

の参考資料 球磨川流域における森林の変遷とそれがもたらす洪水流出への影響

国土交通省の資料では球磨川流域における森林の変遷とそれがもたらす洪水流出への影響が正しく述べられていないので、そのことについて解説します。

1 球磨川流域における森林の変遷

別図-1は球磨川流域における5年ごとの森林伐採面積の推移をみたものである。球磨川流域では主に紙パルプの原料を得るため、昭和30年代からすさまじい森林伐採が行われてきた。昭和30年代から40年代にかけて伐採面積は全森林面積の64%にもなり、森林全体の約2/3が伐採された。この伐採面積のスピードからも推測できるように、伐採の多くは重機を伴った大面積皆伐であって、抜倒作業や伐採樹木の搬出作業などによって表層土壌の構造が破壊され、皆伐後には表土の流出も進んだ。

伐採の後、植林が行われ、年月の経過とともに木々が生長して、球磨川流域の森林はよみがえっていった。別図-2は球磨川流域における森林の林齢構成の変化をみたものである。1975年は20年生未満が7割を占めていたが、2000年には1割となっている。この森林の生長とともに、林地には下草が生い茂り、厚い落葉層も形成されるようになった。

人工植林のほとんどはスギ、ヒノキなどの針葉樹であったため、別図-3に示すように球磨川流域では森林の樹種の構成が大きく変わった。1950年には針葉樹が2割強、広葉樹が8割弱であったが、その比率がやがて逆転し、2000年には針葉樹が7割弱、広葉樹が3割強となっている。この針葉樹の人工林では、林業従事者の急減と林価の低迷により、間伐等の適正な管理がされず、放置されているところが多い。そのように放置されたスギ・ヒノキ林は樹冠の閉鎖で日光が林地にあたらず、下草植生が消失してしまう状態になっている。

2 山地における降雨の流出過程と森林土壌との関係

球磨川流域の洪水流出の変化について述べる前に、予備知識として山地における降雨の流出過程と森林土壌との関係を説明する。(別図-4)

地表面に到達した降雨は、土壌層の浸透能を上回るまで浸透する。この浸透能を超えた分は地表面を流れる。これを Horton 流という。一方、浸透した雨水は難透水性の地層にあたると、飽和側方流として、その地層の上端に沿って斜面下方に流れる。この飽和側方流は、流量が多ければ、斜面の下部で地表に現れ、地表流になる。洪水時の河川の流量を主に構成するのは、上記の Horton 流と、飽和側方流がつくる地表流である。

従来は森林土壌の浸透能は降雨量に比べてはるかに大きいため、森林では Horton 流はほとんど見られないとされてきたが、最近の森林水文学の研究でこの通説は否定され

てきている。それは森林土壌の浸透能の測定法が、実際の降雨の浸透過程を再現していなかったからであった。浸透過程を再現した上で測定した結果では、裸地化した人工林土壌の浸透能は従来の測定値より一桁低い値になっており、ホートン流が生じることが明らかにされている（恩田裕一「森林の荒廃は河川にどんな影響があるのか」 科学 2005 年 12 月）。

さらに、最近の森林水文学の研究では、浸透した雨水の流出過程（飽和側方流の流出）にも表層土壌の団粒構造（スポンジのような構造）の大小が大きく影響していること、すなわち、皆伐跡地では攪乱で表層土壌の団粒構造が乏しくなって雨水貯留能力が減少し、その結果、ピーク流出量が増大するという研究報告も出されている（小杉賢一朗「雨水貯留量指標を用いた森林の水源涵養機能・洪水緩和機能の評価―森林土壌の孔隙特性が雨水流出に及ぼす影響」京都大学 小杉賢一朗のホームページ）。

このように、最近の研究結果を踏まえれば、ホートン流も飽和側方流も、森林の表層土壌の状態が大きく影響すること、すなわち、団粒構造が失われた表層土壌では浸透能の低下で大量のホートン流が発生し、同時に雨水貯留能力の減少で飽和側方流の流出速度が高まり、その結果、ピーク流量が増大することは明らかである。

3 球磨川流域における森林土壌と洪水流出の変化

1 で述べた森林の変遷によって、次のように森林土壌の状態が変わり、洪水の流出の仕方が変化してきた。

大面積皆伐が行われる前（昭和 30 年以前）

ほとんどが広葉樹を中心とする天然林であったので、森林土壌の表層には、分厚い落葉層が形成され、下草が生い茂っていた。下草植生が表層土壌の流失を抑えて、表層土壌の団粒構造（スポンジのような構造）が維持されていた。

表層土壌の団粒構造が維持されていたので、ホートン流は非常に少なく、飽和側方流の流出速度が抑制されていた。その結果、洪水のピーク流量が比較的小さかった。

大面積皆伐後の森林土壌（昭和 30 年代後半から 50 年代前半）

重機を伴った大面積皆伐による抜倒作業や伐採樹木の搬出作業などによって、森林土壌は大きく攪乱され、重機で踏圧されて、無数の水みちが形成された。そして、水みちを通る地表流によって、表層土壌の一部は流失した。その結果、表層土壌は団粒構造が破壊されたり、流失したりして、森林土壌の保水力が大きく低下した。

表層土壌の団粒構造が失われたことにより、ホートン流が大きく増加し、さらに、飽和側方流の流出速度が高まって、洪水ピーク流量が大きく増大した。

森林が生長してきた状態の森林土壌（昭和 60 年代以降）

植林した木々の生長とともに、林地には下草が生い茂り、厚い落葉層も形成されるようになった。それにより、表層土壌の団粒構造が次第に回復するようになった。

表層土壌の団粒構造の回復により、ホートン流は小さくなり、同時に飽和側方流の流出速度も抑制されて、洪水ピーク流量の出方が次第に小さくなっていった。

放置された荒廃人工林の森林土壌（最近の状態）

間伐がされずに放置されたスギ・ヒノキ林では樹冠の閉鎖で日光が林地に当たらないため、下草植生は消失し、さらに、大粒の林内雨（樹冠通過雨）の雨滴衝撃で表層土壌の侵食が進んで、団粒構造が減少してきている。

表層土壌の団粒構造の減少で、ホートン流が再び増加し、飽和側方流の流出速度も高まり、洪水ピーク流量が増加するようになっている。

したがって、そのような荒廃人工林の全面的な間伐を推進すれば、日光が林地に当たって下草植生が復活し、さらに広葉樹の生長を促して針広混交林化を進めれば、団粒構造が発達し、それにより、洪水ピーク流量が低減していくことが予想される。

4 タンクモデルによる洪水ピークの出方の解析結果

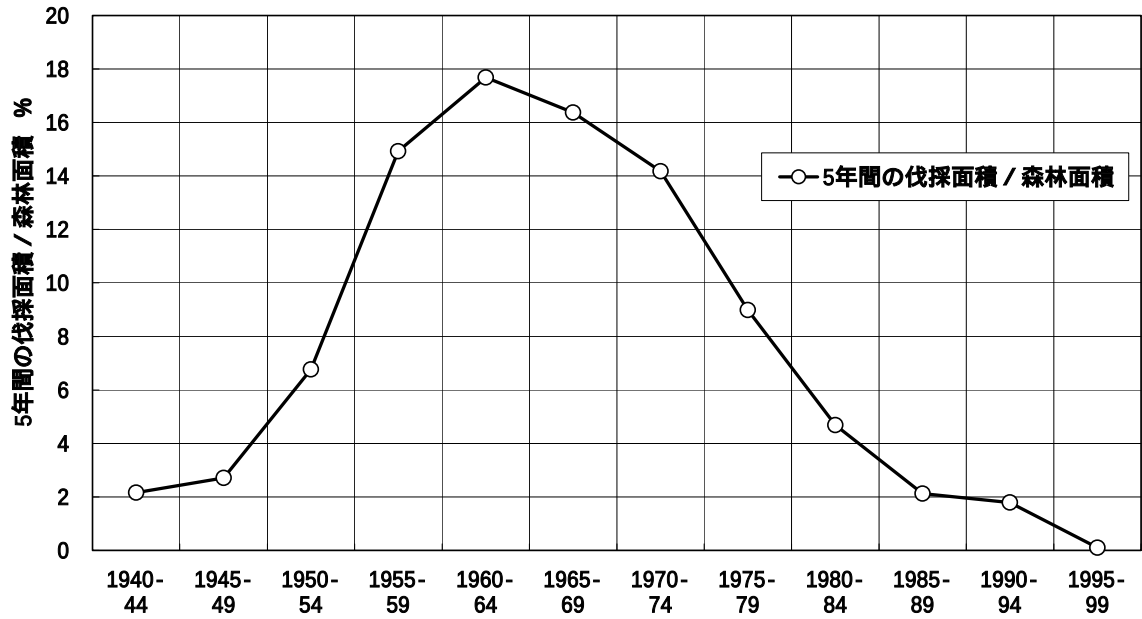
別図-5はタンクモデルによって川辺川の洪水ピークの出方を解析したもので、2003年12月の住民討論集会に提出した住民側資料に2004年、2005年洪水のデータを追加したものである。この解析結果は、1995年洪水の実績流量によく適合するタンクモデルを用いて他の主要洪水について流量を計算した結果のピーク値とその実績ピーク流量との比を図示したものである。この比は1995年の洪水ピークの出方を1とした場合、各洪水のピークの出方の大きさを表している。この図をみると、上記3で考察した森林土壌の変化に伴う洪水流出の変化によく対応していることが分かる。

大面積皆伐が行われる昭和30年以前は、洪水ピークの出方が小さく、その後、昭和30年代後半～40年代の大面積皆伐が行われると、洪水ピークの出方が大きく増大し、そして、昭和60年代以降、森林が生長してくると、洪水ピークの出方が小さくなってきている。しかし、1990年代の状態は、昭和30年以前と比べると、洪水ピークの出方がまだ大きく、近年はむしろ、やや増加の傾向にある。これは3の で述べた荒廃人工林の影響を示唆している。

以上の考察から、球磨川の基本高水流量の算出に当たっては次の4点を踏まえることが必要である。

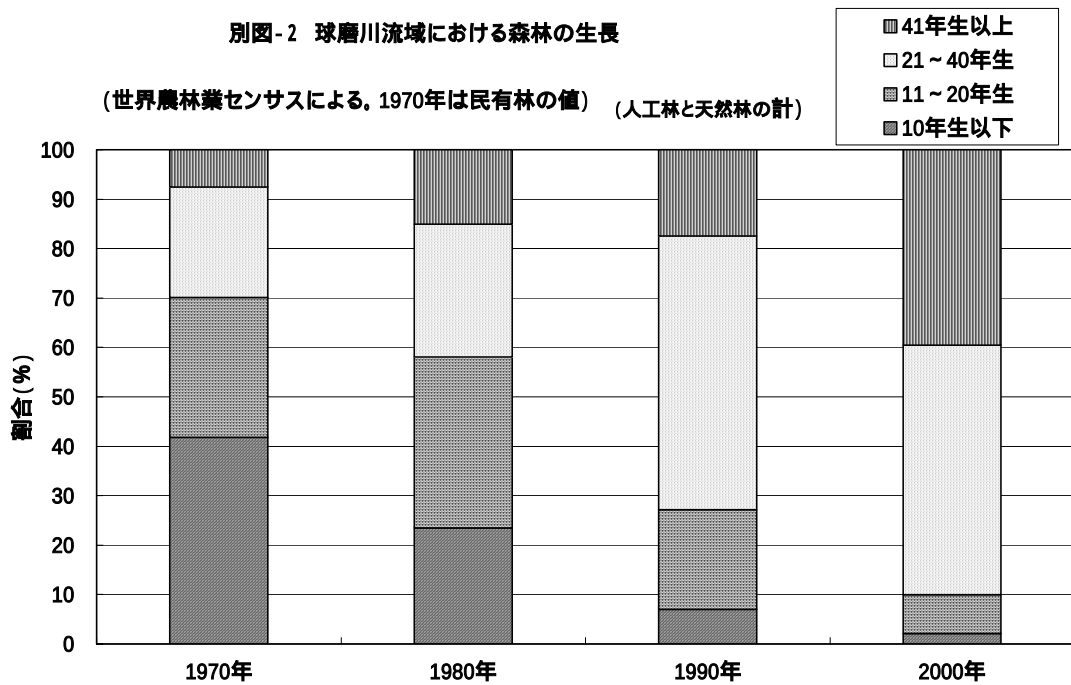
- （1）球磨川の洪水の出方はそのときの流域の森林状態を反映したものになっている。
- （2）球磨川水系工事实施基本計画の基本高水流量を定めた1966年は、森林大面積皆伐の真っ只中であって、森林土壌が劣悪化した状態の流量データに基づいているから、現在の森林状態を前提にすると、かなり過大な値が算出されている。
- （3）したがって、現在の森林状態を前提にして、基本高水流量を科学的に求めれば、工事实施基本計画の値よりかなり小さい値になる。
- （4）さらに、今後、荒廃人工林の全面的な間伐を行って下草植生を復活させ、針広混交林化を進めれば、洪水ピーク流量の低減がされるので、そのことを前提にすれば、基本高水流量をもっと小さな値にすることができる。

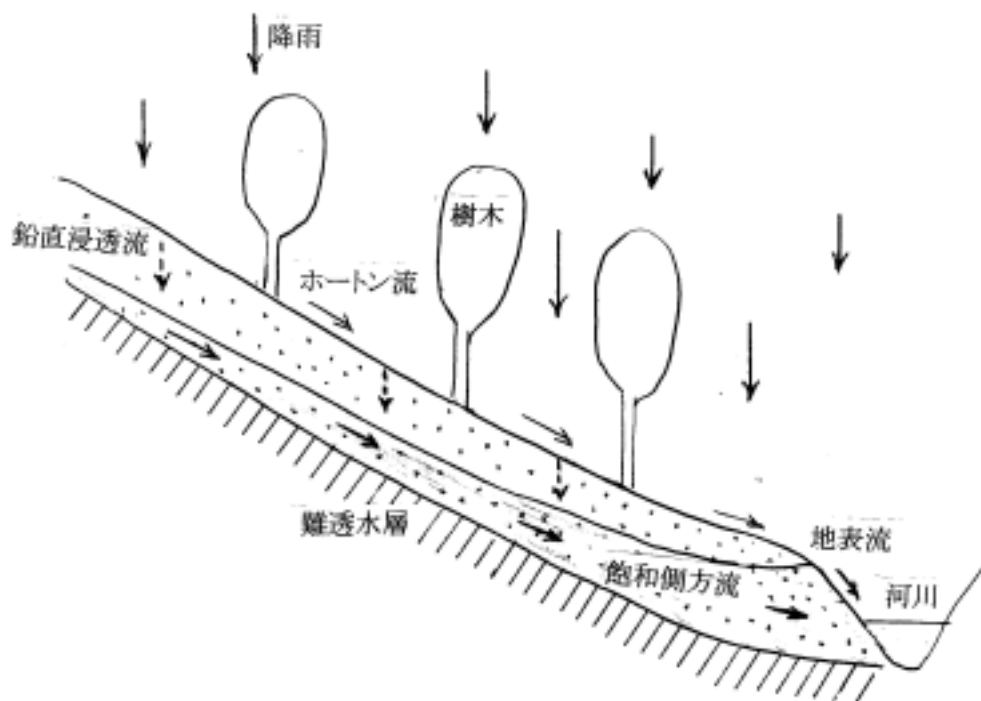
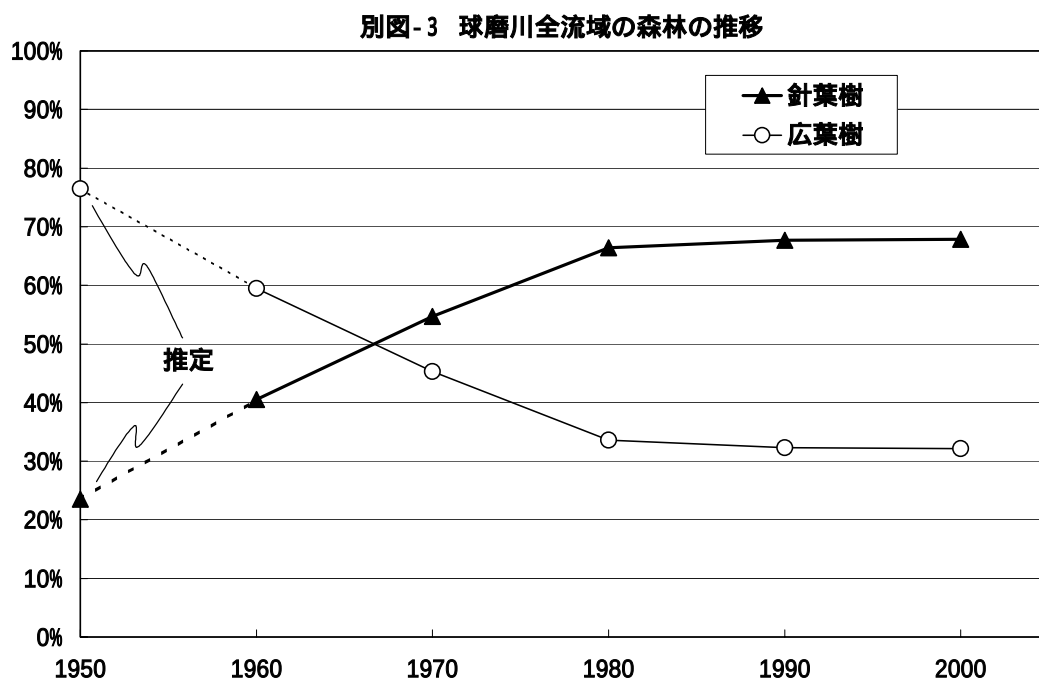
別図-1 球磨川全流域における森林の伐採



別図-2 球磨川流域における森林の生長

(世界農林業センサスによる。1970年は民有林の値) (人工林と天然林の計)





別図 - 4 山地における降雨の流出過程

別図-5 実績洪水流量 / 計算洪水流量の経年変化(川辺川・柳瀬地点)
(計算洪水流量:1995年洪水適合モデルを用いた場合)

