

「水の循環系モデリングと利用システム」

平成15年度採択研究代表者

恩田 裕一

(筑波大学大学院生命環境科学研究科 助教授)

「森林荒廃が洪水・河川環境に及ぼす影響とモデル化」

## 1. 研究実施の概要

### Group1 総合解析グループ

概要：全調査流域において、流域の選定を行い、測器設置を観測グループと共同で行った。また、データ取得が効率的にできるよう、測器の選定、使用法の確認、データ収集方法の議論を行い、有効にデータが採取できるよう心がけた。また、全調査流域の定常時、流出時の表流水を全国から一括して総合解析グループに送付するシステムを構築した。現在、水質分析、溶存物質測定を行い、解析中である。さらに、各地の流域について、衛星画像と現地調査を基に荒廃している流域を衛星データより判読する手法を試みている。

### Group2 流出観測グループ

概要：多摩地域の流域について、プロットスケールから大流域スケールまで観測を行い、多摩地域における荒廃した人工林の流出特性への影響を明らかにする。また、高知地域の流域について、プロットスケールから大流域スケールまで観測を行い、高知地域において、広葉樹林、荒廃した人工林の流出特性を測定し、水質用サンプルを採取した。また、長野地区における荒廃した人工林の流出特性を測定し、水質用サンプルを採取した。さらに、全国の流出データを集め、データベース化する。

### Group 3 流出モデリンググループ

概要：長野・三重流域について源流域の流出水の観測、および土壌水、地下水涵養量について調査を行う。また全流域のデータについて、分布型モデル(dSLAM II)を用いたモデリングを開始した。また、各地で集積された、土壌水分データより、プロットにおける流出発生モデルを構築する。さらに、全国の調査地域のデータを集積して、洪水予測シミュレーションを開始した。

### Group4 森林維持管理モデリンググループ

概要：森林施業、森林成長と失われる森林の機能について、全国のデータをもとにモデリングを行った。航空機測量のデータから、樹高の推定を行った。また、東京大学愛知演習

林において、施業と流出特性の変化について、実践的な調査を行った。

## 2. 研究実施内容

観測フィールドとして、日本の各地に人工林の荒廃が著しい5つの大流域を設定し、その中からヒノキ人工林、スギ人工林、カラマツ人工林を対象として施業履歴の異なる荒廃した林分を測定した。水資源上、最も問題が大きいと思われるヒノキ林についてはすべての流域で観測を行い、比較対象として広葉樹、またスギ・カラ松の人工林についても観測を行った。

対象とする大流域は以下の5地域である。

- ・ 愛知フィールド 東京大学愛知演習林 犬山研究林（愛知県犬山市）
- ・ 高知フィールド 四万十川支流葛籠川流域（高知県幡多郡大正町）
- ・ 三重フィールド 宮川上流（三重県度会郡大宮町）
- ・ 長野フィールド 信州大学農学部手良沢山演習林（長野県伊那市）
- ・ 東京フィールド 荒川支流成木川流域（東京都青梅市）

各フィールドでの観測体制は以下の通りである。

1. 樹種、荒廃度の異なる3-4ヶ所の流出プロットを設定
2. 樹種、荒廃度の異なる3-4箇所の源流域を設定し、流量、土壌水を測定
3. 1から2箇所の大流域における流量測定

これらの観測流域は入れ子状に配置し、それぞれのスケールでの現象の解明とともにスケールアップによる現象の変化も観測できるようにしている。これは、全国で水位センサーが51本および、自動採水器を25カ所設置する極めて大規模な観測体制となった。

各観測地点では、斜面からの水流出が河川流出にどのような影響があるかを観測するとともに、洪水時における流出水を採水し、 $\delta^{18}O$ の分析や化学分析（CaやSiO<sub>2</sub>）を行い、大流域からの流出水のflow pathを明らかにしようと試みている。そして、人工林の荒廃による各空間スケールでの水流出メカニズムの解明とそれらが洪水発生に及ぼす影響の解明を目指している。さらに、全調査流域の定常時、流出時の表流水を収集し、栄養塩の各態濃度、溶存有機物の諸特性（有機炭素量、紫外部吸光度、EEMs、樹脂分画、等）の測定を精力的に行った。また、流出時の浮遊土砂を採取し、同位体分析によりその土砂の起源について推定を行った。

フィールドグループおよび総合解析グループにおいては、本年度は本研究目的にあったような試験流域を全国で5カ所選定し、および測器のセットアップを行った。本年度は、フィールドグループと協力して流量観測を行い、平水時および豪雨流出時の採水を行った。総サンプル量は2700個に及んだ。2004年においては、各サイトで3から8回のイベント採水が達成された。そのうちヒノキ・広葉樹の比較が可能なイベントは2から5回データの取得があった。特に、三重フィールドでは、11の降雨イベントについて流出量などの観測を行ない、そのうち7回のイベントで、洪水時の採水サンプルを行ない水質や浮遊土砂流出の

データを収集することができた。その結果、 $\text{Na}^+$ と $\text{Cl}^-$ は、降雨・地表流・基底流とイベント水には明確な違いが見られた。 $\text{Mg}^{2+}$ と $\text{NO}_3^-$ は流域間で大きな違いがみられた。これらの違いは、ヒノキ林の流域ではかなり多くの地表流が発生していることを示唆している。

リモートセンシング部門においては、上記5つの研究対象地域の人工衛星データや（Aster, Landsat TM等）航空機データ（CASI）を入手し、精密幾何補正や地形補正などの前処理を行う。そして、植生の活性度を表す指標NDVI, PRI,などを計算することによって、荒廃した森林の場所を推定する。さらに、現地調査によって、衛星データから推定した結果を検証し、現存指標の有効性を検討している。また、現地から採取した荒廃林の葉のサンプルに対して、ハイパースペクトルの計測によって、森林の荒廃度を有効的に表せる新たな指標の開発を試みている。

フィールドグループにおいては、上記の共通項目に加え、下記の調査項目を重点的に調査している。多摩地域では、本年度は対象流域において、水流出量計測と水質分析を精力的に行った。また、高知地区および三重地区においては、ヒノキ、スギ及び広葉樹林内に小プロットを設置し、降雨量、通過雨量、表面流出量、侵食土砂量等を計測した。そして、各プロットにおいてトレンチ掘削を行い、土層断面からのマトリックス流量や土壌水分の挙動を観測する。さらに、上記小プロットを包含する大流域スケールでの流量観測を行い、森林の状態を考慮した水循環モデルや土砂生産モデルを構築する上での基礎情報とした。信州地区においては、ヒノキ、カラマツ、広葉樹林にプロットを作り、通過雨量、樹幹流下量、地表流量、侵食量などを測定するための準備をおこなう。愛知演習林においては、ヒノキ・広葉樹の流量観測を継続的に行った。

森林維持管理モデリンググループにおいては、人工林の施業方式が、土砂流出・水流出といった環境コストと資源としての経済的価値に及ぼす影響を、広域的に評価する手法の開発を、東京大学愛知演習林赤津研究林・犬山研究林に設置する施業方式を異にしたヒノキ人工林小試験流域において、以下のアプローチによる調査を開始した。

- ① リモートセンシング（航空機レーザースキャナー）による林分構造の広域的评价
- ② 施業方式が土砂流出・水流出に与える影響のメカニズム解明とモデル化
- ③ 土砂流出・水流出といった環境コストの経済的評価方法の確立

### 3. 研究実施体制

#### Group1 総合解析グループ

- ①研究分担グループ長：筑波大学大学院生命環境科学研究科 恩田裕一
- ②研究項目：研究実施項目 総括，高知・多摩流域における現地調査，環境影響モデリング，リモートセンシングによる荒廃森林の抽出

#### Group2 流出観測グループ

- ①研究分担グループ長：千葉大学理学部 寺嶋智己
- ②研究項目：多摩，長野，高知における流域流出観測

#### Group 3 流出モデリンググループ

- ①研究分担グループ長：京都大学防災研究所 Roy C. Sidle
- ②研究項目：三重における流出観測および土壌プロット観測，各スケールのモデリング

#### Group4 森林維持管理モデリンググループ

- ①研究分担グループ長：名古屋大学大学院生命農学研究科 竹中千里
- ②研究項目：森林維持管理と流出特性に関するモデリングを構築する

#### 4. 主な研究成果の発表

##### (1) 論文発表

- K. Kosugi, T. Uchida, T. Mizuyama ; Numerical calculation of soil pipe flow and its effect on water dynamics in a slope, Hydrol. Process. 18, 777-789, 2004
- K. Kosugi, M. Katsuyama ; Controlled-suction period lysimeter for measuring vertical water flux and convective chemical fluxes, Soil Sci. Soc. Am. J. 68, 371-382, 2004.
- R. C. Sidle: New concepts in hydrogeomorphic processes across various scales of time and space. Transactions, Japanese Geomorphological Union25(4): 331-340. 2004.
- A. S. Dhakal and R. C. Sidle : Pore water pressure assessment in a forest Watershed: Simulations and distributed field measurements related to forest practices, Water Resources Research 40: W02405, doi: 1029/2003WR002017. 2004.
- Y. Onda, M. Tsujimura, and H. Tabuchi: The role of subsurface water flow paths on hillslope hydrological processes, landslides and landform development in steep mountains of Japan. Hydrological Processes, 18, 637-650. 2004