東野名地すべり*

—その1, 地すべり地の生いたちと地下水—

Higashi-nomyo Landslide

—Part 1, Landslide Histoty and Ground Water—

高 浜 信 行¹⁾ 早 川 嘉 一²⁾
Nobuyuki TAKAHAMA Kaichi HAYAKAWA
片 桐 信 二³⁾ 福 本 安 正⁴⁾
Shinji KATAGIRI Yasumasa FUKUMOTO

Abstract

The Higashi-nomyo landslide, located in the Niigata prefecture, has occurred repeatedly and caused many severe disasters since the 18 century. The basement rocks of this slide are mainly composed of Tertiary mudstone covered by Quaternary pyroclastics. The surface topography of the area of about 2km², is divided into the upper part of large blocks configration disturbed by primary landslide and the lower part of gentle slope due to many secondary landslides. A greater amount of ground water in the pyroclastic masses of the primary landslide has been the source of water supply for the secondary landslides in the lower part.

The historical and present slides have been the secondary landslides from the large-scale ancient primary landslide mass. The primary landslide occurred before 50ka in the Late Pleistocene and the modern type secondary landslides continued to the present have begun from 6~3ka. A present activity is extending to a part of the of the ancient primary landslide mass.

1. はじめに

新潟県の地すべりは、指定地936カ所、面積69,044ha (1991年3月末現在)で、面積比は全国の約1/5を占め、古くから多数の地すべり災害が発生してきた。

しかし、近年の地すべり調査と防止工事技術の発展にともなうて、災害の頻度・規模が小さくなる傾向にある。

^{ひがしのみょう}東野名地すべり地は、江戸時代から明治、大正、昭和にかけ何回もの地すべり災害をくりかえし、災害面積が大きいこと、移動が激しいことなど新潟県における有数の大規模地すべり地の一つである。その対策として昭和初頭より県営工事が開始され、堰堤工、谷止工、集水井工、排水隧道工、杭打工などの多くの防止対策を半世紀以上にわたって続けてきた。これは一般の地すべり地の対策工が戦後とくに地すべり防止法が成立した1958年(昭和33年)以後に行なわれていることと比べ、その歴史ははるかに長いものである。それにもかかわらず、現在も徐々に亀裂と滑落崖の拡大が続いている。このよう

図-1 東野名地すべり地位図

*平成3年度地すべり学会シンポジウム現地討論会資料

1) 新潟大学積雪地域災害センター

2) 新潟大学農学部

3) 新潟県農林水産部治山課

4) ㈱新協地質

図-2 東野名地すべり地の主要な災害発生地点

な地すべり地は新潟県内でも稀なもので、今後解決すべき多くの課題がある。とくに地すべり活動の反復性の問題は大きな課題で、これは少なからず他の地すべり地とも共通したものである。

この度、地すべり学会第13回シンポジウム現地検討会を東野名地すべり地で行なうにあたり、本報では旧期東野名初生の地すべりの発生から現在までの活動の歴史と地すべり活動に大きく関わっている地下水の概要について報告する。

なお、誌面に制約があり、これまでの諸調査、観測および防止工事等の総合的解析の詳細についてはシンポジウムにあわせて新潟県治山課発行予定の「東野名地すべり」を参照されたい。

2. 東野名地すべり地の概要

東野名地すべり地は図-1に示すように、新潟県北魚沼郡守門村の破間川右岸に位置する指定面積203haの林野庁所管の地すべり地である。本地すべり地では表-1、図-2に示すように江戸時代以後くりかえし規模の大きな地すべり災害が発生してきた。地すべり斜面は平均勾配約12°で、崩積土に厚く被われている。

本地すべり地は、新潟堆積盆地の東縁を画する北北東-南南西方向の新発田-小出構造線に近接しているが、

表-1 主要な地すべり災害一覧表

1783年(Te3年)	白野斜面上部より移動 破間川を堰止める
1910年(M43年)	大沢～白野～明後沢斜面が移動 破間川を堰止める
1913年(T 2年)	白野斜面移動、破間川へ流出
1915年(T 4年)	尻高沢中腹斜面移動、破間川へ流出
1919年(T 8年)	滝沢上流斜面に延長700mの亀裂発生
1924年(T13年)	滝沢上流斜面移動
1925年(T14年)	滝沢上流斜面再移動
1926年(T15年)	白野斜面上部移動、破間川を埋める
1958年(S33年)	尻高沢下流斜面移動、堰堤2基流出
1972年(S47年)	尻高沢斜面から滝沢上部にかけ延長 4月 300mの亀裂発生
1975年(S50年)	N01排水隧道坑口破壊、西方へ延長 5月 300mの亀裂発生
1976年(S51年)	1972年の亀裂が再度活動 延長400m、落差2-6m、裂隙1m

Te; 天明 M; 明治 T; 大正 S; 昭和

本構造線は東野名付近から北方約30kmの村松付近までは地表での追跡は難しい。東野名から南方の新発田-小出線の西側では新第三系、第四系が、東側では中・古生層が広く分布し、地すべり指定地は西側に集中している。地すべり地の基盤地質は新第三系の泥岩が主体を占め、その上位を第四紀守門火山噴出物が不整合に被っている。

図-3 東野名地すべり地周辺の地質図
凡例は表-2 参照，太破線内は地すべり地塊

表-2 地質層序
右欄の数字は図-3 と対応

層 序	主要な岩相	
第四系	地すべり崩積土 段丘堆積物	崩積土 礫・砂
	守門火山噴出物	安山岩質火砕岩
	魚沼層群	砂・礫
新第三系	灰爪層 西山層	砂質シルト岩 シルト岩
	貫木層 西名層 穴沢層	泥岩 酸性凝灰岩，泥岩 凝灰岩・泥岩互層 酸性凝灰岩
	中・古生層	粘板岩・チャート

3. 東野名地すべり地の基盤地質と 初生的地すべり地形

3.1 基盤地質

東野名地すべり地周辺の地質図を図-3に，その層序と主要な岩相を表-2に示した。このうち，地すべり地の基盤地質は，新第三系中新統の西名層，貫木層と西名層を貫く流紋岩脈，および，これらを不整合に被う第四系守門火山噴出物から構成される。

西名層は，白色～淡緑灰色の酸性真珠岩質凝灰岩層と暗灰色泥岩層，およびこれらの互層からなり，凝灰岩層の一部で粘土化が著しい。本層は新潟油田標準層序の七谷層に対比される¹⁾。

貫木層は，主として塊状の黒色泥岩層からなり，一部凝灰岩層を挟在する。この泥岩は破碎，風化すると著しく脆弱となる。本層は寺泊層に対比される¹⁾。

西名層を貫く流紋岩脈は，塊状・ガラス質で斜長石斑晶を有する。東野名と東に隣接する横根地すべり地斜面の下部に分布する本岩脈は，天然の杭の役割をはたしているものと推測される。

守門火山噴出物は，主に赤紫色の安山岩質火山角礫岩，凝灰岩角礫岩からなり，東野名地すべり地の上方の斜面と地すべり地内の斜面上部に移動地塊として分布している。本層は，全体に空隙に富み，多量の地下水を貯留し，いわゆる「地すべり地のキャップブロック層」の役割をはたしている。

東野名地すべり地は，後述するように初生的地すべり

の発生以来，多数の地すべり活動によって広く崩積土に被われている。また，守門火山噴出物が第三系を不整合に被って広く分布している。このため基盤第三系の地質構造については不明な点が多いが，地すべり地周辺の新第三系の分布から，ゆるく西北西に傾斜していると推測できる。新発田一小出構造線と本地すべり地の関連についても，今後の課題として残されている。

3.2 東野名初生的地すべりブロックの地形的特徴

図-4に初生的地すべりブロックの地形区分図を示した。この図は，地すべり地形，とくに地すべりによるとみられる亀裂地形(Cr~Civ)を重視して作成したものである。なお，本報では地すべり地の滑落崖や線状凹地・陥没地などを亀裂地形と総称する。

亀裂地形C_Iは、中央部で標高400m付近に連続する遷緩線として認められるリニアメントで、東西両端で南方に曲がっている。これに沿って滑落崖、凹地、池などが認められる。C_Iを境とした上方の規則的でやや急な斜面地形と、下方の不規則な緩斜面地形との対比が明瞭である。亀裂地形C_{II}は、幅50～100mの地溝状の凹地地形である。亀裂地形C_{III}は現在拡大中であり(4.3で後述する)、亀裂地形C_{IV}は明治、大正、昭和時代の滑落崖で、これらは地すべりに起因する地形であることが明確である。なお、亀裂地形C_{IV}はこれまで古い東野名1次地すべりの滑落崖とみなされてきた²⁾。これに対し、亀裂地形C_I、C_{II}はこれまで漠然と新期の断層活動による地形とみなされてきた³⁾ものであるが、筆者らは次の理由から初生的地すべ

り発生時の亀裂地形と推測している。

すなわち、第1に、これらの亀裂地形はいずれも斜面上方に張り出した弧状を呈すること、第2に、亀裂地形の延長方向が斜面の傾斜方向と直行していること、第3に、図-5に模式的に示すように、亀裂地形C_{II}を境として、守門火山噴出物が斜面下方(南)側に落ちこむ形態をしめすこと、などである。これらの特徴とすでに述べた亀裂地形C_I上下での地形の差もあわせて、総合的に検討すると、亀裂地形C_I、C_{II}の成因が地殻変動によるものでなく、重力活動・地すべりによるものとみることが自然な解釈と考える。したがって遷緩線でもある亀裂地形C_Iは、古い大規模な初生的地すべりブロックの外周を画するものとみなして記述をすすめる。

図-4 東野名地すべり地形図
点線は初生的地すべり地の上・下ブロックの境界
国土地理院発行2.5万分の1地形図「穴沢」を使用

図-5 東野名地すべり地模式推定断面図 断面の位置は図-4 参照

本地すべり地内では、図-4で点線に示すように、標高350m~400m付近を境として、その上位の比較的凹凸に富むブロック地形と、下位のより緩やかな、中・小規模の地すべり地形からなる斜面とに分けることができ、本論ではこれらを初生的地すべり上部ブロック、下部ブロック（図-5参照）とよぶことにする。

すでに述べた、江戸時代から現在までの地すべり活動は、ほとんど下部ブロックで発生しており、初生的地すべりブロックのほぼ中央部分に集中する傾向がみられることが大きな特徴である。これまで、上部ブロックは下部ブロックの地下水の供給域として注意をもたれてきた²⁾が、初生的地すべりブロックの上半部を構成するという認識は示されなかった。

4. 東野名地すべり地の歴史

日本列島では、現在発生する地すべりのほとんどが、古い、より大規模な初生的地すべりブロックの一部からの再移動であることが広く認められている。

東野名地すべりもその一例で、この初生的地すべりブロックは、次に述べるように地質時代に発生したもので、それ自身は現在活動を休止あるいは停止しているものとみられる。しかし、内部で中・小規模の地すべりが頻発することは、いわば「親地すべり」がやすんだり、死んだりしても、その内部で「子供・孫地すべり」が生きつづけている」とみることができる。したがって、子供・孫地すべりの活動の原因を明らかにし、有効な防止対策をたてるためには、親地すべりの実態を把握することと、親地すべりの発生から現在までの歴史を明らかにすることが重要な課題と考える。

4.1 東野名地すべりの発生

本地すべり地の歴史を検討する上で、まず初生的地すべりの発生期を明らかにする必要がある。詳細は別稿にゆずるが、次の点からその時代は後期更新世の約5万年前以前にさかのぼると判断している。

すなわち、第1に、筆者らは亀裂地形CIIの凹地埋積物を調査し、その中に後期更新世の広域テフラATとDKPに対比される火山灰層を確認した⁴⁾。ATは九州鹿児島湾の始良カルデラ起源、DKPは山陰の大山起源の広域テフラで、前者が2.1~2.2万年前、後者は4.5~4.7万年前に噴出したものである⁵⁾⁶⁾。これらから約5万年前には、すでに亀裂地形CIIは存在したことがわかる。第2に、破間川の東野名地すべり地の上流入広瀬で破間川が堰止められたことを示す段丘堆積物を確認した（図-3の黒星印T地点）。堆積物は下位から層厚約8mの巨礫を多量に含む旧河床礫と砂層、その上に層厚約3m粘土層、最上部に層厚約50cmローム層が重なっている。下部の礫層の特徴は現在の破間川河床礫と共通したものであるが、その上

の厚さ3mの粘土層は停滞水域に堆積したもので、これは破間川が何らかの原因で堰止められ、入広瀬一帯に一時期広大な湖が存在したことを意味する。この段丘は標高230mに面をもち、破間川河床からの比高が約20mで、破間川流域で後期更新世に対比される段丘III群⁷⁾に属する。東野名地すべり地の下流部の破間川沿いでは、これまで段丘III群の堆積物にこのような厚い粘土層は確認してないので、この湖の形成は東野名地すべりの初期の活動と関連した可能性が非常に高い。

なお、山野井は亀裂地形CIIを埋める堆積物の¹⁴C年代(35,000 y. B. P)と花粉分析にもとづいて、この凹地の形成期を最終間氷期と推定している⁸⁾。ただし、山野井はCIIの成因については触れていない。

ところで、現在この初生的地すべりの深度は確認できていない。ただし、上述した入広瀬の段丘の粘土層が河床から比高約20mの高度に分布すること、また、約5万年前の破間川の河床高度は現在より高かったとみえることはごく自然である。したがって、初生的地すべり移動体の下限高度を旧浸食基準面付近と考えると、本地すべり地脚部での現河床高度海拔200mより20m高い220mと推定した（図-5）。今後ボーリング調査でこれを検証する必要がある。

4.2 東野名2次地すべり活動

東野名初生的地すべり地の下部ブロックは、地すべり崩積土からなる緩傾斜面が主体を占め、古くから中、小規模の地すべりをくりかえしてきた。これは、初生的地すべり移動体の一部からの再移動・2次地すべりで、新潟県⁹⁾¹⁰⁾は、そのくりかえしに注目して、「地すべりの反復性」に関する詳細な調査をおこなっている。これによれば、表層20~30mの地すべり崩積土中に複数の地すべり面の存在と、埋没した有機物による¹⁴C年代測定結果が示されている。測定値は若い方から250±100, 290±80, 3270±100, 3340±210, 3470±95, 3970±280, 4270±110, 5160±160, 5850±110 y. B. Pなどの値が報告されている。この値からみる限り下部ブロックでは約3,000~6,000年前に2次地すべり活動の活発な時期を認めることができる。3.1で述べたように初生的地すべり移動体の下限高度を現河床より約20m高い位置と推定したが、2次地すべり活動の下限は破間川の現河床高度200mに達している。この下方への拡大も2次地すべりの活発な時期に起こったとみえることができる。なお、黒木²⁾は、本報の下部ブロックにおける地すべりの活動形態を、標高280m付近を境界として、さらに、上・下斜面に2分できることを指摘している。

4.3 東野名地すべりの現在の活動

すでに述べたように江戸時代から現在までの地すべり災害（表-1）の発生地点は、図-2, 4にみられるよ

うに、初生的地すべり地のほぼ中央部に集中する傾向が認められる。また、以下に述べるように、この部分は今後もひきつづき活動的な部分と予測される。

亀裂地形CⅢは、第2次大戦前後から落差が明らかになりはじめた（東野名：穴沢克己氏談）もので、現在東側では約10mの落差をもち、さらに西側へ亀裂地形の拡大が進行中である。図-6、7に、西側の亀裂地形の詳細を示した。これは、典型的な地溝形態を示し、斜面下方（南）側に引っ張りが働いて形成されたものと判断できる。この部分では約20年生の杉が植林されているが、植林当時このように明瞭な地溝状亀裂地形はみられなかった（穴沢氏談）とのことである。現在、図-7に模式的に示すように亀裂崖から杉が成長していることは、この話を裏づけるものである。

また、大正時代から下部斜面の地すべりの滑落崖として拡大を続けてきたCⅣは、東側でCⅢと交わり、一条の亀裂地形として識別できる。これは、CⅢ、CⅣが東側ですべり面が連続していることを意味する。

以上の現象は、江戸時代以後、初生的地すべりの下部ブロックに集中をしてきた地すべり活動が、現在上部ブロックの一部、亀裂地形CⅢまで拡大しつつあることを示唆する。また、下部ブロックでは現在亀裂地形CⅣの東側下方部で慢性的な地すべり活動がつづいており（図-4の打点部）、これと亀裂地形CⅢの拡大が連動したものである可能性もある。

図-6 亀裂地形CⅢ西側の地溝部実測平面図

図-7 亀裂地形CⅢ地溝のブロックダイアグラム
手前の実測断面位置は図-7 (A-A') 参照

このため、筆者らは1990年から、CⅢの拡大と下部ブロック活動域の地表移動観測をはじめた¹¹⁾。

このように、現在得られている資料から判断する限り、東野名地すべり地は初生的地すべりの発生から断続的な活動をくりかえし、現在（江戸時代以後）は活動期にあると考えられる。

5. 東野名地すべり地の地下水

5.1 地下水の貯留構造

東野名地すべり地の地下水貯留量と供給量は、新潟県内の地すべり地においても稀なほど多く、これがこれまでの災害発生の原因の一つであった。

図-5および図-8、9に示すように、標高約350mの地すべり地の中部から上部では基岩が新第三系泥岩で、その上を守門火山噴出物が不整合に広く被っている。前述した亀裂地形CⅣ（図-4）の付近では泥岩と火山噴出物の境界面が急角度に北側に落ち込み、難透水性の泥岩が広大な地下水盆を形成している。火山噴出物は多孔質で透水性（透水係数 10^{-2} ～ 10^{-4} cm/sec）が大きく、頂部斜面から供給される地下水がここに大量に貯留される。その量は約48万 mm^3 と推定されている¹²⁾。

火山噴出物に貯留される地下水は、融雪期の4月～5月が最も多く、水位の上昇は約10mにも達する。その地下水は、泥岩と火山噴出物の境界面や火山噴出物内を移動し泥岩の上面をオーバーフローし下部ブロックへの地下水供給源となっている。また、ボーリング調査および地下水検層などから泥岩内部に被圧地下水と地下水の流動の存在が確認されている¹³⁾。このことから下部ブロックへの地下水流動は風化泥岩および泥岩の亀裂を介しても行なわれていることが推定される。このような現象は初生的地すべり上部ブロックの構造に支配されたものと推定され、地すべりの対策もこれに対応した検討が必要となる。

5.2 地下水排除対策工の経過

前述の地下水貯留構造は、1961年に火山噴出物と泥岩層の境界（現在の地すべり滑落崖CⅣ）における横孔ボーリング孔と調査ボーリングによって発見された。泥岩層をつき破って火山噴出物へ掘進すると200～300 mm^3 /日の地下水が噴出した。1964年以降、横孔ボーリング工と集水井工を施工し、これまでに集水井14基を施工した。その集水量は1964年400～600 mm^3 /日、1968年3,000 mm^3 /日など大量な集水がなされた。1972年から図-8、9に示す排水隧道工の施工を開始し、1979年までに2孔、総延長521mを貫工した。なお、No.1排水隧道は1972～1974年、No.2排水隧道は1976～1979年に施工された。

これらの排水対策工により大沢～明後沢斜面の長年継続してきた活発な移動および災害は防止されるに至った。

図-8 排水隧道平面図

No.1 排水隧道

No.2 排水隧道

No.2 排水隧道支線

図-9 排水隧道断面図

図-10 隧道排水量

5.3 排水隧道の排水量

排水量の年間変化状況を図-10に示す。No.1 排水隧道の流出量は掘削完了時には3,900mm³/日の大量の流出があった, その後は約43%に減少している。No.2 排水隧道は掘削完了時には4,400mm³/日あり, その後は約37%に減少している。また, 両隧道の合計排水量は, 1984年の融雪期(5月)5,000mm³/日, 渇水期(9月)1,800mm³/日であったものが, 現在では融雪期2,400mm³/日, 渇水期800mm³/日の50%以下に減少している。また, 地下水位の低下にも認められるように火山噴出物に賦存している地下水量は大きく減少しているものと考えられる。現在はこのため泥岩の上面からの湧水は認められなくなったが融雪期にはまだ観測される。前述したように現在も地すべり活動が継続していることなどから, さらにこれからの対策を進めていく上には火山噴出物内部の地下水の挙動の解明が重要な課題となる。このため, 筆者らは, 1990年から特に融雪期の地下水状況を詳細に把握する目的で長期的な排水量の自動観測をはじめた。

6. おわりに

以上, 東野名地すべり地について, 初生的地すべりの発生から現在までの経過と地下水について概観した。現在調査中のため, 未解決の部分も多いが, 東野名地すべり地の全体像, これと現在の地すべりの関連, また, 今後の活動の予測などについて, いくつかの新しい見方とともに今後の課題が明らかになった。

とくに, 今後初生的地すべりブロックを一つの単位として, その形態, 構造の解明をすすめることが, ブロック内部で発生する中・小規模の2次地すべり(“子供, 孫地すべり”)に対する工学的な対策を施すにあたっての重要な意味をもつものと考えている。

この際, 初生的地すべり地の新旧の亀裂(地形)は, 地表水の地下への流入, また, 地下水の貯留, 通路として, さらに力学的な弱部, 不連続面として2次, 3次地すべりの発生に果たす役割りが大きいものと思う。

今後, 本報では詳述できなかった項目, また防止対策に関しての具体的な問題について順次まとめてみたい。

本論をまとめるにあたり, 新潟県治山課, 小千谷林業事務所および国土防災技術株式会社の各位から多大な援助を頂いた。新潟大学災害研の丸井英明博士, 鈴木幸治氏には現地調査において貴重な助言を, 北陸農政局の中里裕臣氏から火山灰の分析でご協力を頂いた。守門村東野名の穴沢克己氏には東野名地すべりの活動についてのご教示を頂いた。また, 新潟大学災害研研究生本多典明氏, 同農学部生越田宗克氏, 同工学部生鈴木賢一氏, 池田仁氏から現地調査にご協力頂いた。ここに感謝の意をあらわします。

参考文献

- 1) 島津光夫: 東北日本グリーンタフ地域における津川—会津区, 地質学論集, 9, pp.25-38, 1973
- 2) 黒木三郎: 東野名地すべり地, 地すべり調査総括書IV—魚沼地域・中越地域編—, pp.295-319, 新潟県農林水産部治山課, 1981
- 3) 新潟県農林水産部治山課: 東野名地すべり, p.19, 1975
- 4) 中里裕臣・高浜信行: 大規模地すべり活動期認定へのアプローチ, 日本地質学会第98年学術大会講演要旨, pp.485, 1991
- 5) 町田洋: 火山灰は語る, 蒼樹書房, 1977
- 6) 町田洋・新井房夫: 大山倉吉軽石層—分布の広域性と第四紀編年上の意義—, 地質学雑誌, 88, pp.313-330, 1979
- 7) 正井信雄・高浜信行: 新潟堆積盆地東縁・魚沼丘陵北部の第四系, その1, 地質層序, 地球科学, 35, pp.71-86, 1981
- 8) 新潟県農林水産部治山課: 東野名地すべり地, 地すべり防止調査報告書, 1983
- 9) 新潟県農林水産部治山課: 地すべり対策調査報告書, 1989
- 10) 新潟県農林水産部治山課: 地すべり対策調査報告書, 1990
- 11) 早川嘉一・高浜信行・丸井英明・霜島重雄: 東野名地すべりにおける移動量観測について, 第29回地すべり学会研究発表講演集, pp.194-197, 1990
- 12) 新潟県農林水産部治山課: 東野名地すべり地, 地すべり防止調査報告書, 1985
- 13) 新潟県農林水産部治山課: 東野名地すべり地, 地すべり防止調査報告書, 1979