

京都大学	博士（工学）	氏名	羅 平 平
論文題目	ASSESSMENT OF WATER-RELATED PROBLEMS CONSIDERING LAND USE CHANGE AND CLIMATE CONDITION (土地利用変化と気候条件を考慮した水問題の評価に関する研究)		
(論文内容の要旨)			
本論文は、河川流域における土地利用や気候に関する条件の変化が、水質、土砂、洪水といった水問題に与える影響を評価したものであって、7章からなっている。 第1章は序論であり、本研究の背景である、世界の自然災害発生状況、人口動態を含む社会経済的な災害脆弱性にも言及しながら、問題設定と過去の研究レビューを行い、本論文の研究目的と構成を述べている。 第2章では、日本河川における近年の水質状態の空間的・時間的変動傾向を評価している。国土交通省が整備している生物化学的酸素要求量（BOD）、化学的酸素要求量（COD）、溶存酸素（DO）、総窒素（TN）、総リン（TP）、水素イオン濃度（pH）などのデータセットを利用し、全国 92 河川の水質状況を調べた。1992 年から 2005 年のデータにより河川水質の傾向変動を把握し、現状の特徴の分析、水質悪化あるいは回復の度合いを評価した。こうして、日本河川の水文学的・生態化学的過程に関する知見を与えるとともに、各地のそれらの指標の増減傾向を明らかにした。1992 年から 2005 年の 14 年間に於いて、日本の河川の水質は総じて改善されていることが示された。ただし、北海道の河川においては環境悪化が見られる。全国的に見て、COD の改善が BOD より顕著であり、本州では、TP の方が TN より改善されていることが示された。 第3章では、日本の河川の浮遊土砂濃度に注目している。全国 92 河川の浮遊土砂（SS）の濃度の傾向変動を調べ、多数のダムにおける堆積土砂の状況を解析している。河川流量と浮遊土砂の間には正の相関があることが示されている。解析した 14 年間に於いて、浮遊土砂は劇的に改善されたが、関東、中部、近畿、九州の一部の流域においては依然として増加傾向にある。421 個の日本のダムについて、年堆砂量、総堆砂量などの統計量から土砂の増減の速度や傾向変動を明らかにし、堆砂の観点からのダムの寿命について検討を加えている。土砂の予測は難しい問題ではあるが、その不確実性も含めて、最近の情報からダムの持続可能性を明らかにしている。浮遊土砂の総量を推定する手法を提案した。農地や森林の多い流域を 100 個選んで、水文地理学的に浮遊土砂と土地被服条件の関係を調べ、両者を結びつける経験モデルを作成した。土壌タイプ、河川流量などの要因が重要であり、耕作地や森林の影響も、地質、流域面積、平均標高よりも大きいことが明らかになった。 第4章では、土壌・水評価ツール（SWAT）モデルを用い、将来想定される気候条件のもとでの水不足問題を解析している。四国の吉野川流域を対象に、SWAT モデルにより、長期的な河川流況と渇水期の森林管理の関係について分析した。モデル同定は、パラメタの不確実性を考慮した二つの方法によって行い、同定期間、検証期間でのモデル精度を定量的に評価して、系列不確定適合法（SUFI-2）よりも一般尤度不確実性推定法（GLUE）の優位性を示した。また、20km 空間分解能の気候モデル出力を使った流出解析を行い、森林管理によって渇水期の月流量や日単位の土壌水分量が改善されることを例示している。 第5章は、歴史洪水を取り扱っている。京都の鴨川流域を対象に、セル分布型流出モデルを用いて古洪水の解析を行った。特に、古地図を用いて過去の土地利用を反映したモデルを構築し、過去の実績降雨や想定降雨に対する洪水流出の感度分析を行って、近年の都市化、人為的影響による洪水リスクの増加を明らかにしている。ここでは、1976 年時点の数値土地利用データと古文書を組み合わせて古土地利用再構築			

京都大学	博士（工学）	氏名	羅 平 平
（PLUR）プログラムを開発し、1843 年、1902 年、1927 年といった近代の土地利用の様子を再現した。鴨川流域における森林・農地の開発や都市化が、洪水流量を大きくし、そのピークの到達を早めることが検証された。 第 6 章においては、海外及び日本の古水文学の歴史をレビューした。中国と日本における過去の洪水事象ならびに現代に至るまでの治水・利水対策をレビューするとともに、両者の類似点と相違点を明らかにした。我が国の古水文学の観点からは、データベースの構築、モデリング、現地踏査と統計解析の重要性を示唆した。中国においては、都江堰や三峡ダムといった構造物による治水、灌漑システムのみならず、土地利用規制や森林保全などの方策による治水政策の変遷と重要性を示している。 第 7 章は結論であり、本研究で得られた成果をとりまとめている。			

(論文審査の結果の要旨)

本論文は、河川流域における土地利用や気候に関する条件の変化が、水質、土砂、洪水といった水問題に与える影響を評価したものであって、以下のような成果を得ている。

1. わが国河川の 98 か所の水質観測点において、生物学的酸素要求量 (BOD)、化学的酸素要求量 (COD)、溶存酸素 (DO)、総窒素 (TN)、総リン (TP) といった水質指標の 1992 年～2005 年の経年的変化を調べ、各地のそれらの指標の増減傾向を明らかにした。
2. わが国河川において、92 か所の水質観測点の浮遊物質 (SS) の経年的変化を調べるとともに、地理情報システムを用いた地形 (傾斜) や山地部の 421 か所のダム地点の土砂堆積の状況を年堆砂量、総堆砂量の観点から調べ、ダムの持続可能性、寿命を明らかにした。浮遊土砂の総量を推定する手法を提案し、土壌タイプ、河川流量、耕作地や森林の土砂流出に与える影響が大きいことが明らかになった。
3. 四国の吉野川流域を対象に、土壌・水評価モデル (SWAT モデル) を用いて、長期的な河川流況と渇水期の森林管理の関係について分析した。モデル同定は、パラメタの不確定性を考慮した二つの方法によって行い、系列不確定適合法 (SUFI-2) よりも一般尤度不確定性推定法 (GLUE) の優位性を示した。また、気候モデルの出力を使った流出解析を行い、森林管理によって渇水期の月流量や日単位の土壌水分量が改善されることを例示した。
4. 京都の鴨川流域を対象に、セル分布型流出モデルを用いて古洪水の解析を行った。特に、古地図を用いて過去 (1843, 1902, 1927, 1976 年) の土地利用を反映したモデルを構築し、想定降雨に対する洪水流出の感度分析を行って、近年の都市化による洪水リスクの増加を明らかにしている。
5. 中国と日本の過去の洪水事象ならびに現代に至るまでの治水・利水対策をレビューするとともに、両者の類似点と相違点を明らかにした。都江堰や三峡ダムといった構造物による治水、灌漑システムのみならず、土地利用規制や森林保全などの方策による治水政策の変遷を示している。

以上のように、本論文は、多様な水問題に対するモデル解析の方法、過去から未来に至る諸要素の変化過程を明らかにし、河川流域の水問題の解決に資する理論と技術を与えており、学術上、實際上寄与するところが少なくない。よって、本論文は博士 (工学) の学位論文として価値あるものと認める。また、平成 24 年 1 月 24 日、論文内容とそれに関連した事項について試問を行い、申請者が博士後期課程学位取得基準を満たしていることを確認し、合格と認めた。