

(続紙 1)

京都大学	博士 (理学)	氏名	趙 思遠
論文題目	Geological structural control on landslide and gravitational slope deformation in response to fluvial incision along the eastern margin of the Tibetan Plateau, China (河川侵食によって生じる地すべりと重力斜面変形：中国チベット高原東縁部における地質構造規制)		
(論文内容の要旨)			
<p>山岳地における河川侵食は下刻によって周辺斜面を不安定化させ、重力斜面変形や地すべりを引き起こすが、この過程に対する地質構造の影響は未だに明確になっていない。本研究では、著しい隆起と侵食の場であるチベット高原東縁部を対象として、河川侵食と地質構造とが斜面の地形発達にどのように影響するのか明らかにした。チベット高原東縁部は、標高約600mの四川盆地から水平距離わずか50-60kmの間に標高5500mを越える山岳が急激に立ち上がる位置にあり、そこでは隆起とともに著しい河川侵食作用が進行している。詳細調査の対象としたのは、眠江本流とその大きな支流の一つである黒水河である。</p> <p>分解能2.5mの衛星画像、5mメッシュの数値地形モデルを用いた地形解析、および現地調査の結果、眠江と黒水河ともに、地殻変動によって生じたと推定される2つの主要な遷急点が見いだされ、これらの遷急点が上流にさかのぼることによって侵食が進んでいること、そして、結果的に谷中谷が形成され、河岸斜面を下部切断し、不安定化させていることがわかった。谷中谷の縁である斜面の遷急線は、遷急点に対応して高位と低位の2つあり、眠江ではそれぞれ現河床から平均1200mと300mの高さ、黒水河ではそれぞれ平均800mと400mの高さにある。地すべりによる天然ダムも遷急点を作るが、これは侵食によって消失する。</p> <p>地質調査の結果、調査地域には変成された砂岩・頁岩、大理石、およびスレートが分布すること、そして、遷急点の上流への遡及と谷中谷の形成の斜面への影響は、地質構造と河川の方角とによって全く異なることがわかった。眠江沿いでは、構造方向が河川の方角と直交あるいは大きく斜交しており、この場合、重力斜面変形は極めて少なく、楔型不連続面や谷方向にプランジする褶曲構造のような地質構造のある個所で大規模な地すべりが発生していた。一方、黒水河沿いでは、構造方向が河川の方角に平行に近く、そこでは地層の座屈あるいは曲げトップリングの重力斜面変形が生じていた。座屈は面構造の方が斜面よりも急傾斜の逆目盤斜面のみで生じ、曲げトップリングは逆目盤および受け盤斜面で生じていた。河川の侵食に対する斜面の応答のこのような違いは、面構造を有する岩石の重力変形が、基本的に面構造に沿うせん断によって生じることによる。</p> <p>2017年に調査地域内の新磨村で発生し、1つの村を壊滅させ102名の犠牲者を生じた斜面崩壊は、重力斜面変形が急激な崩壊に至ったものであることがわかった。衛星写真判読および現地調査によれば、この崩壊は、事前に座屈変形していた斜面に発生したものであり、座屈変形の不安定さを示している。</p> <p>以上のように、河川侵食による地形発達を考える場合には、地質構造を考慮することが非常に必要であり、また、地質構造および侵食履歴を明らかにすることによって、起伏の大きな山地の斜面安定性について概念モデルを構築することが可能であることがわかった。</p>			

(続紙 2)

(論文審査の結果の要旨)

造山帯の山岳地形を形作るのは、隆起とともに侵食作用である。そして、侵食は、氷河、河川、風などの外的営力によって進行し、その際、地下の地質構造の影響を受けて進行するはずであるが、地質構造を考慮して侵食に対する斜面の応答挙動を研究した例は非常に少ない。申請者は、典型的な造山帯であるチベット高原東縁部で、河川侵食がどのように進行するのか、また、それに伴って周辺斜面がどのように応答するのか、そしてそれに対して地質構造がどのように影響するのか、丹念な現地調査と解析によって明らかにした。対象地域は、東側の四川盆地から竜門山断層を介して急激に上昇している地域である。ここでは、2008年に汶川地震が発生し膨大な数の斜面崩壊が発生したこともあり、マスムーブメントに関する研究が多数行われてきた。また、大規模な地すべりが河川侵食に与える研究や、熱年代学に基づく広域的な侵食速度の研究もおこなわれてきた。しかしながら、上述したような河川侵食に対する斜面の応答といった研究はほとんど行われてこなかった。また、眠江では、1933年のDiexi地震による斜面崩壊と天然ダム決壊や、2017年の新磨村の斜面崩壊など、甚大な斜面災害が発生してきたが、それらの原因については、不明な点が多く残されてきた。

申請者は、まず、衛星画像判読と数値地形モデル解析、現地調査によって、河川の縦断面形態と斜面形態の分析を行い、さらに、地すべりと重力斜面変形の抽出を行った。その結果、約350kmの長さにわたる眠江とその支流の黒水河に、顕著な2つの遷急点を見出した。そして、これらは下流の竜門山断層の活動に伴って形成されたものが上流に遡及していったものであると推定した。さらに、これらの遷急点の下流側には2つの遷急点に対応する高低2つの遷急線が形成されていることを見出した。これらの内高位の遷急線の高さは、現在の河床から平均800mから1200mという極めて高いものである。

申請者は、次に数値地形モデルから作成した地形図を用いて地質調査を行い、地質構造を明らかにし、それと地すべりおよび重力斜面変形との関係を分析した。その結果、地質の構造方向と河川の方角とによって侵食に対する斜面の応答が全く異なることを見出した。つまり、両者が直交あるいは大きく斜交する場合には、重力斜面変形が極めて少ないこと、Diexiのように巨大な地すべりが複数発生しているが、それらは楔型の不連続面や谷方向にプランジする褶曲軸など、局所的な地質条件によることを初めて明らかにした。一方、地質の構造方向と河川の方角とが平行な場合には、重力斜面変形が一般的に生じており、それらは、地層の座屈あるいは曲げトッピングの形態をとることを明確にした。そして、2017年に発生した新磨村の斜面崩壊は、事前にこのような地層の座屈があり、それが変化したものであったことも初めて明らかにした。申請者は、このように地質の構造方向と河川の方角とによって斜面の応答が異なることは、重力斜面変形が基本的には面構造に沿うせん断によることに帰している。

申請者の研究は、造山帯における地形発達における地質構造と河川侵食の役割を初めて包括的に明らかにした点で高く評価される。さらに、このような現象が実際に発生した既往の斜面災害の背景となっていることを明確にし、本研究で得られた結果が斜面災害の危険度の評価にも適用可能であることを示した点も、大変有用な成果である。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、平成31年1月15日に、論文内容とそれに関連した事項について試問を行った。その結果合格と認めた。

要旨公表可能日： 年 月 日以降