

研究種目：基盤研究（A）

研究期間：2006～2009

課題番号：18201036

研究課題名（和文） 基岩－土壌－植生－大気連続系モデル開発による未観測山地流域の洪水
渇水の変動予測

研究課題名（英文） Prediction of flood and drought in ungauged mountainous basins by developing
a hydrologic model for the bedrock-soil-vegetation-atmosphere continuum

研究代表者

谷 誠 (TANI MAKOTO)

京都大学・大学院農学研究科・教授

研究者番号：00314245

研究分野：森林水文学

科研費の分科・細目：社会・安全システム科学・自然災害科学

キーワード：水災害、未観測流域水文予測、斜面水文学、蒸発散、土壌水分、基岩地下水、マ
クロポアー、スケール問題

1. 研究計画の概要

水・土砂災害防御や水資源確保は安全な生活の維持における重要課題であるが、個々の流域の水・土砂害や渇水の発生予測は、地形、植生、土壌、基岩構造がきわめて小さい空間スケールにおいて不均質であるため、実際に観測しないでも予測するという水準までには至っていない。そこで本研究では、未観測山地流域の洪水渇水予測に介在する不確実性を減少させるため、山地河川流域内の斜面における基岩－土壌－植生－大気連続系の水輸送の予測モデルを、各種不均質性の効果を取り込んで構築する。

2. 研究の進捗状況

(1) 樹種や群落構造のガス交換に及ぼす影響を評価できる多層モデルを開発し、ヒノキ林の長期蒸発散量の観測結果による検証を行い、成長に伴う蒸発散の構成成分の変化を明らかにした。

(2) 風化花崗岩の斜面での水文観測により、溪流奥の谷頭部斜面と溪流側方谷壁斜面とでは、降雨増加に対する洪水流の拡大傾向が異なることが明らかになり、斜面地形別の洪水流出モデルの作成に必要な知見が得られた。

(3) 風化花崗岩斜面における基岩地下水の水位と水質の変動を観測することにより、基底流に関して基岩からの流出の寄与の大きさを推定することができた。また、基岩内の地下水位が夏の長期降雨によって大きく変動すること、シリカ濃度が土壌水の影響を受けて低下するが、地下水位が下降した後も数ヶ月にわたって低濃度が持続することがわ

かった。このことは、基岩地下水の動態を2～3次元的に把握する必要性を示しており、渇水予測のためには、土壌・基岩を通じた水流動のモデル化が重要であることがわかった。

(4) 堆積岩山地での流出機構に関しては、斜面2カ所でのボーリングを実施した結果、地下水面が深いこと、しかし、湿潤な条件では応答が速やかになることが明らかになった。

(5) 以上のように、未観測流域にも適用可能な連続系モデルの開発に関しては、土壌及び基岩で構成される各透水層の流出に対する地形条件や土壌物理条件の影響、両透水層の相互作用の両方が的確に組み込まなければならないことがわかった。これらのことから、流出応答の再現力の高い HCYMODEL のパラメータに、観測結果から得られてきた知見を取り込めるようにもってゆく方針が立てられた。

(6) 未観測流域における流出機構を推定するためには、空間的に不均質に分布するマクロポアーやパイプ状の水みちの効果をもどのように扱うのが非常に大きな難題になっている。そこで、マトリックポテンシャルがゼロに近い付近で透水係数が大きく変化するようなパラメタリゼーション手法を開発して、圧力水頭・水理水頭の分布に及ぼす影響を調べた。それにより、洪水流出応答に対するマクロポアーの影響について、粘土質の土壌では砂質土壌に比べて大きくないなど、新しい知見が得られた。

3. 現在までの達成度

②おおむね順調に進展している。

(理由)

このような野外観測データをベースにして研究を推進する場合、データ取得にふさわしい規模の降雨事例を要するが、比較的少雨年が続き、観測に遅れが生じた。しかしながら、基岩における地下水変動など、これまでに得られなかった新しいデータを取得することができ、十分に成果を挙げることができた。モデル開発においては、森林成長によって蒸発散特性がどのように変化するかを推定できる多層モデルを開発できたほか、マクロポアーの流出に及ぼす役割を評価できる成果を得た。これらを総合的にみて達成度を判断した。

4. 今後の研究の推進方策

これまでの研究成果を基に、未観測流域の基岩－土壌－植生－大気連続系の水輸送の予測モデルを構築するステップを推進している。具体的には、貯留型のモデルに地形や基岩・土壌の透水性、植生の効果をパラメータ化する。観測データとしては、堆積岩地域の複数の流域の流出データを新たに取得し、すでにデータの得られている花崗岩流域の結果と比較解析を行い、これらの流出特性の違いを説明することによって、未観測流域の予測にも耐えうるモデルを構築する。

5. 代表的な研究成果

(研究代表者、研究分担者及び連携研究者には下線)

〔雑誌論文〕(計 14 件)

- ① Tani, M.: Analysis of runoff-storage relationships to evaluate the runoff-buffering potential of a sloping permeable domain. *Journal of Hydrology* 360, 132-146, 2008, 査読有
- ② Fujimoto, M., Ohte, N. and Tani, M.: Effects of hillslope topography and hydrological responses in a weathered granite mountain, Japan: comparison of the runoff response between the valley-head and the side slope. *Hydrological Processes* 22: 2581-2594, 2007, 査読有
- ③ Kosugi, K.(5人のうち1番目): Anomalous behavior of soil mantle groundwater demonstrates the major effects of bedrock groundwater on surface hydrological processes. *Water Resources Research* 44.W01407. DOI:10.1029/2006WR005859, 2008, 査読有
- ④ Kosugi, Y.(7人のうち1番目), Tani, M. (5番目): Evapotranspiration over a Japanese cypress forest. I. Eddy covariance fluxes and surface conductance characteristics for three years. *Journal of Hydrology* 337, 269-283, 2007, 査読有
- ⑤ Kosugi, Y., Katsuyama, M.: Evapotranspiration over a Japanese cypress forest. II. Comparison of the eddy covariance and water budget

methods. *Journal of Hydrology* 334, 305-311, 2007, 査読有

〔学会発表〕(計 35 件)

- ① 細田育広: 古生層堆積岩流域斜面における基盤岩地下水位変動の実測、2008年度水文水資源学会研究発表会、2008/8/26、東京。
 - ② 藤本将光, 谷誠, 大手信人, 谷尾陽一: 花崗岩山地斜面における岩盤地下水の動態、第119回日本森林学会、2008/3/28、東京。
 - ③ 谷誠: 未観測流域の流出予測における斜面水文学の役割、2007年度水文水資源学会研究発表会、2007/7/26、名古屋。
 - ④ Tani, M.: Evaluating an ambivalent effect of slope length on runoff generation using a water storage index, XXIV IUGG General Assembly, 2007/7/11, Perugia.
 - ⑤ 勝山正則, 福島慶太郎, 徳地直子, 大手信人, 谷誠: 森林流域の降雨流出過程に対する基岩の役割、第118回日本森林学会、2007/4/3、福岡。
- 〔図書〕(計 2 件)
- ① 谷誠: 水の循環における森林の役割、太田誠一編 *森林の再発見*、京大出版、133-184、2007。
 - ② 大手信人: 水の動きが支配する森林の物質循環、森林水文学編集委員会編: *森林水文学*、森北出版、212-229、2007。