森林の洪水防止機能を評価する試み

水土保全研究領域　　水保全研究室　　久保田　多余子

１．　はじめに

森林に覆われた流域では，降雨は一部が樹冠による遮断や蒸発の影響を受けて失われるが，地表に到達した部分はほとんどすべて地中に浸透し，さまざまな経路を通って河道へ到達する。このため，森林には降雨の河道への流出が始まるまでの時間を遅延し，直接流出量（すみやかに流出する部分）を減少する機能，すなわち，洪水を防止する機能があると考えられている。従来，森林の洪水防止機能は，森林土壌の保水性から，流域の保水容量を見積もることにより評価されてきた。しかし，流域規模の推定を行うためには，数多くの土壌断面調査や土層深度の測定，土壌孔隙の解析などにかなりの労力が必要である。そこで，ここでは入手が容易な地形図からの地形情報と降雨量や流出量といった水文情報をもとに，森林の洪水防止機能を評価することを試みた。

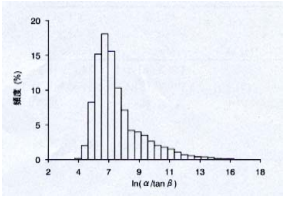

図１．　地形指数の頻度分布

２．　方　法

森林の洪水防止機能を，「流域に５０年確率日雨量の雨が降ったとき，その流域がさらにどのくらい雨水を貯留できるか」を指標として評価することにした。対象流域は利根川上流の森林総合研究所宝川森林理水試験地（１９．１km^2）である。使用した流域の地形図は東京営林局作成の２万分の１地形図であり，使用した降雨量及び流出量はこの試験地で１９３８年に観測が開始されて以来１９９０年までの５３年間のデータである。「さらにどのくらい水を貯留できるか」を推定するためにＴＯＰＭＯＤＥＬという水文モデルを適用した。このモデルでは「さらにどのくらい水を貯留できるか」を表す量を「水分不足量」と呼んでいる。また降雨の河川への流出には流域の地形が大きな影響を与えることから，地形指数（ln（α/tanβ））というものを定義している。αは単位等高線長さ当たりの集水面積，βは斜面傾斜である。まず流域にメッシュを掛け，セルごとに地形指数を計算する。そして地形指数が同じセルは流出の仕方も同じと考え，セルごとではなく地形指数ごとに流出量と水分不足量を推定する。このとき地形指数の頻度分布を使用する。そこで，地形図から対象流域を５０ｍメッシュに分割し，各セルの地形指数を計算してその頻度分布を求めた。モデルにより年ごとに年最大日雨量の降雨を対象に流出量と水分不足量を算出した。そして日雨量と水分不足量の関係から，森林の洪水防止機能の指標である５０年確率日雨量に対応する水分不足量を求めた。

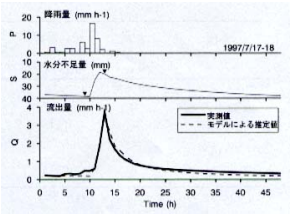

図２．　流出量と土湿不足量の時間変化
▼印は図３において水不足量の分布を示した時点である。

（左下へ）

（右段上へ）

３．　結　果

森林流域では一般に降雨のすみやかな流出は河道付近のすでに水で飽和した場所から始まり，降雨とともに流域に占める飽和域の面積が拡大することにより流出量が増大し，縮小することにより流出量が減少すると考えられている。地形指数はその定義がら集水面積が大きく斜面傾斜が小さい谷沿いや窪地部など飽和しやすい場所で大きく，反対に集水面積が小さく傾斜の急な斜面など飽和しにくい場所で小さい。このことから地形指数の大きなところの頻度が，飽和域の流域に占める割合にほぼ対応するため，地形指数の頻度分布から流域全体の流出の仕方をある程度予測することができる（図１）。水文モデルにより降雨量の変化から予測した流域の下流端における流出量と水分不足量の変化を図２に示した。水分不足量が小さいということは水分が不足していない，すなわち飽和に近い状態であることを意味している。降雨が継続するにつれて水分不足量は小さくなり，流域に貯留できる量が少なくなるため，流出量が増大している。このような流出にかかわる地域がどのように変化しているかを見るために，流出前と流出ピーク時（▼印，図２）の水分不足量の分布を図３に示した。流出前には水分不足量が小さく飽和に近い地域が河川とその周囲の狭い範囲だけであったが，流出ピーク時には斜面上部まで拡大していた。図２に示したような解析を５３年分行い，各年の水分不足量と日雨量との関係を調べた（図４）。宝川森林理水試験地における５０年確率日雨量は１８６mmであり，このとき水分不足量は図４からおよそ１０mm～５０mmの範囲にあった。「５０年確率日雨量の雨が降ったとき，その流域がさらに貯留できる量」（洪水防止機能の指標）として水分不足量の下限値を採用した方が安全である。従って，この解析の結果では，宝川森林理水試験地において５０年確率日雨量の雨が降った場合，流域全体でさらに１０mm程度貯留できると推定された。

４．　おわりに

指標として得られた数値については今後さらに検討する必要がある。しかし，ここで述べた方法は地形や降雨量といった比較的入手しやすい情報を使用しており，他の森林流域に対しても比較的簡単に適用でき，洪水防止機能を評価する有効な手段となる。

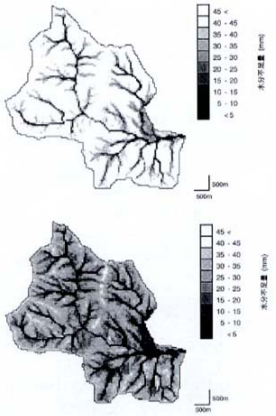

図３．　水分不足量分布
上1流出前，下:流出ピーク時
水分不足量の値が小さいほど湿潤であり，
大きいほど乾燥していることを示す。

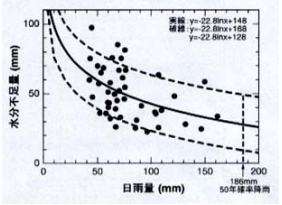

図４．日雨量と水分不足量の関係
実線は回帰曲線，破線は水分不足量の上限と下限を示している。

（右上へ）