

日本地すべり学会「古第三紀凝灰岩地すべりの広域的比較」研究委員会の研究成果の概要

Summary of results of the research committee “Regional comparative study on Paleogene tuff landslides ” of the Japan Landslide Society

○横山 俊治(高知大学・理学部), 藤田 崇(関西地盤環境研究センター)

Shunji YOKOYAMA (Kochi Univ.), Takashi FUJITA (Kansai Geo-Env. Research Center)

キーワード: 神戸層群, 凝灰岩地すべり, 古第三系夾炭層

Keywords: Kobe Group, tuff landslide, Paleogene coal-bearing formation

神戸層群の分布地域には多数の地すべりが存在する。地すべり地は古くから水田として利用され、松杭の打ち込みを主体とした地すべり防止工が江戸時代から地元農民によって広く行われてきた。

近年の地すべり地は酒米山田錦の生産地である圃場の整備事業が進められているほか、高速道路建設・ゴルフ場開発・宅地開発の舞台にもなってきた。その結果、開発に伴う既往地すべりの再活動や初生地すべりが後を絶たない。

神戸層群の地すべり対策は兵庫県の県営事業として進められてきたが、農林水産省は、平成5年度から平成15年度まで国が直轄で対策工事を行う直轄地すべり対策事業(近畿農政局北神戸農地保全事業所)を立ち上げた。この事業の進展に伴って、神戸層群の地質・地すべりに関して多くの知見が得られた。

平成12年日本地すべり学会(神戸)の特別セッション「神戸層群の凝灰岩地すべりの総合的検討」を契機に、北神戸農地保全事業所の全面のご支援を受けて、直轄地すべり対策事業に携わってきた地質コンサルタント技術者を中心に“凝灰岩地すべり”研究グループが結成され、今日に至っている。本研究グループは、上記特別セッションを通して、神戸層群の地すべりのほとんどが広域テフラ起源の凝灰岩中にすべり面をもつ凝灰岩地すべりであること、凝灰岩の諸性質が地すべり挙動を基本的に規制していることを共通

の認識としてもつに至った。

日本地すべり学会「古第三紀凝灰岩地すべりの広域的比較」研究委員会(略称 凝灰岩地すべり委員会)は、“凝灰岩地すべり”研究グループメンバーを核として、研究内容を日本列島の他地域の古第三系全体に拡張し、広域的に凝灰岩地すべりを比較研究することを目的に企画された。本委員会の研究期間は平成13年度から平成15年度までの3カ年で、最終年度は神戸層群の調査・研究で全面的に支援をいただききた北神戸農地保全事業所の終了年度と期せずして重なった。

現在、“凝灰岩地すべり”研究グループは、北神戸農地保全事業所から譲り受けたボーリングコア約200箱余りを高知大学・国際航業株式会社・兵庫県立人と自然の博物館に保管し、3年計画で研究成果のとりまとめを行っている。

本年度の日本地すべり学会(秋田)では、凝灰岩地すべり委員会の研究成果を報告し、今後の研究ととりまとめの方向性を明確にすることを目的としている。これまでの研究成果の概要は以下の通りである。

I. 神戸層群の凝灰岩地すべりについて

① 神戸層群の凝灰岩の層序・構造

三田盆地の神戸層群の凝灰岩層および碎屑岩層を国際地層命名規約に基づいて部層(Member)単元で分類・整理し、再定義・命名し

た。その結果、降下火山灰層を最下部に伴う凝灰岩部層として滝凝灰岩部層・豊岡凝灰岩部層・北畑凝灰岩部層・石上山凝灰岩部層と、再堆積性凝灰岩のみからなる凝灰岩部層を3層識別・命名した。地質踏査とボーリングコアを用いて、美囊郡吉川町を中心に詳細な地質図を作成し、層序・構造を確立した。

② 岩石学的手法による凝灰岩の対比手法の開発

凝灰岩の全岩化学組成・軽石の全岩化学組成・軽石中の黒雲母斑晶の化学性などが凝灰岩部層・単層毎に違いがあることが明らかになりつつある。凝灰岩の広域対比を行うとき、上述の化学性の違いは重要な指標になる。

③ 神戸層群の岩質・岩相組み合わせと地すべりの関係

神戸層群の岩質を強く規制している要因は粘土鉱物の含有量である。その結果、硬質な岩相（主に礫岩・砂岩・泥岩・凝灰岩）と軟質粘土化凝灰岩による多様な岩相組み合わせが地すべりの発生頻度・規模・運動様式を規制している。その岩相組み合わせが凝灰岩部層毎に異なるために、地すべり特徴は、凝灰岩部層毎に、そして同じ凝灰岩部層でもそれを構成するユニット毎に違いを生じている。

④ 凝灰岩の粘土鉱物

粘土鉱物のほとんどは Ca 型モンモリロナイト（スメクタイト属）からなり、この粘土鉱物の含有量が岩石の物理的性質や力学的性質を規制している可能性が高い。長尺ボーリングによれば、深度 75m の位置で軟質になっていない粘土化凝灰岩層が存在する。粘土化の程度（粘土鉱物の含有量）は地層単位に変化するために、凝灰岩からなる硬軟互層が頻繁に出現する。地表部では特定の凝灰岩層において方解石を晶出している。そういうところで流動型地すべりが起こっている。方解石の晶出はモンモリロナイトの Na 型への置換を暗示している。凝灰岩層の粘土化—モンモリロナイトの形成—の成因については検討中

である。

⑤ 神戸層群の物理的・力学的性質

神戸層群は、岩質の異なる岩相の組み合わせによる延性度格差の非常に大きな層状岩盤を特徴としている。一軸圧縮強度でみると、数千倍から数万倍の差があり、軟質粘土化凝灰岩は 0.01MPa 以下の強度しかない。層面すべりを起こしている凝灰岩中のすべり面の勾配は 5~6 度と緩傾斜で、繰り返し一面剪断試験による剪断強度常数は $c=0$ 、 $\phi=7.2^\circ$ が得られている。

すべり面を形成している軟質粘土化凝灰岩の物理的性質は高塑性・高吸水・低排水であることから、塑性変形を持続する能力の高い、すなわち高延性度であることを示唆している。

⑥ 地すべり地の地下水流動特性と水質

岩質の異なる岩相組み合わせが神戸層群の水文構造の大枠を規制している。さらに同一地層においても粒度組成の違いや割れ目密度の差異が水ミチ（パイプ流）を形成し、それが地すべりの発生・運動を支配している。神戸層群分布地域の地下水の水質は炭酸ナトリウム型であるとされてきたが、凝灰岩部層毎に炭酸ナトリウム・炭酸カルシウム・硫酸カルシウム・塩酸カルシウムなどの含有量に差があることが分かってきた。

⑦ 地すべりの運動様式によるタイプ区分

神戸層群の凝灰岩地すべりは軟質粘土化凝灰岩の分布とその物理的・力学的性質に支配されているが、もうひとつ、岩相組み合わせとそれらの地表付近での位置が運動様式を規制している。神戸層群の典型的な凝灰岩地すべりには次のようなタイプのものがある。

現在地すべり最多発層準である豊岡凝灰岩部層では、最下部の降下火山灰層（ユニット1）が、下位の硬質の泥岩層と上位の硬質のユニット 2 凝灰岩層に挟まれた軟質粘土化凝灰岩で、大規模地すべりを発生している。ユニット 1 はほぼ地層全体で塑性変形を起こしながら流れ盤斜面で層面すべりを発生させている。他層準の降下火山灰層においても層面すべりを発生している。

豊岡凝灰岩部層のユニット4も軟質粘土化凝灰岩からなり、地すべり発生層となっている。ここではその上位の硬質な礫岩層とともにキャップロック型構造を形成しているのが特徴である。地すべり発生の初期には、礫岩層の荷重が軟質粘土化凝灰岩の塑性変形を促進させ、その結果礫岩層に生じた開口クラック(ガル)に軟質粘土化凝灰岩が貫入し、ブロック化した礫岩層が沈下する現象が日本の地すべりでははじめて観察されている。このようなキャップロック型地すべりは神戸層群の凝灰岩地すべりを特徴づけるものである。

ユニット4は硬軟互層であるために塑性変形の過程でしばしば褶曲する。金会地すべりでは、屋根瓦を重ねたよう覆瓦構造で特徴づけられる覆瓦重複すべりが発生している。また、切土斜面では塑性変形から比較的ゆっくりとした速度の流動型地すべりに移行している。

また、ラテラルスプレッドが日本で初めて記載されたのも神戸層群である。そこでは破碎流動を起こした凝灰岩質泥岩～泥質凝灰岩が地すべり尖端部から谷に向かって絞り出され、地表には大規模な開口クラック群が多数形成されている。

⑧ GRASS GIS による地形解析

地形データ・地すべり地形分布図・地質データを GRASS GIS 上で解析し、様々な形でビジュアルに表示している。ひとつ、30m メッシュ図において解析すると、地すべり地形の占有率は非火山性碎屑岩部層地域よりも凝灰岩部層地域で高いということがきれいに現れる。しかも下位層準の凝灰岩部層ほど地すべり地形の占有率が上がっている。

II. 他地域の凝灰岩地すべり

近年フッシュントラック年代や K-Ar 年代が凝灰岩で測られるようになり、日本の古第三系の分布域が広がってきた。古第三系は、二列の堆積盆があって、日本列島を日本海形成前に戻したときに西側に配列する火山性堆積盆群(火山性陥没体)と東側に配列する夾炭層をしばしば含む非火山性(浅海性～淡水性)堆積盆群である。火山性堆積盆で噴火した広域テフラが非火山性

堆積盆に堆積し、現在凝灰岩地すべりを発生させている。広域テフラの噴出年代には幅があり、岩石学的検討から同一起源でないことも分かってきた。凝灰岩地すべりの発生頻度や規模が堆積盆毎に異なるが、その実態については広域テフラの起源・堆積場の環境・岩相組み合わせなど総合的な比較検討が今後の課題である。

III. 凝灰岩地すべり委員会の研究成果

2000 年度(2000.4～2001.3)

秋山晋二・伊藤雅之・中川 渉・今岡照喜・谷 保孝(2000):神戸層群の凝灰岩の層序・岩石学的特性からみた地すべりの素因. 第39回日本地すべり学会研究発表会講演集, 375-378.

藤田 崇(2000):神戸層群で発生した1983年北畑地すべりの運動像. 第39回日本地すべり学会研究発表会講演集,

藤田 崇・ベンカテッシュ・ラガワン・升本真二(2000):GIS による神戸層群の地すべり特性の解析. 第39回日本地すべり学会研究発表会講演集, 407-410.

藤谷 久・田中英幸(2000):兵庫県三田盆地美囊川上流域の地すべり(神戸層群地すべりと地形・地質). 第39回日本地すべり学会研究発表会講演集,

池尻勝俊・谷本喜一(2000):神戸層群の粘土化凝灰岩の力学的・物理的特性からみた地すべりの素因. 第39回日本地すべり学会研究発表会講演集,

今岡照喜・井川寿之・北川隆司・横山俊治・秋山晋二・中川 渉・加々美寛雄(2000):西南日本の古第三紀火砕堆積物と地すべり:とくに神戸層群の凝灰岩の噴出源について. 第39回日本地すべり学会研究発表会講演集, 373-374.

加藤靖郎(2000):神戸層群西畑ラテラルスプレッドの内部構造. 第39回日本地すべり学会研究発表会講演集, 395-398.

北川隆司・地下まゆみ・上村 智・秋山晋二(2000):神戸層群中のスメクタイトの鉱物学的キャラクターゼーション. 第39回日本地すべり学会研究発表会講演集,

中川 渉・秋山晋二・谷 保孝・今岡照喜(2000): 神戸層群の地質構造と地すべりの関係. 第39回日本地すべり学会研究発表会講演集, 379-382.

田中英幸・藤谷 久(2000): 兵庫県三田盆地美囊川上流域の地すべり(神戸層群地すべりの発生機構). 第39回日本地すべり学会研究発表会講演集,

横山俊治・加藤靖郎・秋山晋二(2000): 神戸層群の凝灰岩の岩相・構造に規制された地すべりのタイプ. 第39回日本地すべり学会研究発表会講演集,

横山俊治・田中英幸(2000): 神戸層群の凝灰岩地すべりの総合検討ーその目的と意義ー. 第39回日本地すべり学会研究発表会講演集, 371-372.

2001年度(2001.4~2002.3)

加藤靖郎(2001): 西畑ラテラルスプレッドを引き起こす凝灰質泥岩の性状. 第40回日本地すべり学会研究発表会講演集, 111-114.

谷本喜一・池尻勝俊(2001): 神戸層群 人為的要因による地すべり. 財団法人建設工学研究所, 神戸, 145p.

2002年度(2002.4~2003.3)

加藤靖郎(2002): 近畿内帯古第三系神戸層群. 藤田崇編「地すべりと地質学」古今書院, 東京, 160-167.

2003年度(2003.4~2004.3)

藤田 崇(2003): 神戸層群の地すべりと GIS. 深田研ライブラリー, no.55, 47p.

藤田 崇(2003): 神戸層群と地すべり. 断層研究資料センター第13回エクスカージョン「有馬ー高槻構造線を経て三田盆地をめぐるー三田盆地と大阪盆地・奈良盆地の相似と相違ー」資料集, 23-40.

藤田 崇・藤田和夫(2003): 神戸層群の研究史. 断層研究資料センター第16回セミナー「近畿の謎の地層ー神戸層群の諸問題」資料集, 1-16.

川村喜一郎(2003): 地すべりに伴う粘土質試料の磁気特性と微細組織ー神戸層群の西畑・豊岡北地域の例ー. 深田地質研究所年報, 4, 69-76.

村井政徳(2004,MS): 古第三系神戸層群凝灰岩地すべりの構造ー兵庫県吉川町豊岡北地すべりの例ー. 高知大学大学院理学研究科修士論文, 103p.

村井政徳・横山俊治(2003): 神戸層群上久米凝灰岩を素因とする凝灰岩地すべりの構造ー吉川町豊岡北地すべりの例ー. 第42回日本地すべり学会研究発表会講演集, 495-498.

村井政徳・横山俊治(2003): 神戸層群凝灰岩地すべりの構造: 豊岡北地すべりの例. 日本応用地質学会平成15年度研究発表会講演論文集, 303-306.

村井政徳・加藤靖郎・横山俊治(2003): 神戸層群凝灰岩の斜面変動に伴う貫入現象. 日本地質学会第110年学術大会講演要旨, 269-269.

村井政徳・加藤靖郎・横山俊治(2003): 古第三系神戸層群内の地すべりにおける凝灰岩の貫入現象. 日本応用地質学会中国四国支部平成15年度研究発表会発表論文集, 81-86.

大須賀仲夫・青柳貴司・中川 渉(2003): 高速道路における切土法面のリスク管理手法に関する一事例. 土と基礎, Vol.51, no.10, 27-29.

大須賀仲夫・松本正司・中川 渉・谷口 清(2003): 道路のり面に発生した凝灰岩の遅れ破壊の一事例. 第42回日本地すべり学会研究発表会講演集, 35-36.

大須賀仲夫・中川 渉・谷口 清(2004): 供用後に発生した山陽道切土法面の変状と対策. 基礎工, Vol.32, no.3, 78-81.

大八木規夫(2003): 日本におけるスプレッドタイプ地すべりの事例. 深田地質研究所年報, 4, 133-154.

横山俊治(2003): 神戸層群の凝灰岩地すべり発生地の地質的背景. 断層研究資料センター第16回セミナー「近畿の謎の地層ー神戸層群の諸問題」資料集, 37-56.