

## 筑波森林水文試験地における土壌水の安定同位体比の時間変化

壁谷直記・坪山良夫・阿部俊夫・久保田多余子・延廣竜彦・飯田真一（森林総研）・  
清水晃（森林総研九州）

**Abstract** : We have investigated the seasonal variations of the stable isotope ratios in rain water, groundwater, spring water, and baseflow in Tsukuba Experimental Watershed. In this study, we reported a part of analysis result for the stable isotope ratio in soil water extracted by the tension-lysimeter. The deeper the sampling-depth was, the smaller the range of the oxygen stable isotope ratio in soil water became.

**Keywords** : stable isotope of water, soil water, temporal variation

**要旨** : 厚い風化層を持つ筑波森林水文試験地では、これまで降水から地下水、湧水、基底流出水までの一連の水文過程に沿った水の安定同位体比の季節変動が調べられてきた。本報では、土壌水の挙動と地下水涵養過程の把握を目的として、テンションライシメータにより採水された土壌水の安定同位体比に関して、現時点での分析結果を報告した。土壌水の安定同位体比は採水深度が深いほど、土壌水の酸素安定同位体比の変動幅が小さくなる傾向が見られた。

**キーワード** : 水の安定同位体, 土壌水, 時間変化

## I はじめに

近年、小流域での詳細な水文観測結果を地形や地質などにより整理することで、山地水文プロセスと場の条件に関する理解が進んできている。しかし、土層の厚い流域内での地中水の挙動に関しては、地下部を観測することの困難さから、いまだに十分な観測結果が蓄積されているとは言えない。

厚い風化層を持つ筑波森林水文試験地（2, 4）では、これまで降水から地下水、湧水、基底流出水までの一連の水文過程に沿った水の安定同位体比の季節変動が調べられ、地域天水線（1）や基底流出水の滞留時間（3）などに関する研究が行われてきた。これらの研究の結果、拡散モデルにより推定した基底流出水の滞留時間分布形状には、最近90日程度までの若い水の寄与がほとんどなかった。このことは、風化層が厚く堆積しているために、地表面から地下水面に到達するまでの鉛直浸透距離が長いという、当流域の地盤構造が反映しているのではないかと推察された。この仮説を検証するためには、当試験地における地中水の挙動と地下水涵養過程の実態を調べる必要がある。

そこで本報では、不飽和土層中の土壌水の挙動を把握する目的で、テンションライシメータにより採水された

土壌水の安定同位体比に関して、分析結果の一部を報告する。

## II 調査地および方法

### 1. 調査地

観測は、筑波森林水文試験地にて行った。筑波森林水文試験地は、流域面積は3.8 ha、斜面方位はN、標高は量水堰堤設置地点で290m、流域最高点で390m、平均傾斜は25°である。1979~1990年のうち1988年を除く11年間の年平均降水量および年平均流出量は、それぞれ1429.1mmおよび641.6mmであった。流路は流域内の3箇所の湧水点に発し、利根川水系恋瀬川の支流となる。流域の植生は、スギ・ヒノキの人工林が大半を占め、流域頂上の尾根部にコナラを中心とする広葉樹林が存在する。流域の地質は、筑波変成岩類の黒雲母片麻岩が大部分を占め、花崗岩質の岩脈が局所的に認められる。基岩の風化物は砂質であり、粘土成分に乏しい。これらの基盤岩石並びにその風化物を覆って関東ローム層が厚く堆積している。

### 2. 土壌水の観測・採取・分析

土壌水観測サイトはSW1からSW4までの4地点あ

り、SW 1～SW 3はCサブ流域内に、SW 4はBサブ流域内にそれぞれ位置している(図1)。各サイトではテンションライシメータでの土壤水を吸引・採取した(写真1)。採取は自動土壤溶液採取器(大起理化 DIK-3952)を用いて吸引圧を一定(-51kPa)に制御し、2週間～1月に1度の間隔で行った。土壤水サンプルは、気密性の高いねじ口ガラス瓶(20cc)に封入して研究室に持ち帰り、冷蔵庫(4℃)に保存した。水の酸素安定同位体比( $\delta^{18}\text{O}$ )は質量分析器(Thermo Electron MAT252)を用いて分析した。

### III 結果と考察

各地点での土壤水の酸素安定同位体比の時間変化は、現時点で分析結果が得られている範囲では、おおむね似通った傾向を示した。そこで本報では、SW 4地点の結果を代表として2004年12月から2005年8月までのSW 4地点における深度10cm、30cm、75cm、100cm、200cmの土壤水の酸素安定同位体比の時間変化を図-2に示した。採水深度が深いほど、土壤水の酸素安定同位体比の変動幅が小さくなる傾向が見られた。深度10cmおよび30cmでは、4月ごろ-9.2‰の負のピークが見られた。一方、深度75cmおよび100cmでは、これから3ヶ月程度遅れた7月ごろに-8.4～-8.7‰の負のピークが見られた。深度200cmの値は他の深度に比べて非常に変動が小さく、対象期間中で明瞭な負のピークは見られなかった。10cmおよび30cmで見られた負のピークは約3ヶ月遅れで75～100cmに到達した。このことは、基底流出水の滞留時間分布形状に若い水の寄与がほとんどないと推定された。

(3) ことの要因として、雨水が土壤層を浸透するのに数ヶ月程度の時間を要することが関連していると考えられた。

### IV 結論

土壤水の酸素安定同位体比は採水深度が深いほど、土壤水の酸素安定同位体比の変動幅が小さくなる傾向が見られた。基底流出水を構成する地中水は、1次元的な浸透過程のみならず3次元的な集水により生じている。今後は、4地点の土壤水観測サイトの酸素安定同位体比の時系列データを解析し斜面中の土壤水の滞留時間分布を明らかにする予定である。また、各サイトでは、テンシオメータに

より土壤水の圧力水頭の時間変化も併せて観測しており、安定同位体比から得られる結果と合わせて考慮することで、雨水浸透過程の把握を進める予定である。

### 引用文献

- (1) 壁谷直記・清水晃・張健軍・久保田多余子・阿部俊夫・坪山良夫(2004) 筑波森林水文試験地における降水、溪流流出水および湧水の安定同位体組成. 日本林学会関東支部大会論文集 55: 247-248
- (2) 壁谷直記・清水晃・延廣竜彦・張健軍・久保田多余子・阿部俊夫(2005) 筑波森林水文試験地における表面波探査を用いた地盤調査. 日本林学会関東支部大会発表論文集 56: 251-252
- (3) 壁谷直記・清水晃・延廣竜彦・坪山良夫・久保田多余子(2006) 筑波森林水文試験地における拡散モデルによる基底流出水の平均滞留時間の推定. 日本林学会関東支部大会論文集 57: 283-285
- (4) 清水晃・壁谷直記・延廣竜彦・張健軍(北京林業大)・久保田多余子・阿部俊夫(2007) 筑波森林水文試験地の地下構造の推定. 関東森林研究 58: 153-156

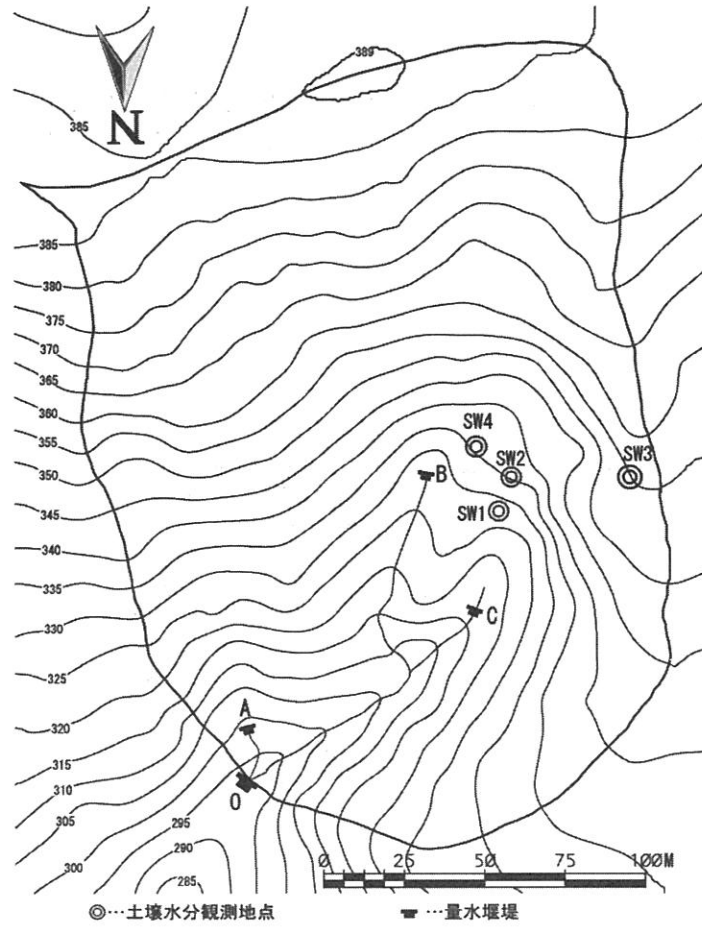


図-1. 土壌水観測サイトの位置

Fig-1. Location of soil water monitoring sites



写真-1. 土壌水観測サイトの様子 (SW4)

Photo-1. Look of soil water monitoring site (SW4)

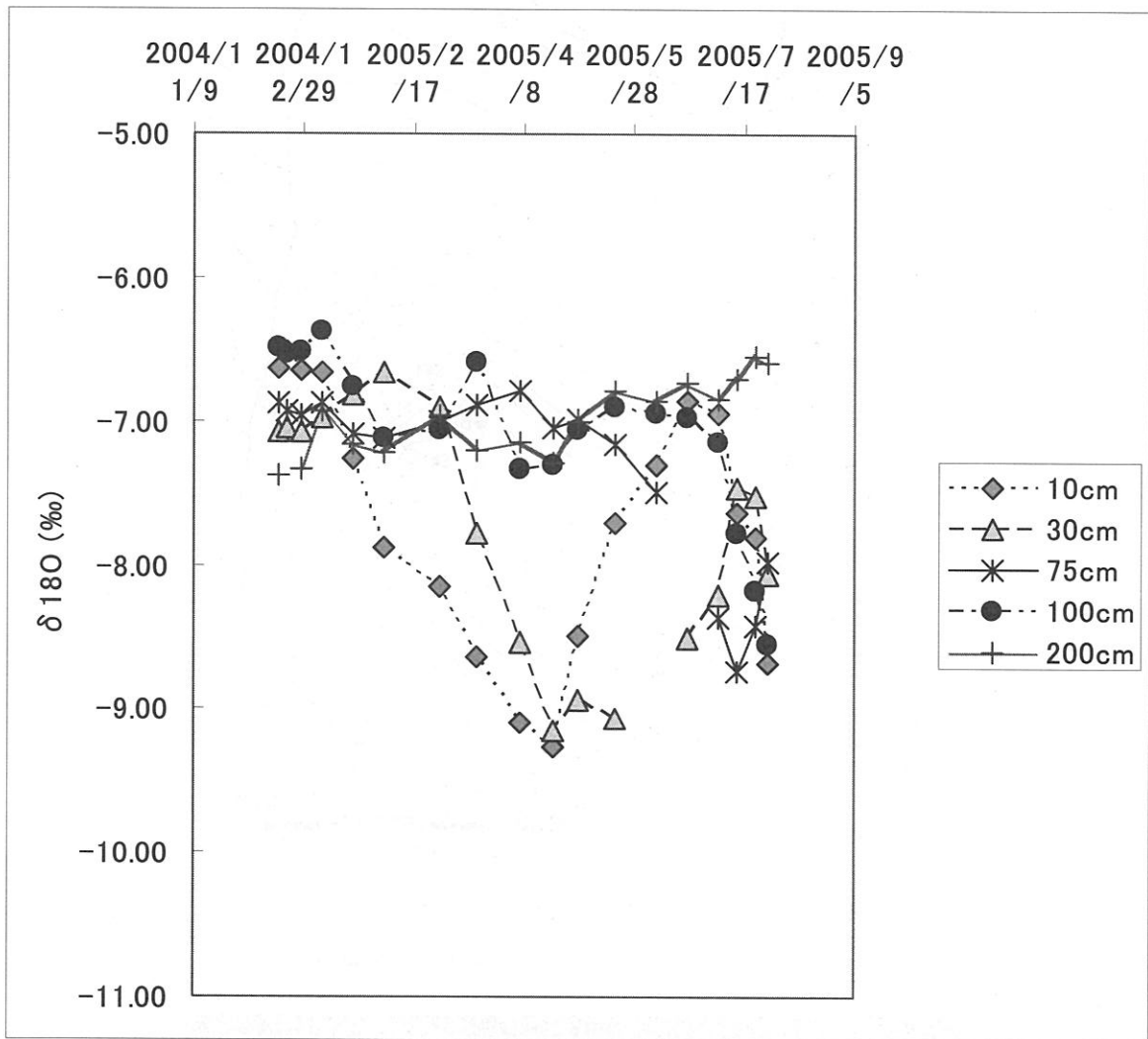


図-2. SW 4 地点における  $\delta^{18}\text{O}$  値の時間変化

Fig.-2. Temporal variations of  $\delta^{18}\text{O}$  values in soil waters at SW 4 site.