

審査の結果の要旨

氏名 森 康 二

本研究では、21世紀の陸域環境問題の評価において要請される流域スケールでの問題（水資源問題、水災害問題、水環境問題等）に対応するため、流域における流体、熱、化学物質、土砂の同時輸送過程を考慮した新しい数理モデリング手法が開発されている。

流域を対象とした数値解析技術には従来から、斜面、河川、帯水層などに分離して流域を構成する部分（流域コンポーネント）を個別に解析したのち、経験的パラメータ等を用いて再結合するものがあるが、現象間の相互作用の表現が限定されることになることから、本研究では具体的に以下が論じられ、開発されている。

- (1) 流域システムにおける流体、熱、化学物質、土砂間で生じる様々な相互作用過程を統合的に扱う数値シミュレータが、地表水・地下水結合解析技術をベースとして開発された。この中では、流体として水・空気、複数の粒径の固相粒子、化学物質として複数の溶質を扱い、脱窒反応・微生物反応・吸着・核種崩壊、熱の輸送（大気との熱収支含む）が考慮され、定式化が行われている。
- (2) これらの多数の式を流体、熱、化学物質、土砂輸送のモジュール間の選択的利用により整合的に解く数値解析プログラムが開発された。開発したコードは厳密解や実験値のある単純系に対する数値解との比較検証が行われ、解の妥当性が検証された。
- (3) 以下のようなフィールドスケールの実流域問題へ適用され、解析モデルの適用性が検討された。

a) 流体・土砂系の同時輸送解析

神奈川県東丹沢地域の中津川水系 おおほらさわ 大洞沢 流域を対象として、シカの食害による森林荒廃が水源涵養能へ与える影響や種々の森林施業に対する効果の検証のため、本研究で開発した流体・土砂系の同時輸送解析が適用された。水、土砂流出挙動に関する実測データの再現解析と森林施業の各種シナリオに対する効果の予測が行われ、本研究で開発された流域スケールの流体・土砂同時輸送解析の適用により、従来は困難であった地表面状態に応じた水・土砂流出と水源かん養の評価とを一体的に解析でき、様々な森林施業に対する効果の予測可能性が示された。

b) 流体・化学物質系の同時輸送解析

陸域の湖沼や地下水資源の硝酸性窒素汚染問題に対して、地上で営まれる農業生産や畜産等の人間活動に対する経年的応答を再現し、将来の傾向や対策効果を予測するため、複数の窒素化合物の酸化還元反応を考慮した流体・化学物質系の同時輸送解析が適用された。本研究では、湖沼水質保全特別措置法に基づく指定湖沼である霞ヶ浦流域へ適用し、流域内の自然及び人為由来の窒素負荷に対する汚染状況の経年変化を再現すると共に、霞ヶ浦への流入河川毎及び地下水の窒素負荷流入機構の実態把握が試みられた。その結果、霞ヶ浦は流域内で排出した窒素負荷が、地下水を経由して河川、湖沼に流入することにより、それらが実質的な負荷源となり水質悪化が長期化する特徴が再現された。これらは、実際の長期モニタリングデータから推定されてきた汚染機構の特徴の1つでもあり、流域スケールの数値シミュレーションによって初めて統合的に再現されたものである。

c) 流体・化学物質・土砂系の同時輸送解析

東京電力福島第一原子力発電所事故によって周辺地域へ沈着した放射性セシウムの環境中での移行過程に対して、本研究で開発した流体・化学物質・土砂系の同時輸送解析を適用し、事故後から約 3 年間の状態変化を再現した。対象流域は福島県白河町の堀川ダム流域とし、ここでは、特に混合粒径成分の粒子状物質及びそれらとの相互作用を伴って移動する放射性セシウムの時間的・空間的再配置に着目し、開発手法の適用性を検証した。その結果、地上、地下を含む流域スケールにおける放射性セシウムの短期・長期移行挙動を解析することに成功している。

以上の実流域を対象としたケーススタディは、従来の空間や現象を限定する個別の解析技術では適用そのものが困難なものである。本研究で開発された数理モデルは、地上の水・土砂流出量、地下水位、地上地下の物質濃度等の多地点、多項目の時系列観測データを再現し、流域システムの内部構造の同定を行えると共に、流域システムの環境保全・改善のための予測・対策立案手法として利用できる可能性が示されており、流域で生じる様々な現象の実態把握のみならず、様々な計画立案及び政策意思決定に役立つ実用的な評価手法になることが期待される。

よって、本論文は博士（工学）の学位請求論文として合格と認められる。