

山地表層土壌中における水分と溶質の移動に関する研究

北海道大学 正員 藤田 睦博
 北海道大学 正員 亀井 翼
 パシフィック・コンサルタンツ(株) 正員 寺島 貴志
 北海道開発局開発土木研究所 正員 市川 嘉輝
 北海道大学工学部 学生員 水戸 聡

1. はじめに

近年、紫外部260nmの吸光度(E260)、硝酸態窒素等を用いた流出解析が多くなされている。しかし、土壌水分と土壌水質を同時に測定した例は少ない。そこで、著者らは定山溪ダム流域の一斜面で測定された土壌水分、フミン質の指標であるE260、E260の内容を成分分子量の大小によって検知する高速液体クロマトグラフを用いた分子量分布より得られる全分子に対する高分子(分子量6000以上)の割合(高分子/TOTAL)、E220を主たる指標として山地表層土壌中における水の挙動について考察した。

2. 試験地の概要

現地観測を行った実験斜面を図-1に示す。土の分類名はシルト混じり礫で、地層状態は図-2に示すように0-10cmが腐植層、10cm-40cmがシルト混じり礫層で細い根が存在、40cm-100cmがシルト混じり礫層、100cm以深はシルト混じり礫層で大きな礫が存在している。

圧力水頭を測定するためのテンシオメーターをST.1-ST.5の各点に深さ20cm、40cm、70cm、100cmに4本を設置し、地中水採水のためのポーラスカップをST.2、ST.3、ST.4の各点に深さ20cm、40cm、70cm、100cmに4本を設置した。場所は異なるが、定山溪現地土の圧力水頭-体積含水率の関係を図-3に示す。

3. 水質の測定

3-1. E260(紫外部260nmの吸光度)、分子量分布の測定

E260の測定は分光光度計を用い、試料水を0.45μmのメンブレンフィルターで濾過し、1cmの石英セルに入れて蒸留水を対照として行った。E260の分子量分布は試料水を0.45μmのメンブレンフィルターで濾過し、高速クロマトグラフを用いて測定した。

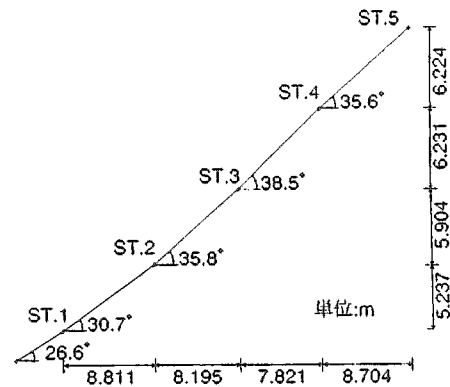


図-1 実験斜面縦断面図

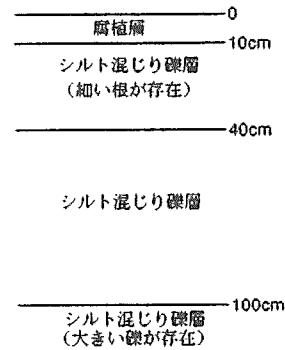


図-2 ST.2地層断面図

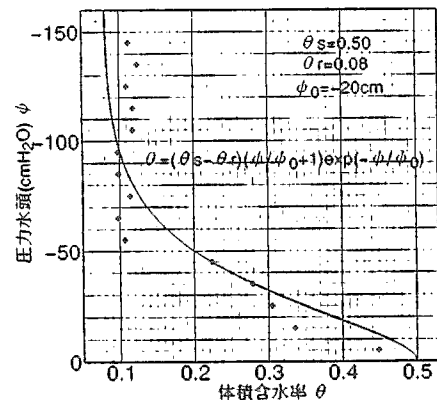


図-3 圧力水頭-体積含水率の関係

Study on Movement of Retained Water and Its Solute in Mountainous Soil
 by Mutsuhiro FUJITA, Tsubasa KAMEI, Takashi TERASHIMA, Yoshiteru ICHIKAWA and Akira MITO

3-2. NO₃⁻とHCO₃⁻の測定

紫外部 220nmで紫外線を吸収する物質としてフミン質、NO₃⁻、HCO₃⁻などが挙げられる。今回、フミン質のE220はE260の1.7倍とした。NO₃⁻とHCO₃⁻を合わせた濃度としてE220からE260の1.7倍を差し引いた値を用いた。(図-4)

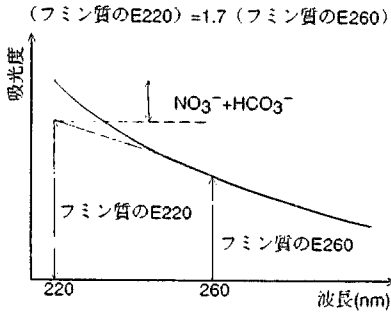


図-4 NO₃⁻とHCO₃⁻の算出法

4. 圧力水頭の測定結果と考察

1993年10月3日0:00から同年11月2日10:55までの期間、ST.2-ST.4の各点で測定された圧力水頭の時間変化を図-5から図-7に示す。全体の傾向として深い層ほど乾燥しており、雨水が浸透することによって浅い層から順に圧力水頭が上昇することがわかる。ここで、各層からの流出量、下方に浸透する割合について調べてみる。本来ならば、土中水分量の連続の式、

$$\frac{\partial \theta}{\partial t} = - \left(\frac{\partial V_x}{\partial x} + \frac{\partial V_z}{\partial z} \right)$$

(ここで、xは地表面に沿った斜面方向、zはx軸と垂直な下方向を表し、V_x、V_zはそれぞれの浸透フラックスのx、z成分、θは体積含水率、tは時間を表す。) を用いることによって調べなければならないが、実測のt-φの関係をここでは図-8のように、圧力水頭の変化、つまり体積含水率の変化から各層からの流出量、下方に浸透する割合について比較する。比較的圧力水頭の変化がはっきりしていたST.2、ST.3、ST.4の10月22日から10月25日までの期間のデータを用いることにする。この結果を図-9、図-10、図-11に示す。この結果から降雨流出の大部分は深さ0-40cmまでの層からの流出によるものと推定できる。なお、この期間の総雨量は137.5mmで最大降雨強度は18mm/hrであった。

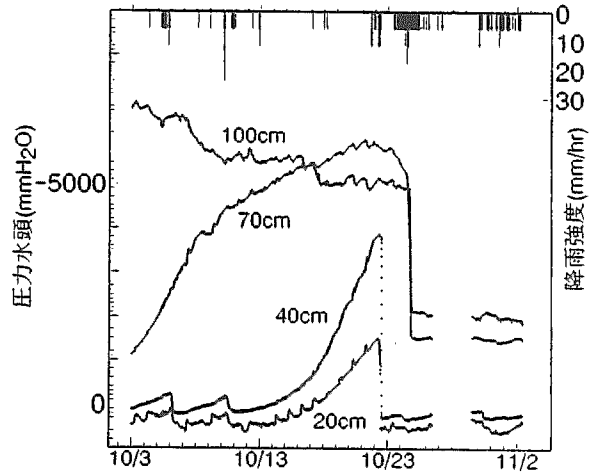


図-5 ST.2の圧力水頭の時間変化

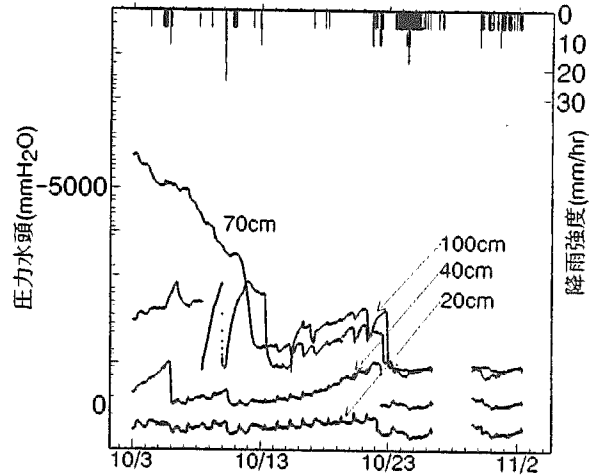


図-6 ST.3の圧力水頭の時間変化

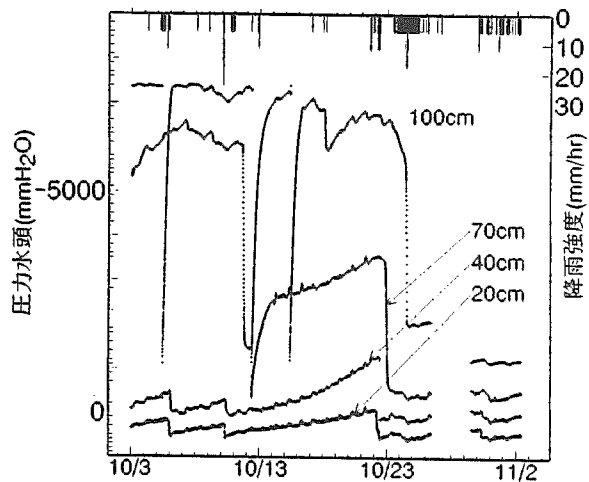


図-7 ST.4の圧力水頭の時間変化

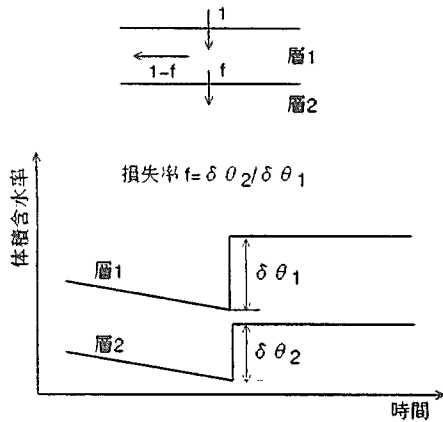


図-8 算出法

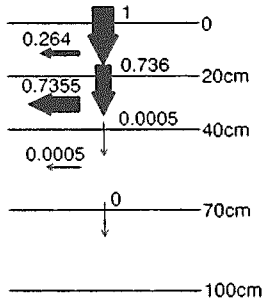


図-9 ST. 2の層からの流出量の割合

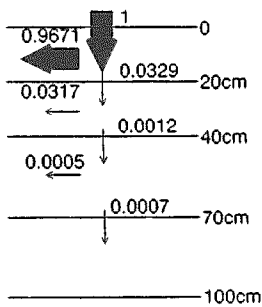


図-10 ST. 3の層からの流出量の割合

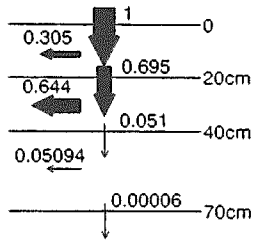


図-11 ST. 4の層からの流出量の割合

5. 水質の測定結果と考察

5-1. E260、高分子/TOTAL

図-12に示すようにE260は各層に特有の値を示している。ST. 3のE260の値の変化をみると、10月26日から11月2日にかけて深さ0-100cmの全ての層においてE260の値は減少している。もし、E260が雨水浸透によって下方に移動するならば、上層ではE260の値は減少し、下層では増加するものと考えられる。E260と高分子/TOTALとの間には正の相関があり(図-13)、上層ほどE260、高分子/TOTALが高いこと(図-14)、全ての層においてE260の値が減少していることからE260は雨水浸透によって下方に移動しにくいもので、側方に移動しやすいものと考えられる。このことは深層にいくほど土粒子は細かくなることによって高分子のものが下方に移動しにくい性質と符合する。以上のことから各層のE260の減少分は各層からの流出量に反映される、つまり流出量はE260の減少量に比例するものと考えられる。そこで、ST. 3において10月26日から11月2日までの期間の各層からの流出量の比率を調べると図-15のようになる。ここでも降雨流出の半分以上は深さ0-40cmまでの層からの流出によって占められていることがわかる。この期間の総雨量は45mmで最大降雨強度は12mm/hであった。また、E260の変化から雨水浸透が深さ100cmの層に浸透する割合を調べると、その値は0.16となった。

5-2. NO_3^- と HCO_3^-

ST. 3における10月26日、11月2日の($\text{NO}_3^- + \text{HCO}_3^-$)の鉛直分布を図-16に示す。この図より NO_3^- 、 HCO_3^- は雨水浸透にともなって土層中を降下する現象を持つと考えられる。もし損失がなければ、上層(0-50cm)における NO_3^- と HCO_3^- の減少量と下層(50-100cm)における NO_3^- と HCO_3^- の増加量は等しくなると考えられる。そこでST. 3において10月26日から

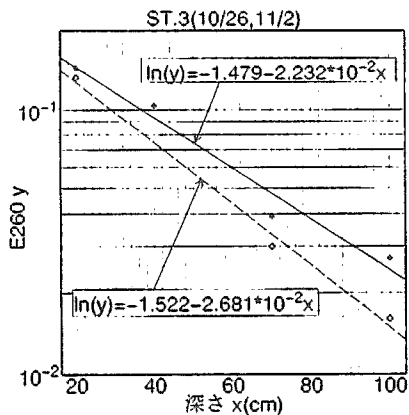


図-12 ST.3のE260の鉛直分布

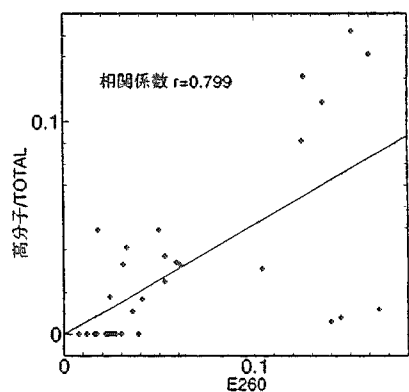


図-13 E260と高分子/TOTALの相関図

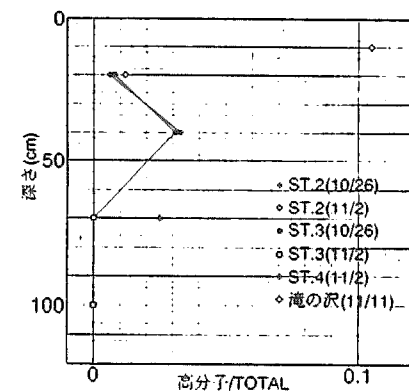


図-14 高分子/TOTALの鉛直分布

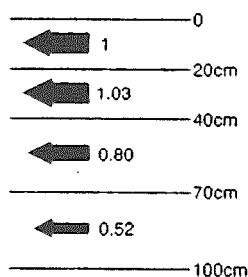


図-15 ST.3の層からの流出量の割合

11月2日までの期間、雨水浸透が深さ100cmの層に浸透する割合を調べてみる。
上層(0-50cm)における減少量：約15.5

深さ70-100cmの層における増加量：約2.7
雨水浸透が深さ100cmの層に浸透する割合： $2.7/15.5=0.17$
この値はE260の変化から求めた値に非常に近いことがわかる。

10月26日から10月29日までの期間、圧力水頭を測定する機械が故障したため、圧力水頭の変化、つまり体積含水率の変化との対応が出来なかった。

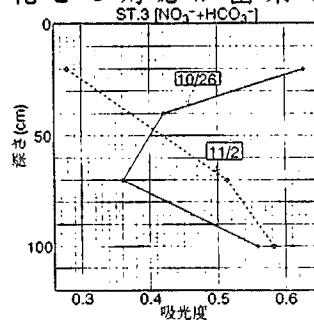


図-16 ST.3のNO₃⁻とHCO₃⁻の鉛直分布

6. まとめ

圧力水頭、E260、NO₃⁻とHCO₃⁻の変化から層ごとの流出量の比率、下層に浸透する割合を算出することを試みた。その結果以下のことがわかった。

- 1) 降雨流出の大部分は深さ0-40cmの層からの流出によって占められている。
- 2) 10月26日から11月2日までの期間、40cm以深からの流出量が比較的多いのは深層まである程度湿潤して、それが押し出されたためと考えられる。
- 3) E260は土層中を下方に移動しにくい物質であり、流出成分分離に非常によいトレーサーであると考えられる。

参考文献

- 1) 亀井 翼・丹保憲仁・洪 廷芳・山田 正：紫外部E260と電導率E.Cからみた流出解析、土木学会北海道支部論文報告集、pp.367-372、1987。
- 2) 佐藤 悟・佐藤敦久：山地小流域からの有機物の降雨流出特性について、土木学会第45回年次学術講演会、pp.908-909、1990。
- 3) 吉田 弘・端野道夫・田村隆雄：白川谷森林試験地における硝酸態窒素の降雨流出特性、水文・水資源学会1993年研究発表会要旨集、pp.114-115、1993。