

# 花崗岩を基盤岩とする地すべりの発生例

日本工営(株) ○日和田修司  
(株)地質工学 木村 哲雄

## 1. まえがき

地すべりを侵食過程の一つと考えれば、どのような地形地質条件のもとでも起こり得るわけであるが、実際には、花崗岩を基盤岩とする地すべりの発生例は、全国的に見ても極めて稀である。

本論では、花崗岩を基盤岩とするものの、いわゆるキャップロック構造のために、地すべりが発生した特異な例を示すと共に、その発生機構をご紹介する。

## 2. 地すべり概要

木与地区は山口県北東部に位置し、これまで豪雨による災害が多発し、斜面脚部を通過する旧国鉄と国道191号にしばしば甚大な被害を与えてきた。このうち、G-4斜面において発生した主な災害歴を以下に列記する。

### ①昭和47年災害

1次ブロックで生じた大規模崩壊を原因とする。過去における最大規模の災害で、約32,000m<sup>3</sup>の崩土が流出した。現地からの報告によると「日本海に大きな半島ができ、線路も道路も埋まり、小山の向こうは何も見えない。」と言った表現がなされているように、被災地では、水深5mの海に約80mの遠方まで20,000m<sup>3</sup>の土砂が、国道上には1,500m<sup>3</sup>、線路上には高さ4m幅70mにわたり6,000m<sup>3</sup>の土砂が堆積したとの記録が残っている。

### ②昭和55年災害

2次ブロック東側側方部の崩壊を原因とする。旧国鉄の洞門完成後、初めて発生した災害であり、対策工の有効性をある程度証明するものとなった。実際には、洞門に続くコンクリート擁壁が一部破損したことにより国鉄及び国道に多量の土砂が流出したものの、擁壁の破損がなければ、土砂の大半は洞門上を越流していたものと考えられる。この時に生じた生産土砂量は7200m<sup>3</sup>であり、このうちの約1,000m<sup>3</sup>が国道に堆積した。

### ③平成5年災害

昭和55年災害同様、2次ブロック東側側方部における崩壊を原因とする。崩壊によって生産された土砂は、そのまま1次ブロック残留土塊の頭部に上載したため、残留土塊全体が不安定化し再活動したものである。これにより流出した土砂は谷止工を越え、一部洞門上に至ったものの、国道への影響は小さかった。

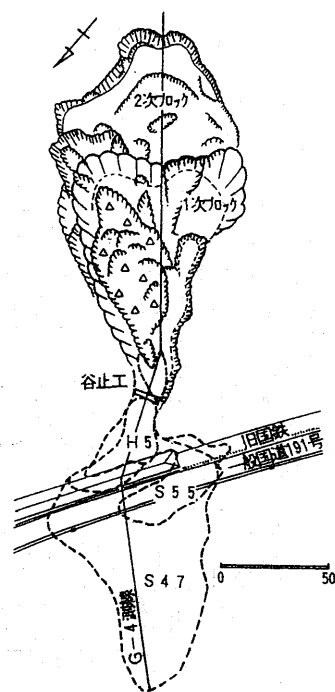


図-1 G-4 斜面平面図

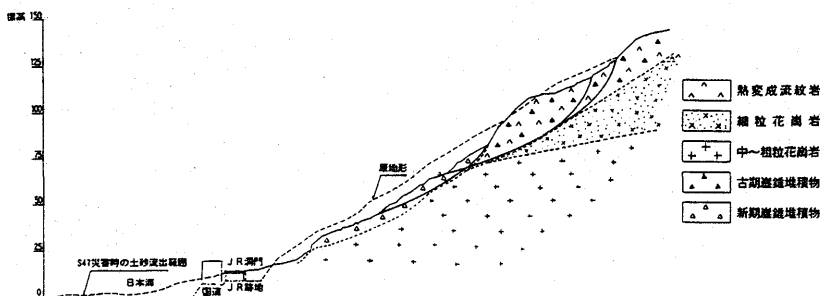


図-2 G-4斜面標準断面図

### 3. 地形地質

調査地とその周辺は、標高300m内外の中起伏山地をなし、標高100m前後に散在する緩斜面を除き、これらの山地は、日本海に面して急崖を形成している。

調査地の基盤地質は、中生代白亜紀に噴出・堆積した流紋岩類と、これらに広く貫入した花崗岩類とからなる。

前者は、山頂から標高100m前後までの斜面上半部に分布する。花崗岩類の貫入によって接触変成作用を受け、石英を主体としたモザイク状の緻密な岩質からなっている。ただし、併せて熱水変質に起因すると考えられる、ろう石化作用を受け、葉ろう石やセリサイトなどの鉱物が多く見られる。

後者は、標高100m以下の斜面下半部に分布する。花崗岩類はさらに、細粒花崗岩と等粒状組織をなす中粒花崗岩の二種類がある。このうち、特に細粒花崗岩は、流紋岩類と中粒花崗岩との間に数10m～5m程度の厚さで分布し、南西側(萩)では厚く、北東側(須佐)では薄くなっている。

なお、両岩体の境界付近は地形変換点ともなっており、この付近を中心に古期崖錐堆積物が分布する。層厚は10～20mで締りは良く(N値20～50以上)、クサリ礫を含むことなどからリス・ヴュルム間氷期に生産された崖錐堆積物と考えられる。現在、この部分で大規模崩壊や地すべりが発生している。

### 4. すべり機構

調査地には隣接して主に三つの地すべり地が分布するが、いずれも共通して言えることは、ルーフペンダント状に分布する流紋岩類と、これに貫入した花崗岩類の地質境界付近に発生しているということである。このような地質構造が、地すべりを発生させた大きな素因となったことは明らかで、この点に注目して、すべり面形成の過程を以下に推察する。

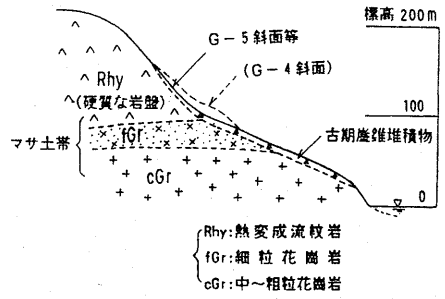


図-3 模式断面図

凡例

地質時代	地質区分	記号	層相・岩相
新生代	更新世	△	角礫主体の硬質土
	第四紀	▲	硬質土
中生代	白亜紀	+	中～粗粒黒雲母花崗岩
	白垩紀	△	流紋岩類 (一部斑状花崗岩)
中生代	白垩紀	+	中～粗粒黒雲母花崗岩
	白垩紀	△	流紋岩類 (一部斑状花崗岩)
中生代	白垩紀	+	中～粗粒黒雲母花崗岩
	白垩紀	△	流紋岩類 (一部斑状花崗岩)

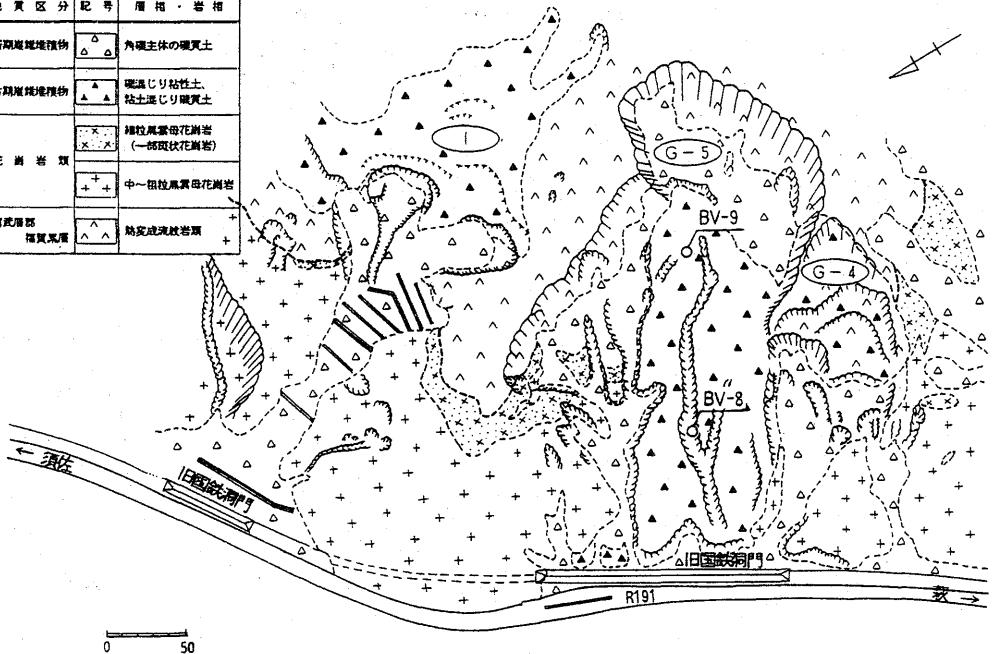


図-4 地質平面図

これらの試料から、花崗岩体に生じた変質が、風化か熱水作用によるかを知る鍵となったのは、雲母粘土鉱物（セリサイト）であった。特にこの鉱物は、分析の結果、X線反射が非常にシャープで半価巾が狭いことから、結晶の大きさが大きいことを示しており、かなりの熱水変質を受けたことがわかる。

さらに、雲母粘土鉱物は風化作用ではできないこと、スメクタイトは塩基性の鉱物の風化により生成するが、花崗岩や流紋岩のような酸性岩では一般に生成されないことなどから、今回分析したマサ土は、明らかに熱水変質作用を強く受けており、そのうえさらに風化作用を受けて形成された可能性が高いと判断される。

③キャップロック構造の形成により、斜面の不安定化が始まる。特に海水面が標高100m前後にあった時期（リヌーヴェルム間水期）に流紋岩類を主体とする斜面が侵食され、多量の古期崖錐堆積物が生産された。

・地質用語として“キャップロック”という語は多岐にわたって使用されているが、地すべりでは図-6に示すごとく、岩質として異質な岩体（多孔質で浸透能が高い玄武岩質溶岩、火山砕屑岩等）が脆弱な基盤岩（第三紀泥岩等）に上載している場合、端部で地すべりが生じやすい構造のことを言う。全国的に有名な例としては、長崎県の北松地方や山口県の油谷半島に多発する地すべりがこのタイプである。

まさに、類似した地質構造が木与地区にも見られる。すなわち、下位には花崗岩体の貫入により、自ら強い熱水作用の影響を受けて変質した花崗岩類が基盤をなし、上位には亀裂が発達しているものの接触変成作用の結果、ホルンフェルス化して堅硬緻密な岩質となった流紋岩類が、キャップロック状に存在している。

・こうした地質構造のため、強変質した花崗岩の周縁部では、さらに、流紋岩類に生じた亀裂に沿って供給されたと思われる地下水の影響を受けて、深部まで風化が進み、脆弱化したものと考えられる。こうして風化に対する抵抗力の大きく異なる岩体が、斜面の上下を構成した。特に、脆弱な岩体が下位に、堅硬緻密な岩体が上位にあるため、斜面の土塊バランスは崩れやすくなり、崩壊や地すべりが多発し、古期崖錐堆積物を多量に生産していったものと考えられる。

④海水面の低下と海食崖の形成に伴い、古期崖錐堆積物の末端受動土塊が流失し、再活動しやすくなる。

・木与地区における大規模な災害は、こうしたキャップロックという特異な地質構造により生じているが、このなかでもG-5・I斜面とG-4斜面とでは、移動土塊の違いから、地すべり発達史の段階がやや異なっていると考えられる。前者は礫混り土砂を主体とする古期崖錐堆積物からなる「崩積土地すべり」であり、後者はそれよりも初期段階にあたる「風化岩地すべり」に分類される。

ここで、G-4斜面において新たに風化岩地すべりが発生した理由としては、キャップロック構造をなす流紋岩類と花崗岩類の地質境界が最も海側に接近したところに位置していること、調査地周辺では海

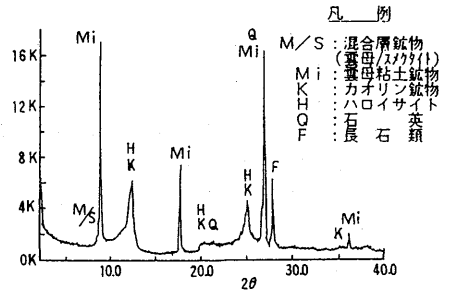


図-5 X線回折線図  
(BV-9 深度54.00m)

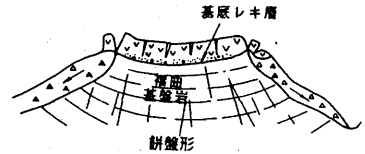


図-6 キャップロック模式図

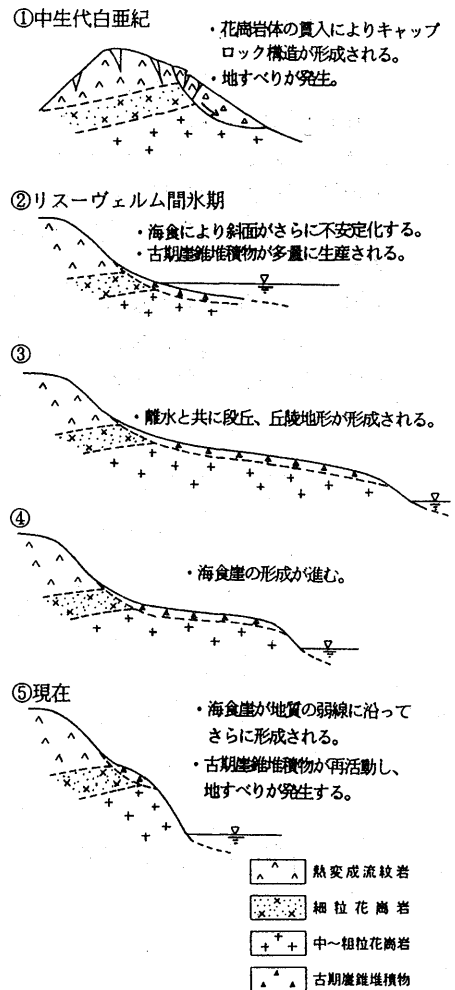


図-7 調査地の付近の斜面形成史

①花崗岩類の貫入によって流紋岩類には亀裂が発達し、同時に、接触変成作用の結果、堅硬で緻密な岩質（主に紅柱石珪質ホルンフェルス）となった。

- ・偏光顕微鏡の観察によると、流紋岩類はモザイク状のホルンフェルス構造（熱変成作用により新たにできた鉱物が等粒状をなす）を示し、一部ラミネーションが認められるものもあった。
- ・偏光顕微鏡や粉末X線回析分析の結果から、流紋岩類の原岩は、ろう石を多量にもっていた岩体と考えられる。

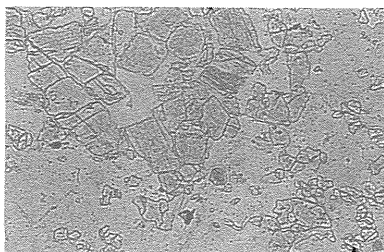


写真-1 偏光顕微鏡（下方偏光板のみ）

1. 紅柱石
2. 石英
3. 白雲母
4. パイロフィライト

0.2 0.4 mm

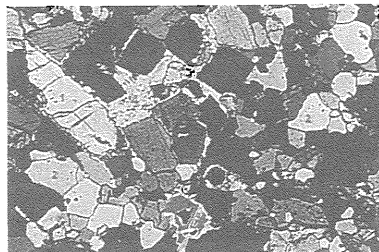
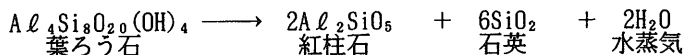


写真-2 偏光顕微鏡（直交偏光板）

なぜなら、モザイク状組織をなす紅柱石や石英は、熱変成作用により生成された変成鉱物であり、岩体中に葉ろう石（パイロフィライト）が確認されることから、次のような反応が起こったと考えられる。



②花崗岩類の二度にわたる貫入によって、先行した細粒花崗岩が特に強い熱水作用を受けた結果、この部分が著しく変質し、その後の通常の風化-地下水や応力開放-も加わって、急速にマサ土化したと考えられる。

・細粒花崗岩と中粒花崗岩との関連は“花崗岩貫入時の周縁相”とも考えたが、両岩体の境界が漸移していないこと、細粒花崗岩が中粒花崗岩中に捕獲された形でも分布することから、貫入時期がやや異なるものと考えた。

・ボーリングによって採取したマサ土試料について粉末X線回析分析を行った結果、構成粘土鉱物として緑泥石、スメクタイト、雲母・スメクタイト混合層鉱物、雲母粘土鉱物（セリサイト）、カオリナイト、ハロイサイトが検出され、そのうちカオリナイトとセリサイトは全試料に含まれていた。

表-1 マサ土の粉末X線回析分析結果一覧表

試料番号 (深度m)	構成地質	検出粘土鉱物					
		緑泥岩	スメクタイト	雲母 スメクタイト混合物	雲母粘土鉱物 (セリサイト)	カオリナイト	ハロイサイト
BV-9	14.40m			+	+	+	++
	20.40m		++		-	+	+
	29.20m	-		+	+	+	+
	40.00m	-		+	+	+	++
	50.00m	-		+	+	+	++
54.00m				+	++	+	+
BV-8	13.95m		-	+	+	+	++
	25.00m		+		+	+	+
	36.00m		++		+	+	+
	45.10m	-	++		-	++	

++ : 多量に含まれる    + : 含まれる    - : 僅かに含まれる

食崖が発達しているように侵食が盛んなことなどがあげられる。

## 5. その他の発生事例

山粕地区は奈良市の南東約35km, 中央構造線から北方約12kmに位置し、領家複合岩類と総称される変成帯の北縁にある。

### ①被災状況

幅65m奥行き70mの風化岩地すべりが発生し、脚部を通る一般国道369号の施設が大きく変状すると共にのり面崩壊を起こした。

### ②地形地質

調査地は、標高750mの山頂からはほぼ南にのびる尾根状斜面の脚部にある。基盤地質は、片麻状花崗岩で、有色鉱物と無色鉱物の帯状配列が特徴的であり、風化すると両者の境界は剥離しやすい性質がある。

### ③すべり機構

移動土塊は基盤岩と同一の岩種によって構成されているが、キャップロック構造が存在することによって、斜面全体が不安定化しやすい状態にあった。これに、道路改良による末端受動土塊の除去と異常気象により生じたのり面崩壊及び地下水の上昇により、土塊バランスを崩したものと考えられる。

キャップロック構造が形成された理由としては、下記の点があげられる。

- ・当該斜面に対して、片麻面が $20^{\circ} \sim 40^{\circ}$ の流れ盤であるため、風化侵食を受けやすい構造であった。
- ・広域的な変成作用の結果、風化度合の異なる構成鉱物が、帯状に配列したため、地山深部でも有色鉱物の富むゾーンで特に風化が進行し、すべり面となり得るゾーンを形成した。

## 6. 結論

花崗岩を基盤岩とする地域における災害は、そのほとんどが崩壊の形態を呈するものの、キャップロック構造が存在する場合には、比較的規模の大きな地すべりの形態を呈する場合がある。この場合、キャップロックとなる上位の地質が、異質の岩体のみならず同質の花崗岩体であっても下位の基盤岩に比べて風化に対する抵抗力が大きい岩質であれば、同様に地すべりを起こしている例もある。こうしたことから、今後花崗岩を基盤岩とする地域であっても、規模の大きな災害が起こりうることを防災計画立案の際に留意していただければと思います。

## 参考文献

- 1) 土質工学会：土砂災害の予知と対策PP. 315-319
- 2) 山田剛二・渡正亮・小橋澄治：地すべり・斜面崩壊の実態と対策，山海堂
- 3) 神谷雅春：1985，山口県阿武地域白亜系の層序および地質構造－阿武地区ろう石鉱床の研究 その1－地質調査所日報（第25巻第3号）PP. 105 -118

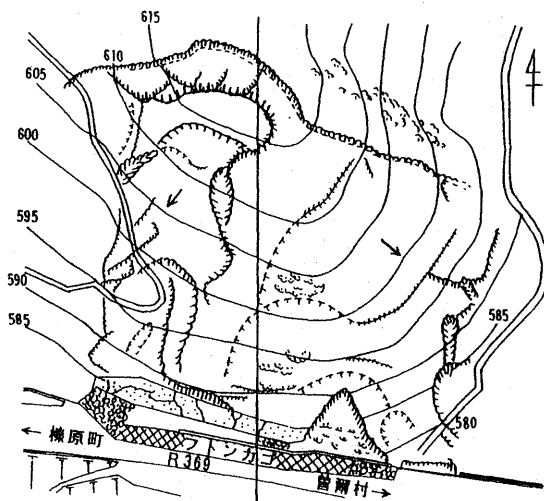


図-8 調査地平面図

凡 例

- △ △ 表土および塵雜
- × × × 強風化帯 (有色鉱物多し)
- × × × 未風化帯 (無色鉱物多し)

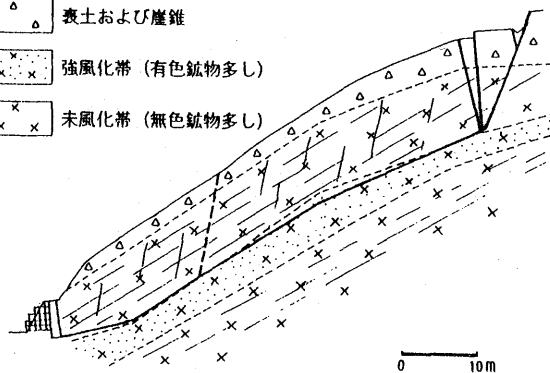


図-9 地質断面図