

(論文内容の要旨)

比較的固結度の低い泥岩の中には、無植生でリッジとガリが連なるバッドランドが形成されることがあり、そこでは急速な侵食によって土砂流出や建設物基盤の損失等の問題が生じてきた。急速な侵食の原因は、従来、泥岩の間隙水に含まれるナトリウムに起因する岩石構成粒子の高い分散性と乾燥・湿潤の繰り返しに求められることが多かった。しかしながら、斜面表層部での水分や塩分、また、岩石の物理特性の深度分布や経時変化は明らかになっておらず、バッドランド形成メカニズムは解明されていなかった。

申請者は、北アメリカ西部やヨーロッパ南部の乾燥地域のバッドランドに比べて、著しく風化・侵食速度が大きいと想定され、また、シャープなリッジに特徴づけられる亜熱帯多雨地域の台湾のバッドランドを対象として、野外観測と室内分析による研究を行った。調査地域は、雨季と乾季が明瞭に分かれる台湾南西部、鮮新—更新統“下位古亭坑層”泥岩分布域のバッドランドである。この岩石の分布域は 10,000 ha の広い範囲にわたってバッドランドとなっている。申請者の分析測定によれば、調査地の泥岩の鉱物組成は、石英、長石、イライト、緑泥石、少量の方解石で、スメクタイトなどの膨潤性粘土鉱物は含まれていない。乾燥かさ密度は $2.0\sim 2.3\text{ g/cm}^3$ で、間隙比は $0.2\sim 0.3$ である。

申請者は、斜面に侵食測定用のピンを設置し、4 年間にわたって侵食量を計測した結果、年間平均 9 cm の速さで斜面が侵食されていることを初めて定量的に明らかにした。さらに、斜面内 40 cm の深さまで水分および電気伝導度測定センサーを設置して 1 年 3 か月にわたって観測し、10 月から 4 月の乾季と 5 月から 9 月の雨季を通じて、斜面表層部の水分量と塩分量とが季節的に変化することを見出した。そして、乾季の 4 月と雨季の 7 月に斜面表層部の試料を最大深さ 50 cm まで採取して、1–2 cm 間隔で試料を切断し、岩石の物理的性質と懸濁液の電気伝導度を詳細に計測・分析した結果、次のような風化・侵食メカニズムを発見した。

乾季には、斜面表層部では岩石は乾燥し、強度を増し、また、亀裂が開いている。そのため、稀にある降水は 15 cm 程度の深部まで浸透し、一時的に含水率を増加させる。また、乾季の間の斜面表面の乾燥と湿潤の繰り返しは、岩石に含まれる塩分を表層で固体として集積させると推定される。一方、雨季前半には、斜面表層のおよそ 10 cm 以浅の岩石は、深部の新鮮岩に比べて、高い含水率、低いかさ密度、大きい間隙径、高い塩分濃度を有するようになり、極端に強度低下する。そして、雨季の激しい降雨の連続によって、表層部の間隙水は希釈され、化学的浸透圧による岩石のスレーキングが生じ、強い侵食が起こる。雨季の後半には深さ 15 cm 以深の岩石がほぼ定常的に飽和する。侵食の後、次の乾季には、斜面表層部での乾燥と塩分集積が再び開始し、次の雨季の侵食の準備が進む。

(論文審査の結果の要旨)

無植生のガリとリッジに特徴づけられるバッドランドの研究は、従来、ヨーロッパ南部や北アメリカ西部などの乾燥地域で実施されてきた。その結果、バッドランドの形成主要因として、岩石のナトリウムに起因する高い分散性があることが指摘されている。しかしながら、従来の研究は、化学的研究に偏ったものがほとんどで、斜面の内部で実際に起こっている岩石の物理的性質の変化や、塩分や水分の分布変化についてはほとんど明らかになっていなかった。そのため、バッドランドを形成・維持する要因と考えられる急速な侵食メカニズムも解明されているとはいえなかった。

申請者は、台湾南部のバッドランドを研究対象とし、劣悪な環境にもかかわらず、侵食速度の測定、斜面表層岩石試料の様々な分析、さらに現地観測を行い、侵食速度を定量化し、その急速な風化・侵食メカニズムを解明した。その成果は以下のよう

にまとめられる。

申請者は、まず、侵食測定ピンによって、従来定量化されていなかった侵食速度を4年間にわたって測定し、侵食が同一斜面でも雨季に毎年繰り返されていること、また、それが年間平均9 cmにもおよぶことを見出した。さらに、申請者は、斜面内部の深さ40 cmまで複数の測定センサーを設置し、1年3か月にわたって含水率と電気伝導度を綿密に継続観測した。バッドランドにおけるこのような観測は初めての試みである。その結果、申請者は、斜面表層部の水分量と塩分量とが季節や降雨に反応して変化していることを実証し、それに基づいて急速な侵食を説明することに成功した。乾季の間には斜面表層部の塩分濃度が高まることを見出し、それは深部の岩石に含まれる塩分が表層部に移動・集積するためであると推定した。雨季前半には、斜面表層の約10 cm以浅は、高い含水率、低いかさ密度、大きい間隙径、高い溶存塩分濃度を有するようになり、極端に強度低下する。そして、本格的な雨季の連続的降雨によって化学的浸透圧による岩石のスレーキングが生じ、そのために急速な侵食が生じると結論付けた。また、雨季の後半には乾季に乾燥した深さ15 cm以深の岩石も再び定常的に飽和し、表層部の侵食の後、次の乾季には、斜面表層部での乾燥と塩分集積が再び開始して、次の雨季の侵食の準備が進むという周期的過程があることを新たに提案している。

本研究は、事例的ではあるが、シャープなリッジに特徴づけられるバッドランドの形成要因として、間隙水の塩分濃度が高い岩石特性、乾季と雨季が明瞭に分かれる気候、それに呼応する岩石の乾燥・湿潤、そして、塩分の濃集・希釈が重要であることを新しく見出したものであり、物理過程と化学過程を統合した侵食および地形発達過程の研究として高く評価される。また、本研究は、バッドランドを構成する斜面が急速に後退するメカニズムについて実証的に明らかにしたことで、新しい地形発達モデルの構築に極めて有益な情報をもたらし、また、バッドランドが引き起こす環境問題の解決に、理学的な観点から新たな糸口を与えるものである。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25年1月21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結果、合格と認めた。