

沖縄県中城村で発生した地すべりと粘土鉱物の関係

RELATIONSHIP BETWEEN A LANDSLIDE AND ITS CLAY MINERALS IN NAKAGUSUKU-VILLAGE, OKINAWA PREFECTURE

地下まゆみ・上野宏共・王 濱濱・坂本尚史

Mayumi JIGE, Hiroto UENO, Binbin WANG and Takabumi SAKAMOTO

千葉科学大学 危機管理学部 (〒288-0025 銚子市潮見町3番地)

E-mail: mjige@cis.ac.jp

Key Words: smectite, landslide, Nakagusuku

1. はじめに

粘土鉱物の一種であるスメクタイトは、地すべりの発生素因の一つとして挙げられている。その理由は、災害現場の調査においてすべり面にスメクタイトが認められることが多く、スメクタイトの特徴の一つである膨潤性が深く関係している。スメクタイトが水を吸収した場合の圧力(膨潤圧)は、数t/m²にも達すると言われており、その代表的な例として挙げられるのが、関東ローム層が分布する地域においてトンネル工事中にライニングが破壊したことであろう¹⁾。

スメクタイトは低温の中性～アルカリ性のもとで生成し、堆積岩中だけでなく熱水変質帯に産出する分布範囲の広い鉱物である。一方、地すべりの発生に関しては、新第三紀層、結晶片岩および蛇紋岩の分布地域、ならびに一部の火山岩地域において報告がある。いずれの岩石中においてもスメクタイトは産し、発生要因の一つであると報告されている^{2),3),4),5)}。しかしながら、表層に産出するスメクタイトがすべて地すべりに関係しているとは考え難い。従って、地すべり地に産するスメクタイトの特徴を、共生鉱物も含め明らかにすることが地すべり危険箇所の推定につながると考える。

本研究では2006年6月に地すべりが発生した沖縄県中頭郡中城村での調査および採取試料の室内分析を行った結果を報告する。

2. 調査地概要

(1) 地すべり履歴

国土交通省砂防部調べでは、沖縄県の地すべり危険箇

所は88ヶ所であり、沖縄県中南部に集中している。1998～2006年の期間、沖縄県にて44件の土砂災害(土石流、地すべりおよびがけ崩れ)が発生したが、そのうち地すべりは21件であった。

沖縄県中城村は、地すべり危険箇所が集中する中城湾の西に位置している。海岸線に平行に丘陵があり、東斜面には地すべり危険箇所が多数指定されている。記録的な大雨が多々報じられる中、2006年6月10日に中城村北上原にて地すべりが発生した(図-1)。流れ落ちた土砂は、下方にある住宅の約2m手前まで迫り、住民は避難を余儀なくされた。宜保ほか(2006)⁶⁾は、10日午前10時頃に地すべり頭部の村道路面の亀裂が拡大し、午



図-1 2006年6月10日の地すべり発生位置図。

後 5 時頃に地すべりが発生したと報告している。その後の雨で、さらに 2 次的地すべりが発生したが、地すべり危険区域に指定されていたことも幸いし、大きな人的被害はなかった^{6) 7)}。

(2) 地すべり履歴

沖縄県の地質は、本島北部・石垣島には古生代～中生代の千枚岩や緑色岩が分布し、本島中南部・宮古島は第三紀を中心とした新生代の島尻層と琉球石灰岩の地層からなり、さらに久米島には新生代後期の火山帯が認められる。

地すべり危険箇所が多い中城村付近は、島尻層群が分布している。主に暗灰色～黄灰色の泥岩・砂質堆積物から成る島尻層群は、大部分は海成層であり、全層厚は 2000m 以上と報告されている。島尻層群の一般的走向は、N60° E、傾斜 15～20° SE であり、NW-SE 方向の正断層で知られている⁸⁾。

かつて、島尻泥岩は主に瓦原料、一部は水がめ等の陶器原料として採掘されていた⁹⁾。泥岩の質的差異やそれらの堆積環境因子の差異により、泥岩が種々の性質を有する可能性についても指摘されている¹⁰⁾。沖縄では島尻泥岩は「くちや」、この泥岩が褐色に土壌化したものを「じゃあがる」と呼んでいる。

(3) 降雨状況

沖縄県の気象は、亜熱帯に位置しており、台風進路の転向点にあたるので、台風が接近した際の影響は大きい。気象庁によると、年間降水量は 2,000mm 前後であるが、島の北部や南部など地域によって大きく異なる。

毎年、台風は 7 月以降に沖縄に接近することが多く、2006 年 6 月 10 日の地すべり発生後、初めて沖縄に接近

したのは 6 月 30 日に発生した台風であり、地すべりと台風との直接の結びつきはない。

2006 年 6 月上旬～中旬にかけては、沖縄は梅雨前線の影響を受け、降水量としても平年値の 2～5 倍と多かった。図-2 に沖縄県那覇、糸数および胡屋観測所における 2006 年 5 月 20 日～6 月 20 日の日降雨量を示す¹¹⁾。いずれの地点においても、降雨量の日変化は類似したグラフとなり、広範囲にわたり、天候が悪かったといえる。中でも地すべりが発生した 6 月 10 日の日雨量は、いずれの地域でも 70mm 以上となっている。その後数日間、沖縄本島南部の広範囲にわたり降雨があり、2 次的地すべりが発生したのであろう。また、分布する島尻泥岩は、連日の降雨によりかなり水分を含んでいたことが伺える。

3. 分析方法

沖縄県の地すべり危険箇所に分布する島尻泥岩は、乾燥・吸水の繰り返しにより泥状化する。そのため、地盤強度が低下し、地すべりが発生すると考えられている。

そこで、地すべりが発生した中城村北上原、県道 35 号線沿いから試料を採取し、含有鉱物、特に地すべりの素因となる粘土鉱物の同定を X 線回折法により行った。さらに、変質が進んだ軟らかい岩石（変質岩）と変質が弱い硬い岩石試料（弱変質岩）に分け、走査電子顕微鏡（SEM）により微細鉱物の同定および組織観察を行った。島尻泥岩と水の挙動を知ることは地すべり研究には重要な要素となると推測する。電子顕微鏡による岩石組織の観察では、岩石の乾燥状態と含水状態の形状変化に着目した。

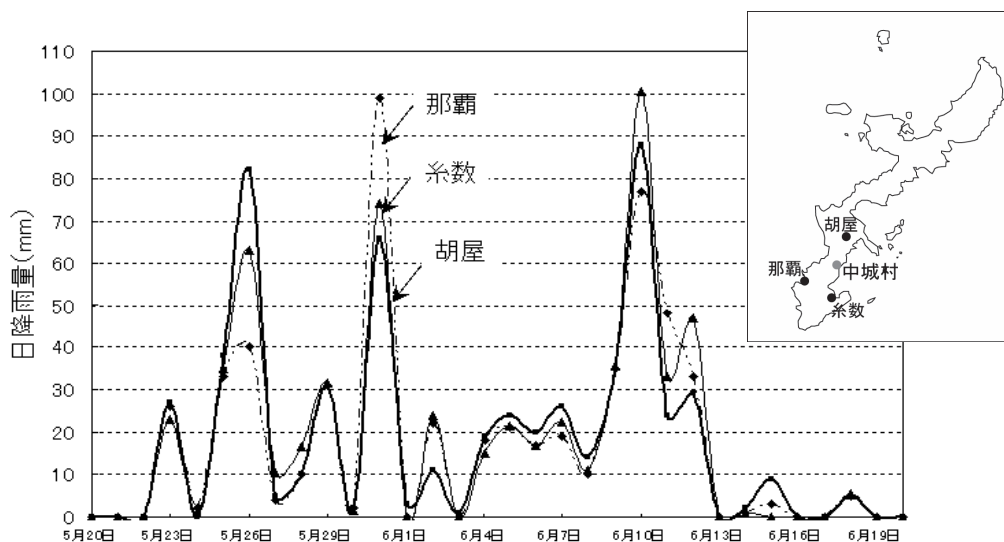


図-2 沖縄県胡屋、那覇および糸数観測所にて観測された 2006 年 5 月 20 日～6 月 20 日における降雨量¹¹⁾。

4. 含有鉱物およびその形状

島尻泥岩の X 線回折結果の一例を図-3 に示す。不定方位の回折結果より、いずれの泥岩中においても石英が最も多く、他に長石、方解石が含まれる。2 μm 以下の粒子の定方位試料の結果と合わせると、粘土鉱物としては、スメクタイトの一種であるモンモリロナイト、雲母粘土鉱物、カオリン鉱物が確認された。中城村の南に位置する予那原町馬天に認められる島尻層群中の泥質シルトの分析結果では、石英、雲母粘土鉱物および Fe に富む緑泥石を主成分とし、少量のモンモリロナイトおよびカオリン鉱物が含まれている⁹⁾。同じ島尻泥岩であっても分布地により含有鉱物が異なることが明らかとなった。この結果に加えて、SEM 観察を行った結果、写真-1 に示すような自形の長石や、2 種類の形状の黄鉄鉱が観察された。球状の黄鉄鉱は、堆積岩中にしばしば認められる形状であり、化学沈殿により結晶化されているが、微生物が関与して形成する場合もあると考えられている。

変質岩および弱変質岩において水分量を変化させ、凍結乾燥後、SEM により観察を行った。岩石：水は、1：1、1：0.5 および 1：0.1 の 3 種とした。連続した降雨では、おそらく岩石は水に浸った状態であると思われる。この実験では、1：1 および 1：0.5 で調整した試料では、水分が多く、岩石からあふれ出る状態であったが、1：0.1 の試料では、ほどよく岩石が湿った状態となった。モンモリロナイトは、一般的には端部がカールした不定形板状を呈する。本調査地では、細粒で花弁状のモンモ

リロナイトが観察された。異なる含水比でモンモリロナイトを含む岩石を処理した結果、含水比が高くなると板状のスメクタイトが一方向に並ぶ傾向が見られる(写真-2)。この傾向は、変質岩に特徴的に認められた。

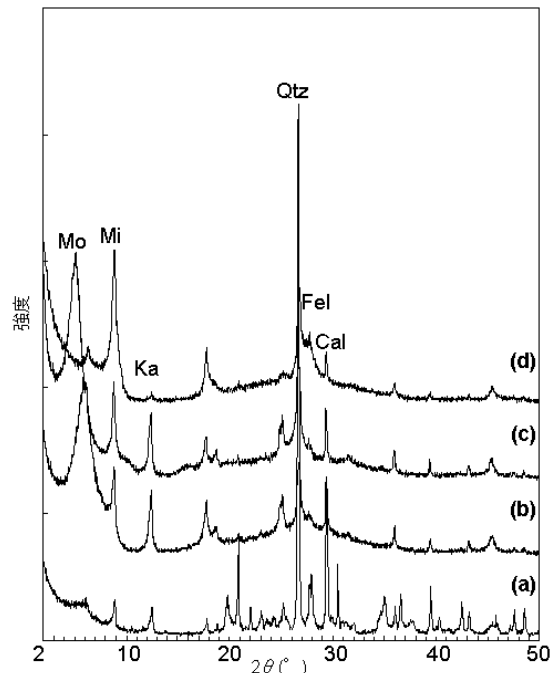


図-3 島尻泥岩の X 線回折結果。(a) 不定方位試料、(b) ~ (d) 定方位試料 (b: 未処理、c: エチレングリコール処理、d: 500°C 加熱処理)
Mo: モンモリロナイト、Mi: 雲母粘土鉱物、Ka: カオリン鉱物、Qtz: 石英、Fel: 長石類、Cal: 方解石

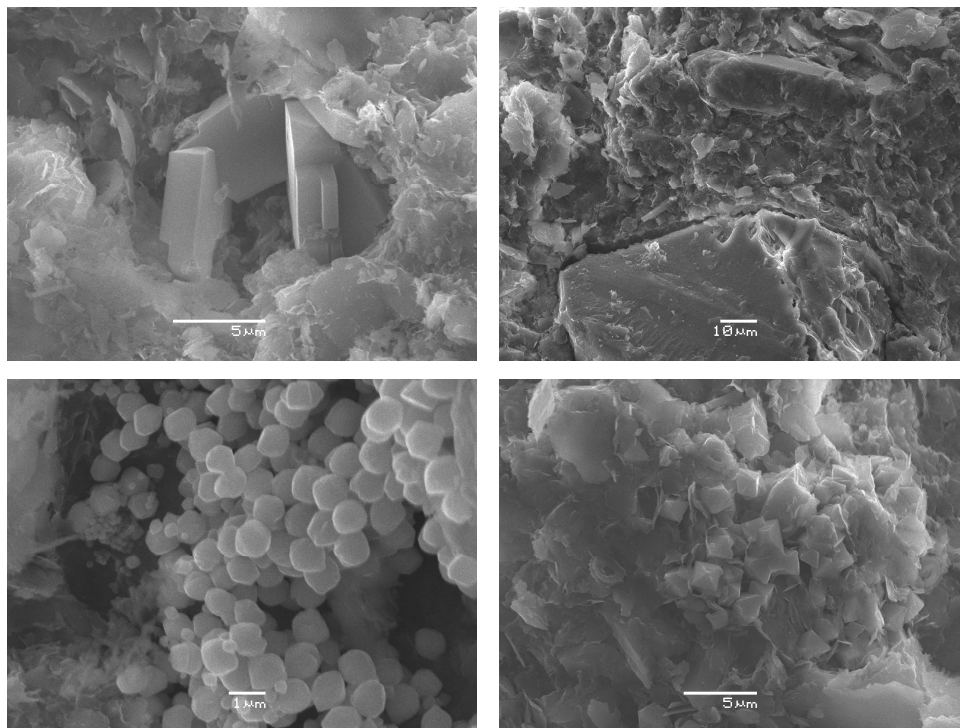


写真-1 岩石内部に見られる自形の鉱物。上段：長石類、下段：黄鉄鉱

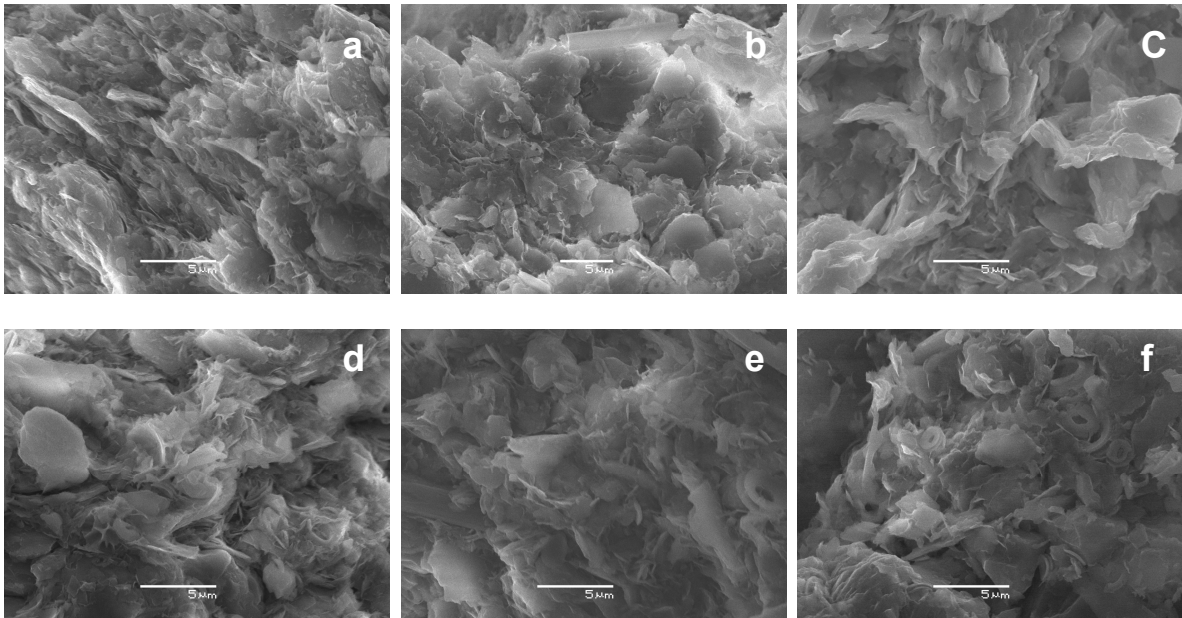


写真-2 異なる含水比によるモンモリロナイトの形状 a~c: 変質が進んだ軟らかい岩石 (変質岩), d~f: 変質が弱い硬い岩石 (弱変質岩) (aとd: 含水比1:1, bとe: 含水比1:0.5, cとf: 含水比1:0.1)

5. 考察

島尻泥岩を構成する鉱物として、石英・長石・方解石・モンモリロナイト・雲母粘土鉱物・カオリン鉱物の他に、X線回折では検出されないが数 μm の黄鉄鉱が含まれていることが明らかとなった。少量の黄鉄鉱が地表にさらされると、硫酸をつくり岩石を溶解し、岩石強度の低下につながると考えられている¹²⁾。本調査地でも弱変質岩に多く黄鉄鉱が認められたことから、黄鉄鉱の存在が岩石の変質に関わっている可能性が示される。また、変質岩と弱変質岩の異なる含水時の組織観察結果より、変質岩では空隙率が増し、その隙間に流れる水の作用により、板状の粘土鉱物が一方向に並ぶことが考えられる。つまり天然では、長い年月を経て変質し軟らかくなった石は何度となく降雨にさらされ、その度に含有粘土鉱物は岩石中の割れ目で懸濁され沈殿時に一方向に粒子が並び、この粘土鉱物の並ぶ面がすべり面となる可能性を示唆している。

謝辞: 本報告には平成18~19年度科学研究費補助金若手研究(スタートアップ)「土砂災害に関わるスメクタイトの鉱物学的研究」ならびに千葉科学大学教育研究経費を使用しました。平野敏右千葉科学大学学長をはじめ関係各位に謝意を表します。

参考文献

- 1) 日本粘土学会編, 粘土の世界, KDDクリエイティブ 1997.
- 2) 井村隆介・岩松 暉・上野宏共: 2003年7月20日に菱刈町で発生した斜面災害, 鹿児島県地学会誌,

No.89, 1-7, 2004.

- 3) 上野宏共・地下まゆみ: フィリピン共和国レイテ島地すべりと地質, 地質ニュース, no. 622, 41-48, 2006.
- 4) 鳥居起志・北川隆司・地下まゆみ: 神戸層群豊岡凝灰岩部層中に生成しているスメクタイトの鉱物学的特徴—地すべりととの関係に着目して—, 粘土科学, 45, 238-249, 2006.
- 5) Ueno, H., Jige, M., Sakamoto, T., Balce, R. G and Deguchi, I.: Geology and clay mineralogy of the landslide area in Guinsaugon, southern Leyte Island, Philippines, The University Bulletin of Chiba Institute of Science, 1, 135-146, 2008.
- 6) 宜保清一・佐々木慶三・周亜明・中村真也: 沖縄県中城村北上原地すべりの発生・移動形態, 地すべり学会速報 第2報, 2006.
- 7) 藤澤和範: 沖縄県中城村北上原地先で発生した地すべり災害の概要, 土と基礎, 54-9, 46-48, 2006.
- 8) 唐木田芳文・早坂祥三・長谷義隆: 日本の地質9九州地方, 共立出版, 1992.
- 9) 藤井紀之・照屋善義・中村三雄・宜野座俊夫: 沖縄島の粘土資源, 地調月報, 30, 1-26, 1979.
- 10) 渡嘉敷義浩・大屋一弘: 第5報 沖縄本島, 那覇市具志および具志頭村安里土壌(層)断面の粘土鉱物, 琉球大学農学部学術報告, 26, 69-82, 1979.
- 11) 気象庁, 気象統計情報, <http://www.jma.go.jp/jma/menu/report.html>, 2008.3.1
- 12) 千木良雅弘: 風化と崩壊—第3世代の応用地質, 近未来社, 1995.

(2008年5月16日受付)