

(続紙 1)

京都大学	博 士（理 学）	氏名	彭 嘉駿
論文題目	Detrital ¹⁰ Be dilution modeling coupled with topographic analyses and coseismic landslide inventory mapping: Implications for landscape evolution of a high-relief mountainous range （地形解析および地震地すべり分布と連結させた碎屑性 ¹⁰ Be の希釈モデリング：大起伏山岳の発達に対する示唆）		
（論文内容の要旨） 地殻変動が活発な大起伏山地では、岩盤崩壊が主要な斜面プロセスであり、山腹斜面から河川に大量の土砂を供給する。本研究では、地理空間解析と碎屑性 ¹⁰ Beの希釈理論を組み合わせ、岩盤崩壊由来の土砂生産を定量化する新しいモデルの枠組みを提案した。このモデルを、2008年の四川大地震での斜面崩壊の発生分布が克明に記録されたチベット高原東縁の岷江流域で得られた河川堆積物の ¹⁰ Be濃度のデータセットに適用し、検証した。先行研究により分析が行われている四川盆地近隣とチベット高地前縁領域を繋ぐように、花崗岩類、変成岩類、堆積岩類を基盤とする流域を数十か所選定し、水流によってよく混合した細粒から中粒の河床堆砂を採取した。得られた試料は物理化学処理ののち、加速器質量分析による同位体比測定に供され、石英中の ¹⁰ Be濃度が定量された。地震発生以前およびそれ以降に得られている先行研究のデータと合わせて、多角的な地理空間解析によって斜面崩壊の空間密度や流域削剥速度と対応している地形・地質パラメータを評価したところ、流域の地形に対応した背景削剥速度の指標として河道の正規化急峻度指数が採用できることがわかり、これを対応する碎屑性 ¹⁰ Beの濃度に変換した。斜面崩壊の面積と体積を関連付け、土砂生産量を算定するためのスケーリング係数は、碎屑性 ¹⁰ Beの希釈程度と斜面崩壊のインベントリマップとの対応関係を逆解析することによって求め、既存研究の数値に照らしてモデルの妥当性を検証した。これらのスケーリング係数は、異なる地質条件での斜面崩壊の深さを検討するために、地質単位毎にも算出し比較した。その結果、花崗岩類よりも変成岩類の方が、崩壊深度が大きくなる傾向にあることが明らかとなった。次に、検証されたモデルを地域スケールに適用し、地震再現間隔と合わせて検討することで、岩盤崩壊による山地斜面の長期的な正味の侵食量を評価した。その結果、主としてアパタイトのフィッシュントラックに基づいて低温熱史年代学的に推定されていた断層上盤側での大きな長期削剥速度を説明することができるようになった。これにより、地震時岩盤崩壊のように低頻度だが大規模な事象は、長期的にみて斜面から多量の物質を除去し、テクトニックな隆起を相殺する重要な役割を地形形成の過程で果たしていることが示唆された。			

(論文審査の結果の要旨)

大起伏な山地において、地震のような強大な外的営力が、短期的にどれほどの土砂を斜面から河川に供給し、長期的に侵食地形の発達にどのような影響を及ぼしているのかを定量的に評価することは、流域災害の規模を想定したり、地形の進化過程を理解したりするうえで重要である。この研究では、河川堆積物中の石英に含まれる宇宙線生成核種 ^{10}Be を系統的に分析し、岩盤起源土砂の混合による核種濃度の希釈程度が、岩盤崩壊による斜面物質除去の量的指標となることを示した。従来、多数の岩盤崩壊が生じた場の下流側では、河川堆積物中の ^{10}Be 濃度が低下することは知られていたものの、地表面下での核種の深度分布を前提として、 ^{10}Be 濃度の希釈程度と岩盤崩壊の発生規模とを定量的に結び付けてモデル化し、検証を行ったのは本研究が初めてである。検証の場として、2008年の四川大地震で斜面崩壊が多数生じ、起震断層からの距離に応じてその空間密度が減衰する特徴が顕著にみられた中国四川省の岷江流域を選定し、河川堆砂試料の採集と空間情報解析を行った。加速器質量分析によって得られた石英中の ^{10}Be 濃度について、先行研究のデータと合わせて検討した結果、多数の崩壊が生じた領域で得られた核種濃度は、地震以前のデータあるいは地震時斜面崩壊の影響がない断層遠方流域でのデータと地形パラメータとの対応関係から推定されるレベルからみて有意に小さく、多量の岩盤物質供給による希釈を反映したものと解された。核種濃度の希釈程度と、斜面崩壊のインベントリマッピングに基づき算出された斜面崩壊の面積と体積の関係を表すスケーリングパラメータは既知のものに近く、モデルの妥当性が確認された。本モデルは碎屑性 ^{10}Be の新しい応用法を提示したものであるとして、有用性が高いと評価できる。また地質毎にみた場合、花崗岩類よりも変成岩類の方が、崩壊深度が大きくなる傾向にあったことも示され、片理に代表される地質的不連続面の存在が、深い岩盤崩壊の発生に寄与している可能性が指摘された。実際にどのような地質構造が、どのように崩壊に関与しているのか、その論証は今後の研究が俟たれるが、応用地質学的に解決すべき重要な課題を、データに基づいて具体的な形で示したことには価値が認められる。本研究で得られた岩盤崩壊による土砂生産量と、地震学的に推定されている巨大地震の再現周期とを合わせて、崩壊発生域での長期的な侵食速度を計算したところ、アパタイトのフィッシュントラックに基づいて低温熱史年代学的に示されていた断層上盤側での大きな削剥速度値を説明できるようになった。これは、地震時岩盤崩壊のような間欠的事象が、低頻度だが多量の物質除去を通じて、大起伏山地における地形進化に実質的に寄与していることを意味しており、山地地形学の前進に貢献した成果として評価できる。よって、本論文は博士(理学)の学位論文として価値あるものと認める。また、令和7年1月14日、論文内容とそれに関連した事項について試問を行った結果、合格と認めた。

要旨公表可能日： 年 月 日以降