

山地流域における降雨流出過程の時系列解析

新潟大学大学院自然科学研究科 ○成田雅幸

新潟大学農学部 川邊 洋 権田 豊

1. はじめに

流域に流入した降雨は、土壌や地下の様々な経路を通過した末に、溪流へと流出する。この過程に要する時間は通過時間と呼ばれている。降雨の通過時間は、流域内の植生条件による違いが大きく、特に森林は、幹や枝葉、土壌中に雨水を一時的に貯留し、河川の流量を平準化する機能を持っているため、森林の有無による差が大きいと考えられる。本研究では、新潟大学佐渡演習林の植生の異なる2つの流域(森林流域と草地流域)における通過時間の分布を、流出成分を表面流出や中間流出に分離し、また、水文データの交差相関係数を算出して、両流域の流出特性について比較・検討した。

2. 調査概要

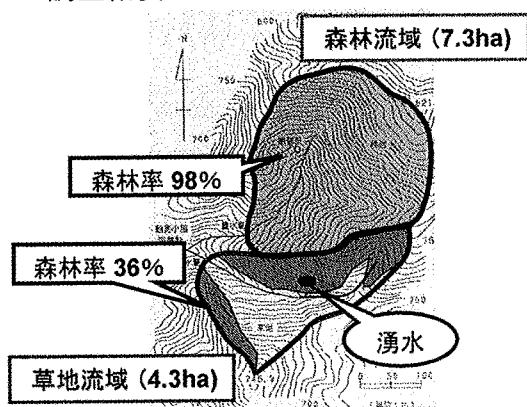


図1 研究対象流域

試験流域は、新潟大学佐渡演習林 18・19 林班内に位置する森林流域(7.34ha)と草地流域(4.32ha)である(図1)。森林流域の98%、草地流域の36%が針広混交林となっている(以後、森林流域を森林、草地流域を草地と呼ぶ)。

①水文観測 森林と草地の量水堰堤に設置した自記水位計で水位を計測し、流量に換算した。また、両流域の合流地付近の転倒柵型雨量計により、林外雨量を計測した。

②水質観測 草地の溪流水は1日1回自動採水器に

より採水し、森林の溪流水は演習林を訪れた際に採水した。林外雨・林内雨・湧水はポリビンにより採水した。採水したサンプルのEC(電気伝導度)、Cl⁻濃度を測定した。観測期間は2006年7月~12月である。

3. 結果と考察

3.1 流出成分の分離

土壌からの流出水は、地中で長い滞留時間を経た「古い水」であり、雨水とは化学成分が異なる。ここで、溪流水を、土壌中を通過してきた地中水起源の「古い水」と、雨水起源の「新しい水」が混合したものと考え、ECを用いて流出成分の分離を行った。

「古い水」の流量を Q_1 、「新しい水」の流量を Q_2 、溪流における混合後の合計流量を Q_3 とする。ECについてもそれぞれ、「古い水」を C_1 (湧水のECを使用), 「新しい水」を C_2 (雨水のECを使用), 混合後の溪流水を C_3 とする。溪流での混合前と混合後で、流量とECそれぞれについて、次式のような保存則が成り立つ。

$$Q_1 + Q_2 = Q_3 \quad \dots (1)$$

$$Q_1 C_1 + Q_2 C_2 = Q_3 C_3 \quad \dots (2)$$

式(1)と式(2)より Q_1 と Q_2 を求めた。

さらに、求めた Q_2 を中間流出と基底流出の成分に分離した。中間流出と基底流出の変換点は、ハイドログラフの対数表示にした通減部を複数の直線で近似したときの折れ点の位置から求めた。

流出成分を分離した、草地と森林のハイドログラフを図2、図3に示す。解析には2006年10月24日~11月6日のデータを使用した。グラフの横軸は降雨日を原点とした経過時間(日単位)をとっており、これは降雨が流出するまでの通過時間を意味している。

図2より、草地における降雨後の流量増加は中間流出の影響がもっとも大きい。この中間流出成分は、比較的通過時間の短い流路からの流出(飽和側方流、押し出し流)であると考えられる。流量増加後は地表流・地中流とも徐々に減少する。

図3より、森林での降雨時の流量増加は、表面流出と中間流出による影響であるが、草地に比べ流出全体に占める割合が小さい。これは、森林土壌の大きな浸透能により、早い流出が抑制されたためである。また、降雨時の流量増加の後も地中からの流出は続き、 $\tau=1$ (日)のときに中間流出の影響が最も大きくなる。このことも、森林土壌による流出遅れを示唆している。

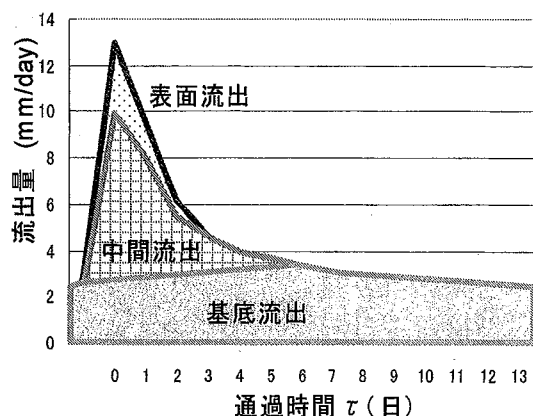


図2 草地流域の流出成分別ハイドログラフ

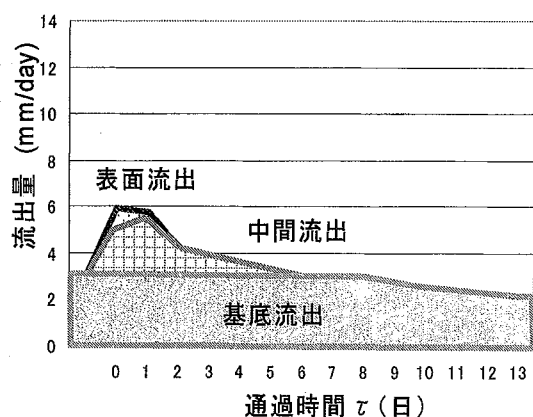


図3 森林流域の流出成分別ハイドログラフ

3.2 交差相関係数による流出時間の検討

交差相関を用いて、過去の降雨が現在の流出にどの程度影響を与えているのか調べた。交差相関係数 C_τ は、2つの時系列データ $x_1, x_2, \dots, x_t$ と $y_1, y_2, \dots, y_t$ において、タイムラグが τ であるときの2つの値の相関を示す値で、式(3)で定義される。

$$C_\tau = \frac{\sum_{t=1}^{N-\tau} (x_t - \bar{x})(y_{t+\tau} - \bar{y})}{\left\{ \sum_{t=1}^{N-\tau} (x_t - \bar{x})^2 \sum_{t=1}^{N-\tau} (y_{t+\tau} - \bar{y})^2 \right\}^{1/2}} \dots (3)$$

ここで、通過時間を τ とし、現在の時刻 t の降雨量 $x(t)$ と τ 時間後の流出量 $y(t+\tau)$ の相関をとり、 τ 時間後の流出量 $y(t+\tau)$ に及ぼす現在の降雨量 $x(t)$ の寄与の程度を推定した。使用データは2006年10月20日13:00~12月12日10:00の1時間降水量と1時間流量で、サンプル数は1270である。交差相関のグラフを図4に示す。

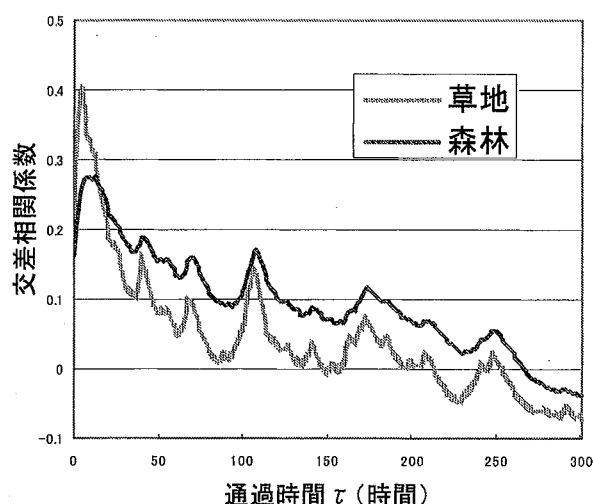


図4 1時間単位の降水量と流量の交差相関

図4から、相関のピークは、森林よりも草地の方が早いことから、森林での相関は森林土壌による流出遅れの影響を受けていることがわかる。ピークの持続時間は森林の方が長く、また、 τ の小さい範囲 ($\tau < 15$) での相関は、草地の方が高いのに対し、 τ の大きな範囲では、森林の方が高くなっている。このことから通過時間の長い流出の影響が大きいことがわかる。

4. 参考文献

- 新井 正(2004): 地域分析のための熱・水収支水文学, 古今書院, p 65 - 68
- 日野幹雄(1977): スペクトル解析, 朝倉書店, p 52 - 63
- 西藤 健(2007): 林地流域と草地流域の流出特性の比較 - 時系列解析を用いて -, 新潟大学農学部生産環境科学科卒業論文, p 59 - 72