

(続紙 1)

京都大学	博士 (農 学)	氏名	糸数 哲
論文題目	森林の成育が水と土砂の流出に与える影響の評価に関する研究		
(論文内容の要旨)			
<p>森林は多様な機能を有しており、森林が降雨流出特性や土砂流出特性に影響を与えることは知られている。植生による樹冠遮断や蒸発散等によって流域からの年流量や直接流出量が減少することから、森林は洪水を緩和する機能を有していると考えられている。しかしながら、豪雨時の森林の洪水緩和機能については、肯定的な見解と否定的な見解の両論があり、その評価が定まっていないのが現状である。豪雨時の森林の洪水緩和機能に関する議論が決着しない理由の一つに、森林の洪水緩和機能がいまだ定性的な理解に留まっており、定量的な評価が進んでいないことが挙げられる。森林の洪水緩和機能の定量的評価は、森林の機能を科学的・客観的に評価する上で重要である。また、気候変動によって降雨特性が変化し、豪雨の規模や発生頻度が増加することが予想されていることから、降雨特性の変化に対応した治水対策の策定という観点からも、森林の機能を定量的に評価する必要がある。そこで本研究では、裸地化後の植生回復段階および土層発達段階の異なる山地小流域を対象に、通常降雨および洪水災害を引き起こした豪雨時の降雨流出特性ならびに土砂流出特性を調べ、降雨流出モデルを用いて森林の洪水緩和機能の定量的評価を行った。</p> <p>通常降雨時の降雨流出特性は、最も植生回復および土層発達の進んだ流域（以下、A流域）は降雨に対する流出の応答が緩慢でピーク流量が比較的小さいが、植生回復後間もない流域（以下、B流域）では、降雨初期には降雨波形に対する流出波形の応答が緩慢であるが、降雨の継続に伴って流出波形が降雨波形の影響を受ける傾向を示し、ピーク流量が大きくなった。流域内に裸地を含み、最も植生回復および土層発達が進んでいない流域（以下、C流域）は、降雨初期から流出波形が降雨波形の影響を受ける傾向を示し、ピーク流量が最も大きかった。豪雨時にはA流域においても流出波形が降雨波形の影響を受ける傾向が表れたが、B流域およびC流域に比べてピーク流量は小さかった。各流域の降雨流出特性から、森林の成育段階の進行に伴って降雨時の流量変動やピーク流量が小さくなることが確かめられた。</p> <p>貯留関数法によるモデル解析から各流域の豪雨時の流出率を求めた結果、A流域は飽和雨量（189 mm）を超えても流出率が約28%となっており、豪雨時にも洪水緩和機能が維持されていた。B流域は飽和雨量（124 mm）を超えると流出率が約54%となっており、B流域も豪雨時に洪水緩和機能が維持されていた。C流域は飽和雨量（107 mm）を超えると流出率が約73%となり、豪雨時には洪水緩和機能が大きく低下することが分かった。A流域およびB流域において豪雨時にも洪水緩和機能が維持されるのは、土層内に貯留された雨水が基岩内に浸透するためと考えられ、基岩への雨水浸透が豪雨時の洪水流量に影響を与えることが示唆された。このことから、森林の洪水緩和機能を定量的に評価する際には、基岩への雨水浸透を考慮する必要があることが分かった。</p> <p>各流域の流出土砂量は、概してA流域が最も小さく、C流域が最も大きかった。A流</p>			

域は流出土砂量の変動が小さく、流出土砂量が比較的安定していたのに対し、B流域およびC流域は流出土砂量の変動が大きかった。各流域の土砂流出特性から、森林の成育段階の進行に伴って流出土砂量およびその変動が小さくなる傾向を示した。流出土砂量に影響する流量因子を検討した結果、各流域とも流出土砂量は総流量との関係性は弱く、ピーク流量との相関が強かったことから、ピーク流量が流出土砂量に影響する流量因子であることが示唆された。

雨水の基岩浸透を考慮した三次元飽和・不飽和浸透計算モデルを適用して森林の洪水緩和機能を定量的に評価した。まず、遮断損失量、流域平均土層厚、および土壌の保水・透水特性の違いが豪雨時の流出波形に与える影響を調べ、洪水緩和機能に影響を与える因子の検討を行った。A流域およびB流域のパラメータを用いて比較計算を行った結果、樹冠遮断は豪雨時の流出波形にほとんど影響を与えない因子であることが分かった。土層厚の減少によって流量変動が大きくなり、ピーク流量が増加することから、土層厚は洪水緩和機能に影響を与える重要な因子であることが分かった。また、土壌の保水・透水特性は土層の厚さによって洪水緩和機能に与える影響が異なる因子であることが確認された。土層厚の増加によってピーク雨量に対するピーク流量の比率（ピーク流出率）が指数関数的に低下することが定量的に示され、豪雨時の森林の洪水緩和機能には土層の厚さが支配的な影響を及ぼしていることが明らかとなった。また、土層厚の増加によって降雨波形に対する流出波形の応答（流量変動）が緩慢になることも示され、降雨波形変換機能が土層の厚さによってもたらされていることが明らかとなった。

注) 論文内容の要旨と論文審査の結果の要旨は1頁を38字×36行で作成し、合わせて、3,000字を標準とすること。

論文内容の要旨を英語で記入する場合は、400～1,100 wordsで作成し
審査結果の要旨は日本語500～2,000字程度で作成すること。

(論文審査の結果の要旨)

森林が降雨流出や土砂流出に影響を与えることは知られており、樹冠遮断や蒸発散によって森林は洪水を緩和する機能を有していると考えられている。しかしながら、豪雨時の森林の洪水緩和機能については、肯定的な見解と否定的な見解の両論があり、その評価が定まっていない。本論文は、2000年9月の東海豪雨を経験した東京大学愛知演習林内の森林状況の異なる3つの小流域の降雨流出、土砂流出に関する観測結果から、森林の影響を定量的に評価しようとしたもので、評価できる点は以下のとおりである。

1. 通常降雨時でも、豪雨時でも、森林の成育段階の進行に伴って降雨時の流量変動やピーク流量が小さくなることが確かめられた。
2. 貯留関数法による解析から各流域の豪雨時の流出率を求めた結果、森林の洪水緩和機能を定量的に評価する際には、基岩への雨水浸透を考慮する必要があることが分かった。
3. 各流域の流出土砂量は、森林の成育段階の進行に伴って小さくなる傾向を示した。流出土砂量に影響する流量因子を検討した結果、各流域とも流出土砂量は総流量との関係性は弱く、ピーク流量が流出土砂量に影響する流量因子であることが示唆された。
4. 雨水の基岩浸透を考慮した三次元飽和・不飽和浸透計算モデルを適用して森林の洪水緩和機能を定量的に評価した。土層厚の増加によってピーク雨量に対するピーク流量の比率（ピーク流出率）が指数関数的に低下することが定量的に示され、豪雨時の森林の洪水緩和機能には土層の厚さが支配的な影響を及ぼしていることが明らかとなった。

以上のように、本論文は森林の降雨流出、土砂流出に対する影響を、豪雨を含む観測結果とその解析によって明らかにしたもので、森林科学、山地保全学、森林水文学、自然災害科学に寄与するところが大きい。

よって、本論文は博士（農学）の学位論文として価値あるものと認める。

なお、平成27年2月6日、論文並びにそれに関連した分野にわたり試問した結果、博士（農学）の学位を授与される学力が十分あるものと認めた。

注) 論文内容の要旨、審査の結果の要旨及び学位論文は、本学学術情報リポジトリに掲載し、公表とする。

ただし、特許申請、雑誌掲載等の関係により、要旨を学位授与後即日公表することに支障がある場合は、以下に公表可能とする日付を記入すること。

要旨公開可能日： 年 月 日以降（学位授与日から3ヶ月以内）