

(続紙 1)

京都大学	博士 (農 学)	氏名	富田 陽子
論文題目	山地流域の管理に関する研究－六甲山系住吉川を事例にして－		
(論文内容の要旨)			
<p>流域として望ましい土砂管理の視点から「土砂の量および質に関する流砂系一貫したモニタリング結果に基づき、土砂を流す砂防を推進する」ことが国土交通省の取り組みのひとつとなった。これにより、全国の直轄砂防事務所は山地溪流において流砂観測を実施している。しかしながら、流砂観測データを用いた砂防施設の配置計画や管理計画の策定の考え方は未だ整理されておらず、その方法も提示されていない。本研究は、六甲山系住吉川を事例として、流砂観測データを砂防施設の配置計画・管理計画に反映させる手法として「流域管理システム (WMS)」を構築し、シミュレーションを実施したものである。</p> <p>まず、六甲山系でおこなってきたプロットスケールでの流量・侵食量計測、溪流でのハイドロフォンによる掃流砂観測などの観測手法を整理した。次に、六甲山系の土砂災害の歴史、都市域の拡大を概観した。特に、昭和13年と昭和42年の豪雨による土砂災害、平成7年の兵庫県南部地震による斜面崩壊と、それらを受けて展開されてきた砂防堰堤の建設などの砂防事業について経緯と現状を整理した。</p> <p>山地流域の管理の視点から森林は重要な指標の一つであるので、六甲山系の植生とその変化に着目した。明治初期にはほぼ全山が禿山だったが、山腹工により緑化が進められ、現在では裸地が占める割合は六甲山系南側斜面で0.2%程度である。これに至る山腹工の経緯を整理し、現在の森林の状態を把握した。これらを基礎に、土砂災害防止の観点から森林の状態を3区分し、各森林区分で斜面・ゼロ次谷流域における水・土砂の流出を観測し、その特性を把握した。山地斜面・ゼロ次谷流域の流出・土砂流出特性を、森林状態を区分して実際の観測に基づいて把握したのは国内では本研究が初めてである。さらに住吉川支川西滝ヶ谷で流砂観測を行い、小流域単位の水・土砂の流出特性を把握した。</p> <p>以上により六甲山系の流出・土砂流出特性に関する情報が出そろったところでこれらに対応できるWMSの構築を行った。WMSは、流出解析モデル、土砂流出計算モデル、河床変動計算モデルを統合して構築したもので、各モデルの作成およびWMSの構築にあたっては、山地流域に適用できること、すなわち流砂観測データが再現できること、また、砂防施設による土砂移動の影響を評価できるよう以下のことを考慮した。</p> <ol style="list-style-type: none">1) 崩壊土砂として生産土砂を与えるのではなく、山地流域における土砂移動を合理的に追跡するため、土石流の発生・非発生を評価できるように、斜面部と谷部を表現できるゼロ次谷も流路とした流域区分を行った。2) 特性曲線法による基づく降雨・流出解析モデルにおいて、中間流層を上層と下層に多層化したモデルを導入して、下層の透水係数を小さく設定することで山地の保水能力のモデル化を行った。3) 土砂供給単位となる流域において、生産土砂は一出水中に全量が流出することは少なく、出水中～出水後に斜面部・谷部・河道内に堆積残存し、その後の出水で二次的に流出する。土砂流出計算モデルでは、流出土砂量は斜面部・谷部の水理量に基づいて侵食あるいは土石流の発生による場合を計算するものとした。4) 河床変動は、土砂流出計算モデルにより算出された谷部から河道部への流出土砂量を条件に計算するものとし、砂防堰堤による水位・土砂通過の影響、除石による土砂の除去をモデルに組み込んで砂防堰堤や除石による流出土砂量の低減効果を検討できるものとした。 <p>流出解析のモデルは、上記1)、2)により、土石流の発生・非発生を評価して</p>			

すべての降雨に対する流出応答が評価できるものとなり、各モデルを住吉川の流砂観測結果にあてはめたところ良好に再現できた。

構築したWMSを用いて土砂流出のシミュレーションを実施し、砂防施設による流出土砂量の低減効果を評価した。その結果、住吉川において、砂防計画基準点から下流に流出することが想定されている流出土砂量を低減させるには砂防計画基準点付近の上流に空容量が確保された砂防堰堤があること、砂防施設の整備が進展した現在の施設配置状況においては既設の砂防堰堤の除石だけでも流出土砂量を低減させていくことが可能であること、除石は砂防計画基準点付近の既設堰堤で実施することが有効であるという結果を得た。WMSの活用が砂防施設配置の有効性の判断や除石等土砂管理計画の検討に定量的に寄与できることを示した。

最後に、治山・治水の意義、砂防事業の意義、砂防に対する社会の要請の変化を踏まえて、これからの山地流域の管理のあり方を論じた。

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。

(続紙 2)

(論文審査の結果の要旨)

山地流域において望ましい雨水流出と土砂の生産・流出の管理を進めるためには、降雨と流出だけでなく土砂の生産と流出についてもモニタリングが必要であり、その観測結果に基づいて、降雨を与えて雨水の流出、土砂の生産、流出をシミュレートできる総合的なシステムが必要である。本論文は、六甲山系の住吉川を事例として、プロット、斜面、流域の各スケールで、雨水流出、掃流砂、濁度の観測を連続的に行い、その結果を反映させた流域管理システムを構築したもので、評価できる点は以下の通りである。

1. 六甲山系住吉川において、プロット、斜面、流域のスケールで雨量、流量、掃流砂と浮遊砂の土砂流出を観測し、その特性を明らかにした。特に、掃流砂を観測するハイドロフォンとそのキャリブレーションのためのピット流砂計測装置はこの研究を通して開発され実用化されたもので、ハイドロフォンは、現在、日本各地だけでなく海外でも使用されるようになった。
2. プロット、斜面での観測により、森林の状態に応じた雨水流出、土砂流出の特性を明らかにした。
3. 山地流域の管理を目的とした流域の状況に応じて雨水流出、土砂流出を予測するシステム (WMS) を開発した。
4. そのシステムにおいては、山地流域における土砂移動を追跡するため、土石流の発生・非発生を評価することとし、斜面部と谷部を表現できるようゼロ次谷も流路とみなす流域区分を行った。
5. 降雨・流出解析モデルにおいて、中間流層を上層と下層に多層化したモデルを導入し、下層の透水係数を小さく設定することで山地の保水能力を表現した。
6. 崩壊の場所、規模を予測することは現状では難しい、また崩壊した土砂がすべて流出するわけではない。そこで、土砂供給単位となるゼロ次谷流域において、流出土砂量は斜面部・谷部の水理量に基づいて侵食あるいは土石流の発生によるとして計算を行った。
7. 開発したシステムを適用して、既設の砂防堰堤の効果を評価し、除石による流出土砂量の低減効果を明らかにした。

以上のように本論文は、山地流域の管理の基礎となる情報収集を行い、雨水流出と土砂生産・流出を含む評価システムを開発したもので、山地保全学、森林水文学、森林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25年9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)