

氏名(本籍)	にし い りょう こ (茨城県) 西井稜子(茨城県)		
学位の種類	博 士 (理 学)		
学位記番号	博 甲 第 5353 号		
学位授与年月日	平成 22 年 3 月 25 日		
学位授与の要件	学位規則第 4 条第 1 項該当		
審査研究科	生命環境科学研究科		
学位論文題目	Dynamics of Rock Slope Deformation before and after an Alpine Rockslide (山岳地域における岩盤崩壊発生前後の斜面変形過程)		
主査	筑波大学教授	理学博士	松岡憲知
副査	筑波大学教授	理学博士	松倉公憲
副査	筑波大学講師	博士(理学)	関口智寛
副査	筑波大学講師	博士(理学)	八反地剛

論 文 の 内 容 の 要 旨

突発的に発生する岩盤崩壊は観測が困難なため、発生に至るプロセスや発生予測に関する研究は十分に進んでいない。本研究では、2004年5月の岩盤崩壊によりさらに不安定化した赤石山脈・間ノ岳東斜面のアレ沢崩壊地頂部を対象に、撮影年代の異なる航空写真の解析による長期の地形変化の抽出と、3年間にわたる岩盤変形と気象・水文条件の詳細な観測を実施し、岩盤斜面の変形・崩壊機構の解明と将来の崩壊の発生予測を行った。

論文前半では、2004年の崩壊過程に至る地形変化とその原因について分析している。航空写真から作成した高密度の三次元標高データ (DEM) に基づいて、撮影時期間の地形変化を定量化するとともに、2004年崩壊の範囲と規模を特定した。その結果、崩壊の前兆となるクラックの発生が半年以上前に認められたこと、そのクラックに沿って崩壊のすべり面 (傾斜 45°) が形成されたこと、崩壊が堆積岩の構造に沿って発生したことが明らかにされた。地震や豪雨が崩壊の直接の引き金となったのではなく、長期の変形で限界状態に近づいていた岩盤に、融雪水の浸透が急速に進んだことが引き金となったことが判明した。

論文後半では、2004年の崩壊後の詳細な観測結果に基づき、岩盤の変形過程について分析している。観測項目は、①変形範囲を特定するための高精度の干渉測位方式 GPS (RTK-GPS) による広範囲な測量、②詳細な岩盤変形を調べるためのトータルステーションによる高精度・高頻度の測量、③伸縮計や変位計による小規模なテンションクラックの伸張量の連続観測、④岩盤変形に影響する気象要素 (気温、地温、降雨、土壌水分) の通年観測である。岩盤斜面の変動領域は、崩壊した斜面の後背部と側方部の約 $1.5 \times 10^4 \text{ m}^2$ に及び、変動領域と不動領域の境界は崩壊発生前から存在した谷向き小崖と一致した。小崖の下には約 50° のすべり面が存在し、このすべり面に沿って年平均 60 cm の速度で岩盤斜面が移動している。地表面移動速度は季節変動を示し、季節凍土と積雪が岩盤内への水の浸透を妨げる冬期には遅く ($\leq 1 \text{ mm day}^{-1}$)、水が浸透しうる融雪期と無積雪期の降雨時に増加した ($1 \sim 10 \text{ mm day}^{-1}$) ことから、岩盤内への水の浸透により岩盤すべりが加速していると推定された。水供給の面からは、豪雨時の急速な浸透よりも、融雪期や梅雨・秋霖時のように浸透が長時間継続的に起こることが、岩盤すべりの加速の原因となっている。地形変位のベクト

ルから、すべり面の形状や移動する地盤の範囲が特定された。

特筆すべきは、谷向き小崖から下部の岩盤斜面が1つのスラブとして移動しており、しかも移動の方向が冬期は斜面下方（南東）、融雪期から無雪期は斜め下方（東～北東）と季節変動する点である。同じすべり面を利用して、水の浸透のない冬期には重力方向に緩速度で変形し、水の浸透によって地盤が緩む融雪期と夏期には2004年の崩壊によって応力解放された崩壊壁の方向へ加速した変形を示すことがわかった。このような二方向に揺れ動く変形が、岩盤ブロック下端の接合部を次第に弱めているらしい。経験的な地すべりモデルに基づいて、少なくとも2004年と同規模な崩壊が今後数年内に発生すると予測された。

審 査 の 結 果 の 要 旨

研究の最大の特徴は、岩盤の動きを多角的・継続的に観測した点で、GPSとトータルステーションを併用した定期的な測量、伸縮計による連続観測、気温、地温、降水量、積雪深、地中水分などの気象・水文要素の連続観測を実施して、岩盤の動きと気象現象の関連を分析した点にある。また、崩壊前後に分けて、崩壊の進行・発生・再度不安定化の進行過程を復元し、崩壊をサイクルとして捉えた点も独創的である。研究対象の選定の適確さや様々な手法を駆使して多角的な観測・分析を行った点に加えて、高山での過酷な観測を、季節を問わず高頻度で実施した非凡な体力・精神力も特筆される。このような急速な岩盤変形を詳細に調べて変形の発生過程を解明し、最終的に崩壊の予測まで行った研究は世界的に見ても過去に例がない。岩盤崩壊の発生や繰返しのプロセスの理解を格段に進めた研究として、地形学・応用地質学・自然災害科学の分野において高く評価される。

よって、著者は博士（理学）の学位を受けるに十分な資格を有するものと認める。