

丘陵地源流域における降雨流出過程にともなうトレーサー成分の変動

Behavior of tracer elements of subsurface water in a hilly headwater catchment, Toyota, Japan

辻村 真貴[1], 浅井 和由[2], 竹井 理絵[2]

Maki Tsujimura[1], Kazuyoshi Asai[2], Rie Takei[3]

[1] 筑波大・地球, [2] 愛教大・院

[1] Inst. of Geosci., Univ. of Tsukuba, [2] Environmental Earth Sci., Aichi Univ of Edu, [3] Aichi Univ. Educ.

<http://www.geo.tsukuba.ac.jp/>

本研究では丘陵地源流域を対象とし、流域内部も含めた降水から流出、そして蒸発散に至る水循環の物理的なプロセスと、それに伴う水素・酸素安定同位体組成および溶存成分濃度の変化プロセスを明らかにすることを目的とし、地中水の流動プロセスの観測、降雨時の水文観測、各種水のサンプリングおよび安定同位体分析を行った。その結果、斜面脚部から谷底に降った降水は、地下水と十分に混合することなく、降水成分を保存したまま流出していることが示された。

流域における水循環研究の究極の目的は、水循環の経路と循環に要する時間(滞留時間)を明らかにすることである。水の水素・酸素安定同位体や放射性同位体は、流域のこうした水循環プロセス研究に有用なトレーサーとして、主に1980年代以降各国で盛んに利用されてきた。しかしながら従来の研究では、流域のインプットである降水と、アウトプットである河川水の同位体組成のみを使い議論をしていたため、流域内部における水の流動プロセスはブラックボックスとして扱われ、単純なモデルを用いて河川水における流出成分の分離あるいは滞留時間の推定が行われてきた。このため、流域内において水がどのような経路をどの位の速さで通過するか、あるいは浅い地下水と深い地下水では滞留時間が異なるか、また降雨時あるいは無降雨時の河川流出水は、いつ流域に降った降水なのか等といった、本質的な問題が、ごく一部の小流域を除いて一向に解明されずに至っている。こうした問題に対処するためには、水の同位体を単なるトレーサーとして扱うのではなく、水循環に伴う水の水素・酸素安定同位体組成の変化プロセスを実証的に明らかにすることが必要である。本研究ではこの様な観点から、源流域を対象とし、流域内部も含めた降水から流出しそして蒸発散に至る水循環の物理的なプロセスと、それに伴う水素・酸素安定同位体組成および溶存成分濃度の変化プロセスを明らかにすることを目的とした。

調査は、愛知県三河地方の花崗岩丘陵地の源流域で行った。流域の標高は約60~100m、流域面積は0.88haである。土層は谷底で厚く、最大4mに達する。一方、斜面の土層は比較的薄く、谷頭斜面で約0.5~2m、側壁斜面で約1~2mである。また、流域末端部の谷底沿いに飽和帯が常時存在し、その面積は流域面積の約5%を占める。流域末端部に堰を設置し、流量と雨量の自記観測を行った。また、斜面および谷底部にテンシオメーターとピエゾメーター設置し、地中水のポテンシャル分布を測定した。併せて、林内雨、河川水、地中水を約2週間間隔で採取した。また河川水については、降雨時に連続採水も行った。採取した水サンプルは実験室に持ち帰り、水の安定同位体比と溶存化学成分を測定した。

降雨ピークに対する流出ピークの遅れ時間は平均8.4分で、流出応答はきわめて速やかであった。降雨時において河川流出水中のトレーサー成分は、降雨の影響を強く受けることが示された。総降水量16~68mmの8回の降雨イベントについて、ハイドログラフの成分分離を行った結果、流量ピーク時の流出水に占める降水成分の割合は、16~92%と見積もられた。降雨時における地中水の挙動をみると、斜面脚部から谷底域の飽和帯において、土壌のごく表層で上向き、あるいは斜面方向の水分フラックスが観測され、これ以深においては下向きの水分フラックスがみられた。このことは、降雨時の飽和帯内において表層と深層の水が混合していないことを示唆している。また降雨時の地中水におけるトレーサー成分をみると、斜面脚部のごく表層において降雨成分に相当する値を示した。従来飽和帯への降水は、地下水成分と完全に混合した後に河川に流出するため、結果的に降雨時の河川流出成分は地下水成分が卓越しているとされてきた。しかしながら、本研究の結果は、斜面脚部から谷底に降った降水は、地下水と十分に混合することなく、降水成分を保存したまま流出していることを示している。