

森林植生の季節変化が流域の洪水緩和機能に与える影響

Effect of forest vegetation phenology on flood mitigation function in a basin

○瀬戸 祥太*, 濱 武英*, 川島 茂人*, 中村 公人*

○SETO Shota, HAMA Takehide, KAWASHIMA Shigeto, and NAKAMURA Kimihito

はじめに 森林の荒廃化が顕著となっている今日、森林が有する様々な機能を定量的に評価することが求められている。洪水緩和機能も森林のもつ重要な機能とされているが、その評価方法は未だ確立されていない。そこで、我々は、ハイドログラフとハイトグラフから直接流出と基底流出を分離する方法 (Linら, 2007) をもとに、洪水緩和機能の新たな指標化方法を開発した。さらに、洪水緩和機能に影響を及ぼす因子として考えられる地表植生の季節変化との関係について解析した。

1. 新しい評価法の提案

a) ホートンの浸透理論

本手法ではホートン浸透曲線 (式 (1)) を基本とする。ここで t は降雨開始時刻からの時間であり、 $f(t)$ は浸透能 [mm h^{-1}], f_0 は初期浸透速度 [mm h^{-1}], f_c は最終浸透能 [mm h^{-1}], β は逓減係数 [h^{-1}] である (Fig.1).

一方、地下水帯へ排出される速度 $f_g(t)$ [mm h^{-1}] は、 f_c を用いて、式 (2) のように表される。ここで、式 (2) を流域からの基底流出と考えると逓減係数 β によって直接流出と基底流出が決定され、同時に流域に保水される量を決定することができる。

b) 逓減係数の推定法

流域からの流出量が実際に立ち上がった時刻 t_a を降雨強度 $p(t)$ が実浸透速度 $f_a(t)$ [mm h^{-1}] を超える時刻と考える。また、時刻 t_a より以前の浸透速度は降雨強度に等しいと考えられ、実浸透速度は式 (3) のように表される。ここで、 $f_{0,a}$ は実初期浸透速度であり、時刻 t_a での降雨強度と等しいとする。また、同様に、地下水帯への排水過程が t_a だけ遅れると仮定すれば、実基底流出速度 $f_{g,a}(t)$ [mm h^{-1}] は、式 (4) で表される。

式 (3) と式 (4) の差を時刻 $t=0 \sim t_r$ (降雨終了時刻) で積分したものは、不飽和土壌に捕捉される水量 W_p [mm] と考えられる (式 (5))。また、降雨期間中の水収支から、式 (6) を導くことができる。ここで、 $q(t)$ は、流域末端部での流出量 [mm h^{-1}] である。式 (5), (6)

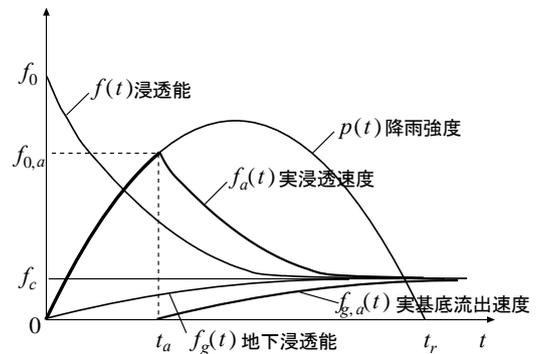


Fig. 1 ホートン浸透曲線と実浸透曲線
Horton infiltration curve and actual infiltration curve

$$f(t) = f_c + (f_0 - f_c) \exp(-\beta t) \quad (1)$$

$$f_g(t) = f_c [1 - \exp(-\beta t)] \quad (2)$$

$$f_a(t) = \begin{cases} p(t) & 0 \leq t < t_a \\ f_{0,a} + (f_{0,a} - f_c) \exp\{-\beta(t - t_a)\} & t_a \leq t \end{cases} \quad (3)$$

$$f_{g,a}(t) = \begin{cases} 0 & 0 \leq t < t_a \\ f_c [1 - \exp\{-\beta(t - t_a)\}] & t_a \leq t \end{cases} \quad (4)$$

$$W_p = \frac{f_{0,a}}{\beta} [1 - \exp(-\beta t)] \quad (5)$$

$$W_p = \int_0^{t_r} p(t) dt - \int_0^{t_r} q(t) dt = \int_0^{t_r} \{f_a(t) - f_{g,a}(t)\} dt \quad (6)$$

*京都大学大学院農学研究科 Graduate School of Agriculture, Kyoto University

Keywords: 洪水緩和機能, ホートン浸透曲線, NDVI

より、実測された $p(t)$, $q(t)$ を用いて逓減係数 β を算出することができる。なお、前後 24 時間無降雨で総降雨量 25mm 以上の降雨イベントについて検討した。

c) 最大流域保水量

式(6)の右辺を無限まで積分した値は、降雨が無限時間降り続いたと仮定したときに流域に保水される最大量 W [mm] と考えることができる。

2. 対象流域

滋賀県南東部に位置し、日野川上流の大篠原森林流域を研究対象地とした。流域面積は約 20ha で標高は約 145m~280m, アカマツなどの針葉樹が優占種であり、濛筋に落葉樹が見られる。

3. 結果と考察

本研究では植生量の指数に NDVI (Normalized Difference Vegetation Index) を用いた。2004 年から 2007 年までの年変化を Fig.2 に示した。また、同期間の実初期浸透速度 $f_{0,a}$, 逓減係数 β , 最大流域保水量 W の年変化を Fig.3 に示した。

実初期浸透速度 $f_{0,a}$, 逓減係数 β が植生量 (NDVI) の年変化と同様に、夏季に高くなるのが分かる。これは実初期浸透速度 $f_{0,a}$ が夏に高くなるのは、夏季の樹冠発達による降雨遮断の増大や地表面上の植生被覆による蒸発散量の増加、降雨開始前の土壌水分量の低下などの影響が考えられ、降雨イベント発生前の状態が地表流の発生しにくい状態を示している。

また、逓減係数 β は逆数をとると時間次元となり、これは降雨イベント中に流域に保水された水が基底流出として漸次的に流出する時間を示す。夏季になるとこの時間が短くなることは、ピーク流出を構成する基底流出成分が大きくなることを表す。一方、流域最大保水量 W は 2004 年から 2007 年で 30mm から 100mm の範囲で推移しており、ほぼ一定であると考えられる。

以上を総合的に考察すると、実初期浸透速度 $f_{0,a}$ と逓減係数 β は、流出過程を評価する二つの指標と考えられ、前者は樹冠から地表面までの状態を表し、後者は土壌中からの流出時間を代表すると考えられる。

4. おわりに 実初期浸透速度、逓減係数と植生量の間には、一定の関係があることが明らかになった。しかしながら、現在のモデルでは、流域の樹冠から地表面までの範囲を一体的に扱っているため、今後、モデルを再検討するとともに、パラメータの物理的意味についても検証する必要がある。

参考文献 Lin,K.Guo,S.Zhang,W. and Liu,P.(2007):A new baseflow separation method based on analysis solutions of the Horton infiltration capacity, Hydrol.Process, 21, 1719-1736

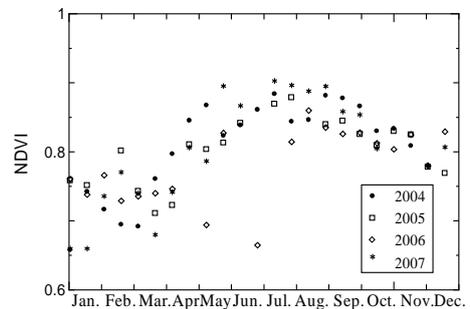


Fig.2 NDVI の年変化

Annual change in NDVI

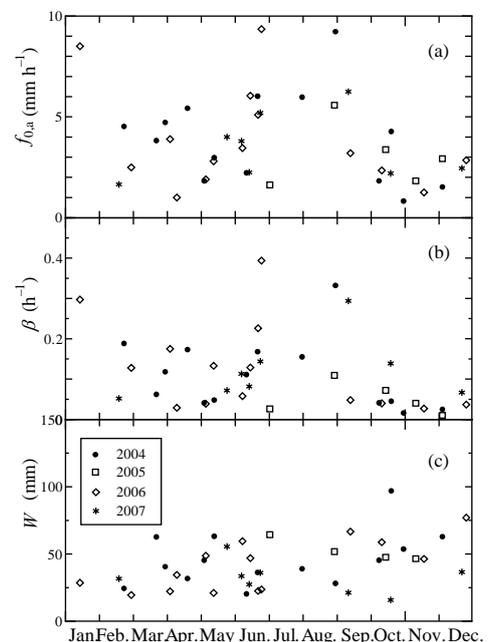


Fig.3 (a) 実初期浸透速度 $f_{0,a}$, (b) 逓減係数 β , (c) 最大流域保水量 W の年変化

Annual changes in actual initial infiltration rate, attenuation factor, and maximum capacity in basin.