

岩手県八幡平地すべりの移動特性

井良沢道也*・角田 皓史**

The moving characteristic of the Hachimantai landslide in Iwate Prefecture

Michiya IRASAWA* and Koushi KAKUTA**

1. はじめに

一般に、春先に大量に供給される融雪水は、すべり面の間隙水圧を上昇させ、地すべり発生
の誘因となりうる。融雪に起因した地すべりの例として、1997年5月11日に、秋田県鹿角市八
幡平字熊沢国有林内で発生した、澄川地すべりが挙げられる。この地すべりは、斜面長650m、
幅150~350m、すべり面深度50~70m、滑動面積約17ha、地すべり土塊量約600万 m^3 の大規模
なものであった(1)。澄川地すべりの末端部崩壊を起因とする土石流も発生し、2温泉(16
棟)が流出した(2)。

本研究で対象とした八幡平地すべりでは、土砂移動が発生するのは融雪期に限られ、夏季の
豪雨に対しては、ほとんど移動しない。一方、新潟県の地すべり対策工が施工されていない第
三紀層地すべりでは、融雪初期に移動を開始するタイプや積雪初期から移動を開始するタイプ
も多くある(3)。また、北海道中央部に位置する稲里地区では、地すべりの一種である、移
動体が塑性変形しながら流動するアースフローが、強度の高い降雨時のみ発生し、その他の時
期には発生しないことが報告されている(4)。以上から、対象とする地すべりの地質、対策
工の有無、および気象条件などを考慮し、地すべりごとの移動特性を把握することが、効果的
な地すべり対策および地すべり災害防止のために重要である。

現行の地すべりに対する避難基準は、地表や地中伸縮計変動量(以下、移動量と略記)をも
とに設定されていることが多い。崩壊と比較して地すべりの移動速度は、0.01~10mm/dayの
ものが多く、一般に移動速度は小さい(5)ものの、事前に土砂移動の発生を予測することが

Received March 8, 2013

Accepted May 13, 2013

* 岩手大学環境学系(岩手大学農学部共生環境課程)

** 岩手大学農学研究科農林環境科学専攻(現 パシフィックコンサルタンツ(株))

できれば、より安全な警戒避難体制の構築が可能になる。

そこで、融雪水量の予測から地下水位上昇の予測を行い、さらに、土砂移動の予測につなげていく必要がある。そこで、本研究では、八幡平地すべりで観測された地下水位、パイプひずみ計変動量、および移動量のデータを用いて、当地すべりの移動特性について検討し、「移動量と地下水位の関係」および「地下水位と融雪水量の関係」を解析した(6)。

II. 解析対象地およびデータ概要

1. 調査地概要

本研究では、奥羽山系の東面であり、岩手県と秋田県の県境に位置している八幡平山系の東麓に位置している八幡平地すべりを対象とした。本地すべりは岩手県盛岡広域振興局土木部が調査及び対策工事を実施している。図1に、対象地における、気象要素観測の拠点であるH5地点、土砂移動特性の解析を行ったJブロックとNブロックの位置関係を示す。

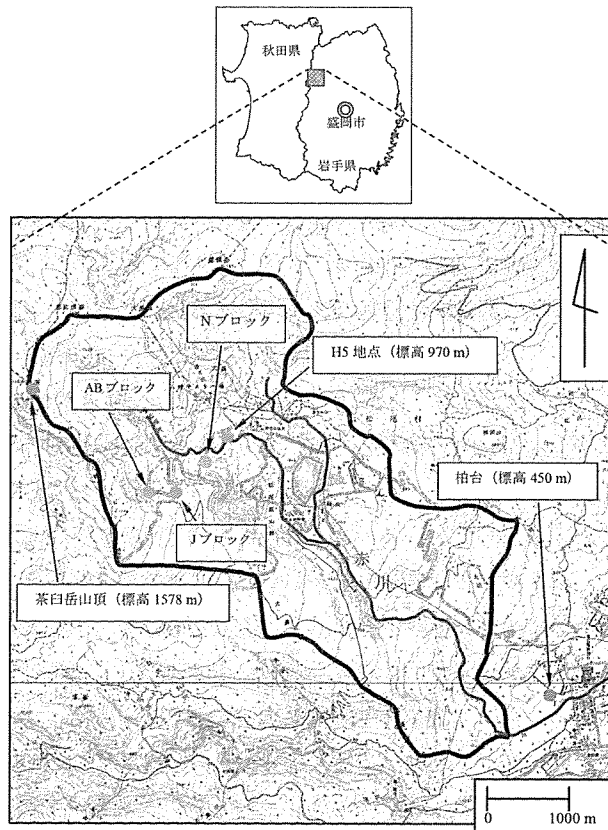


図-1 調査流域位置図
(国土地理院 1/25000地形図「茶臼岳」および「松川温泉」を元に作成)

調査地の地質は、主に凝灰岩からなる、新第三紀の関東ノ沢層と第四紀の柵森牧場溶結凝灰岩を基盤とし、茶臼岳-前森山火山岩類と地すべり堆積物が覆っている。茶臼岳-前森山火山岩類の層序は、下部より赤川溶岩、丸森凝灰岩・恵比須森・屋棟岳溶岩、大長根溶岩、茶臼岳溶岩、西森山溶岩、前森山前期噴出物、および前森山後期噴出物である(6)。

当地すべり地は、第四紀の比較的新しい火山地帯で、周辺には、前森山(標高1305m)、西森山(標高1328m)、屋棟岳(標高1397m)、大黒森(標高1446m)、恵比須森(標高1496m)、および茶臼岳(標高1578m)がある。また、赤川右岸側には、溶岩台地状地形を示す大長根と呼ばれる緩傾斜地がある。

2. 地すべりブロック概要

八幡平地すべりの移動特性を把握するために、赤川流域内の赤川国有林内の旧松尾鉦山の西側にある地すべり地を対象として解析を行った。当地すべり地は、屋棟岳、恵比須森、茶臼岳を結ぶ尾根筋を冠頭部とし、東八幡平の柏台地区に至り、その規模は、幅2.5~4.0km、長さ8.0kmである(6)。上部地区と下部地区に大別できる。上部地区は、概成と判断されているため、本研究では、現在も土砂移動が発生している下部地区のJブロックおよびNブロックを対象とした。

3. 地すべり関連データの解析項目

岩手県盛岡広域振興局(6)によって、パイプひずみ計変動量、地下水位、および地中伸縮計変動量(以下、移動量と略記)の観測が行われた。表1に、解析で使用した地すべり関連データの概要を、また、表2に、観測機器およびデータロガーを示す。

4. 観測項目および観測機器

岩手大学では、H5地点において、1998年12月から現在に至るまで、気象要素の定常観測を

表1 解析に使用した地すべり関連データ

ブロック	観測孔	観測項目	データ期間
J	BV10-1	地下水位	2002/11/01 ~ 2006/10/26
	BV10-3	地下水位	2002/11/01 ~ 2006/10/27
	BV14-1	地下水位	2002/11/01 ~ 2006/10/31
		ひずみ	2002/11/01 ~ 2006/10/31
	HMSB16-1	移動量	2005/10/01 ~ 2006/10/31
N	BV9-3	地下水位	1999/11/01 ~ 2006/10/31
		ひずみ	2002/11/01 ~ 2005/10/30
	BV17-1	地下水位	2005/08/04 ~ 2006/10/27
		ひずみ	2005/08/04 ~ 2006/10/27
	HMSB16-4	移動量	2005/10/01 ~ 2006/10/31

表2 地すべり関連データの観測機器およびデータロガー

観測項目	センサおよび観測機器	データロガー
移動量	孔内伸縮計SSD-510TSB (株共和電業)	ELS-7002B (坂田電機株)
ひずみ	ひずみ計パイプVP40-FLK-10 (株東京測器研究所)	NSR-2 (株測商技研)
地下水位	水位計KW20S3 (株東京測器研究所)	同上

表3 観測機器およびデータロガー

地点	観測項目	センサおよび観測機器	データロガー
H5	気温・相対湿度	VH-G-5Z (GRANT社)	SQ1000 (GRANT社)
	下向き日射量	SOLAR 130 (HAENNI社)	同上
	上向き日射量	同上	同上
	風速	AC750 (株牧野応用測器)	同上
	純放射量	Q*7 (株PREDE)	同上
	融雪水量	TQX-500 (株池田計器製作所)	同上
	地温	CS-U-F5 (GRANT社)	同上
	積雪深	C-F202 (株小笠原計器製作所)	同上
	土壤水分	TRIME - MUX6 (IMKO社)	FreeSlot-68KD (株M.C.S)
AB	土壤水分	TRIME - MUX6 (IMKO社)	FreeSlot-68KD (株M.C.S)
N	土壤水分	TRIME - MUX6 (IMKO社)	FreeSlot-68KD (株M.C.S)

行っている。気象要素の観測項目は、気温、相対湿度、下向き日射量、上向き日射量、風速、純放射量、地温、および融雪水量（ライシメータ計測値）である。また、ABブロック、Nブロック、およびH5地点では、土壤水分の観測を行った。表3に、気象要素の観測機器およびデータロガーを示す。

III. 八幡平地すべりの移動特性

1. 八幡平地すべりデータの時系列変化

JブロックおよびNブロックにおける、地中伸縮計変動量（以下、移動量と略記）の累積値、地下水位、パイプひずみ計変動量（以下、ひずみ変動量と略記）の累積値、および地表供給水量の時系列変化を図2および図3に示す。ここで、地表供給水量は、熱収支法で推定した融雪水量とH5地点における降雨量の和と定義した。図中の移動量、地下水位、およびひずみ変動量は日平均値、地表供給水量は日積算値である。

地中伸縮計は、ボーリング孔を利用してすべり面を貫通して測定ワイヤを設置し、すべり面位置での変位量を測定し地すべりの移動状況（移動時期、速度など）を判定を目的として設置される。

図2および図3から明らかなように、八幡平地すべりでは、JブロックおよびNブロックと

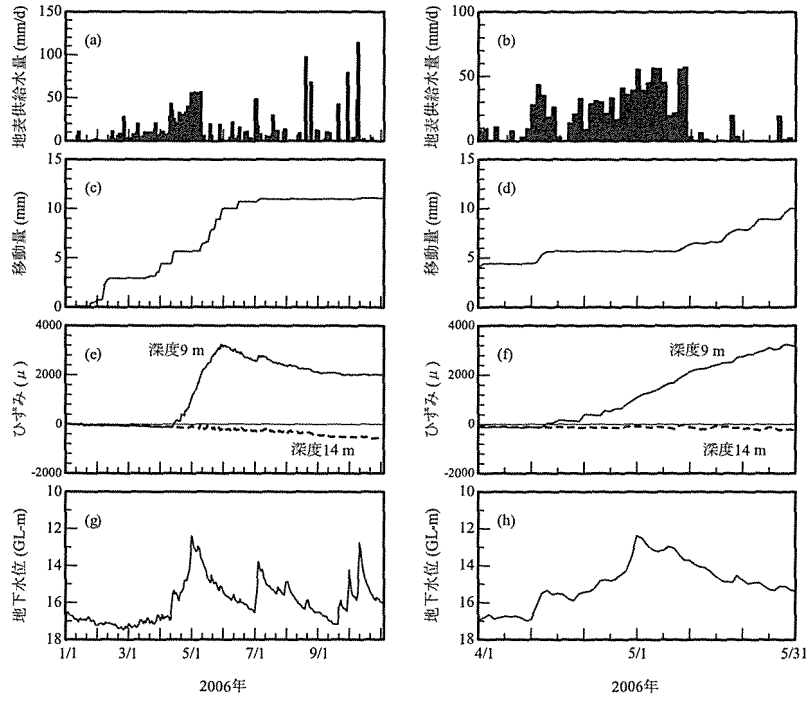


図2 地すべり関連データの推移 (Jブロック)

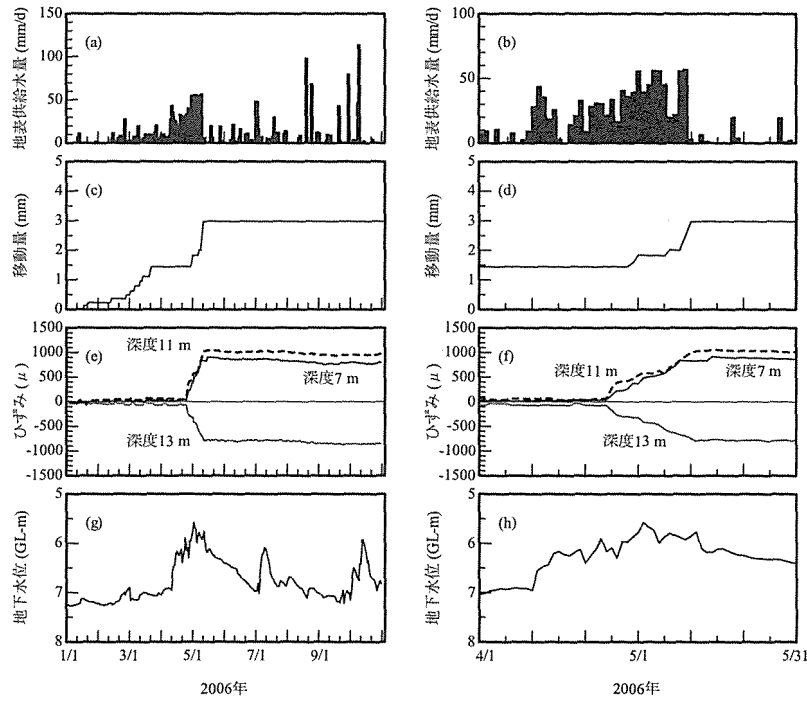


図3 地すべり関連データの推移 (Nブロック)

もに、融雪期に土砂移動が集中しており、夏季にはほとんど土砂移動が発生しなかった。また、融雪期の土砂移動のタイプを、「融雪最盛期から末期にかけての急激なもの（以下、移動タイプAと略記）」と「融雪初期の緩慢なもの（以下、移動タイプBと略記）」の2種類に大別することができる。なお、Jブロックでは、2月上旬の積雪期に、1週間で約2mmの土砂移動が観測された。この土砂移動における移動量は、移動タイプAの移動量に匹敵するが、ひずみ変動量および地下水位の変動傾向から、移動タイプBに含めた。

移動タイプAは、融雪最盛期から融雪末期、およびH5地点の消雪後にかけて発生し、急激な土砂移動を伴う。移動タイプAの移動量は、Jブロックで5月17日から5月30日の2週間で3.4mm、Nブロックで4月30日から5月13日の2週間で1.4mmであった。Jブロックでは、土砂移動のピークがNブロックと比較して、約10日遅れている。

移動タイプAの発生に先立って、両ブロックとも地下水位の上昇がみられた。この地下水位上昇は、融雪水量の増加、つまり、地表供給水量の増加に伴ったと考えられる。次いで、ある深度のひずみ変動量に変化が見られる。Jブロックでは、2006年4月下旬から6月にかけて、深度9mで2200 μ /月、深度14mで-110 μ /月のひずみ変動が観測された。また、Nブロックでのひずみ変動量は、2006年5月に、深度7mで490 μ /月、深度11mで490 μ /月、深度13mで-470 μ /月である。Jブロックの深度9mでは、ひずみ変動の累積傾向が顕著であり、ひずみ変動量も1000 μ /月以上であるので準確定レベルの変動である(7)。また、Jブロックの深度14mおよびNブロックの深度7mなどは、ひずみ変動の累積傾向がややあり、ひずみ変動量が100 μ /月以上であるので潜在変動レベルにある(7)。Nブロックにおいて、ひずみの正負が逆転している深度11mと深度13mの間の層に、すべり面があることが推測される(6)。JブロックおよびNブロックともに、ひずみ変動量がピークとなる前に土砂移動が発生した。

以上のように、移動タイプAでは、まず融雪水量の増加に起因する地表供給水量の増加があり、次いでひずみ変動量に変化があらわれたのち、土砂移動が発生した。地下水位がピークとなってから土砂移動が発生するまでのタイムラグは、Jブロックで8日、Nブロックで5日であった。

移動タイプBは、積雪期および融雪初期の緩慢な土砂移動であり、移動タイプAと比較して移動量は小さい。移動タイプBは、Jブロックでは2006年2月上旬および4月に、Nブロックでは2006年3月の融雪初期に発生している。移動タイプBの移動量は、Jブロックで4月に1.6mm/月、Nブロックで3月に1.0mm/月であった。また、移動タイプBでは、両ブロックにおいて、ひずみ変動がほとんど観測されておらず、地下水位の上昇もみられなかった。

2. 土砂移動が融雪期に限られることについての考察

上述のように、八幡平地すべりににおける土砂移動は、大部分が融雪期に発生し、夏季にはほとんど発生しない。ここでは、AMeDAS岩手松尾における、記録的な豪雨の事例を取り上げ

て、夏季の豪雨と土砂移動の関連性について考察する。

記録的な豪雨があった日を中心とした、前6日と後14日の計21日間の、降水量、地下水位、ひずみ変動量（Nブロック：BV17-1孔）、および移動量の経時変化についてみた。中心とした日は、AMeDAS岩手松尾における日最大1時間降水量が観測史上第1位（55mm：補正後）を記録した2006年8月23日、および日降水量が観測史上第4位（172mm：補正後）を記録した2004年9月30日である。事例1は、短期的な降雨強度が高い例、事例2は、降雨頻度および総降雨量が大きい例と考えることができる。AMeDAS岩手松尾の観測期間は、1976年4月から現在に至るまでである。ここでは、2006年8月23日を中心とした21日間を事例1、2004年9月30日を中心とした21日間を事例2とする。なお、期間中の降水形態は、事例1および事例2ともに、すべて雨と判断された。表4に、事例1および事例2の、期間および期間内のH5地点における総降水量を示す。事例1および事例2における、降水量、地下水位、およびひずみ変動量の経時変化について、それぞれ図4および図5に示す。また、図4には、2006年1月1日を起点とした移動量の累積値も合わせて示す。

図4から明らかなように、8月18日に約100mm、8月23日に約80mmの降雨量（地表供給水量）があったが、Jブロック、Nブロックともに、移動量は全く観測されなかった。また、ひずみ変動量についても、約30 μ の変動が観測されたのみであり、移動タイプAに見られるような変動は観測されなかった。Jブロックの中部に位置しているBV14-1孔の地下水位（以下、BV14-1Wと略記）は、8月18日の降雨には反応して上昇し、翌8月19日に事例1期間内の最高水位（15.86GL-m）を示した。その後は、地下水位が低下し、8月23日の降雨時には、上昇せず低下傾向が続いた。Nブロックの下部に位置しているBV17-1孔の地下水位（以下、BV17-1W）についてもBV14-1Wと同様に、8月18日の降雨で地下水位が上昇し、2日後の8月20日に期間内の最高水位（6.91GL-m）となった。その後、8月23日の降雨時には上昇せず低下傾向が続いた。地下水位変動の幅は、BV14-1Wの方がBV17-1Wと比較して大きかった。

図5には表示されない微小な変動であるが、Nブロックにおいて、約20 μ のひずみ変動量が観測されたが、事例1と同様に移動タイプAが発生時に見られるような変動ではなかった。

BV14-1Wは、9月30日の降雨で著しく上昇し、2日後に事例2期間内の最高水位（11.25GL-m）を記録したのち、低下傾向がみられず約12GL-mで推移した。Nブロックの下部に位置しているBV9-3孔の地下水位（以下、BV9-3Wと略記）は、9月29日の降雨により著し

表4 事例1および事例2の期間および総降水量

事例	中心の日	期間	総降水量 (H5地点)
事例1	2006/08/23	2006/08/17 ~ 2006/09/06	195mm
事例2	2004/09/30	2004/09/24 ~ 2004/10/14	321mm

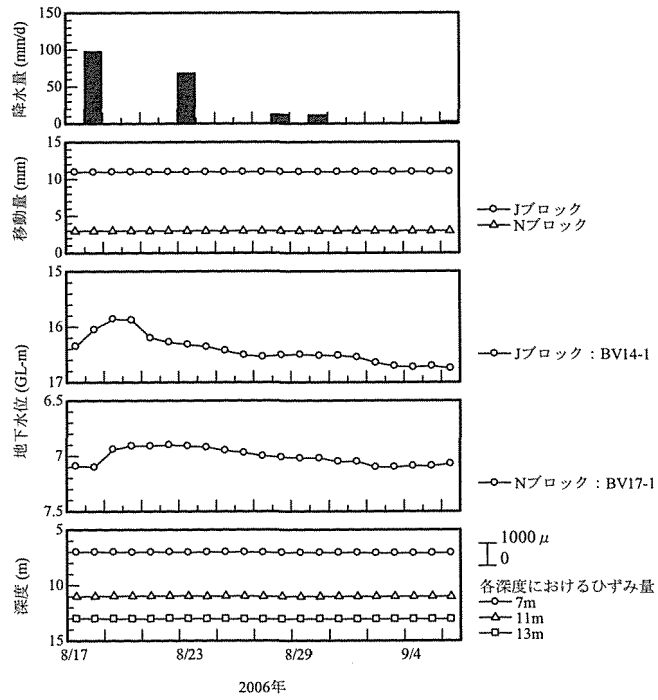


図4 事例1における土砂移動関連データの推移

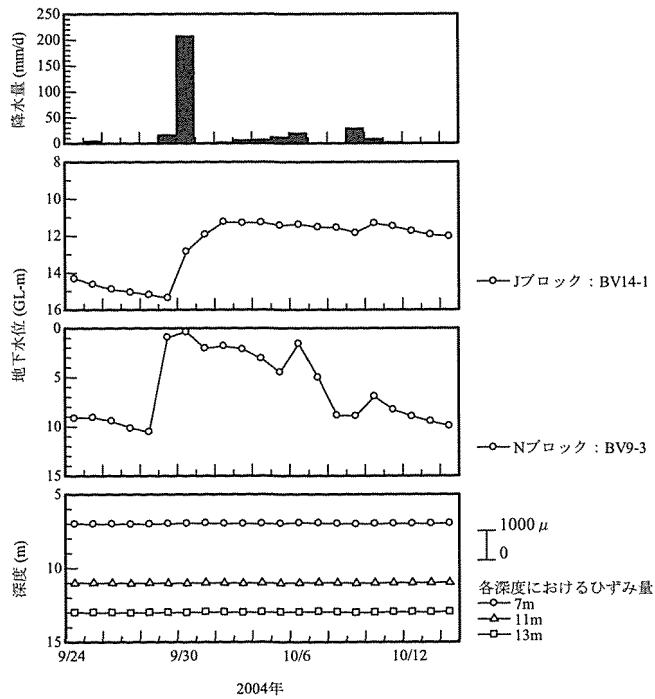


図5 事例2における土砂移動関連データの推移

く上昇し、9月30日の約200mmの降雨によってさらに上昇した。BV9-3Wは、BV14-1Wおよび事例1のBV17-1Wと異なり、期間内の降水量が最大値を記録した日に、遅延することなく最高地下水位を記録した。また、BV9-3Wは、地下水位の低下速度も他の孔と比較して大きく、無降雨日には低下傾向に転じた。

事例1のBV14-1Wは、事例2のそれに比べて約4GL-m低い。これは、2006年にJブロック内外で施工された水路工の効果によるもの(8)と考えられる。また、事例2のBV9-3Wは、事例1で示した同ブロック内下部のBV17-1Wと比較して、変動の幅が大きく、降雨に対する反応も敏感であることを示している。

以上、AMeDAS岩手松尾の記録的な豪雨時における、地下水位とひずみ変動量、および移動量の関係について述べ、当地すべりでは、夏季の記録的な豪雨時ですら土砂移動が発生することはほとんどなく、土砂移動の大部分は融雪期に発生することを示した。

両事例ともに、数十 μ のひずみ変動量は観測されたが、土砂移動の可能性を示すレベルの変動は見られなかった。事例1より、降雨に対しても地下水位の上昇は見られる。しかし、降雨終了後には低下傾向となり、融雪最盛期に確認されるような高水位での地下水位の維持は観察されなかった。地下水位が速やかに低下するのは、地すべり防止対策として施工されている、集水井工などの効果が表れているものと考えられる。事例2のBV9-3Wについても、事例1と同様な傾向が見られた。つまり、当地すべりにおける土砂移動の誘因として、上記の事例のような、短期的に供給される水量よりも、融雪最盛期の融雪水のような、連続して供給される水量が影響していると考えられる。

融雪最盛期と夏季では、連続した一定以上の水量が供給の有無や土壤の水分条件に違いがある。そのため、夏季には、地下水位が高水位で維持されず、土砂移動も発生しないと考えられる。

3. 基準地下水位の設定

上述したように、八幡平地すべりでは記録的な豪雨に対しても、土砂移動が発生しなかった。そして、その理由として、あるレベル以上での地下水位の維持がないことが考えられた。そこで、土砂移動の発生に影響を与える基準となる地下水位について検討した。この地下水位を基準地下水位(以下、基準水位と略記)とした。

基準水位は、図6に示したフローチャートにしたがい、以下の手順で設定した。また、以下の手順に述べられている超過地下水位(以下、超過水位と略記)は、ある日の地下水位と基準水位の差と定義した。超過水位は、正の値のみを有効とし、負の値の場合は、超過水位=0とした。基準水位と超過水位の概念図を、図7に示す。なお、図7中の単位期間は、ひとまとめにした日数であり、本研究では5日とした。

Jブロックの基準水位の設定の手順は、④仮の基準水位 x に、ID0の地下水位(13.5GL-m)

を代入する, ②仮の基準水位 y に, ID 1 の地下水位 (13.6GL-m) を代入する, ③仮の基準水位 x および y それぞれの場合について, 単位期間内の移動量の積算値と超過水位の積算値を比較し, 両者の関係から決定係数 r^2 を算出する, ④仮の基準水位 x のときの決定係数 $r^2[x]$, 仮の基準水位 y のときの決定係数 $r^2[y]$ の大きさを比較し, r^2 が大きい方の基準水位を x に代入する, ⑤IDの数を1増やし, その地下水位を仮の基準水位 y に代入する, ⑥ID20の地下水位 (15.5 GL-m) まで③から⑤の作業を繰り返す, ⑦⑥の繰り返し作業が終了したら, 仮の基準水位 x を出力し, それを最終的な基準水位とする。

Nブロックでは, 計算対象とする基準水位が, 5.8~6.5GL-m (ID 0~7) であることを除けば, Jブロックと同様の手順で最終的な基準水位を決定した。

ここで, 図8および図9に, 2006年4月29日から5月23日の25日間における, JブロックおよびNブロックの地下水位と移動量の関係を示す。なお, 図中の破線と破線の間が1つの単位期間を表しており, 当期間中には5個の単位期間がある。

図8より, Jブロックでは, 地下水位が高レベルで維持されている単位期間Aでは, 土砂移動が発生せず, 単位期間Aに比べて地下水位が低下した単位期間Cで土砂移動が発生した。つまり, Jブロックでは, 地下水位が上昇してから土砂移動が発生するまでに, 5日以上遅れがあることがわかる。一方, 図9より, Nブロックでは, 地下水位の上昇がみられた単位期間A, B, およびCで土砂移動が発生した。

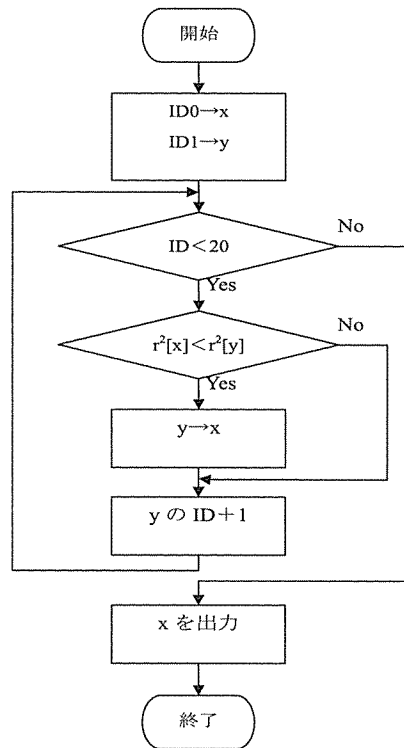


図6 基準水位設定のフローチャート (Jブロック: BV14-1)

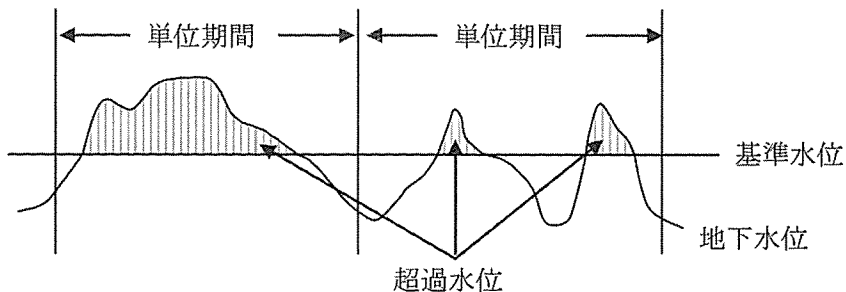


図7 基準水位および超過水位の概念図

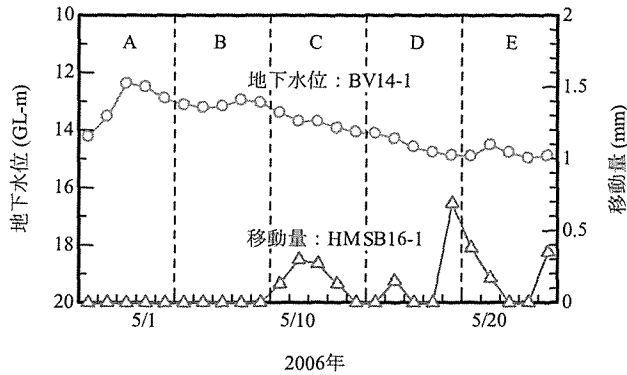


図8 Jブロックの反応の遅れ

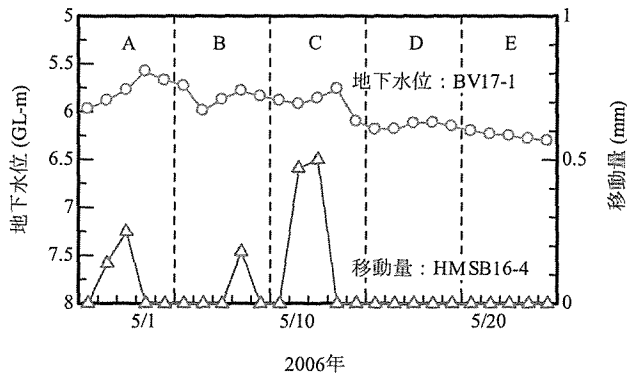


図9 Nブロックの反応の遅れ

以上から、同じ八幡平地すべりでもブロック間で移動のタイミングが異なることがわかった。そこで、上述の基準水位を設定手順④で、ある単位期間Nの超過水位の積算値と同単位期間Nの移動量の積算値の比較（以下、N~N関係と略記）だけでなく、単位期間N+1、単位期間N+2、および単位期間N+3の移動量の積算値の比較（それぞれ、N~N+1関係、N~N+2関係、およびN~N+3関係と略記）も行った。図8および図9では、単位期間Aの超過水位の積算値と単位期間A、B、C、およびDの移動量の積算値をそれぞれ比較したことになる。以下同様に、単位期間Bの超過水位の積算値と単位期間B、C、D、およびEの移動量の積算値をそれぞれ比較した。その結果、Jブロックでは、すべての仮の基準水位でN~N+2関係の相関が最も良好であった。一方、Nブロックでは、すべての仮の基準水位で、N~N関係のときに r^2 が最大となった。以上より、最終的な基準水位は、Jブロックが15.1GL-m、Nブロックが6.2GL-mと設定した。ある仮の基準水位の積算超過水位と積算移動量の比較結果の一例として、Jブロックでは15.1GL-mのときのもの、Nブロックでは6.2GL-mのものを図10および図11に示す。また、仮の基準水位と r^2 の関係も合わせて示す。

図12に、2006年3月から6月の、移動量と超過水位の関係を示す。図12から、Jブロックで

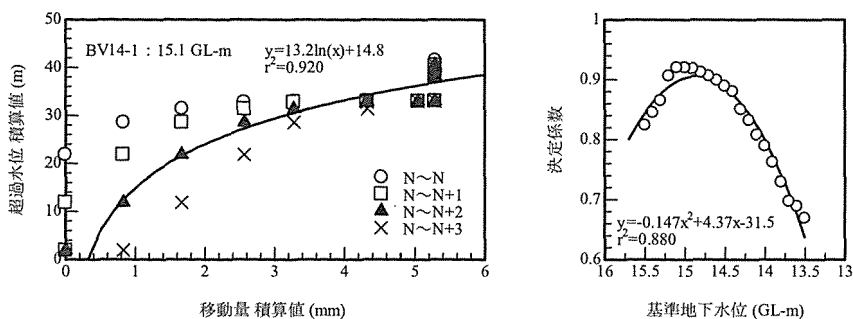


図10 BV14-1孔における基準地下水位 (単位期間 5日)

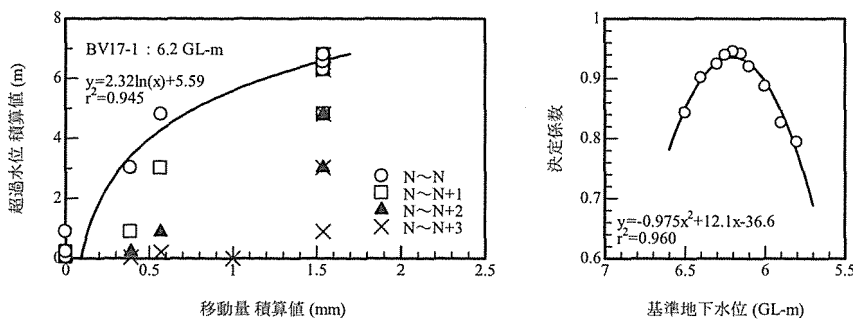


図11 BV17-1孔における基準地下水位 (単位期間 5日)

は、5月中旬から移動タイプAが発生したが、それに先立ちBV14-1Wで超過水位の発生がみられる。この土砂移動の遅延は、地下水位のピークから土砂移動の発生が5日以上遅れるJブロックの特徴に起因する。Nブロックでは、5月上旬から中旬にかけて、超過水位発生からほぼ遅延することなく、移動タイプAが発生している。つまり、移動タイプAが発生するときには、超過水位が発生しているということができる。よって、超過水位の発生を予測することができれば、移動タイプAについても予測が可能になると考えられる。

ただし、Jブロックでは4月上旬、Nブロックでは3月上旬から中旬にかけて、移動タイプBが発生した際には、超過水位が発生しておらず、超過水位の発生から移動タイプBについて説明することはできない。

4. 地下水位と地表供給水量の関係

融雪水量の予測から地下水位上昇の予測を行い、地すべり移動の予測を行うためには、任意の日あるいは単位期間内の積算地表供給水量と超過水位の関係を求める必要がある。任意の日の地表供給水量の絶対量から、超過水位発生の可能性を予測することは困難なことがわかった。そこで、単位期間内の積算地表供給水量と超過水位の関係を検討した。図13に示したのは、単位期間内の地表供給水量の積算値と超過水位の関係である。単位期間は5日とした。

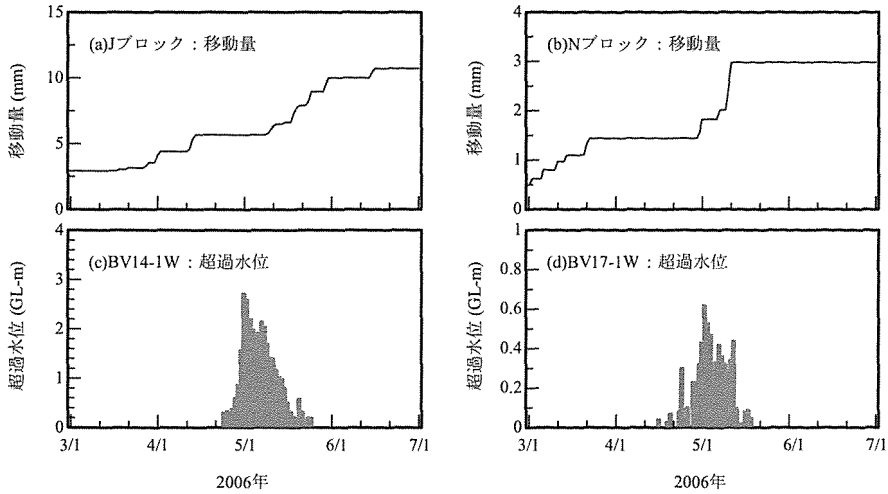


図12 移動量と超過水位の関係

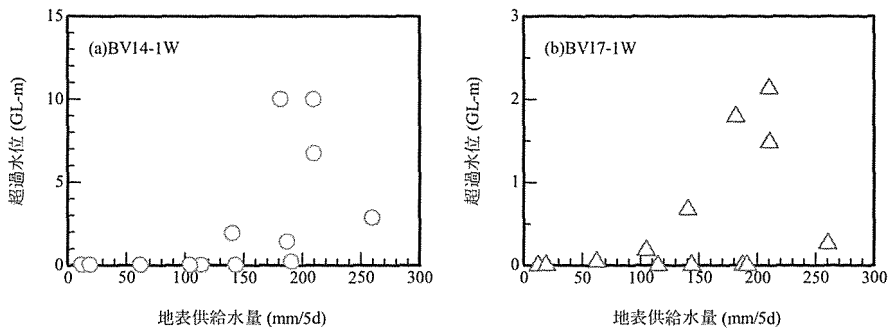


図13 単位期間内の積算地表供給水量と超過水位の関係

図13より、地表供給水量と超過水位に明瞭な関係がみられる。つまり、5日間の地表供給水量の積算値がJブロックでは140mm、Nブロックでは100mmを超えたときに、超過水位が発生するといえる。

図12に示したように、移動タイプAが発生したときには、超過水位の発生もみられた。つまり、単位期間内の地表供給水量を予測することができれば超過水位の発生予測につながり、さらに、移動タイプAの予測も可能になると考えられる。

5. 融雪初期の緩慢な移動について

上述したように、八幡平地すべりでは、融雪最盛期から消雪後にかけて急激な移動（移動タイプA）がある。また、移動タイプAに比べて移動量は小さいものの、融雪初期にも約1.0mm/月の緩やかな移動（移動タイプB）がある。図14に、2006年1月1日から3月31日の、Nブロックの移動量、地下水位（BV17-1W）、H5地点における地表供給水量、および地温の時系列

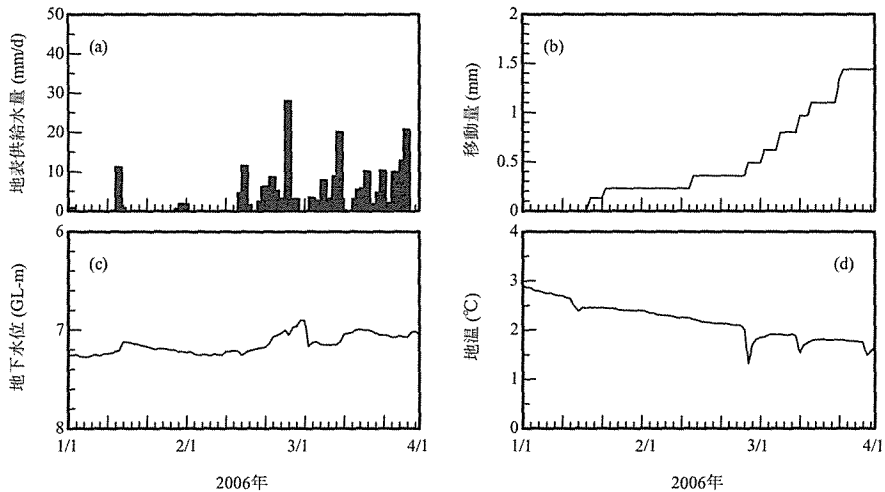


図14 厳冬期から融雪初期にかけての土砂移動関連データと地温の関係

変化を示す。

図14から、当期間では、BV17-1Wに著しい変動がみられず、6.8~7.3GL-mで推移している。地表供給水量が約30mm/dの2月26日の翌日に地下水位上昇がみられ、6.9GL-mとなっている。しかし、この地下水位は、BV17-1Wの基準水位6.2GL-mに達しておらず、超過水位が発生していないため、移動タイプBは、地下水位の上昇とは関連の薄い土砂移動と考えられる。

また、図14より、緩やかな土砂移動を開始する3月上旬に、地温が低下し約1.5°Cとなったことがわかる。すべり面粘土が、低温では強度が低下し、高温では強度が増加することが報告されている(8)。つまり、移動タイプBは、低地温に起因する土砂移動である可能性がある。

本研究では、すべり面に供給される水分は、すべて地表に由来すると仮定した。しかし、下部からすべり面に流入し間隙水圧を上昇させる融雪水の存在が指摘されている(9)。また、融雪初期でも底面融雪は発生している。そのため、こうした地下水が、全層地下水位の上昇を伴わずに、すべり面の間隙水圧を上昇させ、移動タイプBが発生した可能性も考えられる。

6. 時期別の土砂移動の誘因

これまで、八幡平地すべりでは、融雪初期と融雪最盛期では移動量、速度、および誘因などが異なることを述べた。当地すべりの1年を通じた移動特性をまとめると以下ようになる。

1) 厳冬期から融雪初期にかけて

融雪が盛んでなく、地表供給水量が少ないため、地下水位の著しい上昇がみられない。しかし、地温が低い状態が続くため、地すべり粘土の強度も低下していると考えられる。そのため、緩やかな土砂移動(移動タイプB)が発生する。

2) 融雪最盛期から消雪後にかけて

融雪の加速や降水形態が雨となることによる、水分の地表への連続的な供給があるため、地下水位は上昇し、高レベルで維持される。また、地温は約0℃となり、体積含水率も高い値で推移する。これらに伴い、急激な土砂移動（移動タイプA）が発生する。

3) 夏季から秋季にかけて

融雪最盛期のような連続した水分の供給がなく、また、融雪期に比べて地盤が乾燥している。地温が上昇し、すべり面粘土の強度が増大する。そのため、記録的な豪雨でも土砂移動がほとんど発生しない。

IV. まとめと今後の課題

岩手県盛岡広域振興局所管の八幡平地すべりで観測された地下水位、パイプひずみ計変動量、および移動量のデータを用いて、当地すべりの移動特性について検討し、「移動量と地下水位の関係」および「地下水位と融雪水量の関係」を解析した。

検討の結果、以下の知見が得られた。

- 1) 八幡平地すべりにおいて、土砂移動は融雪最盛期から消雪後にかけて発生し、夏季の記録的な豪雨でも移動しなかった。
- 2) 当地すべりでは、①地表供給水の増大、②地下水位の上昇、③ひずみ変動量の増大、④土砂移動という流れがあった。
- 3) 当地すべりでは、融雪最盛期に発生する急激な土砂移動（移動タイプA）と融雪初期に発生する緩やかな移動（移動タイプB）に大別できた。
- 4) 基準水位を設定し、夏季に土砂移動が発生しない理由を考察した結果、夏季には超過水位が発生しないこと、また、基準水位以上での地下水位の維持がないためであると考えられた。
- 5) 移動タイプAが発生するときは、超過水位が発生していた。
- 6) 移動タイプAに対して、土砂移動発生の基準となる地下水位（基準水位）を設定した（Jブロックで15.1GL-m、Nブロックで6.2GL-m）。また、基準水位と地下水位の差を超過水位と定義し、超過水位が発生する地表供給水量の閾値（Jブロックで140mm/5d、Nブロックで100mm/5d）が求められた。
- 7) 移動タイプBの発生原因として、低地温により地すべり粘土の強度が低下していた可能性が考えられた。また、下部からすべり面に供給された水分により間隙水圧が上昇した可能性も考えられた。

また、以下の課題が得られた。

- 1) 本研究で行った検討対象期間は2005/10/01～2006/10/31までの1年間である。今後はさ

らに検討対象期間を増やしていく必要がある。

2) 本研究では、全層地下水位のデータから、土砂移動の危険性を判断した。しかし、すべり面下部から流入する水分は、地下水位変動には現れにくいいため、間隙水圧計を設置することが望ましい。

今後は、融雪水量の予測から地下水位上昇の予測を行い、さらに、土砂移動の予測につなげるべく、天気予報を用いた融雪水量の予測手法について検討し、土砂移動の予測に対しての有効性を検討していく予定である。

謝 辞

本研究を進めるにあたり、岩手県盛岡広域振興局高橋憲康氏、同岩手出張所柴田秀則氏、基礎地盤コンサルタンツ(株)東北支社内海実氏、奥山ボーリング(株)森屋洋氏、(株)ジオシステムズ水津重雄氏には大変お世話になりました。ここに付記して謝意を表します。観測機器の設置およびメンテナンスなどにご協力頂きました、北日本測機株式会社の田村廣司氏に御礼申し上げます。最後に、気象要素観測を援助し、多くのご助言とご協力を頂いた岩手大学農学部森林防災工学研究室の皆様へ深く感謝し御礼申し上げます。

なお、本研究で用いた地すべり関連データは、岩手県盛岡地方振興局土木部が発注し、基礎地盤コンサルタンツ株式会社東北支社によって実施された業務で収集されたものである。あらためて感謝申し上げます。

引用文献

- (1) 小川内良人・山崎勉・山崎孝成・小原喜幸(1998) 八幡平地熱地帯に発生した大規模地すべりと熱水変質. 第37回日本地すべり学会研究発表会講演集: 11-14.
- (2) 財団法人 砂防・地すべり技術センター(1999) 平成10年度 融雪を考慮した土石流警戒避難基準検討業務報告書. 143pp. 東京.
- (3) 佐藤壽則・白石秀一・伊藤俊方(2004) 積雪期における新潟県内の第三紀層地すべりの運動特性. 地すべり41(1): 37-42.
- (4) 石丸聡・高見雅三・垣原康之(2001) GPS観測から得られた稲里アースフローの変動とそれを規定する水文条件. 第40回日本地すべり学会研究発表会講演集: 95-98.
- (5) 塚本良則・小橋澄治編(1991) 新砂防工学. pp.49. 朝倉書店, 東京.
- (6) 岩手県盛岡広域振興局土木部(2007) 平成18年度八幡平地区地すべり調査観測設計業務委託報告書(基礎地盤コンサルタンツ株式会社). 130pp. 岩手県.
- (7) 谷口敏雄監修・藤原明敏著(1994) 地すべり調査と解析改訂版. 222pp. 理工図書,

東京.

- (8) 柴崎達也・山崎孝成 (2007) スメクタイトに富む粘土の残留強度の温度依存性について. 第42回地盤工学研究発表会講演集: 203-204.
- (9) 森屋洋・羽沢大樹・阿部真郎 (2006) 10cm間隔のパイプ歪ゲージ観測から見た地すべり変動について. 第45回日本地すべり学会研究発表会講演集: 399-402.