■東北地方における断層周辺の第三紀層地すべり

Tertiary landslides located around faults in Tohoku district, Japan

森屋 洋 Hiroshi MORIYA／奥山ボーリング株式会社 Okuyama Boring Co., Ltd.

荻田 茂 Shigeru OGITA／奥山ボーリング株式会社 Okuyama Boring Co., Ltd.

山田孝雄 Takao YAMADA／奥山ボーリング株式会社 Okuyama Boring Co., Ltd.

阿部真郎 Shinro ABE／奥山ボーリング株式会社 Okuyama Boring Co., Ltd.

キーワード：地すべり，断層，活断層，第三紀層，花崗岩，斜面災害

Key words：landslide, fault, active fault, tertiary bed, granite, slope disaster

1. はじめに

地すべりが断層に近接，もしくはその周辺に発生している事例を見る機会は少なくない。これまで我が国の断層と地すべりに関する研究はいわゆる破碎帯地すべりとして大規模な構造線との関連性で述べられてきているものが多い。たとえば，中央構造線に関するものとしては，中川（1969），北沢（1981），吉松ほか（1983），矢田部ほか（1989，1990，1997，2000），高木ほか（1989），上野（2000），夕部ほか（2000），宮原ほか（2004）などが，フォッサマグナに関するものとしては望月（1971^{a,b}，1977），福本ほか（1983），平林ほか（1985），佐々木ほか（2001）などがあげられる。地すべり地別の報告としては，玉城ほか（1966），友松ほか（1981）による亀の瀬地すべり，東京営林局（1987）による由比地すべりなどがある。これらは主に断層に近接する地すべりの分布や形状に関するもの，もしくは破碎や地質特性などに関するものが多く，地すべり発生機構との詳細な関連性に言及しているものは少ない。特に東北地方の場合，中央構造線やフォッサマグナに対比されるような大規模構造線が存在しないこともあってか断層と地すべりの関連性に言及した報告は山崎ほか（2003）による成沢地すべり，阿部ほか（2004）による鳥田目断層沿いの地すべり，岩淵（1999）による山形・宮城県の地すべり事例などわずかである。

本稿は，東北地方の第三紀層地すべりの中で断層に接するもの，断層に沿って配列しているなど地すべり発生に断層の影響が示唆される現場を筆者らの知り得た範囲で紹介し，今後の断層と地すべり発生機構に関する詳細な研究の基礎資料とすることを目的としたものである。

2. 断層周辺の地すべり事例

2.1 秋田県横手盆地東縁断層帯と地すべり

横手盆地東縁断層帯は1896年の陸羽地震時（ $M=7.2$ ，死者209名，宇佐美（1996））に奥羽山脈と横手盆地との境界に南北約35kmの長さで，最大3.5mの上下変位を伴って出現した低角度逆断層としての地震断層である

（図－1 a）。近年のトレンチ調査の結果では陸羽地震以前の活動は約3500年前とされる（池田ほか，2002）。

図－2の断層に近接する真木地すべりおよび大台地区はいずれも陸羽地震以前に発生した大規模な地すべりである。真木地すべりは幅600m，奥行き800m，滑落崖から移動塊末端までの比高400mの規模で，中新世前期～

図－1 東北地方の活断層と地すべり地形，および事例地点の位置案内図

中期における石英安山岩質岩類からなる丘陵を頭部より崩壊させて3～4段の段丘を埋没している。滑落崖下には池が形成されて現在に至っている(佐々木ほか, 1986)。埋没された段丘には低位段丘をも含み, 更新世後期～近年に大規模崩壊があったことを示している(図-3)。大台地区は真木地すべりの南方1.5kmに位置し, 長さ2.5km, 幅1.5kmに及ぶ明瞭な地すべり地形を見せ, 現在斜面全体がスキー場として利用されている。地質は中新世前期から中期の凝灰岩類からなり, 全体が崩土化していることが露頭で確認される。陸羽地震時には断層の東側奥羽山脈一帯に多数の崩壊が発生しているが, 真木地すべりや大台地区も含めてこれら断層沿いの古い地すべりに再活動があったことを示す資料はない(阿部・高橋, 1997)。一回の活動で数mの隆起を見せる地震断層にその末端部を近接させるこれらの古い地すべりの発生メカニズムはまだ明らかでない。

2.2 秋田県鳥田目断層沿いの地すべり

鳥田目断層は秋田県出羽丘陵の南部で, 延長25km以上で南北方向に確認される(図-1b, 写真-1)。幅約0.2km～0.5km, 最大落差800～1000m, 断層東側隆起の逆断層とされる(大沢ほか, 1977)。また, 活断層

研究会(1995)による活断層評価では, この断層は確実度Ⅱ～Ⅲに位置づけられている。

断層沿いには防止工が行われた地すべり地が6ヶ所配列する。いずれの地すべりも断層東側の凝灰岩と貫入岩との間の陥没地形上に位置し, 断層を側面, もしくは末端部として変動している(図-4)。阿部ほか(2004)の報告によると, いずれの地すべり地においても主断層面から多量の地下水が供給されている事例は認められず, むしろ, 火山岩と凝灰岩の接触部からの湧水が多い。また, 地すべり側面が鳥田目断層に接して平行に移動している場合は断層ガウジ帯(幅約10m)に接しているが, 押田地区や栗沢地区のように必ずしも平行に変動しているわけではないことより, すべての地すべりが断層ガウジに影響を受けて発生しているとはいえない。以上よりこれら一連の地すべりは, 鳥田目断層と断層に平行に貫入した火山岩による地質構造を背景に, 一部の熱水変質と火山岩縁辺部に流下する多量の地下水の影響下に発生しているものとされる。

2.3 秋田県成瀬川断層沿いの地すべり

秋田県成瀬川断層は成瀬川沿いに想定されている断層(秋田県, 1981)で, 活断層研究会(1995)による活断層評価では確実度Ⅲに位置づけられている。断層周辺には上流より, 逆川地すべり, 谷地地すべり, 五里台地すべり, 狼沢地すべりなどの地すべり防止区域のほか, 地すべり危険箇所が連続する(図-1c, 図-5)。これらの地すべりはいずれも中新世前期～中期の硬質泥岩層に発生した大規模なもので, 成瀬川もしくはその支流を末端部として現在も明瞭な変動を示すものが多い。地すべりは東へ約15°傾斜の同斜構造をなし, 層理の発達する泥岩層内で典型的な流れ盤の地すべりとして発生している(図-6)。すべり面下部の基盤泥岩は板状で緻密なものが多く, 破砕されたものは少ない(森屋ほか, 2005)。しかし, 地すべりの末端に位置する成瀬川沿いの地層は閉じた褶曲など過褶曲構造を見せている(写真-2)。この褶曲構造と, 断層構造もしくは旧期の地すべりや海

図-2 横手盆地東縁断層帯縁辺の地すべり事例
断層は池田ほか(2002)をもとに作成

図-3 真木地すべり模式断面図(図-2のM測線)
佐々木ほか(1986)より
段丘は33本の調査ボーリング結果より推定

写真-1 鳥田目断層と地すべり
—航空写真に加筆—

図-4 秋田県鳥田目断層と地すべり
阿部ほか(2004)を一部修正

底地すべりも含めた重力活動褶曲との関連性はまだ明らかになっていない。褶曲した地層が緻密で硬質なことなどから現在の地すべりとの関連性は少ないと考えられる。成瀬川断層とこの断層沿いに連続する地すべりとの直接の関連性を見いだすことはできないが、成瀬川断層に規制された成瀬川の洗掘が地すべりの発生要因になっている可能性はある。しかし、谷地地すべり頭部の大柳沼よりさらに斜面上部に成瀬川と関連のない地すべりが存在することや、狼沢や柳沢地区での地すべりに成瀬川が直接接していないことなどを考えると共通した要因とはいえない。1970年に県境付近を震央とした秋田県南東部地震(M=6.2)(宇佐美, 1996)が発生しており、更に古いこのような直下型地震がケスタ地形上で多くの泥岩地すべりを発生させたとも考えられる。

3. 花崗岩と断層で接する第三紀層地すべり

福島県会津地方, 阿賀川右岸の先第三系花崗岩帯の周

図-5 成瀬川断層と周辺の地すべり

図-6 谷地地すべり模式断面図(図-5のY測線)
森屋ほか(2005)に一部修正加筆

写真-2 成瀬川断層周辺に見られる泥岩の閉じた褶曲構造の一例
- 成瀬川右岸, 図-5 参照 -

辺には花崗岩の隆起に伴う第三系堆積岩の変形が発生要因と考えられる第三紀層地すべりがいくつか認められる(阿部, 1996; 図-1d, 図-7)。図-7中のA地区(写真-3)の場合, 中新世前期の泥岩・凝灰岩層が花崗岩と接する部分で走向傾斜を急変させ、過褶曲構造を示している。花崗岩帯である丘陵頭部やその直下の地すべり地内には不整合礫と考えられるチャートを含む礫岩が点在することなどから、この境界は断層と判断される。断層周辺のマサ土帯には花崗岩の丘陵地から供給される地下水が貯留され、泥岩や凝灰岩を主とする風化岩～岩盤地すべり発生の主要因になっている。

本地域から約10km西方にはすべり面深度が100m以上に達する滝坂地すべりが存在するが、前述した地すべり同様に移動層である泥岩・凝灰岩層が花崗岩に接していることが報告されている(渡邊ほか, 1995)。

福島県いわき地方には花崗岩やはんれい岩と断層で接する古第三紀層の地すべりがいくつか存在する。これらの地すべりは挟炭古第三紀層中の凝灰質シルト岩をすべり面とし(山崎ほか, 2003), 移動層上部にキャップロッ

図－7 花崗岩と断層で接する第三紀層地すべり
福島県阿賀川右岸の事例 阿部 (1996)

写真－3 花崗岩に接する第三紀層地すべりの事例
図－7 A地区の地すべり

ク状にはんれい岩の崖錐を載せて移動している共通点をもつ。

大利地すべりおよび隣接する成沢地すべりはいずれも大規模な変動で知られる地すべりであるが、頭部は花崗岩やはんれい岩と赤井断層で接している(図－1 e, 図－8, 写真－4)。赤井断層は炭鉱調査によって古くから知られている断層で、長さ約4 km、落差130～300mの正断層とされる(渡邊, 1930)。活断層研究会(1995)による活断層評価では確実度Ⅱに位置づけられている。山崎ほか(2003)の報告によると成沢地すべりでの排水トンネルがこの赤井断層を貫いた後に最大毎分600 lの湧水が認められ、断層でせき止められ貯留された地下水が地すべり地内へオーバーフローしたことが予測されている。

本地域から南東約5 kmの地点では、成沢地すべりや大利地すべりと同様の地質・地質構造を背景に、幅約50

図－8 大利地すべり・成沢地すべりと赤井断層
地すべりブロックおよび断層は山崎ほか(2003), 末武(1995), 渡邊(1930)と、筆者らの踏査結果をもとに作成

写真－4 成沢および大利地すべりと赤井断層
頭部の切土斜面には破碎されたはんれい岩が露出している

m、長さ約100mの規模の地すべりが発生している(図－1 f)。地すべりは花崗岩帯との境界でもある断層を側面として発生し、側面露頭には厚さ10cm程度の擦痕を伴う白色粘土が認められる(写真－5)。白色粘土のX線回折結果では、中～少量のカオリナイトと、少量のスメクタイトおよび石英が同定される。これらの粘土は、移動土塊中およびすべり面で確認されていないことより、地すべり側面の断層起源のものと判断される。

断層を貫いて施工した集水ボーリング工の結果をみても多量の地下水供給は認められない。地すべり発生に関するここでの断層の役割は地すべりの側面を規制しているだけと判断される。

4. 考察およびまとめ

東北地方の断層に近接する地すべり事例をいくつかとりあげた。

低角度逆断層としての地震断層である横手盆地東縁断層帯周辺の地すべりの場合、1896年の陸羽地震時での再

写真-5 福島県いわき地方に発生した花崗岩と断層で接する第三紀層地すべりの側面形状

活動がなかったこともあり、断層と地すべり発生機構の関連性は不明である。発生時期は真木地すべりが低位段丘を埋没していることなどより、横手盆地東縁断層のトレンチ調査で確認された3500年前の断層変位時の地震動によるものではないかと推察される。

鳥田目断層に沿って規則正しく配列する地すべりの場合、断層に沿って貫入した帯状の火山岩体による変質およびこれに沿う地下水供給が地すべり発生の主要因であり、主断層面は地すべりの範囲を規制していることが主な役割となっている。

成瀬川断層周辺の地すべりは、断層に沿う成瀬川の影響を受けて発生しているものもあるが、多くは断層との直接的な関連を見いだすことは困難であった。むしろ、ケスタ地形をなす層理の発達した硬質泥岩層が地震に伴って移動した可能性がある(阿部ほか, 2006)。

花崗岩と断層で接する地すべりの場合、会津地方では断層周辺の第三系泥岩・凝灰岩層の変形している部分に地すべりが多発し、いわき地方のいわゆる阿武隈花崗岩地帯では古第三系の挟炭泥岩・砂岩層をすべり面とする

移動土塊上に断層によって破碎されたはんれい岩の岩塊をキャップロック状に載過して変動している。また、いずれも地すべり移動範囲が断層によって規制されている。

以上の事例より、横手盆地東縁断層群や成瀬川断層周辺に配列する地すべりのように直接断層に接しない場合は地震動の影響が、一方、頭部か側面を断層に接して配列する地すべりが多い鳥田目断層や花崗岩と境界をなす断層の場合には断層構造に起因する地下水や変質、破碎などの影響が多いことが示唆される。しかし後者の場合、一般的な地すべりの素因・誘因の中で発生した地すべりが単に周辺の弱面(不連続面)としての断層によって規模や方向を規制されたと見ることもできる。また、当初最も影響が大きいと考えられた地下水に関しても、たとえば集水ボーリング工などで断層を貫いた時点で多量の湧水を見る場合があるが、これらの地下水が果たしてどの程度、どのような形で地すべりに関与しているかが良くわかっていない場合も多い。地すべりは非構造的な断層でもあるためにさまざまな点で構造的な断層の性状と類似していること、さらに断層の性状が規模や形状によっても大きく異なることなどが、これら地すべりの発生機構解明を困難なものにしていると考えられる。

参考文献

- 阿部真郎 (1996): 東北地方の新第三紀・泥岩層における褶曲及び断層構造の成因と地すべりとの関連性, 地すべり, Vol. 33, No. 1, pp. 20-28.
- 阿部真郎・小松順一・森屋洋 (2004): 秋田県・鳥田目断層と地すべり, 日本地すべり学会誌, Vol. 41, No. 4, pp. 77-84.
- 阿部真郎・高橋明久 (1997): 東北地方・グリーンタフ地域における地震発生時の地すべり挙動—主として秋田県, 陸羽地震・仙北地震での検証—, 応用地質, Vol. 38, No. 5, pp. 265-279.
- 阿部真郎・高橋明久・荻田茂・小松順一・森屋洋・吉松弘行 (2006): 新第三紀層分布域における地震の震度と地すべりの地形・地質的特徴, 日本地すべり学会誌, Vol. 43, No. 3, pp. 27-34.
- 秋田県 (1981): 秋田県総合地質図幅「稲庭」, 110p. 防災科学技術研究所ホームページ; http://lsweb1.ess.bosai.go.jp/jisuberi/jisuberi_mini/index.asp, 2007. 3月.
- 福本安正・富永巧一・佐藤哲・古川昭夫 (1983): 破碎帯地すべり地における移動土塊と杭の挙動および杭打効果について, 地すべり, Vol. 19, No. 3, pp. 1-9.
- 平林照雄・宮沢洋介・太田勝一・吉原恒夫・肥田博行 (1985): 長野県姫川中流域の地すべり地形について, 地すべり, Vol. 22, No. 3, pp. 1-10.
- 池田安隆・今泉俊文・東郷正英・平川一臣・宮内崇裕・佐藤比呂志(編) (2002): 第四紀逆断層アトラス, 東京大学出版会, 254 p.
- 岩淵恒紀 (1999): グリーンタフ地域の地すべり, 斜面地質学, —その研究動向と今後の展望—日本応用地質学会, pp. 251-254.
- 活断層研究会編 (1995): 新編・日本の活断層, 東京大学出版会, 437p.
- 北沢秋司 (1981): 長野県下伊那郡大鹿村小塩沢地すべりについて, 地すべり, Vol. 17, No. 4, pp. 1-9.
- 宮原正明・北川隆司・矢田部龍一・横田公忠 (2004): 四国, 中央構造線沿いの熱水変質帯における地すべりの初期発生機構—ミクロの見地から—, 地すべり, Vol. 41, No. 2, pp. 33-42.
- 望月巧一 (1971)^a: 長野県北部, 犀川, 姫川沿川山地の地すべり (1)—犀川沿川山地の地すべりの一般性—, 地すべり, Vol. 7, No. 3, pp. 7-14.

- 望月巧一 (1971)^b: 長野県北部, 犀川, 姫川沿川山地の地すべり (3) - 姫川沿川山地の地すべり一, 地すべり, Vol. 8, No. 2, pp. 29-38.
- 望月巧一 (1977): 断層沿いの地すべり - 長野県北部, 中山, 小谷, 持京断層上の例一, 地すべり, Vol. 13, No. 4, pp. 11-18.
- 森屋洋・羽沢大樹・阿部真郎・佐藤康彦 (2005): 秋田県東成瀬地域における大規模地すべり地形形成の地質的素因, 地すべり学会誌, Vol. 42, No. 1, pp. 40-50.
- 中川衷三 (1969): 四国における地すべりの素因 - その 1 (森遠地区地すべり), 地すべり, Vol. 5, No. 3, pp. 13-19.
- 大沢穠・高安泰助・渡辺穠・藤岡一男 (1977): 本荘地域の地質, 5 万分の 1 図幅, 地質調査所, 54p.
- 佐々木慶三・中村真也・周亜明・宜保清一 (2001): 姫川メランジェの大規模地すべりの発生機構についての研究, 地すべり, Vol. 37, No. 4, pp. 24-32.
- 佐々木公典・高橋明久・阿部真郎・盛合禧夫 (1986): 秋田県真木地すべりと埋没段丘について, 第25回地すべり学会研究発表講演集, pp. 34-35.
- 末武晋一 (1995): 大谷地すべりの機構と防止工, 第34回地すべり学会研究発表会講演集, pp. 165-166.
- 高木方隆・中村忠春・宮内定基 (1989): 四国における地すべりの分布, 地すべり, Vol. 26, No. 3, pp. 47-52.
- 玉城逸夫・川本整・藤田崇・大場康行 (1966): 亀の瀬地すべりの研究 (2) - 清水谷地区の破碎帯について -, 地すべり, Vol. 2, No. 3, pp. 5-11.
- 東京営林局由比治山事務所 (1987): 由比地区直轄地すべり防止事業, 地すべり, Vol. 24, No. 1, pp. 39-45.
- 友松靖夫・門脇淳・南澤正幸・真砂祥之助 (1981): 亀の瀬地すべり (その 1) - 亀の瀬地すべりの地質学的背景 -, 地すべり, Vol. 18, No. 2, pp. 1-10.
- 上野将司 (2000): 四国における和泉層群の地すべりの特徴, 応用地質, Vol. 41, No. 5, pp. 267-278.
- 宇佐美龍夫 (1996): 新編日本被害地震総覧, 東京大学出版会, pp. 283-286.
- 渡邊久吉 (1930): 常磐炭田第二区磐城国石城郡赤井村付近地質説明書, 地質調査所, 104p.
- 渡邊一也・坪井正由・根本正一 (1995): 東北の巨大地すべり - 滝坂地すべり -, 地すべり, Vol. 32, No. 3, pp. 55-70.
- 山崎孝成・山田春男・大石武彦・金沢雄一 (2003): 大規模地すべりの水文地質構造を考慮した立体排水工, 地すべり学会誌, Vol. 40, No. 3, pp. 29-36.
- 矢田部龍一・八木則男・榎明潔 (1989): 破碎帯地すべりの移動特性に及ぼす降雨の影響, 地すべり, Vol. 26, No. 3, pp. 40-46.
- 矢田部龍一・八木則男・榎明潔・森直樹 (1990): 破碎帯地すべり地の安定解析, 地すべり, Vol. 27, No. 3, pp. 11-18.
- 矢田部龍一・八木則男・佐藤修治・長谷川修一 (1997): 道路建設に伴う四国の中央構造線沿いの地すべりの特性, 地すべり, Vol. 34, No. 2, pp. 42-49.
- 矢田部龍一・横田公忠・石井明紀・夕部雅丈 (2000): 四国の地すべりの一般的特性, 地すべり, Vol. 37, No. 3, pp. 50-56.
- 吉松弘行・福井義隆・白石吉信 (1983): 下地蔵寺, 怒田地すべりから見た御荷鉾緑色岩地帯の地すべり特性について, 地すべり, Vol. 19, NO. 3, pp. 19-26.
- 夕部雅丈・岡村真・矢田部龍一・八木則男・横田公忠・佐藤修 (2000): 四国中央部御荷鉾帯の緑色岩の風化と地すべり (1); 地すべり, Vol. 37, No. 3, pp. 42-49.
- (原稿受付2007年3月31日, 原稿受理2007年7月17日)