

カルデラ火山の外輪山における大規模地すべりの発生年代

吉田 怜奈・宿田 涼介・五十嵐 広大・梅田 浩司*

1. はじめに

東北地方の脊梁山地には中新世後期から第四紀に形成されたカルデラ火山が多く分布する。これらの多くはカルデラ壁を滑落崖とし、カルデラ内部に向かって移動した地すべり地形がカルデラ縁に沿って環状に配列するといった特徴を有する。カルデラ内部の地すべりに限らず現在活動している斜面変動は、比較的規模の大きい初生地すべりの再活動と考えられている。そのため、過去の地すべりの発生した時期・規模や現在までの活動史を明らかにすることは、将来の土砂災害の予測に有効である。地すべりの冠頭部の引張場に形成される凹地には周辺から運搬された砂、泥などが堆積するが、その過程で樹木や植物片、腐植土などの有機物のほかテフラなどが取り込まれることがある。このような停滞水域で採取した年代既知のテフラの対比と層序関係に基づく編年などの方法を用いることによって、地すべりの発生時期や活動時期の推定が行われている（例えば、渡部・八木, 2003）。本研究では、カルデラ火山で発生する土砂災害の予測に関する基礎研究の一環として、第四紀の十和田カルデラおよび碓ヶ関カルデラに形成された大規模地すべり地形の形成年代を明らかにするため、地すべりの移動土塊を覆う堆積物について、テフロクロノロジーと¹⁴C年代測定に基づく編年を行なった。

2. カルデラ火山の地すべり地形

東北北部の八甲田・十和田火山地域（梅田ほか, 1999）には、湯ノ沢、碓ヶ関、沖浦、八甲田、十和田の5つのカルデラが認められている（村岡・長谷, 1990）。このうち、碓ヶ関カルデラは2.6～2.3Maに形成されたクレーターレーク型カルデラで、4.2～3.6Maに形成された湯ノ沢カルデラとともに二重カルデラをなす（長森ほか, 2013）。大規模地すべり地形は碓ヶ関カルデラのカルデラ縁の内側に分布し、幅ないし奥行が1km以上の地すべり地形が8ヶ所認められる。このうち、長峰地すべりは最大で60mの滑落崖を有し、移動体の大きさも幅2km、奥行1.6kmに及ぶ（図-1）。また、中央部にはより新しい移動体が存在する。長峰地すべりはカルデラ内部の湖成堆積物の碓ヶ関層であり、シルト岩、砂岩、礫岩からなる。これは大八木（2003）のカルデラ火山解体期の湖成堆積物削剥ステージに相当する。

一方、十和田カルデラは、奥瀬、大不動、雲井、八戸火砕流堆積物の噴出に伴い61～15.5ka（工藤ほか, 2019）に形成された比較的新しい陥没カルデラである。カルデラ内部にはカルデラ縁の後退によって形成された幅約500m、奥行約1km程度の円弧状の地すべり地形が多数存在する。このうち、カルデラの南西縁には最大で80mの滑落崖を有し、幅3.5km、奥行6kmに及ぶ地すべり地形が認められる。今回、大川岱地すべりと命名する（図-1）。この地すべりは大八木（2003）のカルデラ火山解体期の後カルデラ火山体削剥ステージに相当する。

*Large scale landslides on the rim of the volcanic caldera by Reina Yoshida, Ryosuke Syukuda, Kodai Igarasi, Koji Umeda

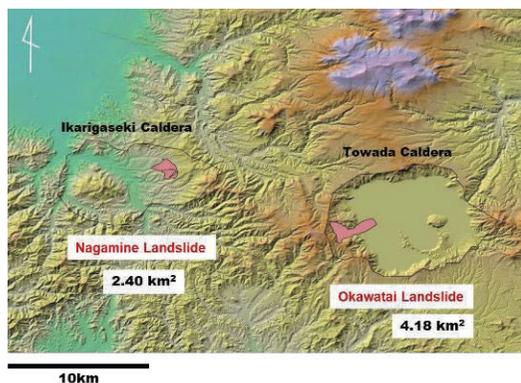


図-1 長峰地すべりと大川岱地すべり



図-2 八甲田・十和田火山地域の地すべり地形の分布

3. GISによる地すべり地形解析

八甲田・十和田火山地域の地すべりについては、地理情報システム（GIS）を用いてカルデラ内とそれ以外の地すべり地形の特徴について検討を行なった。解析にあたっては ESRI 社の ArcGIS10.6 を用いて、国土地理院の 10m メッシュ数値標高モデル（DEM）をラスタデータに変換し、標高データとして使用した。また、地すべり地形分布は、防災科学技術研究所が判読した地すべり地形のベクターデータを使用した。図-2 は今回の解析の対象とした地すべりを示したものである。図-3 はカルデラ内地すべりにおける移動体の面積と火山地域の地すべり全体における移動体の面積を比較したものである。移動体の面積は、カルデラ内は平均で 0.149km^2 、地すべり全体では 0.064km^2 であり、カルデラ内で発生する地すべりの方が、約 2 倍規模が大きい。図-4 は地すべり移動体の傾斜の特徴を示した相対度数のヒストグラムである。八甲田・十和田火山地域の地すべり地形の傾斜は $10\sim 20^\circ$ にピークが認められるが、カルデラ内については $5\sim 10^\circ$ の傾斜にピークを有する。以上のことから、カルデラ内に認められる地すべり地形はそれ以外の地域に比べて規模が大きく、傾斜が緩いことを特徴とする。

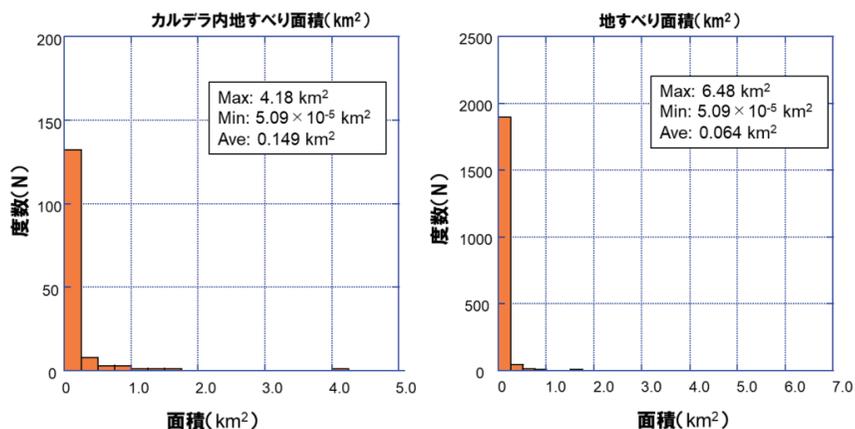


図-3 地すべり移動体の面積ヒストグラム

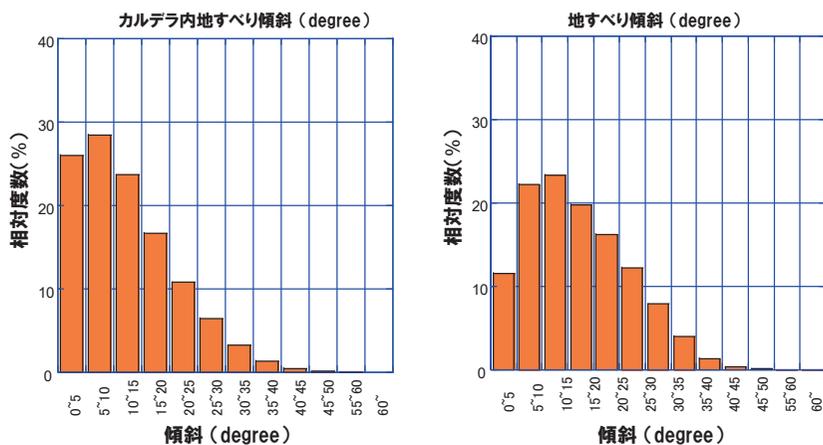


図-4 地すべり移動体の傾斜ヒストグラム

4. 調査地域・方法

今回、十和田カルデラの大川岱地すべり、碓ヶ関カルデラの長峰地すべりを事例に、これらの地すべり地形の形成年代の推定を試みた。現地において地すべり移動体を覆う堆積物からハンドオーガーを用いてコア試料を採取し、肉眼によって層相観察・記載を行なった上で、テフラ層と考えられる層準については、顕微鏡観察および火山ガラスの EPMA 分析を行った。さらに、EPMA 分析による主成分化学組成に基づき年代既知のテフラとの対比を行なうとともに、コアに含まれる植物片については Beta Analytic 社において放射性炭素年代測定を実施した。



図-5 大川岱地すべりの試料採取地点



図-6 長峰地すべりの試料採取地点

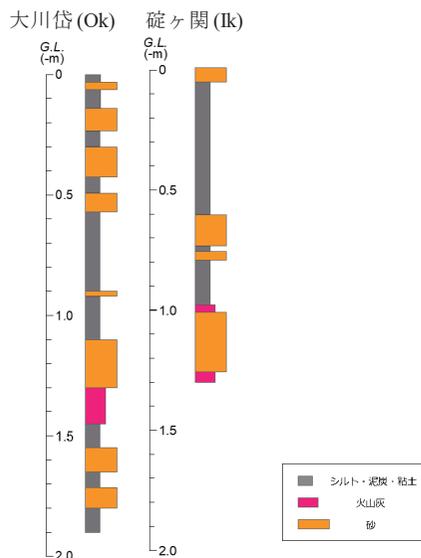


図-7 コア試料の柱状図

大川岱地すべりでは、地すべり移動体の内部に生じた二次滑落崖下の凹地の堆積物を採取し（図-5）、長峰地すべりでは、移動体内に生じた比較的新しい滑落崖と小さい尾根の間の凹地で採取した（図-6）。また、図-7にはそれぞれの地域で採取したコアの柱状図を示す。

5. 年代既知のテフラとの対比

図-7 に示したように、大川岱地すべりでは深度 136cm 付近に、長峰地すべりでは深度 99cm および 128cm 付近にテフラ含む層準を識別した。3 つの層準（Ok-136, Ik-99, Ik-128）に含まれる火山ガラスについては、電子プローブマイクロアナライザ（EPMA）を用いて火山ガラスの主成分 9 元素（Si, Ti, Al, Fe, Mn, Mg, Ca, Na 及び K, ただし Fe は 2 価とする）について定量を行った。EPMA は日本電子製の JXA-8800RL（波長分散型、4 チャンネル）を用い、測定条件は加速電圧 15 kV、照射電流 6.00×10^{-9} A、ビーム径 10 μ m とした。これによると Ik-99 と Ok-136 の火山ガラスは K_2O が 1.22~1.69 wt.%, TiO_2 が 0.23~0.41 wt.% の範囲であり、青木・町田（2006）による十和田火山を給源とし、西暦 915 に降灰した十和田 a テフラに対比される（図-8）。また、Ik-128 については K_2O が 1.20~1.39 wt.%, TiO_2 が 0.32~0.49 wt.% の範囲であり、十和田火山を給源とし、約 6200 年前に降灰した十和田中掬テフラ（井上、2011）に対比できる（図-9）。

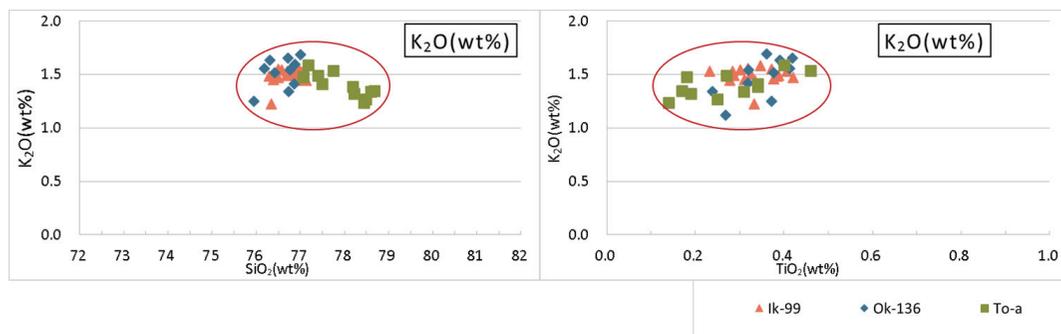


図-8 Ik-99, Ok-136 および十和田 a のハーカー図

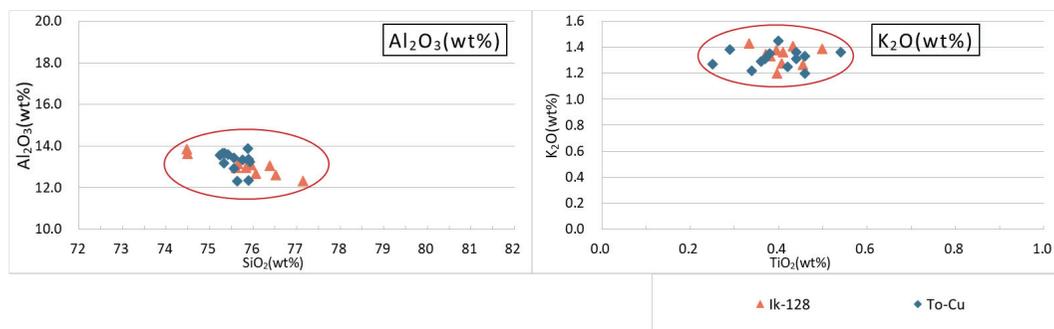


図-9 Ik-128 および十和田中掬のハーカー図

6. 放射性炭素年代測定

堆積物の年代を決定するために、大川岱 (Ok) コアの深度 82cm および碓ヶ関 (Ik) コアの深度 80cm に認められた植物片について ^{14}C 年代測定を行った。年代測定結果については、OxCal 4.2 を用いて暦年代較正を実施した。なお、較正のためのデータセットは IntCal 13 を使用した。その結果、大川岱のコアの深度 0.82m の植物片は 820 ± 30 yr. BP、長峰のコアの深度 0.80m の植物片は 520 ± 30 yr. BP であり、これを暦年代較正すると西暦 1165~1265 年 (2σ) および西暦 1324~1443 年 (2σ) となった (図-10, 11)。

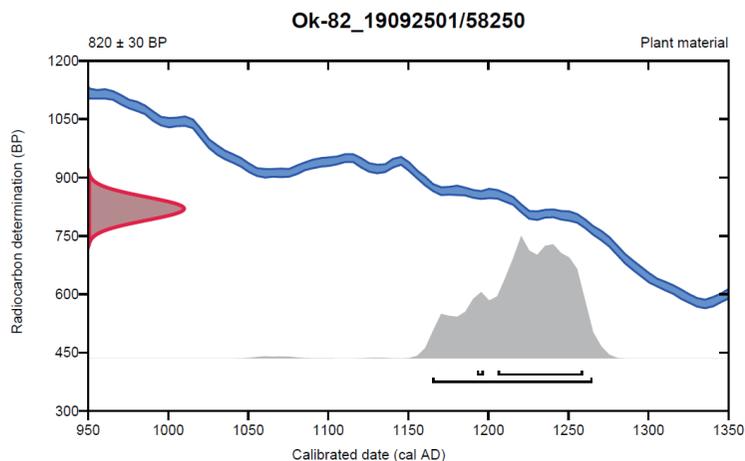


図-10 Ok-82 の植物片の ^{14}C 年代および暦年代較正結果

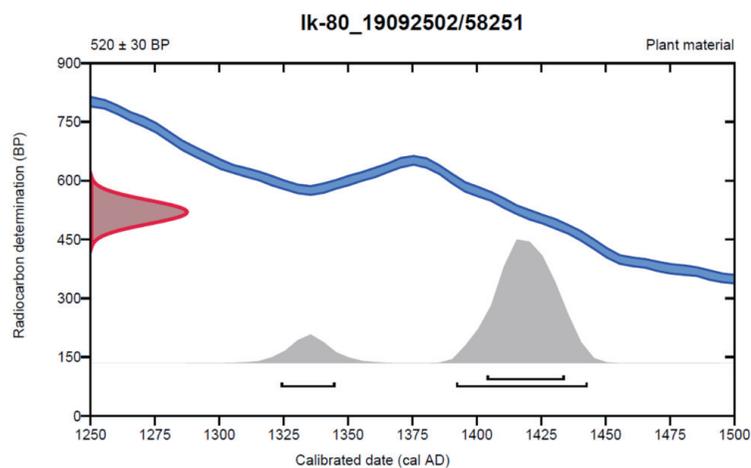


図-11 Ik-80 の植物片の ^{14}C 年代および暦年代較正結果

7. まとめ

大川岱地すべりを覆う堆積物の深度 136cm のコア試料(Ok-136)および長峰地すべりの深度 99cm のコア試料(Ik-99)に含まれる火山ガラスは、主成分化学組成の特徴から西暦 915 年に降灰した十和田 a テフラに対比できた。また、Ok-136 および Ik-99 の上位に含まれる植物片の ^{14}C 年代は、それぞれ西暦 1165 年, 1324 年以降の年代を示すことから、年代層序には矛盾がないと言える。一方、十和田中撤テフラに対比された Ik-128 テフラについては、コア深度から推定できる堆積速度からはテフラの降灰年代(約 6200 年前)を示すものとは考え難い。そのため、Ik-128 は十和田中撤テフラの純層ではなく、現時点では再堆積したものと考えられる。以上のことから、十和田カルデラ大川岱地すべり地形および碓ヶ関カルデラ長峰地すべり地形は、それぞれ現在より 1000 年前より古い時代に形成したものと推定できる。

謝辞

弘前大学大学院理工学研究科の近藤美左紀氏には EPMA 分析について協力いただいた。ここに記して関係各位に深く感謝の意を表します。

参考文献

- 1) 青木かおり・町田 洋：日本に分布する第四紀後期広域テフラの主元素組成— $\text{K}_2\text{O}-\text{TiO}_2$ 図によるテフラの識別, 地質調査研究報告, 57, pp.239-258, 2006.
- 2) 工藤 崇・内野隆之・濱崎聡志：十和田湖地域の地質. 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, 192p, 2019.
- 3) 村岡洋文・長谷紘和：黒石地域の地質. 地域地質研究報告 (5 万分の 1 地質図幅), 地質調査所, 124p, 1990
- 4) 長森英明・宝田晋治・吾妻 崇：青森西部地域の地質. 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, 67p, 2013.
- 5) 大八木規夫：カルデラ火山の解体過程における地すべりの発生—東北地方におけるその全体像—, 日本地すべり学会誌, 40, 10-21, 2003.
- 6) 梅田浩司・林信太郎・伴 雅雄・佐々木実・大場 司・赤石和幸：東北日本, 火山フロント付近の 2.0Ma 以降の火山活動とテクトニクスの推移, 火山, 44, 233-249, 1999.
- 7) 渡部寿郎・八木浩司：白神山地東部・湯ノ沢川上流域におけるテフロ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, 55, 122-131, 2003.