

III-3 出水生起時における雨水の挙動に関する研究

京大農研員・工博石原安雄 京大農研員・工修高橋政馬 京大大学院・学生員・藤田哲史

雨水の損失現象の解明は、治水利水の両者から重視されており、Hortonの浸透能理論を始めとして従来多くの研究がなされてきている。しかし、その意義、特性の把握は今日においても充分とはいえず、出水解析上の大きな難点となっている。本研究は出水生起時近傍の雨水の挙動という面から、山地流域の損失現象の解明を計、たものである。

1. 損失現象と出水のサイクル：出水という点からみると、損失現象は、樹葉による遮断、凹地貯留、表面附近の土湿補充による初期損失と、地層深部の土湿不足を補うとともに主として地下水涵養源となる浸透損失との二つに大別でき、両者の性状および出水への関与の仕方には著しい相違がある。また地被状態の面からみると、流域は裸地(荒山)流域と森林土壌によつて覆われた表層被覆流域との二つに大別できるが、損失現象にはこうした地被性状が大きく影響する。出水解析の立場から損失現象を考えるにあたって、もっとも留意すべきことは、対象とする出水が属するサイクルの性状である。こゝにいうサイクルとは、前期と次期の直接流出の終了時の間隔を意味し、出水現象を長期にわたつて見ると一連のサイクルを構成していることがわかる。サイクルの性状は流域の気象条件および時間的長さによつて決まり、損失現象ひいては出水あるいは水資源問題の基礎は、このサイクルの性状の正しい把握にあるといつて過言ではない。本研究は、降雨にもとづく出水解析の基礎として、損失現象を考えたものであり

たものであり、図-1は冬期を除いた出水を想定して一つのサイクルを示したものである。

2. 初期損失：初期損失は、普通、樹葉遮断、凹地貯留、土湿不足の補充に費やされ、出水には関与しない降雨分と定義されている。裸地流域ではこうした降雨分は僅かであるとともに次第に述べる浸透と区別して考

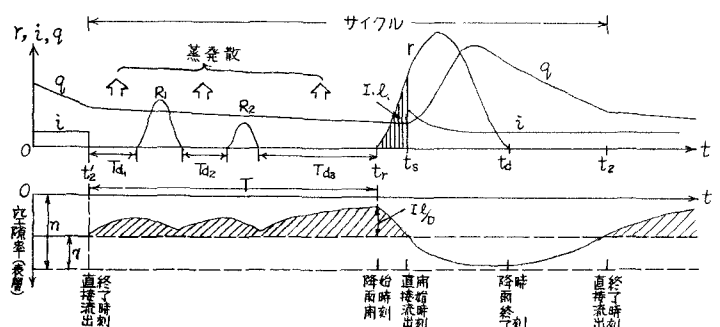


図-1

r: 降雨曲線 q: 流量曲線 i: 浸透能曲線

R: 前期降雨 I.L.: 初期損失 〰〰〰 土湿不足(表層)

える必要はない。初期損失が浸透と機構を明確に異にするとともに、出水に大きな役割を果たすのは表層被覆流域である。(1) 最大初期損失：表層被覆流域は主として森林流域であつて、表面には厚さ20~30cm程度の空隙が大きな森林土壌(表層)が存在し、その下部の土層に比べて透水性が著るしく大きく数百mm/m以上に達する。したがつて、こうした流域の表面に降つた雨水はすべて表層内に浸透すると考えてよい。表層内に浸入した雨水はある量に達すると表層下部から飽和され、重力水となつて流下する、これが直接流出の生起である。したがつて、初期損失は表層内の雨水が毛管保持の状態から重力水に移る時

向までの降雨分と考えられる。このように考えると、表層内が完全に乾燥している場合の初期損失すなわち最大初期損失 $(I.L.)_{max}$ は $(I.L.)_{max} = D(n-\gamma)$ で表わされる。こゝに、 D は表層厚、 n は表層の空隙率、 γ は毛管保持の状態から重力水に移る時の空隙率すなわち有効空隙率で、表層内の土壌構造によつてのみ支配される常数である。なお、樹叢遮断、凹地貯留は、乾燥の影響をあまり受けず量は少ないから、上に含めて考えればよいであろう。

(2) 初期損失とサイクリル；初期損失には降雨開始時刻の初期保湿度が影響することはさうまでもない。初期保湿度は前期直接流出終了時からの時間、その向の気温、湿度および直接流出を生じないような弱降雨(前期降雨)に支配されるから、対象とする出水のサイクリルが性状が重要となる。まず、前期出水の直接流出終了時刻 t_1 に降雨があつても初期損失は前述の定義から 0 である。 t_1 以後に降雨がないと主として蒸発散により損失がはじまる。蒸発散については種々の説があるが表層内水分は指数函数的に減少すると考えてよく、結局、対象とするサイクリル内に前期降雨がない場合には、初期損失 $I.L.$ は、 $I.L. = D(n-\gamma)(1-e^{-\alpha T})$ であらわされるであろう。こゝに α は気温、湿度の函数であつて一サイクリル内は常数と考えられ、 T は $(t_2 - t_1)$ で、 t_2 は対象降雨の開始時刻である。サイクリル内に前期降雨がある場合には、それが土湿不足を補うから、その影響を入れると、 $I.L.$ は結局、

$$I.L. = D(n-\gamma)(1-e^{-\alpha T_0})e^{-\alpha(T_0+\dots+T_{d(n-1)})} - R_1 e^{-\alpha(T_0+\dots+T_{d(n-1)})} - \dots - R_{i-1} e^{-\alpha(T_0+\dots+T_{d(n-1)})} - R_n e^{-\alpha T_{d(n-1)}}$$

で表わされる。こゝに、 R_i は t_i から i 番目に前期降雨量、 $T_{d(n-1)}$ は R_i と $R_{(i+1)}$ 向の無降雨日数である。なお、上式は降雨期間中は湿度が高いとつうことから蒸発散を 0 としている。以上述べたところから、初期損失は、流域の性状をあらわす D, n, γ 、とサイクリルの性状をあらわす α 、および R_i, T_{di} の大きさ、分布等に支配されることが理解できよう。現在、こうした観点から実際の資料を用いて初期損失の解析を進めている。

3. 浸透能：浸透能 i については従来実験的実証的および理論的な研究が多くなされてきており、Horton型の浸透能方程式、 $i = i_c + (i_0 - i_c)e^{-mt}$ が一般に成立することが認められている。こゝに i_0 は初期浸透能、 i_c は最終浸透能、 m は減指数である。たゞし、表層被覆流域では表層から下層への単位時間当りの浸透量を浸透能とする必要がある。従来の研究には、初期損失をも含めて損失を浸透能方程式で表わしているものがあるが、表層被覆流域では機構あるいは出水への関与の仕方にかなり明瞭な相違があるから、區別して取扱わねばならない。また、浸透能方程式を適用すべき時間区間は、その意義からして直接流出の起時 t_1 から終了時 t_2 までをとする必要がある。図-2 は、宝川本流試験区の資料から一連降雨の累加浸透量 I と直接流出の継続時間との関係を求めたものであるが、これからも浸透能方程式が成立することがわかる。こゝで特に注目されるのは、方程式に含まれる三つの量に、初期の保湿度状態によつて相異が現われ、すなわち浸透能はサイクリルの性状にはあまり影響されず、三つの量は流域によつて定まることである。以上の点についての詳細や、初期損失と浸透能を出水解析にあつてどのように評価するかについては講演時に述べる。

