地すべり形態に及ぼすボトルネック構造の影響

The Influence of bottle neck structure on the behavior of landslide

佐々木慶三^{a)}・宜保清一^{b)*}・中村真也^{b)}・周 亜明^{c)}

Keizo SASAKI, Seiichi GIBO, Shinya NAKAMURA and Yaming ZHOU

Abstract

The number of sliding units in a landslide has greatly affected on the generation mechanism of the landslide. Bottle neck structure is one of the controlling factors of the landslide behavior, however, roles of the bottle neck structure are still not well known due to the limited number of published researches. The bottle neck structure is considered to provide controlling effects the development and direction of movement of the sliding unit. The mutual interaction between multiple bottle neck structures can develop to a single sliding unit which can ultimately cause a large-scale landslide.

Key words : huge landslide, geologic structure, sliding unit, bottle neck structure

和文要旨

地すべりが単独の移動体からなるか、二つ以上の移動体の集合からなるかは、地すべりの発生機構と深くかかわる。地すべり形態を規制する要因の一つにボトルネック構造があるが、公表事例が少なく、その役割は不明であった。ボトルネックは、地すべり移動体の分化と移動方向を規制する効果がある。また、複数のボトルネックの相互関連によって、単一の移動体からなる長大地すべりを形成することがある。

キーワード：長大地すべり、地質構造、地すべり移動体、ボトルネック構造

1. はじめに

典型的な再活動型地すべりである崩積土地すべりの発生機構の検討に当たり、すべり面の位置を基盤形状等との関係を考慮し正確に求めることが重要である。これまでの事例ではせん断応力が集中しやすい土質境界付近(玉田, 1977)をすべり面としている場合が多い。また、すべり面形状、移動体形状等の情報は多用されている二次元安定解析法では無視される(Chen & Chameau, 1983; Leshchinsky & Baker, 1986; 太田・林, 1998, 2001)。

一方、すべり面土の種類によっては停止時に残留状態から様々なレベルの回復強度が出現することや、残留強度と垂直応力の関係は低い垂直応力領域下では湾曲化していることが明らかになっており(中村ら, 1998, 2000; 中村・宜保, 2000; 宜保ら, 2000; Gibo *et al.*, 2002), 三次元安定解析法の導入による詳細な発生機構の検討も行われている(太田・林, 2001; 中村ら, 2004)。

崩積土を主体とする地すべり地では、地すべり形状が曲がって滑動する現象が比較的多く見られるが、あまり重要視されていないようである。しかし、著者らはこの地すべり形状の屈曲は地すべり発生機構の検討だけでなく、地すべり対策を効果的に行う上でも極めて重要な意味を持つと考えている。

地すべり方向が上部斜面と下部斜面で異なる現象は、

二つ以上の地すべり移動体が複合していて、見かけ上曲がっているものと、一つの地すべり移動体が地形や地質条件に規制されているものの二つに区分される。地すべり対策工法とその配置計画は両者で全く異なる。前者の場合、基本的にはそれぞれの地すべり移動体で対策工法を計画しなければならない(望月, 1976)。後者の場合は規模の大小を問わず、一つの地すべり移動体として主働域、受働域を区分し、それぞれに対応した対策工法を計画すれば良い。

地すべり移動体の分化、地すべり方向、すべり面深度等の地すべり形態を規制する要因の一つにボトルネック構造(藤原, 1979)が知られている。ボトルネック構造が地すべり形態にどのような影響を与えているかについては不明な点が多い。公表事例(地すべり学会新潟県支部, 1993; 橋本ら, 2001)でもボトルネック構造そのものについての記述はない。ボトルネックは、広辞苑(岩波書店)では「(びんの狭い口の部分が、中身の自由な出入りを妨げることから)隘路」と説明している。このことから地すべりを規制する「ボトルネック構造」を「地形や基盤構造の上方・下方に対する相対的な縮小部」と定義する。ボトルネック部では単に地すべり幅が縮小するだけでなく、地すべり移動体の分化や地すべり方向の規制など様々な影響がある。また、ボトルネック構造が複数の場合は相互の関連によって全く別の影響を地すべりに与える場合もある。大所地すべりは複数のボトルネックを有し、青ぬけ地すべりは一つのボトルネックを持つ地すべりである。茶臼山地すべりも青ぬけ地すべりと同類のすべり形態を有しているようである。本研究は、これらの事例でボトルネック構造に注目し、地すべり形

* 連絡著者 / corresponding author

a) 有限会社 ホソダエンジニアリング

Hosoda Engineering inc.

b) 琉球大学農学部

Faculty of Agriculture, University of the Ryukyus

〒903-0213 沖縄県中頭郡西原町千原1

Senbaru 1, Nishihara, Okinawa, 903-0213, Japan

c) 株式会社 南城技術開発

Nanjyou Gizyutsukaihatsu Co., Ltd.

態におよぼす影響について検討したものである。

2. 複数のボトルネック構造を有する大所地すべり

2.1 地すべりの特徴

大所地すべりは姫川下流の左支川である大所川の支流、木地屋川の中～下流域に位置する(図-1)。大所川は北アルプス北端の標高2400m～2800mの朝日岳や雪倉岳などに源を発し、北東流して姫川合流点の2km手前で木地屋川を合わせる。木地屋川は蒲原山(標高1629m)の西面を源頭とし、流域面積が11.7km²である。木地屋川の上流には風吹岳の火砕流や以後の侵食作用などによって形成された白池や杉の平などの緩斜面が広範囲に発達している。地すべり頭部にあたる木地屋地区では、旧期の地すべりと木地屋川によって開析された緩傾斜地に、木地屋川によって供給された大量の土石流堆積物が扇状地地形(高倉ら, 1998)を形成すると共に、それ自体が地すべり移動体となっている。また、これらの地形に加えて、木地屋川が地すべり移動体を縦断して流下しているため、広大な流域を有する木地屋川は地すべり地への地下水供給源となっている。

大所川流域はフォッサマグナ西縁を通る糸魚川-静岡構造線の西側にあたり、地質構造的には中、古生代の古期岩類を主体とした飛騨外縁帯に対比される。古期岩類は変成岩類、非変成古生層、中生代ジュラ紀の来馬層群および中生代後期の珪長岩、花崗岩類、蛇紋岩などから構成され、蛇紋岩は構造的メランジェ体をなし、地すべりの素因(茅原, 1979; 佐々木ら, 2001)となっている。これらを不整合に覆い風吹岳などに起源をもつ第四紀更新世の溶岩および火山性碎屑岩類が広く分布する。地すべり移動体はこれらの崖錐堆積物や火山性泥流堆積

物などからなる。

大所地すべりは、蛇紋岩メランジェ体に含まれる構造岩塊を取り込む、地すべり長1000m、最大地すべり幅800m、最大すべり面深度100mの大規模な蛇紋岩地すべり(新潟県土木部砂防課, 1999; 佐々木ら, 2001)と火山性泥流堆積物など未固結堆積物を移動体とする長大地すべり(日本地すべり学会新潟県支部, 2002)からなる。本文では後者の長大地すべりについて述べる。

地すべりを縦断して流下している木地屋川の侵食や堆積作用が卓越して、地すべり地形が不明瞭になっているため、地すべりの規模は当初、長さ1500mで屈曲の少ない地すべりと考えられていた(高倉ら, 1998)。その後の調査で、冠頭部は杉の平北端の階段状滑落崖が発達している尾根にあり、末端部は法面工や橋台が破壊を受け、かつ基盤の蛇紋岩が露出している木地屋川の最下流部にあることが判明した。地すべり長は約2700m、幅は210m～350m、地すべり層厚は40m～60m、地すべり方向は頭部でN30°W、末端部でN80°E、全体で110°曲がっている。

2.2 地すべりの変状と移動方向

地すべり冠頭部の杉の平北端尾根付近では、弧状を呈する滑落崖が階段状に分布し、全体として高さ約50m、傾斜約40°の斜面が形成されている。地すべりの右翼側方は木地屋川のV字谷につながり、谷に建設されている堰堤群がせん断破壊している。左翼側方は隣接する地すべりの影響を受け、境界が不明瞭であるが、1番目のボトルネック付近では雁行ないし連続的な亀裂が見られる。地すべりはここから徐々に方向を変え、地すべり左側部が屈曲の外側に、右側部が屈曲の内側になる。このため地すべりの変状は非対称的となり、左側部では雁行亀裂や溝状凹地など引張り応力が反映された微地形が卓越する。1番目のボトルネック付近から3番目のボトルネックの区間には移動体を横断する二次滑落崖や亀裂はない。

末端部では移動体内の家屋に広く圧縮性亀裂が見られるほか、地すべり境界部の木地屋川では橋台や法面工に顕著な亀裂、変形が現れている(図-2)。地表地質踏査結果から、大所地すべりは、地すべりの長さ/幅が約8で、長さが2700mの長大な移動体と見なした。

GPS観測による対策工施工前の地すべりの移動量は、頭部で18cm/年、中間部で11cm/年、末端部で7～8cm/年と、末端に向かって漸減している。移動方向も北向きから東向きに次第に変化しており、観測結果と地表踏査結果は一致した(図-2)(針生ら, 2003)。

2.3 地すべり形態とボトルネック構造

大所地すべりの屈曲は基盤構造に起因したものと考え、ボーリング調査結果と弾性波探査結果を整理し基盤面等深線図(図-3)と断面図(図-4, 5)を示した。大所地すべりの基盤構造には3つのボトルネックと最末端に基盤の溝状凹部がある。最上部のボトルネックは地すべり冠頭部から約500m下方にあり、地すべりの引張り

図-1 大所地すべり位置図(2.5万分の1地形図「平岩」)

Fig. 1 Location map of the O'dokoro landslide

図-2 大所地すべりのボトルネックと移動方向 (日本地すべり学会新潟支部 (2002) に加筆修正)

Fig. 2 Bottle neck structures and direction of movement of the O'dokoro landslide (modified from Niigata Branch of the Japan Landslide Society, 2002)

図-3 大所地すべり基盤等深線

Fig. 3 Depth contours of bedrock of the O'dokoro landslide

部を形成する役割を果たしている。2 番目のボトルネックはそこから更に約800m下方にあり、1 番目との間には緩傾斜地が広がっている。規制要因が無ければ地すべり方向は北へ向かうはずであるが、2 番目のボトルネックが地すべり位置を固定しているために、緩傾斜地の位置で強制的に曲げられている。このため、地すべりは左

側に拡大し、地すべり幅が350mと最大になっている (図-3)。地すべりは地形的には更に膨らんでも良いが、ボトルネックがこれを抑制している。この地点では左側部は隆起し、地すべり方向に大きく斜交する雁行亀裂が発達している。また、2 番目のボトルネックの下部の基盤面は相対的に急傾斜となっているため、この地点では

図-4 大所地すべり地質断面図

Fig. 4 Geological section of the O'dokoro landslide

図-5 大所地すべりボトルネック部の横断面

Fig. 5 Cross sections of bottle neck structure of the O'dokoro landslide

卓越する引張り力により地すべり移動体の分化がおきるはずであるが、実際には分化していない。これは、縦断的には、基盤面は2番目のボトルネックの下部で急傾斜で落ち込むが、800m下流の3番目のボトルネックで再び隆起し凸部を呈している。そして、すべり面は基盤凸部をなぞるように、火山泥流堆積物中に形成されている(図-4, 5 d)。このことが2番目のボトルネック付近

に引張り部が形成されなかった原因と考える。3番目のボトルネックが、800m上方の2番目のボトルネックの影響を相殺する結果となっている。

3番目のボトルネックの基盤形状は、平面的には左側部の基盤の張り出しは長く延びて導流壁状を呈する。一方、右側部は基盤面深度が低く、非対称な横断形状を呈し(図-3, 5 e), 地すべり推力が右側へ向かう形状と

なっている。すべり面が基盤面から離れ、火山性泥流堆積物中に形成されている2番目と3番目のボトルネックの中間地点(図-5d)は地すべり方向が大きく変化する地点でもある。ここでは、すべり面の形状と基盤形状との間に何らの関係も見出せないが、地すべり方向の屈曲が起きている。この原因は上下にあるボトルネックの構造規制と考える。

3番目のボトルネック下流側にも小規模ながら基盤の急傾斜部が見られるが、右側の基盤凹部が、下流部の段丘面下に埋没している砂礫を伴う基盤凹部に連続する(図-3)。

3番目のボトルネック下流側の地すべり中央部付近の平均すべり面傾斜は約 4° で、かつ、末端の木地屋川溪岸では「はね上がり」が見られる。3次元的に見ると、地すべりの主部は右側部の基盤面の最深部の位置に当たると考えられるが、この位置での平均すべり面傾斜は約 2° である。これらは大所地すべりの主動域での平均すべり面傾斜約 6° に比べて緩く、全体として受働域を形成していることから、3番目のボトルネック付近でも地すべり移動体の分化は起きなかったと考える。

3. 一つのボトルネック構造を有する地すべり事例

3.1 青ぬけ地すべり

青ぬけ地すべりは、大所地すべりと同じ飛騨外縁帯の蛇紋岩メランジェ体に位置し、珪質岩中の蛇紋岩部分が激しい差別侵食を受けて、ボトルネック地形を形成して

いる(図-6, 7, 8)。なお図-7および8において、ボトルネックの1-No.2孔の基盤岩深度を原図(地すべり学会新潟県支部, 1993)の33.6mから24.2mに変更した。これは、深度0~24.2mまでが崩積土であること、パイプ歪計に深度23mで270mm/dayの歪み累積がある上、設置後16日で測定不能になったことから、ここをすべり面とし、深度24.2m以深の風化蛇紋岩を不動部と判断したためである。このことは地すべり形態からも妥当と考える。仮に原図のように基盤面傾斜がボトルネックの上下で一樣ならば、引張域は側方抵抗の大きいボトルネック部を避けて下部斜面に形成され、地すべり移動体の分化はここで起きることになり実際の地すべり現象とは合致しないことになる。

地すべり移動体はボトルネックで上下に分かれ、上部斜面では方向の異なる地すべり移動体がボトルネック部に向かう地すべり集合体をなす。この中にボトルネックを通過して下部斜面に向かう地すべり移動体が形成されている。これの冠頭部(図-6, 中間平坦面)はボトルネックから200m上方にある。下部斜面では、上方からつながる1つの地すべり移動体が分布する(図-6)。ボトルネックでは、時系列的には、下部斜面の地すべり移動体の活動度合いに応じて、引張り部と圧縮部の境界が斜面上方へ移動したり下方へ移動したりする(日本地すべり学会新潟県支部, 1993)、蛇腹運動をしていると言われている。また、ボトルネックの下方域では地形が開放された状態のため、地すべり移動体はボトルネックを

図-6 青ぬけ地すべりのボトルネック (日本地すべり学会新潟支部 (1993) に加筆)

Fig. 6 Bottle neck structure of the Aonuke landslide (addition to Niigata Branch of the Japan Landslide Society, 1993)

図-7 青ぬけ地すべりの地質断面図 (日本地すべり学会新潟支部 (1993) に加筆修正)

Fig. 7 Geological section of the Aonuke landslide (modified from Niigata Branch of the Japan Landslide Society, 1993)

図-8 青ぬけ地すべりの横断面図 (日本地すべり学会新潟支部 (1993) に加筆修正)

Fig. 8 Cross sections of the Aonuke landslide (modified from Niigata Branch of the Japan Landslide Society, 1993)

基点に首振り現象を起こし、すべり方向が姫川の下流から上流側に変化した (現在は河道にほぼ直交する方向になっている)。

3.2 茶臼山地すべり

茶臼山地すべりは複雑で激しい活動をした大規模地すべりとして知られている。長さが2000mの長大地すべりで、すべり方向が頭部で $S45^{\circ}E$ 、下部でおよそ $N75^{\circ}E$ 、全体で約 60° 曲がっている。地すべり幅は上方側で180m～220m、中央部の山新田地区-不動島付近では140mの幅に狭まる特徴がある。望月 (1977) は、上方側は地すべり発生地帯 (基盤岩型地すべり)、下方側は二次的地すべり地帯 (崩積土地すべり) として区分している (図-9)。

不動島付近で基盤岩が表層部に出る山体が分布する (望月・中村, 1984)。不動島によって基盤面の形状が2段階の落ち込みになり (図-10)、この結果地すべりが2列に分離し (渡, 1999)、地すべり移動形態が複雑になっている。また、上方側地すべり発生地帯の左側部に沿って流下する宇土沢川が、山新田西方で南方に屈曲し、滝沢川に合流していた (図-9) (望月, 1977) ことと併せ、ここに基盤岩の狭窄部、ボトルネックが形成されて

いると推定する。不動島上方側には斜め亀裂が形成され、地すべり活動期には段差のある横断亀裂に替わられる (望月・中村, 1984)。斜め亀裂は、上方側の広幅の地すべりを斜めに切ることによって地すべり幅を狭め、狭窄部をすり抜けるための現象である。横断亀裂への変化は上方側移動体と下方側移動体の相互作用に伴う移動体の再配列であり、この地点で明瞭な移動体の分化が起きていると考える。望月・中村 (1984) も「地すべり発生地帯と二次的地すべりの厳密な意味での境界は現在の不動島西方の斜め亀裂の線であると言って良い。」としており、著者らと同じ考えである。また、下方側移動体は下流側に形成されている埋没谷にも規制され、すべり方向や形態が変化している (望月・中村, 1984)。

4. ボトルネック構造の役割

ボトルネック構造については、従来、上下部斜面に対する地形や基盤構造の相対的な縮小部と認識されているが、その特徴と地すべりに与える影響については明らかにされていなかった。地すべり移動体が分化しているかいないか、あるいは複数か単独か、すべり面がどの深度に形成されているかは発生機構の検討や対策工法を計画

図-9 茶臼山地すべりのボトルネック (望月(1977)に加筆)
Fig. 9 Bottle neck structure of the Tyausuyama landslide (addition to Mochizuki, 1977)

図-10 茶臼山地すべり不動島付近横断面図 (望月・中村(1984)に加筆)
Fig. 10 Cross section of the Tyausuyama landslide (addition to Mochizuki & Nakamura, 1984)

する上で最も基本的で、重要な事項である。

地すべり移動体の分化や地すべり方向の変化はそれを規制する条件があるものの、地表踏査やボーリング調査から直ちにその条件を決定することは困難である。但し、地すべり地に地形狭窄部が認められる場合には、地すべり形態を規制する条件の一つとしてボトルネック構造を仮定することは、効果的な地すべり対策の上でも大切であると考えられる。

ボトルネックの構造は、典型的なものから形状が不明瞭なものまであり、それらの形状や位置の如何により地すべり形態に与える影響は異なる。ボトルネック部では平面的に両側から岩盤が張り出すだけでなく、縦断的にも張り出しがある。このため、岩盤面の傾斜はボトルネック上部で緩くなり、下部で急になる。地すべり移動体で最大の圧縮部となるボトルネック部からその上方斜面に

かけての位置で、本体は形成されるはずのない引張部が形成されるためにはボトルネック下部の岩盤面傾斜が急になる条件が必要である。

青ぬけ地すべりで引張り部の位置が斜面の上下方向に変化する蛇腹運動の事例や、茶臼山地すべりで斜め亀裂と横断亀裂が形成された事例の主な原因は基盤の狭窄部とその下部の基盤面が急傾斜であることが挙げられる。

ボトルネックの上部位置では、方向や幅の異なる地すべりがボトルネック部を通過するために、地すべりが再配列したり分化する現象が起きる。また、ボトルネックの下方側での青ぬけ地すべりの首振り現象や茶臼山地すべりの方向変化は、抵抗力が最小になる最も滑りやすい方向へ変化したためであり、ボトルネックが下方側のすべり移動体の頭部位置を固定化する役割を果たしていると推察される。

大所地すべりは、青ぬけ地すべりで見られるような、ボトルネックが単一の場合の地すべり形態に与える影響が、複数になった場合にどのような相互関連のもとで地すべり形態を規制するかの事例である。一般的に、ボトルネックは平面的には地すべり方向を規制すると共に、縦断的には移動体を分化させる役割を併せ持つ。このような特徴にも関わらず、大所地すべりが2700mに及ぶ単一の移動体からなる長大地すべりを形成したのは、複数のボトルネックの相互関連に帰するものである。

ボトルネックは、平面的にも断面的にも地すべり形態を規制するコントロールポイントとなり、地すべり移動体の方向変化や分化はボトルネック構造に左右される。

5. まとめ

再活動型崩積土地すべりの発生機構については, すべり面の強度特性もしくは安定解析手法などに関する最近の知見に基づく検討が望まれることから, その基礎資料となる地すべり形態を明らかにすることは重要である。

地すべりが単独の移動体からなるか, 二つ以上の移動体の集合からなるかは, 地すべりの発生機構と深く関わる事柄である。地すべり形態を規制する要因の一つにボトルネック構造があるが, その役割については公表事例が少なく, 不明であった。ボトルネック部は, 平面的には狭窄部, 縦断的には凸部を形成するため, 基盤形状は上部で緩傾斜, 下部で急傾斜となる。この結果, 引っ張り部を形成し, 地すべり移動体を分化する働きがある。また, 平面的には地すべり位置を固定化する働きがあり, 地すべり方向が屈曲する場合のコントロールポイントとなる。

青ぬけ地すべり, 茶臼山地すべりは一つのボトルネックによって二つの移動体に分化している。

一つの地すべり移動体が分化を起こさないためには, 移動体中に引張り力による二次滑落崖(亀裂)が形成されないことと, 移動体が受働破壊を受けて抜け上がらないことの二つの条件が必要である。

大所地すべりは長さ2700mの長大地すべりであるが, 複数のボトルネックの相互関連によって, 移動体中での引張り力の発生が抑制されたことが原因の一つである。

受働破壊による抜け上がりは, すべり面深度とすべり面土の強度などに規制されるが, この問題については今後の課題としたい。

謝 辞

本研究をまとめるにあたり, 2002年春, 2003年春の2回にわたり木地屋川流域を含む現地勉強会を開催した。適切な助言をいただいた新潟県糸魚川土木事務所(現糸魚川地域振興局)の五十嵐正信課長および関係諸氏に謝意を表します。

参考文献

- Chen, R. H. and Chameau, J. L. (1983): Three-dimensional limit equilibrium analysis of slopes, *Géotechnique*, 32(1), 31-40.
- 藤原明敏 (1979): 地すべりの解析と防止対策, p. 69, p. 345, 理工図書。
- Gibo, S., Egashira, K., Ohtsubo, M. and Nakamura, S. (2002): Strength Recovery from residual state in reactivated Landslides, *Geotechnique*, 52(9), pp. 683-686.
- 宜保清一, 中村真也, 江頭和彦 (2000): 地すべり土の残留強度と物理的・鉱物学的性質との関係, *農業土木学会論文集*, 210, pp. 69-74.
- 針生真也, 三浦路子, 三石晋, 五十嵐正信, 小林健一 (2003): 大所地すべりの発生機構とその挙動, *日本地すべり学会誌*, 40(2), pp. 41-44.
- 橋本純, 西尾克人, 阿部充訓, 木下恵 (2001): 岩屑なだれ堆積物の末端部で発生したボトルネック型地すべり, 第40回日本地すべり学会研究発表会講演集, 前橋, pp. 369-372.
- 茅原一也 (1979): 姫川流域の崩災-特に蛇紋岩地帯の地すべり, フォッサマグナ北部地域における崩災の発生機構と予測に関する研究成果報告, pp. 37-46.
- Leschinsky, D. and Baker, R. (1986): Three-dimensional slope stability: End effects, *Soils and Foundations*, 26(4), 98-110.
- 望月巧一 (1976): 最近の茶臼山地すべりの移動特性, *地すべり*, 13(2), pp. 1-12.
- 望月巧一 (1977): 茶臼山地すべり発達経過からみた移動特性, *地すべり*, 14(1), pp. 28-38.
- 望月巧一, 中村三郎 (1984): 茶臼山地すべり下部の変動様相と埋没谷, *地すべり*, 20(3), pp. 10-17.
- 中村真也, 宜保清一, 周亜明, 江頭和彦 (1998): 地すべり土の残留強度包絡線の湾曲化と強度定数決定方法, *地すべり*, 36(1), pp. 28-34.
- 中村真也, 宜保清一, 江頭和彦, 吉永安俊 (2000): 地すべり土の回復強度と鉱物組成の関係, *地すべり*, 37(3), pp. 10-17.
- 中村真也, 宜保清一 (2000): 地すべり土の回復強度と垂直応力の影響, *地すべり*, 37(3), pp. 18-24.
- 中村真也, 宜保清一, 林義隆 (2004): 残留係数を導入した地すべり三次元安定解析-沖縄, 仲順地すべりについて-, *農業土木学会論文集*, 229, pp. 47-53.
- 日本地すべり学会新潟支部 (1993): 青ぬけ地すべり-構造線沿いの活動中の地すべり-第21回地すべり現地検討会資料。
- 日本地すべり学会新潟支部 (2002): 大所地すべり-長大地すべりの現況とその発生機構-第30回地すべり現地検討会資料。
- 新潟県土木部砂防課 (1999): 大所地すべり-大規模な破碎帯地すべりの機構と対策について-, *地すべり学会新潟支部第27回現地検討会資料*, 地すべり学会新潟支部。
- 太田英将, 林義隆 (1998): 地すべり三次元安定解析の利用法 (その1), 第37回地すべり学会研究発表講演集, 長岡, pp. 441-444.
- 太田英将, 林義隆 (2001): 周縁部摩擦効果を考慮した地すべりの3次元安定解析, *地すべり*, 38(3), pp. 95-100.
- 佐々木慶三, 中村真也, 周亜明, 宜保清一 (2001): 姫川メランジェの大規模地すべりの発生機構についての検討, *地すべり*, 37(4), pp. 24-32.
- 高倉信幸, 井上英将, 木戸勇一, 佐々木慶三 (1998): 扇状地が地すべりを起こしている事例-木地屋地すべりについて-, 第37回地すべり学会研究発表講演集, 長岡, pp. 167-170.
- 玉田文吾 (1997): 口之津地区における表層地すべりの発生機構, *地すべり*, 14(3), pp. 1-6.
- 高倉信幸, 佐々木慶三, 松本敏昭, 竹内領 (1998): 歪ネットを併用した移動杭観測の事例, 第37回地すべり学会研究発表講演集, 長岡, pp. 281-284.
- 渡正亮 (1999): 地すべり対策の歴史と今後の問題, *全国地すべりがけ崩れ対策協議会設立50周年記念講演会講演集*, 東京, pp. 151-158.

(原稿受付2004年5月11日, 原稿受理2005年2月14日)