

## 地すべり地の現地踏査

長野 恒一\*

### 1. まえがき

私は入社以来、四国地方の災害調査に出かけることが多くありました。梅雨、台風などのシーズンには雨が降るたびに「あの現場は大丈夫だろうか？」などと心配もしたものでした。ところが、最近では昭和51年の大災害以来大きな災害が少なく、「災害は忘れた頃にやってくる」のに「四国の災害対策は十分なのだろうか？」などと防災関係予算の少なさに嘆いているこの頃です。

さて、「現地踏査」は私どもの業界では地質調査法の一つとして重要な位置を占めております。現地踏査はその目的によって、災害発生直後の踏査、調査計画のための踏査、現況把握のための踏査、対策工法検討のための踏査など、種々の機会に種々の方法で行なわれています。とくに、現地踏査では大縮尺の地形図を用いて結果を表現する範囲も（踏査を行なう範囲はさらに広いが）狭いことが多いので、観察事項とその調査結果を表現する方法を画一的に決めることが困難であり、各者各様の方法で行なわれているのが実状ではないかと思えます。そこで、これまで私が経験した現地踏査のなかから現地踏査における観察事項とその表現方法について紹介したいと思います。

### 2. 現地踏査の観察事項

地すべり地の現地踏査では、その結果を平面図や断面図に表現する場合、いわゆる地表地質踏査や、空中写真判読などの表現方法を用いている。しかし、地すべり調査では観察事項が多様であるため、図面にこれらを表現するにあたって種々の工夫が必要である。

ここで、地すべり地の現地踏査に要求される観察事項を簡単にまとめると次のようになる。

#### 1) 植生

- ・ 樹齢の大きな木、樹幹の屈曲、湿地性の植物
- 2) 地形  
斜面の傾斜変換線（遷急線、遷緩線、小崖、凹地、溝、亀裂、崩壊地、ガリー）
- 3) 地質  
地質構造、地質の種類、風化変質状況、割れ目の状況、岩級区分
- 4) 構造物の変状  
擁壁などの亀裂（縦亀裂／横亀裂）、目地の開口・食い違い、はらみ出し
- 5) 地表水の状況  
地表水（溜り・流水）、湿潤地、湧水、湧水跡、地表水の流路
- 6) 既設構造物および人工造成地盤

### 3. 観察結果の表現方法

観察結果の表現は、地すべり機構の解析や防止工法の検討を行なううえで、また、防止工の配置計画を立案するに際して重要であり、できる限り平面図や断面図に表現する必要がある。表現方法は、地形関係、地質関係など慣例的に用いられている方法があり、なかでも空中写真判読による表現方法は建設省国土地理院（1980）<sup>1)</sup>、清水（1983）<sup>2)</sup>、大石（1980）<sup>3)</sup>などの方法が大変参考になった。現地踏査による表現方法でも大部分がこれらの表現方法を使用することができるが、現地踏査では1/1000～1/500程度の地形図上に表現することが多く、より細かな場合にはこれらの記号をある程度修正して用いる必要がある。修正にあたっては、記号の意味するところを凡例で示すわけであるが、そのつど凡例を見なくても記号の意味が把握できるように留意した。

表1に記号の一例を示し、それぞれの留意点を記す。

#### 3.1 植生

植生をを広範囲に把握するには、空中写真が大きな威力を発揮するが、現地踏査では植生の異常な発達、とく

\* 内場地下工業株式会社 技術部地質課係長

表1 現地踏査で用いる記号の一例

区分	記号	名称	備考	
植生		雑木、雑木	主としてスケッチに使用する。	
		広葉樹(老木)		
		針葉樹(老木)		
		植林地(幼齢林)		
		草地、伏草跡地		
		樹幹の屈曲		屈曲方向および推定年代(年輪の異常)。
地形		遷急線 * ; 不明瞭な遷急線で横断形が丸味を帯びる	明瞭・不明瞭の区分は相対的新旧を示す。	
		遷緩線 * ; 不明瞭な遷緩線で横断形が丸味を帯びる	段差の少ない地すべり地形の側面。	
		小崖(段差)または不明瞭な亀裂	亀裂、凹地、隆起地などは亀裂面の植生により新旧を判定する。古い場合は下図を参照。 	
		亀裂(段差を伴うもの)		
		亀裂(開口を伴うもの)		
		凹地または陥没地		
		隆起地		
		平坦面		
		溝		
		崩壊地		
		崩壊跡地または局所的な遷急線		
		崩壊土砂		
		ガリー		
		リニアメント		
地質		露岩(硬質岩盤)		地質の種類別に塗色
		* ; 亀裂が顕著で割れ目が開口している場合		"
		砂岩(煤矽の硬質岩盤)	"	
		* ; 亀裂が顕著で割れ目が開口している場合	"	
		未固結堆積物、土砂状岩盤の露頭	"	
		* ; 亀裂が顕著で空隙が多い場合	"	
		転石	"	
		巨礫群	基盤岩との識別が困難な場合は輪郭のみ塗色	
		岩屑	粘性土の少ない圧縮堆積物	
		C <sub>1</sub> 、W <sub>2</sub>	判定基準を設ける	
		片理面、層理面の走向・傾斜	br=粘砂帯の幅 C <sub>1</sub> =断層粘土の幅	
	褶構造の方向と背しの角度			
	節理面の走向・傾斜			
	へき開面の走向・傾斜			
	断層面の走向・傾斜および延長方向			
水		地表水の流路および流量	$\lambda / \text{min}$	
		多雨時に地表水の流路となる所		
		湧水箇所および流量	$\lambda / \text{min}$ (水質記載なしは浸潤程度)	
		湧水痕	多雨時に湧水する箇所	
構造物の変状		縦亀裂(鉛直方向に発生したもの)		
		横亀裂(水平方向に発生したもの)		
		段差を伴う亀裂	H=高さ L=変位	
		開口を伴う亀裂	W=幅 D=深さ	
		はらみ出し 沈下方向(または傾動方向)	角度、沈下量などを計測	

に樹幹の屈曲や地すべり地特有の植生状況を記号やメモ書きで表現する。樹幹の屈曲方向は矢印で示すと表層のクリーブや土塊の傾動方向を暗示しているように思われる。

### 3.2 地形

地形図はいかなる地形図でも地表の起伏が細かく表現されている訳ではないので、災害と関係するような地表面の起伏や変状を現地踏査で観察する必要がある。また、空中写真は地形図に表現されていない地表面の事象が判読することができる。微小な変位地形や組織地形、リニアメントなどを踏査に先だって判読しておくことは現地踏査と同様に重要であり、空中写真で判読した事象や、判読できなかったことを現地で確認したときの喜びは常に忘れ難い体験となっている。

表現するものは斜面傾斜の変換線(遷急線および遷緩線)、小崖(段差)、亀裂、凹地、溝、崩壊地、ガリーなどである。とくに斜面傾斜の変換線は、斜面の横断形況や過去の崩壊跡、地すべりブロックの境界などを知る上で細かいマッピングが必要である。遷急線と遷緩線を追跡して鋭敏な折れ点を有するものと丸味を帯びたものを区別して新旧関係を表現する。注意しなければならないのは、微小な小崖と亀裂の区別、遷急線と崩壊地跡の区別などである。亀裂や崩壊地などは、明らかに地表面に現われた変位地形であり、その変状が現地で観察され、植生も草本類が活着している程度のものであり、小崖や遷急線などはその成因が明らかではないか、または木本類が覆うなどして発生時期が古いと考えられるものである。すなわち、亀裂、崩壊地でも発生時期の古いものは小

崖や遷急線となってしまうということであり、図面で新旧関係を表現することにより、そのニュアンスが把握できるようにする。ブロック区分として馬蹄形に囲むように記した場合は事象の解釈結果であり、遷急線・遷緩線あるいは地表面の小崖などでは事象そのものの記載ということで、解釈した結果と事象そのものの記録とを区別するようにする。変位地形と断定できる亀裂などは、その高さ、幅、変位などを測定して記入する。

### 3.3 地質

地質については、地表地質踏査で用いる記号を使用して表現する。地すべり地では、岩盤の露頭が多いところより、むしろ岩盤の露出しないところ、植生の繁茂しているところを入念に踏査し、変位の発見に努めるとともに崖錐堆積物の性状や安息角、表土の状態などを記録する。岩盤の露頭では、移動した形跡があるかどうかの判断材料として岩盤の割れ目の開口具合を観察し、数mm以上の開口が見られる岩盤を弛みが顕著な岩盤として区分する。また、場合によっては、礫混り土砂～転石～岩塊～移動岩盤～基岩などが明瞭な境界を持たずに漸移関係にあることもあるので地質構造や組織の乱れ具合によって区分する。とくに地すべりの舌端部では直径数m以上の巨礫が群をなして分布することが多く、その巨礫に認められる片理面などの岩石構造は周囲の不動地域の地質構造と調和的で乱れの少ないことも多いので基岩かどうかの判定には十分注意する必要がある、マッピングに際しては事実の記載と判定した結果とを混乱しないよう心がける。また、聞き込み調査の結果もできる限りメモ書きで図面に記入する。

### 3.4 構造物の変状

地すべり地に設けられた構造物は、変位測定器の役割を果たすので、亀裂や目地の変状、はらみ出しなどを細かく記録する。擁壁、道などは水平方向に連続して設けられている場合が多く、過去に設置した移動杭を観測しているつもりで変状に注目し、その変状を記録する。

### 3.5 地表水の状況

地表水の集散状況、地下水の流動状況を把握し、降雨時に地表水の流路となったり、水が溜りやすい場所を記録する。また、湧水は踏査時に湧水していなくても雨の多い季節に湧水する場所があるので、湧水痕として記録する。地表水の状況の記載は、地表水排除工法、地下水排除工法などの検討、あるいはそれらの効果判定などに際して大変有効となる。

### 3.6 既設構造物および人工造成地盤

擁壁、切土、盛土、溝、水路、民家、墓地、神社仏閣などは、変状がなくても、移動していないこと、あるいは、変状を伴わないで移動していることもある。また、四国地方山間部の植林地の中には地形図には単調な等高線で表現されていても実際には階段状の土地で過去に水

田であったところも多い。

## 4. 現地踏査結果の事例

### 4.1 概要

図1は、四国山地中央部の高知県仁淀川水系枝川川右岸に位置する地すべり地でのマッピング例である。この地すべり地は昭和51年9月台風17号災害で地すべり、崩壊などの被害があったところで、今なお、亀裂や崩壊地の跡が見られる。台風17号災害は昭和51年9月8日～9日13日間に1602mmという記録的な降雨によるものであった。

この付近の地形は、四国山地の脊梁をなす標高1,000～1,500mの山々が東西方面に尾根を連れ、枝川川がこれを横断するようにほぼ北から南に流れている。このため枝川川に面する斜面はとくに急傾斜である。地質は三波川帯に属する泥質片岩が広く分布し、まれに塩基性片岩、珪質片岩を挟んでいる。片理面で示される地質構造は、ほぼ東西の走行を有し、南に30～40°で傾斜する単斜構造で、泥質片岩にみられるチリメンジワ状の線構造および小褶曲軸の落しは東に15～20°で傾いている。この線構造の影響で東向き斜面も流れ盤的な性格を有している。

### 4.2 地すべりの現況

この付近は巨視的にみると三つの大きなブロックよりなる。調査は主として東向き枝川川に面するブロックについて行なった。この斜面は洪積世に発生した大規模マスマーブメントによるものと考えられ、図2に示す弾性波探査結果やボーリング調査結果はそれを暗示している。すなわち、崖錐堆積物の層厚は大部分が数m未満であり、ボーリングコアはGL-35m付近の深度にまで流入粘土や崖錐堆積物を挟んだ岩盤となっている。このような岩盤は弾性波探査では1.8～2.2km/secの速度層にほぼ一致している。11基に及ぶ地盤伸縮計、5孔の孔内傾斜計などの観測結果は、現地踏査で認められる遷緩線や微小な地表面の小崖などで区分されるさらに小さなブロック単位で異なっており、変動のみられないブロックも存在している。

昭和54年以降の孔内傾斜計、地盤伸縮計の観測結果から推定されるすべり面は図2に示したように比較的浅い。しかし、昭和51年台風17号災害を挟む移動杭の観測結果は図3に示すように林道付近で著しい隆起現象がみられ、さらに深いすべりも推定することができる。このことは、日常的な降雨では浅いすべりのみが生じ、著しい降雨があったときは深いすべり面でも滑動するというを示している。

我々が災害後に観測を始める場合は、このような日常的な変動が観測され、深いすべりは過去の大規模マスマーブメントによるものと片付けられている可能性があ

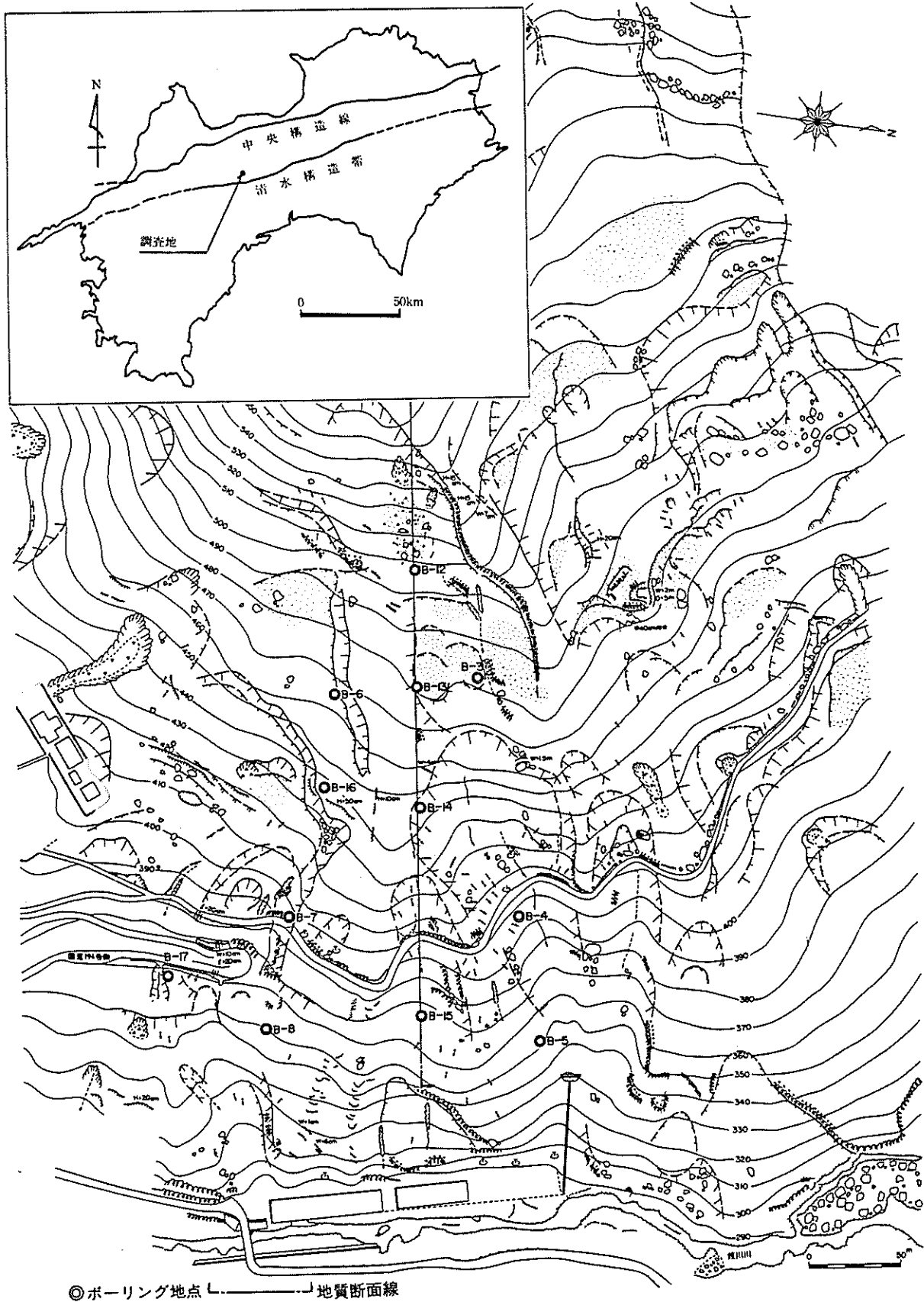


図1 現地調査結果平面図 (凡例は表1参照)

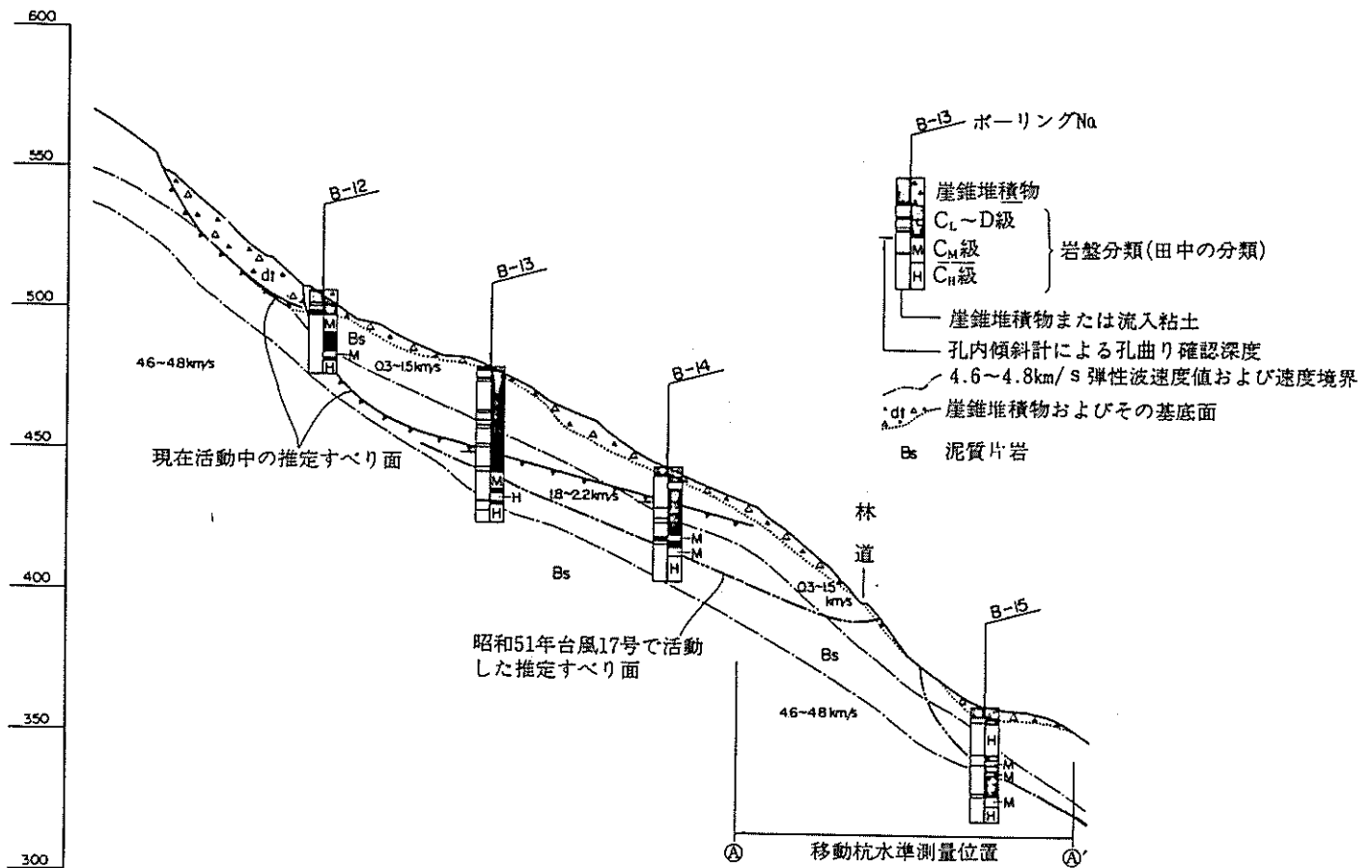


図2 地質断面図 (A-A')

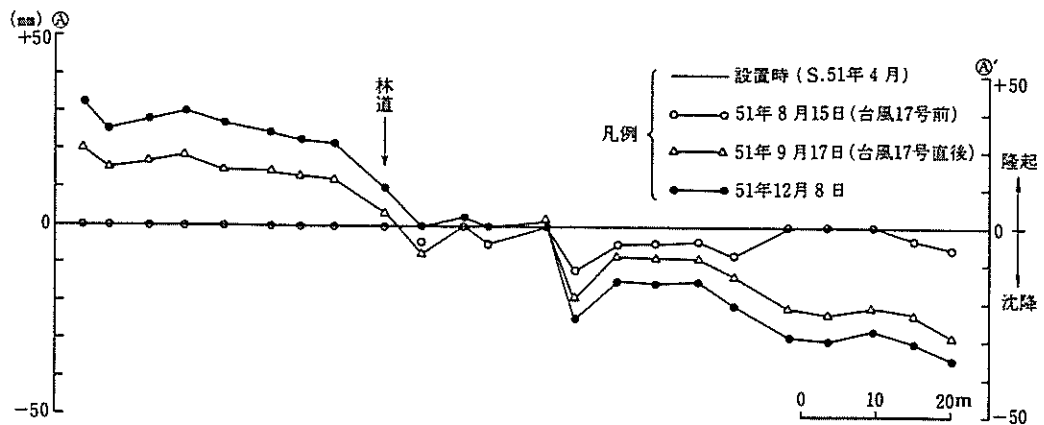


図3 移動杭水準測量結果

る。

#### 4.3 地すべり地形形成史

地すべり地形の形成・発達過程を大胆に推定すると次ようになる。すなわち、図4に示すように古い時代に大規模マスムーブメントがあり、これが大きな滑落崖とその下に乱れの少ない崩積土（移動岩盤）を残したと考えられる。その後、枝川川の下刻と河床低下により崩積

土は下方より侵食されるとともに、崩積土は不安定となり、“地すべり”を始めた。この地すべりは斜面下部の侵食とともに移動・細分化され中腹の緩斜面はさらに平坦化した。また、大きな滑落崖はその冠頭部でさらに崩壊を起こし、緩斜面の上にその崩積土を載せ、地すべりはさらに細分化が進んだ。現在では斜面下部の崩壊により、また、滑落崖からの崩積土が緩斜面（頭部）に堆積する

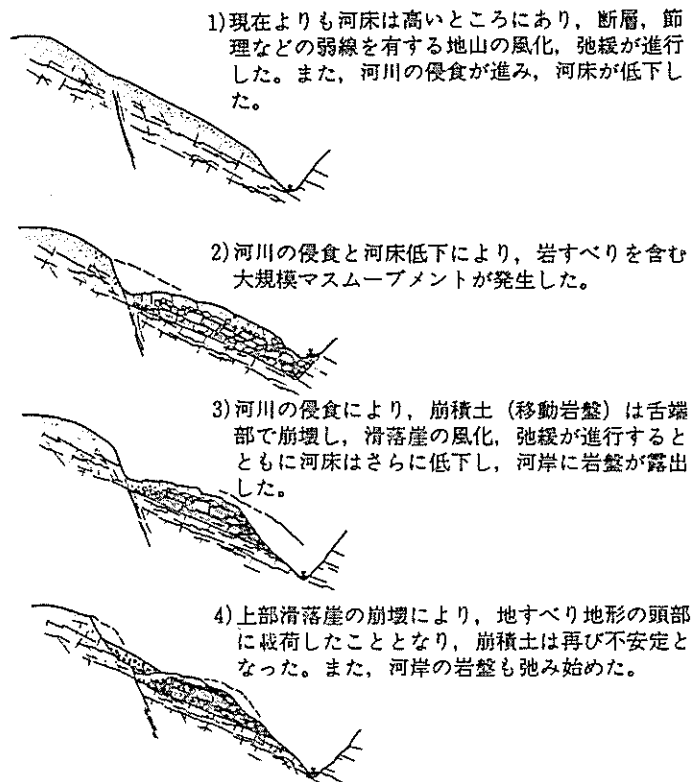


図4 地すべり地形形成過程模式図

ことにより不安定化しているものと考えられる。とくに滑落崖直下の崩積土は緩斜面上にほとんど残留し、現在ではこの崩積土自体の安定が損なわれている。ここで、特筆すべきことは、大規模マスマーブメントを起源とする深いすべりについても台風17号災害のような異常降雨時には滑動するということである。

## 5. あとがき

四国地方は破碎帯地すべりが多く、第三紀層地すべりに比較して傾斜も急峻であることが多い<sup>4)</sup>。このため、植林地内や急傾斜の部分では空中写真判読のみでは目的とする精度の十分な情報が得られず、綿密な現地踏査が必要となる。空中写真で判読された単位地すべり地形の内部では、様々な現象が観察される。これらの現象は、まさに地すべり地の分化、細分化、あるいは発達過程を示すものと考えられる。このようなブロックの細分とそれを構成する物質の状態の調査は、古谷(1985)<sup>5)</sup>も述べているように、地すべり現象の進化・発達の過程を把握するうえで最も重要であり、地すべりの防止・軽減のための工事計画をたてる調査には欠くことのできない課題であると考えられる。

実際に防止工を施工する場合には、予算の関係などもあり単年度で防止工の施工が完了することは少なく、施工の優先順位を決めたり、必要最小限の対策を決めたりすることも要求される。したがって、現地踏査は、地すべり機構を解析する場合のみならず、対策工の検討に際しても工法や施工場所、施工優先順序を決定するうえで重要であり、現地状況を示す説得性のある図面を作成することが必要である。この意味でも現地踏査の方法や結果の表現方法に種々の工夫と改善を加えて、地すべり踏査法の研究が望まれる。

## 参考文献

- 1) 建設省国土地理院：航空写真による崩壊調査法，pp. 13～22，pp. 347～372，日本地図センター，1977。
- 2) 清水文健：空中写真判読による地すべり地形の認定と表現方法—新庄地域を例として—地すべり Vol. 19，No. 3，1983。
- 3) 大石道夫：微地形調査と砂防計画，新砂防 Vol. 32，No. 4，1980。
- 4) 小橋澄治・中山政一・今村遼平・他：地すべり・崩壊・土石流—予測と対策，鹿島出版会，pp. 206～208，1980。
- 5) 古谷尊彦：自然斜面における不安定化過程—特に地すべり地形の発展と関連して—，地すべり，Vol. 22，No. 1，1985。