

水の流れ、土砂の流れ、そして災害

高橋 保

著者が携わってきた研究の中で、洪水、土石流、及び貯水池の土砂問題を取り上げて、成果の概要を述べる。研究は何れにおいても、まず現象の基礎的な力学機構の解明を目指し、次いで現象がもたらす災害の評価を可能にする応用的モデルの構築、さらには防災対策とその定量的な機能評価モデルの提示へと発展している。

洪水の流れと氾濫災害に関しては、まず、河道における洪水流の特性把握を目的として行った、一様水路、貯水池、死水域を伴う不規則断面河道、及び複断面河道における洪水流に関する実験的・理論的研究の成果を述べる。次いで、市街地における破堤氾濫水の挙動を再現できる数値モデルを与え、これと氾濫水による木造家屋の破壊限界に関する研究とを結びつけて、市街地での破堤氾濫による損害見積もりと、各種の緊急的・恒常的対策の効果の評価を可能にしている。

土石流の機構及び土石流災害に関しては、従来土石流がピンガム流体としてモデル化されていたのとは相違して、著者が導入したダイラタント流体モデルがどのような考えに基づいているのかを初めに示す。この土石流理論は著者らの与えた粒子流の構成式を用いることによって進展し、水と土砂の混合物の流れが、輸送土砂濃度が非常に希薄な状態から土砂崩れのような高濃度状態まで、力学的に明確に分類されている。また、この分類によって慣性土石流の範疇に入る石礫型土石流と乱流型土石流を統括して取り扱える流動理論について述べる。さらに、粘性が卓越する土石流に関しても、独自のニュートン流体理論を導入し、これによって典型例として知られる中国の蒋家溝の土石流の挙動が説明できることを示す。

土石流の発生、発達、停止・堆積機構に関して、渓床堆積物が表面流の出現によって、あるいは斜面の表層崩壊が多量の水を含んでいて土石流化し、それが渓床堆積物を侵食してさらに発達する過程、発達した土石流が緩勾配地域へ流出して堆積する過程を、材料の広い粒径分布に付随して生

じる粒径選別をも含んで定量的に解析できる数値モデルを与えている。さらに、深層崩壊した土塊が、土塊を先頭に、その後方に土石流を伴って運動する機構について、実験に基づいてモデル化し、実験で生じた現象の再現に成功している。

土石流災害の防止・軽減に関しては以下のような内容について述べる。(1) 渓床堆積物の土石流化理論に基づく土石流発生危険渓流の判定法、(2) 斜面表層が A、B の二層から成っているとし、各層の底面におけるすべり安定性の変化を浸透流解析と結びつけて検討して、崩壊発生限界降雨を明らかにした。これは避難予警報に応用することができる。(3) 上記の理論を二次元場に拡張し、さらに土石流発生理論と結びつけて、任意の降雨に対して、崩壊・土石流の発生場所、及び発生時刻を予測できる方法を与えている。(4) 降雨流出解析と土石流発生・発達・堆積モデルを組み合わせて、土石流の規模予測と氾濫堆積範囲の予測を可能にしている。(5) 格子型砂防ダムの閉塞確率理論と土石流の粒径選別、堆積理論等を組み合わせた格子型砂防ダムの土石流調節機能評価法を与えた。(6) 土石流シミュレーションモデルの適用による流路工計画等の評価法を与えている。

貯水池堆砂及び排砂に関しては、全国のダム堆砂資料を用いたマクロな堆砂量予測法、及び裸地斜面における土砂生産・流出、河道侵食過程を任意降雨条件の下で力学モデルに従って予測する方法を与えている。また、広い粒径分布を持つ掃流砂による貯水池の堆砂デルタでは、堆積層内部に逆グレーディングが生ずることを実験で確かめ、この現象はデルタ前面での崩壊プロセスに大粒子であればあるほど斜面途中では停止し難いと考えることによって説明できることを示している。貯水池からの排砂は貯水池の持続的利用や下流河川の維持上重要である。すでに小規模貯水池では実施の実績があるが、比較的大規模貯水池を対象に、貯水池の水を逆流させて排砂する方法を考案し、その適用性を実験及び数値計算によって検討している。