

1988

地形変遷と地すべり

—月山西方斜面の場合—

小林佳嗣・濱崎英作

山形応用地質 第8号 別刷

1988年3月

地形変遷と地すべり —月山西方斜面の場合—

小林佳嗣*・濱崎英作*

はじめに

地すべりは、第四紀の地形形成プロセスの中で種々の営力を被って形成された斜面の地形単位の一つとして把えることができる。

つまり地すべりは、岩盤の硬軟、割れ目特性等の地質、地質構造の因子に第四紀の構造運動（特に山地では隆起運動）、気候（気象）変動などの物理、化学的な諸作用を被って発生、発展、消滅をたどると考えることができる。

このように地すべりを第四紀の斜面形成の1つとして位置づけることによって、地すべりがいつのころに発生したかの手がかりとなり、その活動性及び今後の地すべりの推移を予測することに役立つものと思われる。

また近年多くの人工改変（主に土木工事）に伴って、これまで地すべりと認知できなかつた斜面——岩盤の露頭した尾根線——で初生的な地すべりが発生するといったことが散見されるようになって、このようなブロックの抽出も大きな課題となつてゐる。

ここでは、このような視点から、山形県の出羽山地の1つである月山西方の斜面について地形解析を試みることで、特に隆起する山地の地すべりの発達過程及びその変動性を考察するものである。

月山西方の地質概要

図-1に月山西方の地質略図を示す。月山西方は、早田川水系や、八久和川沿いに、第三紀の花崗岩類を基盤とし、その上位に新第三紀中新世の安山岩類堆積岩類——凝灰岩、泥岩、シルト岩、砂岩、礫岩、凝灰角礫岩——が分布している。

* 日本工営株式会社仙台支店

安山岩類は主として、旧六十里街道から八久和村道沿いより以南に分布することが多い。一方堆積岩類はそれより以北に分布し安山岩類の上に堆積している。

以上の新第三紀層は、花崗岩類を不整合に被覆して概ね北～北西方向へ傾斜する構造を示す。

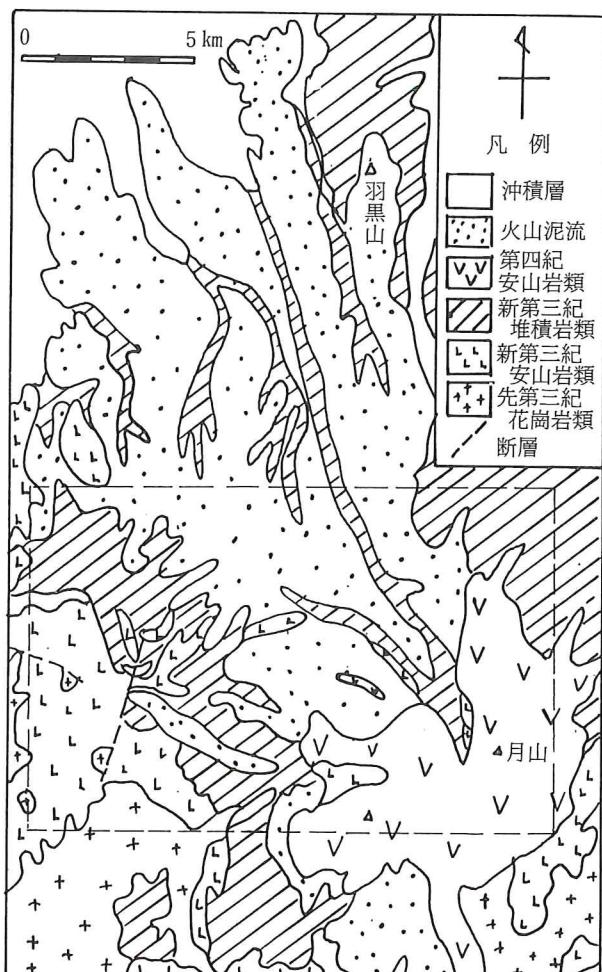


図-1 月山西方の地質略図

1/20万地質図（山形県）を一部改変

[]内は、図-3 地形解析図の領域である。

第四紀に入って、月山山頂周辺では流紋岩や安山岩等の火山活動がみられ、特に月山の山体は約30万年前頃に活動したと思われる多量の安山岩溶岩や、凝灰質の集塊岩によって被覆され、さらにその後山体の西壁を噴き飛すような大爆発（水蒸気爆発？）の結果、北西方向に向かって広域に火山泥流（一部火碎流か？）を流下させ平坦な丘陵地を形成している。

月山西方の地形

図一2に月山西方の空中写真を、図一3にそれとともに作成した地形解析図を示す。

月山は、その山頂から東方にかけて溶岩（安山岩類）によって形成されたアスピーテ型の火山でなだらかな平坦面を形成している。これは、山頂から東方へ向かって波状の微褶曲面を形成しており、起伏のない斜面を緩漫と流れていった様である。

月山の頂上から、西側をみると約200mの落差をもつた半月状の崖（約200m）をなし、それより北西方向には、火山泥流によって形成されたと考えられる広範囲な平坦～緩起伏面（泥流堆積面）が存在している。

これらの堆積面は、図一3の南西部に存在している山頂平坦面～小起伏面とほぼ同じ高度にあり泥流の発生時には、月山西方の斜面があまり開析されておらず比較的なだらかな準平原（？）であった可能性を示唆している。

この泥流堆積面上には、月山の北部・弥蛇ヶ原から黒森山、さらに長防山を越えてWNW方向に連続するシャープなリニアメントが認められる。

これと平行する線状凹地は、堆積面に無数に存在しており、また、このリニアメントを境として田麦川上流から大綱放牧場付近にかけて、幅1km以上の大規模地すべりが並列状に形成されている。

これらの大規模地すべりは赤川水系方向——南西方向——に向かって滑動したもので西側（赤川水系の上流側）程地すべりが新しい。一部では頭部に半月状の亀裂群が多数存在するものの末端の境界が認めがたいクリープ状態——いわゆる地すべり初期の段階——の斜面もある。

全体にみても概ね水系の谷頭部程新しい、地すべり地形を呈している。

遷急線は数段認められるが、特に明瞭なのは、泥

流堆積面及び南西部の山頂小起伏～平坦面と下方斜面の境界となっているもので、非常に連續性が良い（遷急線A）。この遷急線は、一部高位の段丘面と認められるところと連続しており、最初の段丘堆積物の堆積期とほぼ同時期に形成された可能性がある。この遷急線より下位のものは、田麦川両岸で認められるような中位の段丘面とほぼ連続する遷急線で断続的である。それより下方に、小規模な地すべり——田麦俣地すべり等——が存在している。

さらに、赤川水系、田麦川と梵字川の合流点付近では、河川から比高約50～60mの低位の段丘面と、それに連続する遷急線が存在し、それより下方ではV～U字谷の急崖をなして現河床に達している。

田麦俣の地すべりと同様、これらの赤川水系の中～下流域では、中位の遷急線と低位の遷急線との間で地すべり地形、及び山頂部の地割れ地形を有する岩すべりの可能性のある斜面が散在している。

また、図一1の地質略図と図一3の地形解析図との対比から地すべりのほとんどが新第三紀の堆積岩類の中で発生していることも読みとれる。

前述したように大規模地すべりの頭部をリニアメントで規制しているのと同様、他の地すべりの多くでも、頭部及びサイドを規制したリニアメントの存在を認めることができる。

隆起する山地での斜面形成

日本列島の山地の多くは、第四紀以降隆起している場にあるが、特に東北日本の場合、第四紀にはいつてから年1mm程の隆起が続いている。一方近年の削剝は、ダムの堆砂量等で算出すれば、流域面積に対して年0.1～0.7mmの削剝量になると言われている（吉川、1985）。

1万年以降から現在においては山地は、後氷期の温暖多雨という気候の中で斜面は風化を被り、また流水の影響を強く受けて刻々と開析されつつづけている。

それ以前の最終氷期（7～10万年以降から1万年頃まで）は主として寒冷少雨という環境と、一部の高緯度地帯では周氷河現象（凍結破碎、ソリフラクション等）を被りつつ、土砂が生産され、それ以前に開析されていた谷部を土石等で堆積させていたと考えられる（貝塚爽平、1983）。

地形変遷と地すべり

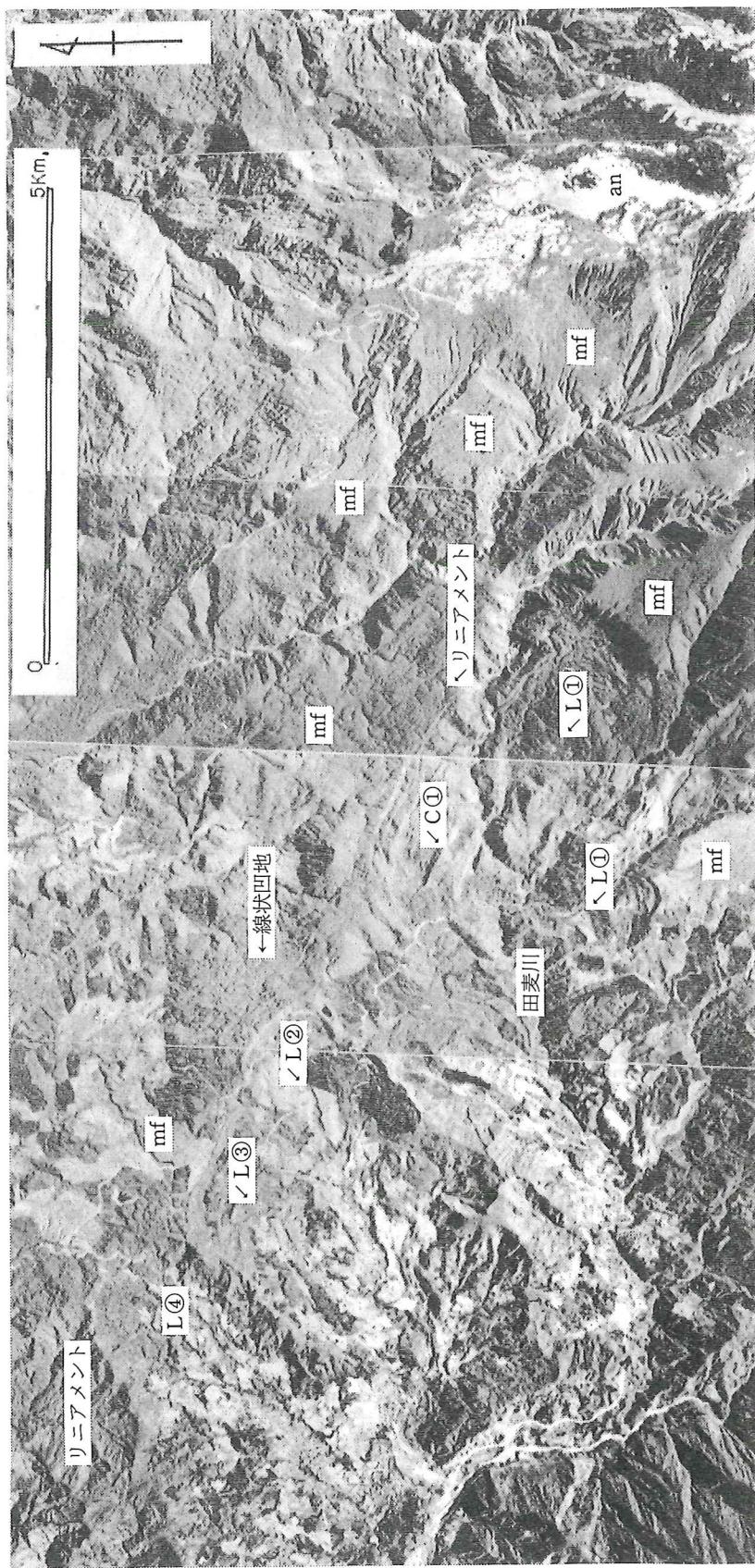


図-2 月山西方の空中写真 (国土地理院; TO-73-8Y, C9-13, 14, 15, 16, 17)
an: 月山溶岩面 (安山岩). mf: 月山泥流面. L: 大規模地すべり. C: クリープ
{①:新しい ②:古く末端分化 ③:古く末端分化～消失 ④:ほとんど消失}



図一3 月山西方の地形解析図

このような第四紀の気候変動は、大まかには、約5万年～12万年の周期で氷期・間氷期をくり返し、その結果として氷期には主として土石の堆積、間氷期には、河床の下刻・側刻が行われてきたわけである。

図一4はそのような山地斜面の形成をモデル化したものである。

①の線は、定常に隆起があるとしたとき、それに伴って侵食基準面が相対的に低下することを意味している。一方②の線は、間氷期と氷期のくり返しの中で侵食エネルギーと堆積エネルギーがサインカープのように変化する様子を模式化している。したがって実際の山地の斜面は、それらの合成した線③で堆積、侵食をくり返すと考えることができる。したがって多くの段丘面は堆積期（氷期）の堆積物の残存地形として存在している。

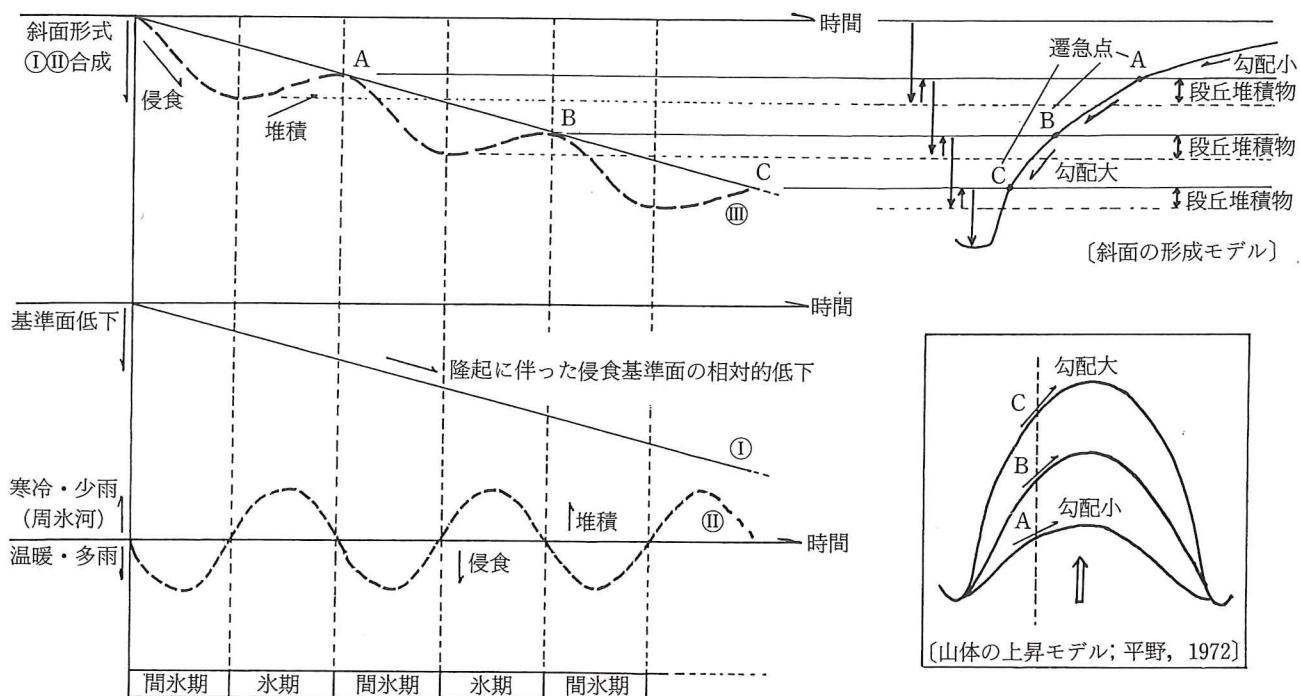
同様に斜面の多くは、段丘面とほぼ同時線として遷急線を形成するが多く、月山西方斜面も例外

ではない。これは、図一4の山体上昇モデルに示すように隆起を続ける斜面では、隆起が進むにつれて勾配が増し、当然、下刻の各段階ではその時々の勾配に相当する斜面となるため、勾配の異なる点（線）として遷急線が形成されると考えられる。

ただ、河川は平衡に近づくにつれ、その開析量と堆積量は徐々に小さくなっていくので、斜面の中の遷急線間隔は下方へ行く程、その高度差が小さくなると思われるがここでは特に問題にしない。

なお、流水による削削エネルギーは、集水面積の少ない山頂付近程小さく、中流域は逆に河床勾配、及び集水量が大きいため最も大きくなる。一方、下流では勾配量が非常に小さくなり、削削エネルギーより堆積エネルギーが大きくなる。

このことは、隆起する山地では中流域程多様な斜面を形成する要因となり、逆に上流～谷頭部では、斜面は非常に初期の開析過程にあると考えができる。



図一4 隆起する山地の斜面形成モデル

月山西方の斜面形成

図一4に示したように定常的に隆起する場では氷期、間氷期のくり返しの中で多様な斜面を形成し、各々の侵食ステージには風化し、脆弱化した岩体は、バランスを失い、地すべりや崩壊に移行したと考えられる。

月山西方の赤川水系においても、水系の侵入の過程で下流から徐々に大規模地すべりが形成され、また各々の遷急線が形成される各段階でも多くの地すべりが遷急線をクリティカルポイントとして発生している。

図一5には、月山西方の地形概念図をブロックダイアグラムとして示す。また図一6には、図一5の中～下流側の模式横断図を〔a-a'断面〕として、

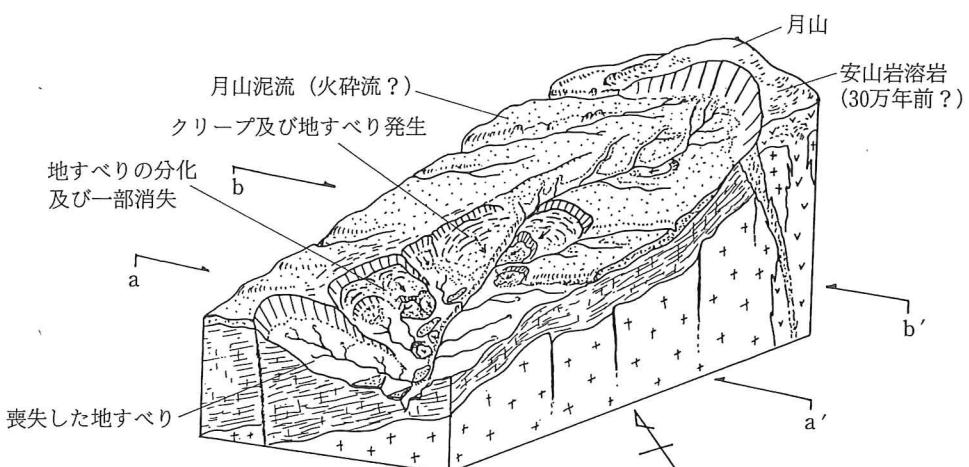
上流側の模式横断図を〔b-b'断面〕として表わす。

図一6に示す遷急線A・B・Cは、図一4で示した遷急線A・B・Cと対応して考えることができる。

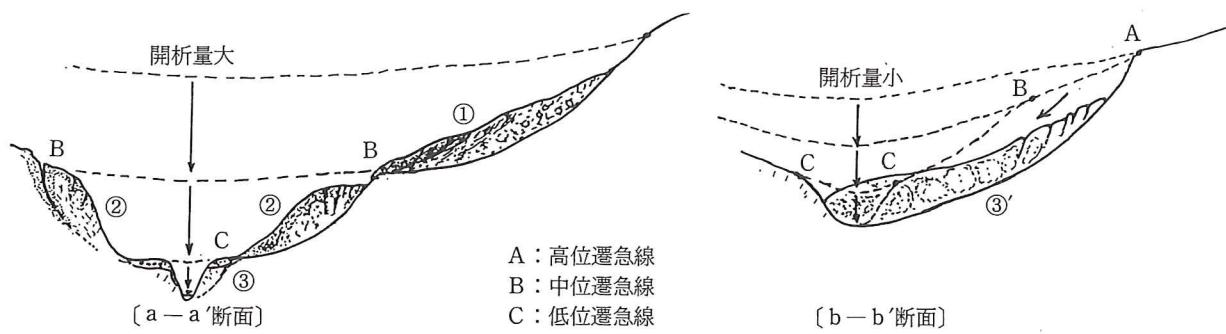
以下に、遷急線AからBに至る過程を i) 侵食ステージ〔I〕、BからCに至る過程を ii) 侵食ステージ〔II〕、Cから現河床に至る過程を iii) 侵食ステージ〔III〕として述べる。

i) 侵食ステージ〔I〕(遷急線A→B)

下流から中流部では、水系の侵入の最も初期の段階として、温暖期の風化促進及び、末端の下刻が引き金となって初生型の大規模地すべり①が形成される。しかし上流部では水系がまだ未発達なため、斜面は風化を受けても、まだ十分な抵抗力を残し滑動しない。(図一7 (3))



図一5 月山西方斜面の地すべり概念図

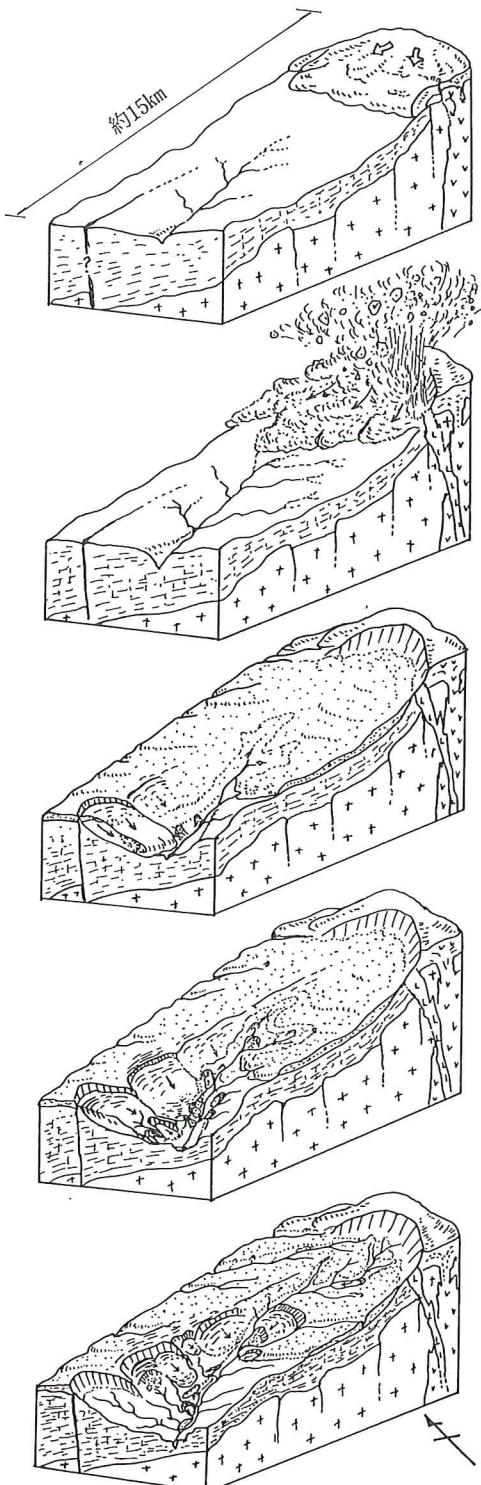


図一6 地すべり発生模式断面図(図一5に対応する) 地すべりは①→②→③の順に発生する。

ii) 侵食ステージ [II] (遷急線B→C)

下流から中流部において、先に形成された地すべり①は、風化が促進され、いわゆる岩すべり→風化岩すべり→崩積土すべり→粘質土すべり(渡、

1986)へと末端から徐々に進行し、分化(江川、1978)して、小すべりに移行していく。また遷急線BとCの間では、新たに不安定化し滑動してしまった初生型の地すべり②が発生する。



図一7 月山西方の地形発達モデル

(1) 安山岩の火山活動

安山岩溶岩～集塊岩が流下堆積。そのころ斜面は準平原に近い侵食小起伏面を呈していたであろう。(約30万年前?)

(2) 火山泥流の発生

北西方向へ広域に流下。庄内平野に達する広い泥流面を形成。

(3) 侵食ステージ [I]

泥流面に水系が侵入し始め、それにつれて末端の支えを失った大規模地すべり①が下流から徐々に発生し始めた。

(4) 侵食ステージ [II]

水系網の発達につれ[I]で発生した地すべりは進化し、末端は泥ねい状の小すべりとなる。上流では新たな地すべりが発生し、さらに水系の谷頭部ではクリープが発生。下流でも河谷の垂直な下刻は、別の新たな地すべり②を形成する。

(5) 侵食ステージ [III]

現在に至った。[I]で発生した地すべりの大半は消失し、また[II]で発生した地すべりの多くも泥ねい化し小すべりに移化した後消失する。

一方では、まだ水系の一部の侵入しかなく、また斜面全体のバランスは維持されている（図一7(4)）。

iii) 侵食ステージ [III] (遷急線C→現河床)

上流では、水系の侵入が深く入りこみ、末端の支えを失なった斜面はバランスが失なわれ、ついには地すべり③'に至る。

中～下流でも小規模ながら地すべりが発生するが、[I]→[III]と経ていく過程で、開析量が徐々に小さくなっていくため地すべり発生の度合いは少ない。それはもう一つの理由として風化の程度が他より小さいことも起因している（図一7(5)）。

考 察

i) 地すべり形成期について

現在は過去（多くは更新世）に形成された大規模地すべりの末端でそれらの分化したもの——いわゆる地すべり跡地——が多く滑動しているのは事実である。

しかしながら、山体の隆起が新しく、また激しい地域では、水系の侵入とともに、地すべりの初生的なものが発生しており、特にまだクリープ状態にある不安定な斜面も多い。

一般的にも、現在が後氷期の温暖期で風化及び流水による削剝の場にあることを考えた場合、第四紀地史の200万年というタイムスケールの中では決して初生型地すべりが少くない時代ではなかろうか。

ii) 地すべり形成の場について

先に述べたように、地すべりは隆起量の激しい場では多発している可能性が高い。

しかし、かならずしもどの斜面もが地すべり変動しているわけではない。

従来より、地すべりは、凝灰岩や泥岩、さらには変質の著しい斜面で多いことはよく知られた事実であり、月山西方でも同様である。

それらは、素地としてモンモリロナイト等を代表とする粘土鉱物の含有量が多いことに起因している。

また一方で、割れ目系——断層・節理等——の

卓越する斜面では、空気、地下水の浸透を活発に受け風化が促進し、さらには山体の応力変形も作用して地すべり形成を容易にさせている。

したがってこのような場では、地すべりの変動の有無を十分チェックする必要がある。

iii) 斜面の変動性

斜面の多くは地すべりによって崩落後、安定勾配となり安全率を増す。大規模な岩すべりなどの場合、それが再動するのは、末端が分化し細粒化する中で、やがて足との支えを失うことが要因として大きいと思われる。短期的には集中豪雨や、融雪の影響を被ることであるが、これらの影響を被ることで毎年のように動くのは粘質土、崩積土型のすべりと言えよう。

以上、我々は、斜面を第四紀の地形プロセス中で把えることが、地すべりを含めたマスマーブメントの形成理解につながり、さらにはその変動性及び、類似斜面への変動性チェックへの足がかりになるのではないかと考えている。今後は各段丘面及び遷急線の時代特定ができれば、より明確な斜面形成過程を組み立てられるものと考えている。

参考文献

- 江川良紀（1978）：地すべり地形の「分化」について 地すべり学会第17回予稿集。
- （1984）：地すべりにおけるすべり面の起源。地すべり, Vol.21, No.2, 3-10
- 大八木規夫（1985）：地すべり斜面の生成と不安定度に関する問題点。地すべり, Vol.21, No.4, 29-31.
- 貝塚爽平（1983）：空からみる日本の地形。IWANAMI GRAPHICS 14, P 80.
- 成瀬 洋（1982）：第四紀。岩波書店221-227。
- 平野昌繁（1972）：平衡地形の理論。地理評, 45, 703-715.
- 吉川虎雄（1985）：褶曲変動帯の地形学。東京大学出版会, P 129.
- 渡 正亮（1985）：斜面災害の機構と対策。博士論文, 山海堂, P 170.