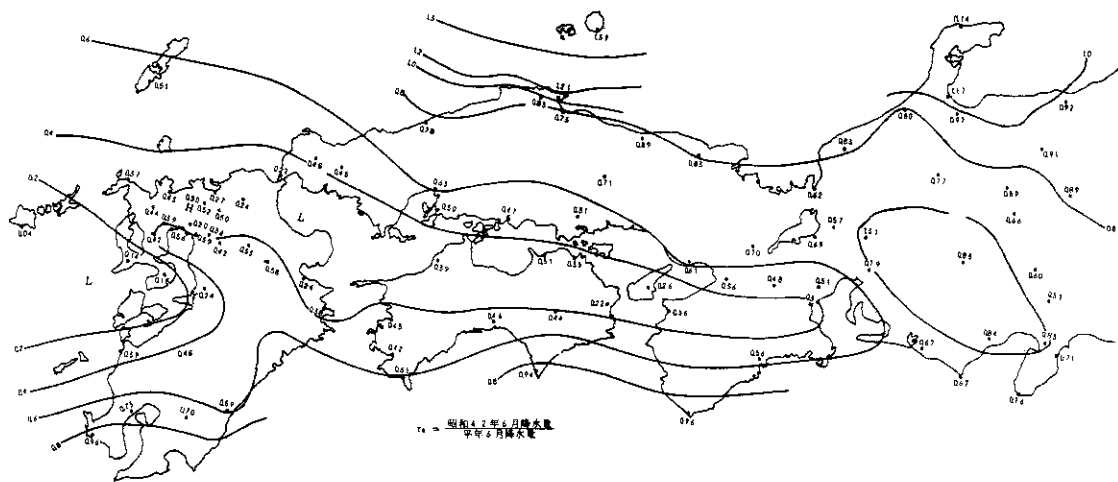


図-2  $r_9$  の分布

以下だった地域が9月になって平年の1割しか降水を見なかったと言うことである。9月にはいつて干ばつが再発し激化した様相がよくうかがえる。

(ii) 山陰地方は9月は全般に雨がが多い。中部地方は  $r_9$  の分布図が複雑であるが、全般に  $r_9 < 1$  と言える。山陰～北近畿～中部地方が干ばつの限界とみられる。

(iii) 北九州の山岳部でも  $r_9 > 0.5$ の地域があるのは注目し値しよう。しかし範囲は狭い。

図中  $r_9 = 0.00$ とは同年9月の降水量が1mm前後で比をとれば、平年の0.5%にも満たない雨

量しかないことを示す。

主要地の同年9月の月降水量を下に示す。

広島 13.4mm 高松 27.4mm 松山 14.6mm  
福岡 23.6mm 佐賀 0.2mm 熊本 4.5mm

### 4. 月降水量の経年変化

こんどの干ばつは6月と9月とに起った。ゆえに6月と9月の月降水量の経年変化をみる。一般に6～7月と9月は雨期である。その雨期に干ばつが起こると言うことは日本の水資源の変動がいかに大きいかを端的に表わすものである上に、植物の生育期という意味でも重要な月に干ばつが起

こったことは重大である。

西日本における各地点の月降水量の経年変化の傾向を概観すると次のようなことが言える。

(i) 月降水量は変動の大きいものである。4～5倍に増加することはしばしばある。

(ii) 昭和42年6月および9月の降水量は過去50年ほどの間の最小かそれに近い順位にある。

(順位と分布については6.で述べる。)つまり昭和42年の干ばつは顕著なものであった。

(iii) 干ばつの再来にあまり一般的な周期は見出

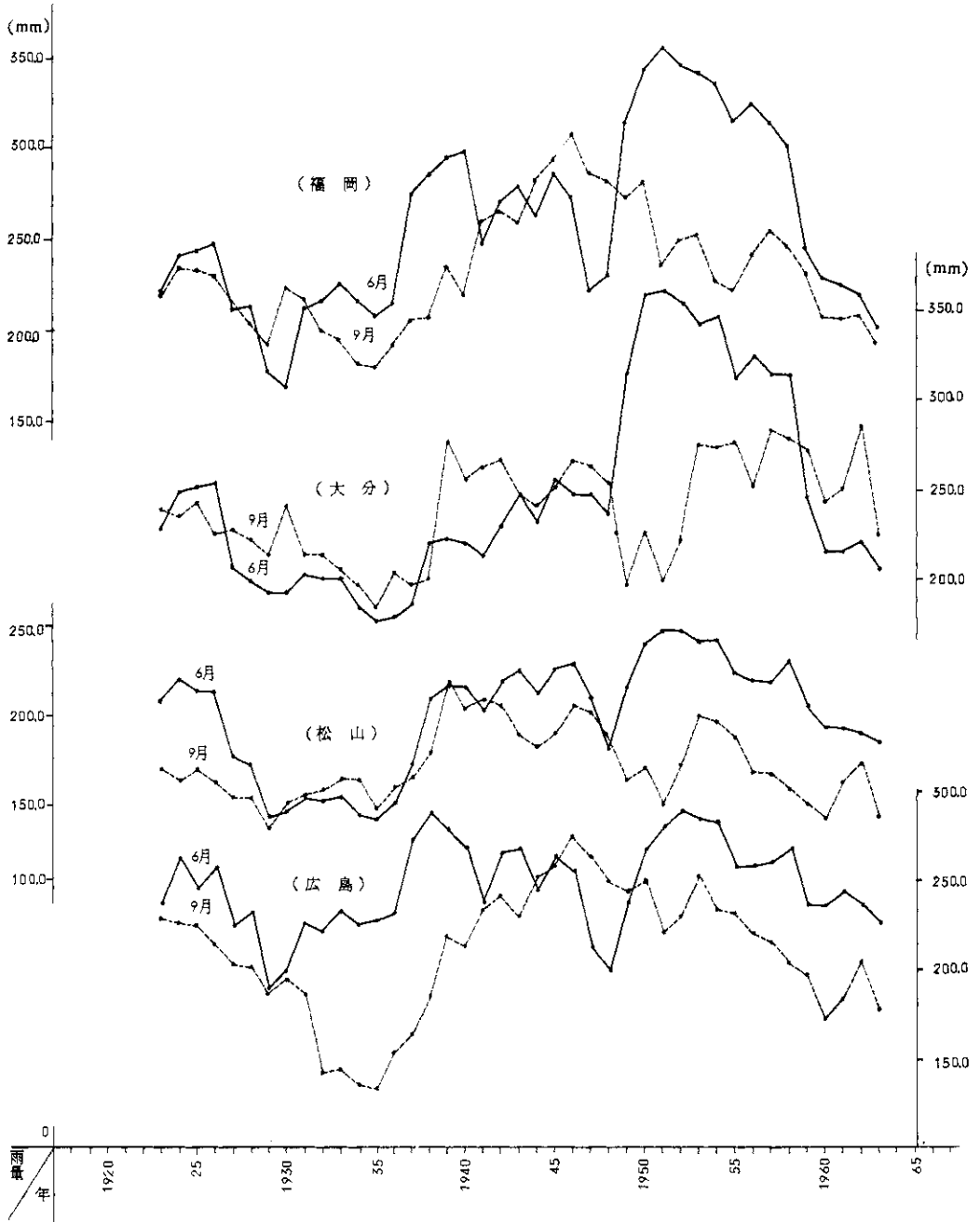


図-3 雨量10年移動平均

せない。何年を周期として干ばつが来るとはこれまで調べた限りでは言い切れない。

(IV) 過去において6月および9月が干ばつだった年が何回かある。地域差はあるが、昭和にはいつてからの40年間について昭和の年号を抜き書きしてみると

(5年), (9年), 14年, (19年),  
(26年), 33年, 42年

などが目につく。

### 5. 月降水量の移動平均

月降水量が長年にわたって漸減しているのではないかというような懸念が持たれる。それに関しては、移動平均をとって細かい変動を消して大きい傾向だけを残せばよい。しかし移動平均の操作は奇妙な現象をおこす。6月および9月の月降水量の移動平均は図-3に4点の例を示す。

これらを見てわかることはあまり著しい長期傾向がないことである。ここにあげた例でも広島のように最近月降水量の漸減をみるところもある。しかし一般的にみると隣の月や隣の地点で同一の傾向がみられるとは限らず、長期傾向があるとは言い切れない場合が多い。ただ明治以来というような長い目でみると、長期傾向は見のがせない。例えば東京では、明治より昭和の方が年降水量は多くなっている。

### 6. 度数分布

佐賀と松山との6月および9月の月降水量の度数分布をとって、昭和42年の干ばつが、どのような位置にくるか調べた。(図-4, 5参照)

同図中で黒くつぶしたのは昭和42年を示す。いずれも、最少の欄にはいつている。42年の干ばつは松山の6月降水量を除いてすべて少い方から第1位である。つまり、5でも述べた通り、昭和42年の干ばつは顕著であった。

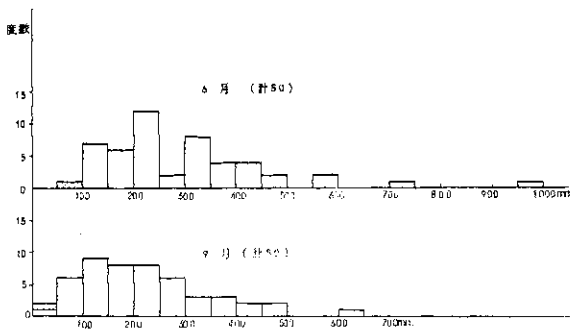


図-4 佐賀における月降水量度数分布

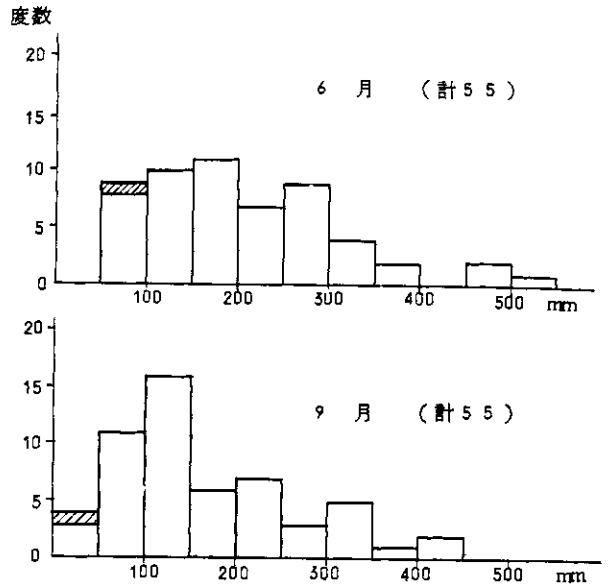


図-5 松山における月降水量度数分布

この分布を見ると、松山は割にかたまっているが、佐賀は大きい値の方へ広がって分布している。つまり、佐賀は松山に比べて大雨も干ばつも覚悟しなくてはならない所だと言える。水利施設を作るとき、佐賀の方が条件が悪い。

6月と9月とを比べると、全般に6月の方が月降水量が多い。これは西日本ではつゆと台風とはままとって6月・7月にくることが多いからである。東日本は9月に台風・秋雨前線などによる大雨の可能性を持っているのに対し、大きな特徴であろう。

分布関係の形は正規分布に近いともみられるが中央値付近では対数正規に近い形をしている。極値付近、特に降水量の少い方は分布形がきめにくい。正規分布を用いて100年確率がマイナスとなっても困るし、対数正規分布を用いて100年確率が1mmか2mmかを競っても仕方がないからここでは特に論じない。

### 7. 蒸発散能

干ばつの期間は雨が降らないということのみならず、蒸発散がさかんになるのではないかと思われる。5mm降って5mm蒸発すれば差引ゼロである。ところが蒸発散はどうやって測ればよいか。蒸発計からの蒸発量は毎日気象官署で計られているが、夏は蒸発計内の水が「お湯」になってしまうほどで、とても流域からの蒸発散量を代表しているとは思えない。

そこでここでは、蒸発散量ではなく蒸発散能を

ハーモン公式により推定した。同式は水理公式集にも引用されていて (P.39), 単純な式であるが問題点も多い。

$$E_p = 1.40 D_0^2 P t$$

ここに  $E_p$  : 日平均蒸発散能 (mm/日)

$D_0$  : 日照時間, 地点の緯度と太陽赤緯によりきまる。12時間/日を1.0として表わす。

$P t$  : 日平均気温に対する飽和絶対湿度  $g/m^3$

これでわかる通り, 蒸発散に直接影響があると思われる日射, 湿度, 風速, 地表条件などが考慮されていないので, ここででてくる値は気温のみによる蒸発散能の成分とでも見るべき概略値である。

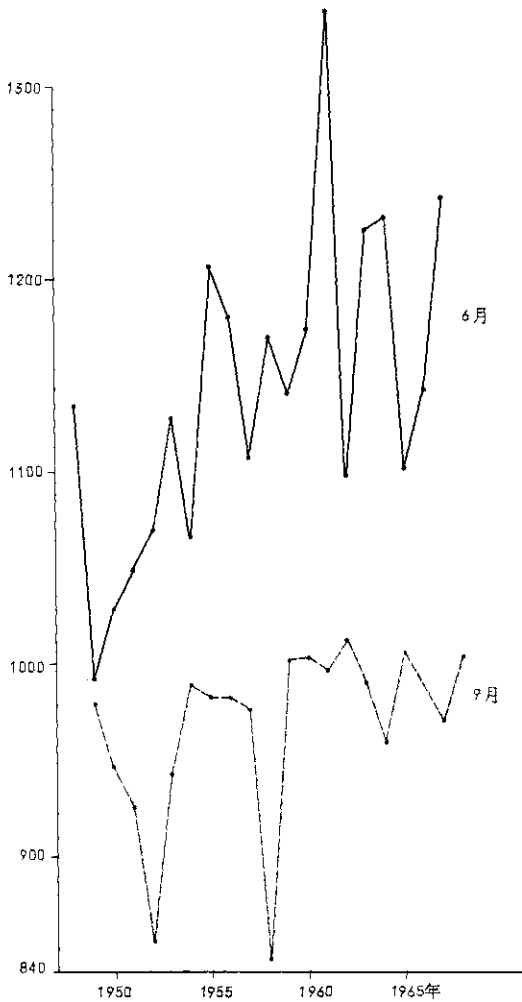


図-6 長崎の蒸発散能

る。

6月と9月とについて各地点の月蒸発散能を, 1948年以降について算出したが, ここには一例として長崎における値を示す (図-6)。経年変化の傾向は各地点とも大同少異でありこれらを見る限りにおいて, 昭和42年の干ばつは, 蒸発散能の大きいことは事実であったとしても, 異常に大きかったとは結論しきれない。つまり蒸発散能から見る限りでは昭和42年のようなことは何度も起こりうる。

なお流域からの蒸発散を

$$\int_{t_1}^{t_2} \{ (\text{降水量}) - (\text{流出量}) \} dt = E_r$$

という形で表わし, 年又は季節別に積分した値  $E_r$  と上のハーモン公式による  $E_p$  との関係は建設省技術研究会 (昭和41年) 「利水計画における流況把握の研究」のうちに論じられ, 全国的に概観すると,

$$E_r / E_p = 0.04 \sim 0.12$$

程度の値となっている。

## 8. 昭和42年の干ばつ時の流量とその変動の実態究明

### 8.1 中小河川流域から干ばつ時に期待できる流出

干ばつ時でも期待できる流出量は誰しも知りたい量である。しかし, ここに改めて言うまでもなく, それはあくまで前の降雨の影響をうけるわけだし, 地質地形の影響をうける。灌漑などの取水のない地点というものは実際にはありえない。しかしここでは, それらのことに一切目を閉じて, 北九州と中国の瀬戸内海側との中小河川について6月と9月 (一部10月) との最低流出量を  $m^3 / (sec. km^2)$  の単位であらわしてみた。河川の場合には表流水の流量から求められるが, ダムの水位上昇から求めた場合は地下水も含まれるので, ダムのみ◎で区別した。横軸に流域面積をとってプロットしたのが図-7, 8である。このグラフでスケールアウトしたのは流出量  $< 0.0001$  となった場合で, 消してある。

流域面積が増すと取水の影響があらわれると思ったのでこのようにプロットしたが, 流域面積としてのちがいはあまり明らかでない。

流量計測の誤差も考えられるのでこの図からは細かいことは言えないが, 6月の干ばつ時で流出

量は  $0.002 \sim 0.02 \text{ m}^3 / (\text{sec} \cdot \text{km}^2)$  となる。神流川・渡瀬において土木研究所が観測していた期間の6月における最低流出量(⊕で示す)は昭和33年6月1日の  $0.00070 \text{ m}^3 / (\text{sec} \cdot \text{km}^2)$  である。

9月の干ばつ時で同様のことを言えば、流出量は  $0.001 \sim 0.01 \text{ m}^3 / (\text{sec} \cdot \text{km}^2)$  で、目視の平均は  $0.004 \text{ m}^3 / (\text{sec} \cdot \text{km}^2)$  程度である。上記・渡瀬では昭和27年9月26日に、 $0.0100$  が最低である。このことから考えると、9月の干ばつは6月に比べて著しかったことが推定される。全国的にみて、比流量  $0.01 \text{ m}^3 / (\text{sec} \cdot \text{km}^2)$  というのは凡その渇水の目安であることを考えると、9月の干ばつの実態の見当がつくであろう。たゞしこれ以上細かく論ずるにはデータの吟味からしてかからなければならないと思われる。

なお流出量  $0.004 \text{ m}^3 / (\text{sec} \cdot \text{km}^2)$  は浸透速度に直せば  $4 \times 10^{-7} \text{ cm/s}$ 、日流出高に直せば  $0.345 \text{ mm/day}$  となる。

### 8.2 流量低減率

これは建設省技術研究会でも議論された件である。

流域の流出モデルによっては流量低減率は全く無意味になってしまうが、今後雨が降らなかつたら、10日後・20日後に流出量はどれくらいに減るかを知るための1つの目安としては有効であろう。

表-1には幾つかの例を示す。凡その値は  $r$  (日流量で低減を表わし  $q(t) = q(0)r^t$  としたときの公比) でみると  $0.97 \sim 0.99$  の間にある。

建設省技術研究会で集められた資料の全国平均は  $0.90 \sim 0.95$  であるから、この値は大きい値となっている。流量が少なくなる程この値は大きくなる(低減しにくくなる)わけだから、この相違は妥当と言え

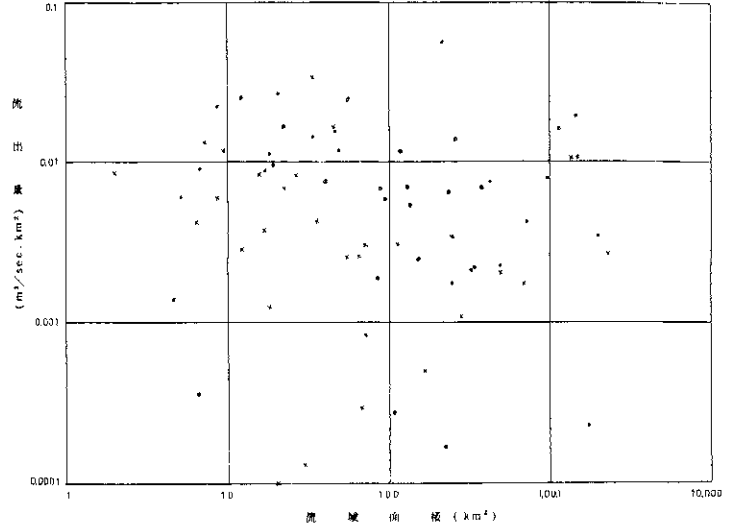


図-7 昭和42年6月最低流出量と流域面積の関係

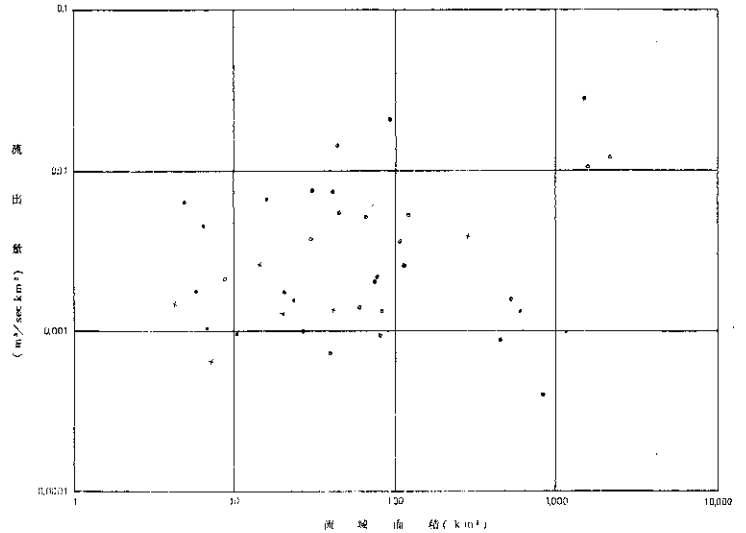


図-8 昭和42年9月最低流出量と流域面積の関係

表-1 流量低減率の例

地点名	河川名	流域面積 km <sup>2</sup>	最低流出量 m <sup>3</sup> (sec.km <sup>2</sup> )	k*	r**
大中尾	神浦川	8.5	0.0170	0.0074	0.992
下大中尾	神浦川	16.9	0.0089	0.0231	0.977
登瀬	郡川	18.9	0.0063	0.0314	0.969
立岩	太田川	12.1	0.0074	0.0149	0.985
佐波川	佐波川	88.4	0.0038	0.0110	0.989
小瀬川	小瀬川	13.5	0.0049	0.0062	0.994

\*kとは  $q(t) = q(0)e^{-kt}$  としたときのkである。(tは日単位)

\*\*rとは  $q(t) = q(0)r^t$  としたときのrである。(tは日単位)

よう。

流量低減の概形を知るために、2, 3の例を図-9に示す。表-1の値はこれらから平均的な線を引いて求めたものである。

### 8.3 貯水池による干ばつ地域への水の補給

貯水池の利水容量の中にある水資源を干ばつ地域へ送るときには、優先順位、流出量(貯水池としては流入量)の予測等の複雑な要素がからむ。これが実際にはどのように放流が規制されて行ったか、図-10にその1例萱瀬ダムを示す。9月上旬から放流の規制が順次強化されて行ったことがよくあらわれている。10月へはほとんど流入量=流出量として操作されている。貯水位は197.2mに固定されている。非常用バルブの高さは196mである。

### 9. 中小河川における雨量・水位の現地観測

これまで見て来たように、このような干ばつは今後も起こる可能性があるため、それに備えて雨量・水位の現地観測網を充実させて行くことは重要である。また、8までに述べた結果はすべて既存のデータに頼っているため、精度で問題なしとは言えない。そのため、前述のデータを確かめる意味でも雨量・流量の観測は重要である。それで、建設省土木研究所では表-2、図-11に示すように雨量・水位の観測を行なうこととなった。

流域の選定については、遠隔の地である上に時間的にも切迫していたので十分の予備調査がなしえなかった。今後このような研究をするのなら、十分の踏査を行なわなければいけないことを痛感した。

雨量計は口径10cmの3カ月巻転倒ます式自記雨量計で、簡単な台の上にのせた。

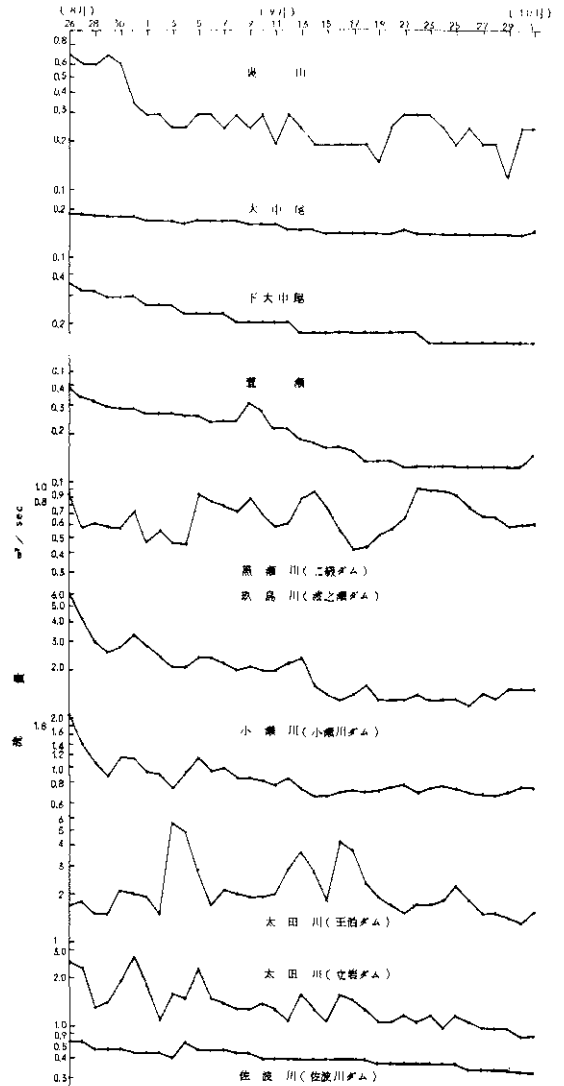


図-9 各地点の流量変化

表-2 雨量計水位計設置状況一覧

河川名	種類	地名	設置状況	流域面積, 形状, 流れの向き
彦山川	雨量	英彦山	西向斜面, 崖の上 高水敷が20mほどある。	流域面積307km <sup>2</sup> 南北に長く, 北へ流れる。
	水位			
大鳴川	雨量	山口	小学校の裏 横導水管は4mほど	流域面積123km <sup>2</sup> 塊状で東へ流れる。
	水位			
隈上川	雨量	新川	浅い谷底, 南西斜面 橋脚ぞい, 流心部	流域面積84km <sup>2</sup> 塊状で北へ流れる。
	水位			
佐田川	雨量	角枝	段丘, 裏に山がある。 単断面河川で堤体に井戸	流域面積92km <sup>2</sup> しゃもじ状で南西へ流れる。
	水位			



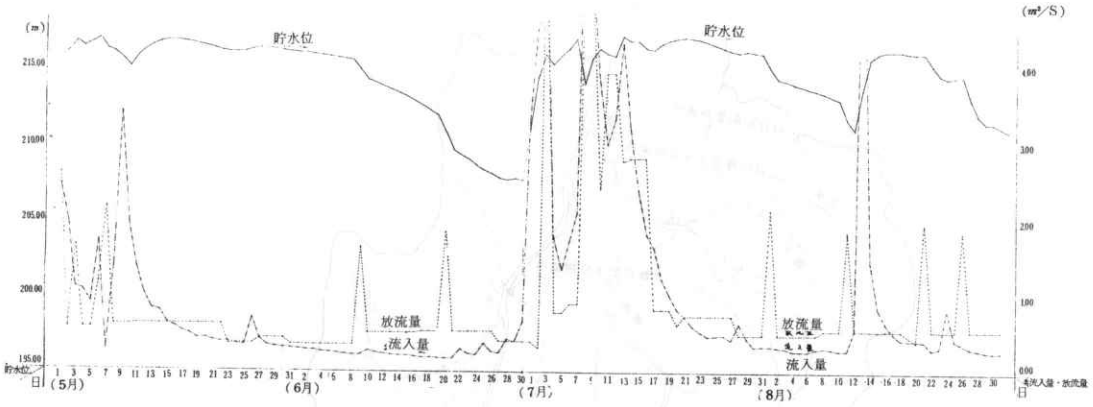


図-10-1 萱瀬ダム操作実績(1)

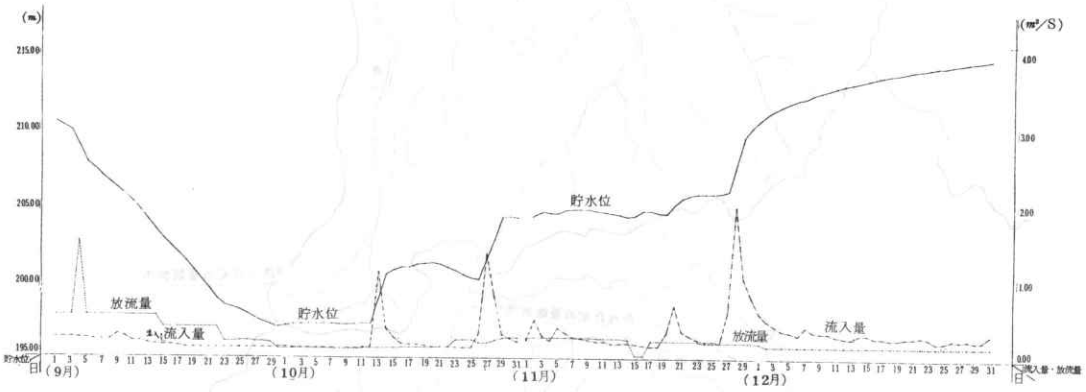


図-10-2 萱瀬ダム操作実績(2)



写真1 佐田川角枝雨量計

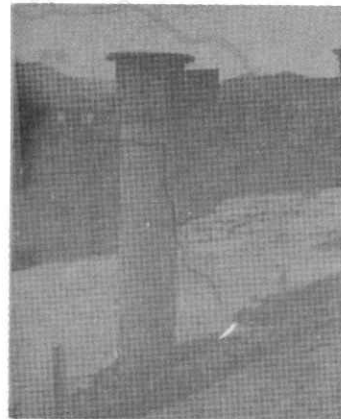


写真2 犬鳴川宮田橋雨量計

雨量計の設置位置等 11-1図

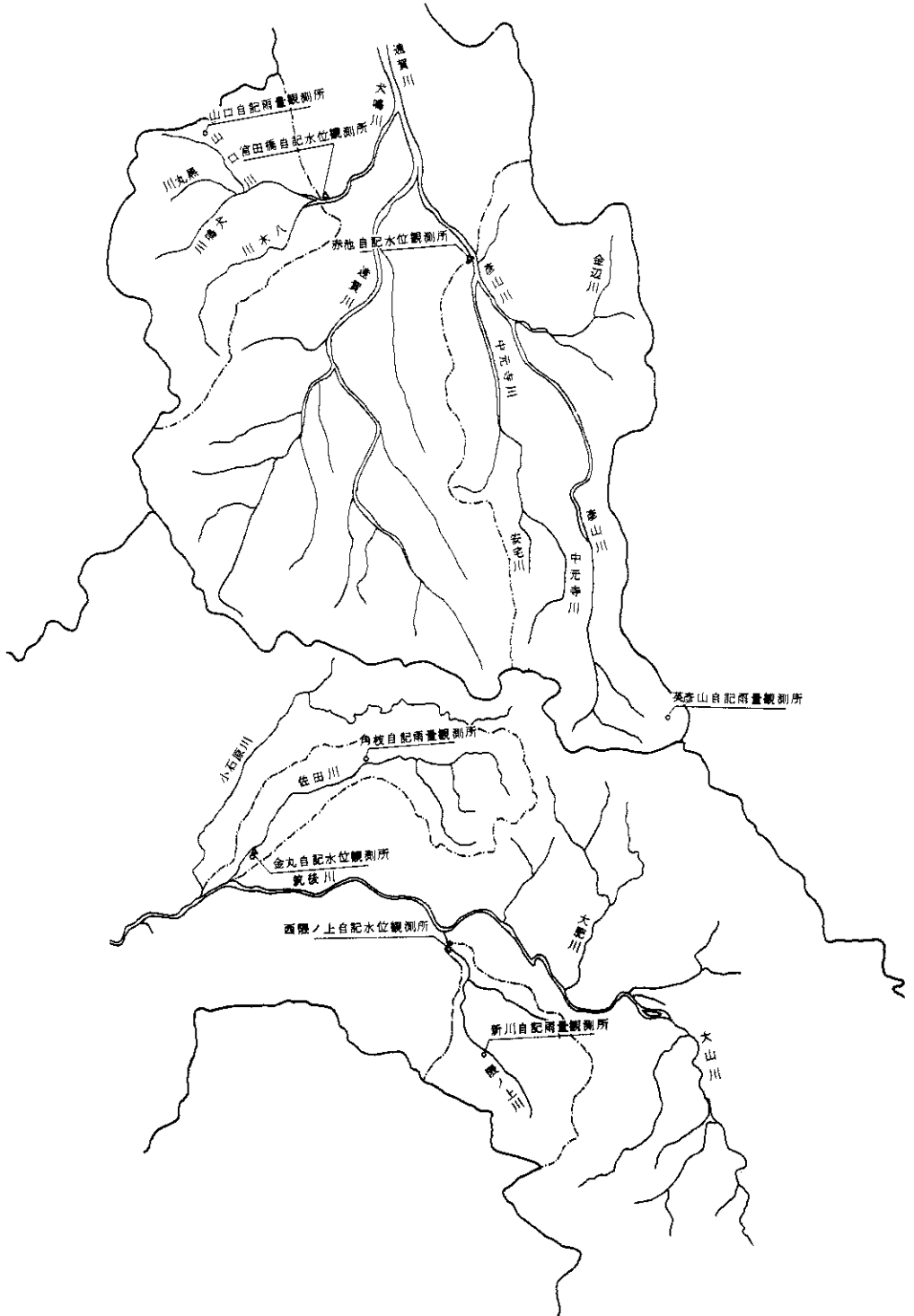


図 - 1 1 水位雨量観測所配置図

水位計は水研 62 型の 3 カ月巻フロート式である。これは既設の観測井を用いた。

雨量計と水位計とは各 1 台を組にして、速賀川流域 2 組、筑後川流域 2 組の計 4 組を設置した。

(表-2, 図-11)

設置状況の写真は各 1 例を掲げる。

期間が短いのでまだ十分な資料がえられてないために、結論としてとりまとめられてはいない。

#### 10. 中小河川における多目的ダムの管理

すでに 8.3 において見たように、貯水池では昭和 42 年干ばつ時において大へん苦勞して極めて合理的な管理運営を行なった。多目的ダムにおいては利水と治水とがその管理・運営面で競合することが多いので、今までにもその問題が指摘されて来たところである。今後は大河川だけでなく、中小河川においても多目的ダムが建設されるわけで、そこにおける上記の問題は今後、一層深刻になると思われる。

そこで、電算機である程度のシミュレーションを行なっておけば、それらの問題は事前に明らかになり、計画の段階から、対策が立てられるわけである。そのためのプログラムの作成を、今回干

害を受けた流域を事例にとって作成し、シミュレーションを行なう予定であったが、時間的な問題として完成しなかった。

#### 11. ま と め

昭和 42 年 6 月及び 9 月に西日本を中心としておこった干害の特別研究のうち、干ばつ時における中小河川の水文学的研究を行なった。

まず気象データとして雨量、気温を解析した結果、たしかに今回の干ばつはひどかったが、類似の程度の干ばつは過去にもおこっていることが明らかになった。よって、今後ともあらゆる方面でこのような現象に対する対策を立てておく必要性が強調される。

河川の低水流出のオーダーは約  $0.004 \text{ m}^3/(\text{sec} \cdot \text{km}^2)$  である。勿論上流で取水の影響をうける所はゼロになっている所もある。水は大切に使用すべきである。

今後の干ばつに備えて水文観測網の充実と、多目的ダムの管理運用のシミュレーション等を行ない、被害を最小限に食い止めるよう調査を行なうべきであろう。