■テフロクロノロジーからみた飛騨山脈北部簓岳地すべりの活動期

Tephrochronology of the ebiradake landslide in the northern hida mountains, central Japan

千葉大学大学院自然科学研究科／佐藤 剛

Graduate School of Science and Technology, Chiba University
／Go SATO

千葉大学大学院自然科学研究科／苅谷愛彦

Graduate School of Science and Technology, Chiba University
／Yoshihiko KARIYA

キーワード：地すべりの活動期，テフロクロノロジー，簓岳，白馬大池火山，大山倉吉テフラ

Key words : tephrochronology, Mt. Ebiradake, Hakuba-Oike volcano, Daisen-Kurayoshi tephra

1. はじめに

地すべり活動の特徴のひとつは過去に形成された移動体が再活動することである。そのため、地すべり活動の編年や移動体の変遷過程の復元は防災上重要である。地すべり活動の編年には¹⁴C年代測定法が有効であるが、測定可能な年代は原理的に5～6万年前までである（中村, 2001）。それゆえ、この年代を遡る地すべり活動の編年にはテフロクロノロジーが有効である（八木, 1993；高浜・早川, 1994；八木ほか, 2001；植木, 2001；植木, 2004；渡部・八木, 2003など）。

筆者らは、飛騨山脈の地形発達を地すべりに主眼を置いて議論してきた（佐藤・苅谷, 2005）。今回、飛騨山脈北部、白馬大池火山を構成する^{えびらだけ}簓岳に滑落崖をもつ大規模地すべり（以後、簓岳地すべりと呼ぶ）の移動体上において、移動体を覆うローム層から広域テフラを発見した。本稿では、このテフラの斑晶鉱物の屈折率測定および主成分化学組成分析に基づくテフラ同定の過程を述べ、簓岳地すべりの活動期を推定する。

2. 調査地と方法

図-1に簓岳地すべりの位置を示す。簓岳は6～8万年前に噴出した簓岳溶岩からなる（及川ほか, 2001；中

野ほか, 2002）。簓岳地すべりの主滑落崖は簓岳北面に位置し、その比高は約250mである。移動体は、かつて主滑落崖にあった山体が地すべりをおこし堆積したもので、主に簓岳溶岩の岩屑で構成される。また、移動体は基盤のジュラ系来馬層群を覆っている（原山ほか, 1995）。移動体の側面は木地屋川とウド川が刻んでいる（図-1）。また移動体上には多数の凹地や低崖地形が発達し、これ

図-1 調査地の位置と地すべり地形分類図*1

a：主滑落崖，b：移動体，c：幅の広い凹地，d：幅の狭い凹地，e：尾根向き低崖，f：谷向き低崖，g：河川，Eb：簓岳，Ki：木地屋川，Ud：ウド川。基図に国土地理院発行1：25,000地形図「越後平岩」および「白馬岳」を利用した。等高線間隔は10m

Fig. 1 Location and geomorphological map of the study area*1

a: main scarp, b: landslide body, c: wide depression, d: narrow depression, e: up-hill facing scarp, f: down-hill facing scarp, g: river, Eb: Mt. Ebiradake, Ki: Kijiyagawa R., Ud: Udogawa R. Topographical maps 1:25,000 in scale of the "Echigohiraiwa" and "Shiroumadake" districts published by Geographical Survey Institute were used as base map. Contour interval is 10m

*1 空中写真（国土地理院撮影，縮尺1:15,000，CCB-76 および縮尺1:40,000，MCB-72）判読と野外調査資料から作成した。

図-2 地点L-1における地すべり移動体の露頭
位置は図-1に示す
Fig. 2 Outcrop of the landslide body at L-1
Location is shown in Fig. 1

らの微地形の長軸の走向は移動体縁辺斜面の等高線方向と概略一致する。これらのことから移動体の縁辺部は、前記した両河川の侵食を誘因とする二次的な引張性の地すべりで開析されつつあると考えられる。

麓岳地すべりの周辺にも多数の地すべり地形が認められる(図-1)。図-1には示されていないが、木地屋川下流部には現在活動中の大所^{おおどころ}地すべりが分布する(針生ほか; 2004)。大所地すべりは麓岳地すべりやその周辺斜面から移動・堆積したラハール堆積物が移動体をなし、そのすべり面は基盤の蛇紋岩との境界部付近にある(針生ほか; 2003, 佐々木ほか; 2005)。

野外調査は麓岳地すべりの移動体上およびその周辺で行った。本稿で取り上げるのは、このうちの2地点である(L-1およびL-2, 図-1)。L-1およびL-2と主滑落崖の間には顕著な滑落崖が存在しないこと(図-1)、また両地点は崖錐や土石流堆上に位置しないことから、両地点でみられる麓岳溶岩の岩屑は初生地すべりで堆積した移動体(以後、初生移動体と呼ぶ)の一部と考えられる。そこでL-1では露頭で、L-2ではハンドオーガーによる掘削から得られたコアで、初生移動体とそれを覆う堆積物を観察した。また、堆積物を構成するローム層からテフラ試料を採取し、研究室で洗浄・乾燥後、顕微鏡観察によって対比しうるテフラを推定した。その後、調査地の試料と、対比可能と推定されたテフラ試料の双方について、斑晶鉱物の屈折率測定^{*2}と主成分化学組成分析^{*3}を行ってテフラを同定した。

*2 千葉大学理学部地球科学教室の温度変化型屈折率測定装置(京都フィッシュン・トラック製: RIMS2000)を用いた。測定数は1試料につき劈開片30粒子である。

*3 千葉大学理学部地球科学教室のエネルギー分散型EPMA(日本電子JSM-5600およびOxford Link ISIS-300)を用いた。測定条件は、加速電圧15kV、電流 8×10^{-10} Aとし、補正計算はZAF法を用いた。1試料につき10粒子計測し、1粒子あたりの計測時間は100秒とした。

3. 結果および考察

L-1(図-1)の地表面は露頭の南西側で相対的に低まり、深さ約1mの凹地をなす(図-2)。空中写真判読では、この程度の規模の微地形は判読できなかったため、図-1にはこの凹地を示していない。なお、露頭の北側では東西方向の長軸をもつ幅50m以上の凹地があり、南側にも凹地列が確認できる(図-1)。

L-1で観察される堆積物は層相からI~VI層に区分できる(図-2)。I層はチャネルを埋積した粘土層である。II層は腐植質土層からなり、固結した粘土がパッチ状に挟在する。III層は腐植質ローム層、IV層はローム層で構成される。いずれも無層理であるが、IV層はラミナが発達したV層(砂まじり粘土層)を挟む。V層は波状に変形し、パッチ状に破碎、分割されている。VI層は麓岳溶岩の岩屑からなる初生移動体で、北東側から水平方向に0~4mの範囲で地溝状に落ち込む構造を示す。また、6~14mの範囲においてもVI層の上面は凹凸をもち、全体として南西へ傾斜した半地溝状の構造を呈す。

内部構造をより詳細にみると、VI層と、それを覆うIV層とV層に複雑な変形構造が観察される。たとえば、露頭南西側ではIV層に含まれるV層がVI層上面の起伏と平行に変形している。またIII層はIV層上面で示される凹地を埋積している。これらは、IV層堆積後に凹地を形成するような変形が生じ、III層がその凹地に堆積したことを示す。V層にはラミナが発達していることから、当初は水平に堆積したと考えられる。このV層がIV層と相似形の変形を示し、さらにV層がパッチ状に分割そして破碎していることは、IV層堆積後に初生移動体が二次的な地すべり活動の影響を受けたことを示す。

L-1で観察された堆積物中にテフラ層を肉眼で識別することは困難であった。そこで、図-2に示したC-1~C-6で試料を採取し、鏡下で観察した。その結果、IV層下部のC-4、C-5およびC-6は角閃石と斜方輝石が優占し(表-1)、なおかつこれらの鉱物が多量

表-1 テフラ試料の重鉱物組成と斜方輝石および角閃石の屈折率

Table 1 Heavy mineral compositions of the tephra samples and refractive indices of orthopyroxene and hornblende

Sample	Locality	Heavy Mineral Compositions	Refractive Index	
			opx (γ)	ho (n_2)
C-4	L-1	ho, opx, mg, il, (bi)	1.702 - 1.706	1.676 - 1.682
C-5	L-1	ho, opx, mg, il	1.701 - 1.705	1.676 - 1.681
C-6	L-1	ho, opx, mg, il, (bi)	1.702 - 1.705	1.676 - 1.682
B-4	L-2	ho, opx, mg, il, (bi)	1.702 - 1.706	1.675 - 1.682
B-5	L-2	ho, opx, mg, il, (bi)	1.702 - 1.706	1.675 - 1.682
DKP	Kurayoshi	ho, opx, mg, il, (bi)	1.702 - 1.706	1.677 - 1.682

ho: hornblende, opx: orthopyroxene, mg: magnetite, il: ilmenite, bi: biotite

表-2 斜方輝石および角閃石の主成分化学組成

Table 2 Major chemical compositions of orthopyroxene and hornblende

Sample (Locality)	Mineral		SiO ₂	TiO ₂	Al ₂ O ₃	FeO	MnO	MgO	CaO	Na ₂ O	K ₂ O	Total
C-5 (L-1)	opx	Mean	53.23	0.11	1.27	19.14	0.68	24.21	0.51	...	...	99.15
		SD	0.66	0.08	0.56	0.51	0.09	0.61	0.10			
	ho	Mean	45.76	1.63	9.17	12.44	0.24	14.73	10.68	2.58	0.29	97.52
		SD	0.74	0.40	0.68	0.62	0.15	0.42	0.19	0.13	0.07	
B-5 (L-2)	opx	Mean	53.74	0.18	1.59	19.35	0.67	24.40	0.47	...	...	100.04
		SD	0.71	0.08	0.69	0.50	0.13	0.48	0.07			
	ho	Mean	45.65	1.59	9.05	12.28	0.30	15.13	10.95	2.55	0.31	97.81
		SD	1.32	0.37	1.15	0.56	0.11	0.47	0.19	0.20	0.06	
DKP (Kurayoshi)	opx	Mean	53.87	0.12	1.41	19.33	0.63	24.38	0.55	...	...	100.29
		SD	0.42	0.03	0.50	0.72	0.11	0.59	0.11			
	ho	Mean	45.84	1.73	9.49	12.45	0.28	14.55	10.98	2.60	0.31	98.23
		SD	1.34	0.32	1.18	0.48	0.07	0.46	0.24	0.15	0.05	

opx: orthopyroxene, ho: hornblende, SD: Standard Deviation

図-3 地点L-2における地すべり移動体の柱状図
位置は図1に示す

Fig. 3 Geological columnar section of the landslide body at L-2

Location is shown in Fig. 1

に含まれることが明らかとなった。特に斜方輝石は、(100)面の発達した清澄な短冊状をなす。麓岳溶岩との層序関係や、このような特徴を持つ斜方輝石の存在から、このテフラは調査地から西南西へ約420km離れた大山火山に起源をもつ大山倉吉 (DKP: ≥ 5.5 万年前, 町田・新井, 1979, 2003) であることが強く疑われた。

L-2 (図-1) は閉塞した凹地底に位置する。本凹地の長軸は北西-南東方向で、幅は約10メートル、長さは約750m、深さは約4mある。また、地形が新鮮であることから、二次的な地すべり活動で形成されたものとする。凹地を埋積する堆積物の層厚は2.4mで、全体として粘土を挟む腐植土層とローム層からなる (図-3)。2.4m以深は麓岳溶岩の岩屑からなる初生移動体で構成される。

L-2では、掘削コアから肉眼でテフラ層を識別することは困難だったため、図-3に示したB-1~B-5より試料を採取した。鏡下での観察から、B-4とB-5は角閃石と斜方輝石が優占し (表-1)、いずれもL-1で採取したものと形状が類似することが明らかとなった。

そこで、調査地の試料と、大山火山近傍の模式地から得られたDKP試料*4を対象に、斜方輝石と角閃石の屈折

*4 津久井雅志提供。採取地は鳥取県倉吉市服部 (36°49'N, 137°50'E: 津久井; 1984)。

率測定および主成分化学組成分析を行った。

この結果、全試料の斜方輝石の屈折率は $n_1 = 1.701 - 1.706$ に、角閃石の屈折率も $n_2 = 1.675 - 1.682$ に集中することが明らかとなった（表-1）。また、主成分化学組成分析した全ての斜方輝石と角閃石は互いに類似した数値を示すことも判明した（表-2）。これらの結果からC-4~6, B-4~5から検出された斜方輝石と角閃石はDKPに由来すると結論づけた。

以上のように、麓岳地すべりの初生移動体はDKPに覆われる。前述したように、麓岳溶岩は6~8万年前、DKPは5.5万年前をやや遡る。したがって、麓岳地すべりの初生活動は、麓岳溶岩の噴出後5,000年~25,000年以内に発生したと判断される。さらに5.5万年前以降も、二次的な地すべり活動に伴って初生移動体が変形し、移動体上に凹地が形成されたと考えられる。

謝 辞

本研究の遂行にあたり古谷尊彦名誉教授、宮内崇裕・津久井雅志両助教授（千葉大学）、石井正樹氏（北陽建設）、目代邦康博士（地質標本館）、齋藤公一・森田秀彦両氏（千葉大学大学院生）に格別のご助言・ご協力をいただいた。また、匿名査読者には的確なコメントをいただいた。記して感謝します。

引用文献

原山 智・滝沢文教・加藤碩一・駒澤正夫・広島俊男・須藤定久（1995）：20万分の1地質図幅「富山」，地質調査所。
針生真也・三浦路子・三石 晋・五十嵐正信・小林健一（2003）：大所地すべりの発生機構とその挙動，日本地すべり学会誌，Vol.40, No. 2, pp.41-44。

針生真也・三石 晋・三浦路子・白石秀一・五十嵐正信・小林健一（2004）：GPSによる大所地すべりの観測，日本地すべり学会誌，Vol.40, No. 6, pp.47-50。
町田 洋・新井房夫（1979）：大山倉吉軽石層-分布の広域性と第四紀編年上の意義，地学雑誌，Vol.88, No. 5, pp.313-300。
町田 洋・新井房夫（2003）：新編火山灰アトラス [日本列島とその周辺]，東京大学出版会，336p。
中村俊夫（2001）：放射線炭素年代とその高精度化，第四紀研究，Vol.40, No. 6, pp.445-459。
中野 俊・竹内 誠・吉川敏之・長森英明・荻谷愛彦・奥村晃史・田口雄作（2002）：白馬岳地域の地質。地域地質研究報告（5万分の1地質図幅），産総研地質調査総合センター，105p。
及川輝樹・原山 智・梅田浩司（2001）：白馬大池火山のK-Ar年代，火山，Vol.46, No. 1, pp.21-25。
佐々木慶三・宜保清一・中村真也・周 亜明（2005）：地すべり形態に及ぼすボトルネック構造の影響，日本地すべり学会誌，Vol.42, No. 1, pp.26-33。
佐藤 剛・荻谷愛彦（2005）：飛騨山脈・白馬岳北部地域の地すべり地形発達，地学雑誌，Vol.114, No. 1, pp.58-67。
高浜信行・早川嘉一（1994）：東野名地すべりの現在の活動と初生的地すべり移動地塊，地すべり，Vol.31, No. 3, pp.16-23。
津久井雅志（1984）：大山火山の地質，地質学雑誌，Vol. 90, No. 9, pp.643-658。
植木岳雪（2001）：長野県北部八坂村相川周辺の地すべり地形の形成時期：大規模な尾根移動型地すべりの発生とそのテクトニックな意義，第四紀研究，Vol.40, No. 5, pp.393-402。
植木岳雪（2004）：長野県北部，切久保地すべりの後期更新世以降の活動履歴，日本地すべり学会誌，Vol. 41, No. 2, pp. 66-69。
渡部寿郎・八木浩司（2003）：白神山地東部・湯ノ沢川上流域におけるテフクロノロジーからみた最終氷期以降の地すべり地形発達，季刊地理学，Vol.55, No. 2, pp.122-131。
八木浩司（1993）：真昼山地・和賀岳付近に認められる小崖地形の発達過程，季刊地理学，Vol.45, No. 2, pp.83-91。
八木浩司・牧田 肇・斎藤宗勝・八木令子（2001）：青森県白神山地追良瀬川左岸中ノ沢すべりの形成年代-地すべり凹地堆積物の放射性年代とテフラー，地すべり，Vol. 38, No. 2, pp. 145-147。

（原稿受付2005年8月2日，原稿受理2005年12月1日）