

山地森林集水域での流出特性に及ぼす植生の影響評価～データ同化手法を用いた降雨流出解析

岐阜大学大学院 学生会員 ○西村 翼
 岐阜大学 正会員 吉村 英人
 岐阜大学 正会員 篠田 成郎

1. 背景と目的

山地森林域での降雨流出現象において植生による樹冠貯留効果の重要性が指摘されているものの、その定量評価には至っていない。これは、樹冠貯留特性が降雨規模やその履歴に影響され、時間的に変化するためと考えられている。そこで、本研究では植生を考慮した降雨流出モデルにパラメータの逐次更新が可能な粒子フィルタ法 (PF 法) を適用し、植生の状態と降水の貯留・流出特性との関係を解析することで、流出特性の経年変化に及ぼす植生生長の影響について評価する。

2. 対象集水域の概要

図-1 は本研究で対象とした岐阜県中津川市二ッ森山森ヶ洞集水域 (0.5km²) を示したものである。本集水域では 1998 年から 2007 年までの 10 年間、降水量および流量データが 10 分間隔で得られている。また、集水域面積全体の約 7 割がスギ・ヒノキに覆われている。

3. 植生状態の定量化

植生での一時貯留量は樹冠や樹幹での付着水量に依存すると考えられる。それゆえ、植生状態量の定量的指標として単位地表面積あたりの葉面積合計値として定義される葉面積指数 (LAI) を用いる。ただし、本集水域では現地での LAI 測定が行われていないため、石井ら¹⁾が導出した衛星データから得られる正規化植生指数 (NDVI) とスギ・ヒノキ人工林での LAI 実測値との関係式を用いて各年の LAI を取得する。

4. 植生考慮型モデルを用いた樹冠貯留効果の推定

(1) 植生考慮型降雨流出モデルの概要

一般的に、降雨流出モデルでは土中の水の挙動を定式化したものが用いられる。例えば、Matsui ら²⁾

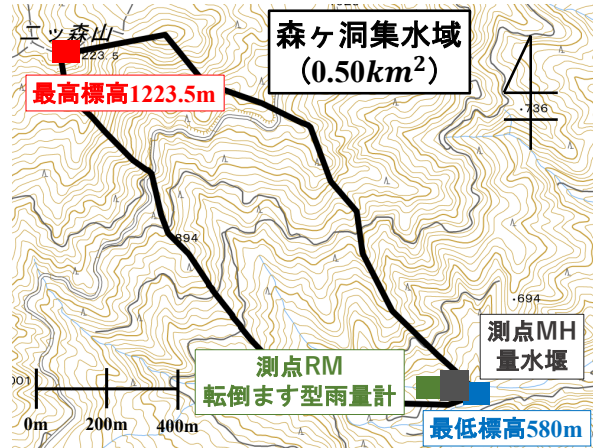


図-1 研究対象集水域

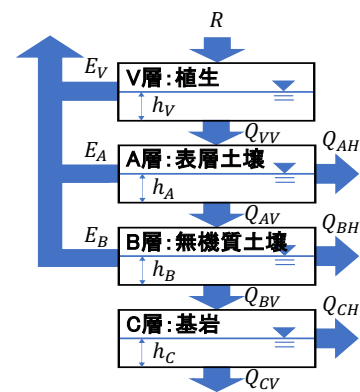


図-2 植生考慮型モデルの概念図

が提案した貯留関数法に基づく分布型コンパートメントモデルを集中型として簡略化したモデルでは、対象集水域を上から下へ鉛直方向に A 層, B 層, C 層に分け, 3 つの流出成分を仮定している。一方, こうした一般的なモデルに対して A 層の上に V 層を加えて植生による樹冠遮断の影響を検討した試みもある²⁾。本研究ではこうしたモデルを参考にして植生考慮型モデルとして図-2 に示すように水分移動をモデル化する。V 層での水収支式と鉛直方向流出高 $q_{VV,t}$ を以下に示す。

$$dh_{V,t} = (r_t - e_{V,t} - \alpha_{VV,t} h_{V,t}) dt \quad (1)$$

$$q_{VV,t} = \text{ratio} Q_{VV,t} (r_t - e_{V,t} + h_{V,t-1}) \quad (2)$$

ここに, $h_{V,t}$: V 層の貯水高 [mm], r_t : 降水量

[mm/10min], $e_{v,t}$: V 層からの蒸発散量[mm/10min], $\alpha_{VV,t}$: V 層の鉛直方向流出係数[/10min], $ratioQ_{VV,t}$: V 層鉛直方向流出率[-], t : 時間[10min]である. このシミュレーションによって河川に流出する流量が現地観測で実際に得られた流量に近くなるように, 未知パラメータ $ratioQ_{VV,t}$ の同定を行う.

(2) 粒子フィルタ法を用いた流出特性の解析手法

本研究では, パラメータの決定方法としてデータ同化手法を用いる. これは, シミュレーションモデルに観測値を埋め込むことで尤もらしい推定値を得る手法である. 植生による樹冠貯留特性は時間的に変化すると考えられるため, 時系列データを時間ステップごとに評価する逐次型データ同化の代表的手法である粒子フィルタ法(PF法)を適用して同定する.

5. 流出特性に及ぼす植生の影響評価

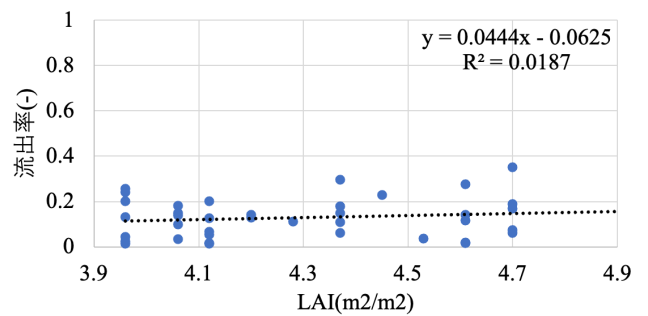
(1) 降雨イベントの分類と流出特性代表値の定義

植生の状況だけでなく, 降雨特性の違いによっても植生での一時貯留効果は異なるため, 降雨の特徴が近いもの同士で比較することが不可欠となる. ここでは, 24 時間以上の無降雨期間によって隣り合う降雨イベントを区切り, 降雨開始から降雨終了までを 1 つの降雨イベントと定義する. そして, イベント期間内の最大降雨強度が 10mm/h 以上(突発的降雨イベント)とイベント期間内の最大降雨強度が 10mm/h 未満かつ総降水量が 20mm 以上(継続的小雨イベント)に大まかに分類することとする.

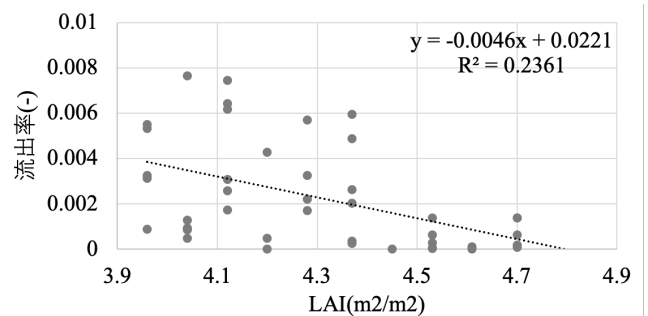
PF法で同定される $ratioQ_{VV,t}$ は時間的に変化する. 各イベントのパラメータ変動の特徴から突発的降雨イベントでは最大値, 継続的小雨イベントでは平均値を降雨イベントごとの流出特性代表値と定義する.

(2) LAI と植生層での流出特性代表値との対応関係

各イベントにおける LAI と V 層鉛直方向流出率の代表値との関係を図-3 に示す. 図には回帰直線とその決定係数も併記する. 図-3(a)より突発的降雨イベントでは, LAI と V 層鉛直方向流出率の最大値との関係は明瞭ではない. 大規模降雨のときは植生量の



(a) 突発的降雨イベント



(b) 継続的小雨イベント

図-3 LAI と V 層鉛直方向流出率との関係

違いが一時貯留効果に現れにくいと考えられる. 図-3(b)に示す継続的小雨イベントでは, LAI と V 層鉛直方向流出率の平均値の間にはやや弱い相関が確認される. 小規模降雨のときは植生の生長に伴う葉面積の増加によって, そこでの一時貯留効果も高くなると考えられる.

6. おわりに

LAI と V 層鉛直方向流出率との関係より, 一時貯留効果は降雨の特徴の違いによって大きく異なることが明らかになった. 今後, 植生の貯留効果を評価するためには, より細かく降雨イベントを分類することが重要となる.

参考文献

- 1) 石井孝, 梨本真, 下垣久: 衛星データによる葉面積指数 LAI の推定, 水文・水資源学会誌, Vol.12, No.3, pp. 210-220, 1999.
- 2) Matsui, Y. et al.: Predicting pesticide concentrations in river water with a hydrologically calibrated basin-scale runoff model, *Water Science and Technology*, Vol.45, No.9, pp. 141-148, 2002.
- 3) 渡邊信剛, 児島利治, 篠田成郎, 大橋慶介, 玉川一郎, 斎藤琢: 常緑樹林及び落葉樹林における樹冠遮断現象の現地観測とそのモデル化, 土木学会論文集 B1(水工学), Vol.68, No.4, pp. I_1759-I_1764, 2012.