

土壌水質の類似性を用いた雨水移動経路の推定と土壌水質の時間変動の特徴

山梨大学大学院 学生会員 ○ 山上 善久
正会員 坂本 康
芳賀 弘和

1. はじめに

森林斜面における雨水の移動経路の把握は、洪水や渇水の発生機構の解明にとって重要である。これまでに、雨水の移動経路に関する研究は、時空間的な土壌水分や地下水位の変動と地中水及び流出水の水質に着目して行われてきた。しかし、現状では十分なデータ蓄積があるとは言えず、特に地中水の水質に関する情報は不足している。さらに、森林という場を構成する主要な構成要素である樹木が、土壌水の水質に与える影響については未解明な部分が多い。そこで本研究では、土壌水の複数の水質項目から得られる水質の類似性に着目して、雨水の移動経路を検討するとともに、根域の土壌水質の時間変動について分析することとした。

2. 方法

調査は、山梨県北杜市に位置する釜瀬川の源流部の森林斜面で行った。調査地は谷地形であり、流域面積は 0.65ha である（図-1）。植生は49年生のカマツの人工林である。斜面に観測点として地点 P1、地点 P2 を設けた。地点 P2 には、3 本 TDR を深度別に刺し、体積含水率を測定した。深さは 10cm、30cm、60~75cm(斜め刺し)である。両地点の土壌部分にポラスカップを 5~6 深度で差し込み、容器内をポンプで減圧(-70kPa)し土壌水の採取を行った。採水した水を実験室に持ち帰り、モリブデン黄法で SiO_2 濃度、イオンクロマトグラフィー法で Anion(Cl^- , SO_4^{2-})の測定を行った。2004 年 10 月 5 日から 2004 年 10 月 6 日の降雨の時の土壌水サンプルに対して、 Cl^- , SO_4^{2-} , DOC, SiO_2 の濃度を変数として、各所の土壌水の水質の類似性の検討を行った。2004 年 9 月 29 日から 2004 年 9 月 30 日の降雨に対して、降雨中や降雨前後に土壌水の採取を行い、 Cl^- 濃度の鉛直プロファイル調べた。さらに、地点 P2 で土壌断面調査と貫入試験を行い、根の及び範囲を調べた。

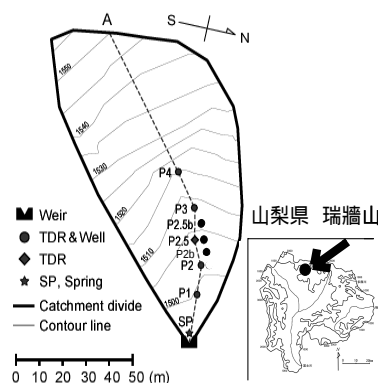


図-1 調査地概要

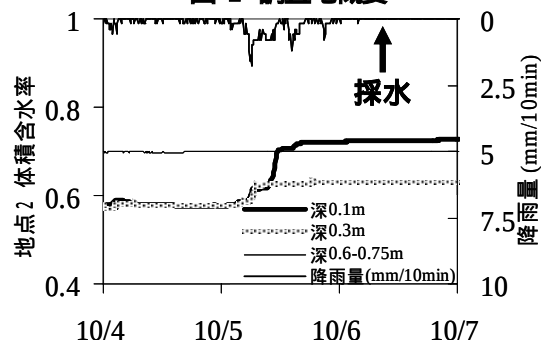


図-2 降雨、土壌水分、及び採水のタイミング

3. 結果および考察

(1) 土壌水の水質の類似性の検討

2004 年 10 月 5 日から 2004 年 10 月 6 日の時の降水量および地点 P2 における体積含水率を図-2 に示す。総降水量は 51.2mm であり、土壌水の採水時にはすでに降雨は終了しているが、地点 P2 の方が斜面上部に当たるため、地点 P1 まで飽和状態が表層付近まで上昇していると考えられる。よって、雨水は地点 P1 から地点 P2 へと鉛直側方流により移動すると考えられるため、両地点の水質は類似していると推測できる。

クラスター解析の結果を図-3 に示す。図のように大きく 3 つのグループに分かれた。地点 P2 を採水深度別で見ると 20cm 以浅の表層部、30~50cm の中間部、90cm 以深の深層部で分かれている。地点 P1 では採水深度数は少ないが 30cm と 50、100、150cm との 2 グループに分かれ

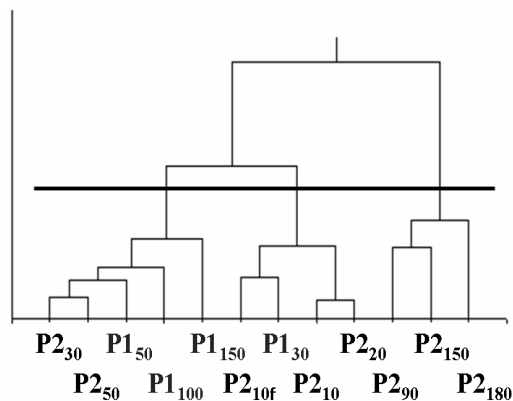


図-3 土壌水の水質に関するクラスター解析結果

* P1P2 は地点添え字は深度をあらわす

キーワード 浸透、森林斜面、降雨、根域

〒400-8511 山梨県甲府市武田 4-3-11 Tel/Fax 055-220-8592 E-mail: g04mc018@ccn.yamanashi.ac.jp

た．水質の類似性で判断すると，地点 P2 での水が地点 P1 に達するときには，表層部の水は表層部または中間層へ，中間層の水は中間層または深層部へ移動したとも考えられる．一方，地点 P2 の深層部の水は地点 P1 のどの深度の水とも類似していなかった．このことから，地点 P2 の深層部の水は地点 P1 の深層部よりもさらに深いところに流れているものと考えられる．この結果より，斜面上部（地点 P2）の水は，斜面下部（地点 P1）に流れていく際，ゆっくり鉛直浸透しながら斜面に対して水平方向に流れているものと推測される．

(2) 樹木の根の及び範囲

土壌断面調査の結果から，地点 P1 の層は 30cm では A 層であり，50cm までは B 層，50cm から 80cm までは BC 層，80cm 以深は C 層，140cm を超えると掘削不可能となっていた．また，貫入試験の結果から，地点 P2 の層は 20cm の A 層であり，30~50cm では B 層，90cm 以深では硬い層になっていた(表-1)．

貫入試験により打撃数の値が 40 以下で植物根の伸長が可能であり，値が 100 を超えると植物根の伸長が極めて困難であるとされている(四手井ら，1982)．本調査では，地点 P2 において，深度 80cm 以浅までは根が及び範囲であったと思われる．

(3) 降雨の影響による Cl⁻ の挙動

2004 年 9 月 29 日から 2004 年 9 月 30 日の降水量を図-4 に示す．このときは台風の接近によって，9 月 29 日の 20:00 から 9 月 30 日の 2:00 にかけてまとまった雨が観測された．この時の土壌水の採水は 3 回(降雨開始直後，降雨ピーク，降雨終了後)行った．このときの合計の降水量は 29.0mm である．図-5 に土壌中の Cl⁻ 濃度の鉛直プロファイルに関する時間変動を示す．降雨開始直後の Cl⁻ 濃度は土壌深層部に比べ，表層部では低くなっている．また，降雨ピークはすべての深度において降雨開始直後よりも Cl⁻ 濃度が低くなっている．

そして，降雨終了後には降雨ピークに比べ，どの深度においても Cl⁻ 濃度が上昇している．これは，降雨開始時には浸透水の到達範囲は表層部のみであり，深層部には到達していないと思われる．さらに，降雨が続き降水量のピーク時にはすべての深度において，雨水の鉛直浸透に伴う希釈がおきていると考えられる．図-5 において丸で囲っているところ(50, 90, 180cm)を見てみると，一番浅い 50cm のところのみ降雨終了後の Cl⁻ の濃度の方が，降雨開始直後よりも高くなっている．植物は Cl⁻ を取りこむことがないため，Cl⁻ 濃度は根による土壌水の吸収による濃縮作用と降水物による作用の影響される(Jenkins ら，1994 年)ことを考慮すると，本調査地では樹木の根域であった深度 50cm においてのみ濃縮の影響を受け，Cl⁻ 濃度が高くなっていたかもしれない．

4. おわりに

降雨の濃度変動がみられる物質を対象とし，水質の類似性を解析した結果，斜面方向の雨水の移動経路の推定が出来ることが示された．また，土壌中の Cl⁻ 濃度の観測から，森林斜面では同じ地点であっても，降雨初期，降雨ピーク時及び降雨終了後では Cl⁻ 濃度が大きく違うことがわかった．さらに，Cl⁻ 濃度は根による土壌水吸水に伴って，濃縮されることが示唆された．したがって，雨水の移動経路の解析する際に，水質の類似性に着目することは有効と考えられるが，解析に用いるサンプルの採水タイミングと採水深度には十分注意する必要がある．

参考文献

- 1) 四手井ら：斜面緑化，p.218,1982 2) Jenkins ら：Hydrol.Process, 8,335-349,1994

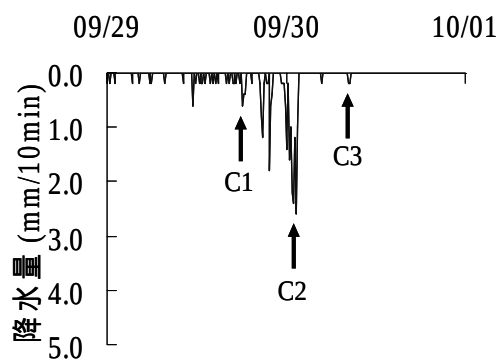


図-4 降雨採水のタイミング

表-1 貫入試験結果

	A層			B層			BC層		
貫入長(cm)	10	20	30	40	50	60	70	80	90
打撃回数	3	3	8	7	8	3	5	24	86で終了

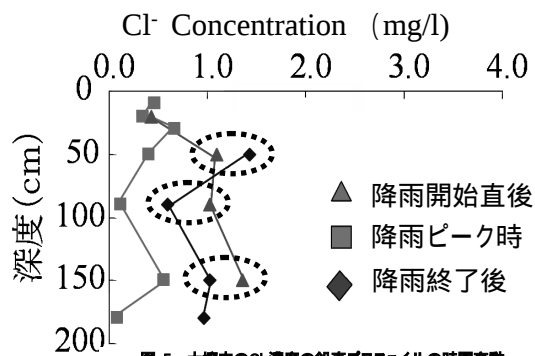


図-5 土壌中のCl⁻濃度の鉛直プロファイルの時間変動