

6. 善徳・怒田・八畝地すべりと粘土鉱物

Clay minerals occurred in the Zentoku, Nuta and Yohne landslide district, Shikoku

広島大学・理学部 ○宮原正明・地下まゆみ・北川隆司
愛媛大学・工学部 矢田部龍一

1. はじめに

我が国の地すべり多発地域は全国に分布している。特に日本海側の第三紀層が広く分布する地域、太平洋側の変成岩分布地域や断層構造線の著しく発達した地域、九州北西部の第三紀層とそれを覆う玄武岩の広く分布する地域、第四紀の火山岩類の広く分布する地域に顕著である（古谷、1996）。

ところで、四国では中央構造線付近や、それと南に位置する仏像構造線に挟まれた、いわゆる三波川帯や秩父帯と地質構造的に呼ばれている、ほぼ東西に延びるゾーンに地すべりが特に集中している。そのため、これらの地域に発生している地すべりに関する土質力学的研究は古くよりなされており、膨大な研究報告がある（例えば、玉城ら、1979）。

地すべりの主な素因の一つとして岩石の風化あるいは熱水作用により、新たに生成される粘土鉱物の存在がある。そのため我が国の地すべり地域では地すべり面に生成している粘土鉱物種を調べた報告や、岩石の変質作用の研究報告例も多い（(Shirahata, et al., 1987; 前田ら、1996; 大河原ら、1996; 富田克利ら、1974)）。しかしながら、四国の地すべり地における地すべり粘土の研究例は比較的少ない（例えば、大久保、1977; 金原・藤井、1980; 1981）。金原・藤井（1980; 1981）は徳島県三好郡三加茂町の結晶片岩分布地域で、泥質片岩と緑色片岩の風化による粘土鉱物変化を調べた。その結果、黒色片岩ではイライトーイライト・パーミキュライト混合層鉱物ーAl パーミキュライトーカオリン鉱物の順に変化し、一方緑色片岩では緑泥石ー緑泥石・パーミキュライト混合層鉱物ースメクタイト～パーミキュライトーAl パーミキュライトーカオリン鉱物への変化を報告している。さらに、それらの地すべり面に生成している粘土層は緑泥石・パーミキュライト混合層鉱物であった。しかしながら、地すべり部の風化による変質は弱く、生成している粘土鉱物がすべりにかかわったかどうかについては明言できないとしている。

今回、我々は四国の地すべり地の基盤をなしている黒色片岩と緑色片岩の代表的地すべり地である、徳島県三好郡西祖谷山村善徳と、高知県長岡郡大豊町怒田地区と八畝地区の地すべり地で実施されたボーリング調査により得られたコア中に生成している粘土鉱物を調べ、地すべりとの関係を考察した。

2. 試料採取と実験方法

善徳・怒田・八畝地区の地すべり特性についての詳細は多くの研究や報告（建設省四国地方建設局・吉野川砂防工事事務所、1985；吉松ら、1983）があるので、ここでは省略する。

試料は建設省四国地方建設局により実施されたボーリング調査から得られたボーリングコアより、肉眼で変質の著しい部分から弱い部分、さらにすべりの可能性のある部分をハンドピッキングした。これらの試料を風乾後デシケータに保存し、全岩試料のX線分析と化学分析試料（蛍光X線）、含水量の測定に使用した。また水簸により粘土粒子を集め、X線回折に供した。水簸試料はスライドガラスに塗布したものをEPMA分析による化学分析も実施した。善徳では2本のボーリングコアから試料採取し、怒田地区、八畝地区ではそれぞれ1本のボーリングコアから試料を採取した。善徳では2本のボーリングコア共に黒色片岩（泥質片岩）からなり、また、怒田・八畝地区は緑色片岩である。

3. 構成及び二次生成粘土鉱物

3.1 善徳地区

採取した試料のうち1本のボーリングコアの15.3 m付近から得られた試料を例にすると、未処理では、15A, 14A, 9.9A, 7.1Aにそれぞれ特徴的強い反射が認められる。エチレングリコール処理後では15.1A反射は16.8Aに移動し、KCl処理では12A付近に移動することからこの反射はスメクタイトに相当すると考えられる。また500度1時間加熱処理では15.1Aは消えるが、14.1A, 9.9A, 7.1A反射は変化が認められない。このことから14A反射は緑泥石、9.9A反射はイライトの反射に相当する。さらに9.34Aはタルク、7.27Aは蛇紋石の存在を示している。

このように鑑定した粘土鉱物をボーリングコアの深さ毎に調べると、全体としてはイライトが多く、緑泥石、スメクタイトを伴っている。もともと変成作用によりイライトと緑泥石が岩石中に生成しており、スメクタイトが二次的に生成した粘土鉱物であろう。特徴は地表近くの崩積土中にスメクタイトの生成が著しいことである。

3.2 八畝地区

9.8 m地点より得られた試料の未処理のX線回折では^{6.2}14.3A (001) と^{12.5}7.1A (002) に強い反射が認められる。エチレングリコール処理では14.3Aの一部は^{5.8}16.4Aと^{5.8}15.3Aに移動する。KCl処理では^{7.1}12.5A, ^{8.7}10.1Aに反射が現われる。前者はスメクタイト、後者はバーミキュライトの可能性が高い。500度1時間加熱処理では^{11.1}12.5Aと^{11.1}8A付近に反射が現われる。これらの反射は緑泥石・スメクタイト混合層鉱物の反射として説明できる。ところが同じく35.35 mから得られた試料では、前述の試料と同様に^{12.5}14.3A, ^{7.1}7.1A反射が認められるが、エチレングリコール処理では^{5.3-5.4}16.5A, ^{10.6-10.7}8.3Aに反射が現われ

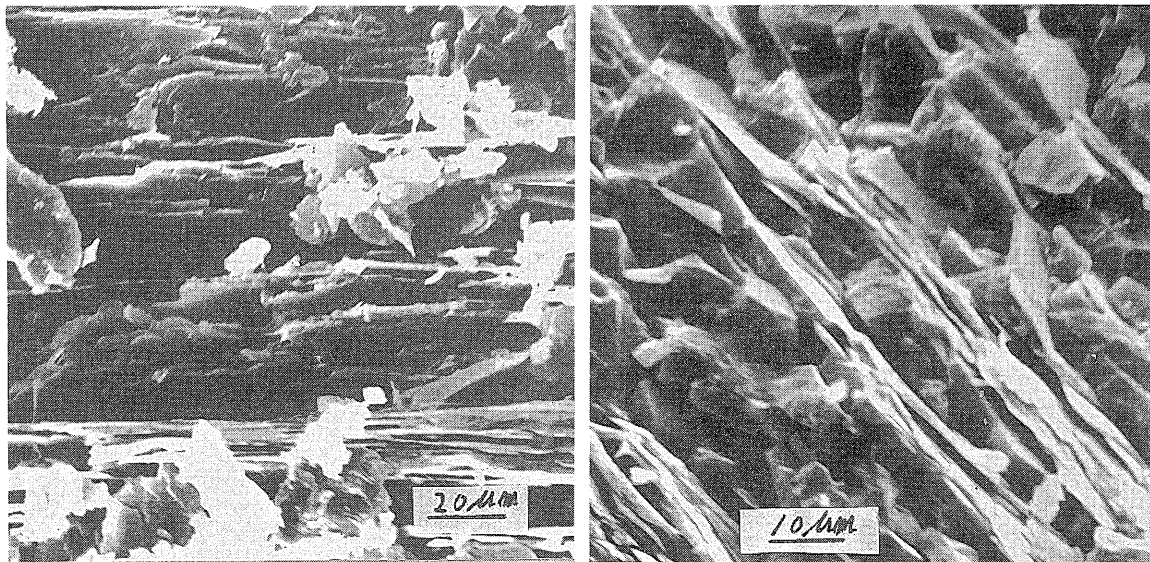
る。これだけではスメクタイトの反射と考えられるが、加熱処理でスメクタイトの $14A$ 反射は $10A$ に移動するが、この $14A$ 反射は全く変化が認められない。さらに層間をMgで置き換えグリコール処理をしても NH_4NO_3 , KCl処理でも変化が認められない。もし、エチレングリコール処理により $14A$ から $7A$ 付近に移動する反射であれば一般にスメクタイトである。そうだとすれば前述の各処理後の反射は移動するはずであるが、この場合変化が認められない。これは特殊な緑泥石、いわゆる膨潤性緑泥石に相当する反射であると考えられる(白水、1988)。

4. 地すべりと粘土鉱物

4.1. 善徳地区

善徳地区における2ヵ所のボーリングコアから得られた試料に含まれている粘土鉱物と、深さの関係を調べた。崩積土中にスメクタイトが多く生成しており、さらに風化泥質片岩(黒色片岩)と新鮮な泥質片岩との境界部にスメクタイトが特徴的に認められる。しかし、建設省四国建設局(1998)の作成した報告書に示されている推定すべり面には、黒色片岩のもともとの構成粘土鉱物であるイライトや緑泥石以外の二次的に生成された粘土鉱物は認められなかった。

推定すべり面付近とそれ以外の粘土鉱物の配列を走査電子顕微鏡により観察した(写真1)。写真に見られるように、すべり面付近とそれ以外、共に粘土鉱物の一定方向の配列は明確である。しかし、すべり面付近では粘土鉱物の粒子間の空隙が特に増加している。



a. 地すべり面付近

b. 泥質片岩

写真1. 善徳のボーリングコア試料の走査電子顕微鏡写真

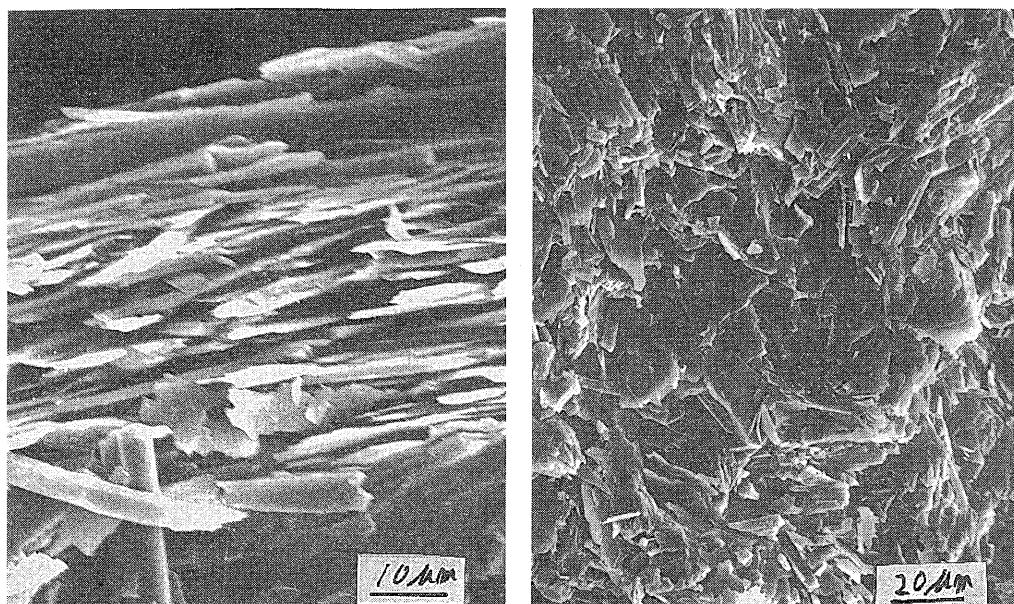
4.2. 怒田地区

移動土塊中の所々にスメクタイトが認められるが、それ以外はほとんど緑泥石である。緑泥石はもともと緑色片岩中に生成していたものと考えられる。しかし、基盤岩と移動土塊との境界部に相当する破碎帯、あるいは著しく粘土化した部分には膨潤性緑泥石の生成が著しい。

また、すべり面付近の粘土鉱物の配列は写真 2a に示すように、明瞭に一定方向に配列している。しかし、それ以外では一般に写真 2 b に示すようにランダムである。

4.3. 八畝地区

移動土塊では表層部付近でスメクタイトが生成している。特に推定地すべり付近と基盤岩中の破碎部に特徴的に膨潤性緑泥石の生成が著しい。



a. 地すべり面付近

b. 緑色片岩

写真 2 八畝のボーリングコアの走査電子顕微鏡写真

5. 粘土鉱物の量比と地すべり

粘土鉱物の絶対的量比を X 線分析により明らかにするにはさまざまな条件（化学組成、粒度、粘土配向他）があり、現地では不可能に近い。本調査試料は構成鉱物からみて水を結晶構造にもっている鉱物としては、ほとんどが粘土鉱物と言っても過言ではない。そこで、全岩試料(デシケータに保存)の水の量を測定することにより粘土鉱物の相対的量の変化を検討した。その結果、各地点ともに構造水の変化は深さ、地すべり面、破碎部ともに特に有意義な違いは認められない。この事は破碎部あるいは推定地すべり面で、他より粘土鉱物の量に関して特に大きな違いは認められない事を示している。

6. 結果と考察

四国の地すべり地における基盤岩は大きく分けて黒色片岩（泥質片岩）、緑色片岩、蛇紋石である。このうち前者2つに関して、四国の代表的地すべり地区である、善徳（黒色片岩）と怒田・八畝（緑色片岩）に生成している粘土鉱物を調べた。

善徳地区	： 初生粘土鉱物	緑泥石<<雲母粘土鉱物（イライト）
	二次粘土鉱物	スメクタイト
怒田地区	： 初生粘土鉱物	緑泥石
	二次粘土鉱物	膨潤性緑泥石>>>>スメクタイト
八畝地区	： 初生粘土鉱物	緑泥石
	二次粘土鉱物	膨潤性緑泥石>>>>スメクタイト

いずれの地区でも二次生成粘土鉱物としてスメクタイトが生成されており、一般に地表近くの移動土塊中に認められる。しかし、破碎部や推定地すべり面ではほとんど認められない。

善徳地区ではすべり面、あるいはその付近に特徴的粘土鉱物の生成は現時点では認められない。

一方、怒田・八畝地区では膨潤性緑泥石が特徴的に生成しており、特にそれらは推定地すべり面とその付近、破碎部に集中して認められる。この事は明らかに怒田・八畝地区の地すべりと膨潤性緑泥石の存在とが密接に関わっていることを示している。

上述の結果と金原・藤井(1980； 1981)を基にすると、黒色片岩（泥質片岩）は主としてイライト（雲母粘土鉱物）が風化作用によりスメクタイトに変化し、緑色片岩の緑泥石が膨潤性緑泥石（混合層鉱物の一種）あるいはパーミキュライトとの混合層鉱物を生成し、さらにスメクタイトへと変化していると推定される。地すべりにかかわってくる粘土鉱物は、緑色片岩においては膨潤性の粘土鉱物（主として混合層鉱物）がすべりの要因になっている可能性が高い。しかし、黒色片岩（泥質片岩）に関しては二次粘土鉱物の存在が必ずしも重要でない可能性がある。特に黒色片岩はもともと緑色片岩に比較して片理の発達著しく、善徳地区では斜面方向に発達している傾向が強い（写真1）。

結晶片岩地域での地すべりの要因として二次生成粘土鉱物、特に膨潤性粘土鉱物の存在を重要視する考え（高谷・山本、1972； 高谷、1977； 1978）と、それほど重要視しない考え（小出、1963； 中川、1969）がある。また、粘土鉱物学的には膨潤性緑泥石の結晶構造の詳細は現時点では明確ではなく、今後の大きな課題である。

謝辞

本研究は建設省四国地方建設局のご好意により、善徳・怒田・八畝地区で実施されたボーリング試料およびそれらの報告書を使用させていただいた。ここに感謝の意を表

します。

文献

- 大河原正文・米田哲郎・三田地利之・多田元彦（1996）：古期地すべり面判定のための粘土の鉱物学的・化学的評価 - 岩手県明倉沢古期地すべり地を例として -、応用地質、37巻、6号、434-445.
- 大久保大治（1977）：高知県本山地域の結晶片岩地すべり粘土に見られる粒度別鉱物組成の変化、地調月報、28巻、2号、115-125.
- 建設省四国地方建設局・吉野川砂防工事事務所（1985）：善徳地すべり.
- 建設省四国地方建設局・吉野川砂防工事事務所・日本工営株式会社（1998）：平成9年度善徳地すべり試験報告書（その2）.
- 金原啓司・藤井紀之（1980）：徳島県木藤一宗森地すべり地における結晶片岩類の風化（その1）- 地製結晶片岩の風化 -、粘土科学、20巻、4号、120-128.
- 金原啓司・藤井紀之（1980）：徳島県木藤一宗森地すべり地における結晶片岩類の風化（その2）- 観測堅坑内結晶片岩類の風化 -、粘土科学、21巻、1号、14-18.
- 小出 博（1963）：応用地質、4、207-217.
- 前田寛之・鈴木俊司・豊嶋弘人・山田 司（1996）：熱水変質帯地すべり - 北海道常呂郡留辺しべ町金華地すべり地域の例 -、地すべり、33巻、第3号、19-24.
- 中川 三（1969）：地すべり、5、13-19.
- Shirahata, H., Asahi, H. and Oura, H. (1987) : Relationships between alteration and landslide in the Noboribetsu district, southwest Hokkaido, Jour. Japan. Soci. Engin. Geol., 28, 47-53.
- 白水晴雄（1988）：粘土鉱物学、粘土科学の基礎、pp 148.
- 高谷精二・山本 徹（1972）：地すべり、8、13-18.
- 高谷精二（1977）：愛媛県における地すべり地の粘土鉱物（I）、応用地質、18、107-116.
- 高谷精二（1978）：新砂防、109、28-34.
- 玉越逸夫・藤田 崇・川本 整・岡本敬一・大場康行（1979）：弾性波調査による地下構造とボーリングコアの対比、- 徳島県の地すべり地について -、地すべり、16、2、6-20.
- 富田克利・中西三正・大庭 昇（1974）：宮城県えびの市真幸地区の変質粘土鉱物について（とくに地すべり粘土について）、鹿児島大学理学部紀要（地学・生物）、7号、1-14.
- 吉松弘行・福井義隆・白石吉信（1983）：下地蔵寺、怒田地すべりから見た御荷鉾緑色片岩地帯の地すべりの特性について、地すべり、19、3、19-26.