

水の安定同位体を用いた降水と土壌水との混合過程に関する土壌実験

Soil core experiment for a mixing process of rain and soil water using stable isotope

松本 拓^{1*}, 佐山 敬洋², レネー ブルークス³, ジェフ マクドネル⁴, 寶 馨⁵

Taku Matsumoto^{1*}, Takahiro Sayama², Renee Brooks³, Jeffrey J. McDonnell⁴, Kaoru Takara⁵

¹京都大学工学研究科, ²土木研究所ICHARM, ³アメリカ合衆国環境保護庁, ⁴オレゴン州立大学,
⁵京都大学防災研究所

¹Kyoto University, Graduate School, ²PWRI, ICHARM, ³Environmental Protection Agency,
⁴Oregon State University, ⁵Kyoto University, DPRI

流域の水循環や生態環境は人為攪乱によって様々な影響を受ける。その影響および対策効果を正しく評価するためには、できる限り流域の水循環プロセスを忠実に再現したモデリングが必要となる。筆者らは、そうした目的を達成するため、流域における降水の滞留時間や流出の空間起源を水文モデルで計算する手法を開発し、その計算結果とトレーサによる観測結果とを比較する方法を提唱している。分布型流出モデルで流出の時空間起源を計算するためには、降水と土壌水との混合過程を的確に再現することが大切である。

一方、降水や土壌水の混合過程を流域スケールで解明した研究として、例えば、Brooksら(2010)は、オレゴン州のHJ Andrews試験流域を対象に、植物・河川・土壌水の同位体の観測結果から興味深い知見を得ている。同報告によれば、乾季に植物が利用している水の成分と、雨季に河川を流れている水の成分とでは、全く水の成分が異なるという。この観測結果は、土壌中の各層で水が完全に混合することを仮定しては説明のつかない現象であり、雨季のはじめに降った雨は土壌に吸着され、その後降った雨は雨季のはじめの土壌水とは混合することなく、河川に流出するという仮説で説明されている。その仮説が正しければ、乾季になって植物が利用する水が河川水の成分と異なることも合理的に説明ができる。

本研究は、降水と土壌水との混合過程を理解することを主たる目的とし、土壌実験によってBrooksら(2010)の上記の仮説を検証する。具体的には、同位体比の異なる二種類の水を用意し、それらの水を二回に分けて土壌試料に散水することにより、土壌中でそれらの水がどのように混合しているかを調べる。実験の手順としては、まず二つの土壌試料(直径15.2 cm, 高さ32.5 cm)をHJ Andrews試験流域から採取し、同流域から採取した一種目の水を5時間にわたって100 mmに相当するよう散水した。その後、3日間放置し、二つのうちの土壌試料を開放して、残留土壌水を抽出する。もう一つの土壌試料は、3日間放置したのちに、全く同位体比の異なる二種類の水を5時間かけて200 mm散水し、1週間後に残留土壌水を抽出する。それぞれの残留土壌水および実験中の流出水の同位体比を分析した。その結果、二回目の散水において、流出水の同位体比はほぼ散水の成分に移行したにも関わらず、土壌カラムに残留していた水の同位体比は、一回目に散水した水の成分が残っていたことを明らかにした。また、一回目と二回目の散水に用いた水がほぼ同じ分量で混合していたことが明らかになった。この結果は、200 mmに相当する降水においても土壌水が完全に混合しないことを示唆しており、Brooksら(2010)の観測事実を裏付けるものである。また、滞留時間や流水の時空間起源を計算するモデリングにおいても、各グリッドセルで水が完全に混合することを仮定するのではなく、新しく降った雨が先行的に流出するプロセスを反映することが大切であることを示唆している。

キーワード:同位体,流出プロセス,不動水,土壌実験,H Jアンドリュース

Keywords: isotope, runoff process, immobile water, soil experiment, HJ Andrews