

国立防災科学技術センター 正員 岸井 徳雄

はじめに

洪水流出を推定するには通常、洪水流出の過程を解明し降雨を流出に変換しなければならぬ。しかし、降雨と流出に変換する過程においては、まず、降雨遮断、浸透、貯留、流路流下等の現象を解明し、次にはそれらをいかに定量化するかという問題がある。

そこで降雨～流出の過程を取り扱うのではなく、流域内の小流域で観測された流出量を用いて大流域の流出量を推定する方法、いわば流出量～流出量の関係のみを取り扱うことにより洪水流出を推定しようと試みる。

対象流域は、浦白川流出試験地(図-1)であり、当該試験地内に設置された小流域での流出量の観測値を用いて当該試験地(以下、大流域と呼ぶ)の流出を推定した。

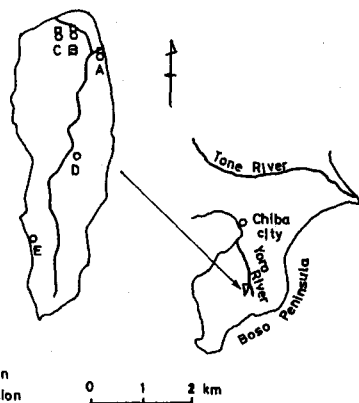


図-1 浦白川流出試験地及び観測所の位置

洪水流出の推定方法

当該試験地内の柿の木谷流域(流域面積:0.15km²)を基準小流域(図-2の斜線部分)と呼び、ここで観測された洪水時における流出量を基にして本試験地(大流域:流域面積8.6km²)内の小流域の流出量を求める。各小流域の流出量はそれぞれの小流域の面積と総雨量に応じて決める。そして小流域の流出量を大流域の下流端までの流路長に比例する時間遅れを与えて、最終的に大流域の流出量を推定した。その手順は以下の通りである。

大流域は、基準小流域と同程度の面積の小流域に分割された(図-2)。その個数は61である。それら小流域の平均流域面積は14.2haである。流路に沿って0.5km毎の小流域の流域面積と大流域の下流端からの流路長の関係を図-3に示す。

次に総雨量によって各小流域の流出量に重みをつけるため大流域内の雨量観測点5ヶ所の各々の支配流域をブレンセン法によって求め、各支配流域に含まれる小流域が決められる。

そこで、各小流域の流出量は、 $q_j(i) = q_0(i) \cdot (A_j/A_0) \cdot (R_j/R_0) \cdot (\eta_j/\eta_0)$ と書ける。ここで $q_0(i)$:基準小流域の流出高(mm/hr)、 i :時間(10分単位)、 A_0 :基準小流域の面積(km²)、 A_j :各小流域の面積(km²)、 R_0 :基準小流域の一雨雨量(mm)、 R_j :各小流域を支配する雨量観測点の一雨雨量(mm)である。さらに $q_j(i)$ に流路長に比例した時間遅れを与える。この結果流出量は $q_j(i')$ となる。ここで $i' = i - (L_j/v)$ 、 L_j :各小流域から大流域下流端までの流路長(m)、 v :流路における洪水の伝播速度(m/s)であり、各小流域からの流出量の和は、 $Q_d(i) = \sum_{j=1}^N q_j(i') \cdot (\eta_j/\eta_0)$ と表わされる。ここで、 A :大流域の面積(km²)、 $Q_d(i')$:大流域の推定値(mm/hr)である。

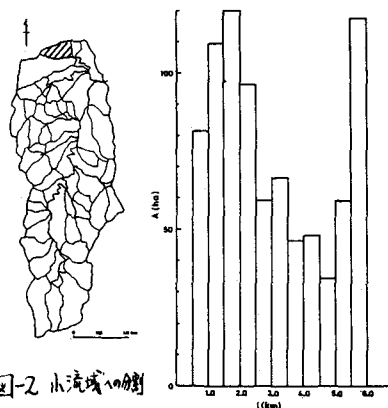


図-2 小流域の分割

図-3 流路長と流域面積の関係

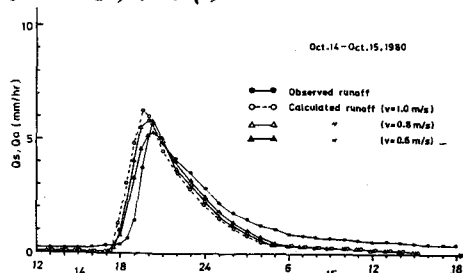


図-4 推定値と観測値の比較(555.10.14~10.15)

推定の結果

このようにして求めた推定値 Q_s と観測値 Q_o とを比較した洪水例を図4～図8に示す。これらの図は、洪水の伝播速度 V を0.5%から1.2%まで変化させ、推定値と観測値に、ピーク流量においてよく合う場合を送り、その結果、 $V=0.6\%$ 、 $V=0.8\%$ 、 $V=1.0\%$ が比較的良好に合う。伝播速度と対応に、

これらの図からわかるようにピーク流量における推定値と観測値との差は、 $V=0.6\%$ の場合 $0.2 \sim 1.1\%$ 、 $V=0.8\%$ で $0.2 \sim 1.0\%$ 、 $V=1.0\%$ で $0.3 \sim 1.5\%$ であった。次にピーク流量に対する各洪水の相対誤差の平均値は、 $V=0.6\%$ の場合 0.07 、 $V=0.8\%$ で 0.09 、 $V=1.0\%$ で 0.18 となる。一方、ピーク流量生起時の推定値と観測値との差は、 $V=0.6\%$ で10分～1時間20分、 $V=0.8\%$ で0～1時間30分、 $V=1.0\%$ で10分～1時間10分であった。

このようにピーク流量に関しては、推定値と観測値との差は、 $V=0.6\%$ 、 $V=0.8\%$ 共同程度であり、ピーク流量生起時には、 $V=0.6\%$ 、 $V=0.8\%$ 、 $V=1.0\%$ 共に大きな違いはない。

次に、各洪水例における推定値と観測値を比べて両者間の差異について述べる。10月14日洪水(図4)及び10月26日洪水(図6)のようにピーク流量が大きく、ハイドログラフの立上り及び下り減が早い洪水では、推定値の方が観測値より、ピーク流量の発生時刻が早く表れ、10月19日洪水(図5)、11月21日洪水(図7)及び3月25日洪水(図8)のように、逆にハイドログラフの立上り、下り減が緩やかな洪水では、推定値の方が観測値より、ピーク流量の発生時刻は遅くなる。

この原因としては、図4、図6のような洪水の場合は、他の洪水例に比して、洪水到達時間内の降雨強度が大きく、基準小流域においては大流域に比べてハイドログラフの立上り部分が急勾配でピーク生起時刻が早く、これらの結果として推定値の方が観測値より早くピーク流量が生じたと考えられる。

おわりに

小流域の観測流出量を用いて大流域の流出量を推定してみた。その結果、ピーク流量の誤差は $V=0.6\%$ の場合、7%で、 $V=0.8\%$ の内合9%で適合性がよかった。これらの伝播速度で大流域上流域から下流域までの流下時間を計算すると2.1～2.8hrである。一方、洪水到達時間の観測値は2.2hrである。両者の時間比べるとほぼ合っており、伝播速度の推定は妥当といえる。又、ハイドログラフの形もほぼ合っており、小流域のハイドログラフを流域平均値をしく大流域の流出量を推定した本方法は妥当と言える。

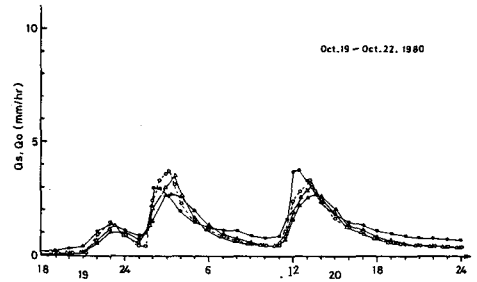


図5 推定値と観測値の比較 (S55.10.19～10.22)

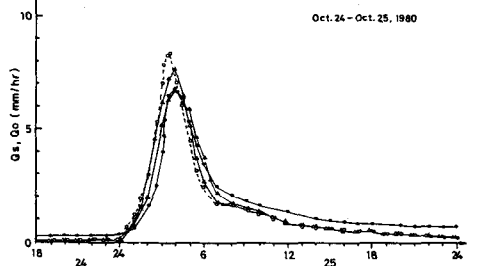


図6 推定値と観測値の比較 (S55.10.24～10.25)

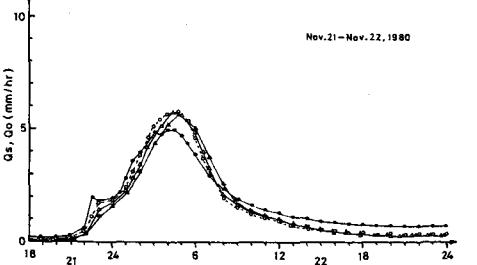


図7 推定値と観測値の比較 (S55.11.21～11.22)

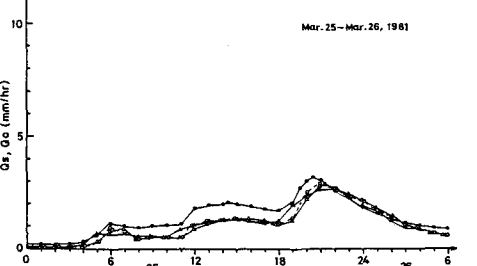


図8 推定値と観測値の比較 (S56.3.25～3.26)