

新潟大学災害・復興科学研究所
共同研究報告書

日本海側地域の地すべり土塊に含まれる粘土鉱物とスレーキング特性の対応の解明

研究代表者氏名 小暮 哲也¹⁾
研究分担者氏名 西井 稜子²⁾

1) 島根大学学術研究院環境システム科学系, 2) 新潟大学研究推進機構

研究要旨

日本海側地域において地すべりが発生しやすい地質の一つに、日本海拡大期の岩石であり日本海側に広く分布する新第三系中部中新統の泥質岩がある。本研究では、島根県内の地すべり地から岩石を採取し粉末X線回析試験により岩石中の鉱物を同定するとともに、シュミットハンマー反発値計測やスレーキング試験により物理・力学的性質を評価した。その結果、スメクタイトを含む岩石はスレーキングしやすい傾向があるが、スレーキングの程度はスメクタイトの含有量やシュミットハンマー反発値の大小と必ずしも一致しないことがわかった。

A. 研究目的

泥質岩の多くは粘土鉱物を多く含み、その中には高い吸水膨張性を示すものもある。そのため乾湿によって体積が変化し、急速に風化するスレーキングが起こりやすい。泥質岩のスレーキングによる風化に関する研究は数多く行われており、膨潤性粘土鉱物のスメクタイトを含む地層で生じやすい(柴崎ほか, 2015)ことなどが知られている。

島根県の地すべり防止区域の箇所数は全国的にみても多く、中国地方では突出している。藤井ほか(2013)は、地すべり防止区域の箇所数が島根県に多い理由を、斜面を不安定化させる自然条件が広く存在するとともに、山間部にも集落や道路網が存在するなど社会環境にも特徴があるためとした。島根県の中新統分布域には、軟質化しやすい泥岩や凝灰岩が存在し強度・透水性の異なる様々な組み合わせが存在すること、貫入に伴う複雑な地質構造を反映して層理面の急傾斜した箇所が多いこと、自然斜面を構成する岩石・岩盤には風化の著しいものが多いことなどが挙げられる。宮本(2017)は、島根半島に分布する古江層泥岩、成相寺層頁岩の風化の特徴を調査した。その結果、古江層泥岩は風化しやすい岩石であり、成相寺層頁岩は風化しにくいことを明らかにした。このように、泥質岩のスレーキングに関する

特徴を知ることは地域の地すべりの要因を理解する上で重要である。そこで本研究では、島根半島に分布する岩石のスレーキング特性の解明を目的とする。

B. 研究方法

B-I. 対象地域

島根半島では現在地すべり防止区域(国土交通省所管)が40か所あり、総区域面積は833.89haである。その地質の内訳は古江層泥岩が約120ha、成相寺層泥岩が約350ha、牛切層砂岩泥岩互層が約50haである。これら3つの地質で約520haであり、これは全体の約63%を占め島根半島には多くの泥質岩が存在しているといえる。これらの泥質岩に加え、成相寺層流紋岩地域は約165haあり、全体の約



図1. 岩石採取地点(“マップ on しまね”に加筆・修正)

20%にあたる。以上の4つの地質で島根半島における地すべり防止区域の大部分を網羅できることから、本研究では、古江層泥岩、成相寺層泥岩、成相寺層流紋岩、牛切層砂岩泥岩互層の泥岩を対象とする。岩石の採取地点を図1に示す。古江層泥岩、成相寺層泥岩、成相寺層流紋岩、牛切層泥岩をそれぞれA-1~3, B-1~3, C-1~3, D-1~3で採取した。



図2. スレーキング試験装置

B-II. シュミットハンマー反発値計測

岩石強度を把握するため、シュミットハンマーの反発値を測定した。測定では連打法を採用し、各地点において20回連続して打撃した。そして、1回の連打法で得られる20個の値から上位5個を選び平均値を算出し、その地点の反発値とした。

B-IV. 粉末X線回析試験

岩石に含まれている鉱物を特定するために粉末X線回析試験(XRD試験)を行った。

B-III. スレーキング試験

採取した岩石を用いて、スレーキング試験を行った。各地点それぞれ3つの試料(約50~60g)を用意し、試験開始前に110℃で24時間乾燥させ重量を計測した。次に試料を網目が約1.2cmの網の上に乗せ、真空ポンプにつないだデシケータ中のバケツ内で蒸留水に12時間以上つけ飽和させた(図2)。その後、取り出した試料を110℃で14時間以上炉乾燥させ、乾燥後に試料の重量 W_i を測定した。これを1サイクルとする。水浸及び炉乾燥の時間は、予備試験結果に基づく。1サイクル終了毎にスレーキング区分(柴崎ほか, 2015)(図3)を判定し、また、試料の残留率を計算した。本研究では、約1.2cmの網を全て通過したものを区分4と判定した。 n サイクル終了時の試料の重量を W_n とすると、残留率 W_r (%)は $W_r = (W_n/W_i) \times 100$ で計算される。

C. 結果

各試験結果を表1に示す。シュミットハンマー反発値のうち、A-2, A-3ではシュミットハンマーの打撃によって岩石が破壊されたため値が欠損している。表1からは、AおよびCは比較的軟らかく、BおよびDは比較的固い岩石であることがわかる。

スレーキング試験では、4種類の岩石それぞれのスレーキング特性が異なることがわかった。古江層泥岩(A)が最もスレーキングしやすく、牛切層泥岩(D)がそれに続く。反対に、成相寺層泥岩(B)および成相寺層流紋岩(C)はスレーキングしにくい。

XRD試験の結果、古江層泥岩では、A-1にスメクタイトが少量含まれ、A-2, A-3には極少量含まれていた。成相寺層泥岩には、イライトが極少量含まれており、スメクタイトは含まれていなかった。成相寺層流紋岩では、C-1にスメクタイト、イライトが含まれるものの、C-2, C-3にはスメクタイトが含まれ

区分	0	1	2	3	4
A					
	変化なし。	割れ目が少しできるが供試体の原形を保っている。	全体に割れ目が多数でき、幾つかの岩片にわかれる。供試体の原形はおおむね判別できる。	全体が細粒化し、供試体の原形は判別できない。泥状化の進行は顕著でない。	全体が泥状化。
B					
	変化なし。	割れ目が少しできるが、周辺が少し磨れる。供試体の原形を保っている。	周辺がかなり磨れ、供試体の原形は判別が難しい。	周辺がほとんど磨れ、粒子の分離が顕著。供試体の原形はほとんど判別できない。	全体が砂状化。

A: 泥岩・凝灰岩(細粒)によくみられるタイプ

B: シルト岩・砂岩・凝灰岩(粗粒)によくみられるタイプ

図3. スレーキング区分(柴崎ほか, 2015)

表 1. 各試験結果のまとめ

	A-1	A-2	A-3	B-1	B-2	B-3	C-1	C-2	C-3	D-1	D-2	D-3
間隙率(%)	9.88	20.39	18.84	14.25	5.05	17.26	16.22	15.58	12.99	12.67	8.86	13.11
シュミットハンマー	23.5	-	-	48.6	59.9	38.8	22.5	42.1	34.1	52.1	36.6	35.4
スメクタイト	極少	極少	極少	無	無	無	多	無	無	少	少	極少
10サイクル後のスレーキング区分	3	3	4	1	0	1	1	0	0	1	3	4

なかった。牛切層泥岩では、D-1、D-2 にスメクタイトが少量含まれ、D-3 には極少量含まれていた。

D. 考察

各試験結果より、既存研究と同様にスメクタイトを含む岩石はスレーキングを起こしやすい傾向が確認された。しかし、スレーキングの程度がスメクタイトの含有量やシュミットハンマー反発値の大小と必ずしも一致しない。島根半島に分布する新第三系には中性～塩基性貫入岩が存在する(鹿野・吉田, 1985)。したがって、採取した岩石の中には、局所的な熱変成により強度が高く、スメクタイトを含むにも関わらずスレーキングを起こしにくいものが含まれていた可能性がある。

土井ほか(1989)、石田・西川(1992)では、スメクタイトの含有量が多いほど風化の程度は大きいとされる。今回行った XRD 試験では正確な含有量を測定していないため、スメクタイトの含有量について定量的に議論できない。しかし、C-1 は他の岩石に比べ大きい強度ピークがあったにもかかわらず、スレーキング区分は 1 であった。また、D-3 はスメクタイトをほとんど含んでいないにもかかわらず、1 サイクルで残留率は 0% となった。吉田ほか (2003) は、膨潤性粘土鉱物を含まない和泉層群頁岩のスレーキング試験で、全体が泥状化するほどスレーキングしたことを報告した。そこでは、乾湿によって粒子同士を結合していると考えられる赤鉄鉱・針鉄鉱・フェリハイドライト・ギブサイト・ペーサイトといった膠結物の溶出、斜長石、イライトといった鉱物の溶出がスレーキングの原因と考えられている。また、柴崎ほか (2015) は、スメクタイトの種類によってスレーキング特性が異なることを指摘した。交換性陽イオン種により、Ca 型スメクタイトと Na 型スメクタイトがあり、Ca 型は崩壊型、Na 型は膨潤型を示す。鬼形 (2007) によると、Ca 型は結晶構造の層間を含むことのできる水分子層に上限があり、2.0 nm の底

面間隔までの結晶性膨潤しか示さないのに対し、Na 型は数十 nm まで巨視的な体積膨張を示す。したがって、膨潤のポテンシャルは Na 型スメクタイトを含む岩石の方が高いとされる。これらのことから、今後はスメクタイトの種類、正確な含有量、構成鉱物の変化を調べていくことが課題と考えられる。

E. 結論

島根半島の地すべり防止区域に広く分布する泥質岩及び流紋岩のスレーキング特性の解明を目的とし、シュミットハンマー反発値の計測、スレーキング試験、XRD 試験を行った。その結果、既存研究と同様にスメクタイトを含む岩石はスレーキングを起こしやすい傾向が確認された。しかし、スレーキングの程度がスメクタイトの含有量やシュミットハンマー反発値の大小と必ずしも一致しなかった。スレーキング特性をより詳細に検討するために、今後はスメクタイトの有無だけではなく、Ca 型スメクタイトあるいは Na スメクタイトといったスメクタイトの種類や、それらの正確な含有量、膠結物の影響、構成鉱物の変化まで調べる必要があると考えられる。

文献

- 土井則夫・稲葉力・平田篤夫・石山宏二 (1989) : 泥岩の膨張性を判定するための指標、土と基礎, 37, 53-58.
- 石田良二・西川総明 (1992) : スメクタイトを含む軟岩の諸性質 (1)-交換性陽イオンと吸水特性-, 粘土化学, 32, 97-107.
- 鹿野和彦・吉田史郎 (1985) : 境港の地質, 地域地質研究報告 (5 万分の 1 地質図幅), 地質調査所, 57p.
- 宮本凌也 (2017) : 島根大学総合理工学部地球資源環境学科, 卒業論文, 55p.
- 鬼形正伸 (2007) : ベントナイトの特性とその応用, 粘土化学, 46, 30-40.
- 柴崎達也・山科真一・佐藤威臣・東康治 (2015) : 地盤工学で遭遇する化学的現象の理解 3. 地盤の膨潤とスレーキング, 45-52.
- 吉田幸信・高田修三・横田公忠・矢田部龍一 (2003) : 和泉層群の頁岩のスレーキング特性とメカニズムに関する一考察, 土木学会集, No750, III-65, 15-25.