

## 山腹斜面における土壌サクシジョンの季節変動

○石井吉之・小林大二（北大低温研）

### 1. はじめに

北海道北部の母子里試験地（流域面積1.3km<sup>2</sup>）では、川水の水温及び電気伝導度を指標とした流出成分分離の結果から、融雪出水時の早い流出応答成分（quickflow）の70～80%が地中流出によると推察されている（Kobayashi, 1985, 1986）。しかし、地中水流動の実態についてはほとんど調べられていない。そこで、地中水の実態をとらえる一手段として、この流域内の山腹斜面にテンシオメータ群を埋設し土壌サクシジョンの通年観測を始めた。テンシオメータは脱気水を用いるため一般に冬期の観測が困難であるが、受感部全体を地中に埋設することにより（鈴木・斎藤, 1990）、冬期や融雪期の積雪条件下でのサクシジョン変動の観測も試みた。

### 2. 方法

観測は1次河道に面した南西及び北西向きの2斜面（標高約400m）で行なったが、ここでは南西向き斜面（斜面長70m、斜面勾配20°）についての結果を報告する（図1）。周囲の植生は疎な混交林で、下草には背丈ほどのチシマザサが密生している。基岩上の土壌層は4mと厚く、地表面下10～20cmがササの根を主体とする腐植層、それ以深はシルト分に富む風化土壌である。深くなるほど角礫を多く含むようになり、直径30cm程度の大きな角礫も存在する。

テンシオメータの埋設地点は、斜面末端より上方へ10m間隔に4ヶ所設けた。各地点では腐植層を20cm掘り下げ、ポラスカップの深度が地表面から50cm、100cm、200cmとなるように埋設した。テンシオメータには自記測定が可能なコーナシステムのKDC-S5（圧力センサー式）を用い、測定値は30分間隔でデータロガー（KADEC-UV）に取り込んだ。テンシオメータ本体への脱気水補給は6ヶ月に1度の割合で行なった。なお、圧力センサーは負圧用であるが、プラス100cmまでの正圧も測れることを実験室で確かめた。

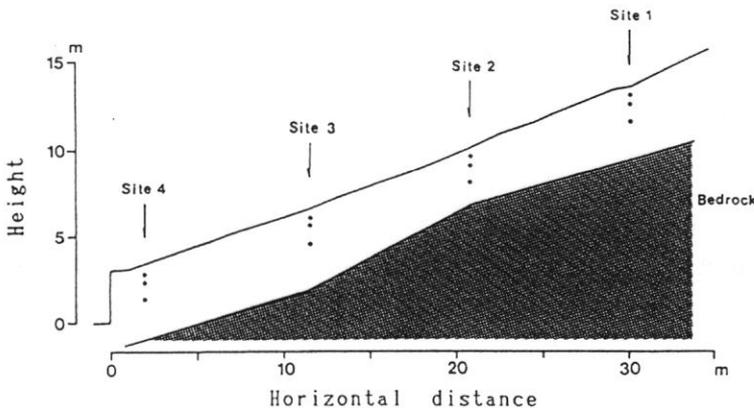


図1 観測斜面の縦断形状とテンシオメータの埋設位置

### 3. 結果

#### (1) サクシジョンの季節変動

1991年11月から1992年10月までの Site 1 におけるサクシジョンの日平均値を、日降水量（当

日9時～翌日9時)、積雪深(毎日9時)とともに図2に示す。概して上の層ほどサクシオンが大きく、下層の200cm深は年間を通じ飽和ないし飽和に近い状態にある。

11～12月は50cm程度の積雪があるが、気温がプラスの場合には、降雨や融雪水の浸透に伴うサクシオン変動が現れている。真冬でも融雪が起こる本州のざらめ雪地帯と同様の状況である。1～3月の厳寒期には、量は少ないが安定した地温融雪水の供給をうけ、サクシオンはほぼ一定の状態を保つ。3月下旬の融雪の始まりとともに土壌全層が飽和或はそれに近い状態となり、

5月上旬の消雪までこの状態が維持される。消雪後のサクシオンは、降雨によって一時的に小さくなることはあっても、概して増加傾向にあり土壌層は乾燥化へ向かう。6月末から7月にかけては、1年を通じて最もサクシオンが増大する。この時期は河川流量が最濁水となる時期と一致する。7月下旬の大雨によりサクシオンは急激に減少し、土壌層が湿潤化した。しかし、その後も無降雨日が続くとサクシオンは急速に増大している。9月になり降雨日が多くなってもその傾向に変化は無く、そのためサクシオン変動が最も激しくなっている。10月は降水量が少なかったこともあるが、下旬になっても5月末～6月と同程度にサクシオンが増大している。

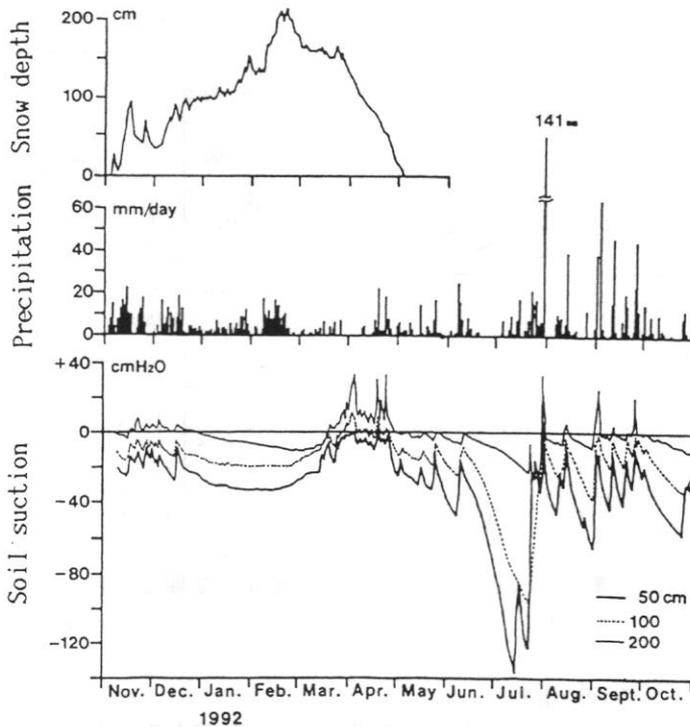


図2 積雪深、降水量、サクシオンの季節変動

## (2) 融雪や降雨に伴うサクシオンの時間変動

融雪後期の4月21日0時から25日0時までの融雪水量(積雪下面流出量)、Site 1における深度別サクシオン、流域末端での河川流量の時間変化を図3に示す。融雪水の供給とともに浅層の50cm深から順にサクシオンが減少しはじめ、融雪水が浸透する状況が現れている。融雪水量の少ない24日は、上層から下層への変化の遅れ時間が大きく、浸透速度も遅くなっている。不飽

和土層内では、深くなるにつれてサクシヨンの変動幅が小さくなり、地表面での変動が緩和されていくのが一般的である。しかし、この斜面では200cm深は既に飽和状態にあり、50cm深や100cm深に比べ大きな正圧の変動を示している。

夏の渇水期における降雨時の同様の変化を図4に示す。降雨強度が大きい時間帯に、封入空気の影響と考えられる素早いサクシヨン応答が50cm深と100cm深に現れている。雨水の浸透に伴うサクシヨン変動はこの応答よりかなり遅れ、50cm深だけに緩慢な変動が現れる。しかし、100cm深と200cm深には変化が見られず、土層全体が飽和に近い状態にある融雪期の変動とは著しく異なっている。

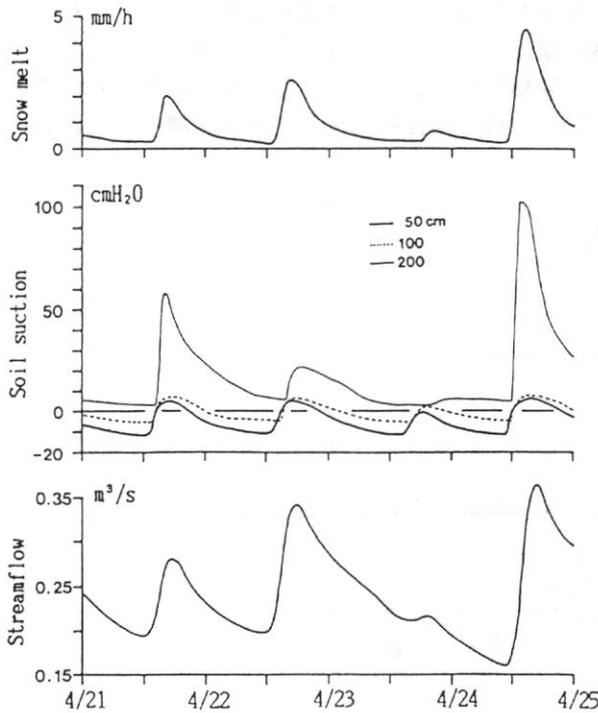


図3 融雪後期の融雪水量、サクシヨン、河川流量の時間変化

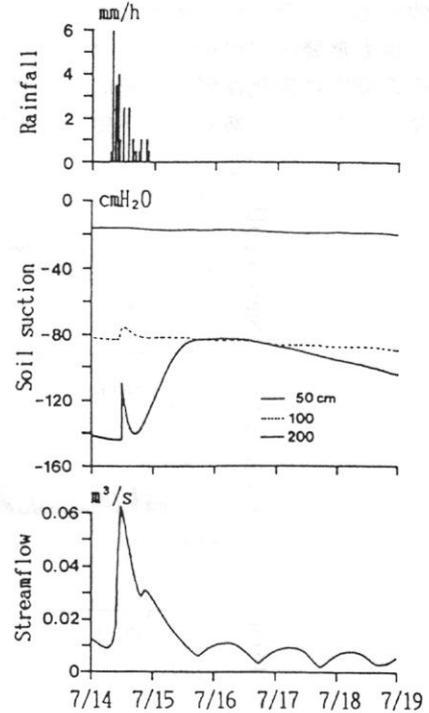


図4 夏期渇水期の降水量、サクシヨン、河川流量の時間変化

### (3) 斜面縦断方向の土壌水の流動

土壌水の流動を飽和・不飽和領域にまたがるポテンシャル流とみなした場合、全水頭  $h$  は、 $h = z + \phi$  で表される。ここに、 $z$  は位置水頭、 $\phi$  はサクシヨン（または正の圧力水頭）である。4月21日12時、15時、18時、24時の各時刻における Site 1~4 のサクシヨン測定値をもとに、斜面末端の切土底面を位置水頭の基準面とし、土層内の全水頭等値線を描いた結果が図5である。融雪水の浸透を示すサクシヨン変動が現れる前の12時は、等水頭線はほぼ水平で、土壌水の流動方向は鉛直下向きが主である。浸透後の  $\phi$  の変化は200cm深が最も大きいため、等水頭線は鉛直方向に傾き、斜面縦断方向の流れが優勢となる。しかし、必ずしも縦断方向に一律な流れではなく、不規則な上向きや下向きの流れも存在している。この状態は15時~18時にかけて顕著であるが、24時には概ね12時の状態に戻る。

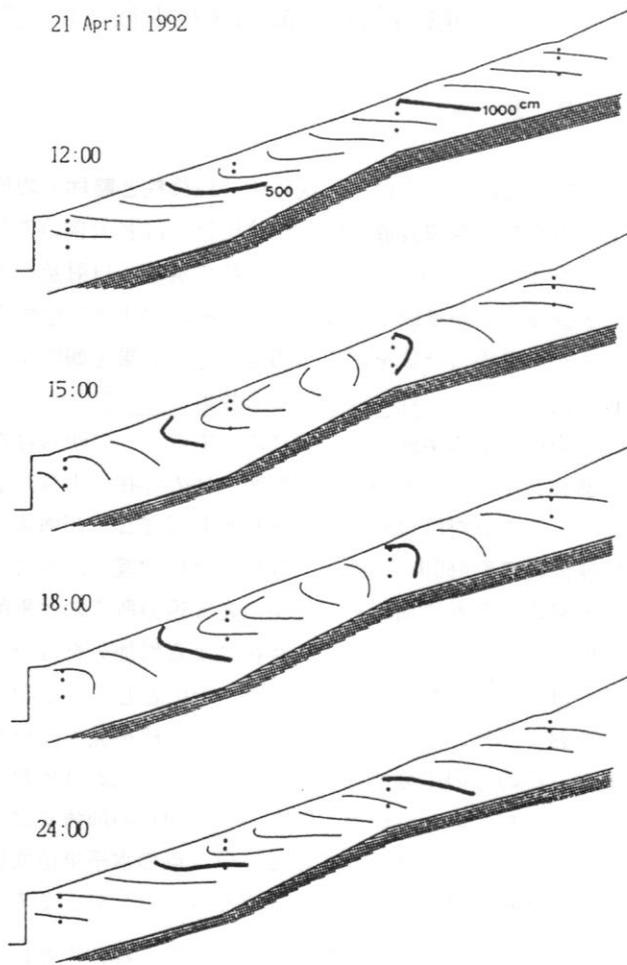


図5 融雪に伴う土壌層内の全水頭等値線の変化

#### 4. おわりに

流域内の山腹斜面におけるサクシオン変動が、河川の流出応答とどのような関係にあるかを知ることが当面の課題である。1年間の観測を通じ、降雨や融雪に伴うサクシオン変動には急速な場合と緩慢な場合とがあることが明らかになった。各々の場合の斜面流の流出機構がどのように異なるか、或はサクシオン変動と無関係に斜面流の河道への集中が起きているかどうか、などの点を今後明らかにしていきたい。

文献： 1) Kobayashi, 1985. Jour. Hydrology, 76, 155-162. 2) Kobayashi, 1986. Jour. Hydrology, 84, 157-165. 3) 鈴木・斎藤, 1990. 平成2年度日本雪水学会予稿集, 108.