

## 1. はじめに

我が国では多目的ダムが昭和30年代に入ってから本格的に築造されはじめ、昭和45年にはおよそ110を数えるようになった。従来一般山地河川について水文学的に解析対象となりうるような高水資料の入手がほとんど不可能に近かった。しかしこれらの多目的ダムによりはじめて大規模に精度の良い高水資料が入手できるようになったといえる。そこで講演者はこれらのダムの中から流域面積がそう大きくなく、10年以上またはそれに近い歴史を持ち、しかも水文資料が良く整備されている20ダム流域を選び出し、そこで非積雪期間中に発生したほぼすべての高水について、一雨毎にその総雨量と総有効雨量を計算した。一方山口高志等は東京都・豊橋市・名古屋市内の高度に発展した4都市河川流域において同様の計算を行った。本講演論文は山地河川流域における一雨毎の総雨量と総有効雨量の関係を都市河川流域のそれと対比しながら、山地河川流域の高水流出の特性を解析し、それにもとづいて山地河川流域を対象とする時間有効雨量の算定の具体的方法を提案している。

## 2. 一雨毎の総雨量と総有効雨量の関係

(1)山地河川流域 対象20ダム流域は全国に散らばり、高水流出を規定する各因子はいずれも異つた流域であるにもかかわらず、総雨量と総有効雨量の関係は一つの定形を例外なく示している。すなわち一雨による総有効雨量は総雨量の増加と共に徐々に増加の割合を増し、ある限界点以降は各増加量が一対一の関係を示す。また総雨量が20ないし30mm以下の場合の総有効雨量は極めて僅かである。図-1参照。

(2)都市河川流域 山口高志等により求められた都市河川流域における総雨量と総有効雨量の関係は4流域ともみな一本の直線関係で示され、点のバラツキも山地河川流域のそれと比較して著しくその幅がせまい。そして直線の傾斜は流域における不透透区域率にほぼ等しい値を示している。また総雨量が僅かであつても、それに対応した総有効雨量が発生している。図-2参照。

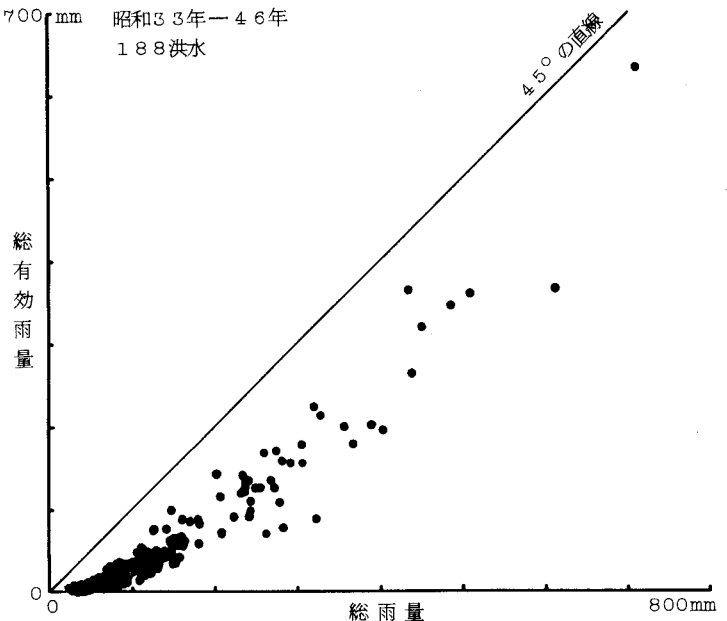
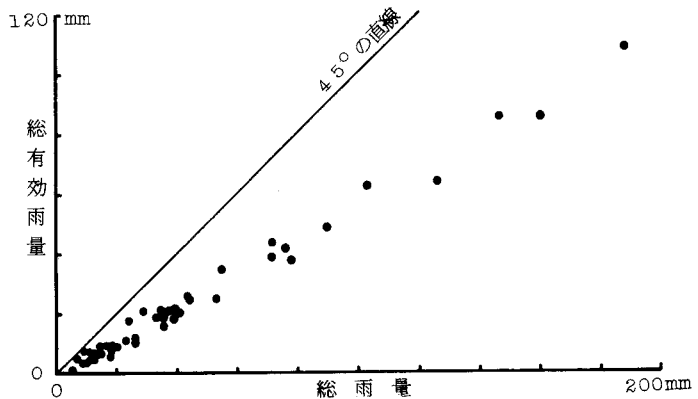
図-1 物部川永瀬ダム流域 ( $A = 295.2 \text{ K m}^2$ )

図-2 東京都谷端川流域

3. 山地ならびに都市河川流域が一雨毎の総雨量と総有効雨量の関係において異つた定形を示す理由

(1)山地河川流域 我が国の山地河川の流域の大部分は森林でおおわれ、したがつて表土層は森林土じようで占められているといつて良い。森林土じようのA層の浸透能は極めて大であり、雨水をすべて地表下に浸透させることができると考えて良いであらう。一方山腹の樹木の根は普通地表より1 m以浅の所に広がっており、B・C層中にはこれらの根が腐つてできた連続孔が網目を重ねたように広がつていて、これがA層をぬけてB・C層に到達した雨水をすみやかに河道に流出させる水道の役目を果していると考えられる。このような森林土じようで表土層が形成されている山腹に雨が降ると、雨水は表面から順にからの毛管水空隙（P F 価が1.7ないし4.2の水が入る空隙）を飽水させながら深部にいたり、表土層のからの毛管水空隙を全部飽水させた時点で中間流となつてC層の連続孔中を河道にむけて流下しはじめ、C層だけでは流下しきれなくなるとB層の連続孔中を河道にむけて流下すると考えられる。中間流がさらに大きくなり、C・B層では流しきれない状態に達つると中間流が地表に吹き出し、その地点から新しい河道が誕生すると考えられる。また表土層のからの毛管水空隙を満たした雨水はそのままそこに滞留して河道に流出せず、その後の蒸発散現象により失われて損失雨量になると考えられる。すなわち森林土じようでほぼ形成されている山腹では雨水はすべて浸透して表面流は発生せず、表土層のからの毛管水空隙が全部水で満された時点で中間流が発生する。ゆえに降雨開始より中間流が発生するまでの累加雨量はすべて損失雨量になり、中間流が発生した以降の雨量は一部地下水貯留にまわるほかは100%に近い量が河道に流出するのである。たとえばいま無限に降り続く雨を想定すると、まず露岩地帯やそれに準ずる地帯ではただちに表面流が発生し、そこでの累加雨量と累加有効雨量の関係は図-3中のA線ならびに部分④で与えられる。累加雨量の増加にともない、極めて薄い表土層地帯（前述同様Bと①）、薄い表土層地帯（Cと②）、中位の厚さの表土層地帯（Dと③）のからの毛管水空隙が順次飽水して中間流が発生して、厚い表土層地帯（Eと⑤）のからの毛管水空隙が飽水した時点を経にして、その後の雨量はすべて有効雨量となる。ゆえに流域全体の累加雨量と累加有効雨量の関係は一番厚い表土層地帯のからの毛管水空隙が飽水するまでは⑤・④・③・②・①の部分が合成されて下に凸の曲線をなし、それ以降は傾斜がほぼ45°の直線をなす。降雨開始時の流域の湿りが大きければ、標準的な状態に対して飽和点に早く達つしこの関係が上側にあらわれ、湿りが小さければ飽和点に達つるのが遅れ下側にあらわれる。

(2)都市河川流域 ここで例としてあげた東京都谷端川は流域面積5.42 km<sup>2</sup>、明らかに不浸透区域と断定できる面積の比率は53.1%であつて、残りは降雨が浸透可能な区域（浸透域

）である。このような流域に対しては不浸透域に降つた雨はただちに流出を開始し、しかもほぼ100%流出することは疑問の余地はないであらう。浸透域の浸透能は山地にくらべてはるかに小さいものであらうが都会地の場合流域全体の地勢としては緩い傾斜があつたとしても（地表面傾斜14.4%）、各小区画をとりあげるとほとんど平面と考へて良いから、浸透能をうわまわつて浸透しきれなかつた雨水は一時的にそこに滞留して、最終的には浸透してしまう可能性が大といえよう。そして山地の場合浸透した雨水が中間流となつて河道に流出するが、都市流域は中間流が発生し得るような場でないため、深部への鉛直透過のみ発生して、浸透域に降つた雨は有効雨量になる機会をほとんど得られないのであると考えられる。かくして降雨強度は総有効雨量を規定する因子たり得ず、総雨量と総有効雨量の間に直線関係が生じ、不浸透域率の値が直線

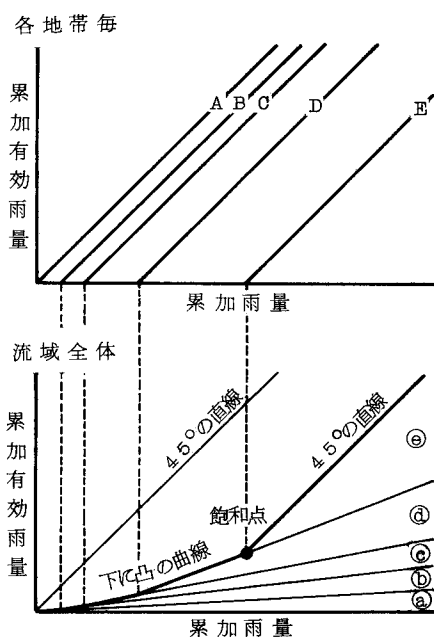


図-3

の傾斜とほぼ等しい値を示すものと考えることができる。

(3)山地河川流域と都市河川流域の違い 山地河川流域と都市河川流域の違いは、都市河川流域の浸透域が直接流出に参与しないのに対して、山地河川流域においては浸透域に降った雨が中間流出となつて直接流出に参与することである。これが両者が総雨量と総有効雨量の関係において異つた定形を示す理由である。

#### 4. 結論

以上の解析を総合して山地流域に対しては次のことがいえよう。①降雨強度は総有効雨量を規定する因子ではない。したがつて降雨に関しては累加雨量のみ考えれば良い。②累加雨量の増加にともなつて直接流出に参与する面積も増加して行く。直接流出にあらたに参与した区域においてはその後の雨量はほぼ100%有効雨量になる。③累加雨量がある限界点に達つると流域はほぼ飽和状態になる。限界点とは山腹の表土層のもつとも厚い部分のからの毛管水空隙を飽水させるに必要な累加雨量である。すなわち降雨開始時の流域の湿り具合に応じて未飽和毛管水空隙量がある値以下である区域の面積とそれとの関係曲線(未飽和毛管水空隙量面積曲線)が得られるならば、ある時間から単位時間内に降つた雨量(時間雨量)が直接流出に転ずる量(時間有効雨量)を求めることができると考えられる。

#### 5. 山地河川流域を対象とした時間有効雨量の算定の一方法について

先に定義した流域の湿り具合に応じた未飽和毛管水空隙量面積曲線が得られるならば、時間有効雨量を求めることができることになるが、実際問題としてこのようなものを広い流域に対して求めることは非常に困難というよりは不可能に近いことであるので、講演者は次のような簡便法を考へて見た。流域を完全に飽和させるに必要な累加雨量を飽和点雨量、飽和点まで雨が降り続いてちょうど止んだ場合の総有効雨量を飽和点有効雨量と定義し、ある湿りの状態で流域に無限に雨が降り続いた場合の累加雨量( $\Sigma r$ )と累加有効雨量( $\Sigma r_e$ )の関係を飽和点雨量( $R_s$ )と飽和点有効雨量( $R_{se}$ )の両値より次式のように表現する。図-4参照。すなわち飽和点(S)までは累加有効雨量は累加雨量のべき関数関係(下に凸な曲線)であらわされる。飽和点以降は傾斜が45°の直線関係であらわされる。ただし曲線は飽和点で直線に接するものとする。

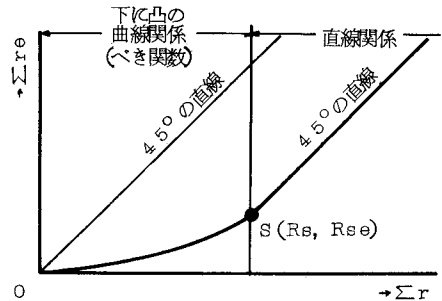


図-4

$$\Sigma r < R_s \quad \text{では} \quad \Sigma r_e = b(\Sigma r)^a, \quad a = R_s \div R_{se}, \quad b = R_{se} \div R_s^a$$

$$\Sigma r \geq R_s \quad \text{では} \quad \Sigma r_e = \Sigma r - R_s + R_{se}$$

すなわち時間有効雨量を求めるのに上記累加雨量と累加有効雨量の関係を用いるものである。

#### 6. おわりに

以上のような方法をとる利点は、まず対象とする流域と類似の流域における一雨毎の総雨量と総有効雨量の関係から容易に飽和点雨量と飽和点有効雨量の値を推定することができ、また飽和点雨量は流域におけるもつとも厚い土じょう層の未飽和毛管水空隙量にほぼ相当する量であるから、現地調査と土じょう試験により求めることが可能であることである。そして飽和点雨量と飽和点有効雨量は流域の湿りの度合をあらわす指標でもあるから、累加雨量と累加有効雨量の关系到流域の湿りの因子が導入され、より合理的に時間有効雨量が算定できることである。

#### 7. 参考文献

岡本芳美：山地河川の洪水流出高について、第18回水理講演会講演集

岡本芳美：山腹における降雨の浸透と流下について、番16回水理講演会講演集

岡本芳美：山腹における降雨の浸透と流下について(続報)、第17回水理講演会講演集

山口高志他2名：都市流出調査-降雨損失機構の検討-、土木技術資料13-10

図-2は建設省土木研究所山口高志氏の提供による