

II-22

札幌市豊平川上流の白井川地すべりと石狩川流域の土砂生産源としての地すべり地の役割

北海学園大学工学部	正員	山口 甲
新潟大学理学部		山岸 宏光
株式会社シン技術コンサル	正員	○ 山崎 文明
株式会社シン技術コンサル		畑本 雅彦

1. はじめに

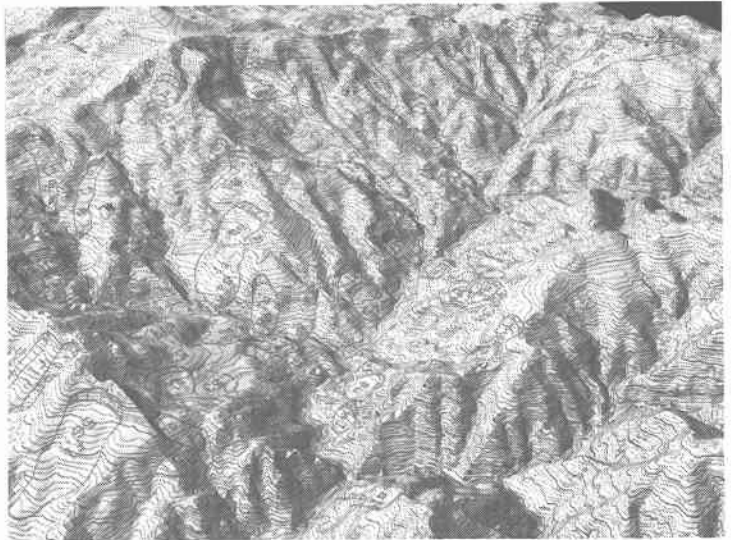
札幌市豊平川上流域（第1図）は大規模な地すべり地形が分布していることが知られている（羽田野、1974；山岸、1993）。この流域のひとつである白井川の左岸山腹斜面において、1995年5月頃、流動タイプの地すべりが発生し、その末端は白井川河床に達した。本文では、この流域に分布する地すべり地の分布、面積、運動形態、および、この白井川地すべりの発生形態を空中写真や画像解析を通じて、過去からの変遷過程を検討した。

また、この地すべりが河床にまで到達したことは、土砂生産量の基本を表層崩壊のみにおいてきた考えを大きく変えざるを得なくなってきた。つまり、最近発生した八幡平澄川地すべりは旧地すべりの再活動であるが、同時に土石流も発生させた（佐々木ほか、1998）こと、白

井川に近い豊平川上流においても無意根山小屋からの地すべり地（Yamagishi, 1990）は下流部（宝来沢）で土石流堆となっている（第2図）ことなどから、地すべり地が河川への土砂生産源として無視できない存在であることをあらためて明らかにした。そこで、本文の最後に、白井川流域を含む石狩川流域のなかのダム流域の堆砂量データを使用して、これらの流域の地すべり地と崩壊地の個所数などを比較検討したい。



第1図 位置図



第2図 白井川流域の地すべり三次元分布

Study on Shiraigawa Landslides in the upper stream of the Toyohira River, Sapporo, and a role of debris production of landslides in the Ishikari River System

By Hajime YAMAGICHI, Hiromitsu YAMAGISHI, Fumiaki YAMAZAKI, Masahiko HATAMOTO

2. 地すべり地形の運動タイプの分類

とくに、白井川流域全体の地すべり地形について、1985年6月—9月に撮影された空中写真(林野85-25;モノクロ、1:16,000)を判読して、作成したものが第3図である。この判読では、山岸が米軍写真で判読したもの(「北海道の地すべり地形」では74箇所)と比べて、個所は1.5倍近くになっている(合計105箇所)。



第3図 流域の土砂移動形態

また、この判読に際しては、地すべり地形の場合、その滑落崖と移動土塊を認識し、運動タイプをスライド(SI)、スランプ(Su)、フロー(FI)とその組み合わせのもの(たとえばSI+Su)に区分した。そのタイプ区分によると、スライドタイプが41箇所、スランプタイプが18箇所、フロータイプが46箇所であった。

また、崩壊地については、谷壁のものと地すべり地末端のもの裸地化しているものは比較的新しいとした。また、地すべり

地末端の崩壊については、植生のあるものは非活動的(D)、裸地化しているものは活動的(A)とした(第1表)。この地すべり地末端の崩壊が新しい(活動的)ということは、降雨もさることながら地すべりそのものの活動により形成された可能性もあり、不動岩盤斜面の谷壁崩壊と比べて不安定土砂生産のポテンシャルは桁違いに大きいことを示している。

第1表 運動タイプ別地すべりと崩壊

運動タイプ		箇所数
地すべり	スライド :Slide	41
	スランプ :Slump	18
	フロー :Flow	46
	末端が活動(上記3タイプの内)	9
	末端が非活動(上記3タイプの内)	8
崩壊	新しい(裸地)	74
	古い(草木あり)	129

3. 従来の土砂生産源の考え方

従来、山地河川流域で生産される土砂の発生源は、河床の洗掘、地表面の浸食、山腹斜面からの崩壊が主な要因とされてきた。特に、崩壊は直接河道に流出するケースが多いため土砂生産としてのインパクトが強いものと評価されてきた。また、河道に到達できず山腹の途中で留まっている崩壊残土及び崩壊開析表面は

裸地化しているため、降雨による表面流と雨滴衝撃との共同作用によって高濃度な泥流となって山腹斜面や溪流を流下しやすいく、河道に流出する影響が大きいくと考えられてきた。しかし、最近発生した札幌市豊平川上流の白井川地すべりの末端は、白井川の河床まで達したこと、豊平川上流の宝来沢では、無意根山東側から発生した地すべりの末端から土石流化したことがわかっていること、また、1995年に発生した八幡平地すべりでは、発生と同時に、その末端から土石流に移化したこと（佐々木ほか、1998など）などから、崩壊のみならず地すべり地も土砂生産としての役割は無視できない。

従って、以下に白井川地すべりを例として、1947年(S22)から1995年(H7)までの48年間に多様な運動形態をとりながら変動し続け、ついには末端が河道に到達した移動形態について検討した。

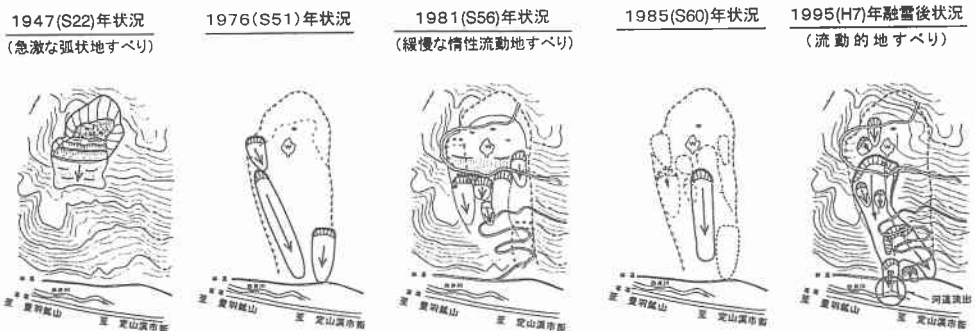
4. 白井川地すべりの発生と河道流出までの変遷

白井川地すべりは1995年5月頃、白井川左岸の斜面（第4図）から、フロータイプの地すべりが発生した。規模は幅100m、長さ400m、深さ平均30mであった。なお、この地すべりはすでに存在していた地すべり地形（山岸、1993、の「北海道の地すべり地形」定山溪図幅No.4）の滑落崖から発生したものである。

この地すべりについて、1947年、1976年、1981年、1985年、1995年それぞれに撮影された空中写真の判読から運動の変遷をたどってみると（第5図）、1947年の写真からは単一のスランプまたはスライドタイプにみえる。1976年ころから、森林の伐採と林道が開削され、また、1981年の写真ではほとんどの森林が伐採され、林道がづら折りに急斜面をのぼっている。その写真では、1947年の写真で認識されたスランプ（またはスライド）の崩土末端からスランプとフローが繰り返し発生したように見える。そして、1995年の写真では、全体としてはフローであるが、その中で小さなスランプがいくつか発生したようである。



第4図 河道への土砂流出が認められた白井川左岸の流動地すべり



第5図 48年間の地すべりによるマスマーブメントと河道への土砂流出

5. 白井川地すべりの数値地形モデル化と運動の再現

白井川地すべりの運動過程を再現するために、地すべり発生前の空中写真（1981年10月撮影、1:16,000）と発生後のもの（1995年6月撮影、1:15,000）との比較地から1mピッチの数値地形モデルを作成し、写真の画像解析に基づき、三次元的に計測した。

その結果、地すべり移動スケールは幅、長さはそれぞれ100m、400mで、深さ10mと計算され、全体の移

動量 $V_1=59,800\text{m}^3$ 、すべり後の堆積残土量は $V_2=56,300\text{m}^3$ と計測され、前と後の差し引き土砂量は $3,500\text{m}^3$ となる。これは第5図及び第6図の地すべり末端から河川に到達し流出した量と推察される。特に、深さは 実際のボーリングによる値 $10\sim 12\text{m}$ (札幌営林局、1996) と大差ない結果が得られた。その運動過程は同じく画像解析により侵蝕ゾーン及び堆積ゾーンの横断面形状を作成することにより、以下のように推定された。

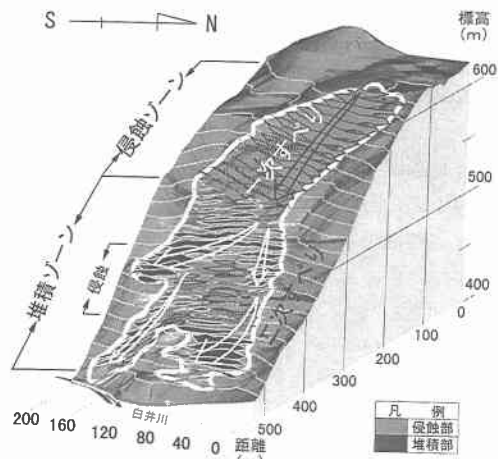
まず滑落崖からの一次すべり主流部(A)は融雪水的作用による流動性地すべりとして、ややS方向からN方向に侵食作用を伴ってほぼ直線的に 200m すべり、その末端の遷急点からは可動性物質を伴った土砂(B)が二次すべりとして反対のS方向に流動したと推定される。また、遷急点からS方向に流動した主流部の一部(C)は、途中から重力作用によって急斜面の低所に向かってスランプ状に滑落し、道路を乗り越え、遂にその最先端は白井川の河床に到達した。

以上述べた白井川地すべりは、1) 空中写真の判読によると、初生的には、スライドあるいはスランプタイプであるが、その後はフローとスランプが繰り返され、最終的にはフロータイプで終わったといえる。また、2) 地すべり末端が白井川の河床に到達したことは、この流域においては崩壊地のみならず、地すべり地も河川を流動する土砂生産にとって重要な役割を果たし得ること、3) 白井川流域の地すべり地を空中写真から判読すると、スライド、スランプ、フローに大分けされ、それらの末端が崩壊地となり、未だに活動していることを示唆するものも認められた。したがって、従来の土砂生産源の考え方を見直す必要性がでてきた。そこで、以下に、豊平川を含む石狩川流域におけるダム流域の堆積量のデータと地すべり地や崩壊地との関連を考察した。

6. 地すべり地を土砂生産源として評価する重要性

石狩川流域の直轄ダム全流域 $4,410.2\text{km}^2$ において崩壊地個数と地すべり個数を比較したものが第2表である。ここに、崩壊地計測にあたっては、平成8～9年撮影(縮尺 $1/12,500\sim 1/20,000$)の垂直空中写真判読を基に図化方式によって求めた。また、地すべり地の計測にあたっては「北海道の地すべり地形」(山岸編、1993)を基に、ダム流域ごとに再集計した。したがって、求める方法がそれぞれ異なるため同一精度とはなっていない。

石狩川全流域における地すべり地は、全箇所 $3,042$ 箇所、その面積はおおよそ 690km^2 に達する。石狩川全流域のうちダム流域における崩壊地は第2表に示すように $10,733$ 箇所。崩壊地の面積はトータルで 83.1km^2 、ダム流域面積の



第6図 フロー型地すべりの侵蝕と運動

第2表 ダム上流域地すべりと崩壊分布データ

ダム名	流域面積	地すべり面積	箇所数	崩壊面積	箇所数
金山ダム	469.0	1.9	7	7.9	705
滝里ダム	1,192.9	47.7	71	29.2	2,887
美唄ダム	24.6	1.8	14	0.3	65
桂沢ダム	151.2	20.6	81	1.4	277
奔別ダム	35.4	3.0	22	0.2	63
大夕張ダム	433.0	48.4	181	1.2	1,453
漁川ダム	113.3	16.2	22	1.2	209
豊平峡ダム	134.0	25.0	70	2.7	754
定山溪ダム	104.0	4.1	18	2.0	310
白井ダム	96.0	25.7	74	2.1	303
大雪ダム	291.6	17.1	38	7.7	1,030
愛別ダム	41.8	12.6	19	0.6	226
忠別ダム	242.0	22.1	62	15.1	1,005
鷹泊ダム	527.7	32.3	163	3.7	1,289
雨竜ダム	313.2	10.2	75	5.5	1,064
芦別ダム	147.5	5.4	24	2.3	375
合計	4,317.2	294.1	941	83.1	12,015

単位:面積(km²)

- ④ 堆積岩類地帯では、地すべりと崩壊地の発生箇所の間は、負の関係にある。言い換えると、地すべり箇所が増加すると崩壊地は減少する関係にある。
- ⑤ 火山岩類地帯の年平均生産土砂量は、堆積岩類地帯に比べ小さい。
- ⑥ 火山岩類地帯と堆積岩類地帯の発生比率は1：10の関係にある。
- ⑦ 火山岩類地帯の崩壊地の発生頻度は、堆積岩類地帯の約2倍のレンジを持っている。
- ⑧ 堆積岩類地帯では、地すべりと崩壊地の単位面積当りの相関は、発生箇所の相関と同様に負の関係にある。つまり、地すべりの平均面積が大きい地帯では、崩壊面積は逆に小さくなる傾向がある。

7. まとめ

1) 白井川地すべりは、空中写真の判読から、初生的にはスランプあるいはスライドタイプの地すべりであったが、今日までの変遷をたどると、フロータイプを混じえて、スランプ（あるいはスライド）が繰り返されてきたことがわかった。2) 白井川流域の地すべり地形とを空中写真から判読すると、スライド、スランプ、フローとそれらの組み合わせかなることがわかった。また、崩壊地には谷壁斜面の表層崩壊と地すべり地末端の崩壊とが認識できる。3) 白井川を含む石狩川流域のダム堆砂域の古い地すべりは、崩壊と並んで土砂生産に大きく関わってきた可能性が高いことは、火山岩類地帯において地すべり箇所と崩壊箇所はほぼ比例関係にあることを示唆している。このことは、山岸・香河（1978）が指摘した、札幌市が発展してきた扇状地は、その土砂生産の起源材料が豊平川上流の地すべり地に起因していることを裏付けるものである。今後、大夕張ダム流域や大雪ダム、雨竜ダム流域のように、両発生箇所数がそれほど多くなくても、また1箇所当りの面積が大きくなっても、土砂生産量が多い理由について、航空写真などの判読を通して検討することが堆積岩類地帯の特性把握のために必要であろう。

文 献

- 1) 山岸宏光編（1993）：北海道の地すべり地形-分布図とその解説-。北海道大学図書刊行会。392p。
- 2) 佐々木健司・石井学・南哲行・山田孝（1998）：1997年5月11日秋田県鹿角志八幡平で発生した澄川地すべり・土石流の発生時系裂と発生形態。地すべり、第35巻第2号、特集：秋田県澄川地すべり、46—53。
- 3) 札幌営林局（1969）：豊平川流域保全調査報告書。
- 4) 札幌営林局（1998）：
- 5) 羽田野誠一（1974）：豊平川流域における大規模地すべり地形の形成について。日本地質学会第81年学術大会講演要。
- 6) 高橋伸幸（1986）：札幌南西山地における3つの地すべりに関する14C年代。地理学評論（Ser. A）, 59（2）, 98-107。
- 7) 山岸宏光・香河正人（1978）：豊平川流域の河岸段丘。地下資源調査所報告, 50, 173-182。
- 8) Yamagishi, H.（1990）：Ancient large-scale landslides in the western mountainous area of Sapporo City. Rept. Geol. Surv., No. 61, 19-33。