

第 部門

森林の「緑のダム」機能による洪水緩和効果

京都大学大学院工学研究科

京都大学防災研究所

京都大学防災研究所

京都大学防災研究所

学生員 ○可児 良昭

フェロー 寶 馨

正会員 立川 康人

学生員 佐山 敬洋

1. はじめに

山腹斜面における森林の機能として、洪水や渇水を低減する機能がある。すなわち、森林に覆われた山腹斜面は、大雨時に雨水を貯留して洪水を防ぎ、貯留した水を徐々に流していくことで渇水を防ぐ機能を持つ。森林の持つこれらの機能は、一括して「緑のダム」機能と呼ばれる。

本研究では、降雨遮断の影響、および人工ダムで一般的に行われている貯留量制御を考慮に入れ、その上で「緑のダム」がどの程度の規模の人工ダムに匹敵するかを考える。

2. 対象流域の概要

本研究では滋賀県姉川支川高時川流域（流域面積 100km^2 ）を対象とする。国土地理院発行 50m メッシュ数値標高データを用いて作成した本流域の概要を Fig. 1 に示す。



Fig. 1 高時川流域の概要

3. 流出モデルの概要

本研究で用いるセル分布型モデル¹⁾の概要を以下に説明する。

- ・流域全体を、国土地理院発行の数値地形情報（DEM）を用いて、正方形セルの集合として表す。
- ・上流のセルの雨量は、下流のセル（周囲8方向）のうち、最も勾配の大きい1つのセルのみに向かって流れるものとする。
- ・各セルの雨水流出追跡は、kinematic wave 法を用いる。
- ・表層内の地中流を不飽和流れが支配するマトリクス部、および重力水が支配する大空隙部に分け、さらに地表面流と統合して解析する²⁾。土層のモデルを Fig.2 に、また流量流積関係を（1）式に示す。

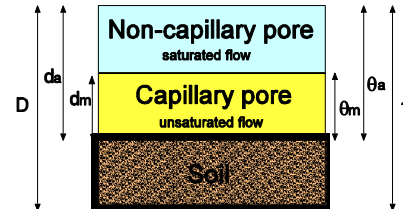


Fig. 2 表土層とその定数

$$q = \begin{cases} a_c d_m \left(\frac{h}{d_m} \right)^\beta & (0 \leq h \leq d_m) \\ a_c d_m + a(h - d_m) & (d_m < h \leq d_a) \\ a_c d_m + a(h - d_m) + \alpha(h - d_a)^m & (d_a < h) \end{cases} \quad (1)$$

$$\alpha = i^{1/2}/n \quad (2)$$

$$a_c = k_c i \quad (3)$$

$$a = k_a i \quad (4)$$

ただし、 D ：全層厚， k_c ：マトリクス部の透水係数， k_a ：大空隙部の透水係数， θ_a ：空隙率， $d_a = D \theta_a$ ， θ_m ：マトリクス層に対する空隙率， $d_m = D \theta_m$ ， i ：斜面勾配， n ：等価粗度， $\beta = k_a/k_c$ ：透水係数比，である。

4. パラメータの同定

2003年8月7日～13日の雨量データ（中河内・鷺見・菅並の3地点、総降雨量は菅並で214mm）と流量データ（菅並）を用いてパラメータの同定を行った。各セルに入力する雨量データは、最近隣の雨量観測所における観測雨量を用いた。また、森林による降雨遮断の影響を考慮するため、遮断率を0.2とし、降雨強度に0.8を乗じた値を入力降雨とした（一定比損失）。その結果、 $k_a = 0.0025$ (m/s)， $d_a = 160$ (mm)， $\beta = 4.0$ ， $d_m = 120$ (mm)， $n(\text{forest}) = 0.7$ ($\text{m}^{-1/3}\text{s}$)， $n(\text{river}) = 0.05$ ($\text{m}^{-1/3}\text{s}$)という値が得られた。

5. 「緑のダム」効果の定量化

本章では、小杉の研究³⁾を参考にし、流域全体にわたって不透水性の地表面（緑のダムがない場合を想定）を仮定した場合と、流域のほとんどが森林に覆われた実際の地表面の場合とを比較する。ここで「緑のダム」の治水効果を定量的に示す。

具体的には、以下の手順により「緑のダム」の効果を定量化する。

- 1) 流域には全く森林が無く、不透水性の地表面に覆われているとし、流域の下端にダム貯水池があるとする。
- 2) 1)で仮定した流域に、今回対象とする降雨を与え、計算流量を得る。
- 3) 前章（4.）で求めた流出モデルパラメータを用いて、流域が森林で覆われている場合の流出計算を行う。
- 4) 2)で得た計算流量のうち、3)で得た森林流域の計算ハイドログラフの最大ピーク流量を上回る分を全量カットするとし、必要な貯水池容量を計算する。この貯水池容量を、治水に対する「緑のダム」容量であると考え。

以上の手順を用いて、前節で同定されたパラメータをもとに、流域に三角形降雨（2日間降雨量 30mm-480mm）を降らせ、「緑のダム」が洪水低減に寄与した容量（貯水量の最大値）の変化を Fig. 3 に示す。図中には、森林による降雨遮断として観測降雨に 0.8 を乗じたケースと、観測降雨をそのまま用いたケースを示している。

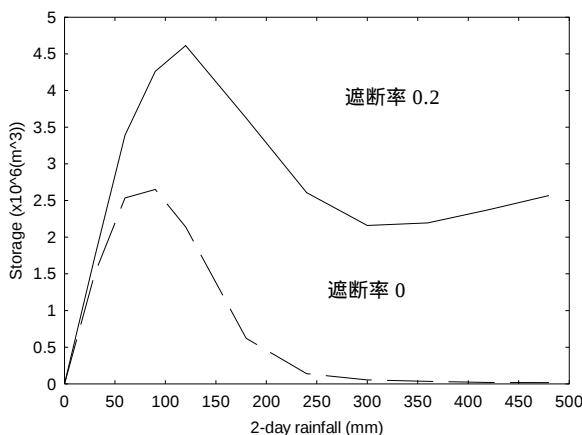


Fig.3 流域の「緑のダム」容量の変化

Fig. 3 の遮断率 = 0 の場合（点線）のグラフで示される値が、ピーク流量低減に及ぼす「緑のダム」の貯水量であるが、このグラフによれば、2 日間降雨量が 90mm 程度のときに最大となり、その後「緑のダム」の貯水量は減少する。そして2 日間降雨量が 300mm を超えると、「緑のダム」の貯水量はゼロに近づき、ほとんどダムの効果を発揮できないことが分かる。

遮断率 = 0.2 と仮定した場合は、降雨の 2 割に相当する量が遮断されるとしているため、降雨量が増加するにしたがって、降雨遮断量は増加していくものと考えられる。Fig. 3 において、遮断率 = 0.2 の場合、2 日間降雨量 120mm 程度のとき最大となり、その後「緑のダム」の貯水量は減少する。そして2 日間降雨量が 300mm を超えたあたりから「緑のダム」の貯水量は増加している。これは、遮断率 = 0 の場合に見られる2 日間降雨量に対する「緑のダム」の貯水量の変化（Fig. 3 の破線のグラフ）と、総降雨量が増加するにつれて降雨遮断の寄与が大きくなったことの、2 つの効果の組み合わせだった結果であると考えられる。

6. まとめ

本研究では、流域の森林が洪水緩和に貢献した貯水容量（「緑のダム」の貯水量）を定量的に把握することを目的とした。高時川流域において、降雨規模を 30mm ~ 480mm に設定した結果、2 日間降雨が 120mm 程度のとき、高時川流域の「緑のダム」による洪水低減効果は最大となった。

参考文献

- 1) 児島利治・寶馨・岡太郎・千歳知礼：ラスタ型空間情報の分解能が洪水流出解析に及ぼす影響，水工学論文集，第 42 巻，pp.157-162，1997.
- 2) 立川康人・永谷言・寶馨：飽和・不飽和流れの機構を導入した流量流積関係式の開発，水工学論文集，第 48 巻，pp.7-12，2004.
- 3) 小杉賢一朗：水資源管理において森林が果たす役割について，平成 16 年水資源学シンポジウム「転換期を迎えた水資源学～水資源管理変革前夜～」講演集，平成 16 年 3 月 23 日，日本学術会議，pp.45-49，2004.