

科学研究費助成事業 研究成果報告書

平成 26 年 6 月 24 日現在

機関番号：34414

研究種目：若手研究(B)

研究期間：2012～2013

課題番号：24710208

研究課題名(和文) 細粒物質の生成・運搬メカニズムと地すべり

研究課題名(英文) Relation between mechanism of transportation of a fine-grained material and landslide

研究代表者

地下 まゆみ (JIGE, MAYUMI)

大阪大谷大学・教育学部・准教授

研究者番号：20406804

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 2,100,000円、(間接経費) 630,000円

研究成果の概要(和文)：近年、土砂災害が異常気象や地震により頻繁に発生し、多くの人的物的被害が報告されている。地理・地質特性といった素因や豪雨といった誘因は土砂災害の発生と関係している。スメクタイトのような膨潤性粘土鉱物も土砂災害の主要因の1つであることが知られている。地すべり地において、スメクタイトのような細粒物質が風化土壌中より運搬され、地質境界部に堆積することが実験より示された。また、すべり面の推定にスメクタイトの化学的特性が有効である可能性が示唆された。

研究成果の概要(英文)：Recent years, the debris disasters have frequently happened due to abnormal weather and/or heavy earthquakes, and a lot of human and material damages are reported. Geographical and geological features as the primary cause and intense precipitation as the trigger are related to the debris disasters. It is well known that the formation of clay minerals, especially smectite because of its swelling nature, is one of the main causes of landslide. The experiment results reveal that a fine-grained material such as smectite was carried from the inside of weathering soil and deposited on geological boundaries. Moreover, mineralogical alterations indicate that the chemical properties of smectite are with the likelihood effective of presumption of underground slide surface geometry.

研究分野：複合新領域

科研費の分科・細目：社会・安全システム科学 自然災害科学

キーワード：土砂災害 細粒物質の運搬

1. 研究開始当初の背景

最近、地球温暖化の影響による異常気象や地震を引き金とする土砂災害が世界各国にわたり多くの被害を引き起こしている。地震発生予測と同じように、自然斜面の崩壊がどこで、またいつ発生するかを正確に予測することは大変難しいとされている。土砂災害の原因は素因と誘因に分けられる。誘因としては降雨や地震があり、積算雨量や時間雨量などの計測による土砂災害発生の危険性に関する研究は多数報告されている。しかし、素因に関しては、地盤内部の状況であり、概略は物理探査やボーリング調査により知ることが出来るが、その場の詳細な状況を我々が直接見ることができないため、土砂災害が発生した後での調査として、それぞれの崩壊地での地形・地質といった素因に関する研究報告がなされる場合がほとんどである。

(1) 地すべりの素因

地すべりを含む土砂災害は自然の営為であり、地形を形成するひとつのプロセスである。先にも述べたように、土砂災害をあらかじめ予測することは非常に困難であるが、事前に発生場所を予測することは可能であると考えられ、ハザードマップが作成されている。土砂災害発生の素因に関して、これまでに土質工学や地盤地質工学の分野で多くの研究報告がなされてきている。それらが強調している要因は、斜面安定限界を超える降雨があったこと(自重の増加、浸透力など) またそれを基に斜面の抵抗力の低下と捉えたサクシヨンの低下などである。表層崩壊と深層崩壊に関わる雨の降り方にも違いがあり、降水が地下水へどのように浸透したかが問題とされている。同じ地形・地質であっても短時間で多量の雨が降るのか、長時間にわたって少量ずつ降水が観測されるのかで崩壊のメカニズムが異なることが指摘されている。また、土砂災害の発生にはその素因として地形・地質が大きく関係しており、われわれが住む地球表層は多種多様な岩石から構成されているが、土砂災害が発生する場所と発生しない場所がある。日本列島の地すべり分布は、第三紀層、変成岩や変質帯が分布する局所的な場所である。また、ひとつの山を例として考えても、一方の山腹では地すべりまたは斜面崩壊が発生しているにも関わらず、同じ山の反対斜面

や谷を挟んだ隣の山腹などでは発生していない。もちろん、地形的要因による影響も考えられるが、山の内部構造、地質・鉱物学的な違いがあると推察する。この違いにより地下水の流れが異なり、地すべりの発生に関係すると考える。

(2) すべり面と地下水面の判定

すべり面の判定において、地質調査や地中の変動量調査が行われる。地質調査の方法はボーリング調査、物理探査などにより岩質や硬度を調べるのに対し、変動量調査は孔内傾斜計や多層移動量計などを使用して地表に発生した亀裂、陥没、地盤の盛り上がりなどの地表の変動や、地盤の傾動、水平方向の変動等を調査する。最近では GPS 測量を用いる観測が多用されるようになっている。一方、地下水調査としてはボーリング孔での地下水位測定、追跡可能な物質を人為的に流下させてその経路・速度等を求める地下水追跡試験等が行われる。地すべり地内では地下水帯は複数存在すると考えられており、すべり面付近の地下水圧を効率良く観測することが重要となる。現地調査にて行われる地質調査・変動量調査・地下水調査よりすべり面は推定されるが、地質調査のひとつとしてすべり面に特異に出現する粘土鉱物を調査することはすべり面の判定に必要であると考えられる。

2. 研究の目的

地すべり地の多くは過去にも移動した履歴が地層から認められ、現地調査では基盤の岩石がかつて発生した崩積土で覆われている様子が観察される。雨水は崩積土や表層の風化土から不透水層まで地下水となって浸透する。浸透している間に透水層を構成する土壌とイオンの交換を行う。この交換で最も重要であるのが土壌中に含まれる粘土鉱物と考える。第三紀地すべり地帯において、スメクタイトの層間陽イオンの深度変化を確認している。また、イオン交換だけでなく細粒の粘土鉱物は懸濁物質として深部に運搬される可能性も推測される。しかし、この地下水と粘土鉱物の交換性陽イオンの変化や運搬については明らかにされていない。そこで、本研究では擬似斜面を用いた室内実験および自然斜面において地下水と鉱物中の陽イオンの交換反応を分析することにより、地下水面の推定方法・

細粒物質の運搬メカニズムについて検討する。

3. 研究の方法

地すべりに関係する地下水・粘土鉱物について、擬似斜面を用いた室内実験ならびに現地調査を行う。地すべり斜面は、崩積土や風化土から成る透水層および基盤の不透水層の2層構成を想定した(図)。このような2層構造の斜面は、地すべり発生地の調査報告でも報告されており、地質境界部が地すべり面と考えられており、すべり面には粘土鉱物が観察される。基盤岩を覆うように上部に崩積土が堆積した、透水層と不透水層が明瞭な斜面も報告されている。このような場合、地層の境界部がすべり面と考えられており、すべり面には粘土鉱物の一種であるスメクタイトが観察される。主要な造岩鉱物のひとつである石英と土砂災害の要因に挙げられるスメクタイトを用いて作成した擬似斜面にて、細粒物質の運搬メカニズムについて実験を行った。また、擬似斜面と実際の斜面との比較を行うため、花崗岩分布地域、堆積岩分布地域にて岩相境界が明瞭な崩壊地を選定し、調査を行った。

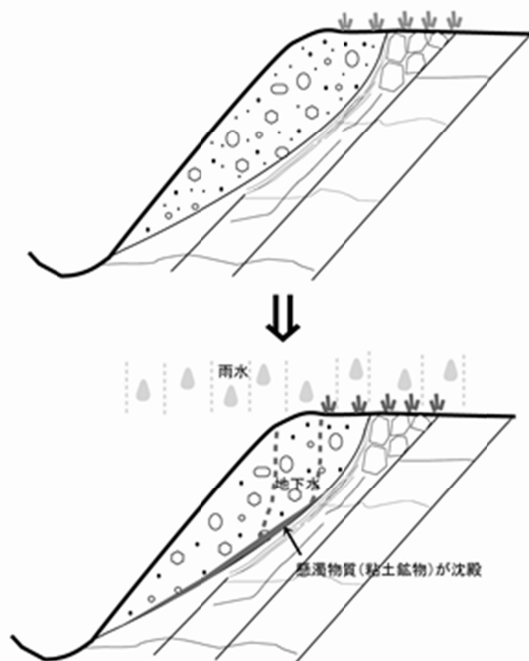


図. 想定した地すべり地の模式図

室内実験ならびに現地調査では、地層の含有粘土鉱物の変化、透水層と不透水層の境界部の変化、浸透水・地下水の水質の変化に着

目して、観察・分析を行った。分析結果を踏まえて、地すべり地における地下水の挙動と地質・鉱物学的変化の関係より地下水面の推定方法の提案、細粒物質の運搬メカニズムについて検討する。

4. 研究成果

2層からなる擬似斜面においては、使用したスメクタイト粒子が疑似地質境界部に懸濁水として運搬され、堆積する様子が確認された。このような状態は実際の崩壊斜面において報告されている斜面にほぼ平行な粘土細脈に対応すると考えられる。地下水に懸濁したスメクタイトを含む細粒物質が粒径の違いや流水のエネルギーの低下によって運搬されず、堆積したと考えられる。しかし、岩相によって岩石中や土壌中の空隙率は変化するため、浸透する水が地すべり面となる境界部まで細粒物質を運搬し、堆積するメカニズムに関しては、今後異なる岩相を想定し、空隙率などの物理的定数と地下水の流入の関係を明らかにしなければならないと考える。

次にスメクタイトの鉱物学的変化について述べる。先にも述べたがスメクタイトは土砂災害の要因の一つとされている。土砂災害の中でも地下水が関係している地すべりは、緑色片岩などの変成岩が広くみられる地域や泥岩あるいは凝灰岩などの第三系が分布する地域で発生し、潜在的なすべり面や断層破碎帯などの軟弱部となる地質構造が関連しているといわれている。弱部となる部分に膨潤性粘土鉱物が生成していることが多く、そのため、粘土鉱物自体が地すべりの素因のひとつとされている。肉眼観察ではその存在すら確認困難な鉱物ではあるが、吸水すると膨潤するために地すべりなどの土砂災害を引き起こす素因の一つとして挙げられている。膨潤性粘土鉱物の代表とされるスメクタイトは、通常は微粒の粘土塊として産し、低温の中性ないしアルカリ性環境にて生成する。スメクタイトは微細な鉱物であるため形態観察には電子顕微鏡が用いられるが、いずれの結果においても、その形態は皮膜状であり、明瞭な形態は観察されない。スメクタイトと土砂災害の関係については、地すべり・斜面崩壊におけるすべり面付近でのスメクタイトの産出の他にスメクタイトを含有する土の力学的特性など

報告されているが、スメクタイトの鉱物学的特性に着目した報告例は少ない。加えて、スメクタイトは層電荷を補うために結晶の層間に交換性陽イオン (Na, Ca, Mg, K など) を含むが、交換性陽イオンと地すべりの関係についてもあまり重要視されていない。しかし、スメクタイト中の交換性陽イオンは、自然界において地下水とのイオン交換が容易に行われている。このことは、逆に考えるとスメクタイト中の交換性陽イオンの変化を調べることにより、地下水位の推定が可能であることを示唆していると考えられる。今回花崗岩分布地域や堆積岩分布地域において地下水面の推定を目的として、スメクタイトの交換性陽イオンの変化を分析した。スメクタイトは層間に Ca や Mg が入った場合よりも Na が入った場合のほうが層間に水を吸収して膨張しやすいといった層間に含まれる交換性陽イオンの種によってスメクタイトは物性が異なることが知られている。疑似斜面においては層間陽イオンの明瞭な変化は確認できなかったが、実際の崩壊斜面においては、XRD ならびに化学分析の結果より、層間陽イオンの深度変化が認められた。この深度変化が地下水との反応に関係しているのであれば、地すべり面の推定に有効となると推測される。

5. 主な発表論文等

(研究代表者、研究分担者及び連携研究者には下線)

[学会発表](計1件)

地下まゆみ スメクタイトの生成と土砂災害の関係, 第58回粘土科学討論会, 24 - 27 Sep 2014, 福島市

[その他](計1件)

講演「鉱物と地球の環境・防災」広島市こども文化科学館 30 June, 2013, 広島市

6. 研究組織

(1) 研究代表者

地下 まゆみ (JIGE MAYUMI)
大阪大谷大学・教育学部・准教授
研究者番号: 20406804