■大所地すべりの発生機構とその挙動

Outbreak mechanism and action to Ohodokoro Landslides

応用地質株式会社 北陸事業部／針生眞也
OYO Co., Ltd. Hokuriku Br, office/Shinya HARIU

応用地質株式会社 北陸事業部／三浦路子
OYO Co., Ltd. Hokuriku Br, office/Michiko MIURA

応用地質株式会社 北陸事業部／三石 晋
OYO Co., Ltd. Hokuriku Br, office/Susumu MITSUISHI

新潟県糸魚川土木事務所／五十嵐正信
Niigata. Pft Gov. Itoigawa, office/Masanobu IGARASHI

新潟県糸魚川土木事務所／小林健一
Niigata. Pft Gov. Itoigawa, office/Kenichi KOBAYASHI

キーワード：地すべり，空中写真判読，GPS計測

Key words : landslides, air photograph decipher, GPS measuring

1. まえがき

大所地すべりは，新潟県糸魚川市平岩付近で姫川と合流する大所川の右岸下流域に発達をみせる。昭和37年に旧建設省の所管地すべり防止区域に指定されている。大所地すべりは，上流域より木地屋工区，大所工区そして大所追加工区の3地域に細分されている。大所追加工区については調査および対策工が施工されてきたが，この2工区については，現在調査が継続中である。

本報文では，木地屋工区および大所工区を対象に地形判読調査，地質調査そして，GPS観測を用いて地すべりの発生機構を考察し，その挙動解析を行った，その結果について述べる。

2. 地形・地質

大所川は，北アルプス北端にある朝日岳（2418.3m），雪倉山（2610.9m），小蓮華山（2769m）および乗鞍岳（2436.7m）に源を発し，北東流し姫川に合流する。大所川右岸は，標高400mより上位の山腹～尾根部（標高1000m，700m，600m，450m付近）に緩斜面がよく発達している。大所工区内には，木地屋川が流下し，標高440m～500m付近に広がる緩斜面に大所集落と耕作面が形成されている。

その上流側にあたる南西方向には大所地すべりとほぼ同様な形状を示す木地屋地すべりが発達をみせる。また，大所工区東側には馬蹄型地形を呈した大所追加工区が分布する。この地すべりは，約2000年前から滑動していたと推定され，近年詳細な調査と対策工が実施されている。

大所川の左岸側上流域にかけては，白池，杉の平など風吹岳の火砕流によって形成された多数の火砕流堆積面が分布している。これらの堆積面は，堆積後の河川侵食や地すべりなどにより，次第に複雑な地形に変化しつつある。その代表は杉ノ平であり，空中写真判読および現地踏査でも山側へ傾斜することが確認できる。大所工区

の大所川左岸側は河床部で全面露岩し，急峻な地形を示す。一方右岸側は， $25^{\circ} \sim 40^{\circ}$ の斜面勾配を示し，植生に覆われて，露頭の発達が乏しい。河床部は巨礫（礫径5m～15m）が点在する。

植村（1981），小松（1981）および新潟県（2000）などによれば，姫川流域の地質は，フォッサマグナ西縁を通過する糸魚川－静岡構造線によって区分される，としている。その西側は中・古生代の古期岩類を主体とし，東側は，新第三系からなる新期岩類とに分けている。古期岩類は，古生層，古生層の変成岩（結晶片岩），中世代ジュラ紀の来馬層群，中生代後期に貫入した珪長石，花崗岩および蛇紋岩などから構成される，とした見解を示した。また大所川流域は，古期岩類分布域にあたる，とされてきたが，白石（1992）によると非変成の古生層は分布しないとしている。また植村（1981）によれば，大所川沿いでは，構造線と平行する断層やそれに斜交する断層が交錯している，とされている。よって大所川流域は変成および構造運動が要因となって山体の深部まで破碎されていると想定でき，そのためか流域全体にわたって崩壊地や地すべり性崩壊地が多く認められる。さらに，これらの基盤岩類を覆って流域南端（風吹岳）に火口をもつ第四紀火山砕屑岩類が広く分布する。大所川流域の地質は，大前山付近から上流域が蓮華変成岩と称される結晶片岩類，下流域が中生代の非変成堆積岩類より成る。大所地すべり斜面を含み，大所川最下流部から姫川本流にかけては，非変成の古生層が分布する。また，これらの非変成堆積岩類に多量の超塩基性岩（蛇紋岩，かんらん岩）等が併入している，とされている。

大所地すべり斜面には，中生代後期に併入した蛇紋岩が広く分布し，一部蛇紋岩に取り込まれた古生層が認められる。これらの地層に貫入したヒン岩の小岩体も河床部に認められる。古生層は，蛇紋岩やヒン岩の貫入によって乱され，レンズ状に分布する。灰青色砂岩，黒色～灰

表-1 大所川流域の模式層序

地質時代	地層名		岩相	
新生代	第四紀		泥流堆積物 崖錐堆積物 地すべり崩積土 火山泥流堆積物	
	古第三紀	一本松山 安山岩層	石坂流紋岩	安山岩質 凝灰角礫岩 黒雲母流紋岩 質溶結凝灰岩
中生代	白亜紀	赤禿山砂岩礫岩層		7M-C質砂岩礫岩 頁岩
	ジュラ紀	来馬層群		砂岩、砂岩頁岩互層 頁岩、礫岩、石炭、凝灰岩
古生代	二疊紀～石炭紀	非石灰岩相	石灰岩相	黒色珪質頁岩 砂岩 含礫石灰岩礫岩 オリストローム
		蛇紋岩 蓮華変成岩	非変成 古生層	黒色片岩 緑色片岩 石灰岩 玄武岩 オリストローム相

白色粘板岩等からなり、全体にホルンフェルス化され、硬質であるが、節理の発達著しい。それらの模式層序は表-1に示した。

3. 地すべりの発生機構

3.1 空中写真判読

図-1に示したように、木地屋川沿いでは木地屋地すべりの上方に4区分（崩壊地形Ⅰ～崩壊地形Ⅳ）できる大崩壊跡が判読できる。さらに木地屋集落付近には明瞭な馬蹄形を呈し、滑落崖も明瞭に残存する崩壊地形を確認することができる（崩壊地形Ⅴ）。写真判読では、崩壊地形Ⅴを横断して下刻する木地屋川沿いに、小起伏を持って帯状に流下発達をみせる小丘を確認することができる。その小丘は崩壊地形Ⅴを横断するが、杉ノ平付近では確認できない。

木地屋集落付近から大所集落に至る木地屋川沿いに発達する小丘地形は、その幅、流下方向から泥流もしくは土石流の流下した古地形の可能性を示していると判断した。この想定が妥当であれば、大所工区および木地屋工区の両地すべりは旧泥流（土石流）堆積物が再滑動していることになる。

また、直線的な線状模様が判読でき、それらを図中にL-1～L-6として示した。それら線状模様は地質構造を規制している断層等の弱線と想定している。

3.2 地質調査結果

地表地質踏査結果では、大所集落付近での露頭の発達は極めて乏しく、かろうじて大所川と木地屋川の合流部付近に蛇紋岩および火山泥流堆積物の露頭が見られるのみである。

3.2.1 弾性波および電気探査結果

弾性波探査と電気探査（比抵抗映像法）は、地すべりにおける基盤岩の概略の深さおよび地下水等の情報を得

図-1 空中写真判読図

空中写真：昭和27年の米空軍撮影のモノクロ写真使用
地形図：昭和60年「越後平岩」、昭和63年「白馬」を使用

る目的で実施している。

探査の結果を図-2に示した。各々の探査結果から推定される事柄は、次のようにまとめることができる。

〈弾性波探査結果〉

- ・基盤岩と考えられる部分の速度値は4.0km/sec程度を示し、深度50m付近に深に分布する。
- ・速度値2.0km/sec程度を示す分帯は、地下水位以深の地すべり移動土塊と考えられる。
- ・速度値1.5km/sec程度を示す分帯は、地下水位付近であると考えられる。

〈電気探査結果〉

- ・深部に比抵抗値300Ω・m程度以上の高比抵抗が分布するが、この付近が基盤岩と考えられる。また中間部に100Ω・m程度以下の比抵抗値が分布し、この上面が地下水位付近と考えられる。さらに、この低比抵抗値は、飽和した地すべりの移動土塊と考えられる。

3.2.2 ボーリング調査結果

これまでのボーリング調査結果では、大所集落付近の構成地質は基盤岩である蛇紋岩がEL386m～EL425m付近で確認され、それを被覆して下位より火山泥流堆積物、泥流堆積物が分布することが確認された。すべり面は孔内傾斜計の計測結果から、蛇紋岩と火山泥流堆積物の境

図－2 電気探査結果と弾性波探査（荻原の方法）解析の重ね図

図－3 大所工区地すべり縦断面図

dt: 崖錐堆積物 mf-1: 泥流堆積物(1) mf-2: 泥流堆積物(2) vmf: 火山泥流堆積物 SP: 蛇紋岩

図－4 河床勾配断面図

界部付近で確認され、その平均深度はGL-50m程度である（図－3）。

その分布深度は図－4に見られるように大所川の河床標高に近似するが、大所川の河床勾配とは斜交するかたちを呈する。よって、その形状から大所川は大所地すべりを規制した河川でないことがうかがえる。また、木地

屋地すべりと大所地すべりの接触部付近では木地屋川の河床勾配はやや変化するが、その付近に線状模様L-6の通過が確認されており、断層等の伏在による影響の可能性が指摘できる。

地下水の分布する地層は概ね泥流堆積物中で、透水係数は $k \geq 1 \times 10^{-4} \text{ cm/sec}$ であり、その水位および流動は

GL-3m~GL-5mと高位に分帯している。なお、その下位に分布する火山泥流堆積物の透水係数は $k \leq 1 \times 10^{-4} \text{cm/sec}$ で、地下水の流動等は極めて少ない。

4. 地すべりの挙動

大所地すべりは、調査当初の空中写真判読の際から泥流堆積物等の分布範囲に発達すると想定していた。ボーリング調査結果では、大所工区の移動土塊は、おもに泥流堆積物によって構成されていることが確認され、空中写真判読結果を裏付けるものとなった。その流動(移動)方向については、孔内傾斜計の計測のみでは十分な考察が不可能であったので、大所地すべり全体の移動状況を確認する目的で、GPSによる計測がおこなわれた。

GPS計測結果は、図-5に示した。図中の矢印は移動方向をベクトルで表示し、かつ移動量は長さおよび数値で示した。同図では、木地屋工区の冠頭部付近から大所工区の末端部にかけて、木地屋川の流路に規制されたかたちで、地すべりの移動方向が明瞭に確認された。さらに、木地屋工区の冠頭部付近での移動量は、全計測地点中で最も大きく、地すべり土塊中央屈曲部(木地屋工区と大所工区の接触部)は、最も小さくなり、大所工区の末端部で大きくなることが確認された。また、大所工区内に限ってみると、孔内傾斜計によるすべり面付近で得られた地すべり土塊の移動ベクトル方向とGPSの移動方向とは概ね近似している。なお、GPSの計測結果を整理して表-2に示した。

以上の結果から、大所地すべりは図-1の空中写真判読結果で示した地すべり崩壊地形Vが形成された後に、

図-5 GPS計測結果

表-2 GPS計測結果からの判定

場 所	ベクトル方向	ベクトル量 (cm)	状況の考察
① 木地屋冠頭部	N-S	大 (25.0)	地すべり土塊の引張り場
② 大所経間部	NE-SW	小 (約 9)	地すべり土塊の圧縮場
③ 大所末端部	E-W	大 (29.4)	地すべり土塊の開放場

その崩壊地形を横断するかたちで木地屋川が下刻するのと同様または時間差を置いて泥流堆積物が一挙に流下したと判断できる。そして、その流下する始点(冠頭部)に近い場所はいまだに引張り応力が大きいことになる。また、大所中央屈曲部(木地屋工区と大所工区の接触部)は、二つの地すべりブロックの境界にあたり、その移動速度が異なる結果として圧縮場となっていると考えられる。この付近は、近年実施したボーリング調査結果によれば、基盤岩深度が深い(GL-100m程度)ことが確認されており、その原因は図-1で示した線状模様L-6から推察するなら、断層等の影響による、と想定される。

5. まとめ

大所地すべりのうち、大所工区は主に古い泥流堆積物が地すべり土塊の材質を構成していることが確認された。また、GPSの計測結果から、木地屋工区も含めてこれまで確認できなかった地すべり全体の移動状況が把握できた。調査は、今後も継続されるが、特に重要な情報となり得るのが木地屋工区と大所工区の接触部である中央屈曲部であり、その屈曲がどのようにして形成され、かつ地下水の流動にどのように影響を与えているかが解明できれば、中央屈曲部より下流側の地すべり土塊への無駄のない適切な抑制工の検討に有効活用されると思われる。

また、GPSの計測結果は、今後も継続してデータの蓄積が行われ、将来的には全自動観測が計画されている。

現在進行中の地下水排除工の有効性評価は、各種の計測とGPS計測を利用した総合的な評価を実施しつつありその成果は別途公表する準備を進めている。さらに、大所工区の上方に分布する木地屋工区に対する地質的解釈および対策工の検討も今後の課題として残されているが地史的な解釈に基づいた、統一した着眼点での整理検討を進める予定である。

参考文献

- 1) 小松正幸 (1980)：飛騨外縁帯の基本的構造及びそのフォッサマグナ東翼への延長，総合研究「飛騨外縁帯」研究報告No.1, pp.117-120.
- 2) 新潟県 (2000)：新潟県地質図。
- 3) 白石秀一 (1992)：姫川中流域の飛騨外縁構造帯，特に、ジュラ系来馬層群について，地球科学46-1, pp.312-420.
- 4) 植村 武 (1981)：大所川流域の変形相と後来馬変動の特徴，総合研究「飛騨外縁帯」研究報告No.2, pp.70-73.

(原稿受付2003年2月13日，原稿受理2003年5月23日)