

能登半島地震被災地を中心とした日本海側の第三紀層地すべり地帯および周辺の地球科学的研究

金沢大学理学部地球学教室

(現所属：金沢大学埋蔵文化財調査センター)

大久保 弘

## はじめに

地すべり災害は、住民の生活や、道路などの公共の構造物に損害を与え、社会的ニーズの非常に大きな自然現象である。地すべりは地質条件から、第三紀層地すべり、破碎帯地すべり、温泉地すべりの三つのタイプが知られている。第三紀層地すべりは、特に新潟県、富山県、石川県の北陸地方で非常に多発している。

風化作用による粘土鉱物の形成は、形成した当時の環境や後背の地質を反映することが知られている。膨潤性に富む粘土鉱物は、地すべりを引き起こすことが古くから知られている。膨潤性に富む粘土鉱物の中で、特にスメクタイトと言われる粘土鉱物は、代表的な存在で、地すべりを引き起こすことで良く知られている。すなわち、地すべり多発地帯において、地層が堆積した当時の環境を検討することは地すべりの発生メカニズムを明らかにする上で大変重要である。しかし、地すべりの調査・研究は、岩盤の強度を重要視する土木地質の観点からの研究が圧倒的で、時間的尺度と古環境を重要視した基礎的な地質学の研究は極めて少ない。

第三紀層に多発する地すべりが発生するメカニズムは、酸化フロントにおける硫酸塩の発生により緑泥石のスメクタイトへ変化し、地すべりを発生させることがよく知られている（例えば、千木良，1988）。申請者は、2007年3月に能登半島地震が発生した直後に、現地調査を実施した際、輪島市久手川の地すべり発生現場を視察した。この地すべり発生現場では、岩石が原岩色を保ち、貝化石が新鮮な状態で、細かく破碎する現象（スレーキング）を起こしていることを認めた。このような現象は、緑泥石のスメクタイトへの化学風化作用を経ずに岩盤が膨張してスレーキングなどの現象が発生し、地すべりが発生している可能性を示すものとみられる。そこで、本研究は、能登半島の奥能登地方を中心に地質調査を実施し、新鮮な堆積岩試料の採取を行い、粉末X線回折（XRD）を実施した。

## 研究方法

## 調査地域と試料

本研究では、地すべりが多発する黒瀬谷累層の相当層、下位の縄又累層、および上位の飯塚珪藻泥岩の分布域において、9つのルートで調査を実施し、その内、7ルートで原岩色を示す新鮮な泥岩の試料を得た。下記で示した7つのルートの試料の内、2つは新鮮な貝化石が産出した。

皆月ルート (Loc. 1)：石川県輪島市門前町皆月町東方の皆月川沿い。 亀部田ルート (Loc. 2)：輪島市門前町亀部田の切り土。 杉平ルート (Loc. 3)：輪島市杉平集落東方の切り土。 笹波ルート (Loc. 4)：石川県珠洲市笹波集落北方の沢沿い。 蛸島ルート (Loc. 5)：珠洲市蛸島北方の道路脇の切り土。 珠洲市雲津ルート (Loc. 6)：珠洲市雲津の農道脇の崖。 柚木ルート (Loc. 7)：富山県富山市八尾町柚木。 なお、図1と図2に各地点の調査位置を示す。

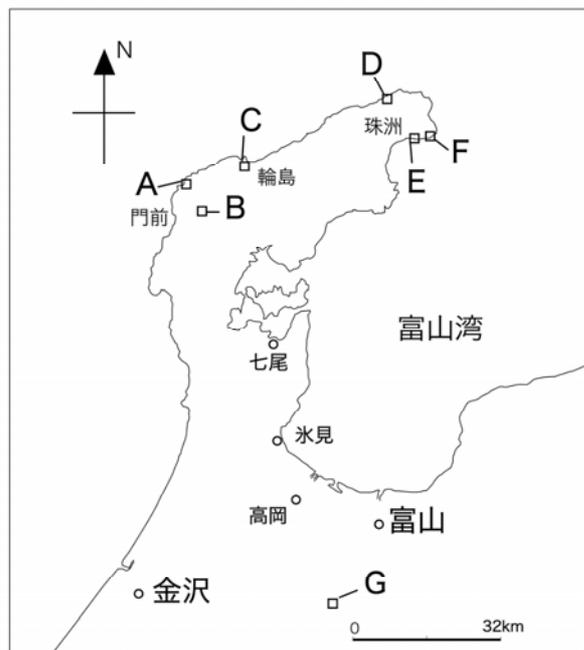


図1, 調査地点位置図

## 実験方法

本研究では、粘土鉱物の定性分析を検討するために粉末 X 線回折 (XRD) の検討を行った。まず、はじめに試料を乾燥し、ハンマーで細かく砕いた後、メノウ乳鉢ですりつぶし、スライドガラス上に試料をセットした。XRD の測定は、金沢大学の Rint1200 を使用した。さらに、粘土鉱物の同定を行うためにエチレングリコール処理を行い、XRD

の測定を行った。



図2, 各試料の採取地点 (A~G).

国土地理院発行 2万五千分の1地形図「皆月」, 「門前」, 「輪島」, 「宝立山」, 「珠洲」, 「山田温泉」を使用。

### 測定結果

この結果, 黒瀬谷累層の相当層および縄又累層において, 膨張性粘土鉱物であるスメクタイトが多量に含まれていることを示す, 強いピークを認めた. 特に, 輪島市門前町の皆月ルート of 試料は, 極めて強いピークを示した. 図3に皆月の測定結果を示す. 全体的には, 西方の門前町周辺の試料はスメクタイトの強いピークを示し, 東方の珠洲市周辺の試料はスメクタイトのピークが比較的弱めであった.

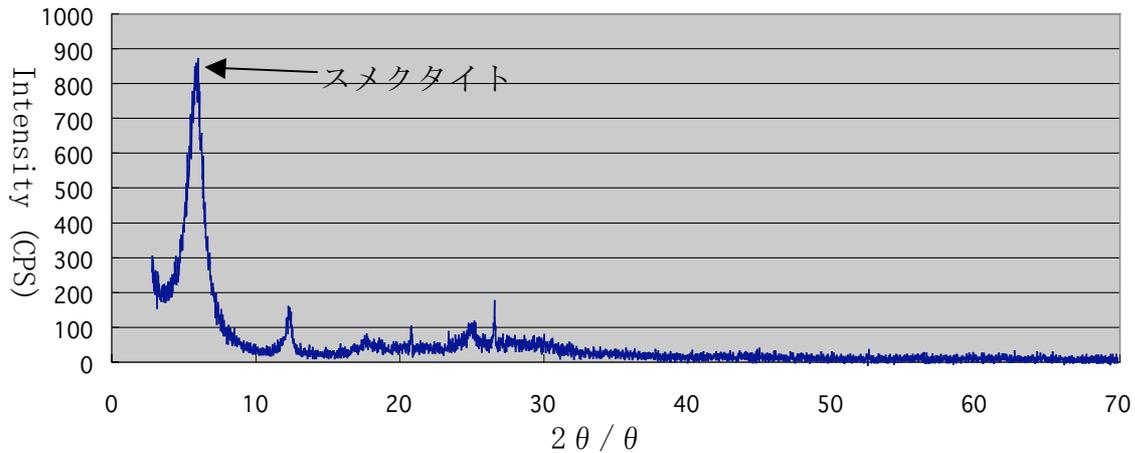


図3, 多量のスメクタイトの存在を示す粉末 X 線回折結果 (門前町皆月産試料)

#### 考察

本研究では、新鮮な岩石を採取し、XRD 回折によって粘土鉱物を調べた結果、地すべりを引き起こすことで知られるスメクタイトを多量に含むことが明らかになった。スメクタイトが形成される環境としては、Na イオンや Ca イオンを多く含む海水中が挙げられ、特に火山岩が広く露出する海洋底では、スメクタイトが大量に形成される（青木, 1991）日本海形成時には、激しい火成活動があったことが知られ、東北日本から北陸地方にかけての日本海側には、この時代の火山岩・火砕岩が広く分布している。能登半島には、この日本海形成時の火山活動にともなう穴水累層、柳田累層、粟倉凝灰岩層と呼ばれる火山岩および火砕岩からなる地層が広く分布している。このため、日本海形成初期には、大量のスメクタイトが形成されたと推定される。今回、採取した試料が XRD 回折上でスメクタイトの強いピークを示したのは、日本海形成初期に大量に形成されたためと考えられる。

しかし、スメクタイトは、不安定な鉱物であり、イライト化作用によってイライトや、緑泥石化作用によって緑泥石へ変化する。イライト化作用は 60 度以上の温度で活発化し、200 度以上でイライトへと変化する（土田ほか, 1998 ; Niu et al., 2000）。緑泥石に関しても 70-80°C で活発化すると言われている (Shau and Peacor, 1992; Schiffman and Staudigel, 1995)。一般的に通常の地温勾配は 100mにつき 3°C 上昇することが広く知られている。すなわち、イライト化作用や緑泥石化作用が活発化するのは、地下 1500m 以深である。しかし、北陸地方の新第三系は層厚が薄く、黒瀬谷累層および相当層以降の地層の層厚は、輪島市周辺で 200-300m、珠洲市で最大 800-900m

である(かせ野, 1992)。一方, 富山県は氷見市灘浦海岸で800mである(渡辺, 私信)。このため, 北陸地方の新第三系は, 新第三系の地層が厚く堆積する東北地方や新潟地方と異なり, イライト化および緑泥石化作用があまり進んでいないとみられる。このため, 能登半島の新第三系で地すべりが非常に多発する原因は, イライト化および緑泥石化作用があまり進んでいないため, 岩石が膨潤しやすい性質をもつ可能性がある。

### 結論

本研究の結論は, 次のように結論付けられる。

- ・ 能登半島の黒瀬谷累層の相当層は, 地すべりを起こしやすい膨張性粘土鉱物のスメクタイトを非常に多く含む。この多量のスメクタイトは日本海形成時に多量に供給されたものと考えられる。
- ・ 奥能登地方で地すべりが非常に多発している原因は, 能登半島の第三系が, 層厚が薄く, イライト化および緑泥石化作用があまり進んでいないためと考えられる。

### 引用文献

青木三郎, 1991, フィリピン海海底堆積物中の粘土鉱物, 地学雑誌, 100, 596-603.

千木良雅弘, 1988, 泥岩の化学的風化—新潟県更新統灰爪層の例—, 地質学雑誌

かせ野義夫, 1992, 石川県地質誌, 石川県

Schiffman, P. and Staudigel, H., 1995, The smectite to chlorite transition in a fossil seamount hydrothermal system: the Basement Complex of La Palma, Canary Islands. *Journal of Metamorphic Geology*, 13, 487-498.

Shau, Y.-H. and Peacor, D.R. (1992) Phyllosilicates in hydrothermally altered basalts from DSDP Hole 504B, Leg 83 - a TEM and AEM study. *Contributions to Mineralogy and Petrology*, 112, 119-133.

土田邦博・牛 犇・吉村尚久・大久保進・深沢光 (1998) 基礎試錐「富倉」にみられるイライト/スメクタイト混合層鉱物の続成変化と異常高圧層の関係. *石油技協誌*, 63, 221-227.