

特集：激甚な土砂災害等への対応

東北地方太平洋沖地震により白河丘陵で発生した地すべりの発生斜面の地形・地質的特徴

杉本宏之* 宇都忠和** 本間宏樹*** 武士俊也****

1. はじめに

平成23年東北地方・太平洋沖地震によって福島県白河市、栃木県那須烏山市で被害の大きい土砂災害が発生した。特に震度6強の揺れを観測した白河周辺では、地震発生直後に図-1に示すとおり白河丘陵で地すべりが集中して発生し、葉ノ木平地区等では丘陵に隣接する住宅地に大きな被害が生じた。白河丘陵では、葉ノ木平地区以外でも厚い褐色火山灰

土層の斜面が崩壊し、比較的長距離を流動するという同様の特徴を有する地すべりが集中的に発生している。本稿では、これらの地すべりが発生した斜面の地形・地質的特徴と発生メカニズムについて調査を行った結果を報告する。

2. 調査方法

地すべりが発生した斜面の地形的な特徴を把握するために、地震発生前の空中写真の実体視判読および地震発生前（2006年12月～2007年1月）と後（2011年11月）のレーザープロファイラー（LP）によるDEMから作成した地形図、標高差分図の判読によって斜面微地形分類図を作成した。作成に当たっては田村（1987）の丘陵地の微地形分類手法を参考にした。

また、地すべり発生斜面の地質については、地すべり地の滑落崖・側方崖・すべり面において、すべり面となった付近を中心に地質の観察を行った。また、地質を観察した断面において山中式土壌硬度

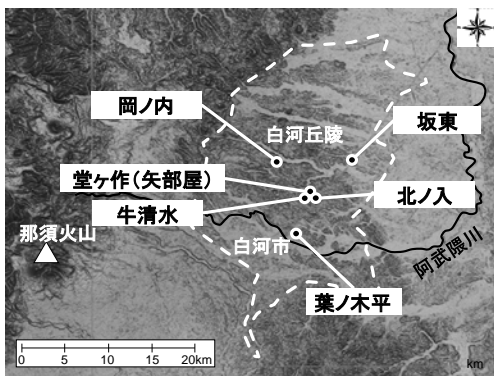


図-1 地すべり発生箇所

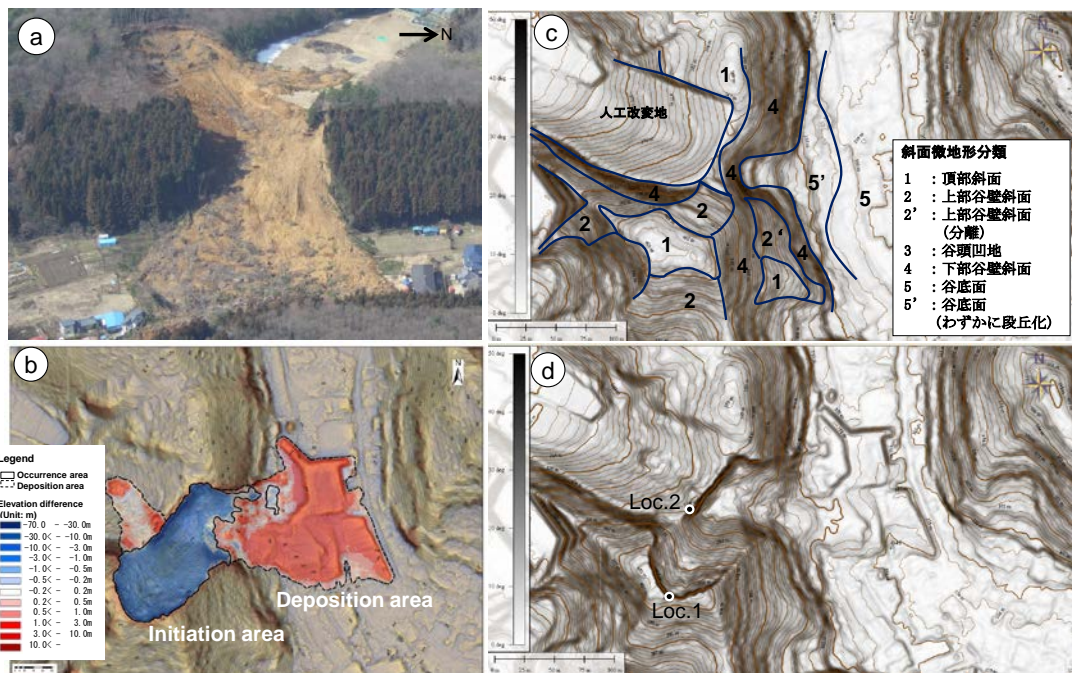


図-2 葉ノ木平地区 (a):斜め写真 (b): LPの標高差分図 (c): 地すべり発生前のLP地形図及び微地形分類 (d): 地すべり発生後のLP地形図

計による硬度の測定を行った。一部ではサンプリングを行い、物理試験を実施した。

3. 調査結果

3.1 地すべり発生箇所の地形的特徴

葉ノ木平地区を例として、斜め写真、地すべり発生前後のLPの標高差分図、地すべり発生前の斜面微地形分類をおこなったLP地形図、地すべり発生後のLP地形図を示す(図-2)。各地区共通して、尾根筋に近い上位の遷急線と谷筋に近い下位の遷急線の2つの遷急線が認められた。遷急線は斜面上部から下部に向かって傾斜が急になる傾斜変換線である。坂東地区と岡ノ内地区を除く4地区の地すべりは頂部斜面から上部谷壁斜面にかけて、上位の遷急線を挟んで発生している。坂東地区と岡ノ内地区は斜面の途中で発生しているが、緩斜面から急斜面にかけての遷急線を挟んで発生している点は共通しており、全箇所とも遷急線を挟んだ凸型斜面(縦断形状)で地すべりが発生している。

3.2 すべり面となった層準

地すべりが発生した頂部斜面と上部谷壁斜面では褐色火山灰土層が厚く堆積しており、スコリアや軽石等からなる複数のテフラ*層を確認することができた。これらは構成物及び層相、層序から那須火山起源のテフラのSr8~Sr11や燧ヶ岳起源とされる高久軽石(TkP)(鈴木、1992;山元、1999)に対比されると考えられる。ただし、岡ノ内地区においては、すべり面との位置関係が明瞭なテフラ層が確認できなかった。

葉ノ木平地区において、すべり面となった層準は、滑落崖、左側方崖をはじめとして多くの箇所ですr10付近である。ただし、局所的にはTkPの付近がすべり面となっている箇所もあり、必ずしも一定の層準がすべり面となっているわけではない。また、地区によってもすべり面となった層準はやや異なるものの、調査対象地すべりでは、概ねSr10からTkP間での間の層準がすべり面となっている。

3.3 すべり面付近の土質特性

すべり面付近の土質硬度計による硬度プロファイル

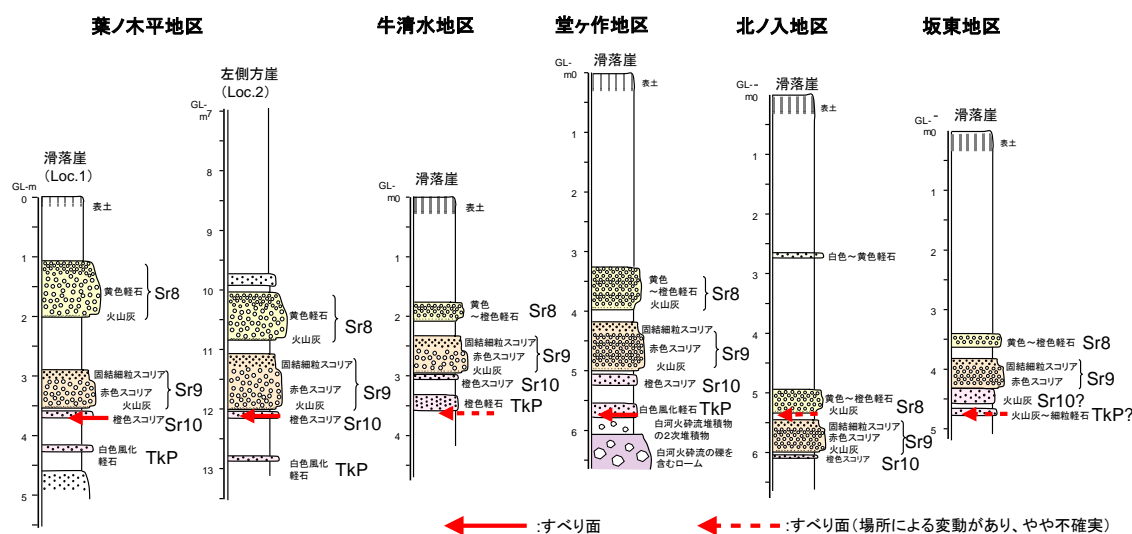


図-3 地すべり発生斜面の地質とすべり面 (Loc.1, 2の位置は図-2(d)を参照)

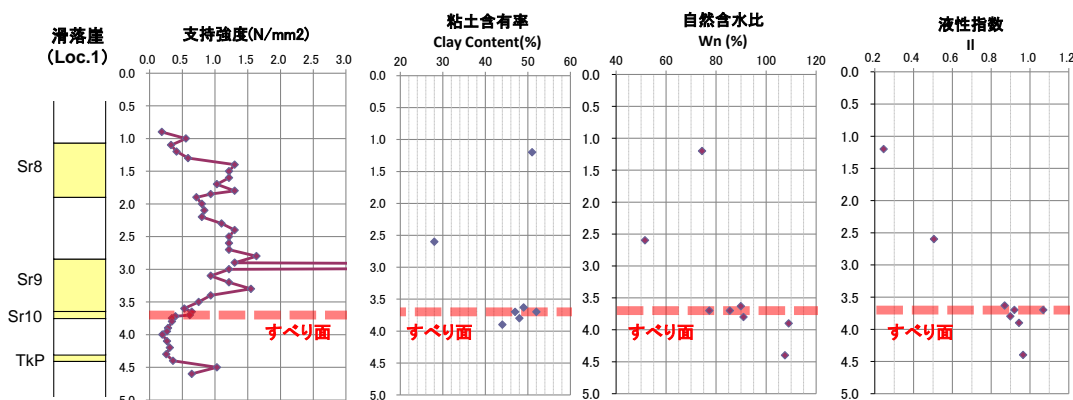


図-4 葉ノ木平(滑落崖: Loc.1)の土質強度プロファイル

*土木用語解説: テフラ

ル（図-4に葉ノ木平の滑落崖の例を示す）は、Sr8からSr9付近で高い硬度を示し、その直下から急激に硬度が低下するという特徴がほぼ共通している。すべり面付近に硬軟が急激に変化する境界が存在していたことになる。

Sr9より上位のテフラは風化の程度が弱く、堆積状態や層相が良好に観察できるが、Sr10より下位の軽石やスコリアは手でつぶせるほどに風化が進行し、粘土化している場合が多い。葉ノ木平地区の試験結果でも、すべり面となった風化テフラや褐色火山灰土の物理的性質は、上部の褐色火山灰土と比較して粘土含有率、自然含水比、液性指数が高いという特徴がみられ、軟弱な粘土となっていた。現地調査においてもすべり面となったSr10付近で水分が滲み出てくる様子が見られ、観察された。

3.4 地すべり発生箇所とテフラの堆積厚の関係

調査対象地すべりの発生箇所とすべり面付近のテフラの等層厚線図の比較を行った（図-5）。テフラ

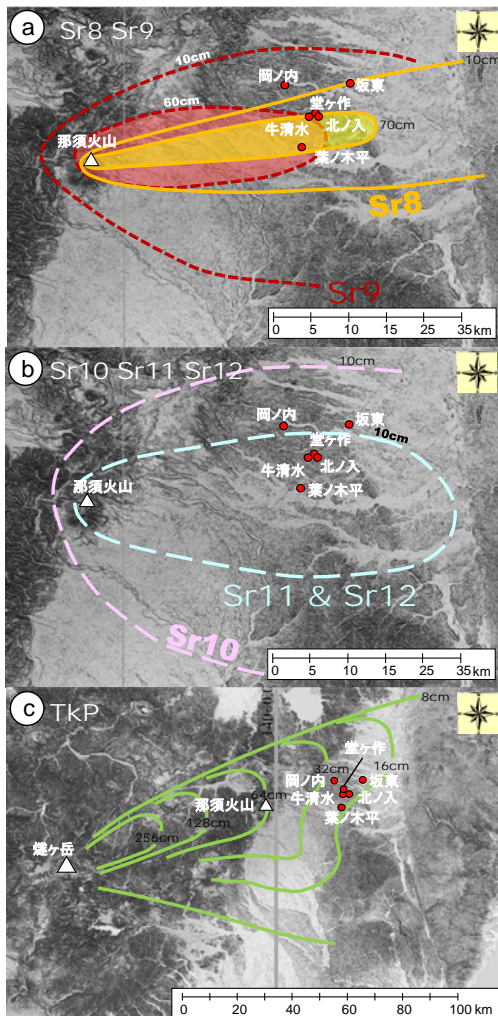


図-5 地すべり発生箇所とテフラ等層厚線^{2,3)}

の等層厚線図は既往の研究（鈴木、1992；山元1999）によって明らかにされている等層厚線図を用いた。

地すべり発生位置は、那須火山等のテフラの堆積範囲の主軸付近に分布する傾向が見られ、特に、白河付近のSr8とSr9が厚く堆積する範囲に集中している。その一方で、すべり面が形成されていたSr10やTkPの堆積範囲との関連性は明瞭ではない。Sr10やTkPの堆積範囲全域に地すべりが分布するわけではないことから、Sr10やTkPの堆積の有無以外にも地すべりを発生させた要因があると考えられる。地すべり分布と関連が見られるSr8やSr9は硬く固結して堆積しており、土質強度プロファイルでも支持強度が大きい傾向がみられる（図-4）。Sr8とSr9がある程度厚く堆積している場合に、硬軟境界部が明瞭に形成され、応力集中が生じたことが考えられる。

3.5 すべり面付近のテフラの堆積面形状

葉ノ木平地区において横断方向にSr10やTkPを追跡すると谷形状のすべり面に沿って堆積していたことが分かった。また、左側方崖ではSr10などのテフラ層が30度程度傾斜して堆積している。対策

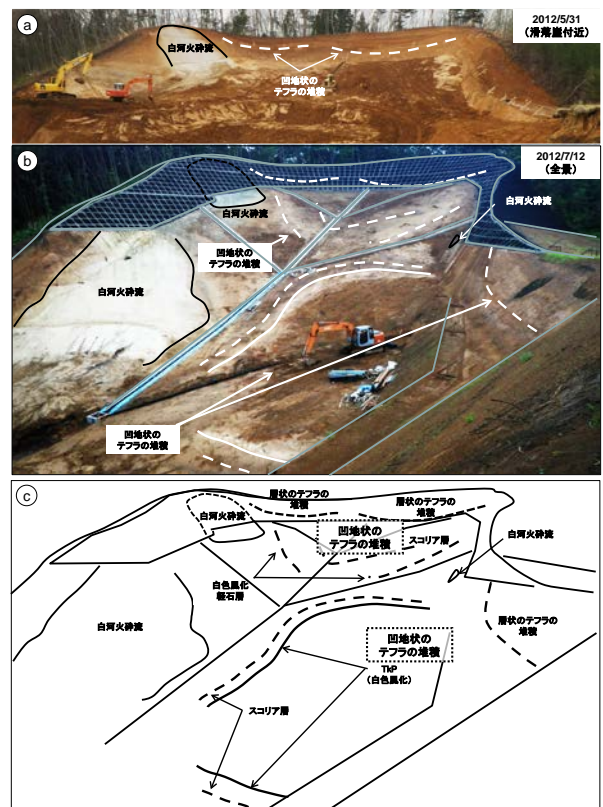


図-6 葉ノ木平のテフラ堆積状況 (a:滑落崖付近, b:底部付近, c:底部付近の概略スケッチ)

工事のための切土法面（すべり面以深）においてもテフラが凹地状に堆積していることが観察された（図-6）。これらのことから、Sr10などのテフラの堆積当時は現在露出しているすべり面と同様の形状の谷地形であったが、そこをテフラ層や褐色火山灰土が埋積して埋積谷となり、緩斜面（頂部斜面から上部谷壁斜面）が形成されたものと考えられる。同様の堆積構造は牛清水地区、堂ヶ作（矢部屋）地区、北ノ入地区でもみられた。

4. 考察

以下に地すべりの発生箇所の特徴をまとめる。

- ①全ての調査対象地すべりは遷急線を挟んで発生していた。そのうち4カ所は斜面微地形分類における頂部斜面から上部谷壁斜面にかけて発生していた。遷急線では斜面縦断形が凸型となるため、地震動が大きくなったことが影響していると考えられる。
- ②調査対象地すべりが発生した頂部斜面と上部谷壁斜面では火山灰層が厚く堆積しており、すべり面はSr10からTkPの層準が多かった。すべり面となった層準は風化によって粘土化していた。すべり面となった部分の強度が低かったことに加えて、地震によってSr9とSr10の硬軟境界部に応力が集中したことが、すべり面での破壊を生じた要因と考えられる。
- ③葉ノ木平地区においては、Sr10やTkPが古い谷地形に沿って堆積していた。古い谷地形をテフラ等が覆い（埋積谷）、緩斜面を形成したのと考えられる。また、すべり面となった弱層が面的に広がっていたことが、一連の斜面が地すべりを起こした要因と考えられる。

5. まとめ

火山付近の丘陵地には、厚くテフラが堆積している斜面が存在している可能性がある。それらの中

には、地震によって崩壊性地すべりを発生させるものがあると考えられる。地震によって発生する葉ノ木平地区と同様なタイプの崩壊性地すべりの発生箇所を予測するためには、地形判読によって遷急線的位置と火山灰に厚く覆われた斜面を抽出し、それらの斜面において、面的に連続する軟弱な粘土層の存在、硬軟の土質境界の存在を把握することが重要であると考えられる。

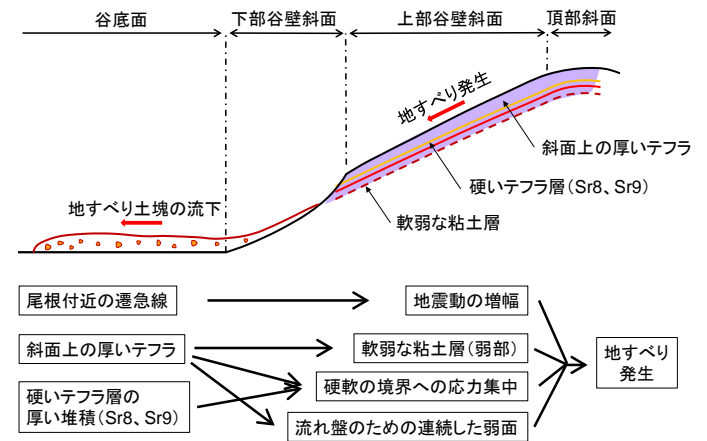


図-7 地すべり発生要因の模式図

謝 辞

本調査を実施するにあたり、福島県には現地調査において、東北地方整備局、関東地方整備局にはLPデータの取得においてご協力を頂きました。お礼申し上げます。

参考文献

- 1) 田村俊和：湿潤温帯丘陵地の地形と土壌ペドロジスト、Vol.31、No.2、pp.135～146、1987。
- 2) 鈴木毅彦：那須火山のテフロクロノロジー、火山、Vol.37、No.5、pp.251～263、1992。
- 3) 山元孝広：福島・栃木地域に分布する30-10万年前のプリニー式降下火砕物：沼沢・燧ヶ岳・鬼怒沼・砂子原火山を給源とするテフラ群の層序、地質調査所月報、50(12)、pp.743～767、1999。

杉本宏之*



独立行政法人土木研究所つくば中央研究所土砂管理研究グループ地すべりチーム主任研究員
Hiroyuki SUGIMOTO

宇都忠和**



株式会社エイト日本技術開発（前 独立行政法人土木研究所つくば中央研究所土砂管理研究グループ地すべりチーム交流研究員）
Tadakazu UTO

本間宏樹***



応用地質株式会社（前 独立行政法人土木研究所つくば中央研究所土砂管理研究グループ地すべりチーム交流研究員）
Hiroki HONMA

武士俊也****



独立行政法人土木研究所つくば中央研究所土砂管理研究グループ地すべりチーム 上席研究員
Toshiya TAKESHI