

## 花崗岩山地における基岩地下水の降雨応答特性が流出に及ぼす影響

京都大学院農学研究科 ○肥沼直輝 小杉賢一郎 正岡直也

### 1. はじめに

山地における降雨流出に関しては地形条件や森林土壌の影響が重要視されており、基岩内まで浸透する雨水は水収支上の損失項としてのみ扱われてきた。しかし近年、基岩地下水が無降雨時の渓流水の主要な涵養源であるという指摘や、降雨による基岩地下水の急激な上昇が深層崩壊現象の直接の誘因であるとの指摘が成され、基岩地下水の役割に注目が集まっている。しかしながら、急峻な山地源流域での降雨による基岩地下水の変動を直接的に観測した例は極めて少ない。そこで本研究では、花崗岩を基岩とする山地源流域において対象流域の地下水構造を解明し、降雨流出に対する地形と基岩地下水の影響について検討を行う。

### 2. 研究概要

#### 2.1 対象流域

滋賀県大津市の南部の田上山地に位置する不動寺試験地を対象流域とした。流域面積 2.3ha の山地源流域であり、平均勾配は 23° である。基岩地質は後期白亜紀にマグマが地下深くにおいてゆっくり冷え固まってできた花崗岩（新期領家花崗岩類）である。

#### 2.2 観測方法

流域全体の出口（F0 地点）、流域内部の小流域出口（F1～F6）に量水堰を、流域内 74 地点（基岩内：66 本、土層内：8 本）にボーリング孔を設置し、それぞれの地点の流量及び基岩地下水位を観測した。観測期間は 2012/6/5～2015/11/9 である。規模の異なる降雨イベントを対象として各小流域からの流出量の違いを比較した上で、違いが生じる原因を小流域の地形および各小流域内の基岩地下水の変動パターンに基づき検討した。

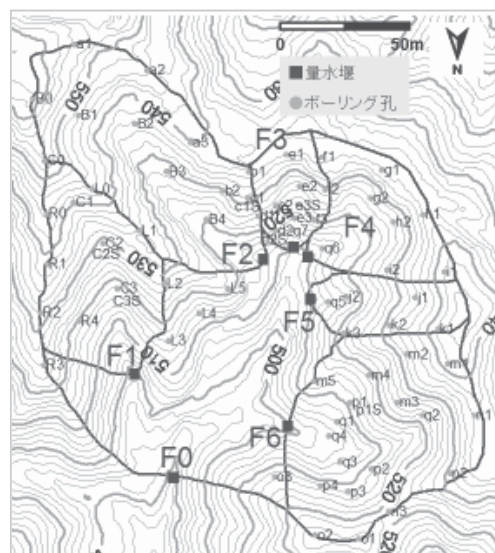


図 1：調査地の地形と測機の配置

### 3. 観測結果・考察

#### 3.1 基岩地下水と流出ハイドログラフの関係

Dupui-Forchheimer discharge formula では流量（ $Q$ ）の  $1/2$  乗と地下水位に比例関係があることが示されるので、流域内の基底流量の  $1/2$  乗と地下水位の相関を求めた。図 2 には 2013/1/1～2014/12/31 の F1 流域の量水堰の流量の  $1/2$  乗（ $Q^{1/2}$ ）と、C3 地点の地下水位を示している。さらに、流量の 1 次ピークを除いた基底流（ $Q_b$ ）を黒丸でプロットした。F1 流域の量水堰の基底流量と C3 地点での地下水位の波形は良好に対応しており、相関係数は 0.77 と高い値を示した。F1 流域内のその他 13 地点の基岩内地下水でも、流域の上部では相関係数が 0.46～0.52、中部では 0.54～0.61、下部では 0.67～0.78 と相関関係が確認され、堰に近づくほど相関が高くなるという傾向が見られ

た(図3)。このことより流域末端の地下水位変動がもっともF1流域の流出量に影響を与えていると考えられる。

上流域の基岩内地下

水位は降雨に対する反応が緩やかであった。一方で中流域から下流域の基岩内地下水は降雨に対して鋭敏な反応を示すとともに、上流域の地下水変動の影響を受けていることが示唆された。

### 3.2 降雨イベント時の基岩地下水の反応

図4に降雨イベント時のF1流域内左岸尾根の基岩地下水位変動と流量の関係を示す。C0、L0のように標高の高い上流域の地下水は水位のピークが遅く、L2、L3のように下流域では早くなる傾向がみられた。これは上流域では地表面から地下水面までの距離が長く、雨水が基岩内を浸透する時間が長くなるためだと考えられる。また図5に山地下流域にあるボーリング孔の地下水面の地表からの深さと流量を示す。谷部にあるC3、R4では降雨だけでなく上流からも地下水が流入するため水位ピークが遅れ逓減も緩やかだが、尾根部のR2、R3、L2、L3では地下水位が浅く、上流からの地下水の流入も少ないためピークが早い。また尾根同士(L2、L3とR2、R3)で比較すると、地下水位が深いほどピークが遅れることがわかった。さらに流出に関しては、尾根の地下水は1次ピーク直後、谷の地下水は1次ピーク後しばらく経った後の流量に寄与していることが示唆された。

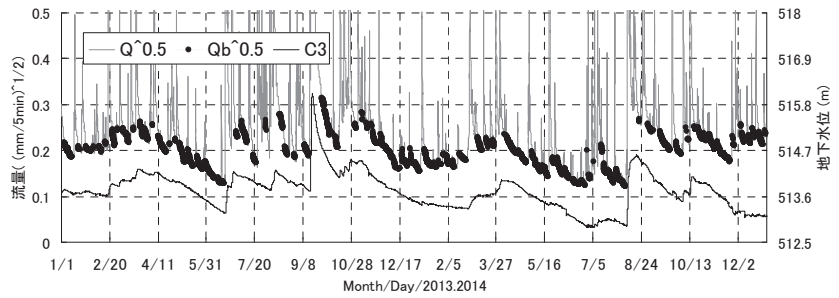


図2：流量と地下水位

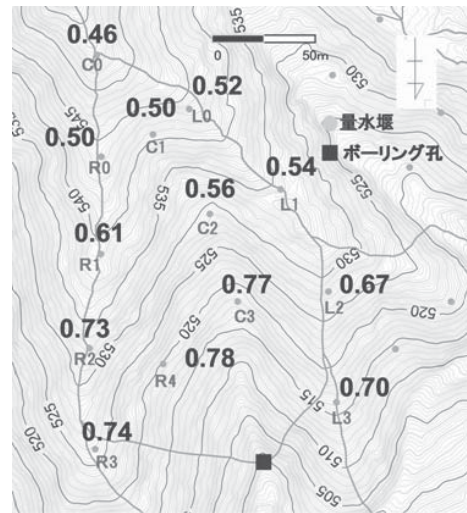


図3：地下水位と流量の相関係数の分布

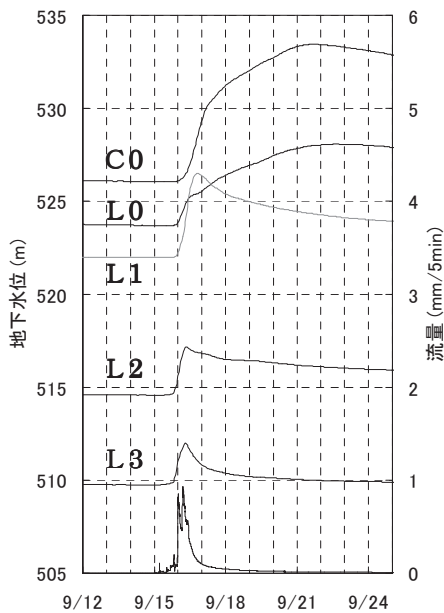


図4：地下水位標高と流量の時系列

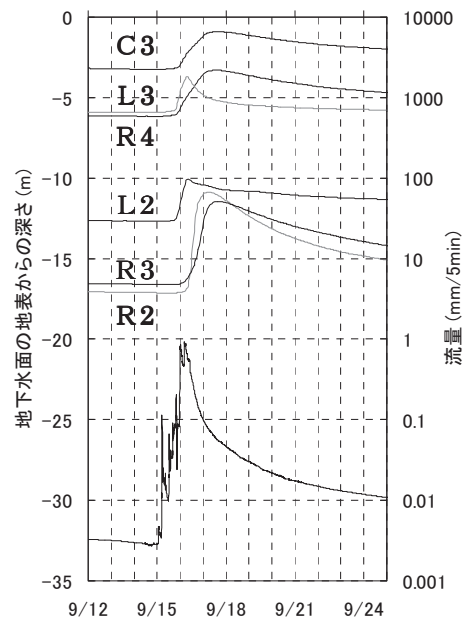


図5：下流域の地下水深と流量の時系列