

## 学 位 論 文 要 旨

氏 名      ハフィザアクター

題 目      九州における深層崩壊地の地形的特徴と発生場の予測  
(Geomorphological Features and Prediction of Potential Sites for Deep-seated Landslides in Kyushu, Japan)

学位論文では、九州で発生した深層崩壊地の地形的特徴を明らかにするとともに、斜面における深層崩壊の発生プロセス、深層崩壊地における湧水の水質、さらに、深層崩壊発生場の予測法について検討した。

第1章では、既往研究をレビューするとともに、研究の目的を述べた。

第2章では、鹿児島県、宮崎県および熊本県で発生した深層崩壊とそれに由来する土石流災害の特徴をレビューした。

第3章では、2005年9月の台風14号に伴う豪雨によって深層崩壊が発生した宮崎市の鰐塚山に発する堆積岩流域を対象として、深層崩壊地、過去の深層崩壊地、斜面クリープ域ならびに崩土・土石流堆積物について、空中写真判読作業を行った。さらに、現地において過去の深層崩壊堆積物ならびに深層崩壊に由来する土石流堆積物の確認を行うとともに、土石流堆積物中に含まれる炭化木片から、 $C^{14}$ 年代測定法による堆積物の年代測定を実施した。2005年9月に深層崩壊が発生した斜面およびその隣接斜面においては、過去に深層崩壊が発生している。深層崩壊跡地の脚部およびその下流域には深層崩壊に由来する崩土・土石流堆積物が判読されこれらが段丘を形成している。また、調査流域内で多数判読された斜面クリープ域内においても深層崩壊が発生している。さらに、 $C^{14}$ 年代測定法による年代測定結果からみると、調査流域における深層崩壊は数100年程度の頻度で繰り返し発生している。

第4章では、1971年に深層崩壊が発生した宮崎県西米良村の堆積岩流域を対象として、第3章と同様の空中写真判読作業を行った。その結果、第3章の堆積岩流域における判読結果と概ね同様の結果が得られた。

第5章では、第3章と第4章において明らかになった堆積岩流域における斜面クリープ域の発達プロセスと深層崩壊発生との関係性に基づいて、深層崩壊危険斜面の抽出を行った。その結果、過去に深層崩壊が発生した斜面や崩壊発生斜面周辺に危険斜面が分布していること、これまで深層崩壊が発生していない斜面においても危険斜面が分布することが示された。さらに、鹿児島県、熊本県および宮崎県で発生した深層崩壊地においては、地質に係わらず、湧水のカルシウムイオン濃度は他のイオン成分濃度に比べて大きく、湧水の電気伝導度の増加にはカルシウムイオンが最も寄与していることを明らかにした。カルシウムイオンには深層崩壊発生場を予測するうえで有効な指標イオンとなり得ることを示した。

第6章では、学位論文の結論を述べた。

## 学 位 論 文 要 旨

氏 名

Hafeza AKTHER

題 目

Geomorphological Features and Prediction of Potential Sites for Deep-seated  
Landslides in Kyushu, Japan  
(九州における深層崩壊地の地形的特徴と発生場の予測)

The purpose of doctor thesis is to clarify geomorphological features for deep-seated landslides in Kyushu and is to investigate process of deep-seated landslides occurrence, groundwater quality in deep-seated landslide sites, and methods of prediction of potential sites for deep-seated landslides in Kyushu. Chapter one is a review of previous studies on landslides throughout the world and Japan as well as in Kyushu. Through this preview it was observed that not only in Japan but globally the frequency and magnitude of landslides are on rise. Moreover, the purpose and components of the study were also discussed in this chapter. Chapter two is features of previous deep-seated landslides and debris flow disasters from deep-seated landslides in Kyushu. Here geology of Kyushu as well as Kumamoto, Miyazaki and Kagoshima Prefectures and rainfall conditions and scale of deep-seated landslides in Kyushu were discussed. Chapter three is the description of geomorphological features of deep-seated landslides on Wanitsuka Mountain of Miyazaki Prefecture based on aerial photographs and field investigation composed of sedimentary rock. Various forms of landslide-induced geomorphological features, such as recent landslide events, deep-seated landslide scars, terraces and creep deformation areas in each catchment of the study area were identified by stereoscopic analysis of aerial photographs in the year of 1948, 1974 and 2005 and also justified those features through the field investigations. The identified landslide features constitute a key database for evaluating landslide hazards and designing mitigation measures on Wanitsuka Mountain. It was observed that the geomorphological process was gravitational deformation of weathered rocks, those are mainly agglomerated along the ridge of hillslope and have a downward slow movement with different stage of maturity. A model on geomorphological process and deep-seated landslides was also established. Previous landslide occurrences in three locations were established using  $C^{14}$  dating, with estimated ages ranging 200 – 3300 year BP, which indicate a return period of deep-seated landslide is approximately 200 years over duration of 400 years. Chapter four is the description of geomorphological features of deep-seated landslides on Sanpou-Dake Mountain in Miyazaki Prefecture. This study is the same type of study of Wanitsuka Mountain. To verify the new model of Wanitsuka Mountain the next investigation was conducted on Sanpou-Dake Mountain in Miyazaki prefecture which has a similar geomorphological features and process. Chapter five is the description of the prediction of potential sites for deep-seated landslides sites based on the geomorphological and occurrence process of deep-seated landslide, and groundwater quality analysis in deep-seated landslide sites. Within creep deformation areas in two catchments the sites of most potential for triggering in the near future were identified based on geomorphological signatures. Concentration of  $Ca^{2+}$  in groundwater greater than other ions is measured as an effective index for predicting the locations of deep-seated landslide sites. Chapter six is the conclusion of this study. All the results were summarized here.

学位論文審査結果の要旨	
学位申請者 氏名	ハフィザアクター
審査委員	主査 鹿児島大学 教授 下川 悦郎
	副査 鹿児島大学 准教授 地頭菌 隆
	副査 琉球大学 教授 井上 章二
	副査 鹿児島大学 教授 米田 健
	副査 琉球大学 准教授 中村 真也
審査協力者	
題目	Geomorphological Features and Prediction of Potential Sites for Deep-seated Landslides in Kyushu, Japan 九州における深層崩壊地の地形的特徴と発生場の予測
<p>本研究は、九州で発生した深層崩壊地の地形的特徴を明らかにするとともに、深層崩壊の発生プロセス、深層崩壊地における地下水の水質、さらに、深層崩壊発生場の予測法について検討している。結果は、以下のように要約される。</p> <p>1 2005年9月の台風14号に伴う豪雨によって深層崩壊が発生した宮崎市鰐塚山の堆積岩流域を対象として、新旧深層崩壊地、斜面クリープ域ならびに深層崩壊・土石流堆積物について、空中写真判読作業を実施している。現地においては、過去の深層崩壊堆積物ならびに深層崩壊に由来する土石流堆積物の確認を行うとともに、土石流堆積物中に含まれる炭化木片を採取し、<math>C^{14}</math>年代測定法による堆積物の年代測定を実施している。2005年9月に深層崩壊が発生した斜面およびその隣接斜面においては、過去にも深層崩壊が発生している。深層崩壊地は、調査流域内で多数判読された斜面クリープ域内に位置している。深層崩壊跡地の脚部およびその下流域には深層崩壊とそれに由来する土石流の堆積物が分布し、段丘を形成している。<math>C^{14}</math>年代測定法による深層崩壊・土石流堆積物の年代測定結果からみると、調査流域において深層崩壊は数100年程度の頻度で繰り返し発生している。</p>	

2 1971年及び2005年に深層崩壊が発生した宮崎県西米良村・椎葉村・南郷村（三方岳一帯）の堆積岩流域を対象として、新旧の深層崩壊地、斜面クリープ域ならびに深層崩壊・土石流堆積物について、空中写真判読作業を行っている。その結果、鱈塚山の堆積岩流域で行った空中写真判読結果と同様の結果を得、鱈塚山で作成した深層崩壊発生モデルが適用できることを確認している。

3 1及び2で明らかになった堆積岩流域における斜面クリープ域の発達プロセスと深層崩壊発生との関係性に基づいて、深層崩壊危険斜面の抽出を行っている。その結果、過去に深層崩壊が発生した斜面や崩壊発生斜面周辺に危険斜面が分布していること、これまで深層崩壊が発生していない斜面においても危険斜面が分布することを示した。

4 鹿児島県、熊本県および宮崎県で発生した深層崩壊地における地下水の水質の特徴を現地調査に基づいて検討している。その結果、深層崩壊地においては、地質に係わらず、地下水のカルシウムイオン濃度は他のイオン成分濃度に比べて大きく、地下水の電気伝導度の増加にはカルシウムイオンが最も寄与していることを明らかにした。カルシウムイオンには深層崩壊発生場を予測するうえで有効な指標イオンとなり得ることを示した。

以上のように本論文は、斜面クリープ域の発達プロセスと深層崩壊発生との関連性に基づいて、深層崩壊危険斜面の抽出を行っている点、さらに深層崩壊発生場を予測するうえで深層崩壊地における地下水のカルシウムイオンは有効な指標イオンであることを示した点で斬新であり、審査委員会は、本論文が学位論文として十分な価値があるものと判断した。

最終試験結果の要旨	
学位申請者 氏名	ハフィザアクター
審査委員	主査 鹿児島大学 教授 下川 悦郎
	副査 鹿児島大学 准教授 地頭菌 隆
	副査 琉球大学 教授 井上 章二
	副査 鹿児島大学 教授 米田 健
	副査 琉球大学 准教授 中村 真也
審査協力者	
実施年月日	平成23年1月12日
試験方法 (該当のものを○で囲むこと。) <span style="float: right;">○口答・筆答</span>	
<p>主査及び副査は、平成23年1月12日の公開審査会において学位申請者に対して、学位申請論文の内容について説明を求め、関連事項について試問を行った。具体的には別紙のような質疑応答がなされ、いずれも満足できる回答を得ることができた。</p> <p>以上の結果から、審査委員会は申請者が博士(農学)の学位を受けるに必要な十分の学力ならびに識見を有すると認めた。</p>	

学位申請者 氏 名	ハフィザアクター
<p>(質問1) オープンクラックや小規模崩壊の判定方法は。</p> <p>(回答1) 20年から30年間隔で撮影されたスケールの大きな空中写真では、オープンクラックと小規模崩壊の判定は可能。オープンクラックは線状の形態を、小規模崩壊は斜面方向にスプーン状の形態を呈している。</p> <p>(質問2) オープンクラックの密度と深層崩壊発生の関係は。</p> <p>(回答2) クリープの進行に伴ってクラックの密度は増加し、クラックの幅は拡大する。両者は近い将来の深層崩壊発生の指標になると考える。</p> <p>(質問3) 地形発達及び深層崩壊発生のモデルはどのようにして作成したのか。</p> <p>(回答3) 岩松・下川(1986)のモデルを改良している。改良した理由は、岩松・下川(1986)のモデルでは、鰐塚山及び三方岳で発生した深層崩壊の地形的特徴を十分に説明できなかつたことによる。</p> <p>(質問4) <math>C^{14}</math>測定サンプル数は。</p> <p>(回答4) 各堆積物で1つ。<math>C^{14}</math>測定に相応しい木片を探すのは非常に難しい。</p> <p>(質問5) <math>C^{14}</math>測定サンプル採取地点番号2で堆積物を2層に分けることが出来た根拠は。</p> <p>(回答5) 2層の境界に土壌が挟まっていたので、2層と判断した。</p> <p>(質問6) <math>C^{14}</math>測定サンプル採取地点番号2における二つの堆積物のソース(発生源)斜面はどこか。</p> <p>(回答6) 地点番号2における<math>C^{14}</math>測定サンプル採取は、一次谷レベルでの流域を対象としている。二つの堆積物のソース斜面は、同じ流域内にはあるが、異なった位置にあると考えられる。</p> <p>(質問7) ECとイオンとの関係図で、図中の破線は何を示すのか。</p> <p>(回答7) ECとカルシウムイオンの回帰直線を示している。分析したイオンの中で、ECとカルシウムイオンの相関が一番高かった。</p> <p>(質問8) カルシウムイオン濃度から河川水と地下水の区別は可能か。</p> <p>(回答8) 地下水のカルシウムイオン濃度は、河川水の9mg/l程度と比較して大幅に高く、区別は可能。カルシウムイオンは、有力な指標となりうると考えている。</p>	

学位申請者 氏 名	ハフィザアクター
<p>(質問9) 地形発達及び深層崩壊発生のモデルは他の地域で利用可能か。</p> <p>(回答9) 堆積岩山地で発生する深層崩壊に限られる。火山山地の深層崩壊に適用するのは難しい。</p> <p>(質問10) クリープ変形の色度は。</p> <p>(回答10) 一般に非常に遅い。年単位で速度を確認できるものではない。10年単位程度のスパンで確認できるほど速度は緩慢である。</p>	