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^{a)}

The behavior of the Tertiary landslides through the snowy period in Niigata Prefecture, central Japan

佐藤壽則^{b,c)*}・白石秀一^{b)}・伊藤俊方^{b)}

Hisanori SATO, Shuichi SHIRAISHI and Toshikata ITO

Abstract

Automatic observation systems have enabled us to obtain the detail data about the landslide motion during the snowy period. To understand the behaviors of the Tertiary landslides in Niigata Prefecture, we investigated the 65 data from the observation systems of the pipe strain or the multi-layer movement meter at 21 landslides. The behaviors were classified into five patterns based on the temporal variation of the landslide motion. Furthermore, these data show that the 40% of the landslides started sliding in November or December and the few landslides (<5%) started sliding in the spring snowmelt period. This fact suggests that the infiltration of snowmelt water into the underground isn't a trigger for the starting of the landslide movement. We emphasize that the findings of landslides in the spring snowmelt period are different from the actual occurrences of landslides.

Key words : Tertiary landslide, automatic observation system, strain meter, snowy period

和文要旨

自動観測システムは積雪期における地すべり運動に関する詳細なデータの入手を可能にしている。新潟県の第三紀層地すべりの挙動を理解するため、21の地すべり地におけるパイプひずみ計あるいは多層移動量計の観測データ65事例を検討した。地すべり運動の経時変化の特徴に基づいて、地すべりの挙動は5パターンに分類された。さらに観測データから、地すべり全体の40%は積雪前の11月から12月に活動を開始し、融雪期にはじめて活動を開始する地すべりはわずか5%未満であることが判明した。このことは、融雪期における融雪水の地下浸透が、地すべり活動開始の原因ではないことを示唆する。融雪期における地すべりの発見は、実際の地すべり発生とは異なる。

キーワード: 第三紀層地すべり, 自動観測, ひずみ計, 積雪期

1. はじめに

新潟県の山間地には、泥岩・砂岩・凝灰岩を主体とする第三紀層が広く分布している。また、本県は日本海側でも有数の積雪地域である。

このような地域に見られる地すべりの多くは、融雪が進むにつれて地表面が現れ、亀裂等の現象が確認されることにより「地すべりが発生した」と認識される。また、ジャーナリズムを騒がせる大規模な破壊的地すべりもこの時期に発生することが多い。このことから、積雪地域の地すべりは融雪期に活動すると思われがちで、「融雪地すべり」という用語も使われている。

一方、11~12月の降雪開始期にもしばしば地すべりが発生することがあり、さらに降雪の進行とともに地すべり活動が停止する例も見られる。このように、積雪期における地すべりの運動特性については、多様であることが推察される。

従来、地すべりの移動量や地下水位等の観測は手動計測が主体であり、冬期積雪下の情報はほとんど得られていなかった。しかし、近年は自動観測機器が進歩・普及し、積雪下における連続的データが多く収集・蓄積されるようになった。

そこで本論文では、冬期間を含めた通年にわたる移動量観測の結果から、新潟県における積雪期の第三紀層地すべりの運動特性について考察する。

2. 雪と地すべり活動の研究史

新潟県では雪と地すべり活動の関係が古くから議論されている。そのほとんどは、融雪期に発生する地すべりの発生機構を明らかにしようとするものである。

その中で最も古いものは、新潟県の地すべり調査・研究の黎明期に高野(1960)が論究している³⁾。そのなかでは、融雪は地すべりの原因としての降水の一部として取り扱われ、融雪量と地すべり発生の関係について論じられている。

1970年代に入ると、当時の建設省土木研究所新潟試験所のメンバーにより、積雪特性・融雪特性と地すべりの関係が研究され、白石(1988)に整理されている⁴⁾。それによると、「融雪期前に移動し融雪期に移動を示さない地すべり」と、「融雪期前に移動を示さず融雪期に移動を示す地すべり」について、発生機構がそれぞれ考察されている。

一方、1980年代に入ると、長岡技術科学大学の小川を中心とするグループが、融雪期の間隙水圧変化を連続的に捉える必要性を強調し、長岡市周辺の地すべり地で行った観測結果を公表した⁵⁾。青山ほか(1984)は、融雪により地すべり土塊中の間隙水圧が上昇することを初めて観察し報告している⁶⁾。

* 連絡著者／corresponding author

a) 地すべり学会第35回"および37回"研究発表会にて一部口演

b) 株式会社 日さく 新潟支店

Nissaku Co., Ltd., Niigata Branch

〒950-0891 新潟市上木戸1-10-1

1-10-1, Kamikido, Niigata, 950-0891, Japan

c) 新潟大学大学院自然科学研究科

さらに, 1990年代に入ると, 当時の農林水産省林野庁森林総合研究所の松浦を中心とするグループが, より多様な気象データと地表・地下の移動観測結果により, 融雪の特性を明らかにするとともに, 積雪と移動量の関係についてのデータを収集・解析している。その結果は, 松浦 (1998) に総括的にまとめられている⁷⁾。

また, 1990年代後半以降になると, 自動観測データに基づいた地すべり発生機構の検討が行われるようになり, 各地の地すべりで研究発表がなされている。このようななか, 丸山ほか (1998) は新潟県の沖見・猿供養寺地すべり地において, 積雪初期・積雪増加期・融雪期に分けて地すべり発生機構の検討を行っている⁸⁾。

しかし, 積雪期における第三紀層地すべりの運動特性について, 広域的なデータに基づいて論じた例は少ない。

3. 調査方法

積雪期における第三紀層地すべりの運動特性の傾向を捉えるため, 通年にわたって地中変位・移動量の自動観測が行われた過去10年分の新潟県内各地のデータを収集した。これらはいずれも新潟県による機構調査で設置された観測孔で, 新たに地すべり防止工事が施工される前のデータを主体とした。

地すべりの移動を捉える計器はパイプひずみ計が主体であるが, 移動杭観測等で移動量が大いことが明らかな場合は, ワイヤ式多層移動量計を設置して計測した。いずれもメモリーカード交換式のデータ収録器を用いた自動観測システムにより, 年間を通して観測を行った。

そして, 観測データの中から地すべりの移動を捉えた事例を, 次の5点に留意して抽出した。

- ① 1年以上の連続したデータであること。

- ② 地すべり防止工事が施工されていないこと。

- ③ 回帰性の変動でないこと。

- ④ 1ヶ月以上累積変動がみとめられる場合を1事例とする。

- ⑤ 2回の変動の間隔が2ヶ月以内の場合は1事例にまとめる。

抽出した事例は, 蒲池・宇津保・松之山をはじめ21地区の32孔, 65事例におよぶ(表-1)。各事例について横軸を時間, 縦軸をひずみ・変位量としたグラフを作成し, グラフの変化状況を比較した。また, グラフには近傍の気象観測地点における日降水量・積雪深もあわせて示した。

4. 調査結果

4.1 積雪期の変動パターン

4.1.1 変動パターンの分類

グラフの変動パターンの類似性から, 積雪期の運動パターンは次の5つに分類できる。なお, ここでは積雪期を積雪初期(降雪・融雪が繰り返す時期), 積雪増加期(積雪深が増す時期), 融雪期(連続的に積雪深が減る時期)に分けている。

① 積雪期一定速度型

積雪初期の11~12月に活動を開始し, 融雪期となる3~4月まで変動速度がほぼ一定で, かつ継続的に変動するタイプである。松之山地すべりをはじめ, 岩神・尾神・旭平地すべりなどでみとめられる(図-2)。

② 積雪期加速型

11~12月に緩やかに活動を開始し, 融雪期に近づくにつれて変動速度が速くなるタイプである。さらに細かく見ると, 徐々に変動速度が増す場合や, ある日を境に変動速度が急激に増す場合, 積雪初期よりも4ヶ月も前の

図-1 位置図
Fig. 1 Location map

表-1 調査結果一覧表
Table 1 Results of investigation

	地区名	所在地	ブロック	孔番号	深度	計測手段	積雪期の活動	活動開始	備考
1	蒲池	糸魚川市蒲池	D6	BV8-2	20m	パイプひずみ計	加速型	96/12/16	A
2	蒲池	糸魚川市蒲池	D6	BV8-2	20m	パイプひずみ計	加速型	97/10/30	A
3	蒲池	糸魚川市蒲池	D6	BV8-2	20m	パイプひずみ計	加速型	98/11/20	A
4	蒲池	糸魚川市蒲池	D5	BV10-1	10m	パイプひずみ計	加速型	98/09/15	A
5	塚	糸魚川市東塚	E5	BV6-1	16m	パイプひずみ計	加速型	94/11/28	A
6	越	糸魚川市越	K1	BV10-2	6m	パイプひずみ計	一定速度型	02/10/30	A
7	八幡	新井市上平丸	J6	BV6-2	4m	パイプひずみ計	加速型	94/11/28	
8	八幡	新井市上平丸	J6	BV6-2	4m	パイプひずみ計	加速型	96/01/07	
9	八幡	新井市上平丸	G5	BV9-2	4m	パイプひずみ計	加速型	98/06/10	
10	長沢	新井市長沢	B4	BV6-6	11m	パイプひずみ計	一定速度型	94/12/17	
11	アミダ	新井市上小沢	II A-1	BV8-2	18m	パイプひずみ計	一定速度型	96/11/13	
12	アミダ	新井市上小沢	II A-2	BV8-4	19m	パイプひずみ計	融雪期型	97/02/28	
13	アミダ	新井市上小沢	II A-2	BV10-1	20m	パイプひずみ計	積雪初期型	98/11/29	
14	栗沢下	板倉町栗沢	Mu-3	BV7-1	8m	パイプひずみ計	融雪期型	96/03/02	
15	栗沢下	板倉町栗沢	Mu-3	BV7-1	8m	パイプひずみ計	融雪期型	97/02/27	
16	栗沢下	板倉町栗沢	Mu-3	BV7-1	8m	パイプひずみ計	融雪期型	98/02/23	
17	宇津俣	牧村宇津俣	石倉中部2	BV6-1	7m	多層移動量計	積雪初期型	94/11/28	B
18	宇津俣	牧村宇津俣	石倉中部2	BV6-1	7m	多層移動量計	加速型	95/07/11	B
19	宇津俣	牧村宇津俣	石倉中部2	BV6-1	7m	多層移動量計	加速型	96/08/11	B
20	宇津俣	牧村宇津俣	石倉中部1	BV6-2	5m	多層移動量計	積雪初期型	94/11/09	B
21	宇津俣	牧村宇津俣	石倉中部1	BV6-2	5m	多層移動量計	加速型	95/07/11	B
22	宇津俣	牧村宇津俣	石倉中部1	BV6-2	5m	多層移動量計	加速型	96/06/27	B
23	四方倉	牧村岩神	B1	BV8-4	5m	パイプひずみ計	一定速度型	96/10/15	
24	四方倉	牧村岩神	B1	BV8-4	5m	パイプひずみ計	一定速度型	97/06/29	
25	四方倉	牧村岩神	B1	BV8-4	5m	パイプひずみ計	加速型	98/07/10	
26	岩神	牧村岩神	K1	BV7-2	6m	パイプひずみ計	一定速度型	95/11/03	A
27	岩神	牧村岩神	K1	BV7-2	6m	パイプひずみ計	加速型	96/06/25	A
28	岩神	牧村岩神	K1	BV7-2	6m	パイプひずみ計	一定速度型	97/10/02	A
29	よしお	牧村下毘子	A1	BV6-2	10m	パイプひずみ計	積雪初期型	94/11/16	A
30	よしお	牧村下毘子	A1	BV6-2	10m	パイプひずみ計	加速型	95/07/12	A
31	よしお	牧村下毘子	C2	BV7-1	6m	多層移動量計	加速型	96/06/28	A
32	よしお	牧村下毘子	C2	BV7-1	6m	多層移動量計	加速型	97/07/16	A
33	よしお	牧村下毘子	C5	BV7-2	9m	多層移動量計	積雪初期型	97/01/10	A
34	坪山	牧村坪山	M4	BV6-3	7m	パイプひずみ計	積雪初期型	94/10/18	A
35	坪山	牧村坪山	M4	BV6-3	7m	パイプひずみ計	加速型	95/07/12	A
36	向秀平	安塚町向秀平	G2	BV7-3	4m	パイプひずみ計	一定速度型	95/11/20	A
37	戸沢	安塚町戸沢	C	BV4-8	18m	パイプひずみ計	一定速度型	95/12/25	
38	大山	大島村田麦	田麦	BV10-4	21m	パイプひずみ計	2段階型	99/12/15	A
39	松之山	松之山町光間	B-1	BV3-2	9m	パイプひずみ計	一定速度型	94/12/16	A
40	松之山	松之山町光間	B-1	BV3-2	9m	パイプひずみ計	一定速度型	95/12/19	A
41	松之山	松之山町光間	B-1	BV3-2	9m	パイプひずみ計	一定速度型	97/01/18	A
42	松之山	松之山町光間	B-1	BV3-2	9m	パイプひずみ計	一定速度型	99/01/03	A
43	松之山	松之山町光間	B-1	BV3-2	9m	パイプひずみ計	一定速度型	99/12/09	A
44	松之山	松之山町光間	B-1	BV3-2	9m	パイプひずみ計	一定速度型	00/12/20	A
45	松之山	松之山町光間	B	BV3-3	17m	パイプひずみ計	一定速度型	94/12/16	A
46	松之山	松之山町光間	B	BV3-3	17m	パイプひずみ計	一定速度型	95/12/28	A
47	松之山	松之山町光間	B	BV3-3	17m	パイプひずみ計	一定速度型	99/01/04	A
48	松之山	松之山町光間	B	BV3-3	17m	パイプひずみ計	一定速度型	99/12/11	A
49	松之山	松之山町光間	B	BV3-3	17m	パイプひずみ計	一定速度型	00/12/23	A
50	尾神	吉川町尾神	VI-1	BV7-2	8m	パイプひずみ計	一定速度型	96/10/08	A
51	尾神	吉川町尾神	VI-1	BV7-2	8m	パイプひずみ計	一定速度型	98/07/05	A
52	尾神	吉川町尾神	VI-1	BV7-2	8m	パイプひずみ計	積雪初期型	99/09/12	A
53	尾神	吉川町尾神	IV-4	BV9-2	5m	パイプひずみ計	一定速度型	98/12/08	A
54	尾神	吉川町尾神	IV-4	BV9-2	5m	パイプひずみ計	一定速度型	99/10/25	A
55	尾神	吉川町尾神	IV-4	BV9-2	5m	パイプひずみ計	2段階型	00/09/11	A
56	旭平	柿崎町旭平	C1	BV10-3	6m	パイプひずみ計	加速型	98/12/28	A
57	旭平	柿崎町旭平	C1	BV10-3	6m	パイプひずみ計	2段階型	99/09/14	A
58	旭平	柿崎町旭平	C3	BV11-4	12m	パイプひずみ計	一定速度型	99/11/16	A
59	旭平	柿崎町旭平	C3	BV11-4	12m	パイプひずみ計	一定速度型	00/07/15	A
60	旭平	柿崎町旭平	C3	BV11-4	12m	パイプひずみ計	一定速度型	01/08/21	A
61	栗山沢	栃尾市栗山沢	B	BV6-3	12m	パイプひずみ計	一定速度型	94/11/25	A
62	栗山沢	栃尾市栗山沢	A3	BV11-1	10m	パイプひずみ計	加速型	99/09/16	A
63	東中野俣	栃尾市東中野俣	VIIa	BV7-2	11m	パイプひずみ計	加速型	95/10/16	
64	東中野俣	栃尾市東中野俣	VIIa	BV7-2	11m	パイプひずみ計	積雪初期型	96/09/14	
65	荒谷	川口町荒谷	L5	BV13-2	9m	パイプひずみ計	一定速度型	01/08/10	A

備考欄 A: 「新潟県地すべり災害記録」⁹⁾による検索と新潟大学積雪地域災害研究センターにおける閲覧が可能B: (社)日本地すべり学会新潟支部第31回現地検討会資料¹⁰⁾に公表

梅雨期から緩慢ながら活動を開始する場合などが含まれる。八幡地すべりをはじめ、蒲池・四方倉・栗山沢地すべりなどでみとめられる(図-3)。

③ 積雪初期活動型

11~12月に活動を開始し、積雪深が最大となる積雪増加期(1月中旬~2月中旬)には活動が収束する変動パターンを示すタイプである。坪山地すべりをはじめ、よしお・尾神・東中野俣地すべりなどでみとめられる(図-4)。白石(1988)が指摘する「融雪期前に移動し融雪期に移動を示さない地すべり」に相当する。伊藤ほか(2003)は、宇津俣地すべりにもみられると報告している¹¹⁾。

図-2 積雪期一定速度型の例(松之山地すべり)
Fig. 2 Type of steady change in snowy period
(Example: Matsunoyama landslide)

図-3 積雪期加速型の例(八幡地すべり)
Fig. 3 Type of accelerate change in snowy period
(Example: Yahata landslide)

図-4 積雪初期活動型の例(坪山地すべり)
Fig. 4 Type of activity in the early days of snowy period
(Example: Tsuboyama landslide)

④ 融雪期活動型

最大積雪深を記録した後の3~4月(いわゆる融雪期)のみ変動を示すタイプである。栗沢下およびアミダ地すべりでみとめられる(図-5)。

⑤ 積雪期2段階活動型

積雪初期の11~12月に活動を開始し、積雪深が深くなる積雪増加期(1月~2月)には活動が一旦収束した後、融雪期となる3~4月に再び活動する変動パターンを示すタイプである。大山地すべりをはじめ、尾神・旭平地すべりでみとめられる(図-6)。白石(1988)が指摘する「融雪期前に移動を示さず融雪期に移動を示す地すべり」に相当する。

4.1.2 各変動パターンの割合

各変動パターンの全体に占める割合を示すと、図-7のようになる。今回調査した限り、積雪期一定速度型と積雪期加速型がそれぞれ45%・32%と多く、二つ合わせて全体の8割近くを占めた。一方、3~4月だけに変動を示す融雪期活動型は、全体のわずか6%を占めるに過ぎなかった。

4.2 活動開始時期

自動観測によって毎日の変動が記録されるということは、活動を開始した時期が特定できることを意味する。2ヶ月以上の平穏状態から累積変動が始まった日を活動開始日とした場合、活動開始日を月別のヒストグラムに

図-5 融雪期活動型の例(栗沢下地すべり)
Fig. 5 Type of activity in the spring snowmelt period
(Example: Kurisawasita landslide)

図-6 積雪期2段階活動型の例(大山地すべり)
Fig. 6 Type of two-stage activities in snowy period
(Example: Oyama landslide)

図-7 積雪期における各変動パターンの割合
Fig. 7 The percentage of each behavior patterns of behavior in snowy period

図-8 地すべり発生と活動開始時期の月別割合
Fig. 8 The percentage of the occurrence of landslide and the beginning of movement, each month

あらわすと、図-8のようになる。なお、新潟県内で1976～1997年に発生した地すべり件数の月別割合¹²⁾もあわせて示した。

これによると、地すべり活動を開始するのは11～12月の積雪初期が圧倒的に多く、この2ヶ月で全体の40%を占める。一方、融雪期の3～4月にはじめて活動を開始するのは、全体の5%にも満たない。4月にピークがあらわれる地すべり発生件数のヒストグラムと比べると、全く異なった分布を示している。

5. 考察

5.1 地すべり活動開始と地すべり発生

一般的に積雪地域の地すべりは、3～4月の融雪期に発生すると言われている。これは、積雪下での観測が困難を極めるため、行政がまとめる地すべり発生件数等の統計資料を主体に地すべり発生時期が議論されてきた影響が大きい。このため、科学的根拠が薄いま、融雪と地すべりの関係がみつめられるようになり、「融雪地すべり」という用語さえ一般化している。

しかし、これらの統計資料は、出先機関等から報告される災害報告の集計である。災害であるから、人家や道路・河川・農地等の保全対象に被害が発生した場合、あるいは融雪の進行で被害が発見された場合に報告される。したがって、わずかな兆候がみられただけの場合や、保全対象に直接被害が及ばない場合、地下で変状が進行し

た場合は報告されないことが多い。つまり、行政がまとめた統計資料は、必ずしも地すべりの真の活動開始時期を示すものとは言えない。

パイプひずみ計等の観測結果を統計的にみると、全体の40%以上が積雪初期である11～12月に活動を始めている。そして、梅雨期からわずかながら活動を開始する例を含めると、全体の90%以上が3～4月の融雪期以前に活動を開始している。つまり、積雪地域のほとんどの第三紀層地すべりが、融雪期以前にはすでに活動を始めており、融雪期にはじめて活動を開始する例は少ないと言える。

このように、行政の統計資料と実際の観測結果では、地すべり発生時期で異なったピークがあらわれる。これは、「地すべり発生」という現象に対し、行政的な側面と科学的な側面とで、認識が異なっていることに起因する。「地すべり発生」を保全対象に被害が発生した場合とするならば、移動観測計器による累積変動が始まったときを「地すべり活動開始」とし、「地すべり発生」と区別する必要がある。

5.2 融雪と地すべり

一般的に、積雪地域で発生する地すべりの多くは、3～4月の多量の融雪水が地下に浸透することにより、すべり面に過剰な間隙水圧が作用することが主な原因であると説明されている。

しかし、観測結果では全体の9割以上が融雪期以前に地すべり活動を開始している。前述した変動パターンを見ると、積雪初期活動型は融雪期に変動を示さず、積雪期一定速度型も融雪期に変動速度を増すことはない。つまり、この2つのパターンは、3～4月の融雪とは関係が薄いと考えてよい。

一方、融雪期活動型、積雪期加速型および積雪期2段階活動型は、融雪期に顕著な累積変動が開始または増大することから、3～4月の融雪（融雪水の地下浸透）と関係があると推察できる。

なお、積雪期加速型と積雪期2段階活動型については、融雪期の前にすでに地すべり活動を始めていることを見逃せない。「融雪地すべり」が発生した際に住民の話を聞くと、地すべり発生箇所では前年の秋あるいは夏にすでに亀裂が発生しており、前兆現象があったという証言が得られることが多い。このような積雪期前に発生した亀裂などから融雪水が浸透し、移動速度を速めて「融雪地すべり」のような破壊的な地すべりへと進行すると考えられる。

つまり、融雪期にあたる3～4月の融雪水の地下浸透は、破壊的な地すべりを発生させる原因になり得るが、「地すべり活動を開始」させる原因とはならない場合が多いと考えられる。

5.3 変動の反復性

今回調査を行ったほとんどの地区では、調査ボーリングが終了してから1～2年後に地すべり防止工事が施工

されている。このため、変動の反復性について考察するデータは不足しており、3年以上の期間にわたって地すべり防止工事が施工されていない事例をさらに集める必要がある。

しかし、松之山地区・蒲池地区と栗沢下地区では、パイプひずみ計レベルの微弱な変動ではあるが、3年以上連続して毎年同じ時期に同様の変動パターンを示す現象がみとめられている(図-9)。また、2年連続して同じ時期に同様の変動パターンを示した事例は半数以上に上る。さらに、松浦(1999)は安塚町の伏野地すべりにおいて、孔内多層伸縮計による移動量の大きい地すべりの変動の反復性について報告している¹³⁾。

これらのことから、移動量の大小の差はあっても、毎年同じ時期に活動を開始し、同様の変動パターンを示す地すべりが多いと類推できる。また、このことは、毎年定期的に繰り返される何らかの因子が、地すべり活動を開始させるのに直接影響を与えていると考えられる。

丸山ほか(2001)は、このような反復性の機構について考察している¹⁴⁾。そのなかでは、間隙水圧の増大だけでなく、すべり面粘土中のスメクタイトや砂の含有量にも着目している。今後はこのような因子も含め、さらに多くの事例について検討する必要がある。

6. まとめと今後の課題

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について、観測結果および考察は次のようにまとめられる。

- ① 積雪期の変動パターンとして、積雪期一定速度型、積雪期加速型、積雪初期活動型、融雪期活動型、積雪期2段階活動型の5つに分類できる。
- ② 地すべり活動を開始するのは11~12月の積雪初期が多い。
- ③ 「地すべり発生」と「地すべり活動開始」を区別して議論すべきである。
- ④ 地すべり活動開始が融雪期より前にある点を考慮すると、地すべり活動開始は融雪水の地下浸透とは

関係が薄いと言える。

- ⑤ 毎年同じ時期に活動を開始し、同様の変動パターンを示す地すべりが多い可能性がある。

なお、本論文では地すべり活動を開始させる直接の原因や、多様な変動パターンが生じる原因については触れていない。新潟県の第三紀層地すべり地のような粘性土や泥岩主体の難透水性の地質が分布する地域では、融雪水が地下へ短時間で浸透してただちに地すべりが活動を開始するとは考えにくい。これらの原因は、融雪期における融雪水の地下浸透以外の要因による影響が大きいと考えられる。今後は気象・間隙水圧・深層地下水・積雪荷重あるいは土質的側面など、さまざまな角度からさらに検討する必要がある。

謝辞

本論文を発表するにあたり、新潟大学積雪地域災害研究センターの渡部直喜博士には適切な助言を頂いた。新潟県土木部砂防課ならびに農林水産部治山課には、資料の公開について許可を頂いた。以上の方々にはお礼を申し上げる。

また、本研究の途中で他界した故田中慎一郎氏には、あらためて哀悼の意を表する。

参考文献

- 1) 植田勇人・渡辺英樹・伊藤俊方・寺川俊浩(1996): 豪雪地域における積雪期の地すべり挙動特性, 第35回地すべり学会研究発表講演集, pp.297-300.
- 2) 田中慎一郎・佐藤壽則・瀬野豊昌(1998): 新潟県東頸城~西頸城地域における地すべりの活動開始時期について, 第37回地すべり学会研究発表講演集, pp.63-66.
- 3) 高野秀夫(1960): 地すべりと防止工法, 地球出版.
- 4) 白石一夫(1988): 積雪期の地すべり発生要因, 地すべり学会新潟支部第16回シンポジウム資料, pp.30-40.
- 5) 小川正二・池田俊雄・亀井健史・和田正・平松俊英(1988): 濁沢地すべり地における融雪水・間隙水圧・地下水位・地温の変動特性, 地すべり, Vol.25, No.1, pp.21-27.
- 6) 青山清道・中俣三郎・小川正二(1984): 新潟県における地すべりと雪の相関に関する検討, 地すべり, Vol.21, No.2, pp.11-16.
- 7) 松浦純生(1998): 融雪を誘因とした地すべり発生予測における諸問題, 地すべり, Vol.34, No.4, pp.39-46.
- 8) 丸山清輝・飯田正巳・加藤信夫(1998): 積雪期の地すべり発生に関する検討, 土木技術資料, Vol.40, No.2, pp.32-37.
- 9) (社)日本地すべり学会新潟支部(2003): 地すべり調査報告書(新潟大学所蔵ダイジェスト版)リスト, 新潟県地すべり災害記録(2003年版)CD-ROM.
- 10) (社)日本地すべり学会新潟支部(2003): 宇津俣地すべり, 第31回地すべり現地検討会資料.
- 11) 伊藤俊方・小松原岳史・佐藤修(2003): 第三紀層地すべり地の高濃度地下水の特性, 地すべり, Vol.39, No.4, pp.1-8.
- 12) 地すべり学会新潟支部(1998): 新潟の地すべり'98, p.13.
- 13) 松浦純生(1999): 暖温帯多雪地帯における融雪と地すべりの移動特性, 豪雪地帯における地すべり挙動の地域特性とその対策発表論文集(日本雪工学会), pp.45-53.
- 14) 丸山清輝・安藤達弥(2001): 第三紀層地すべりの発生機構, 第40回地すべり学会研究発表講演集, pp.131-134.

(原稿受付2003年10月6日, 原稿受理2004年4月7日)

図-9 変動が反復する例(松之山地すべり)
Fig. 9 A case of the change repeats it
(Example: Matsunoyama landslide)