

山地斜面における水分移動について

開発土木研究所河川研究室 正員 市川 嘉輝
 開発土木研究所河川研究室 正員 山下 彰司

1. はじめに

河川への流出量は降雨量の大小や降雨強度の強弱によって異なり、降雨に対する流出の応答はいつも同じ割合ではない。降雨が河川へ流入するまでの過程として最も多いのは流域斜面からである。流出する降雨成分は表面流出・中間流出・地下水流等に分けることができるが、これらの流出量および流出形態は、土壤中に貯留されている水分量の違いや変化によって異なるものと考えられる。流出解析を行うとき、降雨と流出の関係よりパラメータを求め導く流出モデルは多いが、降雨の浸透流出を物理的に表す研究も行われている¹⁾。しかしながら、土中の水分量の変化は実際には非常に複雑で把握する事が困難な場合も多いため、本研究では山地流域斜面の一部をモデル斜面として測定し、土中の水分が時期的にまた時間的にどのように変化するか、これにより土壌水分量の違いがどのように流出に影響するかを検討することとした。

2. 測定地点

測定対象流域は図-1に示す定山溪小樽内川流域(流域面積104km²)の小樽内川観測所から上流(流域面積69km²)である。土壌の水分変化の測定は小樽内川下流の河川に面する森林斜面の一部で行った。土壌中の水分量の変化の様子を把握するためサクションと同地点において体積含水率を測定した。これらは複数深度で測定した。河川の流量データおよび雨量データは測定斜面付近に設置されている北海道開発局の観測所から得た既存のデータを用いた。斜面からの表面流出成分と中間流出成分を採水測定する器具を設置した。検討に用いた降雨は、図-4中の7月のA降雨と10月のB降雨とした。

3. 水分の移動



図-1 測定流域図

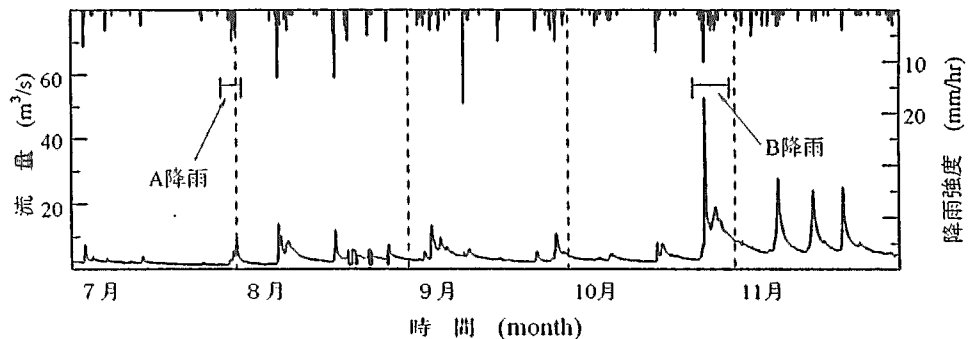


図-2 降雨強度および流量図

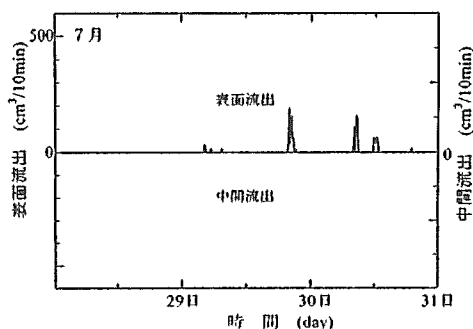


図-3 A降雨時の斜面流出図

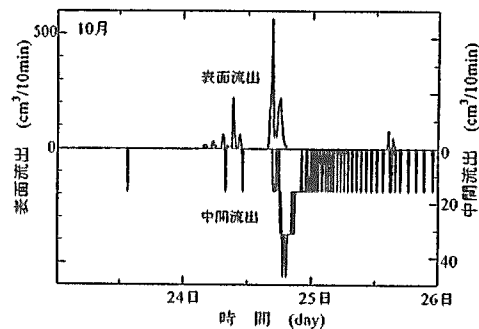


図-4 B降雨時の斜面流出図

表-1の流出率表よりA降雨とB降雨の総降雨量は45.7mmと158.0mmであり、このときの流出率はA降雨時は0.13、B降雨時は0.56である。降雨量に大きな違いが有り簡単には比較できないが、流出率に4倍以上もの差がある。

図-3にA降雨時の表面流出と中間流出の図を、図-4にB降雨時の表面流出と中間流出の流出図を示す。図-3には表面流出の発生は確認できるが中間流出は確認できない。図-4では表面流出と中間流出の両方が確認することができる。A降雨のとき、浸透した水分は土壌の上方から貯留され水分の土中移動はなく、中間流出の発生は見られない。よって降雨による流出は表面流出のみであるため流出時間は短く流出率は小さい。B降雨のときは

表-1 流出率表

	A降雨	B降雨
総降雨量(mm)	45.7	158.0
総直接流出高(mm)	6.1	89.1
流出率	0.13	0.56

土壌が湿潤しているため、土壌の貯留能力を上回る降雨強度の場合には表面流出成分のほか、中間流出成分の発生も見られる。この時の河川への流出高は表面流出成分の他、速い中間流出成分が加わるため高く流出時間も長いため、河川の流量は大きくなると考えられる。

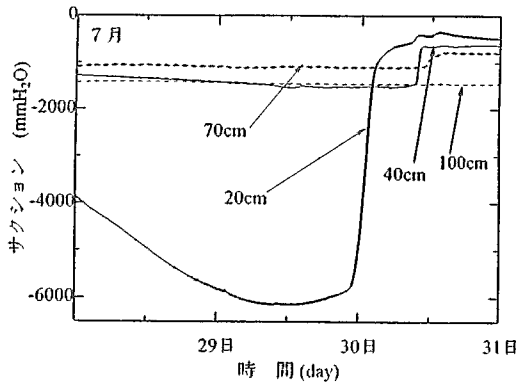


図-5 A 降雨時のサクシオン

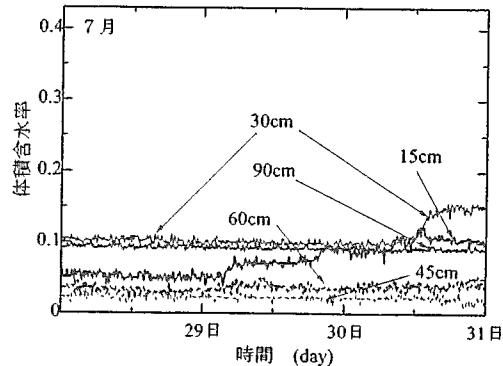


図-6 A 降雨時の体積含水率

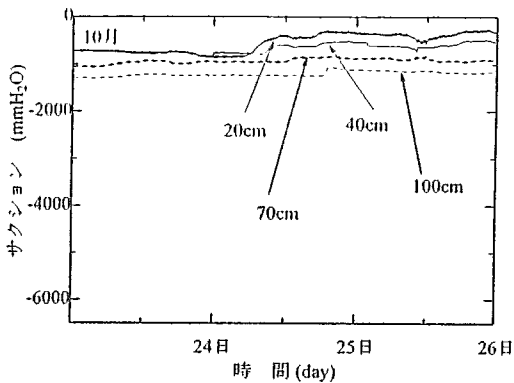


図-7 B 降雨時のサクシオン

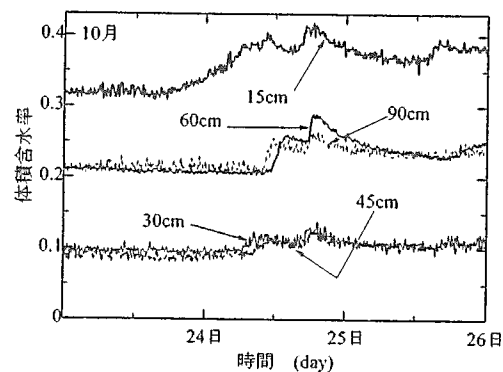


図-8 B 降雨時の体積含水率

図-5と図-6にA降雨時のサクシオン変化図と体積含水率の変化図を示す。図-7と図-8にB降雨時のサクシオン変化図と体積含水率の変化図を示す。図中の数字はセンサーの設置深度を示す。図-5のサクシオン図では蒸発散の影響、特に植生による影響が大きいと考えられる値が土壌の表面から20cmのところ設置しているテンシオメータで見られ、他の深度のおよそ3.5~4倍の値が現れている。同じ時間における体積含水率は図-6に示すように、降雨発生前まで各深度とも一定の値を示しており、降雨発生後、体積含水率の値に影響が顕著に現れているのは深度30cmのセンサーまででしかない。図-7の全てのサクシオン値に、降雨が発生したと考えられる位置の他には大きな変化は見られない。これに対し図-8の体積含水率のデータは、降雨発生後また降雨停止後と考えられる位置で大きな変化が見られる。サクシオンにはヒステリシスが働くため、数値の変動にこのような違いが見られる。また図-8では、深度の違いから数値の立ち上がりやピークに時間差があるが、各深度の浸透波形は類似し、図-4の両流出にも波形が類似している。このことから降雨強度波形は浸透や流出に大きな影響を与えると言える。測定値含水量の変化を把握するための簡易的方法にテンシオメータを用いる場合があるが、この場合水分が測定地点まで浸透したか浸透しないかの判別はできるがサクシオンの値のみで浸透量を判断することは難しい。サクシオンと体積含水率は線形な関係ではないのでサクシオンデータで水分量の把握をするためには土壌特性を先に把握する必要がある。

4. おわりに

降雨に対する流出の応答量が土壌中に貯留されている水分量によって異なることを流域のサクシオンや体積含水率の測定、斜面からの流出を採水し測定することで明確になった。蒸発散量の多い時期の降雨は浸透しても土壌の上方から貯留されるため土壌内を浸透し河川に流出する水分はほとんどない。斜面土壌の体積含水率が高いときは、表面流出と中間流出の二成分となって河川へ流入する。土壌の貯留量は河川への流出に大きく影響を与える。流出量の予測には、土壌の貯留量の変化も十分考慮する必要がある。

参考文献：1) 藤田陸博, 岡泰道, 下島栄一, 藤間聡, 坂本康, 渡辺邦夫, 山田正; 土壌における降雨の浸透過程の研究, 水理講演会論文集 Vol.32, 1988 2) 市川嘉輝, 渡邊康玄, 清水康行; 現地実験斜面における流出測定について, 土木学会北海道支部論文報告集, 51, 1994