

洪水時の流出成分について

京都大学防災研究所 正会員 石原密雄
大学院 ○学生員 奥村忠敬

1. まえがき

洪水時の流出成分には、地下水流出、中間流出、表面流出の三つがあることは周知のとおりであるが、観測されたハイドログラフの中でそれらの占める割合が時間的にどのように変化するかということになると、現在のところほとんどわかっていない。このような流出成分の分離については、水塊分析による定証的な手法とともに、水平分離、ハイドログラフの下降部の折曲点を利用するもの、Barnes の分離などの方法が用いられているが、明確な結果をえるまでに至っていない。本研究は、洪水流出過程の最近の知識を基礎とし各流出成分の流出特性を利用して、流出成分の分離を試みたものである。

2. 地下水流出と中間流出の分離

降雨強度が比較的小さく小規模な出水の場合には、表面流出を生じないで地下水流出と中間流出のみであると差えられる。地下水の流出機構に関しては未だ十分研究されておらず不明な点も多いが、流出量が多い出水期には指数型の減衰状態を示すものと考えてよい。こうした特性を示す流出過程のもっとも簡単な表現は次式の貯留型である。

$$\frac{dQ_1}{dt} = Y_1(t) - Q_1(t) \quad (1), \quad Q_1 = \lambda_1 Q_2 \quad \lambda_1: \text{定数} \quad (2)$$

ここに、 Q_1 , Y_1 , Q_2 はそれぞれ単位面積当りの貯留量、雨水供給量および流出量である。

一方、中間流出については、(1), (2) 式と同型の式によって表現されることがわかっているので、添字「2」でもって中間流出に関する諸量を表わすこととすると、

$$\frac{dQ_2}{dt} = Y_2(t) - Q_2(t) \quad (3), \quad Q_2 = \lambda_2 Q_2 \quad \lambda_2: \text{定数} \quad (4)$$

ここで注意しなければならないのは、雨水供給量 Y_2 , Y_1 である。これらはそれぞれの流出成分生起場への供給量であって、ある時刻の有効な降雨を $r(t)$ としたとき、 $Y_1(t)$ と $Y_2(t)$ との和は $r(t)$ とは必ずしも等しくないということである。すなわち、中間流出の生起場は流域ごく表面近くであるので、観測降雨から初期損失と浸透損失を引いたものが直ちにその時刻の供給量 $Y_2(t)$ となるが、地下水流出の生起場は地中であるので、その時刻に地中へ浸透した雨水は、それが地下水面に到達したときにはじめて地下水流出成分への供給量となるわけである。

こうした特性を考慮すると、いま対象としているような規模の出水では、はじめは中間流出成分のみが現われ、かなりの時間の経過後に地下水流出成分が現われるはずである。したがって、観測降雨から初期損失と浸透損失を引いた残りを $Y_2(t)$ として、(3), (4) 式より中間流出成分を計算し、その結果と地下水での減係数を利用して基底流量を差し引いたハイドログラフとも比較することによって、対象降雨による地下水流出成分が求められるはずである。図-1 は由良川大野ダム上流の流域を対象として計算した一例であって、こうして計算例から、本流域では降雨後約40時間のうちに地下水流出成分が現われることが確か

められた。ただし、この計算においては、中間流出成分に対して(3)、(4)式が成立するとしているので、流出量のピーク時には $Q_2(t)$ と $1/2(Q)$ とが等しくならねばならないということから、ある時刻の $1/2$ としてそれ以前何時間かの平均強度を用いたときに丁度上の条件を満足するような平均時間と採用して有効な降雨に変換した。この流域では、この平均時間は試算の結果5時間となったが、こうした変換は流域分割をし、各分割流域から観測点までの流達時間を考慮するのと同様である。

3. 中間流出と表面流出の分離

前項のようにして、中間流出と地下水流出の分離ができたので、その性質を利用して大規模の出水を対象として表面流出の分離が可能になる。大出水のときにはまず中間流出が現われ、その後表面流出が発生することは周知事実であるが、この場合には表面流出の発生条件が、中間流出の飽和時か、あるいは一定強度以上の強度の降雨がある場合が重要な問題である。降雨強度が比較的弱く継続時間が長い場合には前者の条件が満足されると考えられるが、非常に強い雨のときには総雨量が少なくても表面流出が現われるという事実から、ここでは後者の条件を採用した。そこで、急激な流出量の増加を示すハイドログラフの上昇部を用いて(3)、(4)式より $1/2$ を逆算し $1/2$ が急増するときをもって表面流発生限界の強度として、試算の結果本流域ではこの限界値として 10 mm/hr がえられた。したがって、観測降雨から初期損失と浸透損失を差し引いた残りの降雨について、さらに各時間について 10 mm/hr 以上の降雨分を除いたものについて、前項で述べたと同様に5時間平均雨量を計算して(3)、(4)式によって中間流出が計算できることとなる。このようにして計算した結果と基底流出分を除いた観測ハイドログラフとを比較したものが図-2 (a)、(b)である。この結果、ハイドログラフの立上り部および下降部で非常によく一致しており、この分離の合理性を示すものといえよう。

4. おわりに

以上表面流出の発生条件については99%疑問点が残るが、計算の範囲内では、各流出成分のピークは表面流出、中間流出、地下水流出の順序で現われ、とくに地下水流出分は降雨開始後約40時間後から生起することが判明した。

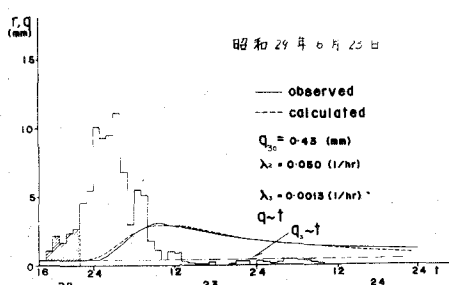
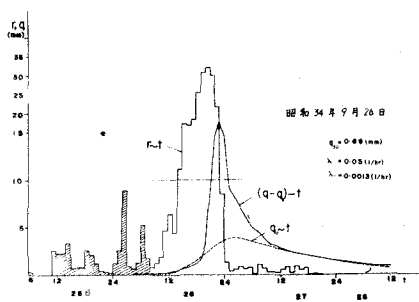
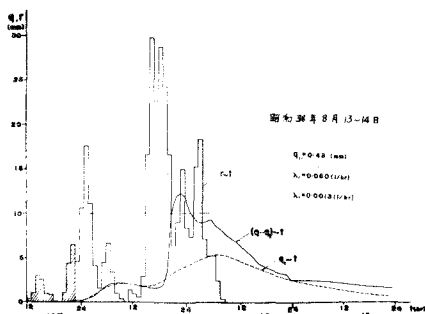


図-1
地下水流出と中間流出の分離例



(a) 昭和34年9月26日洪水



(b) 昭和34年8月13~14日洪水

図-2 中間流出と表面流出の分離例