

縮尺 5 万分の 1

土地保全図付属説明書
(長野西部地域)

昭和 59 年 3 月

国土庁 土地局 国土調査課

調査計画機関

国土庁土地局

編集・執筆：榎倉克幹

作業機関

基礎地盤コンサルタンツ株式会社

ま え が き

わが国の地すべり地は約1万ヶ所、面積で約40万haに達し、その面積は国土の約1%に及んでいる。その分布域は北海道から九州まで広範囲である。

本調査報告書は地すべりのとくに分布密度の高い長野県千曲川支流犀川中流域の地すべり災害を中心に土地保全上必要な事項を調査し、縮尺5万分の1土地保全図及び説明書としてまとめたものである。

目 次

まえがき

1 調査概要	1
2. 調査方法と手順	3
2-1 地すべり災害実態調査	3
2-2 地形・地質調査	3
2-3 気象・水文調査	6
2-4 事例調査	6
2-5 土地保全調査(地すべり対策)手法の確立	7
2-6 土地利用適正評価	7
3. 地すべり災害実態調査	8
3-1 地すべり防止区域の分布	8
3-2 地すべり地形の分布	9
4. 地すべり地帯の地形・地質	13
4-1 地形・地質概要	13
4-2 地形各説	14
4-3 地質各説	24
5. 気象・水文(地震を含む)	29
5-1 気 象	29
5-2 調査地域の地殻活動	30
6. 地すべりの発生要因	39
6-1 地すべりの内的要因	39
6-2 地すべりの外的要因	53
7. 事例調査	55
7-1 茶臼山地すべり	55
7-2 奈良尾地すべり	62
7-3 倉並地すべり	66
7-4 地震と地すべり災害の事例	68
— 善光寺地震の場合 —	
8. 地すべり地の調査・解析及び対策工	76
8-1 諸機関の地すべり調査基準(案)・指針と手法	76
8-2 諸機関の安定解析	89
8-3 諸機関の対策工法	95

9 地すべり地域の土地保全と土地利用適性評価	103
9-1 地すべり地域の土地利用調査	103
9-2 地すべり調査地域内の法令・指定等調査	112
9-3 自然的条件よりみた地すべり地の土地保全の指針	114
9-4 地すべり地域の土地利用適性評価	119

付 録

巻末付録

※ 地質層序区分及び地質各説

縮尺 1/50,000 土地保全基本図

原稿図

- | | | |
|------------------------|----------|-----------------|
| (1) 土地利用現況および地すべり被害分布図 | 1/25,000 | 傾斜区分図 |
| | 1/25,000 | 地すべり地形分類図 |
| (2) 地すべり予察地形分類図 | 1/25,000 | 土地利用区分図 |
| | 1/25,000 | 地すべり崩壊発生時の被害状況図 |
| (3) 地すべり予察表層地質図 | 1/50,000 | 地質図・表層地質図 |
| (4) 防災保全等法令規制現況図 | 1/50,000 | 地すべり防止区域等分布図 |
| (5) 地すべり対策土地保全基本図 | 1/50,000 | 地すべり地形評価図 |
| | 1/50,000 | 防災保全等規制現況図 |

原稿図は、国土庁土地局国土調査課に保管されている。

1. 調査概要

- 1) 調査名 縮尺5万分の1土地保全基本調査業務
- 2) 調査場所 国土地理院発行 5万分の1地形図「長野」及び「大町」の2図幅のうち
「長野」の西半部
「大町」の東半部 (図1・1)
を合わせた約412km²の範囲
- 3) 調査期間 昭和57～58年度
現地調査・まとめ：昭和57年度
編集・印刷：昭和58年度
- 4) 調査目的 本調査は、わが国で地すべり分布密度の高い千曲川支流犀川中流域を対象に、地すべり災害地の土地保全上必要な事項を調査し、縮尺5万分の1「土地保全図」及び付属説明書を作成するとともに、第三紀層地すべりの対策に関する「土地保全調査手法書(案)」を作成することを主たる目的とした。
- 5) 調査項目 本調査は大別して次の7項目について実施した。
 - ① 地すべり災害実態調査
 - ② 地すべり地帯の地形・地質
 - ③ 地すべり地帯の気象・水文調査
 - ④ 地すべりの発生要因
 - ⑤ 地すべり事例調査
 - ⑥ 地すべり地の調査手順・手法及び対策工
 - ⑦ 地すべりの土地保全及び土地利用適性評価

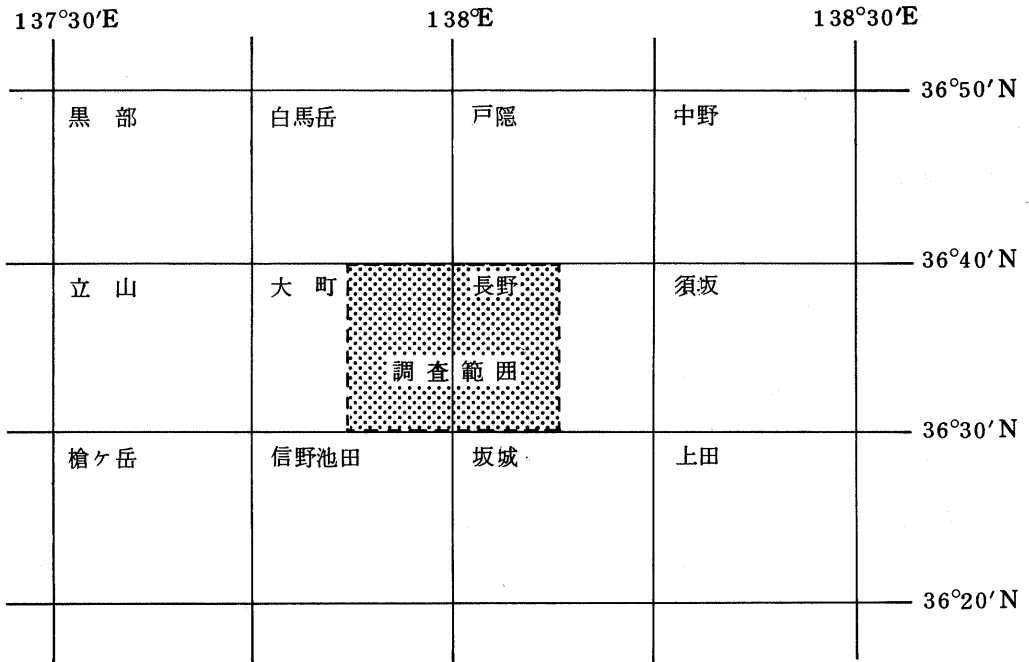


図 1・1 調査範囲(5万分の1地形図名を表示)

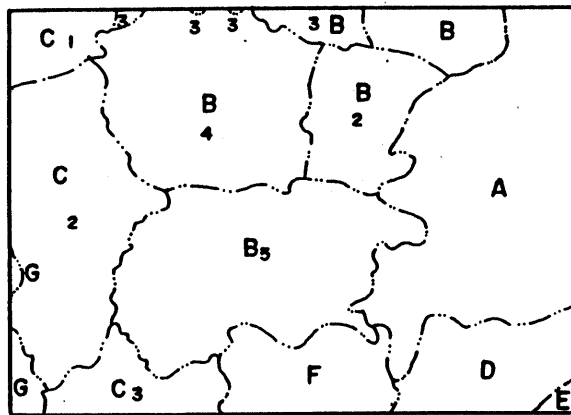


図 1・2 行政区画

長野県 A 長野市

B 上水内郡 1. 戸隠村 2. 中条村 3. 鬼無里村

4. 小川村 5. 信州新町

C 北安曇郡 1. 白馬村 2. 美麻村 3. 八坂村

D 更埴市 E 埴科郡戸倉町 F 更科郡大岡村 G 大町市

2. 調査手法と手順

今回実施した調査の流れを図2・1に示した。

本調査では、前記7項目について、それぞれ資料収集とその解析編纂を中心にすすめた。また、地すべり災害の実態や基礎地盤の状況等の現地確認を要するものについては、現地踏査と航空写真判読による補備調査を実施した。

以下、各調査項目について、その内容及び方法について概説する。

2-1 地すべり災害実態調査

既に公表されている図書、雑誌等から、また関係省庁、地方自治体、公益事業体等からの資料収集のほか、現地補備聴取調査等を実施して地すべり災害の実態をまとめた。

なお、地盤被害・施設被害については分布図を作成しておいた。

1) 文献調査

① 収集資料の内容

- ・刊行されている文献、図書、雑誌
- ・地質図、地すべり分布図、土地利用規制図（砂防指定地、地すべり等防止区域、急傾斜地崩壊危険区域）、地すべり調査報告書及び工事資料、気象資料、災害資料、土地分類基本図、空中写真、土地条件図等

② 収集機関

- ・長野県、信州大学、国土庁、地方建設局、地方農政局、林野庁、関係市町村等

2) 地盤被害のまとめ

- ・地すべり区域
- ・地質構成、地質構造
- ・地すべり分布図……素因別、誘因別
- ・地すべり機構、形態
 - 地質、地質構造による分類
 - 構成岩石、土砂の種類、性質による分類
 - 地形（平面形状、形態）による分類
 - すべり面形状による分類
 - 滑動（運動）特性による分類

3) 施設被害のまとめ

- ・家屋の被害程度、規模
- ・道路の被害
- ・河川の被害
- ・田畑の被害
- ・山林の被害

2-2 地形・地質調査

地すべり地形分類図、地盤変動図、基盤地質図を作成し、地形地質の特性を明らかにした。そし

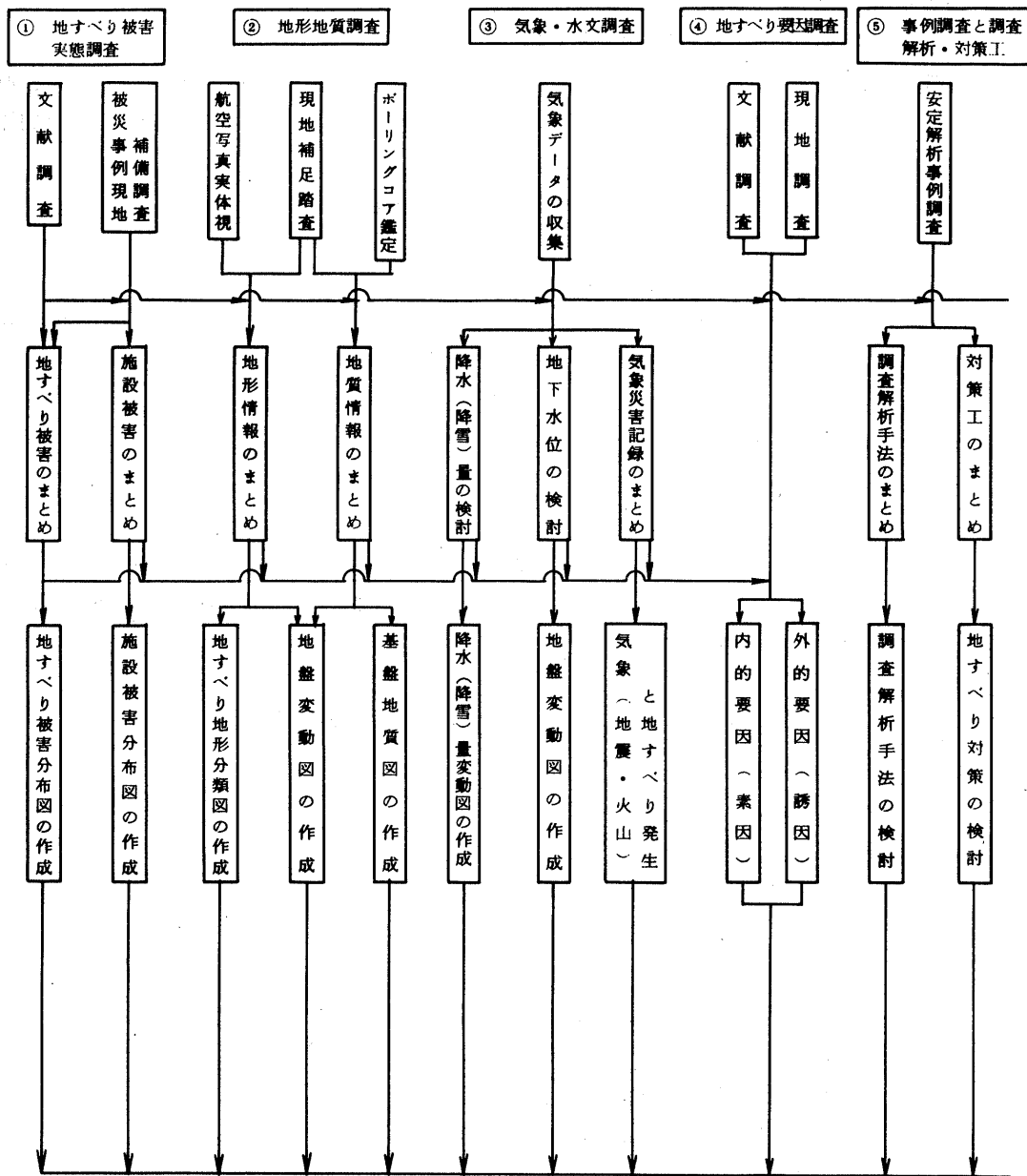
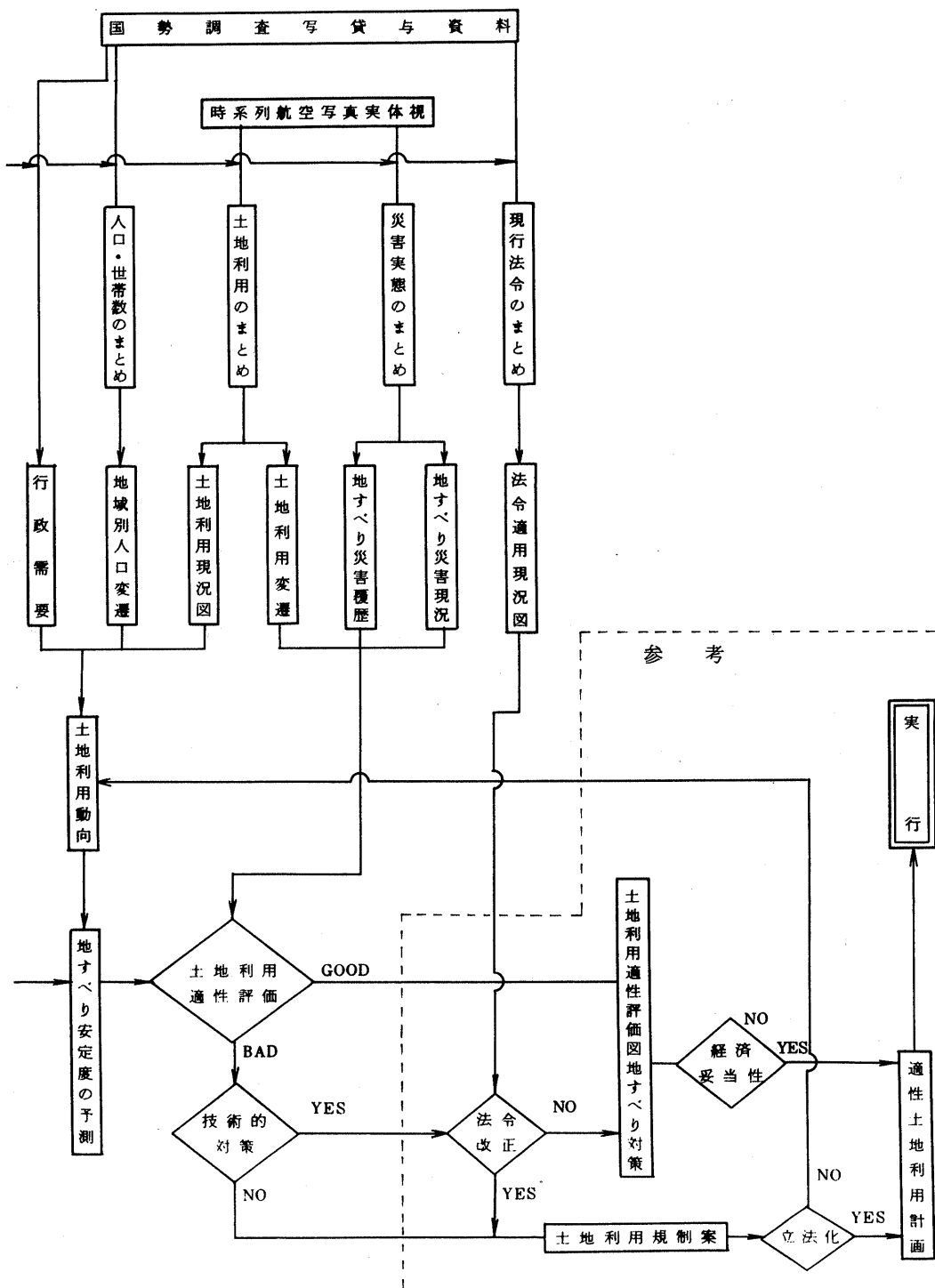


図 2・1 調査の流れ

⑥ 土地保全基本指針の樹立

⑦ 土地保全調査(地すべり)手法確立



て、地すべり災害との関連性を見出すための資料とした。

1) 地すべり地形分類図の作成；

既存の文献、航空写真の判読、現地踏査により地すべり地形を読み取り、地質情報も加味して作成した。

地すべり地形は、滑落崖、移動層、崩壊地形などのほか、段丘面、斜面形状、斜面勾配等の地表面形状を加味して分類した。

2) 地盤変動図の作成；

地形図、航空写真、現地踏査により、地形発達史の分類を行い、地すべり形態、運動特性などと結びつけて作成した。具体的には崩壊土量、到達距離、移動形態、土量の収支バランス等を考察した。

3) 基盤地質図の作成；

既存の地質図、現地踏査、ボーリングコア観察から、地質帯区分を行い、基盤地質図を作成した。地質帯区分は地質区分は地質時代と代表的層相を加味して作成した。

2-3 気象・水文調査

降水（降雪）量変動図、地下水位変動図、気象災害（地震・火山）記録を編集して、地すべり災害との関係を把握した。

1) 降水（降雪）量変動図の作成；

気象データを収集することにより、降水量変動図を作成し、地すべり災害との関連を把握した。

2) 地下水位変動図の作成；

データ収集により、地下水位変動図を作成し、降水量と地下水位変動の関係、地下水位と地すべり災害との関連を調べた。

3) 気象災害（地震・火山）と地すべり発生；

記録等から地震などと、地すべり災害の結びつきについて考察した。

2-4 事例調査

地すべりの調査・解析方法、対策工などの事例を調査し、それらの妥当性、適用性などを検討した。

1) 調査・解析手法の検討；

文献資料から採用されている調査・解析手法をまとめて、地すべり機構や形態の解明に対する妥当性について考察した。

2) 対策工の検討；

採用されている対策工について、地すべり形態との関連からその効果及び適用性について考察した。

3) 地震時の地すべり災害の事例調査

2-5 土地保全調査（地すべり対策）手法の確立

2-1～2-4の調査・解析を通じて、これらの成果が対象地域及びその周辺域だけに適用できるものと、更に広く汎用性のあるものに区分した。そして、斜面安定解析事例として3例をモデルとして検討し、第三紀層地すべりを対象とした地すべり対策を中心に、土地保全に関する調査解析のマニュアルを作成した。

2-6 土地利用適性評価

土地利用現況図、土地災害現況図、土地利用・土地保全に関する現行法令指定区域図などの現況を示す資料と2-1～2-4までの資料とを重ね合わせて、地すべり災害からみた土地利用適性評価図を作成した。これにより、地域ごとの地すべり対策上の留意点・問題点を明確化した。

この評価図作成のために、次の資料を作成した。

- 1) 時系列航空写真実体視
- 2) 土地利用のまとめ
 - ・土地利用現況図
 - ・土地利用変遷図
- 3) 土地災害実態のまとめ
 - ・地すべり災害履歴図
 - ・地すべり災害現況図
- 4) 現行法令のまとめ
 - ・法令適用現況図
- 5) 土地利用動向図作成
- 6) 地すべり安定度の予測
 - ・2-1～2-4までの資料より、地すべりのランク分けを行い、土地利用動向図を判断資料として、安定度の予測を行った。
- 7) 土地利用適正評価図
 - ・1)～6)の調査を総合して適性評価図を作成した。

3. 地すべり災害実態調査

3-1 地すべり防止区域の分布

調査地域内には、法令で指定をうけた地すべり防止区域が133箇所あり、面積は合計4,200ha弱に達し、調査地全域の約10%にあたる。このうち指定機関別箇所数は建設省100箇所、林野庁19箇所、農林省[※]14箇所である。また、調査地域内には、砂防指定区域、急傾斜地崩壊危険区域が、それぞれ12箇所、11箇所指定されている。これらの指定区域は法令指定図(付図)に示している(表3-1)。

一方、昭和47年12月末現在で長野県下の地すべり危険箇所は1117箇所、面積27,047haであり、このうち地すべり防止区域の指定を受けた区域は409箇所(昭和57年1月時点では444箇所)、面積13,279.4haにのぼり、箇所数で新潟県に次いで全国第2位、面積では新潟県、徳島県に次いで全国第3位である。これらのほとんどは第三紀層地すべりの範疇に入り、しかも長野県北部に集中して分布している(図3・1)。調査地域もこの第三紀層地すべりの密集地域に属していて、県土の3%にすぎない調査地域内に、長野県内の地すべり防止区域数の約30%、面積で約15%を占めている。

調査地の地すべり防止区域の面積は、図3・2に示すように50ha以下のものが全体の87%を占めるが、各指定機関別にみると、表3・2のようになる。これによると、林野庁指定の防止区域には比較的広いものがあるが、全体としては 全国や長野県平均よりも小さいものが多いことがわかる。

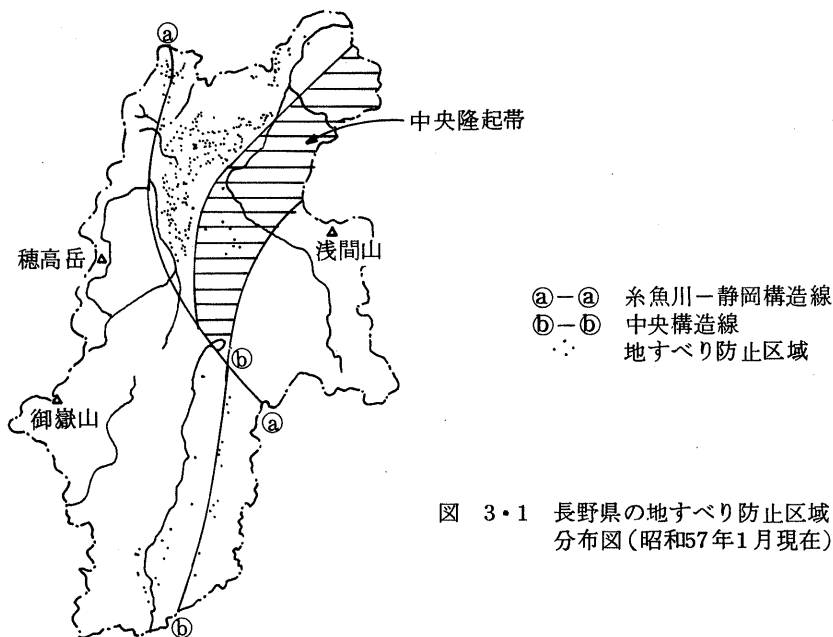


図 3・1 長野県の地すべり防止区域分布図(昭和57年1月現在)

※ 農林大臣による地すべり防止区域指定には、林野庁所管のものと同構造改善局所管のものがある。本稿では後者を「農林省」とだけ記載する。

表 3・1 調査区域内の地すべり地等の箇所数

	地すべり防止区域				砂防指定 区 域	急傾斜地 崩壊危 険区
	建設省	林野庁	農 林 省	計		
箇所数 (ヶ所)	10.0	19(18)	14	133(132)	12	11
面積* (ha)	2,815.5	980.0	375.8	4,171.3		

* 調査図幅外にまたがる部分も含む。

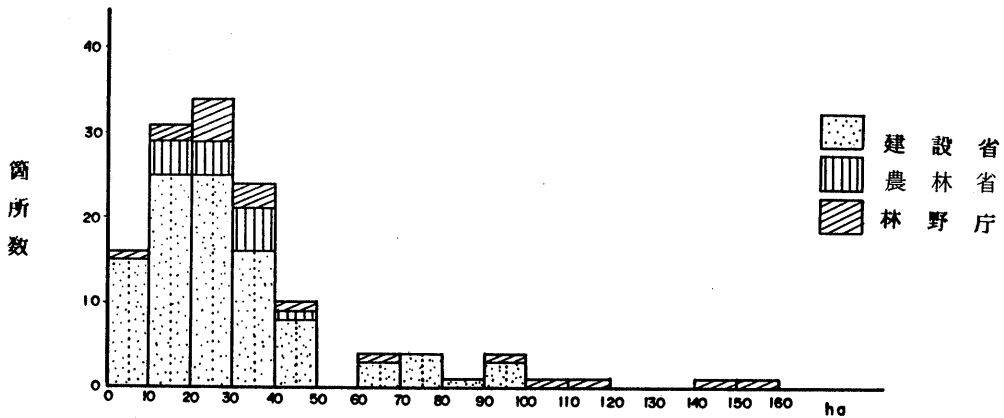


図 3・2 地すべり防止区域の面積

次に、地すべり防止区域等分布図より、以下のようにまとめることができる。

- ① 長野市七二会地区、中条村、信州新町北東部に地すべり防止区域が密集する。
- ② 小川村、白馬村、美麻村、八坂村、大岡村西部などで地すべり防止区域が点在する。
- ③ 更埴市、長野市南西部ではほとんど地すべり防止区域が存在しない。

3-2 地すべり地形の分布

前節の地すべり防止区域内に限らず、当調査地域内には数多くの地すべり・崩壊地形が存在する。この地域には図3-3に示す特徴的な『地すべり地形』が少なくない。

今回は、調査地域全域にわたって縮尺10,000分の1カラー空中写真を用いて、実態視を行い、地すべり地形、崩壊地形、フォトリアメントなどの判読を行い、『地すべり地形等分布図』(付

表 3・2 地すべり防止区域の平均面積の比較

(単位 ha)

	建設省	農 林 省		平均
		林 野 庁	構造改善局	
調査地域	28.2	54.4	26.8	31.6
長野全域	26.0	31.3	48.7	31.8
全 国	35.3	51.6	55.5	43.3

図)を作成した。なお、この分布図作成にあたっては、地すべり地形の明瞭度や各種の地すべり地形が多くみられるものほどランクが高くなるような基準のもとに判読した(表3・3)。

- ① 長野市七二会地区、山布施～宮地平地区、中条村、小川村にはとくに地すべり・崩壊地形が多く分布する。
- ② 大岡村西級、信州新町の信級地区付近には地すべり地形が集中している。

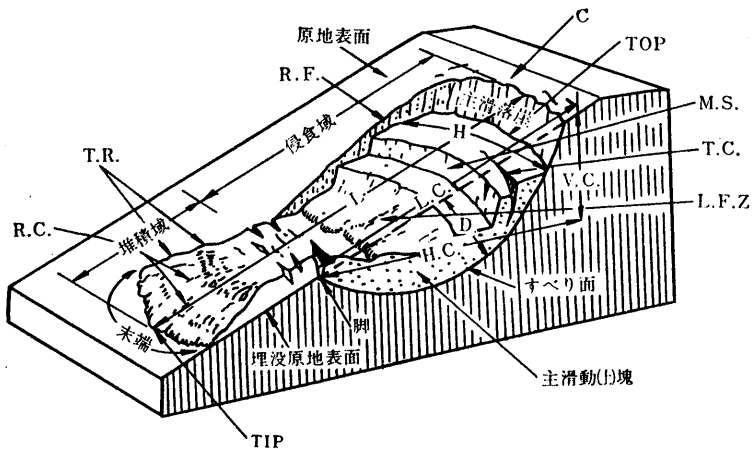


図 3・3 地すべり地形の各部分のよび方(Varnes, D. J. 1978 より一部改変)





- R.F: 右岸側方崖 MS: 副次滑落崖 T.C: 横断クラック
 R.C: 放射状クラック L.F.Z: 縦断クラック帯 TOP: 上端
 TIP: 先端 H: 頭部 C: 冠頂 L: 変動域の全長(斜距離)
 LC: 主滑動(侵食)域の全長 D: 主滑動(侵食)域の最大厚さ
 HC: 侵食(発生)域の水平距離 VC: 侵食(発生)域の比高

③ 調査地南東部篠山、高雄山周辺および調査北東中山断層（後述）以西では地すべり・崩壊地形は少ない。

また、虫倉山、陣馬平山周辺でも地すべり・崩壊地形は比較的少ない。

④ 幅300m以上に達する大規模な地すべり、崩壊地形は、長野市信更町涌池周辺、信州新町信更地区周辺で認められている。また地形的には不明瞭（表3・3のC級）であるが、虫倉山、陣

表 3・3 地すべり地形等の判読基準及び表現方法

要素	ランク	記号	記事
地すべり地形・崩壊地形	A きわめて明瞭		地すべりの全体が把握できるもの。 矢印はすべり方向を示す。 地すべり土塊はほとんど侵食されていない。
	B やや明瞭		滑落差は明瞭であるが、地すべり土塊は侵食の結果やや減少し、分布範囲は不明瞭である。 滑落崖は明瞭であるが 地すべり土塊は大部分侵食されている。
	C 不明瞭		滑落崖は不明瞭となり、また地すべり土塊もやや侵食されている。 滑落崖は不明瞭となり、また地すべり土塊も多くは侵食されている。
	D その他		破線に閉塞された部分は、2本の沢を通る線が、鞍部を通るもので滑落差は見受けられないものの、地すべりが発生すれば大きな被害が生じるもの。
リニアメント	明瞭 稍明瞭 不明瞭	—— - - - - - - - - -	空中写真で認められた線状構造である。

平山の山麓周辺にも大規模なものが分布する。

- ⑤ 幅150m以下の比較的小規模なものは七二会地区、中条村、小川村、白馬村などで多く認められる。
- ⑥ リニアメントとして明瞭なものは美麻村万中より北東～北北東方向に、小川村神楽岡を通り、持京に至るリニアメントと、美麻村千見から小川村古山西にかけて見られる数本の北東～北北東方向のリニアメントがある。

以上のように、調査地域内に潜在的な地すべり活動能力を有するものが数多く分布している。このうち被害が顕在化し、公共の利害に密接な関連をもつものだけが地すべり防止区域として指定されている。

また、現在活動中の地すべり地の大部分は、かつて活動していたものが一旦活動を休止し、その後活動を再開したいわゆる“再発すべり”である。

したがって、現在、地すべり防止区域になっていないところでも融雪や長雨もしくは地震等のショックが地すべりを誘発させる危険度の高いところが少なくない。このような地域では、土地利用の高度化が地すべり誘発につながる恐れも小さくない。

4. 地すべり地帯の地形・地質

4-1 地形・地質概要

調査地域の属する長野県北東部は、日本列島を南北に横断する断列帯であるフォッサマグナ地域の北部にあたる。当地域は西縁を姫川盆地・松本盆地・諏訪盆地を結ぶ糸魚川-静岡構造線により、県の南西部の属する西南日本と境されている。フォッサマグナ地域は主に新生界の堆積岩類と火山岩類よりなり高度1,000~2,000mの山地からなり、当地域のほぼ中央部を流れる千曲川にそって佐久・上田・長野・飯山の諸盆地が分布している。

調査地域は、その東端に千曲川により形成された小規模な低地部を除くとそのほとんどが丘陵的な性質を呈する小起伏山地であるが、調査地西部、東北部及び南東部などに一部大~中起伏を示す山地が見られる。この丘陵性山地は開析のやや進行した侵食平坦面（標高600~900m）と考えられていて、数段の地形面が復元されている。また、この山地内を流れる犀川、土尻川、裾花川

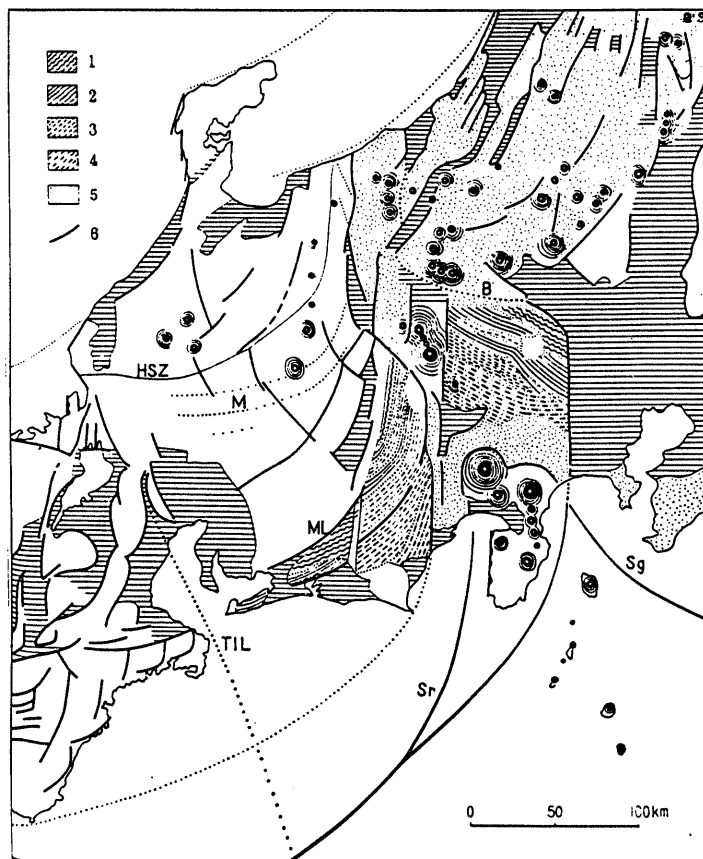


図4・1 地形構造と地質構造の関係

1: 三波川帯, 2: 秩父帯, 3, 4: 四万十帯, 5: 第三系 (大部分新第三系), 6: 地形構造線横線部は平地・盆地を示す
M: 美濃 (飛騨) 塊, HSZ: 内帯中央線 (飛騨構造帯), ML: 中央構造線, Sr: 駿河湾線, Sg: 相模湾線, TIL: 教賀湾伊勢湾線, B: 中日本と北日本の境界 (本図には訂正・補入を要する部分がある) (岡山原図)

などの大～中河川は、いずれも模式的な先行性穿入曲流を示している。これに対して、小河川は特異な流路パターンを示しており、必従河川や地層の岩相、走向・傾向や褶曲・断層などの地質構造に規制されたり、河川争奪などにより、急激な流路変更や風隙地形なども見られる。その他に当地域を特徴づける地すべり地形が数多く見受けられる。

当地域は今から約2,000万年前の新第三紀中新世頃から次第に海におおわれ、激しい火山活動を経て厚い海成堆積物を形成し、陸化した地域であり、地質層序はほとんど新第三紀及び第四紀の堆積岩及び火山岩類で構成されている。これらの構成地質は顕著に褶曲していて、幅数kmで並走するいくつもの向斜・背斜で構成されるが全体としては北方に開いた複向斜をなしている。このため南部のものほど下位の地層となり、標準層序として下位より別所層、青木層、小川層、棚層、猿丸層等に相当するものが分布している。

4-2 地形各説

調査地域について作成した、埋谷面図、地形面復元図、水系図、谷密度分布図、傾斜区分図、地すべり地形等分布図より、各地形要素について述べる。

4-2-1 埋谷面図及び地形面分布図

調査地域の標高は350mから1400mの間にあるが埋谷面図に表わされた等高線間隔は広く、侵食平坦面の存在が考えられる(図4・3)。しかし、この平坦面は図4・2に示すとおり開析が進んでおり、陵線形状からかつての平坦地形を推定することができる。地形面を復元する作業をこのような開析の進んだ地域の広範にわたって行うことは、困難と不確実性を伴うが、その作業結果を図4・4に示す。これによると調査域は4段の地形面と残丘の5つに分類され、下記のような特徴をもっている。

- ① 残丘：標高1,000m以上の部分で緩傾斜面をなす。残丘周辺は谷頭侵食のため急崖となる場合が多い。
- ② 富士の塔面：標高900～1,000mの侵食平坦面で、長野市西方の富士の塔山周辺や陣馬平山の虫倉山などからなる残丘の周辺に分布する。
- ③ 大峯面上位：標高750～900mの地形面で、長野市七二会地区中条村や犀川南東側では比較的顕著に見られるが、調査地西半部では侵食が著しく進行した結果、不明瞭である。

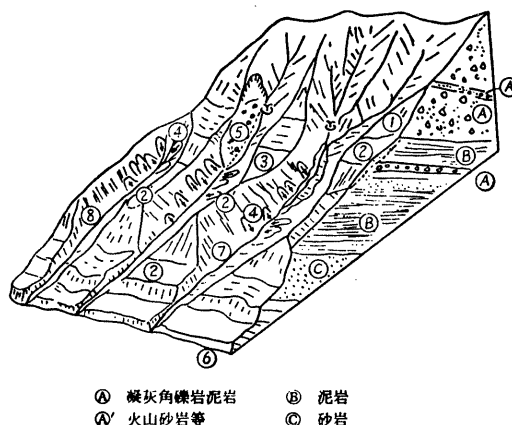


図4・2 中条・小川地区地形模式図(望月・中村1977)

- ④ 大峯下位；標高700～750mの地形面で、下位の大倉面の外側を幅0.5～2Kmで取り囲む様に分布している。
- ⑤ 大倉面犀川及び土尻川の両岸に幅3～6Kmで河岸段丘状に標高600～700mで分布する浸食平坦面で犀川の高位段丘と考えられる。

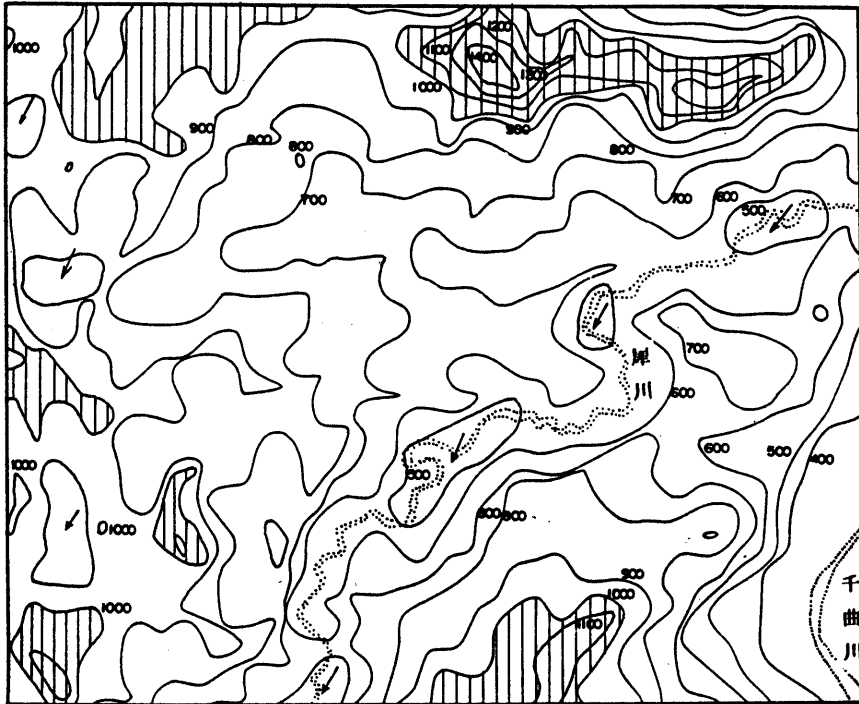


図4・3 調査地域の埋谷面図(1/20万)
谷幅1Km未満を閉じたもの

4-2-2 水系及び谷密度

調査地域を流れる大きな河川は、千曲川と犀川および犀川の支流である土尻川、裾花川の4河川であり、いずれも先行性の河川である。とくに犀川、土尻川及び裾花川は穿入曲流現象を模式的に示している。

裾花川、土尻川の水系の特徴は、左岸側の流域面積に比べて右岸側の流域面積が小さいことであり、南により高度の低い大河川が存在するため、北へ伸びる支谷の谷頭浸食が南へ伸びるものより激しいためと考えられる。

また、長野市七二会地区の保玉沢、除沢、中条村の梅木沢、清水沢、刈宿沢、小川村の薬師沢

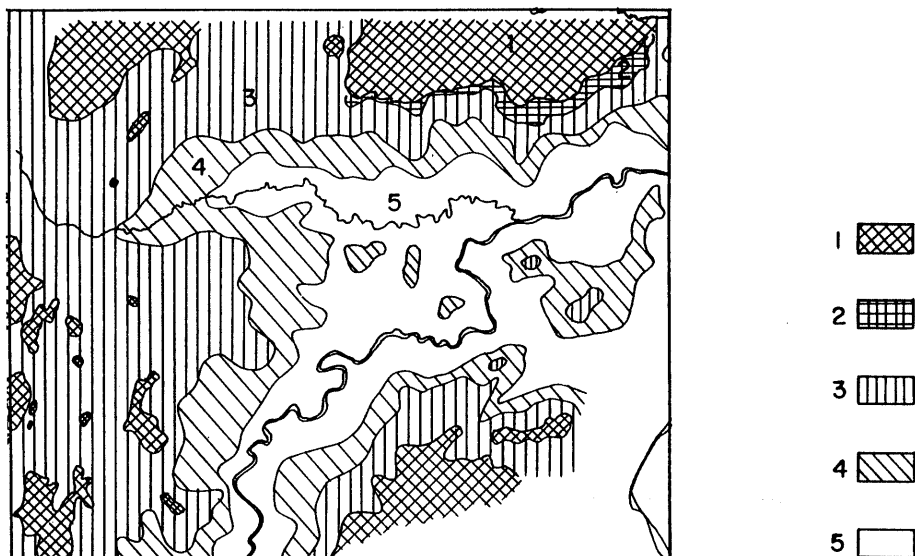


図4・4 地形面復元図(20万の1)
 主に齊藤豊(未公表資料)による分類
 1: 残丘 2: 富士の塔面 3: 大峯面上位
 4: 大峯面下位 5: 大倉面

などは、南北方向に長い流域形状を呈し、虫倉山から陣馬平山にかけ分布する浸食抵抗体(キャップロック)に源を発する必従河川と考えられる。一方、小川村の西部にある小川川をはじめとする、南東へ流れる支流群も、高対向斜及び持京断層に起因する必従谷と考えられるが、同時に次数の低い谷はNE-SW方向を示し、これは地層の走向と一致し、適従谷と判断される。

その他では、美麻村を流れる金態川上流部では中山断層による構造谷の様相を呈するが、中流部では信州新町の当信川と同様、曲流や突然の流路の急変などが見られ、地質及び構造の影響と河川争奪の結果、このような複雑な流路パターンが出現したと考えられる。

以上のような水系の谷密度は、小川村西部、白馬村で極めて高く美麻村、信州新町北半部、更埴市聖川流域でもやや高い。これに対して、長野市七二会地区、篠ノ井市山布施・有旅地区、中条村、小川村東部、信州新町南西部などで谷密度が低い。このパターンは、第一に地層の分布パターンに依存し、次に地すべりや崩壊などを含む山地開析の度合に依ると考えられる。

< 参 考 >

水 系 図

(意 義) 斜面をつくる物質に関するデータと谷頭浸食が起こるとすればどこかという位置に関するデータを与えるものとなる。また、表層物質について知るための水系密度(谷密度)を求めるものとなる。

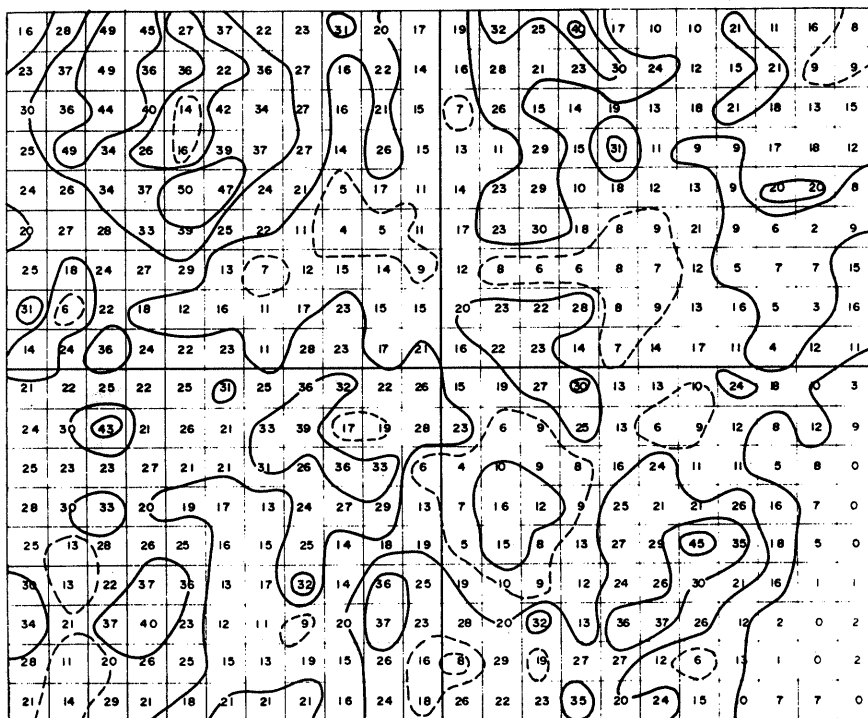
(水 系 図 作 成 上 の 問 題 点)

たとえ同一地域であっても、縮尺が異なる地形図を用いれば水系図は異り、作業を行う人の個人差も多くあらわれる。また、地形図上で谷の定義は少なくとも

- (1) 等高線の入り込みが幅より大きいもの(三野、1936, 1942)
- (2) 地形図上のコンターのすべてのひだ(高野1972など)
- (3) コンターのきれ込み部分の角度が 90° より狭いもの(平野1969)
- (4) 数学的にはその上で傾斜が不連続的に変化する地表の凹部という考え方があり、どれに従うか定義を明らかにする必要がある。

今回は(2)の定義に従っている。

(a) 1次谷



(b) 2次谷

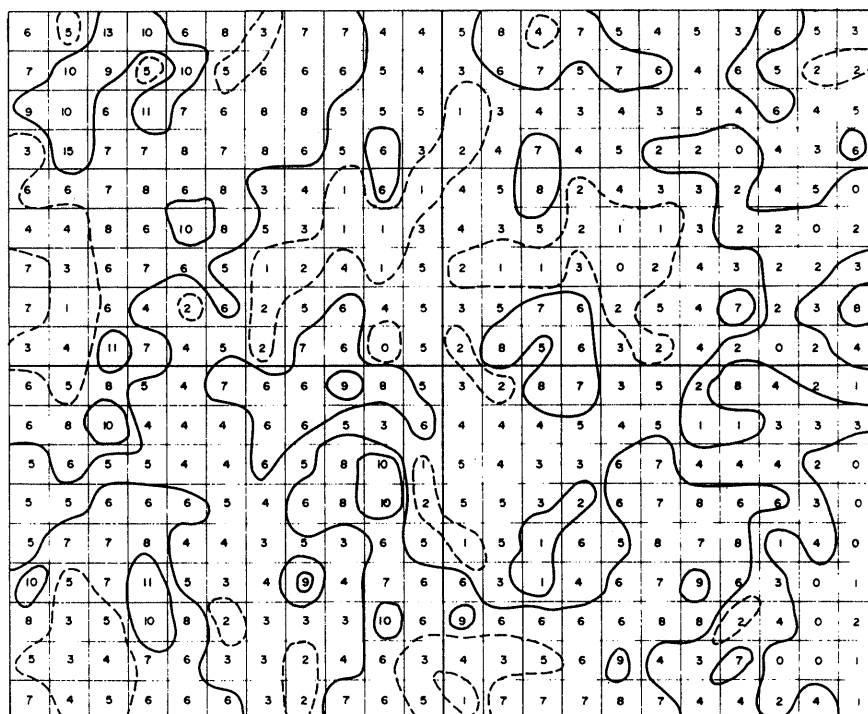


图4·5 谷密度分布图

4-2-3 傾斜分類

地形形態の一要素である傾斜は、マスマーブメントを促す重要な因子であり、換言すればマスマーブメントにより、その場所の傾斜が変わる。ある地形単位の傾斜と構成物質には地域（流域）に応じ一定の関係が認められる事が多く、地形の性格を決定する重要な因子である。

今回の調査では、土地分類基本調査に使用されている下記の下記の七段階の分類基準を使用した。実際の作業にあたっては、国土地理院発行の2万5千分の1図幅「信濃中条」「稲荷山」「高府」「日名」の4図幅を用い、等高線間隔に忠実に区分するとともに崖地形に注意を払い平面的に誇張して表現した。その結果は5万分の1地すべり予察地形分類図に示すとおりである。特筆すべきことを箇条書きとして以下に記す。

- ① 調査地のような山地における傾斜分類図では、地質、地質構造をも推定するパターンが見られる。例えば、小川村西部では地層（岩相）の分布及び走向と調和的なパターンが見られ、調査地西端部をほぼ南北に横断する持京—神楽岡—大境—万中—小藤—湯ノ海—南村の線状に配列する緩傾斜は、中山断層、持京断層の構造に対応している。
- ② 長野市七二会地区や中条村の北部に分布する火砕岩層の周縁は急崖地となり、傾斜区分では40°以上の地区として表現される。
- ③ 地すべり 崩壊地ではほとんど例外なく頭部の急傾斜（馬蹄形となることが多い）と崖下の緩斜面が現われる。
- ④ 七二会地区や中条村では、河谷の両側で急斜面があり、稜部に緩斜面があるため、普通に見られるパターンと逆となり、判読しがたい地域となっている。

4-2-4 地すべり地形

『地すべり地形等分布図』に示した地すべり地形について、特徴的なことを記し、その後に地すべり地の評価を行う。

一般に、地すべり地形は地すべり土塊の岩相又は土相毎に特徴的な形態があり、例えば粘質土地すべりでは平面形が沢形やボトルネック形で微地形が凹状緩斜面を呈することが多い（図46参照）。空中写真の判読では崩積土地すべりや風化岩地すべりによる地形は比較的容易に検出可能であるが、岩盤地すべりや風化岩地すべりの一部で見られる凸状台地地形は見落としやすく、たとえ見つけ出しても現在活動していない場合は、今後活動するとは言い難く評価の難しいところである。また、粘質土地すべりは、浅層型地すべりであることがほとんどで滑落崖も低く、しかも水田等に利用される場合が多いため活動中の地すべり地形は検出できても、現在不活発なものは見つけ出し難い側面がある。このことは、地すべり活動を評価する際に、地すべり地形の明瞭度のみ依存することは時に誤りが生じる

傾斜区分

傾斜40度以上
Slopes greater than 40°

傾斜30度以上40度未満
Slopes between 30° and 40°

傾斜20度以上30度未満
Slopes between 20° and 30°

傾斜15度以上20度未満
Slopes between 15° and 20°

傾斜8度以上15度未満
Slopes between 8° and 15°

傾斜3度以上8度未満
Slopes between 3° and 8°

傾斜3度未満
Slopes less than 3°

ことになり注意を要するものと考えられる。

調査地内の七二会地区の高府周辺ではとくに粘質土すべり型が多く、岩盤・風化岩地すべり型のは、信州新町信級地区周辺や、虫倉山の陣馬平山南斜面に認められる。また崩積土すべり型に調査地全体に分布している。

次に凸状屋根地形を示す岩盤地すべり型のうち現在活動中のものとしては信州新町の奈良尾地すべりを典型としてあげることができるが、活動していないがこの地形を呈するものが調査地内で数ヶ所存在していて、一例として美麻村大塩地区のものを示す(図4・7)。この凸状尾根地形の特徴はこの谷線の谷頭の延長が

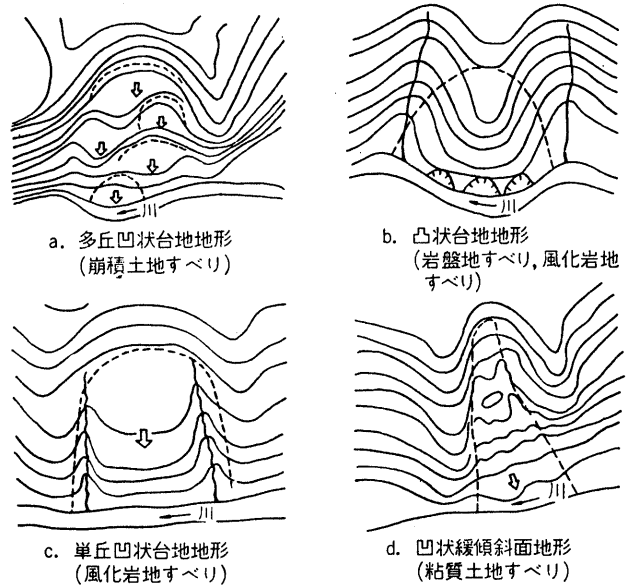


図4・6 地すべり地の地形(渡による)

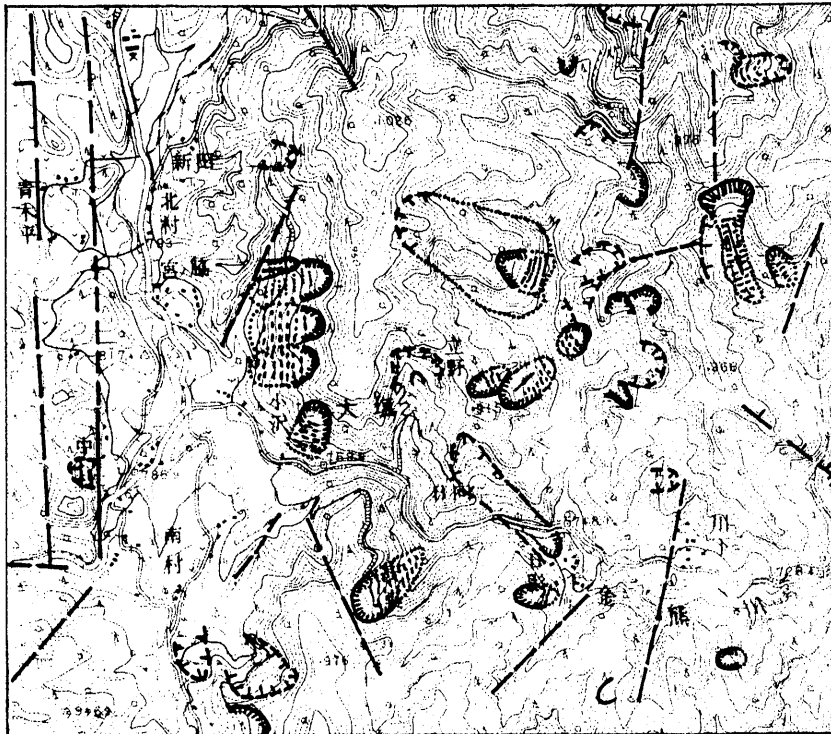


図4・7(左図)
美麻村大塩地区の
地すべり地形

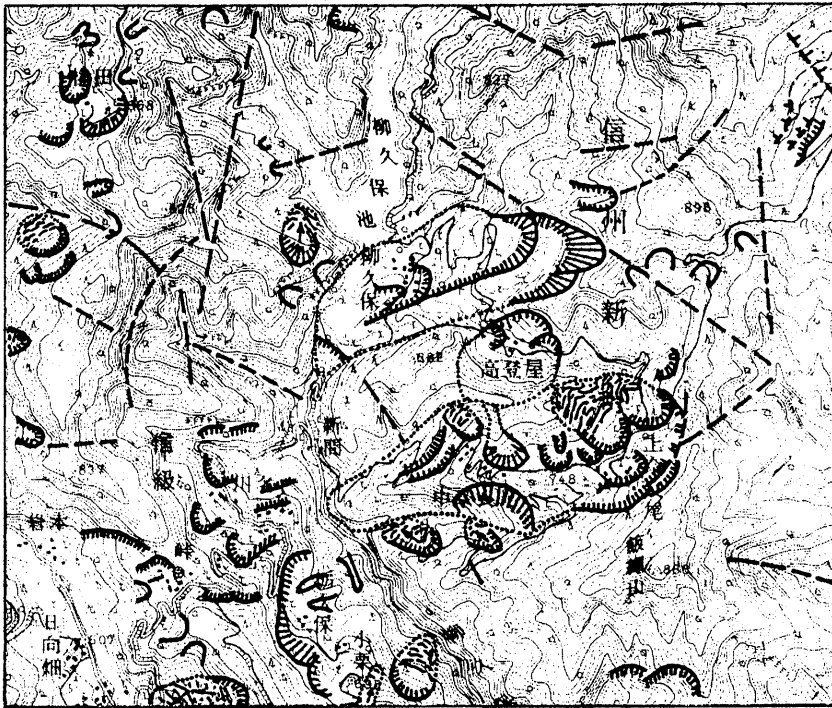


図4・8
信州新町信級地区
柳久保池周辺の地
すべり

尾根の鞍部でつながれていることであり、崩壊時には大規模な被害が予想される。

その他の特徴的な地すべり地形について記載する。図4・8に示した信州新町の飯縄山(866.1m)北西部には、1847年の善光寺地震の際に活動して柳久保川をせき止め、柳久保池を出現させた地すべりや、現在活動中の奈良尾地すべりのほか、高登屋部落を載せる地すべり(不活発)がある。この高登屋部落の載る地すべりは、奈良尾地すべりが進行し終ると支えを失って活動化することが考えられる。また、地形的には柳久保地すべりは極めて明瞭であるが、地すべり活動により極めて緩斜面となっているうえ、柳久保川右岸にのり上げているため、現在では安定化している。なお、柳久保の地すべり末端を流れる柳久保川は砂防指定区域となっていて、下刻作業を抑制している。

小川村塩沢(図4・9)には大規模な地すべり地形が認められ、やや開析の進んだ50mに達する滑落崖と崖下の平坦地には凹地や湿地があり典型的な地すべり地形が見られる。また、この地すべり地の南に隣接して、もっと開析が進んだ大規模な馬蹄崖があり荻野部落が崖下の緩斜面にある。

図4・10に示された長野市七二会地区北西の山麓斜面にも、最大比高100mに達する馬蹄崖があり、崖下の緩斜面は、桑畑や森林となっている。



図4・9
小川村塩沢地区
の大規模地すべり
跡地



図4・10
長野市七二会北
西の地すべり地
形

以上の空中写真の判読結果を下記に記す基準で分類し1 Km四方のメッシュ毎に表示したのが図4・10である。

地すべり地の評価基準

I 地すべり地形の評価についての判定基準

- A：滑落崖や側壁、舌端などの地すべり地形が極めて鮮明で、地すべりブロックが明瞭におさえられるものを含むメッシュ
- B：地すべり地形はやや不鮮明であり、特に舌端部は浸食のためブロック分け出来ない地すべりを含むメッシュ
- C：きわめて不鮮明な地すべり地形を示すもので、多くは浸食を蒙った滑落崖のみ残存する。例外的に滑落崖はないが、沢説及び稜の鞍部で区切られたブロックもある。
- D：メッシュ内に地すべり地形が存在しない。

II 地すべりの規模の規準

- 1. 大規模：地すべりブロックの幅Wが約300 m以上
- 2. 中規模： " " 150～300 m
- 3. 小規模： " " 150 m以下

III 地すべり土塊の多少

- a：地すべり緩斜面が存在し斜面上には開析谷は未発達
- b： " " がやや発達する
- c： " " が存在しない、または開析谷がきわめてよく発達する

B3b	B2b	B3c	C3c	C3c	B3c	B3c	B3b	B3c	A3a	A1a	A1a	C3c	B3b	B3c	B2b	A3b	B3b	A3a	B2a	B2a	B3b
A3b	A3b	C3c	B3c	A3b	B3a	B3a	B3a	A3b	B2a	B3a	A2a	C3c	C3c	B1a	B3b	B3c	B1a	B3b	B1a	B1a	A2a
B3a	C3c	A3a	B3b	A3b	B2b	A3b	B3c	A2a	A3b	B3a	B1a	B2b	B3b	A3b	A3b	B1a	B2b	B3c	B1a	B2a	B2b
B3b	B3a	B3c	B3b	B3a	C3b	B3b	B2b	B3b	A3b	A2a	B2a	A3b	B3a	B3a	A3b	A3a	A2b	A2a	A1a	B3b	B3b
C3c	A1a	B3b	B3b	C3c	C3c	A3a	A3b	B1b	B3b	A3a	A3b	B2b	B3b	A3b	B3a	A3b	A2a	A3b	B3b	A3b	A2a
B3c	B2b	B3b	B2b	C3b	B3b	A3a	B3a	B3c	B1a	B3a	B2b	A3b	B2b	A3b	B3b	A2b	A3a	A3a	B2a	A3b	B3b
C3c	B2b	A2a	B3b	B3b	B3a	B3b	B3c	B2b	B2b	B3c	A3b	B3b	B3b	B1c	A2a	B2b	B3b	B2b	B2b	B3b	B3b
B3b	A2a	B2a	B3a	B2a	B3b	B1a	B3c	B3b	B3b	A3b	A3b	B2b	B3b	B3a	B2a	A1a	A2b	B2a	B1a	A2b	B3b
C3c	B3b	C3b	B3a	B2b	B3b	B1a	B3c	A3b	B3b	B3c	A2b	A3a	A3a	A2b	B2b	B1a	B2b	B2a	A1a	A1b	A1a
C3c	B3b	A3b	A3b	B3b	B3b	A2a	B3b	B2a	B3b	C2b	B2b	B3a	A2b	A3b	A2a	B3b	A2b	B3b	B3c	A2a	A2a
C3c	A3b	C3b	B3b	C3c	A3b	B3c	B3b	B2a	B2b	A3b	B3b	B3b	B3b	A2b	B3b	A3b	B3b	B3b	B3b	A2a	A2a
C3b	C3c	B2c	B3a	C3c	A3a	A1a	A1a	C2b	A2a	C3b	C3c	B3b	B2b	B2b	A3a	C3c	A2b	C3b	B3c	B2b	C3c
C3c	D	B2b	B3a	A3a	B1a	A1a	A1a	C2b	B3b	C3c	B3b	B1a	B3b	B2b	B2b	C3c	B3b	C2a	C2a	B3b	D
C3b	C3c	C2a	A3c	A2a	B1a	A2a	B2b	A3a	C3c	B3a	B3c	B1a	B2b	B3c	B3b	B3b	D	D	B3a	C3c	D
C3c	C3c	A3a	B3b	B3b	B2a	A1b	A3a	A2a	C3c	B3c	B3b	B2a	B3c	B3a	C2a	B3b	B3b	C3b	C3b	C3c	D
C2a	C2b	B3b	B3b	B3b	B1a	A2a	B3b	B3c	B2a	B2a	B2b	C3b	B3a	C3a	C3c	B3b	C3b	C2a	D	D	D
C2a	B3a	A3b	B3c	A3b	B1a	C3c	B1b	B2a	B3a	B3b	B2a	B3b	C3c	B3b	C3b	B3b	B3b	C3c	D	D	D
B3b	B3a	B2a	A3b	B2b	B3b	B3a	B3c	A3b	B3b	B2b	B3b	B3c	C3b	B3a	B2b	A2a	C3b	B2a	B3b	B2b	C3c

図4・11 地すべり地の評価結果

4-3 地質各説

調査地域に相当する北部フォッサマグナ地域には中部中新統～更新統の碎屑岩類や火山岩類が広く分布していて古くから多くの研究が行われ報告されている。本調査では、多くの研究成果をふまえて作成された北部フォッサマグナ研究グループの成果を主体に、調査地東部は小坂(1979)を、その他の部分は長野県地質図(1962)等を参考にして、地質図(付図)をコンパイルした。

4-3-1 層序

北部フォッサ・マグナグループ(1976)による地質図及び地質断面図を図4・12、図4・13にそれぞれ示す。また、当地域の層序・対比表を表4・1に示す。

調査地域内には、標準層序に従うと、青木層、小川層、棚層、猿丸層に相当する地層が厚く堆積していて、以下、標準層序に従って各層の特徴を記述する。

青木累層は、調査地の西南部～西北部に分布し、ほぼ北北東～南南西の走向をもつ。フリッシュユ型^{*}の互層を特徴とするが、下部層では泥岩および泥岩がち互層を主体とするのに対し、上層部はこれらの他、砂岩がち互層も発達している。

小川累層は、北北東～南南西の一般走向をもち、調査地の中央部付近に分布する。主として、砂岩、礫岩、泥岩、砂岩泥岩互層よりなる。一般に分布の南方ほど粗粒となっている。また、調査地東部に分布する裾花凝灰岩層もこの累層に属するが、これは酸性凝灰岩類及び熔岩類を主体とする層である。

*フリッシュユ：

地向斜と呼ばれる浅海性堆積物を厚く堆積する海域が沈降期から隆起～造山期へと移り変わる時期の堆積相で、次のような特徴をもっている。

- ① 全層相が非常に厚い
- ② 砂質岩と泥質岩がリズムカルな互層をすることが多い。
- ③ 級化層理の発達が著しい。
- ④ 泥質岩の上に重なる砂岩層の下底面にソールマークと呼ばれる流痕が発達することが多い。

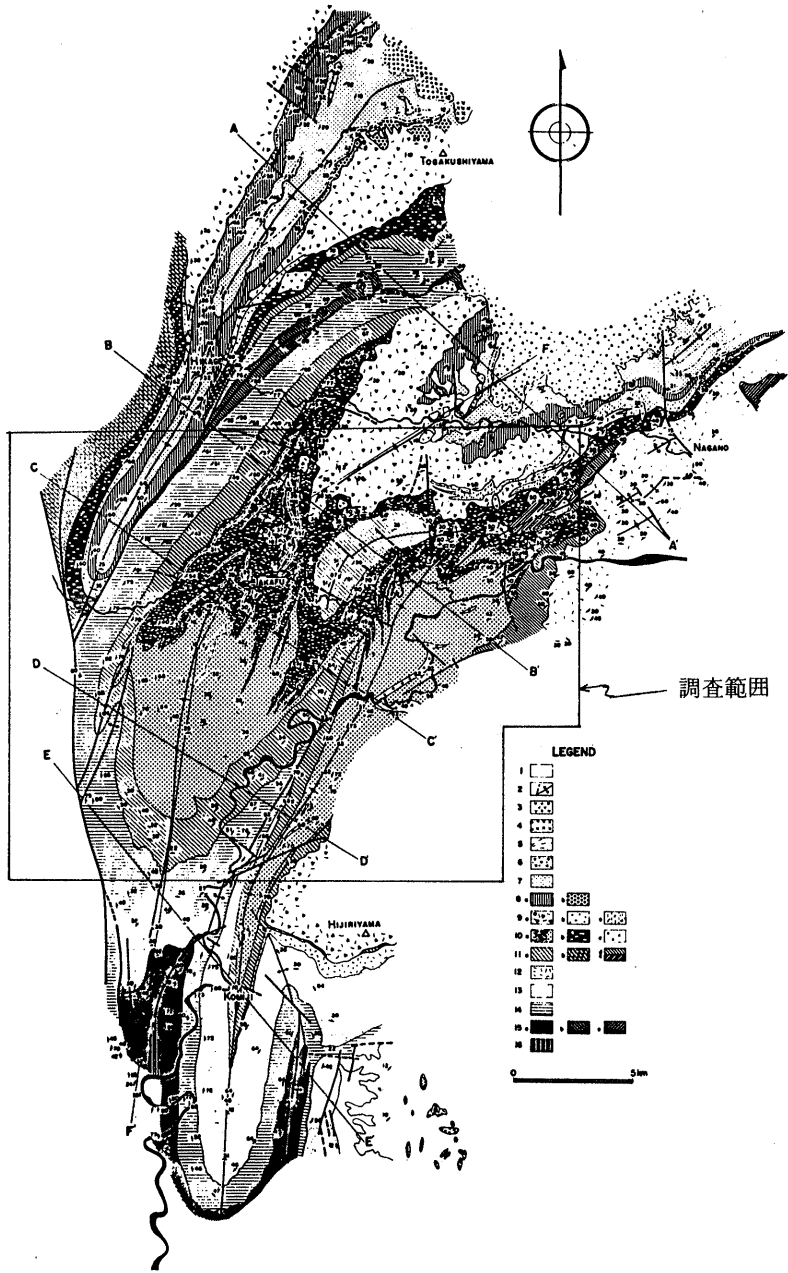


図4・12 長野県北部地域第三紀層地質図

(北部フォッサ・マグナ研究グループ(1976)による。)

1. 沖積層 2. 扇層・扇曲層 3. 厚石安山岩質貫入岩 4. 薄石安山岩質貫入岩 5. 凝灰岩層 6. 礫野原層 7. 目影砂岩礫岩層、猿丸下部礫岩砂岩層・上部砂岩礫岩層 8. a. 田ノ頭泥岩層 b. あずめ沢礫岩層 9. a. 戸隠・荒倉山・聖山火砕岩層 b. 井ノ入沢砂岩泥岩層 e. 広瀬泥岩層 10. a. 高野走岩層・他田礫岩砂岩層 b. 平床沢砂岩泥岩層 c. 久米路橋火砕岩層 11. a. 境ノ宮砂岩泥岩層 b. 柳沢砂岩泥岩層 c. 身久保泥岩層 d. 飯森砂岩層 12. 藤花凝灰岩層 13. 差切礫岩砂岩層・重灰炭層・山前路礫岩砂岩層 14. 千見砂岩泥岩層・赤松泥岩砂岩層・上部小立野入砂岩泥岩層 15. a. 瀬田砂岩泥岩層 b. 西京泥岩層 c. 川田泥岩層 16. 明科黒色泥岩層

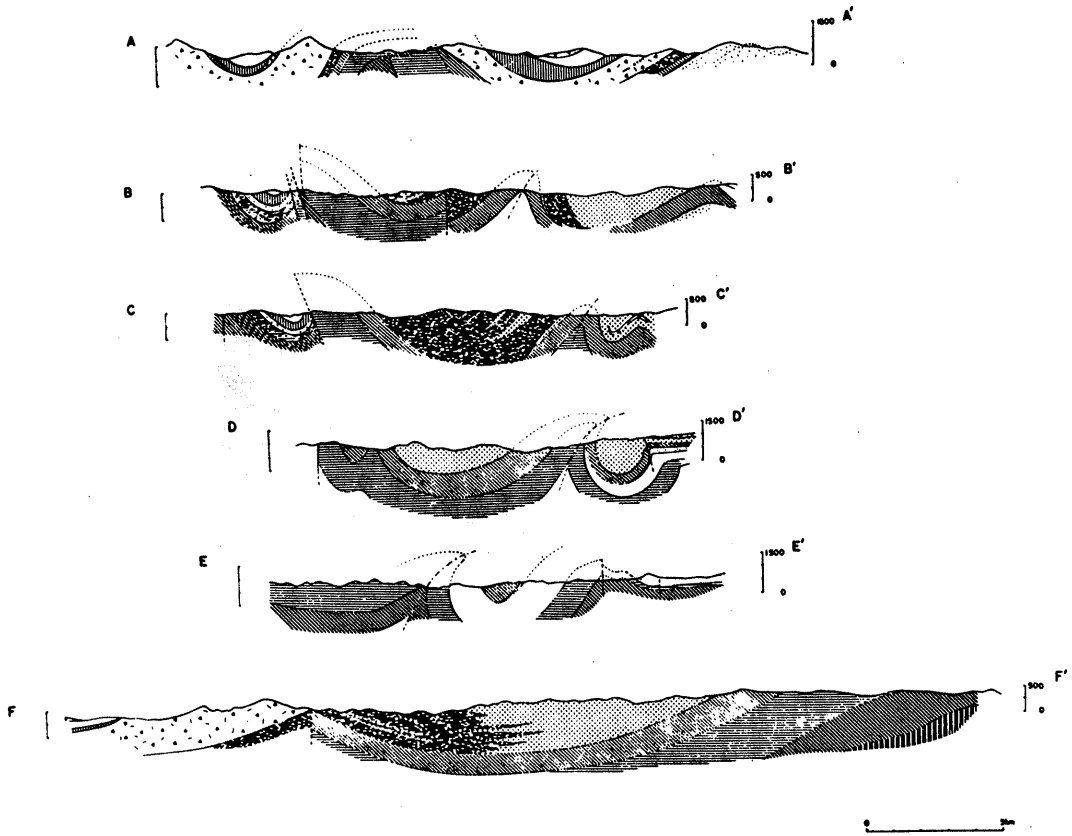


図4・13 地質断面図 凡例は地質図と同じ (北部フォッサマグナ研究グループ)
断面位置も地質図参照 (1976)

棚累層は、調査地中央部に最も広く分布し、西部では北北東-南南西、東部では北東-南西の一般走向をもっている。礫岩、砂岩、泥岩、火砕岩およびこれらの互層よりなるが、岩層の側方変化の著しい地層である。火砕岩類は、安山岩質のものがほとんどである。

猿丸累層は、主に調査地の西端部に分布し、北北東-南南西ないし北東-南西方向の走向をもっている。全体として粗粒な碎屑岩すなわち、砂岩～礫岩層よりなり、酸性凝灰岩層を挟在している。

なお、巻末に付録として、調査地に見られる各累層の構成層を詳細に記載した。

4-3-2 地質構造

調査地周辺の地質構造図を図4・14に示す。これによると、当地域は顕著に発達する褶曲により特徴づけられていて、幅数Kmで並走する向斜及び背斜構造で構成されているが全体としては一つの褶向斜を形成している。

向斜構造の顕著なものは、南から込地・高府・日影向斜があり、軸長はそれぞれ2.4Km、2.5Km、3.0Kmであり、軸方向はN-S方向ないしNE-SW方向であり、南に追って行くほどN-

表 4・1 層序・対比表

地層 標号 層序	麻績川流域 (水野, 1976)	犀川上流域 (竹内, 1976) (坂本)	土尻川上流域 (矢野, 1976) (村山)	裾花川上流域 (柴田, 杉山, 1976) (柳沢)	七尾川下流域~堺川 (鈴木, 1976)	裾花川中~下流域 (矢野, 1976)	大峰地帯 (小坂・新井, 1982)		
豊野層				日影砂岩礫岩層		豊野米層			
				田ノ頭 泥岩層		張丸層	新行礫岩礫灰岩層 砂砂岩・礫岩層 礫土礫灰岩礫灰岩層		
張丸層	聖山火砕岩層 長岩礫岩砂岩泥岩層	長岩礫岩砂岩泥岩層	上部	あつめ沢 礫岩層	堺下砂岩礫岩層 市之礫砂岩層 飯養砂岩層	荒倉山 火砕岩層	高伏岩層	新行礫岩礫灰岩層 砂砂岩・礫岩層 礫土礫灰岩礫灰岩層	
			中部	戸尻 砂岩泥岩層					高伏岩層
			下部	高野 泥岩層					高伏岩層
小川層	込地礫岩砂岩泥岩層 高倉礫灰岩層 重次段層 差切礫岩砂岩層	込地礫岩砂岩泥岩層 山清路礫岩砂岩層	上部	平床沢砂岩泥岩層	境ノ宮砂岩泥岩層	境ノ宮砂岩泥岩層	境ノ宮砂岩泥岩層	新行礫岩礫灰岩層 砂砂岩・礫岩層 礫土礫灰岩礫灰岩層	
			下部	樺田 礫岩砂岩層					境ノ宮砂岩泥岩層
			上部	高野 泥岩層					境ノ宮砂岩泥岩層
			下部	境ノ宮砂岩泥岩層					境ノ宮砂岩泥岩層
青木層	上部	上部小立野入 砂岩泥岩層	千見砂岩泥岩層	西京泥岩層	西京泥岩層	千見砂岩泥岩層			
	下部	下部小立野入 砂岩泥岩層	西京泥岩層	西京泥岩層	西京泥岩層	西京泥岩層			
別所層	明科黒色泥岩層	明科黒色泥岩層							

北部フォッサマグナ研究グループ(1976)、小坂・新井(1982)より作成

—S方向となる。またこれより軸長の短い(5~10Km)向斜構造も認められ、NE—SW方向の軸方向を示す。また、鮮新世火砕岩類の分布地域の周辺では軸方向が乱れ、軸長も短縮化する傾向が見られ、背斜構造との軸間距離もせばまっている。その他込地・日影の両向斜の南半部では東西両翼とも急傾斜(60°~80°)をしていて、一部では垂直~逆転を示している。また、犀川、西京背斜などに見られるように、背斜軸部に断層を伴う傾向が認められる。

一方、断層としては、中山断層、持京断層、犀川沿いの断層がとくに明瞭であり、これらに直交する断層は不明瞭となっている。明瞭な断層は、地層分布を規制していて、中山・小谷断層以西では礫岩・火山岩などを多く含む海成鮮新統(大峰帯)が分布し、犀川横造帯以东では主に中新統下部~中部の火山岩類と海成層からなり、両者の間には上述の中新統およびそれ以後の厚い海成層が、向斜構造を形成して分布している。

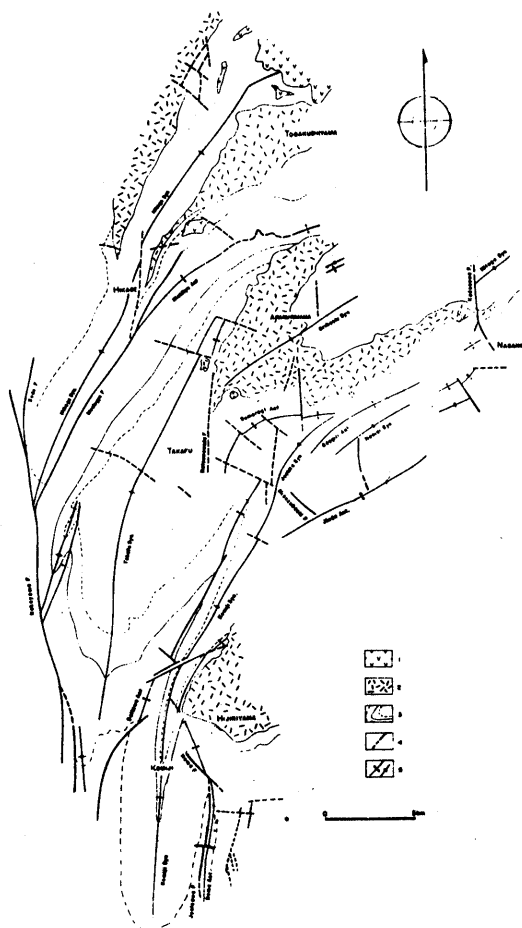


図 4・14 構造図

1. 洪積世初期安山岩質貫入岩 2. 鮮新世火砕岩類 3. 累層境界 4. 断層 5. 褶曲軸

5. 気象・水文（地震を含む）

調査地域周辺の気象・水文等に関する資料を収集し、地すべり現象の把握のための資料とした。

5-1 気 象

調査地域の属する北信地区の気象は、長野観測所のデータによると、降水量は年間1000mm前後と日本の平均的な降水量1800mm前後と比較して、少雨地域と言えよう。月別では6月～9月で月100mm以上の降雨があるが、これは梅雨と台風に伴なうものと考えられる。また、11月下旬より4月上旬までは降雪期にあたる。一方：気温は、年平均で11.3℃であり、12月から3月までは、日最高気温が10℃を割ることは普通であり、融雪期は3月～4月である。風向は、4月から10月まではWSW方向が多く、11月から3月はENE方向が多い（表5・1）。

以上の長野市における気象であるが、調査地中央部の中条村での記録とあまり差は見られないが、中条村の方がやや降水量が多く、かつ、気温の上下変動が大きいことが認められた。

表 5・1 長野（北緯 36°40′、東経 138°12′、標高 418.2 m）の気候（月別平年値）

1941～1970（30年間）

月		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	年
気 温 (℃)	平 均	-1.5	-0.9	2.9	9.8	15.4	19.3	23.7	24.8	20.0	13.2	7.1	1.7	11.3
	日 最 高 の 平 均	3.2	4.1	8.7	16.7	22.2	25.0	29.1	30.8	25.4	18.8	12.8	6.5	16.9
	日 最 低 の 平 均	-5.5	-5.0	-1.6	4.3	9.7	15.0	19.9	20.7	16.2	9.0	2.6	-2.1	6.9
相 対 湿 度(%)		80	77	72	66	68	75	78	76	78	78	78	80	76
降 水 量(mm)		63.0	49.3	56.3	65.9	81.9	136.7	139.4	101.4	129.3	91.0	47.6	52.5	1,014.4
日 照 率	時 間 (hour)	136.4	147.1	183.2	204.8	218.0	167.8	187.4	225.5	150.4	153.0	149.1	133.6	2,056.3
	率 (%)	44	48	50	5.2	50	38	42	54	40	44	49	45	46
最 多 風 向	第1位	方向	ENE	ENE	ENE	WSW	WSW	WSW	WSW	WSW	WSW	W	ENE	ENE
	率	70	70	75	45	55	40	35	35	55	45	50	80	
	第2位	方向	E	NE	E	E	W	W	N	W	W	WSW	E	E
率	20	15	10	25	35	35	30	30	20	20	20	40	10	
第3位	方向	NE	E	N	W	SW	N	W	N	N	ENE	NE	NE	
率	10	10	10	10	5	20	20	20	30	15	20	5	5	

* 最多風向は1951～1970年の20年間の平均

（日本気候表 その2、1972気象庁より抜粋）

5-2 調査地周辺の地殻活動

5-2-1 地震活動について

調査地のある北信地方は、日本で内陸性の被害地震の履歴の多い所であり、地震動による被害のほか地震時の地すべり・山崩れなどの2次災害により、甚大な被害を与えている(図5・1)。当地区の内陸性被害地震のマグニチュードは887年(M=7.4)と1847年(M=7.4)の地震は格別として、ほとんどは6前後の中型地震であるが、地下20~30Kmの浅いところで発生しているため震央付近ではかなりの被害が発生している。また、北信地方の地震活動の特徴として、松代群発地震に代表されるような群発地震が信濃川、千曲川の東南側で発生している。これに対して、群発性の地震以外の被害地震は信濃川・千曲川の北西側に多く発生している(図5・2)。

調査地域周辺の被害地震の年代表を表5・2に示す。これによると1847年以前では記録の欠落があることも考えられるが、1847年以後は146前後の被害地震が11回も発生し、その間隔には不明瞭ながら15~30年の長い間の静穏期と2~3回の地震が2~7年の間隔で起こる活動な時期が認められる。(図5・3)。

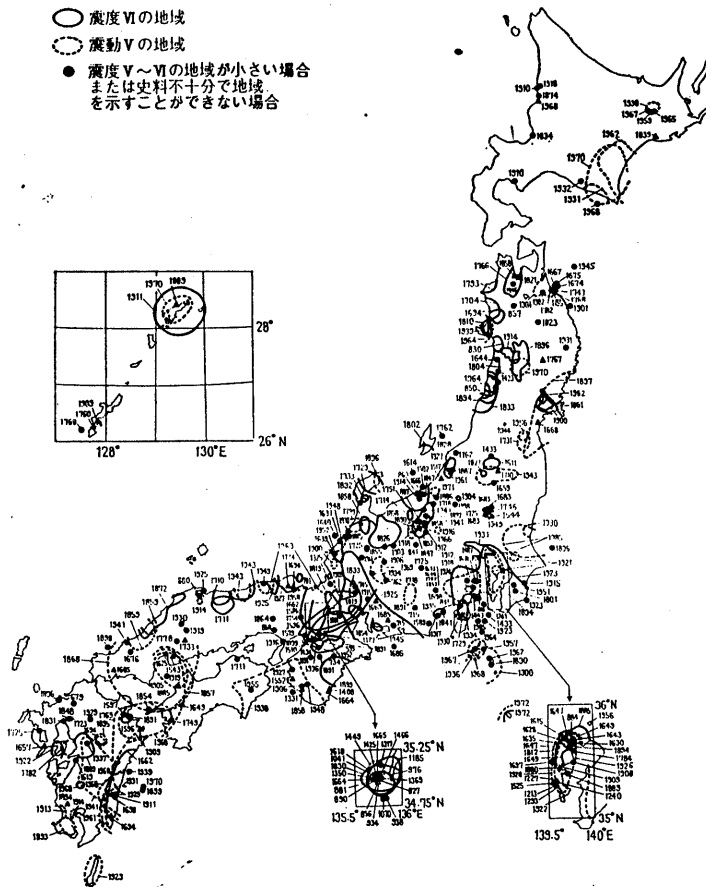


図 5・1 被害地震地籍図(宇佐美龍夫 1976)

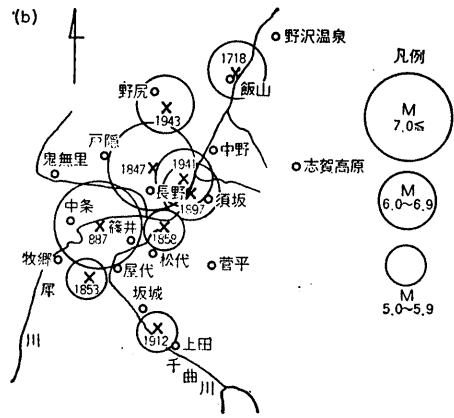
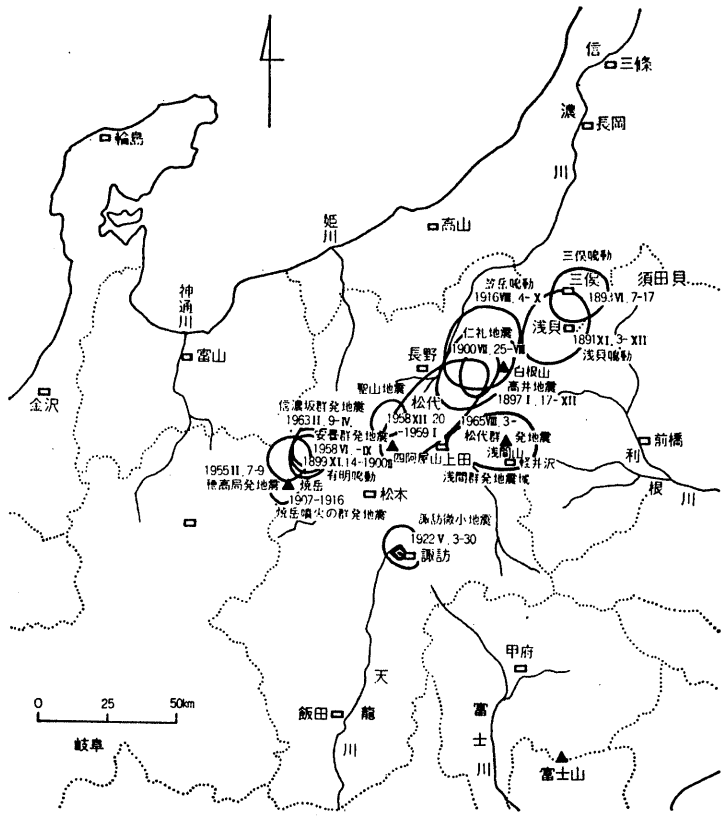


図 5・2 (a)松代付近の群発地震
 (b)松代付近の過去の被害地震
 (松代群発地震調査報告 気象庁
 技術報告第62号1968)

表 5・2 調査地周辺の被害地震年代表

番号	発生年月日 西暦(日本暦)	発 生 時	電 央 の { 北緯 東経	M	主な被害域	被 害 の 概 要
1	841 (承知8)	—	36.6° 137.8°	6.7	信 濃	墻屋が倒壊した。承知8年2月13日以前の地震
2	887.8.26 (仁和3.7.30)	—	36.6° 138.1°	7.4	信濃北部	山崩れ、河塞ぎ、のち決壊して大洪水となり北部6郡で被害・流死が多かった。
3	1714.4.28 (正徳4.3.15)	22時	36.7° 137.8°	6.4	大 町	大町付近に被害甚しく、全半壊300、死56人、山崩れのため姫川満水し、壊家の多くは流失、長野で石垣崩れ、石燈籠倒れる。
4	1718.10.5 (享保39.12)	—	36.9° 138.4°	6.2	飯 山	城ならびに民家大破したという。資料は不確実
5	1847.5.8 (弘化4.3.24)	21時	36.7° 138.2°	7.4	信濃北部 及び 越後西部	善光寺地震、被害範囲は高田から松本、上田に至る南北90Km、東西40Kmの地域壊家29633、死8600人余。断層を生じ、落差2.4m。山崩れ松代領内で42000、松本領で1900ヶ所、犀川が堰止められ数十ヶ村が水没した 4月13日に決壊洪水を生じた。
6	1853.1.26 (嘉永5.12.17)	—	36.5° 138.1°	5.9	信濃北部	埴科郡上五明村にて3戸倒壊
7	1858.4.23 (安政5.3.10)	8時頃	36.6° 138.2°	5.9	信濃松代	松代城下近隣の村々で壊家、傷者あり。山中筋で山崩れ、地裂あり。城内別状なし。
8	1890.1.7 (明治23)	15時43分	36.45° 137.95°	6.3	犀川流域	東筑摩、生坂村で家屋・土蔵の損多く、山崩れ、道路破損、石碑80~90%倒れる。北安曇郡広津村で山崩れ、家屋傾斜、山腹の土地にキレツ生じる。更級郡信田村・上水内郡津和・小川・北小川村などで壁に亀裂・落石・石碑倒れる等の小被害北小川村で死1名。
9	1897.1.17 (明治30)	5時36分	36.6° 138.2°	6.3	上高井郡 千曲川	須坂、上高井地方で家屋破損、墓石転倒
10	1912.8.17 (大正1)	23時22分	36.4° 138.25°	5.7	上田付近	上田で土地の亀裂3、土壁・石垣の崩壊6、屋壁の破損等あり。
11	1918.11.11 (大正7)	2時58分 16時03分	36.5° 137.8°	6.1	長野県大町	大町地震、震害は大町及び付近5村に限り、家屋全壊6、半壊破損2852、非住家全壊16、小断層あり、2回目の方が強かった。
12	1941.7.15 (昭和16)	23時45分	36.7° 138.3°	6.2	長野市付近	死者5人、住家全壊29、半壊115、非住家全壊48、半壊122(長沼地震)
13	1943.10.13 (昭和18)	14時42分	36.8° 138.2°	6.1	野尻湖付近	死1人、住家全壊14、半壊66、非住家全壊20、その他道路の亀裂などあり(古間地震)
14	1965.8.3~ (昭和40~)	—	—	—	松 代 町	松代群発地震、地震が始まってから1976年末までに松代で有感63097回、震度V9回、VI50回、被害を伴った地震は53回、全体で傷者15、全壊10、半壊4、山崩れ60件、総地震エネルギーはM6.4に相当する。
15	1968.9.21 (昭和43)	7時25分	36.8° 138.3°	5.3	長野県北部	信濃町、飯山市、豊田村・三水村・木島平村で軽微な被害あり傷者2、住家一部破損217

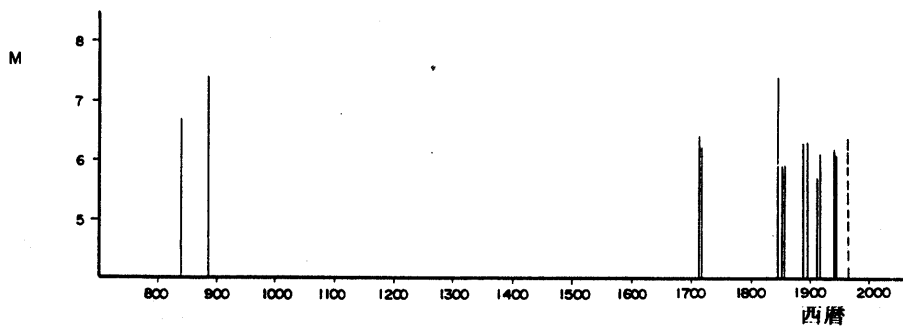
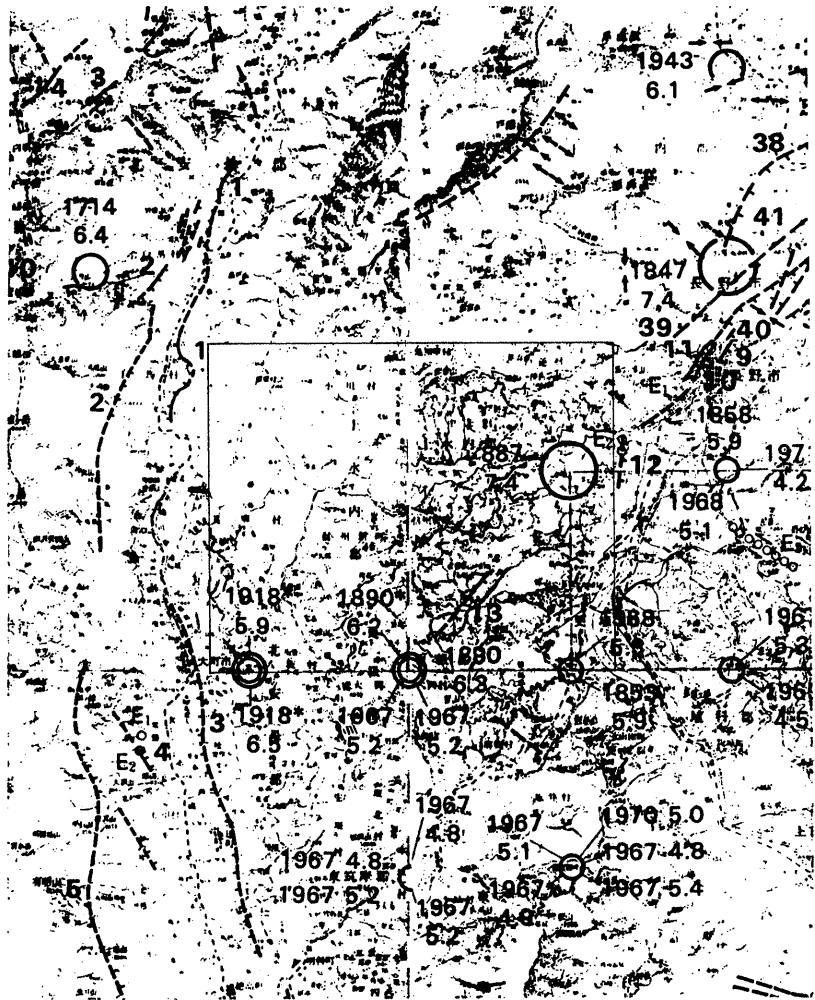
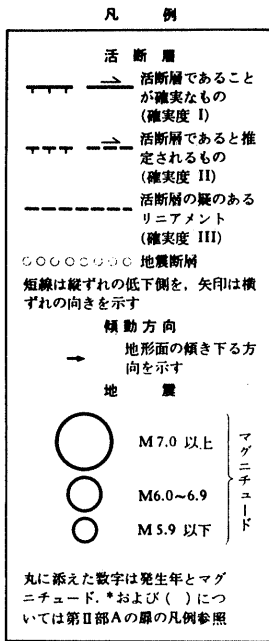


図 5・3 調査地周辺の地震活動

次に、このような内陸性地震の発生源となる活断層の分布状況を図 5・4に示す(『日本の活断層』1960より抜粋)。これによると、調査区域内には確実な活断層は存在していない。しかし、調査区域周辺には確実な活断層や地震断層があり、また、長野市を通るNE-SW方向の活断層またはリニアメントも明瞭であり、この線上に過去の地震が起きていると考えられている(表5・3)。

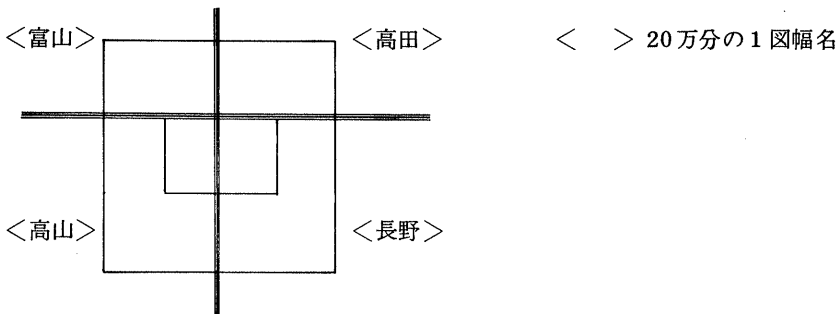


調査区域

図 5・4 調査地周辺の活断層
(日本の活断層、1980)

表 5・3 調査地周辺の活断層等の特性

20万分1 図幅名	1 断層 番号	2 断層 名	3 図 幅 番号	4 隆 起 度 度	5 活 動 度 度	6 長 さ km	7 走 向	8 傾 斜	9 断層形 態	10 変位基 準	11 年 代 10 ³ 年	12 断層変位		13 平均変 位速度 m/ 10 ³ 年	14 備考・文 献
												上 成 層 別 m	下 成 層 別 m		
高 田	㊸ (〇隠山断層)*		16	II	B	12	NE		断層崖	山地斜面		NW (300~400)		* 9)にこの断層地形の描画あり	
	㊹ (善光寺断層)		16	II	B	13	NE		高度不連続	火山斜面		NW (>100)			
	㊺ 三登山西麓		16	III		12	NE		高度不連続*	山地斜面		SE		* 地層境界と一致し組織地形の可能性あり	
	㊻ 田子断層*		16	II	B	(7)	NE	NW	高度不連続	山地・丘陵斜面		NW		* 11)による推定逆断層。9)の素白山断層崖	
	㊼ (若槻断層)		16	II	B	4	NNE		高度不連続 鞍部の連続	山地・丘陵斜面 山地・丘陵斜面		SE(20)			
長 野	㊽ (城山断層)		13	I	B	3	NNE		断層崖	段丘面		NW (20~30)			
	㊾ 善光寺断層		13	I	A~B	2	NE		低断層崖*	扇花川扇状地		NW(5)		* 1847年5月の善光寺地帯の地表断層一致	
	㊿ 田子断層* [平塚] [扇花川河原]		13	I	A~B	(6)	NNE	W	低断層崖** 高度不連続 断層露頭*	扇花川扇状地 丘陵背面 豊野村		NW (60-70) NW(100)		* 「高田」㊸ 田子断層の南方延長 ** 西長野付近 * 10)に記載あり N20°E, 70°W	
	㊽ (小松原断層)*		13	II	B	5	NS		高度不連続	丘陵背面		W		* 1847年地震の地震断層*の一部一致	
	㊾ 田沢付近		13	II		3	NE		高度不連続 直線状山脚	山地斜面 山地斜面		NW NW			
富 山	㊽ (神城断層)* [森上] [大出]		4	I	A~B	(10)	NNE		断層崖 ¹⁾ 低断層崖 ²⁾ 低断層崖 ³⁾	泥流堆積面 ¹⁾ 塩島面 ²⁾ 森上面 ³⁾		<4 2.5 ¹⁾ <1	E(>80) E(10) ¹⁾ E(4) ²⁾	0.4 ->0.4	
	㊾ (細野断層)		4	I	A	8	NE		低断層崖	松川1面 ¹⁾		>3 ¹⁾	W(>40)		
	㊿ (白馬系鞍岳断層)		4	I	A	1.5	NE		断層崖	火山斜面			NW(70)		
	㊽* 曹舎断層 ¹⁾		4	I	B	4.5	NE		逆むき低断層崖	氷食斜面 ¹⁾		<2	NE (<10)		
高 山	㊽ (神城断層)*		1	I	A	(5)	NS		低断層崖	段丘面・扇状地**		<1	E(20)	-2.0	* 「富山」㊽の続き ** 白馬村場之内、沢渡
	㊾ 鹿島川沿い*		1	II	C	12	NNE		高度不連続	山頂平坦面			W(>300)		* 1)2)に因示
	㊿ 松本盆地東縁断層* [大町市丹生子]		2	II	C	36	NNW		高度不連続 断層露頭*	丘陵高度 段丘礫層		<1	E(>200) E(2.5*)	->0.2	* 2)に因示・命名 * 2)。この露頭が㊽の直接の動きを反映しているの否か不明
	㊽ (寺海戸断層)*		2	I	A~B	4	NW		低断層崖	扇状地		<1	SW (<10)		* 4)5)に因示
㊽ 常念岳断層*		2	II	B~C	24	NNW		断層崖 ¹⁾	山地頂面			W (>1500)		* 4)5)に因示。および6)に記載・因示	



5-2-2 調査地域の水準測量

調査地域をほぼ東西に横断する 大町～信州新町～長野の路線に沿って、国土地理院により、2等水準路線が1966年に設置され、東大地震研究所の測量を含めて1967年末までに5回の測量が行われている。その成果は坪川ほか(1968)にまとめられていて、図5・5(1)、図5・5(2)に示す。図5・5(1)は、1966年4月を基準とし、長野市B.M.3654号を不動とした変動図である。また図5・5(2)は同じ変動を信州新町のB.M.No.4300を固定して画いたものである。このように傾向として大町側が相対的に上昇する傾向パターンが見られる。また、全体として当地域では、第四紀はじめ以来の隆起が750～1000mに達している地域といわれている(図5・6)。

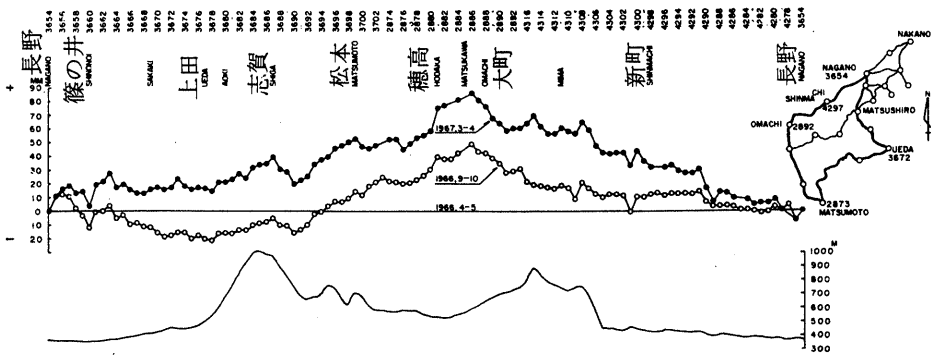


図5・5(1) 1966～1967末までの長野(3654) - 新町 - 大町 - 松本 - 上田 - 長野(3654)の地盤変動

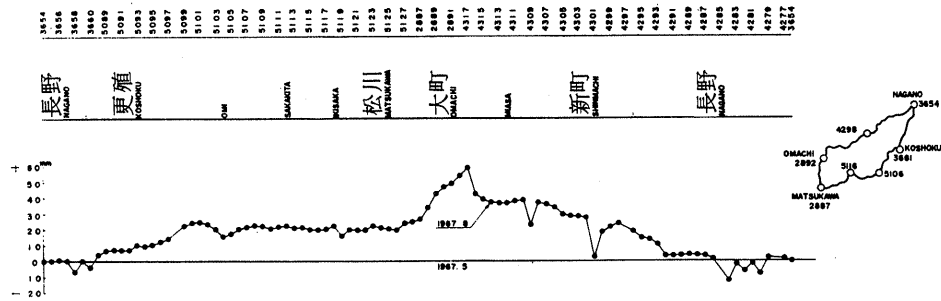


図5・5(2) 1966～1967末の長野 - 更殖 - 松川 - 大町 - 新町 - 長野ルートでの地盤変動

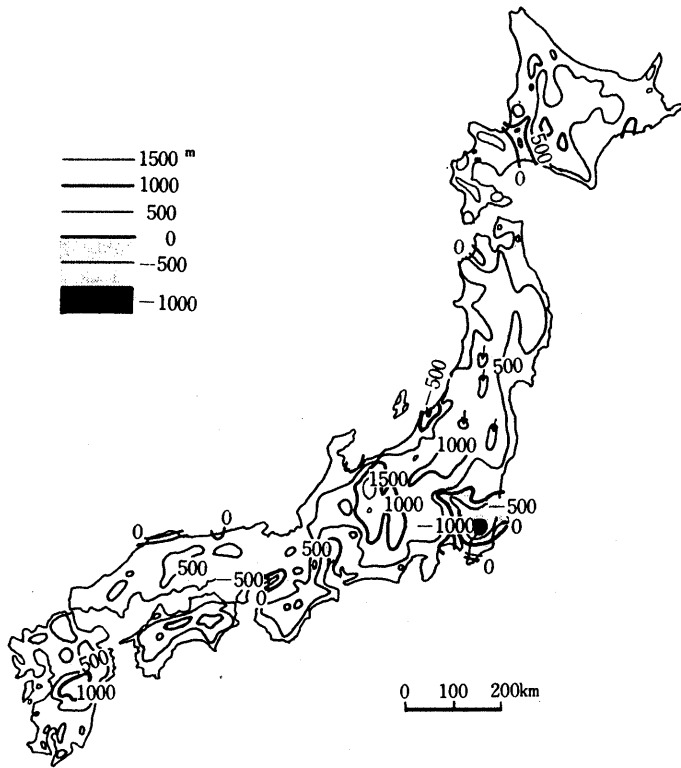


図 5・6 日本の第四紀垂直変動量図（日本第四紀学会 1977）

5-2-3 調査地域の重力異常

調査地域の完全ブーゲー異常を図 5・7 に示す。調査地域は全体に $-20 \sim -60 \text{ mgal}$ の負の異常区域に属するが、大町を通る南北の負異常帯と犀川沿いの負の異常帯にはさまれた区域は $-30 \sim -40 \text{ mgal}$ の区域が広がって、比較的なだらかに変化している。

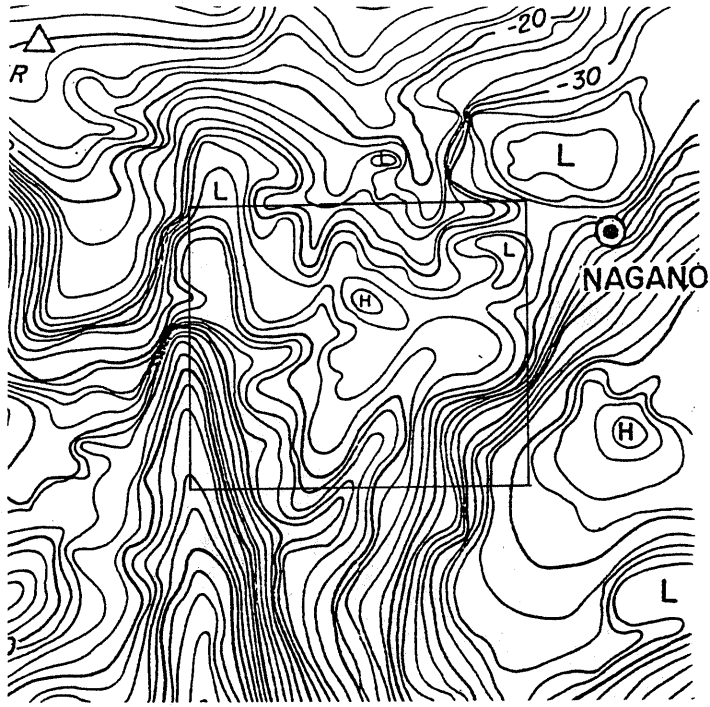


図 5・7 調査地域周辺の完全ブーゲー異常
(KONO, Y., et al. 1982に一部加筆)

6. 地すべりの発生要因

地すべりの発生の要因については様々なものが考えられるが、一般的には、地すべり地に内在する内的要因（素因）と地すべり発生の引金作用となる外的要因（誘因）に大別される。

内的要因には斜面を構成する土質・地質の物性や状態などの物質的な要因と斜面の傾斜や起伏量などの地形要因、更に地下水の状態などが含まれる。一方外的要因には、降雨、地震などの自然的要因と切土・盛土等の地形改変やダムによる湛水等の人為的要因があげられる。これらをまとめて、表6-1に示す。内的要因及び自然的外的要因の多くは、根本に造構応力による褶曲・断層、破砕作用、海水準変動による浸食基準面の変化等にその根源点要因を求めることが出来る。

表 6・1 地すべり発生の要因の分類

		形 状	物 性	水	力
内的 要 因		地 形 （傾 斜 水系・谷密度 起伏量 地形面）	地 質 （層序、岩相） 地質構造 （褶曲・断層） 強度（ $C \cdot \phi$ ）	地 下 水 位 （平常時）	地 山 応 力 （造構応力）
外 的 要 因	自 然 的	浸食堆積作用 〔河川争奪〕 海水準変動	火山、熱水・変質 作用 風化作用	降 雨	地 震
	人 為 的	盛土・切土	トンネル	流 路 ダム湛水 伐採・植林	建物等の荷重 交通荷重 工 事

6-1 地すべりの内的要因

6-1-1 地すべりの地形

(1) 標高、地形面との関係

調査地域内に分布する地すべり防止区域の平均標高は、図6・1に示すとおり、大部分は、550m～950mの間に分布する。このことは、斉藤（1982）が指摘するように、地すべりは大峯面群の縁辺部や大倉面の上に集中的に発生していることを示している。

また、川上他（1979）は、長野県下の第三紀層地すべりについて数量化解析を行い、地すべり地の標高分布において、625m及び875mの2つ1ピークを有する分布形状を導き、浸食平坦面との関係を論じている。

このように当地域の地すべりは、この平坦面の開析作用の一形態として大きな重みを持っている。

(2) 水系及び谷密度

地すべり地周辺の水系及び谷密度の特徴は、先ず、河谷の発達が悪く、とくに1次谷の数が少

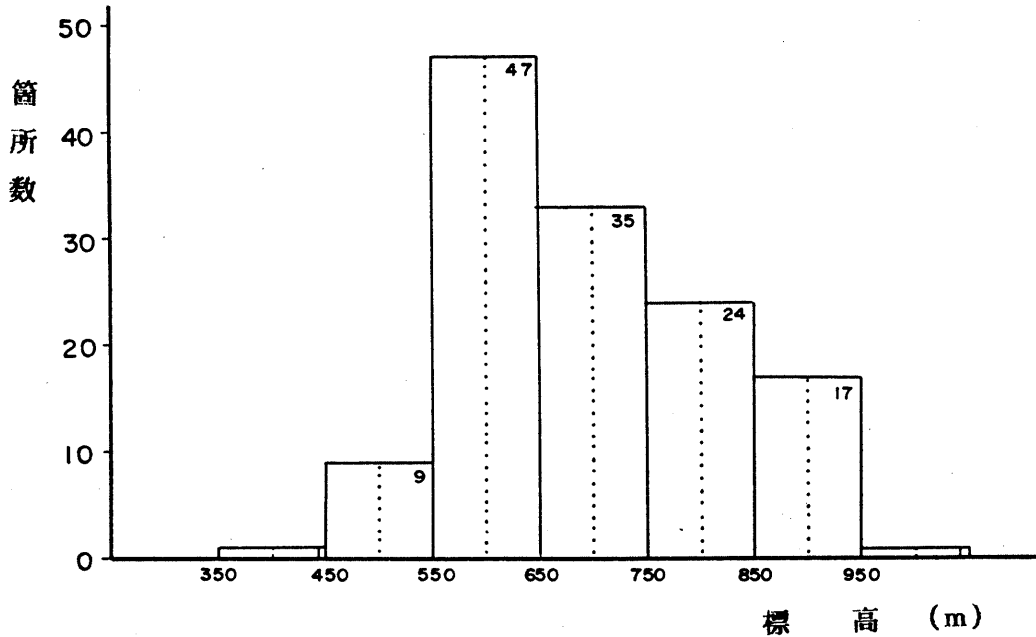


図 6・1 地すべり防止区域の平均標高分布(調査範囲内)

ない傾向がある。また、異常な水系が認められる所では、地すべり地や過去の地すべり地塊である場合が多い。例えば、樹枝状に小河谷が良く発達する小川村西半部には、断層沿いの部分を除き地すべり地はあまり見受けられないのに対し、小川村中央部の成就地区から長野市七二会地区に至る地区では、一次谷の発達も悪く、平行状に細長い流域面積をもつ河川が大部分であり、数多くの地すべり地が分布している。また、信州新町信級地区では、異常水系や谷底平野の分布状況の異常が認められる所であり、地すべり地形が多く見られる地域でもある。

地すべり地の谷密度は20~30程度のもので多く、1次谷の数で見ると10~20程度の場合が多く、1次谷数が増えるほど、地すべり地形は認められなくなる傾向がある。ただし、谷密度及び1次谷数が上述の範囲内にあるとあって、逆ほ地すべり地である場合が多いとは言い難い。

(3) 地表面の傾斜

調査地の地すべり地の地表面の傾斜は20°~40°の場合が多く、新潟県の地すべり地が20°以下の比較的緩斜面に多発していることと様相を異にしている。

付図の傾斜区分図に示す詳細な傾斜区分を行うと、地すべり地内でも、頭部滑落崖では20°以上(多くは30°~40°)、中央部では3°~15°の緩斜面、末端部及び両側の境界部では20°~40°の急傾斜というように変化が認められ、斜面上の地すべり地を検出することもある程度可能である。

(4) 起伏量

地すべり地周辺の起伏量は300~600mを示すものが多く、浸食平坦面と開析谷の比高に
関係していると考えられる。

6-1-2 地すべりと地質

(1) 地層

調査地域内の地すべり地がどの地層に多発するかをみるために 地すべり防止区域と空中写真判読結果の両方について、箇所数と発生確率を調べた。

地すべり防止区域については、図6・2、図6・3に示す。この図より、箇所数では柵累層高府泥岩層に46ヶ所もあり、つづいて小川累層境ノ宮砂岩泥岩層・柳沢砂岩泥岩層、青木累層上部千見砂岩泥岩層、柵累層権田礫岩層の順で多い。一方、この箇所数をその地層の分布面積で除した値(地すべり密度と呼ぶ、単位はヶ/k㎡)をみると、以下のとおりとなる。ただし、地層の分布面積が5k㎡以下のものは省く。

- 地すべり密度の高い地層、高府泥岩層、境ノ宮泥岩砂岩層・柳沢砂岩泥岩層、小川累層上部飯森砂岩層の順で高く、つづく、千見砂岩泥岩層、柵累層上部田ノ頭泥岩層・荻久保砂岩泥岩層なども平均密度(0.317ヶ/k㎡)より高い。
- 地すべり密度の低い地層：未固結層、柵累層中部荒倉山・聖山火砕岩層で極端に低く、つづいて、小川累層下部裾花凝灰岩層、美麻累層新行礫岩凝灰岩層、権田礫岩砂岩層の順で高くなるが平均密度以下である。

一方、空中写真の判読結果により求めた地すべり地形の評価結果と地層の関係を図6・4(1)~図6・4(3)に示す。これより以下のことが判明する。ここでも地層の分布面積が5k㎡以下のものは省く。

1) 地すべり地形の明瞭度による区分(A, B, C, D)

- ・明瞭なもの(Aランク)：高府泥岩層、飯森砂岩層、権田礫岩砂岩層などで明瞭なものが多い。
- ・不明瞭なもの(Cランク)：新行礫岩凝灰岩層、裾花凝灰岩層、荒倉山・聖山火砕岩層などで不明瞭な地形が多い。
- ・地すべり地形の認められないもの(Dランク)：未固結層で多く、新行礫岩凝灰岩層にも地すべりが認められない区域が比較的多い。

2) 地すべり規模による区分(1, 2, 3)

- ・大規模なもの(1ランク)：飯森砂岩層、権田礫岩砂岩層に大規模なものが多く、高府泥岩層でも比較的多い。
- ・小規模なもの(3ランク)：境ノ宮砂岩泥岩層、新行礫岩凝灰岩層、千見砂岩泥岩層、裾花凝灰岩層などで小規模な地すべり地形が多い。

3) 地すべり土塊の残存状況による区分(a, b, c)

- ・多量に残っているもの(aランク)：高府泥岩層、権田礫岩砂岩層など
- ・ほとんど崩土が残っていないもの(Cランク)未固結層、新行礫岩凝灰岩層などで崩土の残存状況が悪い。

一方、累層別に見ると、地すべり防止区域の数では柵累層で全体の53%弱を占め、小川累

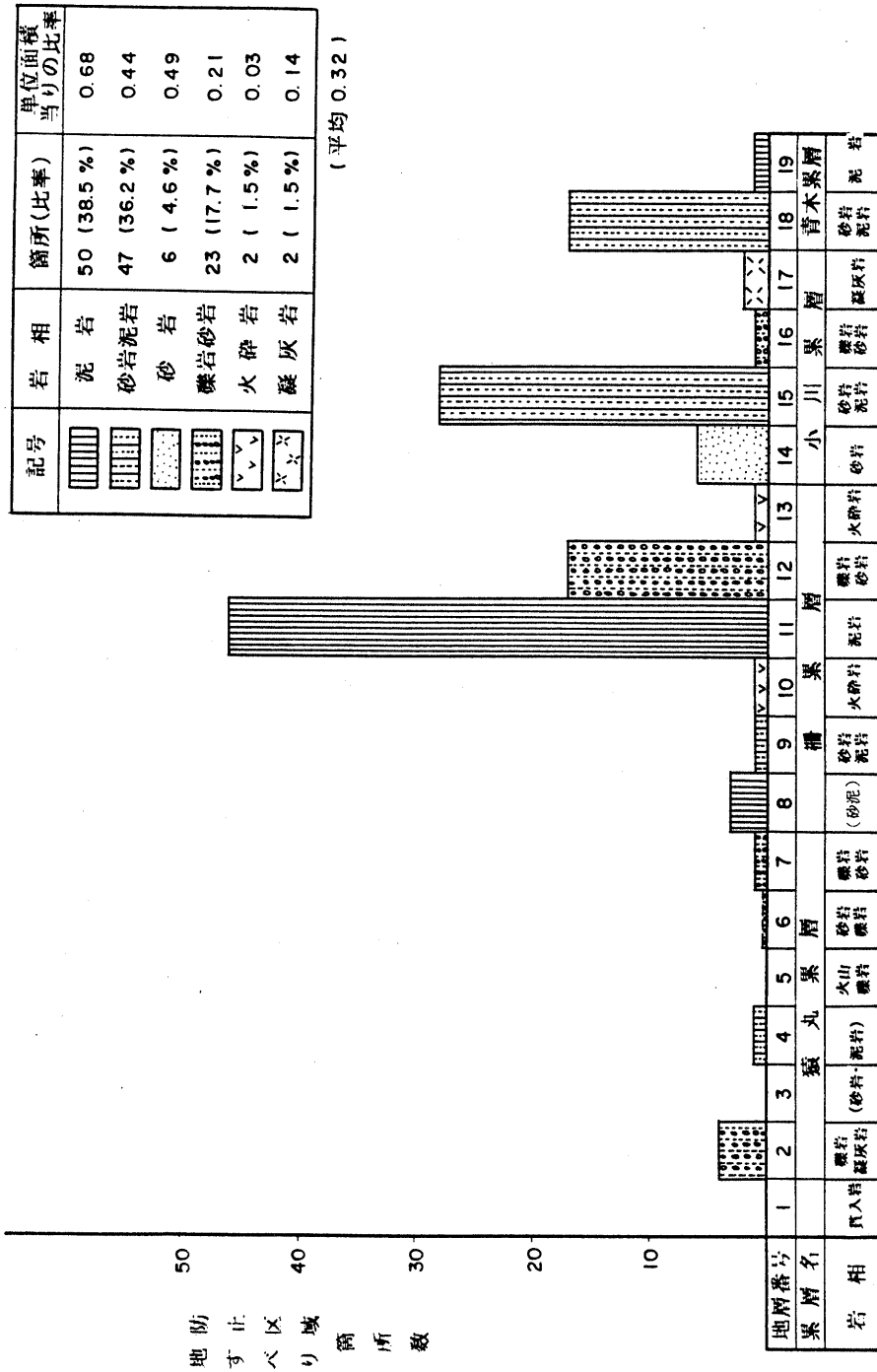


図 6・2 地層・岩相毎の地すべり防止区域数

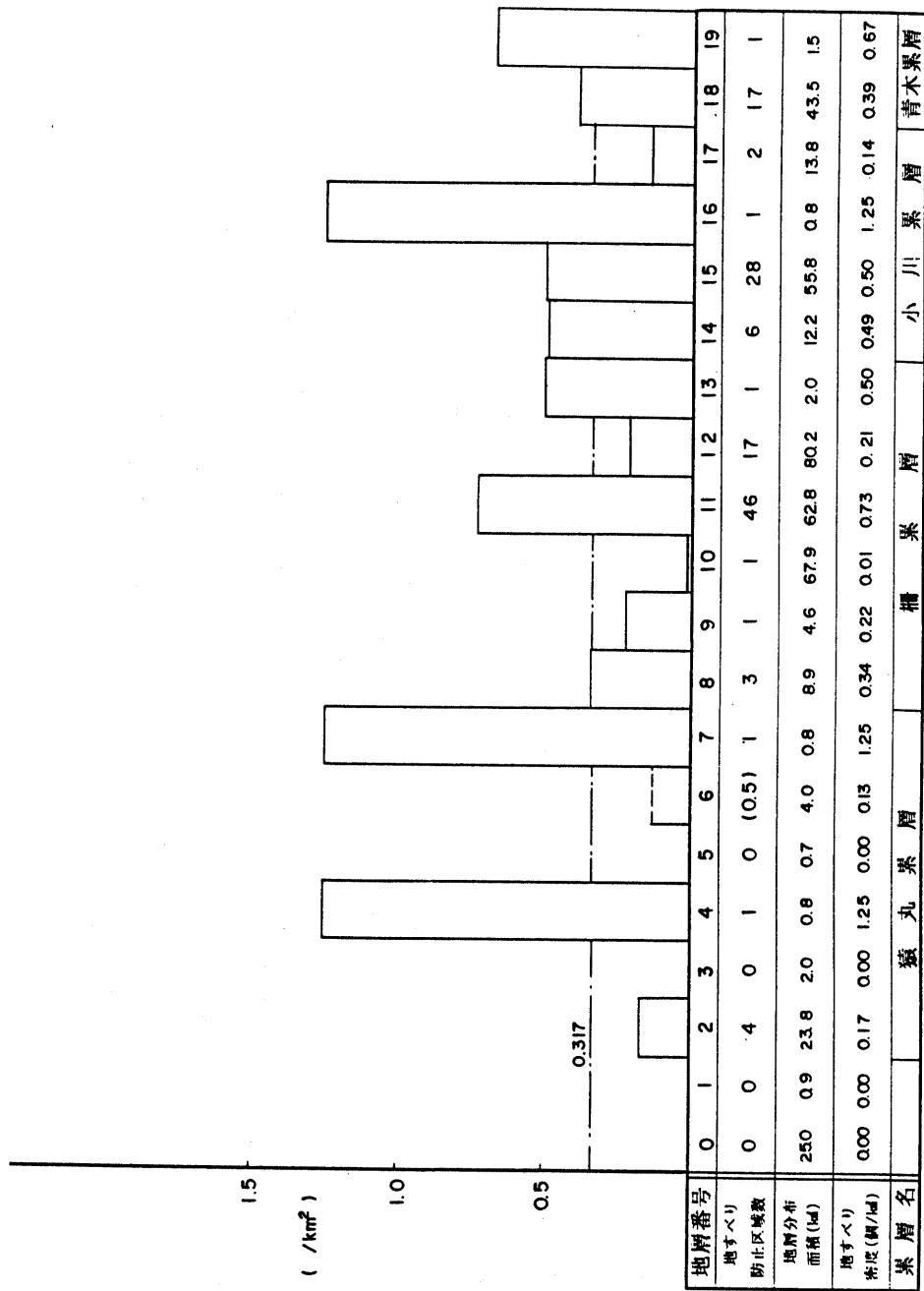


図 6・3 地層ごとの地すべり防止区域面積の分布密度

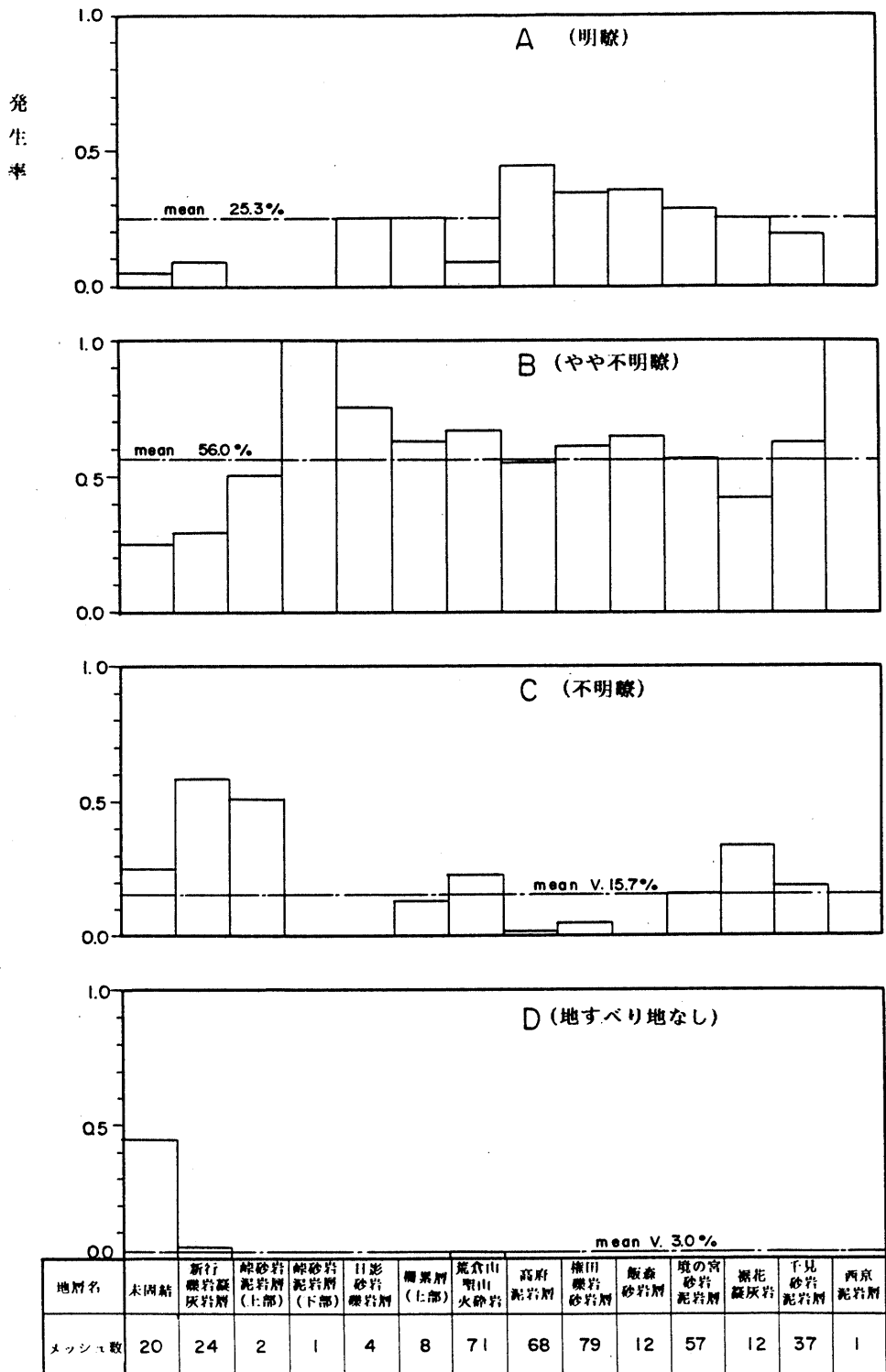


図 6・4(1) 1平方キロメートル当りの各ランク別発生率(地すべり地形の明瞭度)

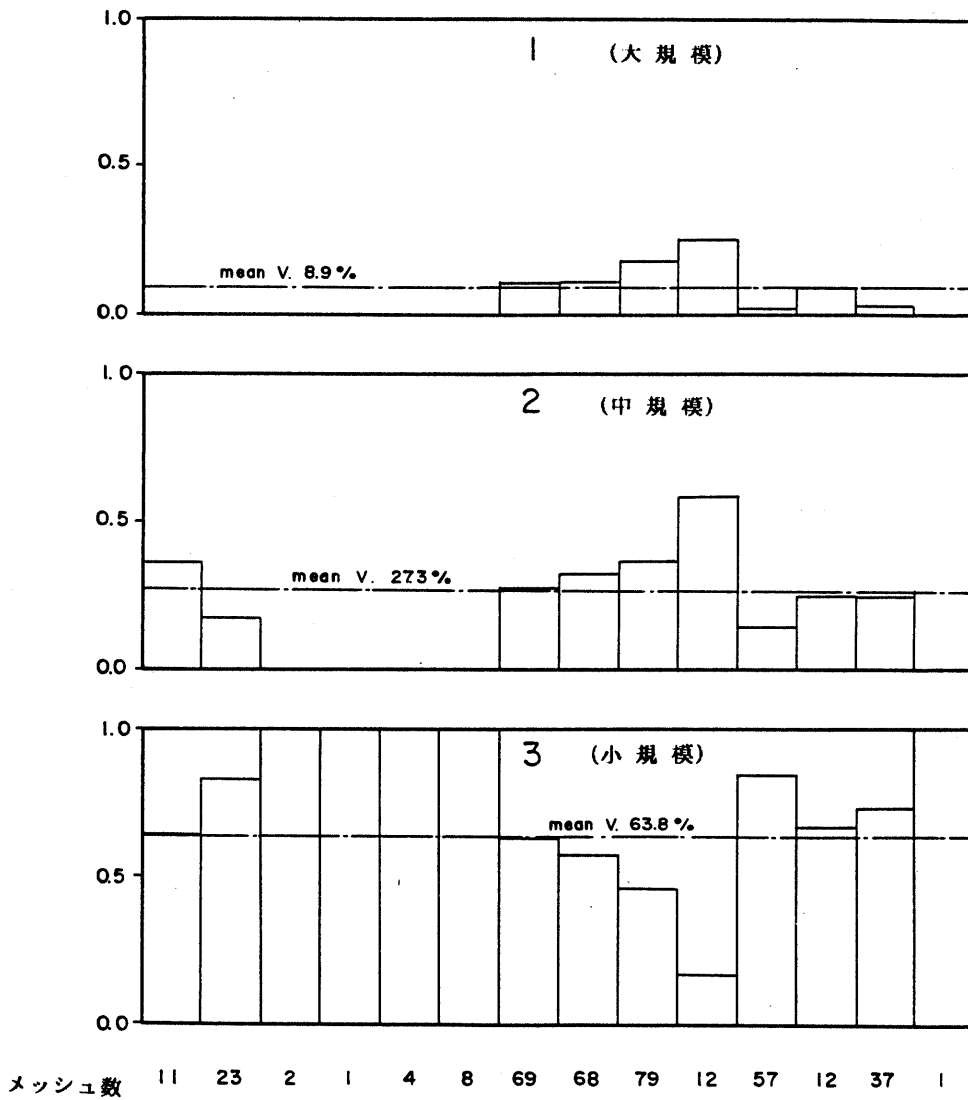


図 6・4 1 平方キロメートル当りの各ランク別発生率 (地すべり規模)

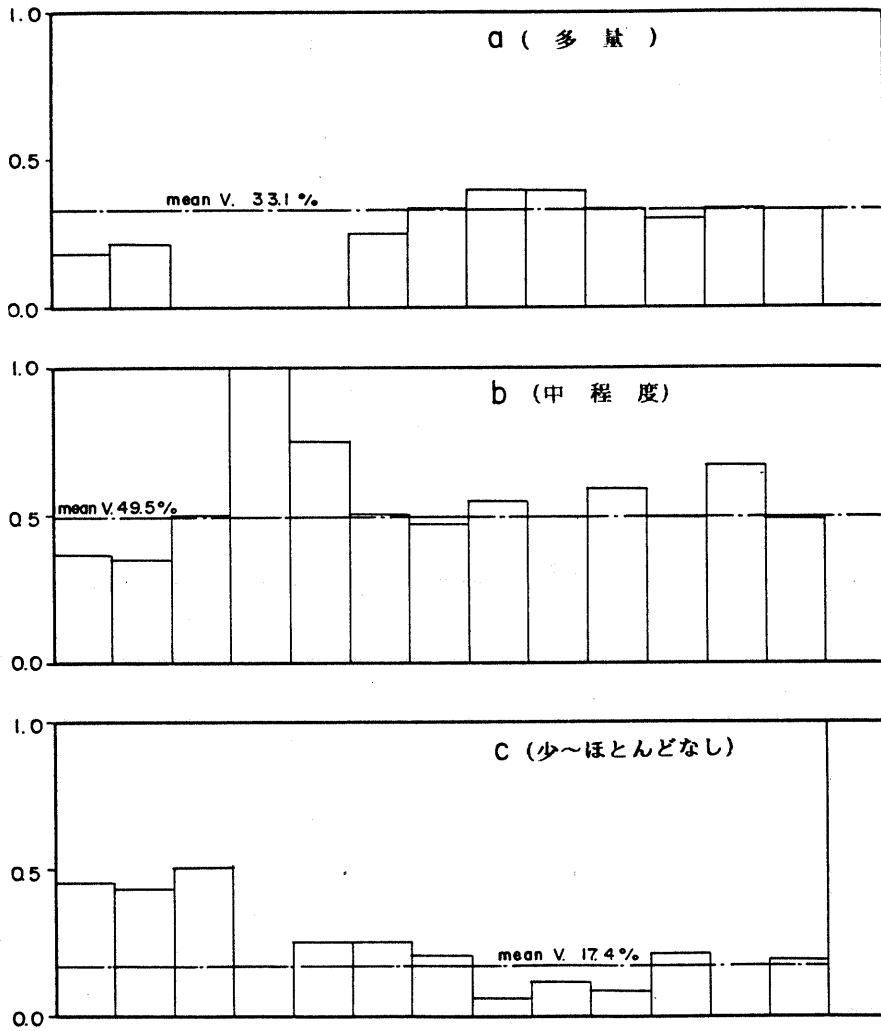


図 6・4(3) 1 平方キロメートル当りの各ランク別発生率(地すべり土塊の残存状況)

層、青木累層と古い地層ほど減少するが、最も新しい猿丸累層では5%と少ない。しかし、各累層の分布面積で除した単位面積当りの地すべり防止区域数では小川累層0.45、青木累層0.40、柵累層0.31、猿丸累層0.20（以上単位はヶ/km²）となり、一概に柵累層で地すべりが発生しやすいとは言えない。むしろ猿丸累層で地すべりの発生率が低いことが結論付けられる。

また、空中写真の判読結果を累層別に調べたのが、図6・5である。この図は、累層毎の各ランク別発生率（各ランクの発生個数）／（対象する累層の占める面積）を平均発生率（各ランクに属する全ての個数）／（全面積）で除して正規化した値を図化したものであり、例えば柵累層のAランクに属するメッシュ数は65個であり、柵累層の全メッシュ数は226個であるため、ランク別発生率は0.29となる。ところがAランクは全累層で100個あり、これを全メッシュ数396個で除した値がAランクの平均発生率であり0.25となる。よって図示した正規化した値とは0.29/0.25 = 1.16である。

図6・5より言えることは、左上り、右下りの累層ほどランクが高いことを示し、逆のものほど各ランクが低いことを示すことである。明瞭度規模、崩土残存状況の全てについて柵累層は左上り、右下りとなりランクが高いことを示し、未固結層、猿丸累層は右上り左下りとなりランクが低いことが判明した。その他の小川累層は明瞭度でランクの高いものが比較的多い傾向が認められるが、規模や崩土残存状況ではランクによる変化が少ない。また青木累層では小規模なものが多い傾向は認められるが明瞭度でやや不鮮明なものが多く、崩土残存状況では、ランクによる変化に乏しい。

(2) 岩 層

次に 岩相毎に地すべり発生率を調べた、前掲の図6・2に示す様に地すべり防止区域数では泥岩層、砂岩泥岩層が各々、全体の38.5%、36.2%を占め、次いで礫岩砂岩層が17.7%となっている。ところが、単位面積当りの地すべり発生率では、泥岩層で0.68、砂岩層で0.49、砂岩泥岩層で0.44（ヶ所/km²）となるが礫岩砂岩層は0.21と平均（0.32）より低い。また、凝灰岩層（0.14）、火砕岩（0.03）は極端に発生率が低いことが判明した。

地層の場合と同様に空中写真の判読結果についても岩相毎の各ランクの発生率を調べたのが、図6・6である。この図より明瞭な地すべり地形は、砂岩層泥岩層で多く、逆に不明瞭なものは凝灰岩相、未固結層、火砕岩層などに多い。その他の岩相については際立った傾向は認められない。また、規模については、砂岩、礫岩砂岩層に大規模なものが多く、火砕岩でもやや大きいものが比較的多い。反対に小規模なものは泥岩・砂岩層に多く、凝灰岩層でもやや多い。次に、崩土残存状況ではあまり顕著な傾向は見られないが、泥岩層で多く、未固結層で少ないことがわかる。

6-1-3 地すべりと地質構造

(1) 走向、傾斜

当地区の地層の走向及び傾斜はNNE-S SW~NE-SW 方向に発達する褶曲構造に大局的には支配されている。従って、走向はこれと同方向に近いものが多く、傾斜角は、高府向斜軸部で10~20°と緩傾斜であるほかは40~80°の高角度を示すところが多く犀川沿いや中山断層沿いではほぼ直立したり逆転を示す所もある。

当地区内の地すべり防止区域内の地すべり方向と、走向・傾斜の関係をみるため、まず、地

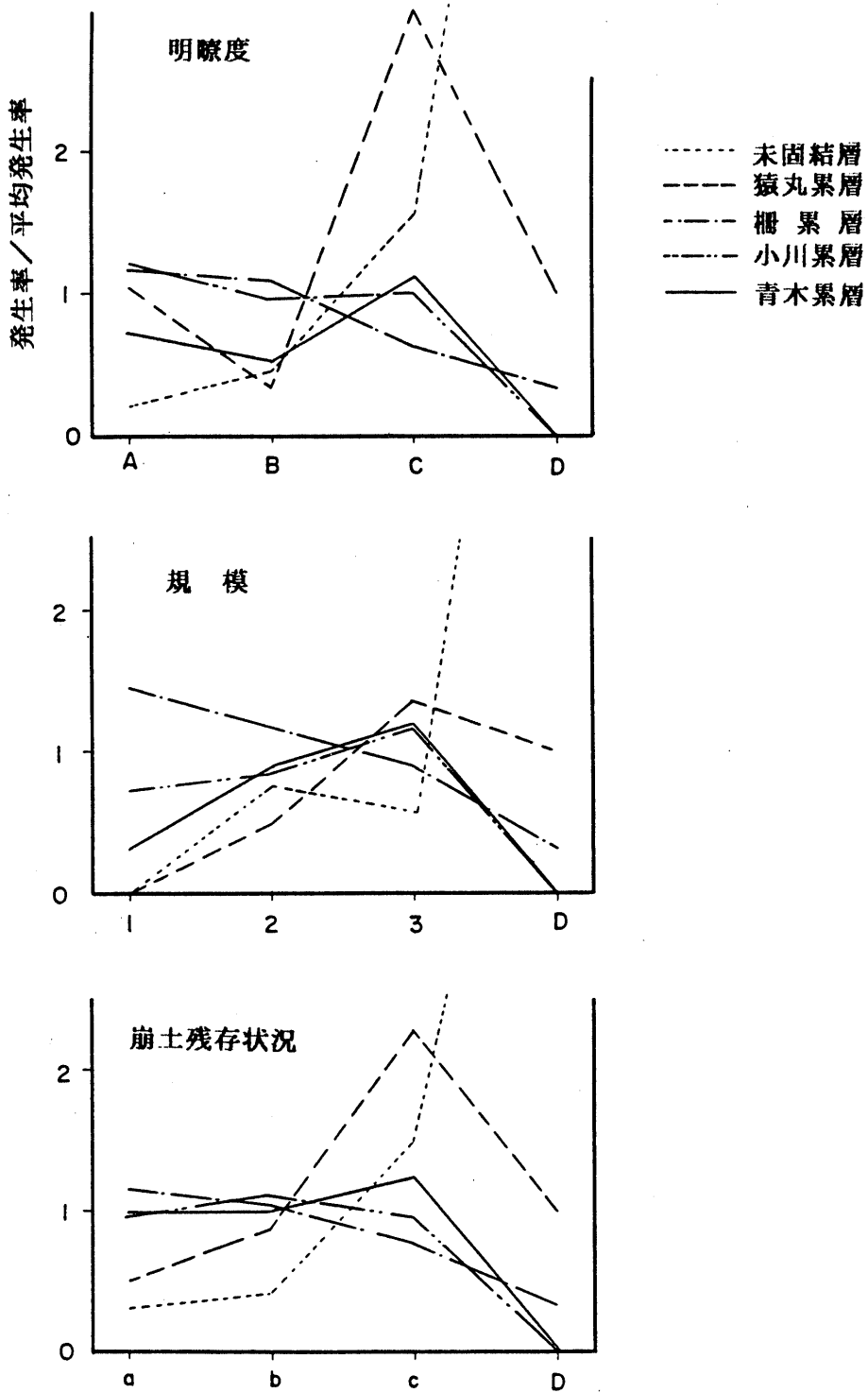


図 6・5 各累層毎の明瞭度、規模、崩土残存状況の傾向

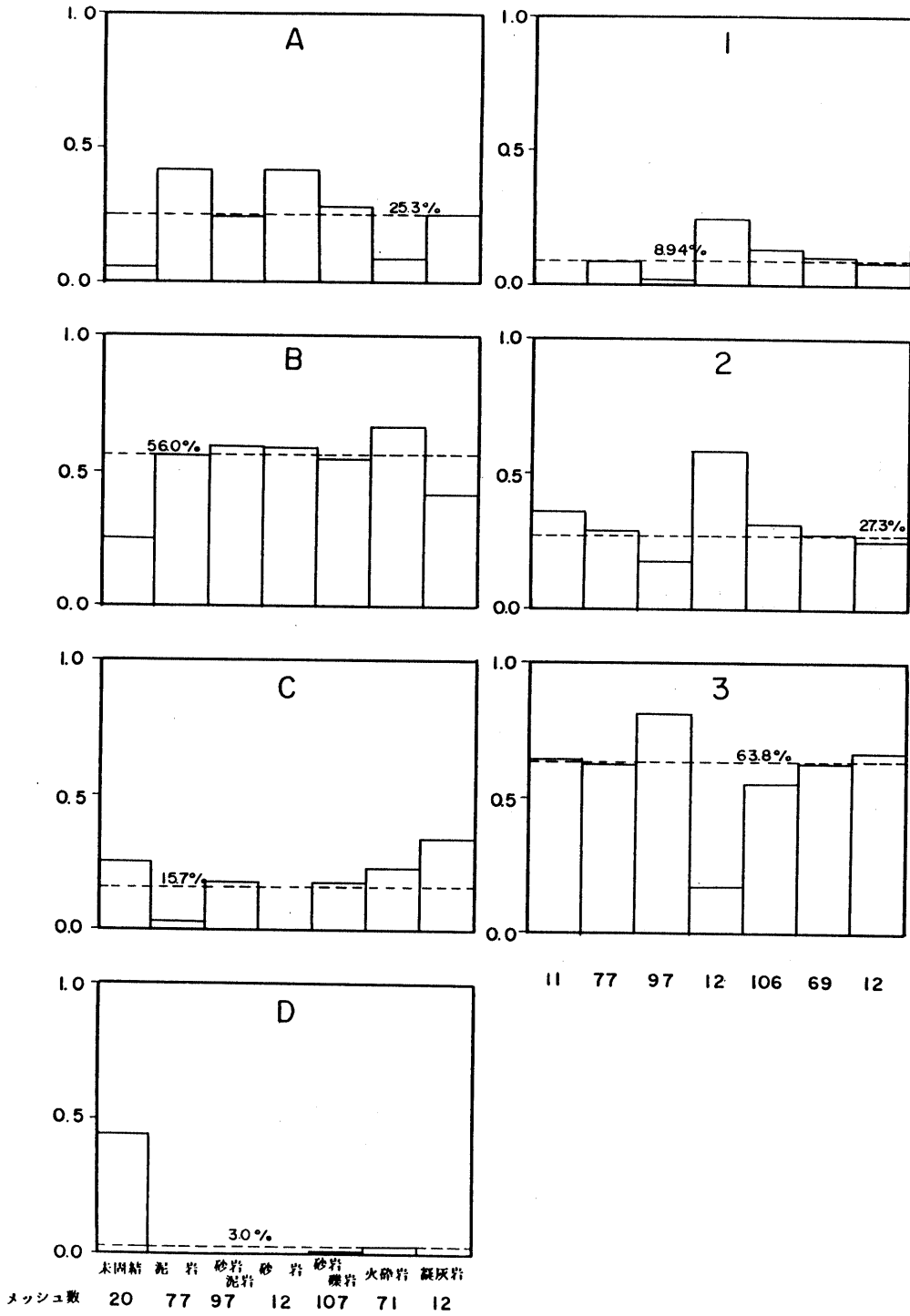


図 6・6 岩相別の各ランクの発生率

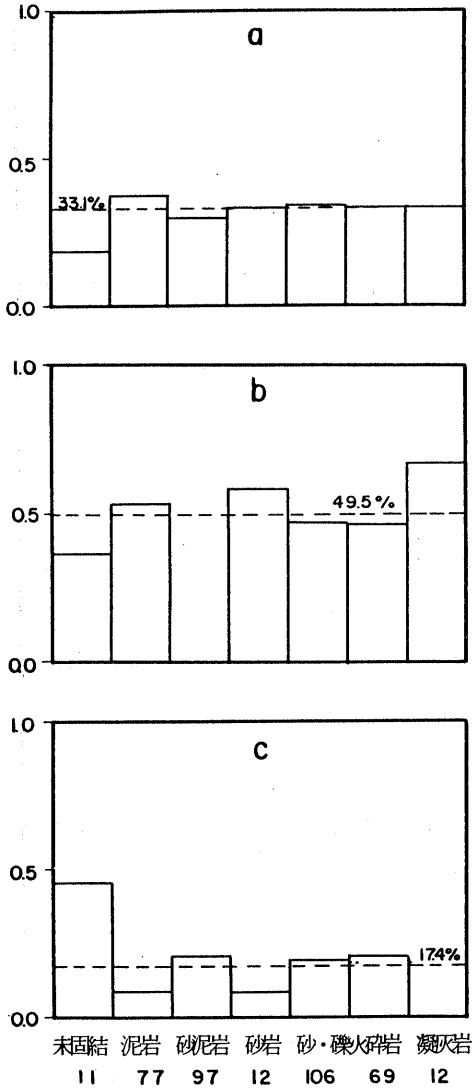


図 6・6 岩相別の各ランクの発生率

すべりの卓越したすべり方向を図 6・7に示した。これによると、地すべり卓越方向は(i) W~WNW方向(ii) E~S方向が認められる。この卓越方向の現われる原因としては、犀川や土尻川に流れ込む支流の多くがN-S~N-E-SW方向であり、地すべりはこの支谷に向ってすべるためと考えることができる。また土尻川や犀川が右岸と左岸では流域面積が極端に異なるため、NW方向にすべるものが少ないことも考えられる。

次に、地すべり方向と地層傾斜方向との相関を図 6・8に示す。この図ではあわせて、岩相をも表現した。これによると、地すべり方向(Ds)と傾斜方向(Dd)が一致するもの、すなわち流れ盤すべりのものが40%以上を占め、受け盤すべりは12~13%と少ないことがわかる。また、走向方向にすべるものは全体の46%を占めるものの、Dd方向に対して直角に右側にすべるものと左側にすべるものに別けて4形態{Ds//Dd, Ds←→Dd, Ds⊥Dd(R), Ds⊥Dd(L)}について考えれば流れ盤型のすべりがもっとも多い。岩相では砂岩泥岩層は、流れ岩盤地すべりが、礫岩砂岩層では走向すべりや受け盤すべりが比較的多い傾向が認められる。

(2) 褶曲及び断層

当地区に数多く分布する地すべり地と、褶曲軸及び断層線との関係は、全体としてあまり明瞭ではない、しかし、断層沿いに地すべり地が明瞭に並ぶものとしては中山断層断層沿いの切久保、曾山、南村、小藤、持京断層沿いの万中、青具奈良尾、大境、野間、神楽岡持京、小谷断層沿いの青具日向、塩ノ

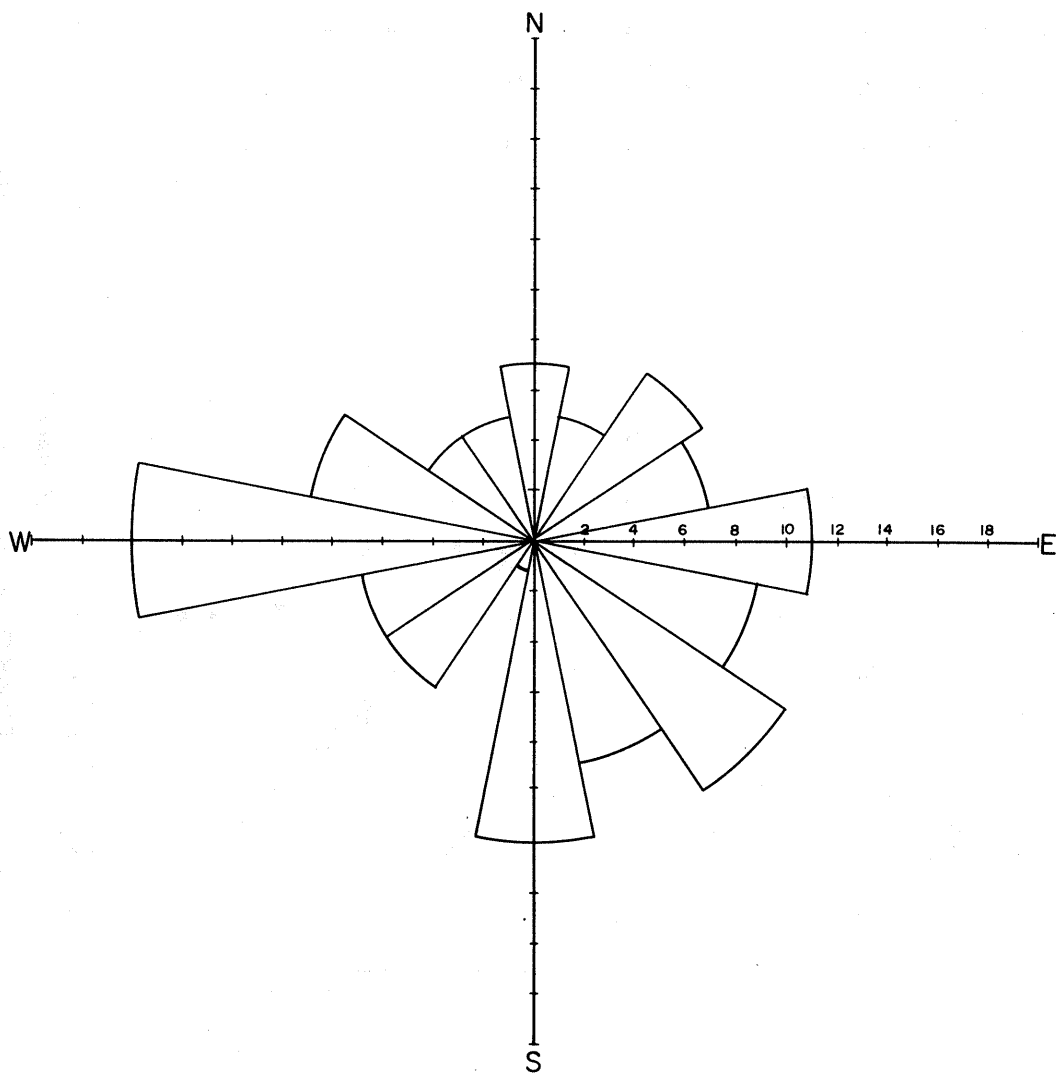


図 6・7. 地すべり方向のローズ・ダイアグラム (地すべり指定地のみ)

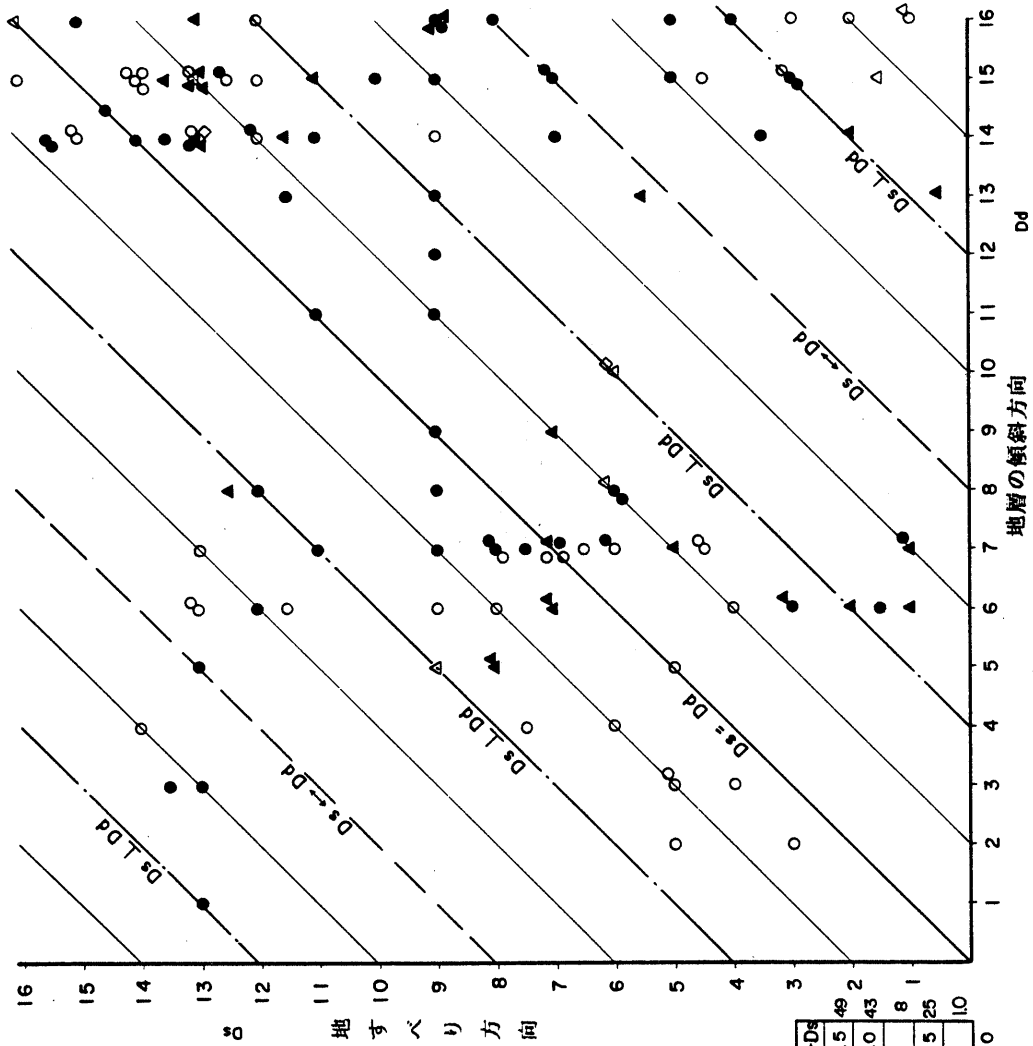
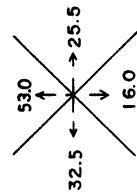
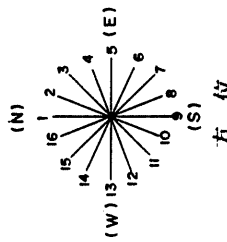


図 6.8 地層の傾斜方向 (Dd) と地すべり方向 (Ds) の相関

- 岩相
- 泥岩
 - 砂岩泥岩
 - △ 砂岩
 - ▲ 礫岩砂岩
 - ◇ 火砕岩
 - ◆ 凝灰岩



岩相	Dd/Ds	Dd ⊥ Ds	Dd = Ds	Dd = Ds + 180
泥岩	18.5	12.5	8.5	9.5
砂岩泥岩	22.0	8.0	10.0	3.0
砂岩	4.0	2.0	2.0	
礫岩	7.5	9.0	5.0	3.5
凝灰岩	1.0	1.0		

53.0 32.5 25.5 16.0
580

川、袖、白沢、堀田、峰方下などの防止区域があげられる。これらの地すべり地を伴う断層は全ての調査地の西端に位置する大きな断層であり、断層による破碎作用と破碎域の選択的脆弱化の進行によるものと考えられるが、望月（1977）によると、破碎を受ける状況は岩質によって異なり、泥質岩ほど著しいという結果が報告されている。また、調査地中央部の各断層では明瞭な関係は認められなかった。

一方、褶曲との関係においては背斜軸上や、その近くの翼部に地すべり地が認められるのに対し、向斜軸部には地すべり地は少ない傾向が認められる。これは、褶曲運動による地層の変形の際、向斜軸部より背斜軸部によりクラック、断層等の弱線が形成されやすいと解釈される。また、褶曲度の高い地域に地すべりが多いことも事実であり、長野市七二会地区では、波長の短い向斜及び背斜構造の発達が顕著であり、地すべり地も極めて多い。

いずれにしても、断層線や褶曲軸の発達する地域、換言すれば歪の集中域に地すべりも発生しやすいことを示唆している。この傾向は調査区域外でも認められていて、中山断層と犀川断層に挟まれた、八坂村、生坂村付近にも数多く地すべり地が分布している。また、同一の地層でも褶曲度の低い地域では地すべりの発生率も低い傾向が認められる。

6-2 地すべりの外的要因

6-2-1 気象（とくに降水量）

調査地は年間降水量が1,000 mm前後の比較少雨な地域に当たり、しかも、内陸盆地性の気候のため気温の上下較差が大きい傾向がある。これらは浸食形態において削剝作用よりも、より深い風化が進行することとなり、地すべり発生に有利な条件を備えていると言えよう。

また、当地域の地すべりの発生に重要な役割を演ずるものに、融雪に伴うものがある。地すべり緩斜面上や、後背斜面上の雪は2月から4月にかけて、融けて地下に浸透するものが多く、地下水位が上昇し、地すべりの滑動に至ると考えられている。調査地の地すべりには、この融雪期に滑動するものと、そうでないものがあり、通年地すべりによる平均被害件数35件のうち、融雪期に発生する被害件数は平均8件と割合少ない。しかし、昭和55年12月末から昭和56年3月にかけての大雪のあとの融雪期には69件もの被害が発生し、降雪量（融雪量）も地すべり発生に大きく関与していることを裏付けている。

一般に、降水量と地すべり地の地下水位には相関があり、地下水位の上昇は安全率の低下をもたらし、地すべりの滑動に至る場合も多い。このため、地すべり地周辺の地下水位を低下させる対策工が多様化されている。このことから、降雨は地すべり発生の外的要因として重要な位置を占めていることがわかる。

6-2-2 地震

地震に伴う自然現象に様々なものがあるが、特に地すべりや斜面崩壊の発生の誘因となるものとしては、①地震動と②地下水変化が考えられる。

(1) 地震動

地震による斜面崩壊の最も一般的な形態は表層滑落であり、地域差はあるが震度Ⅳ～Ⅴ以上（400gal以上）で発生することが多く落石も表層滑落と同様強い地震動により発生する。これに対して表層滑落面の深度が深い崩壊土中の円弧すべり、あるいは大規模な地すべり性の崩壊

は稀にしか発生しない。これは、地震動は、山稜のような凸起地形や段丘面末端・崖端などの自由端をもつ地形では、端部で振動が増幅されるためであろう。この他の地震による崩壊形態として特異なものには山津波などもある。また、斜面崩壊や地すべりに至らなくとも、地震動により斜面上部や滑落崖背後に、テンションクラックが発生したり、内部の速度層境界などに弛み帯が形成され、次の地すべり滑動の引き金となることが、理論的にも導かれ、クラック等の発生は実際に確かめられている。

(2) 地下水位変化

地震に伴って井戸の水位や水質、水温が変化したという報告は多い。また、温泉の湧水量や水温も影響を受けることが多い。また、地下深部に水を圧入すると誘発地震をみることも報告されている。このことは地震現象と地下水が深く関係し合っていることを示唆していて、多くの研究も行われている。

地すべり地においても、地震に伴って地下水位の変化があり、地すべりが活発化したとの報告もある。例えば、松代群発地震の際の牧内の地すべりは、山麓の崖錐中に発生したものであり地震の活発化に伴い、地盤変動の他に、附近の温泉の湧水量と温度に異常がみられたり、地下水の濁濁する所や、湧水又は地下水上昇がみられる所が現われた。そして、滑落后、多量の湧水が滑落崖下に認められた。しかし、滑落后被圧地下水が開放されてからは、周辺の地割れの拡大もなくなり、湧水量も次第に減少して安定化した。この地すべりの原因としては、地震に伴い湧出した深部地下水の圧力のために発生したと考えられている。また、この地震にともなって、茶臼山の地すべり移動量の増加が認められ、地震回数と対応する水位上昇が認められている。

6-2-3 人為的要因

平野部から山地・丘陵部へ人間の生活活動の場が拡大して行くにつれて、必然的に地すべりの内的要因（素因）の揃った地区に開発の手が及び、地すべりの滑動に至るケースが多く見られるようになってきている。

特にモーターレーゼーションの地方への波及に伴って、旧道の拡幅や新道の建設に伴って、切土や盛土を行った結果、地すべり活動が始まる場合が近年特に多く見られる。これは、地すべりの末端部を切土したり、頭部に盛土を施工した場合である。また、ダムにより、湛水した斜面に地すべりが発生し、崩土が湖水に押し出され、ダムを危険に陥らせる例も見られる。

7. 事例調査

調査区域内に多数認められる地すべりのうち、特にその地すべり規模及び被害の程度が大きく、調査・対策工が実施され、地すべりの全容が比較的良く判明している箇所について、事例として調査した。事例は以下の箇所であった。

- (1) 茶臼山地すべり
- (2) 奈良尾地すべり
- (3) 倉並地すべり

また、過去の地震による地すべり災害について善光寺地震を事例にしてまとめた。

7-1 茶臼山地すべり

- ① 地すべり防止区域の面積：74.6ha
- ② 指定年月日及び番号：昭和34年4月17日
建設省告示第1014号
- ③ 指定内容（保全物件）

区 分	土 地 (ha)				家 居		
	田	畑	林 地	その他	計	住 宅	その他
地すべり区域	0.8	11.8	20.1	16.9	49.6	10戸	20棟
隣接する地域	2.9	15.4	11.4	5.3	25.0	4	1
計	3.7	27.2	21.5	12.2	74.6	14	21

- ④ 地すべり土塊：延長2000m、巾130～430m、面積約46ha
滑動層の深さ平均20m、土塊量約900万m³
上方部800mを地すべり発生地帯、下方部1200mを二次的地すべり地帯と呼ばれている。
- ⑤ 地 形：標高390～700m、平均傾斜角7°
地すべり地は北方の急峻な山地を取りまくような形で存在している。旧地すべりによる扇状地状の押し出し地形が地すべり地やその南方に見られる。
- ⑥ 地 質：第三紀中新統 流紋岩質凝灰岩（裾花凝灰岩）
砂岩・泥岩層（信里砂岩層）
走向：傾斜：N45°W20～25°SW
垂炭層、炭質泥岩層を挟在する。
（断面図参照）
- ⑦ 気 象：年平均降水量1000%程度、積雪量30～40cm
- ⑧ 地すべり活動史
 - ・第1期：弘化4年（1847）～明治16年（1883） 準備期
善光寺地震（1847）の際、茶臼山南峰周辺にあった湧水に異常が発生した。また山新田部落に亀裂が発生し、部落の北側の山腹の湧水が一時的に止まり、滝沢川の河床に湧き出しが

見られた。

- ・第2期：明治17年（1884）～昭和4年（1929）地すべり地帯で変動がある。

茶臼山南峰の頂上に南北方向の亀裂が発生し（1884年）その後頂上から800m下った不動島上方の畑が隆起し（1898年発見）、地すべり規模がほぼ明らかとなる。上部亀裂の拡大とともに、山腹各所に亀裂が生じ、山腹土塊の攪乱がつづいた。大正元年（1911年）頃から横への滑動が目立ちはじめた。

- ・第3期：昭和5年（1930）～昭和18年（1943）第1回目の押し出しがある。

昭和5年の梅雨期の長雨を契機に滝沢川及び宇土沢の支流沿いに地すべり発生地帯の土塊の滑動が速度を増した。当時は各河川の流水が土塊内に入っていたため末端部はやや泥流状になり、その速度は以下のように大きなものであった。

昭和7年8月～昭和10年3月 平均93m/年（25.4cm/日）

昭和10年3月～昭和12年11月 平均60m/年（16.4cm/日）

地すべり地帯では土塊は大きなブロック状で一体となって動いていて、末端部ほど大きな速度ではなかった。また、昭和15年～昭和18年には一時移動が緩慢となった。

- ・第4期：昭和19年（1944）～昭和39年（1964）第2回目の押し出しがある。

はじめに宇土沢川の滑動が若干あり、昭和22年からは滝沢川沿いの流下が主体となった。二次地すべり地帯の下方では滝沢川沿いに舌状に土塊が流下していたが昭和24年からは新たに南方にもあふれるように押し出して、全体として扇状に広がった移動速度は昭和35年頃まではかなり大きかったが、その後漸減した。

- ・第5期 昭和40年（1965）～現在 はじめて滑動がやや活発化したがその後急激に安定化する。

昭和40年8月3日から始まった、松代群発地震と期を同じくして再び速度が増加してきた。この動きは昭和41年が最大で、その後は急減して今日に至っている。地すべり地帯で実施した排水対策工の効果があらわれかと考えられている。

⑨ 被害の実態

山林13ha、水田7ha、畑23haが荒廃地となる。山新田と三軒家部落にあった人家4戸が移転する。

- ⑩ 地すべりの誘因：地震による地下水状況の変化、亀裂発生と降雨による活発化と考えられている。

⑪ 調査の経緯

- ・昭和9年（1934）～昭和10年（1935）：長野県土木部により、地表調査、ボーリング調査を行う。
- ・昭和13年（1938）東京大学地震研究所に委託して、地表地質踏査、弾性波探査を行う。
- ・昭和21年（1946）～昭和27年（1952）：建設省土木研究所が主体となり地表地質踏査、電気探査、土質調査、ボーリング調査、地表水・地下水・地下水の分布、水量測定、移動状況の観測。地表水・地下水の水質分析
- ・昭和29年（1954）～昭和58年（1963）：長野県土木部によりボーリング調査、すべり面深度の推定、移動量測定のための横断測線の設定及び測量、電気探査、

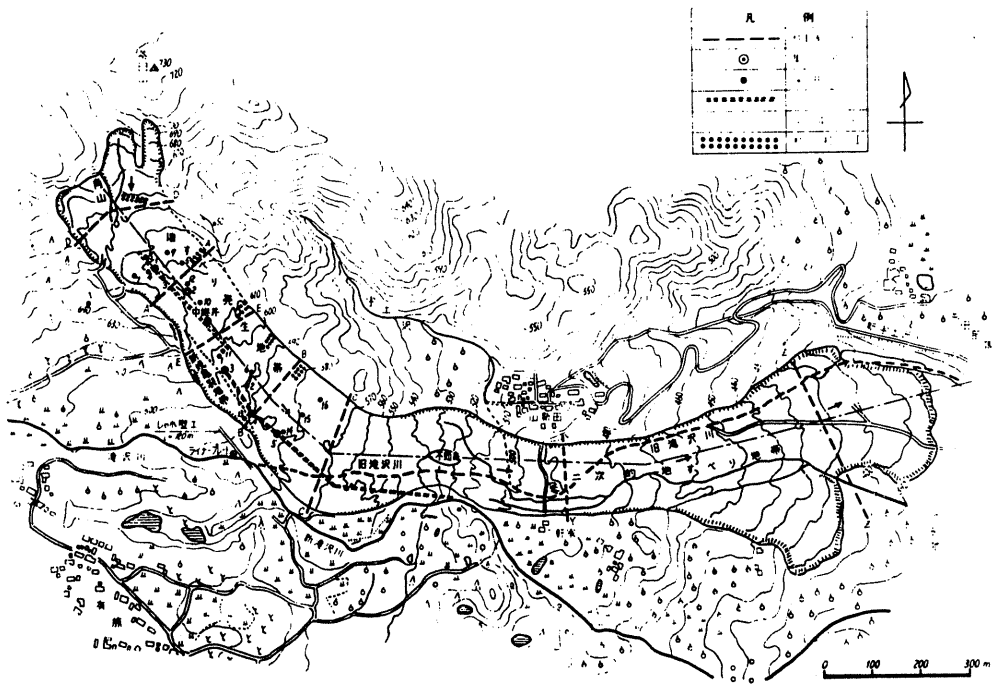


図7・1 茶臼山地すべり平面図

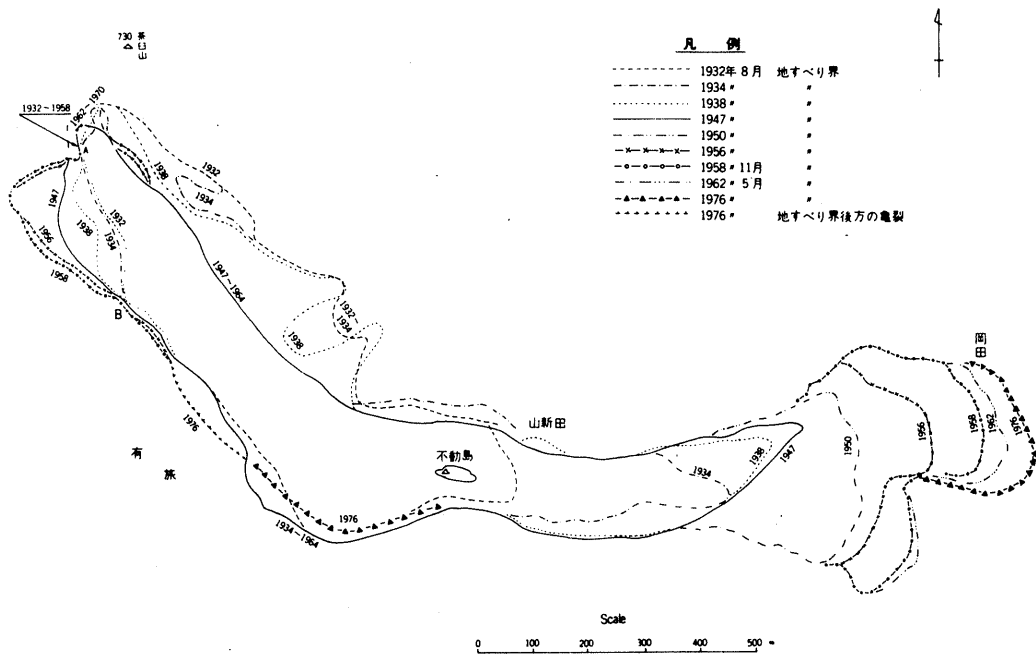


図7・2 茶臼山地すべり変せん図

・昭和41年(1966)以降：下表参照

⑫ 主な調査結果

・地すべり面の位置、地すべり発生地帯では信里砂岩層の下部層中に形成されており、多くの場合その最深の位置は裾花凝灰岩層の直上位に重なる亜炭層及び炭質泥岩層及び炭質泥岩層付近である。また、二次的地すべり地帯では、旧地すべり土塊内にすべり面が出来ているが下流部では在来土塊の上に地すべり土塊が押しかぶさっているだけである。

・地すべり発生地帯の地すべり断面：左岸側は比較的単純な層すべりを主体とするが、中心部から右岸側になると層すべりに回転すべりの要素が付加されて複雑化している(図7-3、図7-4参照)

・地すべり土塊及び基盤岩の土質特性：信里砂岩層最下位の灰色および茶褐色泥岩層は粘土分を多く含み、また同層中の砂岩は不

表7・1 昭和41年(1966)以降茶臼山地すべり調査一覧表

調査事項	調査方法	規 模	調査実施年度	備 考
地盤変動状況	トランシットレベルによる移動量観測	7測線	1966年～1980年	
	伸縮計による周縁亀裂の観測	5箇所	1966年～1972年	
	傾斜計による微小変動観測	5箇所	1966年～1973年	
地下構造調査	ボーリングによる地質土質調査		1967年～1979年	1967年-27孔 1968年-31孔 1969年- 8孔 1970年- 8孔 1971年-13孔 1972年-22孔 1973年-20孔 1975年- 5孔 1979年- 9孔
	弾性波探査	7測線 4,450m	1968年	
	電気探査	4測線 110点 9測線 300点 4測線 50点 4測線 50点	1967年 1970年 1970年 1971年	
	自然放射能探査	12測線 6000m 1212点	1967年	
地下水調査	ボーリング孔における流動層調査		1967年～1980年	1967年-17孔 1968年-17孔 1971年-10孔 1972年-20孔 1973年-20孔 1979年- 9孔 1980年- 8孔
	地下水追跡調査	6ヶ所	1968年 1972年	各深井戸で実施 1972年: 16孔取崩
	揚水試験	13回	1966年～1973年	
	水質試験	一斉同時採水 約60ヶ所で3回 継続採水 週1回 14ヶ所	1967年～1969年	
	地下水位調査	各ボーリング孔と一部の深井戸で実施	1966年～1980年	
地すべり面調査	地中内部歪計による調査		1966年～1979年	1967年-20孔 1968年-19孔 1970年- 3孔 1972年-17孔 1973年-17孔 1979年- 4孔 1980年- 7孔
	多層移動量計による調査		1979年	2孔

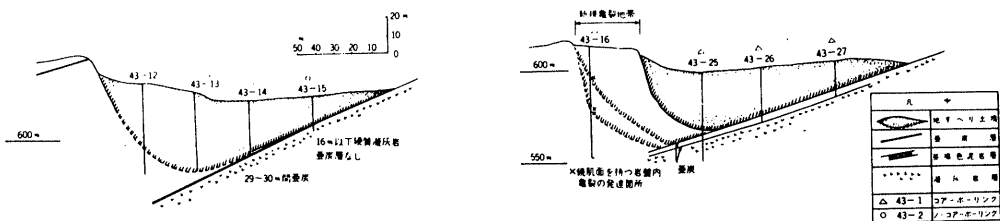


図7・3 茶臼山地すべり発生地帯横断面図

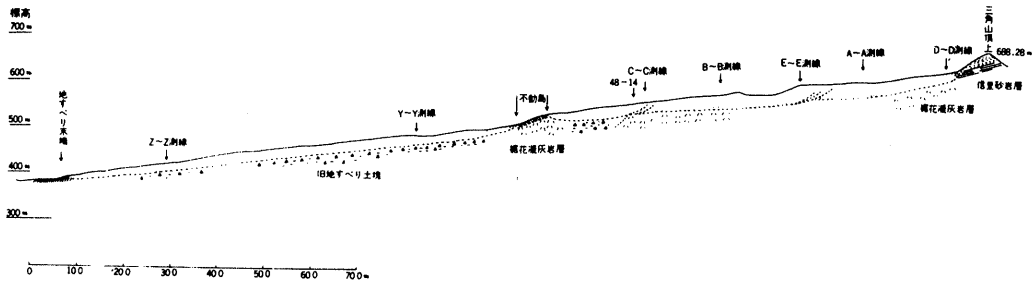


図7・3 茶臼山地すべり縦断面図

規則な粒径組成を示し、粘土と粗砂が共存している。一方同層の透水係数は $10^{-5} \sim 10^{-7}$ cm/sec と低い。

- ・土塊の移動状況：滑動の緩慢な時期には地すべり地全域が融水・降雨の影響を受けて一率に速度変化をおこすが、活発な時期は二次地すべり地帯上部で土砂が一旦蓄積され、不動島が土砂の中に埋没するような状態となり、その平衡が破れて活発化すると漸次上方に速度が大きくなる。また、移動速度の一番大きな部分は、地すべり発生地帯の下部付近（C～C測線）である。一方、地下水と移動速度との間には密接な関係があることが確認されている（図7・5、図7-6 参照）。
- ・地表水・地下水について：地すべり地上方の集水域は1.5haと小さく、地表水としては地すべり地内に降った雨が主なものである。一方地下水は南方地すべり地外から、岩盤裂か水として流入している。また、浅層地下水は滝沢川の旧流路沿いに地すべり地内に流入していて、これが土塊の泥流化を促進している。これらの地下水は、全体として停滞性が強く、その間に水質変化をおこし、強酸性になっている。

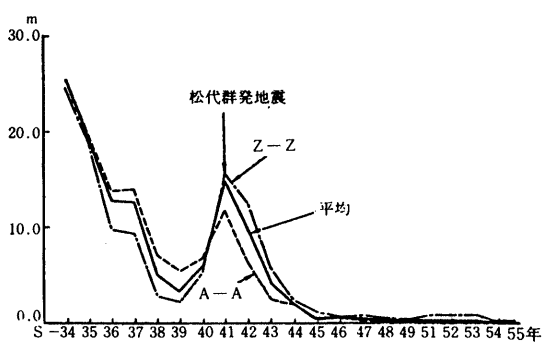


図7・5 茶臼山地すべり年間移動量図

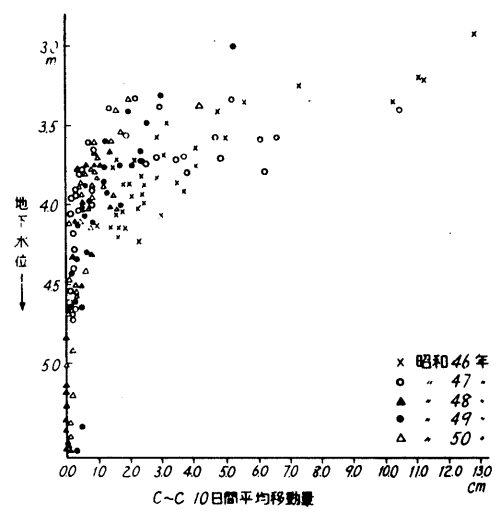


図7・6 茶臼山地すべり1号地下水位～C～C移動量関係図

- ⑬ 対策について：表7・2に明治から現在（昭和56年）までの対策工事を一覧表として示す。
また、実施箇所は図7・1に示している。

図7・2 茶白山地すべり対策工事一覧表

年度	工 種	規 格	数 量	工事費	備 考
明治 大正 昭和4	堰 堤 工	石 積	16基	千円	滝沢川に築造
昭和5 ～24	堰 堤 工	石積, コンクリート	12基		
7～8 32	開 削 工	鉄 線 蛇 籠			表流水, 浅層地下水排除
7～34	河川付替え工		2,500m		滝沢川, 宇土沢付替え
23	排水トンネル	2.0×2.0木枠玉石詰	167m		
27～40	堤 防 築 造				地すべり舌端部
13～33	調 査				土研, 県
36	集水井筒工	H=13.0	1基		深部地下水排除
37～39	深 井 戸 工	H=30～35, 300	3基	9,192	深部地下水排除
40	排水ボーリング	65～101mm	365m	3,522	深部地下水排除
41	深 井 戸 工 諸 調 査 計	長35.0m, 径1.0m	3 1	4,628 4,941 11,477	4, 5, 6号, 深井戸 地質調査ボーリング他
42	深 井 戸 工 水 路 工 諸 調 査 計	長25.0m, 径1.0m 開 削 工	3 259m 1	4,628 1,276 13,187 19,091	7, 8, 9号, 深井戸 地質調査ボーリング, 弾性波探査, 電気探査
43	深 井 戸 工 水 路 工 諸 調 査 計	長30.0m, 径1.0m 開 削 工	4 540m 1	6,160 1,704 1,723 9,587	10, 11, 13, 13号, 深井戸
44	集水井筒工 水 路 工 鋼管杭挿入工 諸 調 査 計	H=21.5, 3.5 U型板柵水路 H=42.0, 318.5	1 306.7 30本 1	16,870 4,956 22,186 3,899 47,911	1号ケーソン工 調査ボーリング地下水 調査
45	集水井筒工 し ゃ 水 工 集 水 井 集水ボーリング 水 路 工 諸 調 査 計	H=21.5, 3.5 グラウト H=15.0 コルゲート水路	2基 120m 1基 1式 2,340m 1式	27,026 31,927 6,409 4,638 70,000	2号ケーソン 中継井 ケミカルグラウト
46	鋼管杭挿入工 深 井 戸 工 集水ボーリング 水 路 工 諸 調 査 計	H=30m H=20.0 コルゲート水路	60本 3本 900m 2,340m 1式	21,933 7,187 4,991 14,897 7,644 56,652	
47	鋼管杭挿入工 集水井筒工 排水トンネル 集水ボーリング 山 腹 工 水 路 工	H=30.0m, 20本 H=25.5, 3.5m 内径2.0m 86mm コンクリート板 U型, 板柵水路	3個所60本 1基 212m 1,200m 1,500m 360m	7,242 21,438 48,871 7,300 2,399 6,621	3号ケーソン工 ライナープレート巻立て 3号ケーソン工内

年 度	工 種	規 格	数 量	工 事 費	備 考
	諸 調 査 計		1	10,093 103,964	
48	排水トンネル 水路工 諸 調 査 計	内径2.0 開 削 工	50m 1,210m 1式	16,150 11,595 14,492 42,237	1号トンネル工
49	集水井筒工 諸 調 査 計	H=25.5、15.0	2基 1式	45,202 2,130 47,332	4、5号ケーソン工
50	開 渠 工 集水ボーリング工 諸 調 査 計	ベンチフリューム	238m 1,500m 1式	9,614 19,324 1,928 30,866	ケーソン内集水ボー リング
51	排水トンネル工 諸 調 査 計	内径2.0m	125.0m 1式	37,805 1,932 39,737	2号トンネル工
52	排水トンネル工 集水ボーリング 諸 調 査 計	内径2.0m	154.5m 1,100m 1.0	50,023 12,220 4,130 66,373	2号トンネル工 1、2号ケーソン内
53	排水トンネル工 ボーリング孔洗浄 諸 調 査 計	内径2.0m	163.0 680m 1式	62,104 1,220 3,110 66,430	2号トンネル工
54	排水トンネル工 ボーリング孔洗浄 諸 調 査 計	内径2.0m 下部機構調査	130m 700m	54,910 1,304 15,776 72,000	2号トンネル工
55	水 路 工 集 水 井 集水井ボーリング ボーリング孔洗浄 諸 調 査 計	U型溝(二階建) 内径3.5m H=10.5 下部機構調査等	265m 2基 2,500m 600m	18,111 29,915 29,915 1,250 18,926 68,202	集水井内集水ボーリング
56	水 路 工 集水ボーリング 諸 調 査 計	U型溝(二階建) 現場打水路	476.5m 40.0m 756m 1式	37,442 3,950 11,272 3,634 56,298	横ボーリング、ポンプ設備
合 計	集 水 井 集 水 井 筒 深 井 戸 排 水 ト ン ネル 排 水 ボ ー リ ン グ 鋼 管 杭 し ゃ 水 壁 水 路 工 開 削 工 河 川 付 替 え 山 腹 工 堤 防 築 造 砂 防 堰 堤 各 種 調 査 S 41 ~ 56 年 工 事 費 計	ライナープレート径3.5m ケーソン径3.5m 径30~35cm	4基 5基 16基 1,001.5m 8,321m 150本 120m 18,990.2m 449m 2,500m 1,500m' 1式 28基	808,155	この他に1基中継井 工事費は41~56年を集計したものである

- ⑭ 現 状：昭和50年（1975）以後は地すべり発生地帯の安定化が著しく、排水工事の効果が現われたものと考えられている。今後の課題としては、なお土塊の不安定な状態のつづいて二次地すべり地帯上部および最下部の安定化と地すべり地全体の恒久的な水路工整備が残っている。また、この地区の地下水は酸性が強く水酸化鉄の析出が著しいためボーリング孔などの目詰りが激しく、排水機能の低下、喪失の現象がおこっていて、機能維持をいかにはかって行くかという問題も残っている。

この地すべり跡地の利用としては、地すべり地内を主として植物園に南方の地すべり地外を動物園に整備する事業が長野市と長野県が一体となって進めている。

7-2 奈良尾地すべり

- ① 地すべり防止区域の面積：30 ha + 24 ha
- ② 指定年月日：昭和50年3月
- ③ 地すべり土塊：延長700 m、巾150～200 m
滑動層の深さ30～60 m、土塊量約300万m³
- ④ 地形：標高660～780 m、傾斜角平均10°
志ぶの川と明賀川に開析され、尾根状となっている。また、周辺には、柳久保地すべりや祖空地すべりなどの最近活動した地すべりのほか、旧地すべり地形が多い。
- ⑤ 地質：主に第三紀後期中新世の権田層 N 70° E、25～30° NW
権田礫岩・砂岩層 } 指交関係にある。
高府泥岩層
- ⑥ 気象：年平均降水量1000%前後
- ⑦ 地すべり活動史
 - 昭49. 7. 10 中奈良尾地区農道71 mに亘って崩落、農道上部の民家2戸簡易住宅に避難。
 50. 3. 20 中奈良尾地区農道崩落増波し80 mとなる。
 50. 3. 31 奈良尾地区30 ha地すべり防止区域に指定
 50. 11. 20 鋼管杭打工法により農道復旧工事着工
 51. 9. 9 台風17号による大雨（3日連続110 mm）
 51. 10. 6 奈良尾地区に地すべり発生。
長さ700 m、巾150～200 m 面積7.6 ha
 51. 10. 8 奈良尾地区住民15戸55名に避難命令。
旧信級小学校へ全員退避。
 51. 10. 15 地すべり調査及び応急対策工事着工。
 51. 12. 15 奈良尾地すべり災害査定
農地復旧2.56 ha、農道復旧2.268 m
農地保全（土土工）162 m、農地保全（杭打工）56 m仮決定
 52. 4. 18 奈良尾災害査定
農地 2.56 ha→2.96 ha
農地保全、杭打工56 m→56 m杭打 内見成
→230 mトンネル

52. 12. 23 過疎集落移転事業により町内鹿道地区に集団移転

集団移転	12戸	48名
上田市へ	1戸	2名
穂高町へ	1戸	2名
長野市へ	1戸	3名
計	15戸	55名

54. 8. 25 降雨(4日連続129mm)により柳久保川へ二次災害起きる。

55. 3. 17 奈良尾地区地すべり防止区域24ha追加指定

⑧ 地すべり誘因：降雨による地下水の上昇と考えられるが詳細は不明

⑨ 地すべり速度：滑落崖 最大30cm/bay

水平移動量 4.7～6.7m/100bays (方向西向き)

⑩ 調査(図7・7)

I) 地質調査ボーリング計36本

II) 移動調査 トランシット、ジオジメーター

III) 地下水調査 地下水追跡、水質分析

IV) 土質試験 T_{uu} , γ_t , 粘土鉱物

⑪ 主な調査結果

地質調査ボーリングにより、地すべり地は新鮮岩、風化岩、崩積土等は構成されていることが判明した(図7・7)。新鮮岩は暗灰色の硬質砂岩を主体とし、ときに砂質泥岩の薄層を挟む。風化岩は、現位置風化によるものでやや軟質となっている。一方、崩積土は新旧2つに区分されている。崩積土と風化岩の境界は明瞭で、末端部では、標高680～690mの埋没平坦面がみられ岩盤上には厚さ1.5～2.0mのベニアレキ層があり、この平坦面が浸食面であることが判明した。またこの平坦面は大倉面に対比されることにより、当地区の崩積土は中期洪積世の地すべりにより背後の大峯面より供給されたものと考えられている。

すべり面は、頭部では風化岩と崩積土の境界付近、末端部では風化岩中に集中している。したがって、この地すべりは、崩土を主体に、風化岩盤を含めて滑动している一種の岩盤地すべりであるといえる。

トランシットによる移動丁張の方法では、図7・8に示すように地すべり発生当初、移動量は1日300～400mmに達したがその後急減し、52年1月には10～20mm/日に減少したが、その後の融雪期には再び移動量は増大し、4月はじめをピークとし、その後減少している。しかし、53年、54年と融雪とともに移動量は増加する傾向にあり、今日に至っている。これは、集水ボーリングの能力低下したことや、地すべりの末端部が志のぶ沢と明賀沢に流れ込んでしまって押え盛土となっていないことが考えられている。

次にジオジメーターとトランシットで組合せて、スタジア測量により移動杭の移動量を測定した結果、地すべりの移動方向はほぼ西向きを示し、南西向きという大方の予想を覆した(図7・9)

地下水調査のうち、地下水追跡の結果、尾根沿いに 1.6×10^{-2} cm/secの流速をもつ主径路が確認された。また地下水位の観測の結果、滑落崖付近では、地下水位変動が激しく、全体としては、11、12月に低下し融雪期に上昇、その後徐々に低下するパターンを繰り返している。

一方、滑落崖から少し離れた地すべり地内の地下水位は全般的に低く、細かな変動はない。この地下水と移動量の関係は、明瞭で、融雪時の地下水位の上昇に伴って、移動量も増大することが確認されている（図7・10）

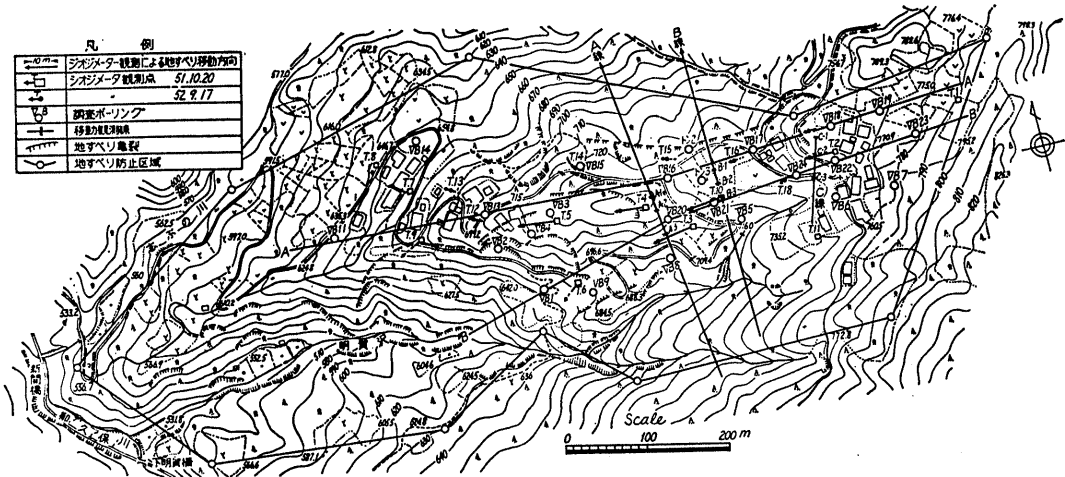


図7・7 奈良尾地質断面図（A-A）及び地下水賦存図

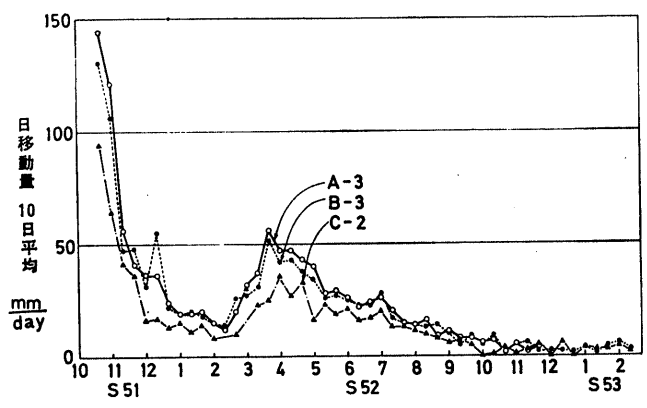


図7・8 奈良尾地すべり移動量の変化（長野県資料より）

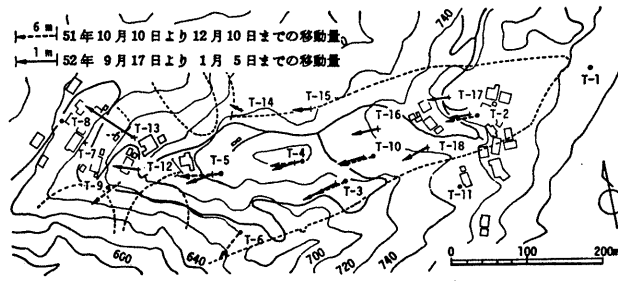


図7・9 奈良尾地すべり移動の方向

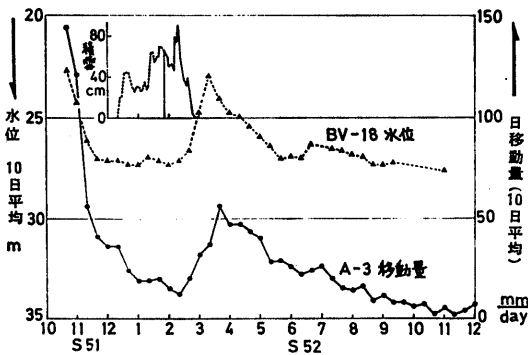


図7・10 奈良尾地すべりの地下水位の変化と移動量の関係

- ⑫ 対策工について
昭和51年度以降の対策状況を表7・3、図7・11に示した。
- ⑬ 現 状
地すべり発生当初の移動速度には及ばないものの、地下水排除効果は、思ったほど上らず、地すべりはいまだに滑動を続けている。累積移動量は21mに達している。

表7・3 奈良尾地区全体実施状況表

工 種	総体	地 す べ り 対 策 事 業						災 害 復 旧 事 業				
		全体	51年度	52年度	53年度	54年度	55年度以降	全体	51年度	52年度	53年度	54年度
排水路工	980m	980m	710m	-	-	270m	-	-	-	-	-	-
横孔ホーリング工	6000m	6000m	4400m	-	-	-	1600m	-	-	-	-	-
取 打 工	6県	6県	2県	2県	1県	-	1県	-	-	-	-	-
集 水 井 工	7県	7県	3県	1県	1県	2県	-	-	-	-	-	-
排水トンネル工	2本	4本	-	-	-	-	1本	1本	-	1本	-	-
抗 打 工	51m	16m	16m	-	-	-	-	35m	-	-	-	35m
出 車 工	282m	120m	-	-	-	8m	112m	162m	-	-	162m	-
農地復旧工	2.86ha	-	-	-	-	-	-	2.86ha	-	-	2.08	0.78ha
道路復旧工	2212m	-	-	-	-	-	-	2212m	-	-	2212m	-

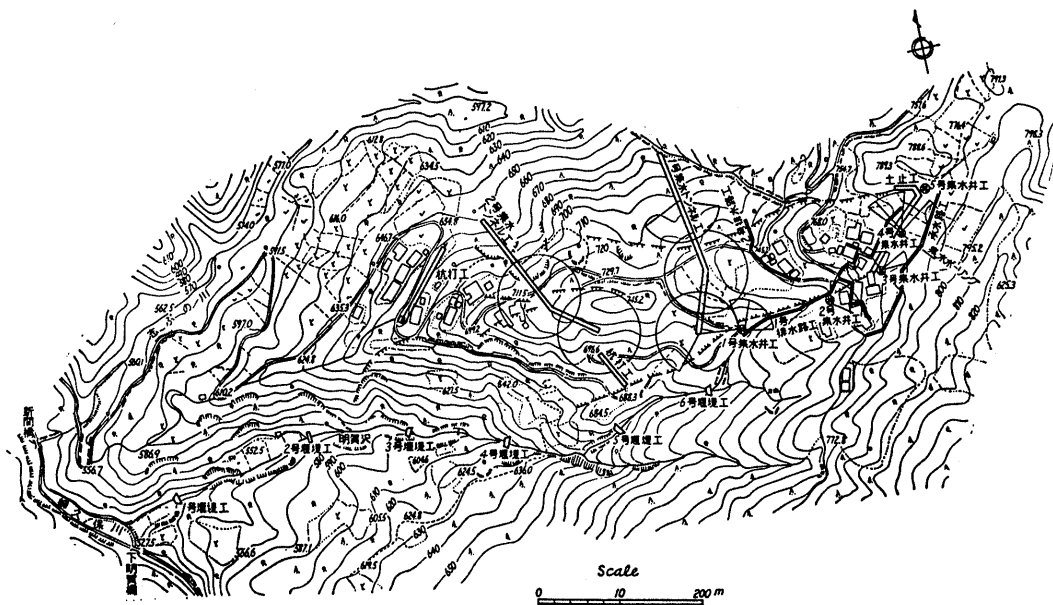


図7・11 奈良尾地すべり対策工事計画平面図

7-3 倉並地すべり

① 地すべり防止区域の面積 6 1.9 4 ha

② 指定年月日および番号：昭和36年4月11日

建設省告示第 号

③ 地すべり土塊：南北 850 m、東西 250 m、面積 21.3 ha

※ 4つのブロックに分けられる。(I、IIIブロックが活動中)

I：部落下方の主地すべり地区

II：部落上方の旧崩積土に被覆された地区

III：IIブロックの側面にあたり特殊な浅層型地すべりをおこしている笹山地区

IV：矢沢川右岸地区

(図7・12参照)

④ 地形：標高 540 - 920 m、平均傾斜角 4.0 度

標高 900 m 以上の凝灰角礫岩等より成る急崖と、900 m 以下新第三系の泥岩～砂岩より成る緩斜面の傾斜変換点付近に地すべり頭部があたり、上部より崩落物質が供給され、下部からは犀川の左支流矢沢川により浸食が進んでいる。また、IIブロックの更に上部の標高 920～950 m 付近には三日月形の凹地があり過去の崩壊物質が堆積している。

地すべり地内では波状起伏地形が著しい。

⑤ 地質：地すべり地の基盤は中新統柵累層高府泥岩層が主体であり走向 $N30^{\circ}\sim 40^{\circ}E$ 、傾斜 $20^{\circ}\sim 35^{\circ}NW$ （下部では南東傾斜）である。その他に、地すべり地上部には両輝石安山岩質凝灰角礫岩があり、キャップロックとなっている。また、急崖下には厚さ $60m$ に達する崩積土が分布している。

⑥ 気象：年平均降水量 $1000m/m$ 程度 積雪量 $30\sim 40cm$

⑦ 地すべり活動史

・善光寺地震（1847）以前の活動

陣場平山頂のよしぎり神社附近から倉並部落へ向って大崩壊があった（「よしぎり神社の抜け」500～1000年前）という言い伝えがあり、倉並部落上方の崩壊・地すべり地形と厚い崩積土が形成された。ただし、1回の活動ではなく何回かの活動の結果、生じたものと考えられている。

・善光寺地震による活動

図7・12に示された滑落崖K-1、K-2付近に端を発した、大量の崩積土は下部にあった沢や沼を埋め、K-3付近まで到達し、22戸の民家を全壊・埋没させ、11戸を半壊させ、60人の死者を出した。また、倒壊を免れた8戸の民家も、後の地すべりで被害を蒙った。

・明治39年 小規模地すべり発生（BV・41-4付近）

・明治41年2月28日：滑落崖（K-3）の発生、一夜に $2.0m$ の落差が生じる。以後年々上方へ拡大する。

このK-3より下方の民家では、明治39年から41年以降2～5年周期で家直しをしていた。

・大正1～2年：笹山地区の南に小規模地すべりあり。

・昭和8～9年：笹山地区に地すべり発生、割り上げを行う。

・昭和37年頃以降：笹山地区の地すべりの活発化。41年

⑧ 地すべりの要因

素因：地質（風化泥岩、崩壊土）

地下水（荒倉山火砕岩のキャップロックからの水の供給）

誘因：地震による崩土の地すべり頭部への供給と地下水の伏流、滞水などと考えられる。

⑨ 調査の経緯：明治以来の対策工事の効果は上らず、昭和37年より調査を行っている。初期では、部分的かつ浅部の調査であったため、機構解明には役立たず、昭和41年より調査計画を改訂し、部落上部を主体に機構調査を行ってきた（表7・4、図7・12）

昭和41年～昭和48年までに97孔、 $3060m$ のボーリングが実施された。

⑩ 主な調査結果

・ボーリング調査結果（図7・13、図7・14）

(i) 地すべり土塊：泥岩起源の粘土から成るものと、荒倉山火砕岩層起源の転石を混入する部分がある。厚さは地域ごとに変化がはげしい。

(ii) 基盤岩：泥岩、泥岩からなる部分と、これに安山岩質凝灰角礫岩をはさむ部分があり、層状より団塊状に凝灰角礫岩をはさむ。

表7・4 倉並地すべり機構調査項目一覧表

	ボーリングによる地質調査	地下水追跡調査	水質分析	電気探査による基盤岩調査	弾性波探査による基盤岩調査	地下水検層による流動面調査	地すべり面調査	土質試験
昭和37年度	○							
38	○							○
40	○							
41	○	○	○					
42	○	○	○	○		○		
43	○	○			○			
44	○	○	○		○	○	○	○

・弾性波探査結果(図7・15)

図7・12に示す測線で弾性波探査が行われたが、その結果の1例を図7・15に示す。これより、埋没谷の形状と各速度層の分布状況が判明し、各層との対応はあまり良くないが全体の構成概要が判明した。

・電気探査結果

当地すべりに分布する火砕岩類と泥岩とでは比抵抗が異なり、電気探査で分布状況がある程度把握できた。

⑪ 対策工について(表7・4)

- ・明治時代：内務省直轄で矢沢川下流に階段状に堰堤20基が築造された。崩壊、5基残存するのみ。
- ・昭和31年以後：ボーリング孔による排水工を行ったが保孔管が青竹であったため効果はあまり上らなかった。
- ・昭和37年：部落上方で深さ4～5mの遮水用暗渠を施工したが主要透水層がさらに低位置にあったため成功しなかった。
- ・昭和41年～：ライナープレート集水井による集排水工とする。
- ・昭和58年度：排水トンネル部分でグラベルパイル工法による地下水排除。

7-4 地震と地すべり災害の事例—善光寺地震の場合—

調査区域は地すべり地が多く分布するのみならず、内陸直下型地震の発生頻度の比較的高い地域でもある。このため、地震時に、地すべりや崖崩れ、落石等が発生し、地震災害を増幅している一面も見逃せない。本節では、当地域内に多大な災害を引き起こした弘化4年の善光寺地震を例に、地震による土砂災害(主に地すべり型崩壊)を記載し、この種の災害について概説する。

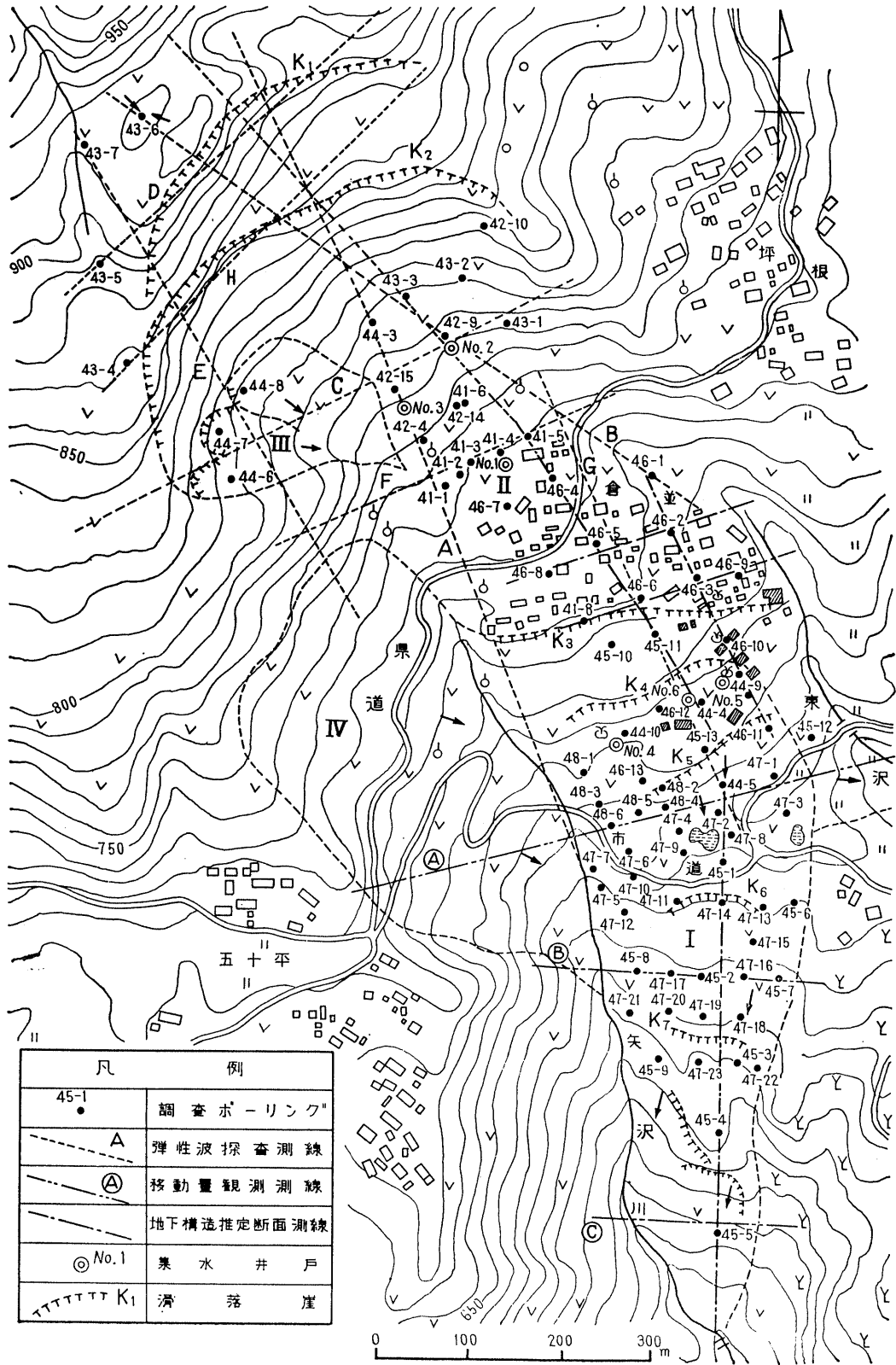


図7・12 倉並地すべり諸調査位置図

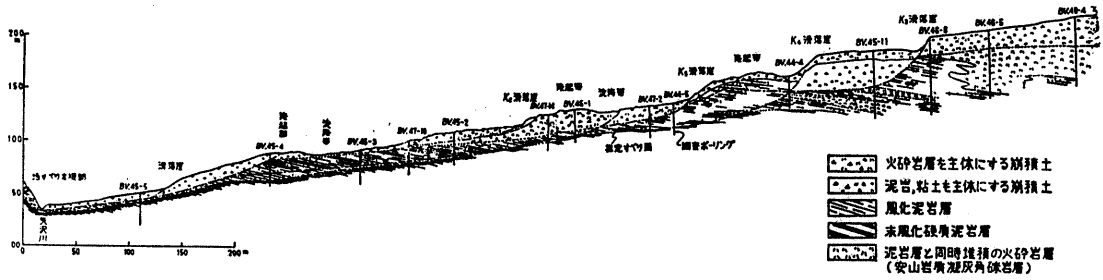


図 7・13 倉並地すべり推定断面図

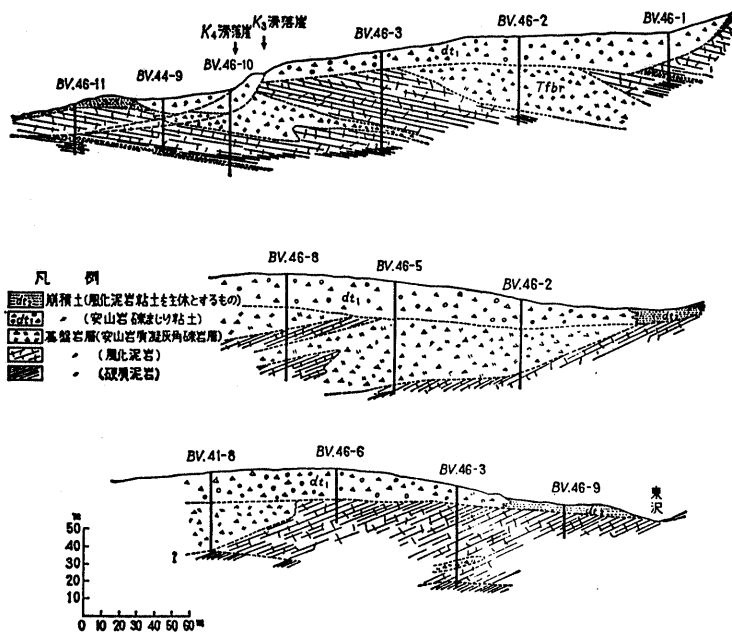


図 7・14 倉並部落周辺推定地質断面図

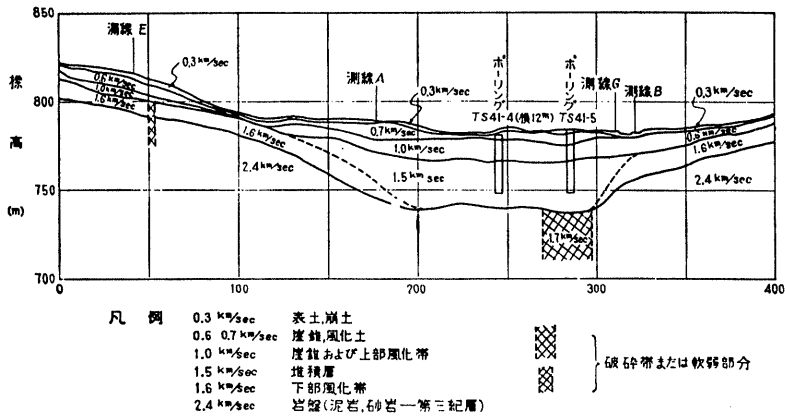


図 7・15 倉並地すべり地質断面(測線 F)

表 7・5 倉並地すべり対策工事一覧表（調査費も含む）

施行年度	工 種	工事概要	事業費	摘 要
昭和 3 1	横穴ボーリング 排水路工	830m 74 "	411,000 ^円	直営施工
3 2	横穴ボーリング 排水路工	520 " 83 "	688,000	"
3 6	排水路工	584 "	1,075,000	
3 7	集水導水工 テストボーリング	94 " 27.5 "	1,445,000	部落上部で実施
3 8	排水路工 テストボーリング	245 " 54 "	1,973,000	笹山地区で実施
3 9	排水路工	433 "	2,032,000	"
4 0	横穴ボーリング 排水路工 テストボーリング	689.5 " 470.5 " 40.0 "	2,736,000	五十平～倉並部落間の 県道下で実施
4 1	集水井（ライナープレート） テストボーリング	1.0基 224.0m	3,925,000	径 3.5 m 深 17.0 m 備品含む
4 2	排水ボーリング 集水 " 排水路工 テストボーリング	131m 1.100 " 170 " 243 "	7,716,000	地下水追跡含む
4 3	テストボーリング 集水井（ライナープレート） 排水ボーリング 集水 " 測量（平面）	234 " 1基 60m 882 " 1式	10,465,000	地下水追跡含む

— 善光寺地震とその災害 —

1) 起震年月日：1847年5月8日（弘化4年3月24日）午後10時頃

2) 震央：北緯 36.7°、東経 138.2°（長野市直下）

（虫倉山付近直下とする説もある。）

3) マグニチュード：M=7.4

4) 推定震度分布（図 7・16）

震度Ⅵ以上の範囲は長野市を中心に南北80Km、東西30Kmに及んだ。また、最大加速度は400gal以上を記録したと思われ、崖の端部などでは、もっと大きな加速度に達したと考えられる。

5) 地震断層の出現（図 7・17）

現在の長野県庁の位置からN 12° Eの方向に1.0Km以上追跡できた。そして西側の地塊が

相対的に 2 m 前後も隆起した。また、川中島町小松原では南北にのびる東落ち（約 2 m）の断層崖が現在は石垣となり残っている。

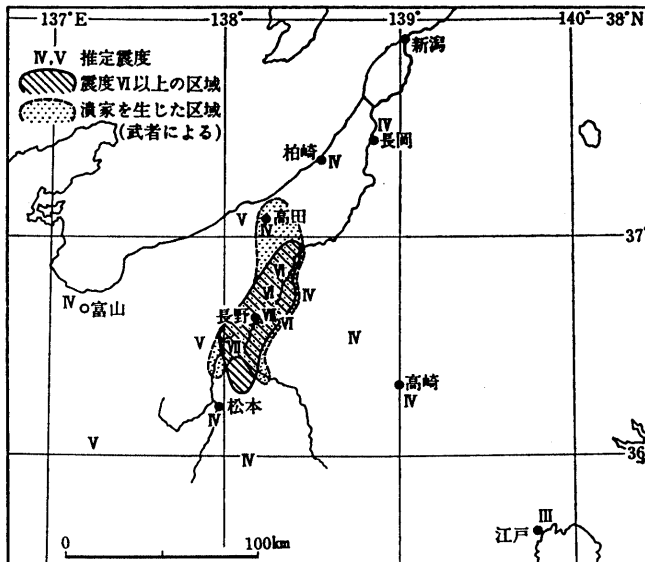


図7・16 善光寺地震の推定震度分布
 (宇佐美龍夫『日本被害地震総覧』による)



図7・17 善光寺地震の断層分布

6) 被災程度

善光寺領で4400戸が全壊又は焼失、約2500人が圧死または焼死した。また、高井、水内、更級などの諸郡にも被害があり、この地震の死者は総計1万~1万2千人に達した。

7) 地すべり山崩れの発生

松本領だけでも4万ヶ所以上の地すべりや山崩れが発生した。現在の地すべり地帯の内にある臥雲の三本杉や柳久保池などは、この善光寺地震の際に活発化した地すべりの跡であり、また特に有名な災害となったのは、虚空蔵山の大崩壊であった。虚空蔵山の大崩壊は図7・18に示す2ヶ所で発生し、崩壊土砂は犀川を堰止めてしまった。上流側での堰止め土砂の高さは100mにも達し、犀川の流れを遮断した。また下流側の崩壊土砂は高さ30mに達し河畔の藤倉・古宿の二村を埋めてしまった。この堰止めにより犀川は細長い湖と変わり、川沿いの村々は水位の上昇に伴って沈み、図7・19左に示す地帯が湛水してしまった。この堰止め湖は地震後19日を経た4月13日の夕刻

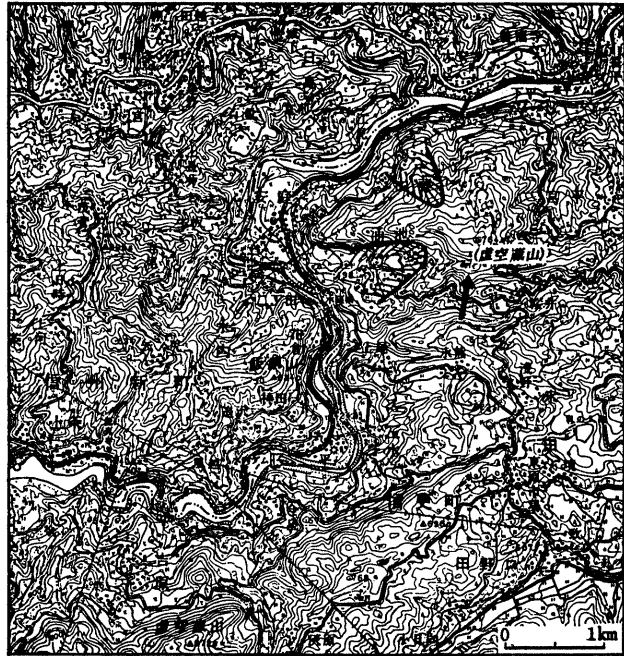


図7・18 虚空蔵山付近の地形図と山崩れ発生箇所

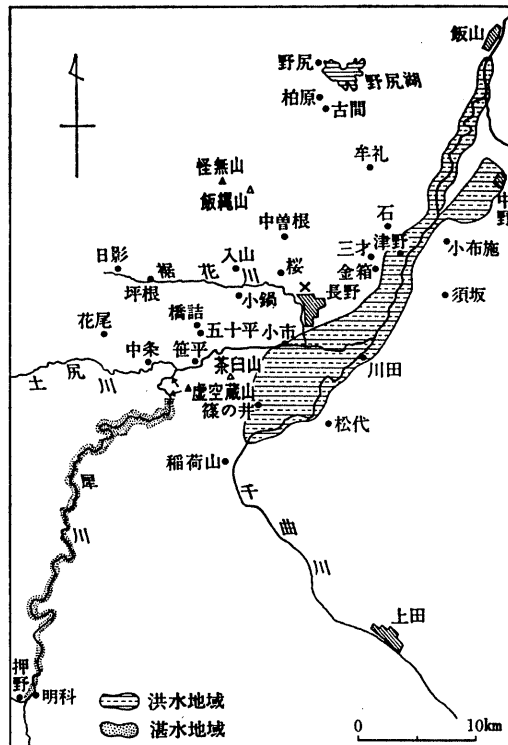


図7・19 虚空蔵山の山崩れによる湛水および洪水地域 (宇佐美龍夫『日本被害地震総覧』による)

に決壊し、善光寺平は洪水に襲われる結果となり(図7・19右)多大な被害が発生した。

この地震 — 地すべり — 河川閉塞(湛水) — 決壊(洪水)という被害のパターンは地震の多い日本の地すべり地帯では、決して少なくはなく調査区域外では、和銅8年(715)の遠江に発生したM6.4の地震では天竜川が塞がれ、その後決壊して民家170余区が没した例のほか、記録に残っているだけでも10指に余る。また調査区域でも、887年に既に同様な地震→地すべり災害を蒙っていたのである。

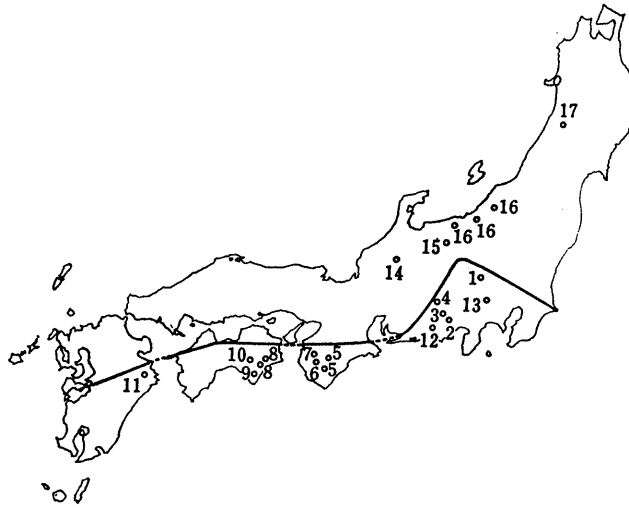
8) 土砂災害の特徴

善光寺地震により発生した山崩れは、松代領内で42,000ヶ所、松本領で1,900ヶ所に達したと言われ、後の山地荒廃の発端となったと考えられている。これらの多くの土砂災害のうち、地すべり型崩壊としては前述の虚空蔵山周辺の2ヶ所、信州新町信級の柳久保地すべり、中条村の臥雲の地すべりなどが有名である。一方崩落型のものとしては陣馬平山山麓の田中、坪根、倉並、虫倉山山麓の梅木、横道、清水などの各部落で記録されていて、特に倉並では、22戸の民家の埋没、11戸の半壊、60名の死者を出している。

このように、崩落性の土砂災害は荒倉山火砕岩で構成された陣馬平山や虫倉山の中腹の急崖部や山麓部に多発している。一般に40°以上の急斜面で、この種の斜面崩壊が発生しやすく、しかも、節理が発達する地山においては落石が発生しやすいと言われている。一方、虚空蔵山、柳久保地すべりに代表される急激な地すべり型崩壊は、例外なく権田礫岩砂岩層内に発生していて、火砕岩類の急斜面に発生した崩落型の土砂災害と際立った相違が認められる。

9) この種の事例

地震により発生したこの種の土砂災害は、小出(1973)によると内帯のみに見受けられ、雨による急激な地すべり性崩壊が外帯に集中するのと対照的であるとしている(図7・20)。そして、この誘因の相違を山地が深部に及んで砂礫質であるか粘土質であるかによっていて、地震による災害は粘土質の場合に発生するとした。



外 帯

1. 神流川上流 (群馬県), 秩父帯北帯, 白亜紀層, 明治 43 年, 雨.
2. 矢部川上流 (静岡県, 一部山梨県), 四万十帯 (瀬戸川層が主), 慶長 9 年, 雨.
3. 大井川上流 (静岡県), 四万十帯, 年代不明, 原因不明.
4. 小波川 (長野県), 秩父帯または四万十帯, 一部御荷鉢帯, 年代不明, 原因不明.
5. 十津川 (奈良県, 一部和歌山県), 四万十帯, 明治 22 年, 雨.
6. 富田川上流 (和歌山県), 四万十帯, 明治 22 年, 雨.
7. 有田川上流 (和歌山県), 四万十帯, 一部秩父帯, 昭和 28 年, 雨.
8. 那賀川中流, 海部川上流 (徳島県), 四万十帯, 明治 25 年, 雨.
9. 佐喜浜川, 羽根川, 東川上流 (高知県), 四

万十帯, 年代不明, 原因不明.

10. 物部川上流 (高知県), 秩父帯中・南帯, 四万十帯, 天明 8 年, 雨.
11. 番匠川, 北川上流 (大分県), 秩父帯, 昭和 18 年, 雨.
12. 大井川中流家山付近, 三倉層, 年代不明, 原因不明.
13. 秋川上流 (一部神奈川県), 小仏層, 明治 40 年, 雨.

内 帯

14. 庄川上流大白川村 (岐阜県), 花崗岩, 天正 13 年, 地震.
15. 裾花川, 土尻川 (長野県), 第三紀層, 弘化 4 年, 善光寺地震.
16. 新潟県東, 西頸城郡, 古志郡, 第三紀層, 宝暦元年, 高田地震.
17. 雄物川中流 (秋田県), 第三紀層, 大正 3 年, 秋田地震.

図 7・20 群発急性型地すべり発生の分布

8. 地すべり地の調査・解析及び対策工

近年、地すべりに対する調査方法の進歩や、電算機を駆使した解析の高度化、それを施工機材・工法の向上に伴ない、地すべり災害の防止或いは軽減が図られつつある。

しかしながら、弊害として、無意味な調査項目、数量の増加や調査精度を無視した高度の解析、過大設計・施工に陥る危険性をはらんでいるとも考えられ、地すべりの自然的条件や社会的状況及び経済性を考慮した調査・解析及び対策工が望まれる。

本章では、建設省、農林水産省構造改善局、林野庁及び日本道路公団の諸基準(案)、指針を調べ、主要事項について概略の比較検討を行った。

8-1 諸機関の地すべり調査基準(案)・指針と手法

8-1-1 建設省

改訂建設省河川砂防技術基準(案)調査編(建設省河川局監修・社団法人日本河川協会編)第10章によると、地すべり調査は(1)概査、(2)精査 (3)解析に分けられ、(1)で地すべりの地の全体的把握と不明な点を抽出し、(2)で(3)及び防止計画、設計の基礎データを集める流れとなっている。

本基準(案)の要旨を表8-1、表8-2に示す。

表8-1 地すべり調査の種類

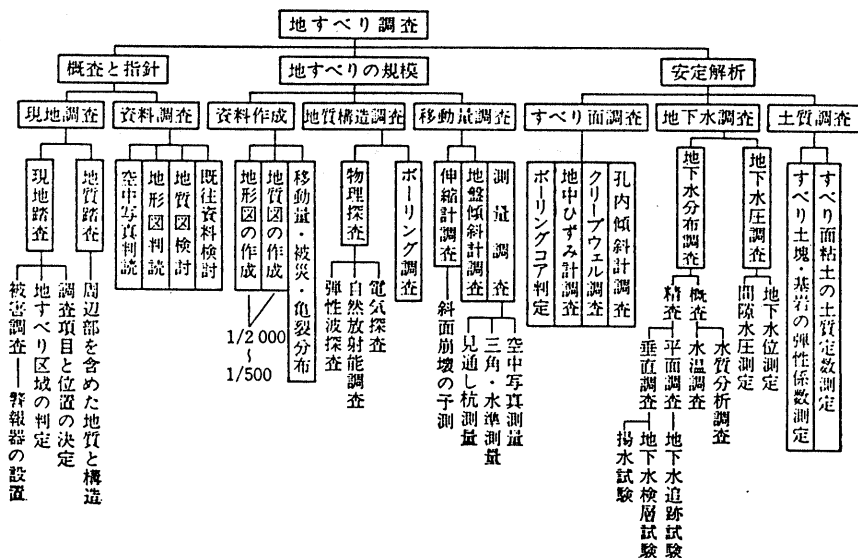


表 8・2 建設省の地すべり調査方法

大分類	調査種目	目的	手法・その他
1.	1-1 踏査	①地すべり範囲の推定 ②素因の推定 ③誘因と経過の推定 ④運動の予測 ⑤ブロック区分 ⑥調査計画の立案 ⑦応急対策の検討	・現地踏査（空中写真判読 弾性波探査・電気探査 ・不十分な時 { 自然放射能探査等 ・詳細な地質図又は踏査
	1-2 地質調査	地質・地質構造と地すべりの分布・特性を整理する	・垂直ボーリング 地中歪計、伸縮計、地盤 傾斜計等
	1-3 地盤状況調査	地すべりのすべり面の位置、地質構成、運動速度・方向 等に疑問がある場合に解明する（運動状況の概略の把握）	・資料の収集・整理
	1-4 資料調査	地すべりの経歴や周辺の地すべりの事例（復旧工法も含 む）を調べ地すべりの特徴を整理する。	・測量 縮尺：1/500（地すべりの長さ<200m） 1/1000~1/3000（ " >200m） 等高線：1~2 m間隔
	1-5 地形図の作成	調査・対策の基礎資料とする。微地形や民家、道路、各 種構造物・植生・土地利用なども記入する。	・運動の特徴、地質、地形、被害等を考慮して行う
2.	2-1 運動ブロックの分割	調査及び対策工の単位の設定の為	・主側線（地すべりブロックの中心、運動方向と平行） ・幅が広い場合は副測線を設ける。
	2-2 運動状況調査	安定計算、対策の計画・設計の為の調査測線の設定	・横断見通し測量 ・三角測量 ・空中写真測量
	1) 測量による調査	運動の方向と絶対量を正確に求めることによって、地すべりの方向性、活動性の分布を知る	・調査測線に沿って運動方向に平行に設置 ・明瞭な亀裂、段落ちのある場所
	2) 伸縮計による調査	連続的な運動の変化と、降雨や地下水位等との因果関係を更に具体的に見出し、対策工法に関連付ける。	・運動ブロックの上方斜面に必ず設置 ・運動ブロック内や両側の安定を調べる場合にも設置
	3) 地盤傾斜計による調査	地表歪の累積状況により地すべりの発生を予知したり、潜在性地すべりを判定する。	

2.	2-3	地質精査 地下構造地質、土質を調査するため	<ul style="list-style-type: none"> • 垂直ボーリング、オールコア採取 (ボーリング孔は2-3, 2-4, 2-5の調査に使用可能) 主測線50m間隔、ブロック内で3本以上とブロック 上方斜面に1本の計4本以上が必要。 副測線でも50~100m間隔。補足ボーリングも考 える。孔底は基盤内に5m以上入れる。 	
	2-4	すべり面調査	<ul style="list-style-type: none"> • 調査ボーリング掘進中の状況 • コア判定 • 計測…地中歪計(1000×10⁻⁶以上の歪の累積をも つてすべり面とする) 	
	2-5	地下水調査	<ul style="list-style-type: none"> • 斜面安定解析の基礎資料とする…地下水位の測定 • 対策(特に地下水排除工)の設計資料とする 地下水流道の経路……………地下水の追跡調査 流動層の把握……………地下水検層 透水係数……………簡易透水試験 	
	2-6	その他の試験	<ul style="list-style-type: none"> • 広いブロックでの基盤の不整に把握する。 • 帯水層分布が複雑な場合にその分布をおさえる • 運動土塊が軟弱な場合の地すべり面の確認 • すべり面強度を知る 	
	3.	(1)地すべりブロック図の作成		<ul style="list-style-type: none"> • 弾性波探査 • 電気探査 • スウェーデン式貫入試験、土研式貫入試験 • 現位置剪断試験、室内三軸、一面剪断試験等
		(2)地すべり断面図の作成		確定ブロックは実線、潜在ブロックは点線で現わす。
(3)地すべり機構解析		主測線沿いに縮尺1/200~1/500程度の断面図とする 必要に応じて副測線や横断線の断面図を作成する 地すべりの発生・運動機構について原因の素因と誘因 対策計画の考え方、対策工法の比較		

8-1-2 農林水産省構造改善局

土地改良事業計画設計基準第2部計画第12編地すべり防止事業（農林省農地局、昭和42年11月改定）において、地すべり調査の目的を、地すべりの原因と機構を明らかにし、地すべり対策の計画樹立に必要な資料を得るところであるとしている。そして、調査方法の決定に際しては、どのような調査が適切であるかを検討・選定し計画的に調査しなければならないと規定し、調査によって明らかにすべき基本事項として以下の7項目をあげている。

- (1) 地すべり地の地質状態
- (2) 地すべりブロックの区分
- (3) すべり面の性格
- (4) 移動の形態
- (5) 地下水の状況
- (6) 気象資料ならびに地表水の状況
- (7) 母岩の粘土化

また、調査方法は表8-3の示すように規定されていて、特にⅦ営農状況調査が異彩を放っている。

8-1-3 林野庁

林野庁の地すべりに関する基準等は下記の三編に詳しい。

- (1) 林野庁地すべり機構調査法
- (2) 治山技術基準解説（林野庁編）
- (3) 地すべりの実態とその対策（林野庁地すべり対策協議会編）

特に、上記(3)には、調査計画における重大な要件を次のようにまとめている（5大要件）。

調査計画要件

- (1) 現地および周辺地との関連を知る
- (2) 仮説とともに反対仮説を抜き出す
- (3) 証明・反対証明の調査手段を考える
- (4) 有効かつ有利な調査手段の組合せを考える。このためには、
 - (i) 個々の調査種の応用性・適用限界・他の調査種との関連性を理解する
 - (ii) 投資効率を考える
- (5) 調査種の組合せが、全体として次の5つの要件を満足するように、取捨選択・重複を図る
 - (i) 照合性（control）…… 自然に対して観測されたものを異常といえるかどうか、またどう解釈すればよいか — そのための手段
 - (ii) 相補性（complementary）…… 調査期間の長短・限界を互いに補い、全体として情報を確からしいものにするような組合せ
 - (iii) 展開性（point-and-rail）…… 点的情報を線的・面的情報へ展開し、また線的・面的情報を自然に対して位置づけるための組合せ
 - (iv) 代替性（substitutionary）…… 調査種間の代用、調査種による失敗率の予測とそれに対する手段
 - (v) 立体性（3-dimensional）…… 調査成果を、点的なものから線的・面的なもの、さ

らに立体的なものへと積上げるための測点・側線の構成
また、調査と工事設計の接点領域にかかわる4大要件として、

第1要件 地すべり地のブロック区分

第2要件 危険ブロックについてのすべり面形状

第3要件 すべり面に動く間隙水圧の分布

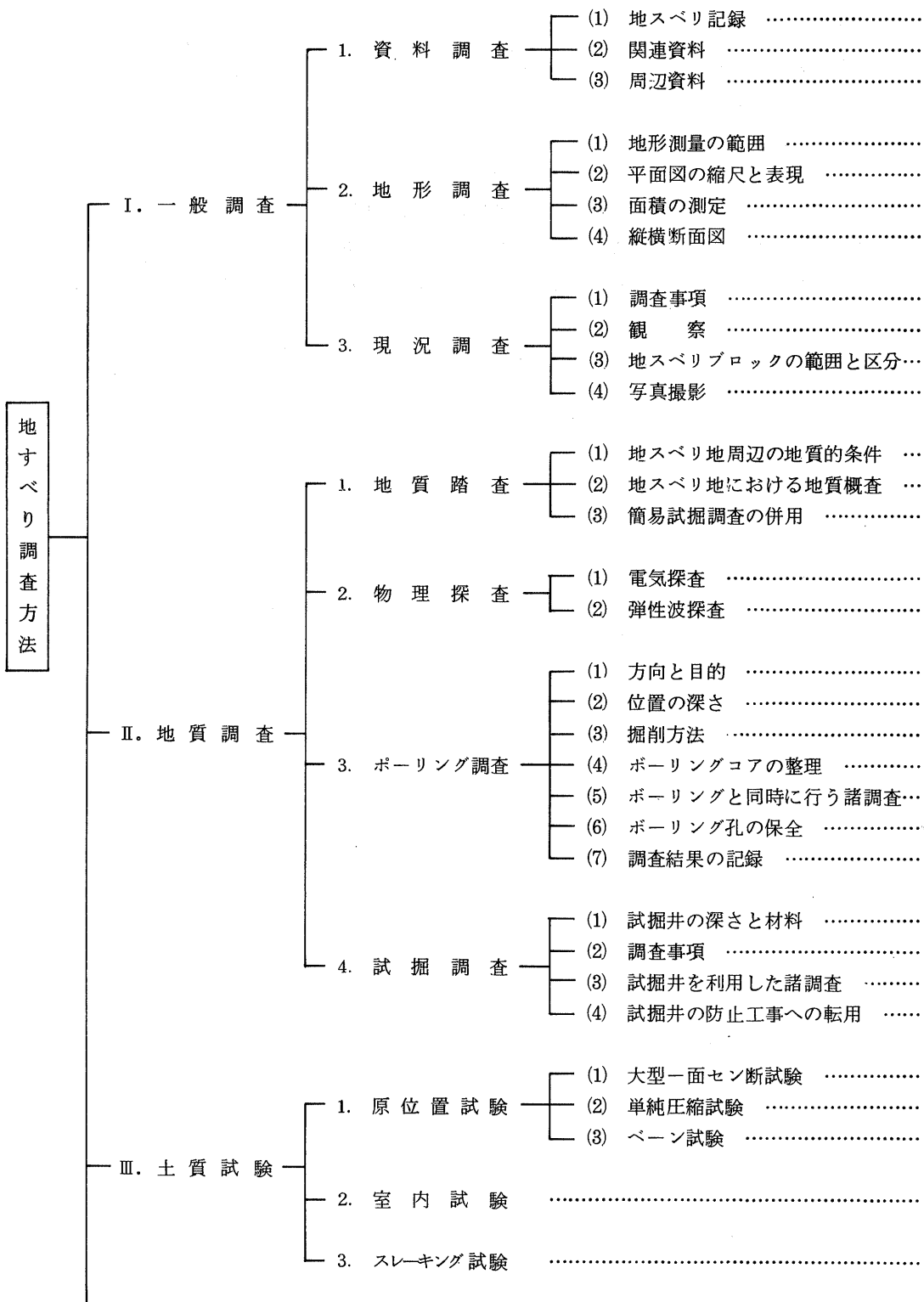
第4要件 土の定数すなわち

① すべり面の土の粘着力 C と内部マサツ角 ϕ

② すべり面から上の土塊の単位体積重量 γ

を掲げている。図8-1は調査のフローチャートであり、表8-4はいろいろな観点を考慮した調査方法の分類表である。各々の調査手法の説明は上述の諸基準に詳述されている。

表8・3 農林水産省の



地スベリ調査方法

- 地スベリ発生年月日、状況、対策工、その他
- 気象・地質資料、空中写真、営農関係等
- 周辺地すべりに関する資料は、見直しをつけるときに役立つ

- 指定区域及びその周辺、尾根から溪流、河川、海岸まで、
- 平面図 1/2000 (原則)、所によって 1/500 ~ 1/1000 1 ~ 2 m の等高線間隔
- 座標法または図上法で求める
- 各地スベリブロックに数本

- } ①川・沼・湧水、溜池 ②スベリブロック ③キ裂・崖 ④陥没・隆起 ⑤浸食状況
..... } 規模、性質・成長過程、鏡肌 ⑥崩土流失方向・範囲 ⑦被害物件 ⑧水田ケイハン
- }
..... } 空中写真
- } 現況状況写真、立体空中写真

- 1/10000 ~ 1/50000 の地質図
- 地質条件、地スベリ移動層、地スベリ粘土等
- キ裂追跡、地スベリ粘土の確認、湧水地点の観測等のためのトレンチ調査

- 基盤と移動層の境界 (見掛の比抵抗に差があるとき有効、浅い場合)
- " (縦波速度に差があるとき有効、深い場合)

- 垂直ボーリング、地質状況、基岩の深さ、地スベリ粘土等の調査
- 踏査より決める、基本を十分確認する
- $\phi 66\%$ 以上、オーコアボーリング、ダブルコアチューブ (その他無水掘り)
- コアチェック後、整理しポリ袋で保存
- 標準貫入試験、現場透水試験、電気検層 etc.
- 地下水観測孔、測かんによる移動調査、歪計・間隙水圧計設置
-

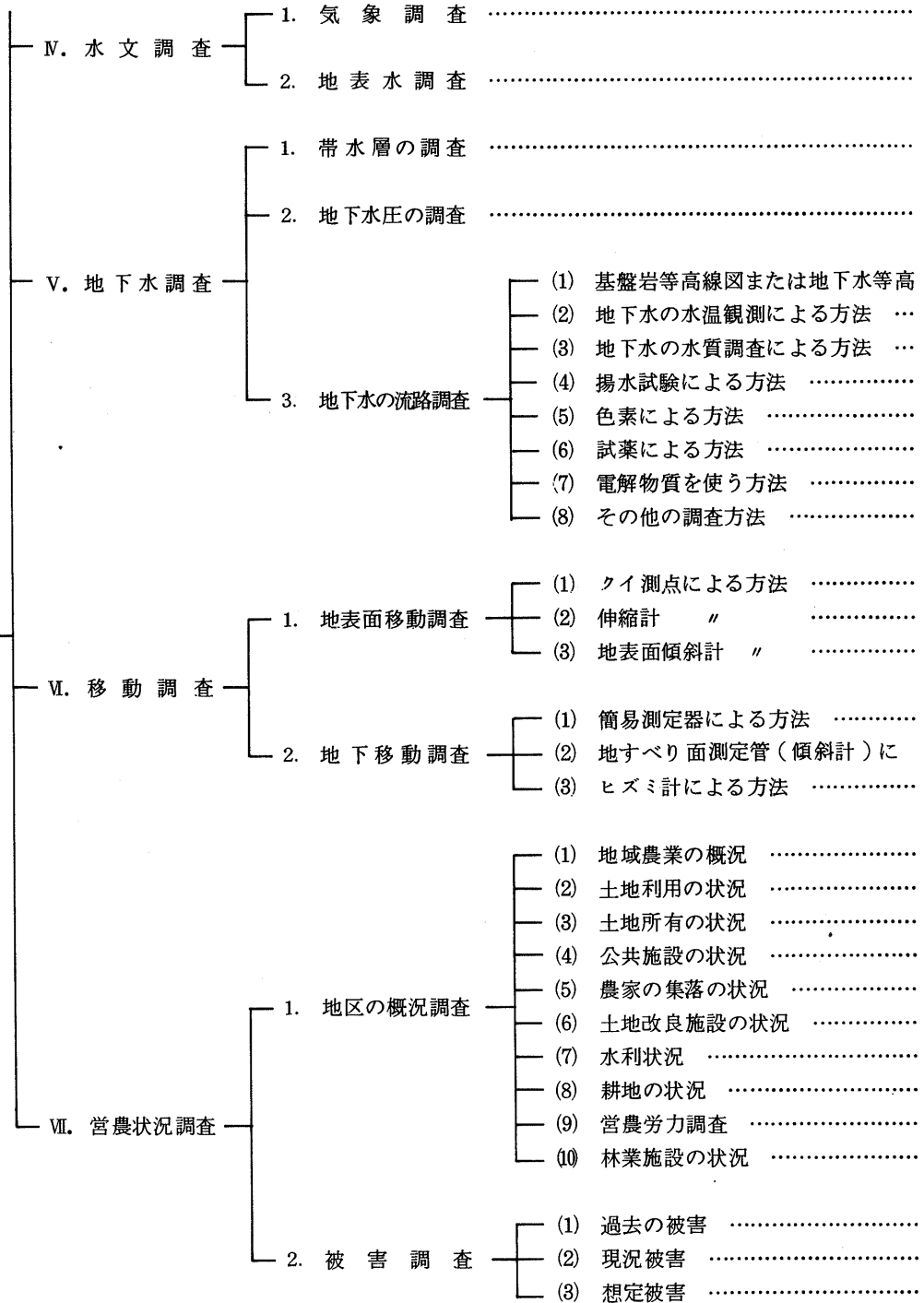
- 基盤まで掘る。浅い場合は木矢板、深い場合はライナープレート使用
- 土・岩石の状況、スベリ面の状況、キ裂等の状況、湧水の状況
- 原位置試験、土圧測定、貫入試験その他地下水調査の井戸となる
- 集水井

- セン断箱 (20×20×30cm)による強制セン断、単位重量測定
- 円柱形試料の垂直荷重による無拘束圧縮
- 軟弱な土の性質を知る

- 物理試験・力学試験を行い安定解析に用いる

- 頁岩、凝灰岩、ジャ紋岩、黒色片岩などの中にこの性質を示すものあり、5段階評価

地すべり調査方法



- ………… 降水量、積雪量、融雪水量、気温、蒸発量など
- ………… 流出機構の解明、地表水の収支計算
- ………… 地下水検層（電気抵抗、水温、pHetc）
- ………… 地下水位、湧水量観測

- 線図による方法 …… 地すべり地が浸透しやすい物質の場合
 - ………… 夏期に地表水と地下水の水温測定
 - ………… 深層水ほど比抵抗が高いことを利用する。
 - ………… 最大減水孔、復元に要する時間に着目
 - ………… 上流にフロレッセンソード、TN24号剤のケイ光剤
 - ………… 食塩、塩化アンモニウム、硫酸マンガン等（化学反応で検出）
 - ………… 塩化アンモニウム、水酸化ナトリウム（電気比抵抗で検出）
 - ………… アイソトープ、溶存酸素、自然放射能

- ………… クイをスベリ方向に対して横断方向又は縦断方向に配置する。三角測量
- ………… 地すべり亀裂の成長状況の連続観測
- ………… 地盤安定度のチェック、移動の予知

- ………… 測カンなどにより移動位置を確認する
- よる方法 …… ボーリング孔内に傾斜計を入れて測定する。
- ………… スベリ方向が決まっているとき1方向、未定のとき2方向のゲージを使う

- ………… 産業別実数など
- ………… 耕地・休地、その他地目別面積
- ………… 戸当地目別面積ならびに過去の移動状況
- ………… 鉄道、公共道路、その他の数、分布、変動経緯、維持管理状況
- ………… 集落の現況、変動等
- ………… 種類、数、規模、分布
- ………… 用排水状況、過去の変遷とその理由
- ………… アゼ抜け、水もれ等の状況及び維持管理状況
- ………… 作物、作業種別ごとに調査
- ………… 種類、数、規模、分布、変遷と現況、維持管理状況

- ………… 過去の地すべりの被害量、額
- ………… 過去10年間の " "
- ………… 予想される地すべりの" "

表8・3続き

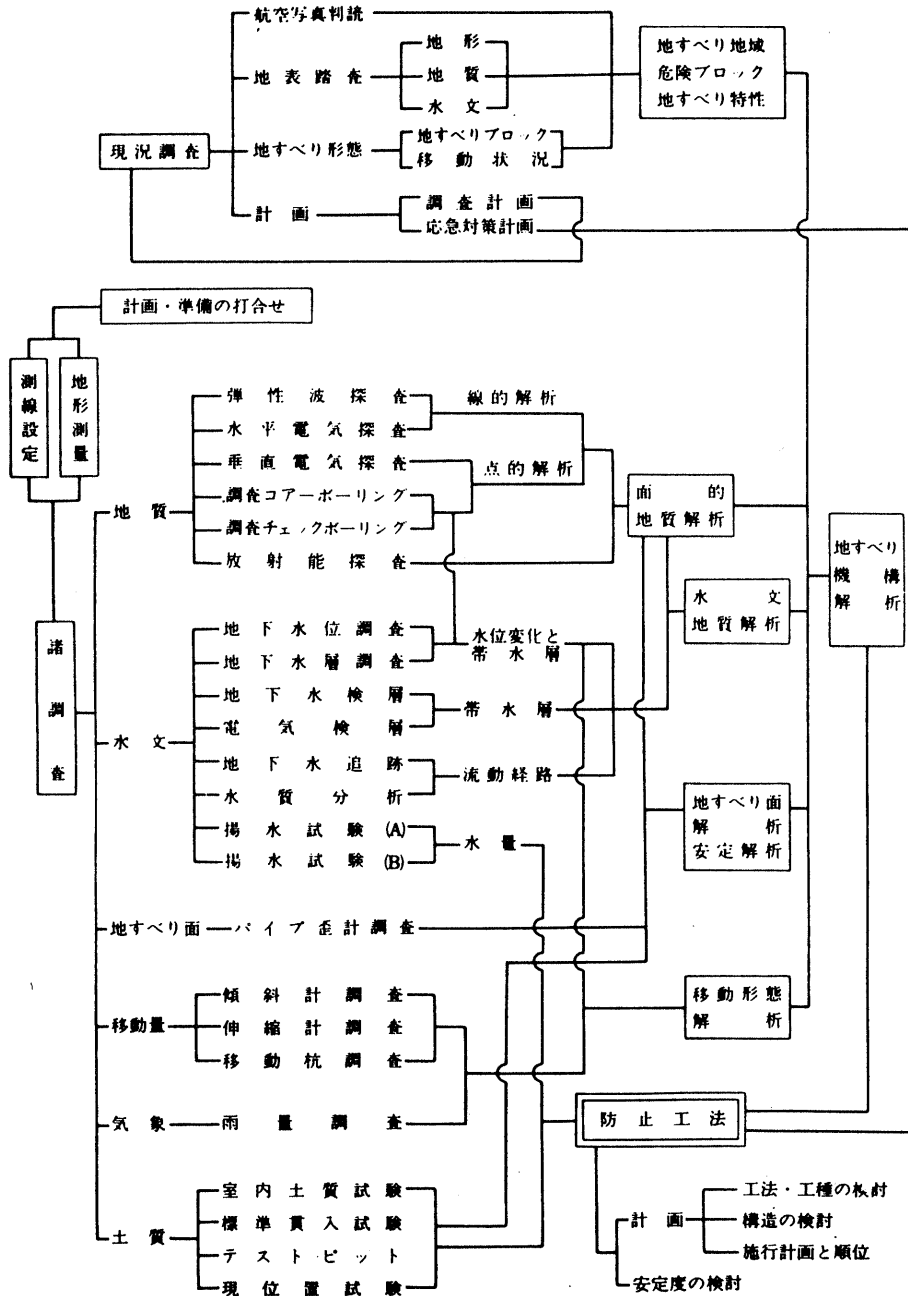


図8・1 地すべり調査フローチャート(林野庁)

表8・4 地すべり調査方法の目的別チェックリスト(林野庁)

目的	大項目			IV 調査・観測種	留意事項			
	I	II	III					
実態調査	環境解析	机上	1. 地形図・地質図判読		(註)-1: 河川の成因別分類 1) 必従川 2) 適従川 3) 後従川 4) 逆従川 5) 自従川 6) 表成川 7) 先成川 (註)-2: 水系模様 1) 樹枝状 2) 長方形状 3) 格子状 4) 放射状または 5) 平行状			
						文獻	3. 広域災害調査資料 イ. 調査報告集・地誌・郡誌・町村誌 ロ.	2. 空中写真判読
	災害ブロック区分調査(総合踏査)	災害ブロック	土地慣行	1. 地すべり履歴 イ. 調査報告書・古文書・口碑 ロ. 集落分布・土地利用状況 ハ. 竹林等対策慣行・家屋田畑手入れ ニ. 田畑等土地割り制度や慣行	1) キレット: 頭部・中腹・側壁・舌端部; 横断・縦断・斜交・雁行・平行・放射状; 引張り・セン断・圧縮・新旧・開口・隠べい・段差; 鉛直・傾斜; 直線状弓状; 山側に向かって凸・谷側に向かって凸 2) 植生異常: 立枯れ・幹割れ・根曲り・浮出し; 倒木(方向: 山側・谷側・等高線・斜向; 一斉・背分け・放射状・不規則); 前駆性植生・湿地性植生			
				2. 災害地形 イ. 災害跡地・滑落崖・2次堆積地 ロ. 陥没・隆起・地溝状地形・小崩壊 ハ. キレット分布・段差地形の分布 ニ. 植生分布・植生異常 ホ. 家屋・石垣・道路・畦・電柱等の変形				
				3. 一般地質 イ. 地質露頭・岩相・岩質 ロ. 表層地質 ハ. 断質・破碎帯・褶曲				
				4. 水文地質 イ. 地下水露頭(沼・沢・湿地・湧水・井水・溪流水・伏流水) ロ. 透水層・不透水層の露頭の分布・性状 ハ. 水文的指標植生の分布				
	すべり測量	移動調査	地形的	1. 地形図の作成	1) 地形図の縮尺は1/1000を標準とし、小ブロックについては必要に応じて1/500またはそれ以上の大縮尺とする。 2) 基準縦横断面図は縮尺1/100を標準とし、できるだけ数多くの地すべりブロックを貫通するような測線とする。事後における調査測線網はすべてこの基準測線と交叉せしめ、調査成果精度の調整を図る。			
				2. 基準縦横断面図の作成 イ. 微地形の地形変換点 ロ. クラック位置および崖面傾斜 ハ. 地質および地下水露頭 ニ. その他災害地形一切				
				1. 標柱観測 2. 伸縮計 3. 水管式傾斜計 4. 常時微動地震計				
1. すべり面測桿 2. 回転傾斜計 3. パイプヒズミ計 4. 地中傾斜計								
移動調査	移動調査	移動調査	1. 標柱観測 2. 伸縮計 3. 水管式傾斜計 4. 常時微動地震計	1) 移動速度の大小・観測の長期短期別に適当感度のものを選ぶ。 2) 不動地点の選定、移動方向および移動性向の判断には慎重を期し、できるだけ副基準点を配置する。				
			1. 標柱観測 2. 伸縮計 3. 水管式傾斜計 4. 常時微動地震計					
			1. すべり面測桿 2. 回転傾斜計 3. パイプヒズミ計 4. 地中傾斜計					
			1. すべり面測桿 2. 回転傾斜計 3. パイプヒズミ計 4. 地中傾斜計					

表 8・4 つづき

目的	大項目			IV 調査・観測種	留意事項	
	I	II	III			
機械調査	地質および地すべり層区分調査	直接法(点)	ボーリング	調査ボーリング (垂直・水平・斜掘り) 付、試錐日報解析	1) 一般調査用・他調査種との照合用・確認用の3つの別あり。 2) 少なくとも1本は対象深度の1.5倍以上にとり、標準的柱状図をとる。	
			物理的	物理的検査	1. 電気検層(裸孔内、水位下) 2. 地下水検層(有孔保孔管内、水位下) 3. 弾性波速度検層(裸孔内) 4. 放射能検層(保孔管内)	1) 途中深度の漏水区間のため孔内水位が形成されない場合はその区間以浅までのノーコアボーリングを追加し、検層の再実施を図る。区間決定にあたっては既設孔についての試錐日報解析結果を利用する。 2) 地下水検層の場合、孔内水位を低下せしめ、深い位置での地下水流動状況の変化の有無を確める。
		間接法(線)	物理的	探査	1. 水平電気探査 2. 垂直電気探査 3. 弾性波探査 4. 自然放射能探査	1) 網状測線配置とし、少なくとも基準縦横断測線については調査種を重複せしめる。 2) 探査深度(4.を除く)は対象深度の1.2倍以上とし、表土層、移動層、亜基岩層、基岩層の4層区分が可能であるように配慮する。 3) 測線間隔は100mを標準とし、調査の精確に応じて±50mの中をもたせる。
	地すべり誘因関連調査	模式的	水	採取	1. 雨量計 2. 浸透能試験(地表面) 3. 層別透水試験(孔内バッカー方式) 4. 湖川水位計 5. 排水設備からの排水量観測ノッチ	1) 地下水位・間隙水圧・変動、地すべりの移動量との系列相関解析を行い、災害水理モデルの設定・工法選択の判断資料とする。 2) 雨量計の設置は地すべり地の規模に応じて数点設置する。
			地球物理化学	探査	1. 水質分析 2. X線回折試験(粘土鉱物) 3. トリチウムによる地下水年令標定 4. 炭素同位元素による地代標定	1) 水質分析試料は地内を含む広い範囲からの採取がのぞましく、水温・pH・溶存酸量は現位置測定とする。 2) X線回折試料は地質露頭およびボーリングコアから深度別に採取する。
総合判定	機構解析	1. 要因間の対比検討 2. 等価性吟味 機構のモデル化 3. 総合判定			対策工設計基準調査の前であればなおのこと、その後であっても多くの場合、不明点が残るのがふつうである。またある種の工法を導入することは、それなりに自然条件を変えることでもあってそのような予測をも含めて将来を見通し、そこから逆に漕ぎあがって総合的な判定を下す必要がある。われわれが知りたいのは多くの要因と要因との間での絡み合いであり、いかに多くの絡み合いを想定したか、つまり等価性吟味の深さが総合判定の質の良否を決定する。	
		1. 工種・工作物の配置根拠と優先順位およびブロック間での関連 2. 施工条件(含付帯調査要件) 3. 効果の追跡方法				

対策工設計基準調査	安定	排水効果	1. 確認用調査ボーリング 深さ別検層・計測 2. トレーサーによる地下水追跡 3. 揚水試験	1) トレーサーの投入量・追跡距離・採水方法・観測日数の決定には要注意。 2) 揚水孔孔径は150ミリ以上とする。	
			土質強度	1. サウンディング 2. 土質試験 3. 大型現位置セン断試験 4. 地すべり土圧計測グイ	1) ボーリング時に標準貫入試験を行っておく。 2) 集水井・トンネル工事中にすべり面上の不攪乱試料をとる。 3) 集水井底面においてジャッキセン断試験を行う。
				試験位置	1. 試験井(本工事を兼ねる) 2. 試験トンネル(同上) 3. テストピット

総合判定	機構解析	1. 要因間の対比検討 2. 等価性吟味 機構のモデル化 3. 総合判定			対策工設計基準調査の前であればなおのこと、その後であっても多くの場合、不明点が残るのがふつうである。またある種の工法を導入することは、それなりに自然条件を変えることでもあってそのような予測をも含めて将来を見通し、そこから逆に漕ぎあがって総合的な判定を下す必要がある。われわれが知りたいのは多くの要因と要因との間での絡み合いであり、いかに多くの絡み合いを想定したか、つまり等価性吟味の深さが総合判定の質の良否を決定する。
		1. 工種・工作物の配置根拠と優先順位およびブロック間での関連 2. 施工条件(含付帯調査要件) 3. 効果の追跡方法			

8-1-4 日本道路公団

『地すべり及び斜面崩壊の防止対策の調査手法に関する研究』報告書（日本道路公団委託）
〔昭和52年3月、財団法人高速道路調査会〕及び施設要領第一集（昭和58年4月、日本道路公団）による、地すべり調査の流れを図8・2に示す。道路建設に伴って地すべりとかかわる関係上、地すべり調査は計画段階から測量・調査・設計、施工及び維持管理段階のそれぞれで趣きを異にしている。そして、地すべり対策は調査、設計、施工、維持管理の各段階で地すべりの発生危険箇所の危険度を評価し、それに応じた効果的な調査を行うものとしている（表8・5）。

8-2 諸機関の安定解析

地すべり防止に必要な対策工事の種類及び規模を検討するために地すべり安定解析が行われる場合が多い。安定解析の成否は

- (i) 地すべりブロック区分
- (ii) 地すべり面形状
- (iii) 土質定数（ $C, \phi, \tau t$ ）
- (iv) 間隙水圧分布

等の調査結果が大ききなウェイトを占め、計算式による相異はあまり問題ではない。

本節では、このうち①計算式 ②すべり面の C, ϕ ③現状安全率 ④計画安全率について、各機関について調べた。

8-2-1 建設省の安定解析

- (1) 安定解析の目的) 地すべり斜面の安定を保持するために必要な防止工事の規模、数量を決定するため
- (2) 計算式) スウェーデン式分割方法が標準であり、明らかに地すべり面形状が異なる場合はヤンプー等の式を用いる（図8・3）。

$$\text{標準式) } F_1 = \frac{\sum(N-U) \tan \phi + c \sum l}{\sum T}$$

N : 分割片の重力による法線力 (t/m^2)

T : 分割片の重力による切線力 (t/m^2)

U : 分割片に働く間隙水圧 (t/m^2)

l : 分割片のすべり面長 (m)

ϕ : すべり面の内部摩擦角

c : すべり面の粘着力 (t/m^2)

- (3) C, ϕ の決定

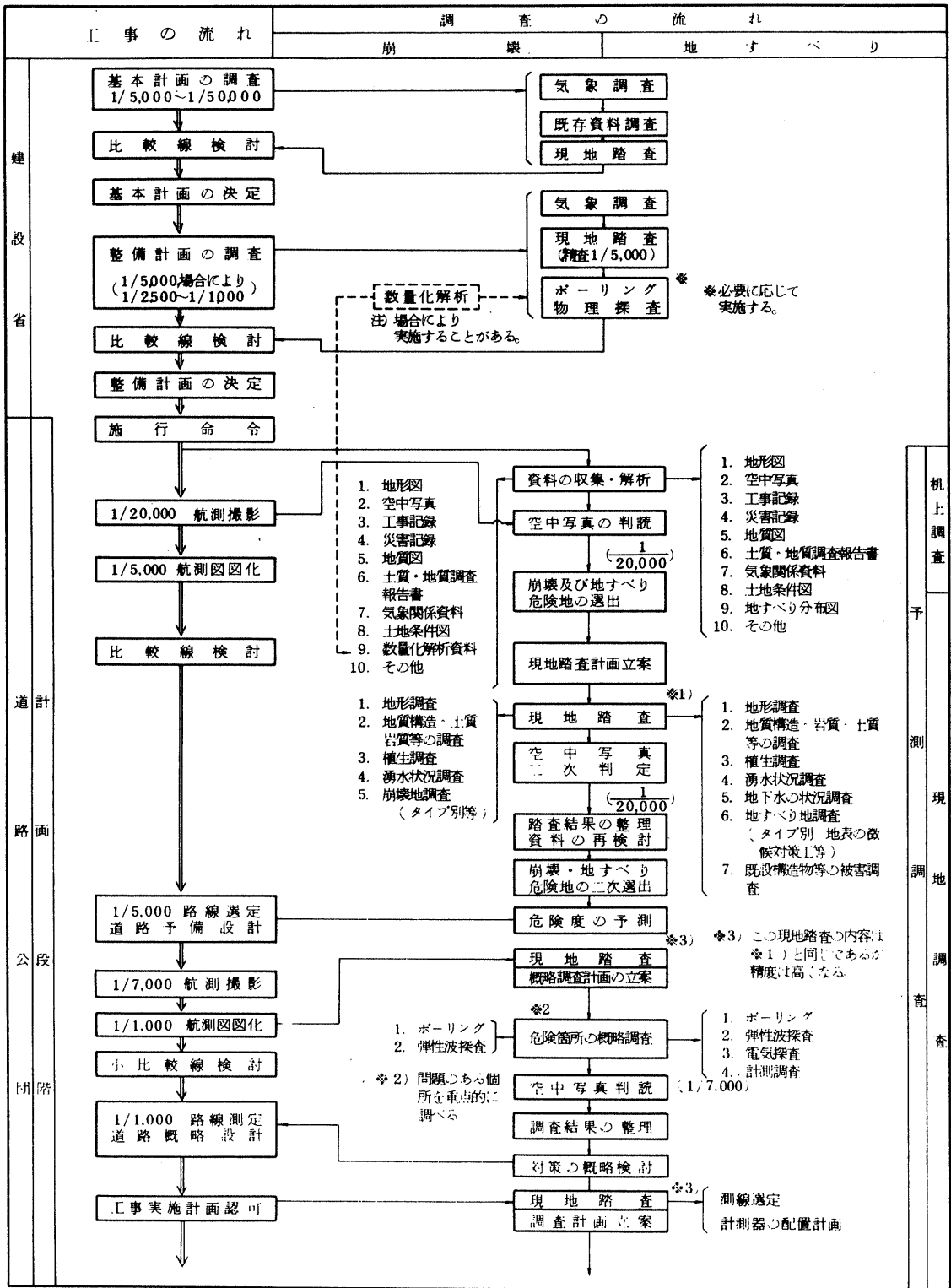
現状安全率を1.00として、逆算して、 $C-\phi$ 関係図を作成し土質を考慮して設定す。

参考として地すべりの垂直層厚 (Z_m)、粘着力 ($C t/m^2$) のとき

$$C = Z/10 \text{ の値を示している。}$$

- (4) 計画安全率 ($P \cdot F_s$)

・重要な国道・高速自動車道・鉄道・人家密集地帯・重要河川や公共施設などに危険がある地すべり…… $P \cdot F_s = 1.20$



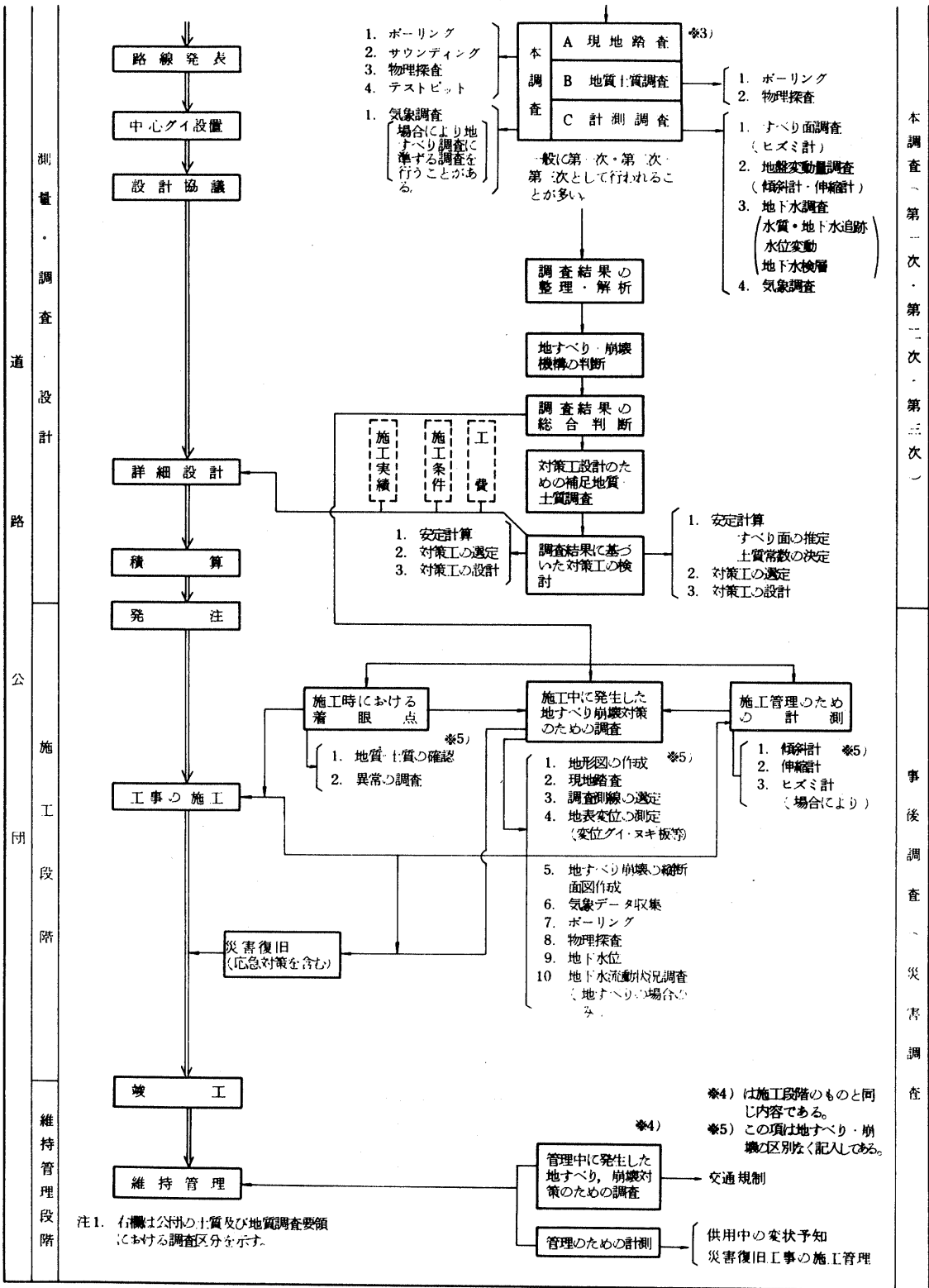


図8・2 道路建設と調査の流れ(日本道路公団)

表 8・5(a) 危険度区分 (日本道路公団)

公共施設等第3者に与える影響程度 道路本体に与える影響	直接被害を及ぼす可能性大		影響を及ぼす可能性		影響を及ぼさないと想定される		
	特にトンネル、橋梁等構造物への影響が大きい	規模が大きい	規模が小さい	大	小	大	小
変状程度 地形特性 規模	大	大	大	大	大	大	小
主キレツ、未端キレツが発生しているもの	危険度特 A		危険度特 A		危険度 B		危険度 C
活動中のブロックで人為的な環境変化の有無にかかわらず、地すべり発生の可能性が大きい。変動 A 及び B (注 1)	危険度 A		危険度 A		危険度 B		危険度 C
明らかでない地すべり地形を呈しているが、現在地すべり運動の兆候は認められない。	危険度 A		危険度 A		危険度 B		危険度 C
人為的な環境変化を直接の誘因として、すべり出す可能性が大きい。又地すべりが発生した場合、拡大の可能性のあるもの 変動 C 程度	危険度 A		危険度 A		危険度 B		危険度 C
地形特性として地すべり地形を早めているが、現状では安定。	危険度 A		危険度 A		危険度 B		危険度 C
既に地すべりが発生しても拡大の可能性は少なく、その時点で地すべりの処理が比較的可能的と判断されるもの。 変動 C を生じる可能性がある。	危険度 A		危険度 A		危険度 B		危険度 C

(注 1) 変動程度については巻 9-3 参照のこと

表 8・5(b) 危険度区分に応じた調査設計施工区分

調査設計 危険度区分	概略検討		詳細検討	設計施工
	調査	設計		
危険度特 A	避けるのを原則とする 場合、危険度 A に準ず	危険度 A に準ず	危険度 A に準ず	④ 設計施工
危険度 A	現地踏査を充分に行いボーリング調査等必要に応じ行う	概略の安定計算 抑止工、抑制工の検討	現地踏査、地質・土質調査、地下水調査、計測調査等	④ 調査
危険度 B	危険度 A に準ず	抑制工の検討	危険度 A に準ずるが計測調査などによって低減できる	④ 設計施工
危険度 C	現地踏査を主体とする	排水処理の検討	現地踏査	④ 設計施工

(注 2) 必要に応じ安定計算を行う。

- その他の地すべり（地方道・2級以下の河川・その他）…… $P \cdot F_s = 1.10$
- 応急対策の場合…… $P \cdot F_s = 1.05$

なお、抑止工だけで対策を行うときは、 $P \cdot F_s$ を0.05～0.10増して考える。

8-2-2 農林水産省の安定解析

「土地改良事業計画設計基準」第2部第12編地すべり防止事業において、安定解析についての記述はない。

8-2-3 林野庁の安定解析

- (1) 目的) 地すべりブロックの安定度を検討し、これに基づいて合理的な防止工事計画を樹立するため
- (2) 計算式) 様々な安定計算式を集めて、解説しているが特にヤング法を勧めている(図8・4)参照。

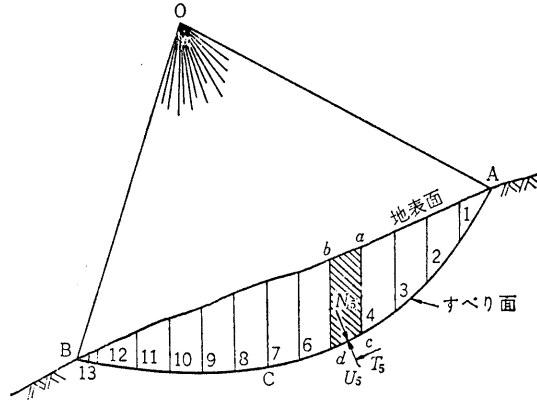


図8・3 スウェーデン式分割法による安定計算

$$F_s = f_0 \frac{\sum [c' + (p-u)\tan\phi'] \Delta x}{\sum p \tan\alpha \Delta x}$$

f_0 : 修正係数

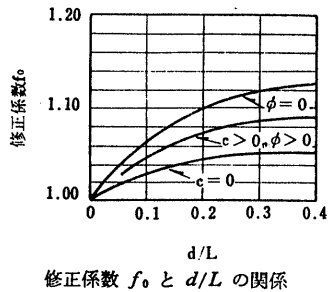
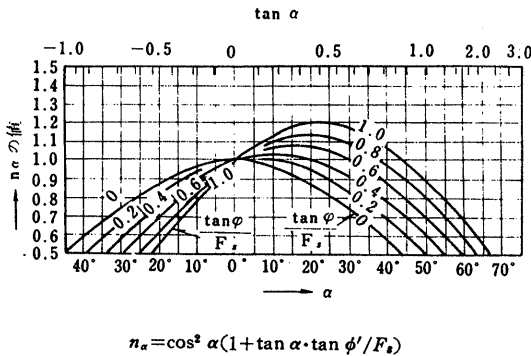
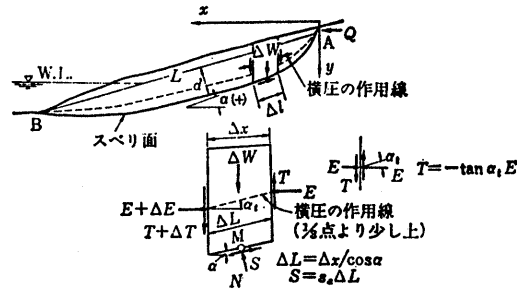


図8・4 ヤング法による安定解析説明図及び係数算定図

- (3) C, ϕ の決定) 逆算により推定し、適当な方法でチェックすることを勧めている現状の安全率 1.00 ± 0.05 とし、0.95に対して平均水位の上限値1.05に対して、平均水位の下限値を与える。
- (4) 計画安全率 ($P \cdot F_s$)
保全対象により1.1～1.2とする。

地震時の場合の計画安全率は $1.0 t (P.F_s - 1.0) / 2$ としている。

8-2-4 日本道路公団の安定解析

- (1) 安定解析の目的) 地すべり斜面の安定確保に必要な対策工事の規模を決定するために行う。
- (2) 計算式) 原則としてスライス分割法を用いる(図8・4)。

$$F_s = \frac{\sum (N-U) \tan \phi + C \sum \ell}{\sum T} \dots\dots\dots (9-1)$$

N : 分割片の重力による法線力 (t/m) ($W \cos \theta$)

T : 分割片の重力による切線力 (t/m) ($W \sin \theta$)

U : 分割片に働く間隙水圧 (t/m) ($A_w \times r_w \times 1^m$) (地下水位使用可)

ℓ : 分割片のすべり面長 (m)

ϕ : すべり面の内部摩擦角 ($^{\circ}$)

C : すべり面の粘着力 (t/m²)

W : 単位巾当りの分割片重量 (t/m)

θ : すべり面の傾斜角 ($^{\circ}$)

A_w : 地下水位以下の分割片の面積 (m²)

r_w : 水の単位体積重量 (t/m³)

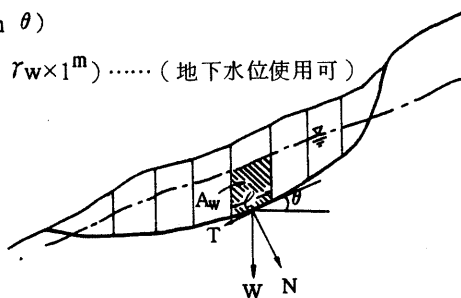


図8・4 地すべり安定計算

(3) C, ϕ の決定

Cを地すべりの垂直最大層厚より ($C = Z/10$) 推定し ϕ を逆するのが一般で、他にC- ϕ の関係図に土質試験の値をプロットして決定する方法もある。すべり面が複数の場合はC- ϕ 関係線の交点付近の値を採用することもある。このとき、現状の安全率は原則として1.00とし、変動している場合には0.95~1.00、変動のない場合は1.00~1.05とせることができる。

(4) 計画安全率 (F_{sP})

原則として、1.20を用いるが、参考として下表を用いる。(表8・6)

表8・6 土工、対策工による安全率の変化(高速道路調査会 1972)

	現状のF.S. (A)	切盛土による 減少可能量 (B)	計画安全率 P.F (C)	対策工による 安全率増加量 D=C-A+B
岩盤型末端閉鎖	1.10	0.10	1.10	0.10
" 開放	1.10	0.05	1.15	"
風化岩型 " 閉鎖	1.10~1.05	"	"	0.10~0.15
" 開放	"	0.03	1.20	0.13~0.18
崩積土 " 閉鎖	1.05~1.03	"	"	0.18~0.20
" 開放	"	0	"	0.15~0.17
粘質土 " 閉鎖	1.03~1.00	0	"	0.17~0.20
" 開放	"	-0.05	1.25	"

(注) 運動中の地すべりについては、原則として安全率が減少するような切土は避け、計画安全率を1.25~1.30とする。

8-2-5 安定解析についてのまとめ

<目的>

各機関とも対策工の規模・数量を決定するために行われていて、安定解析の結果で斜面の危険度を判定することを厳に戒めている。

<安定計算式>

多くの機関で採用されているのが、スウェーデン式分割法（スライス分割法）であり、林野庁の場合も考え方は同じ方法である。しかし、このスウェーデン式分割法は、すべり面形状に円弧が含まれ、すべり面を想定する際に、無理に円弧をその中に導入しがちであり、結果として実際とそぐわない安定計算となる場合もある。このため、林野庁では任意すべり面法であるヤングの方法を勧めている。

<土質定数>

このうち地すべり土塊の単位体積重量は一般値として、 1.8 t/m^3 を、すべり面の粘着力 C (t/m^2) = $Z/10$ として、逆算により内部マサツ角 ϕ を指定する基準が多く、また、これらの値は試験地等でチェックする必要性も述べている。ただし、すべり面の C 、 ϕ は一般に測定困難であり、たとえ測定されても全すべり面の代表値たるものであるという保障はないので、取扱いに注意を要する。

<安全率>

現状の安全率は原則として 1.00 とする。基準・指針が多く、現在の変動の程度により 0.95 ~ 1.05 で変化させることもある。

計画安全率は、多くの場合、1.10 ~ 1.20 の値を採用しているが、保全物件、対策工種、災害後 1 日程度、地すべりタイプ等により多少の増減が見られる。

以上の要点を一覧表にして、表 8・7 に示す。

ここで計算式の相違はあまりないが現状安全率と計画安全率のとり方が各省庁で若干異なる。特に、道路公団の基準では、滑動中か否かと、地すべりタイプで現状安全率が異なり、更に地すべりタイプとか対策工程により計画安全率も異った値を参考として用いていて、安全率の設定に高度な技術が必要とされる。

8-3 諸機関の地すべりの対策工法

各機関関係で行われている地すべり対策工法の基本的な考え方、工法選定方法、工法の種類等を以下まとめる。

8-3-1 建設省の地すべり防止工法

同省の基準(案)によれば表 8・8 のように防止工法は分けられ、恒久的な防止計画に当っては抑制工と抑止工の持つそれぞれの特性を合理的に組合わせた計画を立てることが望ましいとしている。また、工法の選定にあたっては

1. 地すべり発生機構に対応する工法とし、特に降水（融雪水）、地下水と地すべり運動との関連性、地形、地質、土質、地すべり規模、運動形態、地すべり速度などを十分考慮すること。
2. 工法の主体は抑制工とし、抑止工は直接人家、施設などを守るため小さな運動ブロックの

表 8・7 諸機関の安定解析の要点の一覧表

機関名	安定計算式	現状の安全率	計画安全率 ($P.F_s$)	備 考	基準, 指針
建設省	スウェーデン式割方法	1.00	1.10~1.20	応急対策の場合 $P.F_s=1.05$ 抑止工のみの対策では $P.F_s$ を 0.05~0.10 増で考える	改訂河川砂防技術基準(案)計画編 その他
林野庁	ヤング法	1.00 ± 0.05	1.10~1.20	現状安全率は水位の上限・下限を連係させる	治山技術基準解説 その他
日本道路公団	スライス分割法	1.00 (0.95~1.05)	1.20 (1.10~1.25)	動きのある・なしで現状の安全率が異なり、 $P.F_s$ も地すべりタイプで異なる。	設計要領第 1 集 (S 58.4) その他
(社)日本道路協会	有効応力法	1.00	1.05~1.10 1.10~1.20	抑制工中心 抑止工中心	道路土工 のり面工 ・斜面安定工指針

安定を図る場合に計画すること。

3. 地すべり運動が活発に継続している場合には、原則として抑止工は用いず、抑制工の先行によって運動を軽減してから実施すること。
4. 工法は、通常数種の組合せにより地すべりの安定を図るものであり、適切な工法の組合せを計画すること。

等を考慮することとしている(表 8・9 参照)

8-3-2 農林水産省の防止工事

同省の計画設計基準によると、地すべり防止工法は地すべり機構に適合した、最も効果的、かつ経済的なものを地すべり調査の結果をもとに選択する必要があるとし、防止施設は最も効果のあがる位置に適切な規模、構造のものを設けることとしている。また、設計に当たって全体計画を立て、各ブロックの施工順位を決定し、各ブロック内では圧縮部を張張部などに区分し、それぞれの工法を検討するのがよく、ブロック内の施工順序は原則として、頭部から末端部、側部から中心部へとることをうたっている。その他、応急工事、継続観測についても基本的留意事項に規定している。以下、防止工法の種類を表 8・10にまとめて示す。

表 8・8 地すべり防止工の分類（建設省）

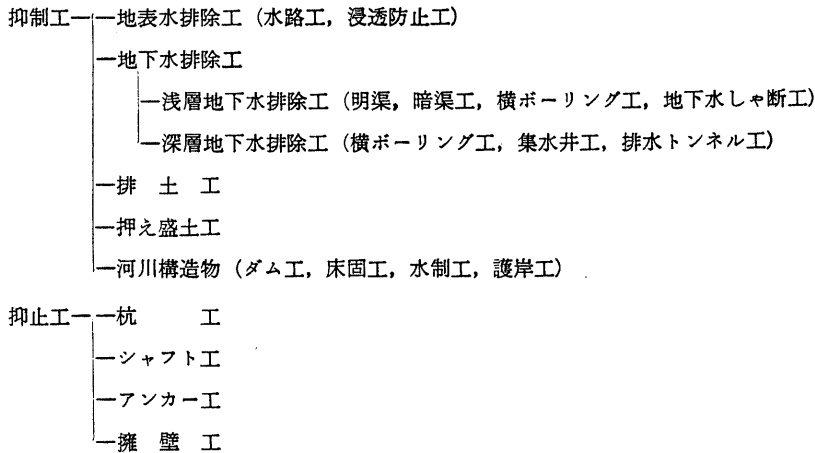


表 8・9 防止工法の一覧（建設省）

主な原因	地すべりの形態	防 止 工 法		
		最もよく用いられる工法	度々用いられる工法	余り用いられない工法
河川の縦横侵食	I型 浅い流動性の地すべり	B C Da	E C F	Db A
	II型 崩壊及び小規模な円形すべり	B C Da	A E F	Db Dc
	III型 大規模な円形すべり	B Db	C A E	Dc F
	IV型 岩すべり	B	C Db E Da	Dc A F
降水，表流透	I型 浅い流動性の地すべり	C Da	B Dc E F	A Db
	II型 崩壊及び小規模な円形すべり	C A	E B Dc F	Db
	III型 大規模な円形すべり	C Db Da	Da A E B	Dc F
	IV型 岩すべり	C Db	E B	A Da Dc F
深層地下水の増加，又は他地域よりの地下水流入	I型 浅い流動性の地すべり	Dc Da C	B E F	A Db
	II型 崩壊及び小規模な円形すべり	Dc Da Ac	B E F	Db
	III型 大規模な円形すべり	Da Db Dc	C B E	A F
浅層地下水の増加	III型 大規模な円形すべり	Db A	B C E	Da Dc F
	IV型 岩すべり	Db	B C A E	Da Dc F

摘要 A：排土工，段切り（のり面保護工を含む）
 B：砂防ダムなどの構造物
 C：表面排水工
 Da：浅層地下水排除工

Db：深層地下水排除工
 Dc：地下水シャ断工
 E：擁壁工，わく工，杭工
 F：押え盛土工

表8・10 地スベリ防止工法（農林省、昭和42年11月）

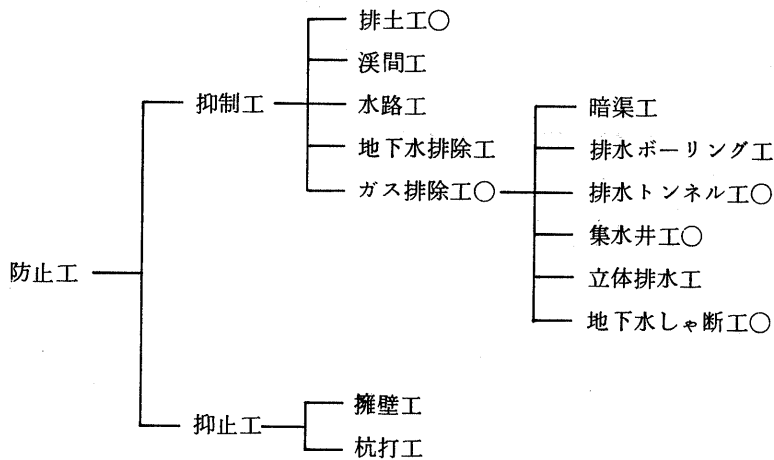
防止工法	地表水排除工	{	(1) 承水路工	
			(2) 集水路工	
			(3) 排水路工	
	地下水排除工	{	{	(1) 地下水シャ断工
				(2) 暗キヨ排水工
(3) 排水トンネル工				
{		{	(1) 止水暗キヨ工	
			(2) 止水壁工	
{	{	(1) 吸水キヨ …………… 捕水キヨ		
		(2) 集水キヨ		
{	{	(1) ライナープレート使用		
		(2) 現場打ち鉄筋コンクリート使用		
{	{	(3) コンクリート既成品使用		
		(5) 排水ボーリング工		
侵食防止工	{	(1) ケイ流護岸工		
		(2) 砂防ダム工		
		(3) ケイ流暗キヨ工		
		(4) 河川付替え工		
		(5) 海岸浸食防止工		
抑止工	{	(1) クイ打工		
		(2) 擁壁工		
		(3) ワク工		
その他の工法	{	(1) 切取り工（頭部切土、段切り等）		
		(2) 締固め工		

8-3-3 林野庁の地すべり防止工法

「地すべりの実態とその対策」において、防止工法は、工法の狙いが地すべり推力に対する直接的な抵抗にあるのか、または地すべり誘因の除去による間接的な効果にあるかによって、それぞれ、抑止工と抑制工の2つに分類されるとして表8・11に示す分類表があり、工法選定の際の参考として使用される表を表8・12に示す。

また、「治山技術基準解説」には、工種別の目的、細部設計その他が詳述されている。

表8・11 地すべり防止工法の分類(林野庁、昭和51年7月)



○ 印：通常の地すべりに対して用いられる主な工法

その他：主工法に対する補助工法または深さ数 m 程度の浅い地すべりに対して用いられる工法

8-3-4 日本道路公団の地すべり対策工法

設計要領(昭和58年4月)によると、地すべり対策工法は抑制工と抑止工に大別され、それぞれの工法の特性及び地すべりの地形・地質、発生機構を考慮して適切な工法を組合せて設計するものとし、抑制工を基本として設計することとしている。特に、地下水排除工は他の工法の設計する場合でも実施することを勧めている。また、抑止工は、抑制工ができない場合や抑制工のみでは所定の計画安全率を確保できない時に計画するとしている。同設計要領に示された地すべり対策工法の分類を表8・13に、地すべり型分類ごとの対策上の組合せを表8・14に示す。

表8・12 工法と工程

工法	施工条件と工程	施工計画の要点	種 式 図
擁壁工	<ul style="list-style-type: none"> 地すべり末端部の崩壊、隆起を抑制して、末端部の安定をはかる。 小規模な地すべり、2次的な地すべり。 斜面末端と擁壁の間に盛土し、押え盛土としても効果がある。 地盤の変動が大きく、湧水の多い場合には合掌わく、片のりわく、両のりわく、フレキシブルなブロック工、蛇籠工等。 	<ul style="list-style-type: none"> 斜面末端部の隆起帯下部。 基礎は基岩中にもうけるのが良好であるが、その他の場合にはすべり面より下方に計画する。 少々の変型は止むを得ない。 緊急対策用、道路法面保護のときは、上部土塊を排除する場合が多い。 地すべり地内(中腹・上部)に計画するときは、法面修正基礎用で、杭打工の併用あるいは動きの緩和をまわって計画する。 	
杭挿入工	<ul style="list-style-type: none"> 不動基岩に杭を打ち込んで、杭の抵抗力によって、せん断抵抗力を増大させ、地すべりを抑制する工法。 比較的軟弱な基岩上の浅いすべり地、末端部の小崩壊では木、コンクリートの打込み杭。 地すべり規模が大きく、すべり深度が深い場合は鋼管の挿入杭。 流動性地すべりには効果が少なく、粘着性 地すべりに効果大。 	<ul style="list-style-type: none"> 引張を受けている上部斜面はさけ、圧縮を受けている下部斜面に計画する。末端部に寄りすぎると効果はない。 杭間が浅層すべりで流れる場合あり、蛇籠・暗渠等で防止する。 杭の基礎地盤への貫入深は、全長の1/2を標準としている。 杭の配列は普通2段~3段の千鳥状とする。 	
シャフト工	<ul style="list-style-type: none"> 地すべり土塊が大転石を含む地層からなっている場合、基岩がチャート等の堅い岩石の場合はボーリング掘削ができず、井戸を掘り鉄筋コンクリートを打設して杭とする。 地すべり推力が大きい場合。 深さは20mぐらい。 	<ul style="list-style-type: none"> 通常の杭挿入工と同じであるが、地形が急峻でも施工が可能である。 軟弱な地層では孔内崩壊に注意する。 鉄筋、H鋼で補強コンクリート充填する。 	
擁土工	<ul style="list-style-type: none"> 地すべり土塊の排除。 すべり面が弧状ないし舟底形をしていること。 すべり面傾斜が急で、頭部土塊の厚さが厚いほど効果は大。 流れ盤のときほど有効。 	<ul style="list-style-type: none"> 斜面上部のすべり面傾斜が急増する区間の土塊を排除する。 斜面末端はおこなわない。斜面変形程度とする。 背後斜面に別の地すべりが潜在している場合は計画しないか、又はこれを鋼管杭等で防止する。 	
浚渫工	<ul style="list-style-type: none"> 末端の縦・横浸食の防止・押え盛土の効果を併用する。 堰堤、護岸、水制、まれには、流路カット、トンネルにより流路を変更する。 	<ul style="list-style-type: none"> 堰堤、カット又はトンネルは地すべり地内ではさける。 地すべり地内で実施する場合は枠工、蛇籠工、又は六脚ブロック、テトラポット、枠工、水制・護岸を併用する。 	
水路工	<ul style="list-style-type: none"> 降雨の浸透、地すべり地外からの地表水の流水を防止する。 流動性、浅層地すべりに効果大。 すべての地すべりに、他の工種と組合せて適用する。 集水路は、キレツのつき固め水路、アスファルト張り、縦溝コルゲート半円管水路等。 排水路はコンクリート、コルゲート半円、U字管水路等。 	<ul style="list-style-type: none"> 集水路は、斜面全体に網状に、クラック、湿地を縫って密に計画し、なるべく側方に落す。 排水路は、動きの少ない部分、側方クラックの不動部に計画する。 集水路は、水路巾を広く、排水路はこう配を急にしてすみやかに地すべり地外に放出する。 水路は溢水しないように注意。 	
暗渠工	<ul style="list-style-type: none"> 浅層(3m位まで)の地下水の排除。 水路工と併設、明暗渠として施工される例が多い。 工種は色々あるが、縦溝渠、蛇籠暗渠が多い。 底、側方の漏水に注意。 フレキシブル構造とする。 	<ul style="list-style-type: none"> 深い暗渠は、主クラック、側方クラック、隆起帯の境界付近に設ける。 浅い暗渠は、地形凹部を縫うように計画する。 暗渠は20~30mで地表部に出すように、長い暗渠は不可。 末端付近の暗渠は押し出しに注意。 	

表8・12 (つづき)

工法	施工条件と工種	施工計画の要点	構式図
横穴排水ボーリング工	<ul style="list-style-type: none"> 横穴ボーリングによって、浅層深層の地下水を排水。 浅層地下水には口径66mm以上のボーリング、30～50m深層の場合最終口径66mm。 礫層又はこれに準ずる層、砂層、火山灰層等は掘削困難又は不可。 	<ul style="list-style-type: none"> 地すべり面をぬき、帯水層をわらう。 斜面上部が良い。 密に計画する。 自由面地下水の時は、降雨時のみ排水することあり。 平常常水的に出る場合は、水脈又は被圧水。 施工時における排水量を測定すること(効果判定)。 	
集水井工	<ul style="list-style-type: none"> 深層地下水排除する。 横穴ボーリングが長くなる場合ウェルで集水をする場合に計画する。 口径は2.0～4.0m、深さ10～30m。 地すべり地外又は動きのない地すべり地内で行なう。 集水井ボーリングで集水する。 動く恐れのあるところでは、コンクリートウェル、その他はライナープレート。 15m以上の井戸は、落石等の防除の安全施設を考慮。 砂質地盤で、地下水の豊富な時は、ライナープレートは不可。 礫層、又はこれに準ずる層、砂質土、石英にむる層の場合には、横穴ボーリングは要注意。 	<ul style="list-style-type: none"> 斜面上部で、地下水面等高線の谷部制限床の谷部、破砕帯内の被圧水をわらう。 深層地下水排除を主とし、浅層地下水排除は従とする。 ボーリング機械を入れるときは口径3.5m以上とする。 集水井ボーリングは、最終口径66mm、30～50mとし、上下2段、20本程度放射状に計画。 排水ボーリングは、口径100～120mm、長さ100mまで、基岩中掘削長、穴まがりによる排水不能に注意。 効果範囲は、井戸を中心として100～250m。 排水量調査 	
排水トンネル工	<ul style="list-style-type: none"> 地すべり規模が大きく、地すべり深度、地下水の位置が20m以上あり、集水井、横穴ボーリングによる地下水排水が困難な場合 他地域からの地下水流入遮断、他地域への地下水流出。 集水井で、排水ボーリング困難な時は、トンネル排水とする。 50m以下…木製支保工 100m以下…鋼製支保工 100m以上…ライナープレートと補強リング。 断面 1.0m×1.5 木製 2.0m×2.0 鋼製 2.0m×1.5 	<ul style="list-style-type: none"> すべり面下の安定した基岩中に設け、排水すべき位置ですべり面を切り、帯水層より集水するが、坑壁より横穴集水井ボーリングをおこなう。 トンネル坑口は地すべり地外の安定した地盤に設ける。 トンネルの広がり直線的でなく、T字型、Y字型とする。 被圧水の大量の排出に注意。 落盤に注意。 排水量調査 	
立体排水工	<ul style="list-style-type: none"> トンネル、集水井、集水井ボーリング、排水ボーリング等を統一的に施工し、浅層・深層の地下水を排水する工法。 帯水層が何枚もあり、すべり面地下水が深い場合。 帯水層が水脈状をなし、不規則な網状を呈する場合。 破砕帯、北松型の地すべりタイプによく計画される。 	<ul style="list-style-type: none"> 帯水層の分布とすべり面の位置関係、上下関係を詳しく調べておかないと、有効な地下水の排水はできない。 すべり面以下にトンネルを設け集水井、集水井ボーリングで集水し、排水路として、トンネルを使用する。 集水井、排水トンネル、横穴ボーリングの項参照。 	
地下水シャ断工(シャ水壁工)	<ul style="list-style-type: none"> 地すべりブロック周辺部から明確な流路に沿って浅層の地下水が流入している場合に、ブロック外でシャ断排水する。 シャ水は、薬液又はモルタル注入で、シャ水壁をつくる。注入は0.7～1.0m間隔でボーリング孔より注入する。 主として崩壊上、礫層に注入する。粘性の強い場合は不可。 地下水で、薬液が流れる場合あり。注入法に工夫を要する。 薬害に注意。 シャ水後はすみやかに排水する。 	<ul style="list-style-type: none"> 地すべり地外でおこなう。 傾斜が急で厚い崩壊土層が分布している地域では、溜水のため地すべりの発生、崩壊が予想される。 地下水系路をトレーサー等で確認し、地下水等高線図の谷部に施工する。 基岩が堅密で、深さが深く、地下水のシャ断が容易な箇所。 	
ガス排除工	<ul style="list-style-type: none"> 高熱のガスによる基岩の風化を防止し、温泉余土の生成を抑制する。 温泉地すべり、火山地帯の地すべりに施工される。 	<ul style="list-style-type: none"> 地中ガスが有効に排気できる地点。 横穴の排気ボーリングは俯角で穿孔し、高熱、高圧ガスの噴出に対する措置を講じておく。 	

表8・13 地すべり対策工法の分類

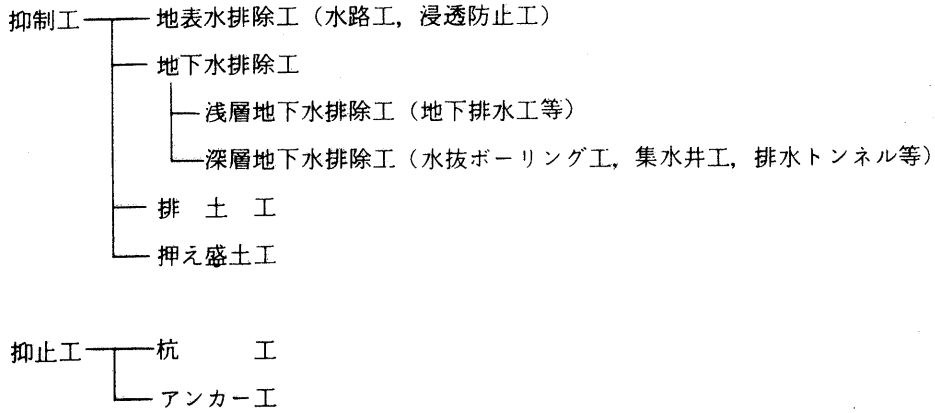


表8・14 地すべり型分類と地すべり対策工法

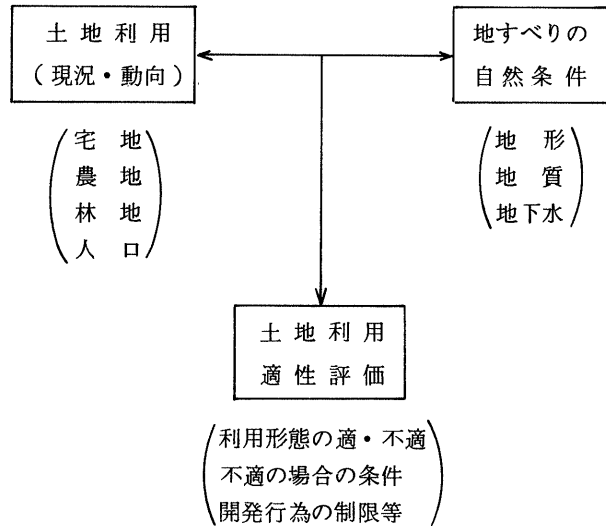
主な原因	地すべりの型	対 策 工 法									備 考
		A	B	C	D	E	F	G	H	I	
切 土 工	岩盤地すべり	△	△	○	△	◎	◎	◎	○	○	◎最もよく用いられる工法 ○たびたび用いられる工法
	風化岩地すべり	△	△	○	△	◎	◎	◎	○	○	
	崩積土地すべり	○	○	○	△	◎	◎	◎	○	△	
	粘質土地すべり	◎	◎	○	△	△	◎	○	△	△	
盛 土 工	崩積土地すべり	△	△	○	△	△	◎	◎	◎	○	△あまり用いられない工法
	粘質土地すべり	△	△	△	△	△	◎	○	○	△	

摘 要 A：地表水排除工（浸透防止，水路工） G：鋼管杭工
 B：浅層地下水排除工 H：深礎杭工
 C：深層地下水排除工（水抜ボーリング工，集水井工等） I：アンカー工
 D：地下水しゃ断工
 E：排土工，段切り（のり面保護工含む）
 F：押え盛土工（よう壁工，わく工を含む）

表8・12 表8・13は設計要領（昭和58年4月、日本道路公団）より抜すい。

9. 地すべり地域の土地保全と土地利用適性評価

現況の土地利用状況と、今後のその動向を調べ、その結果を前章までに記述した地すべりの自然的条件を照合することにより、地すべり地の土地利用の適性評価を行うこととする。



9-1 地すべり地域の土地利用調査

地すべり地域と社会・経済活動の係わりを調べるために、調査地域内の人口・世帯数等、土地利用の状況について調べた。

9-1-1 人口・世帯数の変遷

調査区域内に全域或いは一部属する市町村の人口総数、人口密度、世帯総数、一世帯当りの人員について、昭和40年より、55年までの5年おき計4回の国勢調査結果より調べたのが表9-1である。また、人口総数の変遷を昭和40年を100とした指数で描いたのが図9-1である。これより戸倉村、長野市、更埴市で単調増加し、白馬村、大町市で変動しながら微増している。しかし、今回の調査地域の大部分を占める他の町村は指数で60~80程度の大幅な減少が認められた。

この指数の増減に対応して、世帯数の増減が認められるが、一世帯当りの人員はほとんど例外なく4.1~4.8人から3.3~3.9人に減少していき(図9.2)、総人口の増加する市町村は一世帯当りの人員の減少を上回る世帯数の増加があったのに対し、総人口が大幅に減少する町村は、世帯数の減少の上で一世帯人員の減少が拍車をかけていることが考えられ、労働人口の都市への流出、核家族化と、農山村の高齢化現象を具体例としてあげることができる。

図9・3は調査区域を一辺1Kmのメッシュに分割し、そのメッシュ内にある家屋数を拾ったものである。1世帯2家屋や作業家屋、廃屋なども含まれ一概には人口と対応できないが、指標としては使えると考えられる。そこで、1家屋=一世帯=3.5人(長野県平均)として、図9・3のように大体の人口密度と対応させた。この図より虫倉山、陣場平山や篠山周辺、それと西部の

小川村西部、美摩村付近で人口密度が0~10人/km²と低く、地すべり地形も多くない地域と一致する。一方、七二会地区から中条村、小川村中東部、及び犀川右岸などの地すべり多発地域は50~500人/km²特に100~200人/km²程度の人口密度を示す所が多いと言える。また、人口密度500人/km²以上の所は稻荷山周辺や信州新町の市街地に限られ、沖積低地などの傾斜の緩い地区である。

表9・1 調査区域の市町村の人口(人口密度)、世帯(1世帯当りの人員)総数の推移

(昭和40年~昭和55年)

市町村		人口総数(人口密度)				世帯総数(1世帯当りの人員)			
		昭和40年	昭和45年	昭和50年	昭和55年	昭和40年	昭和45年	昭和50年	昭和55年
長野市		269,160 (666.1)	285,355 (706.2)	306,637 (758.9)	324,360 (802.7)	44,884 (4.16)	75,434 (3.79)	89,245 (3.39)	97,058 (3.30)
大町市		32,085 (69.1)	31,899 (68.7)	33,844 (72.9)	329,966 (71.0)	7,700 (4.11)	8,122 (3.87)	9,660 (3.43)	9,303 (3.50)
更埴市		32,515 (414.0)	33,001 (420.2)	33,930 (432.0)	35,715 (454.7)	7,350 (4.45)	7,821 (4.22)	8,472 (3.97)	9,100 (3.90)
北安曇郡	八坂村	2,248 (66.9)	1,874 (55.8)	1,727 (51.4)	1,503 (44.7)	479 (4.76)	432 (4.35)	401 (4.29)	400 (3.76)
	美麻村	2,655 (39.7)	2,044 (30.5)	1,740 (26.0)	1,614 (24.1)	577 (4.64)	487 (4.22)	456 (3.77)	436 (3.70)
	白馬村	6,672 (35.9)	6,292 (34.3)	6,495 (35.5)	7,131 (38.9)	1,534 (4.30)	1,548 (4.09)	1,701 (3.80)	1,978 (3.60)
更科郡大岡村		3,405 (73.6)	2,924 (63.2)	2,477 (53.5)	2,249 (48.6)	787 (4.50)	743 (3.96)	712 (3.48)	673 (3.34)
埴科郡戸倉村		13,589 (530.6)	14,303 (558.5)	15,675 (612.1)	17,163 (670.2)	3,196 (4.26)	3,648 (3.94)	4,253 (3.68)	4,851 (3.54)
上水内郡	信州新町	11,324 (160.4)	10,188 (144.3)	9,323 (132.1)	8,616 (122.1)	2,486 (4.61)	2,462 (4.18)	2,465 (3.75)	2,385 (3.57)
	戸隠村	7,547 (57.3)	6,475 (49.2)	6,225 (47.3)	6,074 (46.1)	1,697 (4.52)	1,619 (4.04)	1,603 (3.88)	1,593 (3.81)
	鬼無里村	4,397 (32.4)	3,763 (27.7)	3,603 (26.6)	3,223 (23.8)	1,032 (4.33)	976 (3.90)	937 (3.73)	914 (3.53)
	小川村	7,209 (127.4)	6,163 (108.9)	5,447 (96.3)	5,132 (90.7)	1,602 (4.60)	1,520 (4.09)	1,447 (3.76)	1,390 (3.69)
	中条村	5,456 (164.9)	4,837 (146.2)	4,316 (130.5)	4,018 (121.5)	1,271 (4.45)	1,222 (4.08)	1,208 (3.57)	1,124 (3.57)

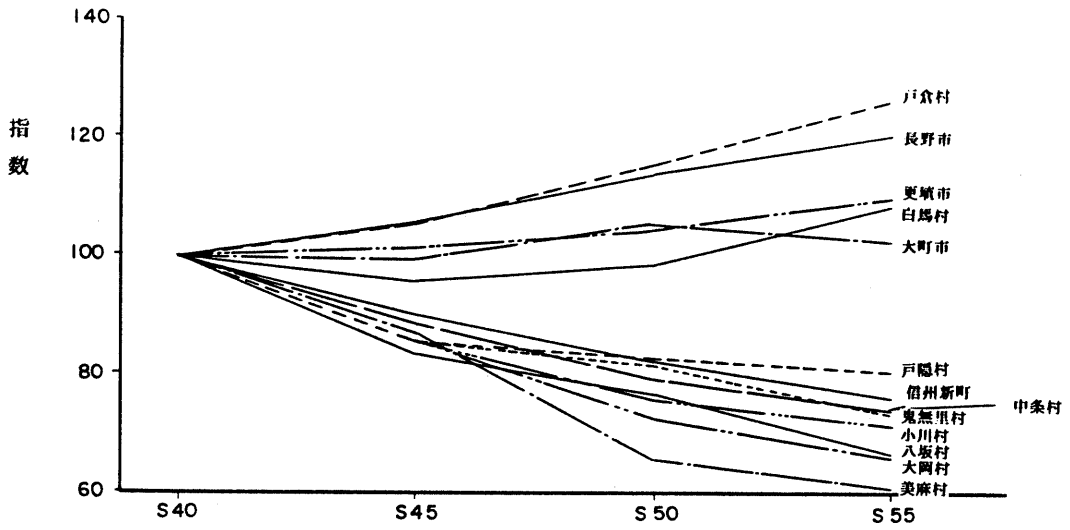


図 9・1 該当市町村の人口の推移 (S 45年= 100 とする)

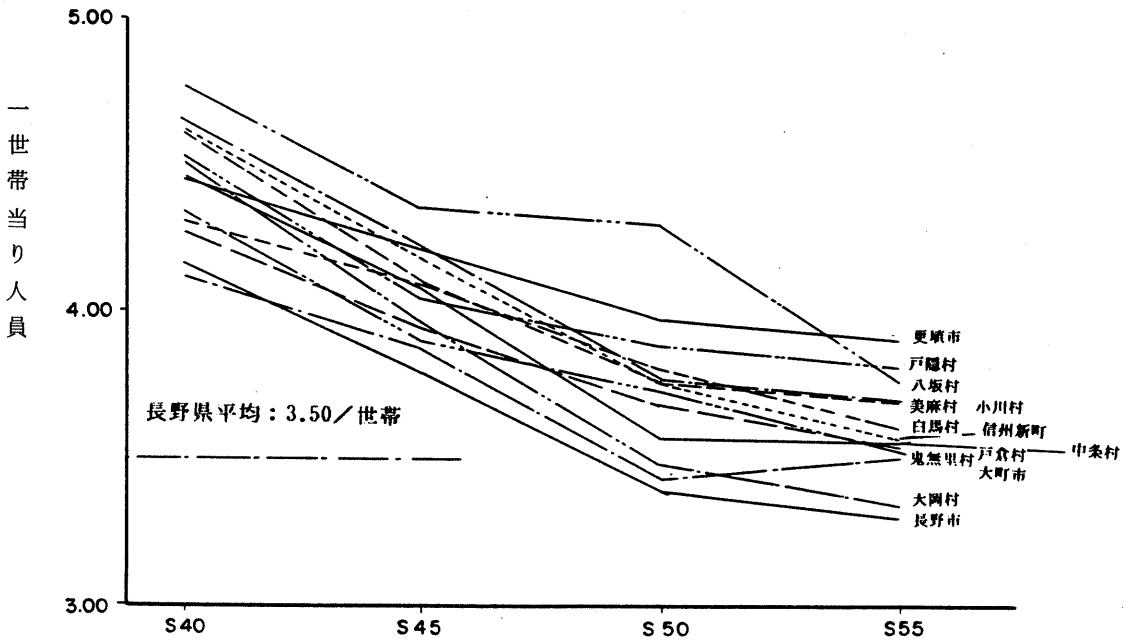


図9・2 該当市町村の一世帯当りの人員

戸数	人口密度		メッシュ	調査区域の1km ² 内の家屋数																									
	280以上	1000以上		A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O	P	Q	R	S	T	U	V				
141~280	5	1000以上	5	7	3	0	0	6	1	10	7	0	13	0	1	0	0	0	0	12	37	14	13	13	21	26			
61~140	7	500~1000	7	0	1	0	7	0	11	8	0	36	32	48	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	39	23			
31~60	52	200~500	52	7	0	0	1	18	4	10	13	24	64	65	20	16	2	29	23	26	2	1	19	54	32				
15~30	77	100~200	77	16	0	0	0	0	0	8	12	50	22	37	47	39	58	18	25	33	64	73	105	47	46				
7~15	74	50~100	74	18	13	0	0	0	6	30	38	57	43	35	47	37	23	83	56	27	70	47	33	15					
3~6	45	20~50	45	32	3	6	0	0	11	22	55	119	114	64	37	36	15	47	32	35	20	32	146	68	6				
1~2	23	10~20	23	2	51	12	8	23	69	107	68	39	37	71	67	81	105	122	58	49	72	82	76	25	0				
0	84	1~10	84	8	20	7	32	22	7	0	16	49	14	27	30	41	12	51	59	35	6	47	53	0	0				
		0		1	6	3	0	5	5	23	37	23	48	36	108	36	36	50	107	81	33	34	2	79	25				
				0	0	0	0	0	1	18	5	23	17	38	48	48	15	22	21	29	41	7	36	63	34				
				23	27	0	0	0	0	1	5	25	18	8	28	246	94	64	91	67	76	24	46	47	86				
				6	27	0	2	0	5	11	9	2	5	35	148	80	64	29	23	5	34	63	103	76	93				
				7	38	0	1	0	35	30	16	1	0	78	46	48	6	22	26	46	22	4	1	101	250 以上				
				0	21	0	0	0	17	17	0	46	42	27	33	11	4	83	8	2	0	0	4	254	90				
				0	40	0	2	0	0	12	18	66	0	27	46	24	18	25	0	43	4	0	75	250 以上	98				
				0	7	8	7	0	55	0	13	29	33	8	8	24	1	0	0	0	6	33	130	300 以上	250 以上				
				0	3	9	8	0	0	0	10	23	28	20	62	36	14	6	0	0	60	230	146	200 以上	94				
				0	0	1	0	25	12	23	19	22	24	63	0	18	4	0	0	0	0	1	76	150 以上	73				
																									0				

図9・3 調査区域の1km²内の家屋数

9-1-2 土地利用の現況と動向

調査区域の土地利用の現況を調べるため、国土地理院発行の25,000万の1地形図「信濃中条」、「稲荷山」、「高府」、「日名」を基図に、主に植生境界を指標とした土地利用図を作成した(付図)。この土地利用図の区分の凡例は、図9・4の通りとした。また、調査区域に入る市町村毎の土地利用の内訳を表9・2に示す。

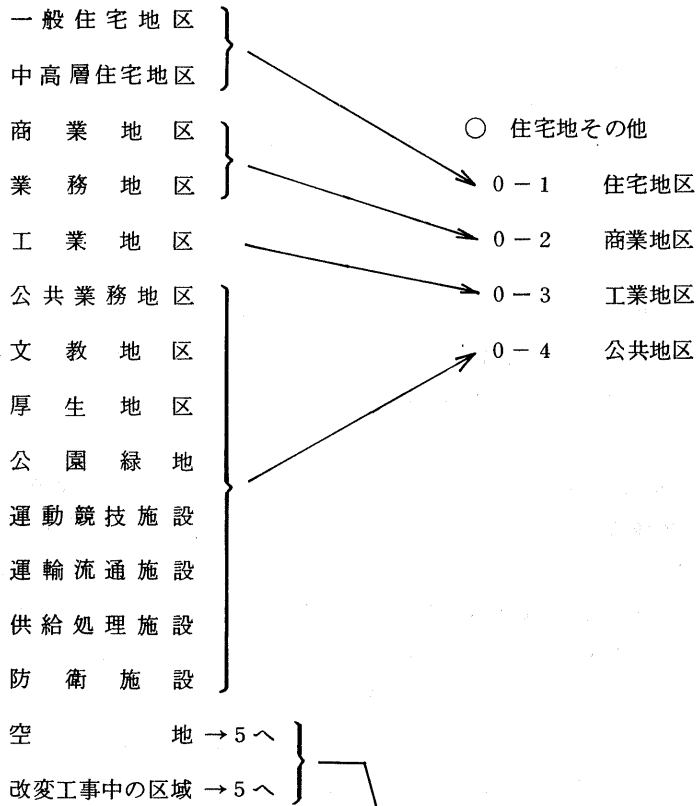
調査区域全体としては、樹木畑の占める割合が森林に次いで広く、長野市七二会、中条村、小川村中・東部、信州新町北東部などの地すべり多発地域が、普通畑も含めた農地に適していることを如実に示している。普通畑は3°~8°、樹木畑は8°~30°の斜面にあるものが多く、褐色森林土壌や乾性森林土壌が広く分布し、所々に黒ボク土壌や灰色台地土壌が見られる所である。一方、水田は千曲川の後背湿地や、聖川や土尻川の谷底低地、中山・小谷断層にそう谷底低地などの他に飯縄山、虫倉山、陣場平山の山麓斜面や聖山周辺の大岡村などで貧弱ながら発達している。河谷に沿う水田の平均傾斜は3°未満のものが多く、山麓部の水田では3°~8°のものや8°~15°に達する所もあり棚田となっている。この棚田の分布は、虫倉山や聖山の火砕岩体(キャップロック)からの湧水の位置と量に支配されているといわれている(図9・5)。

森林は聖山・高雄山周辺や虫倉山~陣場平山周辺の火砕岩類から急斜面や、調査区域西部でその占有率が高い。この地域はまた地すべり地形も比較的少なく、住民も少ない急斜面を多く含む山地である。

居住地についてみると、調査地南東の更埴市で集中が見られるほかは、山地(森林)で、戸数1~10の山村が点在し、樹木畑・普通畑の分布区域では10戸~30戸が部落形成して散在している。ここで、当地区の山村・集落の発達位置の特徴として、溪流沿いに発達せず、山腹緩斜面や尾根状台地に発達していることがあげられる。この原因は当地区は土砂災害が多く、これに最も被害を受けない所であることと、農地が棚田や傾斜畑などの山腹緩斜面で営まれていることが考えられる。

このように考えると、土地利用の動向は、この傾斜畑や棚田での農業がこれから先、行われ続けるかどうかで決定されると思われ、営農されないなら、地すべり活動等の斜面荒廃は加速されると考えられる。また、表9・3の当地区の人口推移から判断して、林業や農業に従事する人は減少しつづけていてその従事者の兼業化や高齢化が現在の農地を林地又は荒地化に拍車をかけているとも判断される。

なお、調査地域の土地利用状況を表9・4にまとめてしめす。



田		針葉樹林	人工林
普通畑		針葉樹林	天然林
果樹園			広葉樹林
桑畑			混交樹林
茶畑			竹林
その他の樹水畑			しゅろ科樹林
牧場			はさま地
牧草地			
野草地			しの地
緑地			

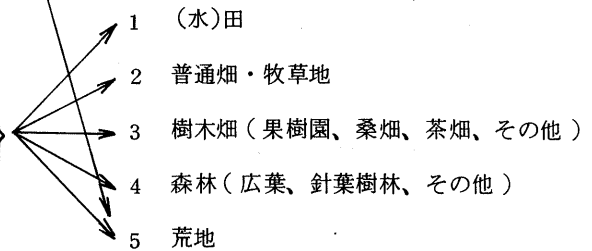


図 9・4 土地利用図の区分

表9・2 土地利用面積の内訳

(単位：ha)

区 市 町 村	農地				草地			林地						宅地	公共用地	その他	合計								
	普通田	普通畑	畑地		永年牧草地	利用草地	未利用草地	人工林	天然林	未立木地			林地												
			普通	果樹園						公	その他	採 刈 に 利 用 地						そ の 他	計						
																				樹	園	園			
長野市	45	34	0	28	13	41	120	0	0	0	0	64	41	72	72	105	0	2	2	3	182	54	48	404	
大町市	23	2	0	1	0	1	26	0	1	1	1	113	171	33	1	284	-	1	1	1	83	401	0	37	465
更埴市	9	3	0	3	2	5	17	0	0	0	2	14	5	35	19	19	-	2	2	0	56	0	4	79	
八坂村	1	1	0	0	1	1	3	0	0	1	1	18	1	8	19	19	-	1	1	1	29	0	1	34	
美麻村	2	1	0	-	1	1	4	0	0	1	1	35	1	19	36	0	3	3	1	59	0	3	67		
白馬村	8	1	0	-	1	1	10	0	0	3	3	88	4	21	92	0	2	2	43	158	0	12	183		
更科郡大岡村	2	2	0	-	1	1	5	0	0	1	1	18	1	17	19	0	1	1	1	38	0	2	46		
埴科郡戸倉村	3	1	0	1	1	2	6	-	-	0	0	5	2	11	7	-	1	1	0	19	0	1	26		
信州新町	2	4	0	0	6	6	12	0	0	3	3	30	1	20	31	0	2	2	1	54	0	2	71		
戸隠村	2	6	0	0	1	1	9	1	1	8	9	59	3	24	62	0	0	0	18	104	0	10	132		
鬼無里村	2	2	0	0	1	1	5	1	1	5	6	70	0	32	70	0	6	6	9	117	0	8	136		
小川村	2	3	-	-	3	3	8	0	0	5	5	24	0	16	24	-	2	2	1	43	0	1	57		
中条村	1	4	0	0	3	3	8	0	0	1	1	12	0	12	12	0	0	0	0	24	0	0	33		

引用文献) 縮尺20万分の1土地分類図付属資料 経済企画庁総合開発局(昭和49年)

(長野県)

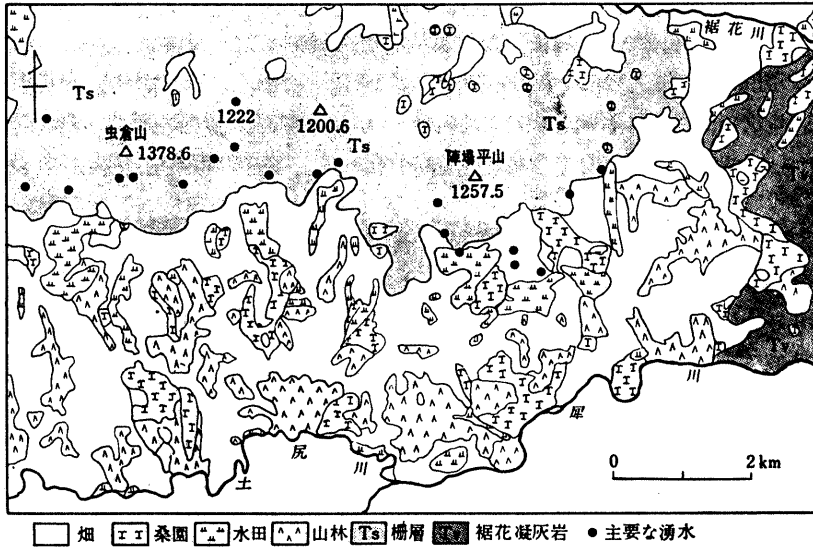


図 9・5 長野県犀川丘陵旧七二会村、中条村の土地利用
 (大正元年測図，昭和12年第2回修正測図，同27年応修正 1/5万「長野」による)

(小出 1973)

表 9・3 産業別 15 歳以上就業者数の推移

市 町 村	昭和40年			昭和45年			昭和50年			昭和55年			
	第1次	第2次	第3次	第1次	第2次	第3次	第1次	第2次	第3次	第1次	第2次	第3次	
長野市	35,591	33,657	66,916	31,766	41,630	78,442	24,342	43,184	86,113	21,548	45,366	95,688	
大町市	5,807	5,492	6,174	4,622	6,817	6,902	3,247	7,550	7,842	2,455	7,185	8,189	
更埴市	6,494	5,141	5,509	5,543	6,502	6,196	3,709	6,846	6,638	3,126	7,565	7,557	
北安曇郡	八坂村	880	192	148	694	247	151	474	351	207	311	345	234
	美麻村	1,133	156	226	720	267	217	401	395	266	248	410	280
	白馬村	2,637	560	983	2,166	599	1,233	1,595	658	1,615	849	837	2,373
更科郡大岡村	1,470	143	270	1,191	264	293	790	448	291	598	523	300	
埴科郡戸倉村	2,642	2,161	2,517	2,197	2,747	3,093	1,439	2,947	3,700	1,237	3,502	4,124	
上水内郡	信州新町	3,976	922	1,416	3,170	1,379	1,492	2,401	1,681	1,422	1,862	1,762	1,483
	戸隠村	2,491	661	898	1,968	826	1,155	1,576	774	1,343	1,478	852	1,512
	鬼無里村	1,735	446	481	1,306	490	585	874	795	542	681	701	593
	小川村	2,911	376	645	2,242	608	738	1,513	927	710	1,134	1,131	806
	中条村	2,288	252	553	1,682	601	640	1,123	771	644	888	817	734

表 9・4 土地利用状況のまとめ

土地利用 区 分	主 な 分 布 域	要 因			地すべりとの 関 係
		傾 斜	地 質 ・ 構 造	そ の 他	
田	千曲川の後背湿地 聖川の河川低地 篠ノ井有旅、山布施 大岡村中牧 七二会の山麓 中条村の山麓 飯縄山山麓 土尻川河谷低地 美麻村南村～青具	3°未満の所が が多く 3°以上 8°未満 が比較的多い 山麓部では8° 以上15°未満で も作付してい る（棚田）	泥質堆積物 泥岩分布地区に 多い。 中山～小谷断層 沿いに並ぶ	かんがい用水 { 河川水 山麓の湧水 溜池	泥岩分布域の 浅層地すべり 地は棚田とな る。
普通畑 牧草地	（小規模） 信更町高野 美麻村二重新行 美麻村青具 小川村成就～上野 " 塩沢	3°以上 8°未満 が主体 8°～15°も多く 15°以上もまれ にある	崖錐堆積物 泥岩分布域と 砂岩・礫岩分布 域の緩斜面	浸食をやや受 けた緩斜面 水は少ない	緩斜面 小属斜面
樹木畑	七二会地区 中条村 小川村中～東部 信州新町北東部など （広い範囲を占める）	3°～40°まで 多くは 8°以上30°未満	崖錐堆積物 多くは 泥岩分布域	水は一般に 乏しい	地すべり緩斜 面波状起伏地 など
森 林	篠山～高尾山周辺 虫倉山～陣馬平山周辺 小川村西部～美麻村 信州新町南西部	多くは 20°以上 特に30°以上に 多い	火砕岩 礫岩、砂岩層 等の浸食に強 いもの	—	あまり地すべ りは多くない 崩壊地形が目 立つ
荒 地	中条村 長野市七二会	20°～30°に多 い河床にもあ る	崖 錐 崩 積 土	—	地すべり地周 辺の河川や斜 面
宅 地	更埴市、七二会、中条 村、小川村、信州新町 山間部に点在	緩斜面30°未満 多くは15°未満	—	—	地すべりプロ ック外の低地 尾根 ただし 七二会付近で はブロック内 にもあり

9-2 地すべり調査地域内の法令指定等調査

国及び地方自治体で制定された砂防指定地、地すべり防止区域等の法令指定状況を調査した。収集した資料とその内容を表9-5に示す。また、各々の規制区域・地域の種類と根拠法令をまとめて表9-6に示す。

表9-5 収集した法令規制状況図等とその内容

資料名	発行機関	発行年月	掲載された規制内容
長野県 防災・保全等規制 現況図 (5万分の1)	長野県企画室	昭和53年11月	<ul style="list-style-type: none"> ○ 急傾斜地崩壊危険区域 ○ 砂防指定地 ○ 地すべり防止区域 ○ 河川区域 ○ 史跡名勝天然記念物 ○ 埋蔵文化財包蔵地
長野県管内図 砂防関係指定図 (20万分の1)	長野県	昭和54年1月	<ul style="list-style-type: none"> ○ 砂防指定地 ○ 地すべり防止区域 ○ 急傾斜地崩壊危険区域 ○ 国有林
長野県土石流危険 溪流位置図 (20万分の1)	長野県	昭和58年	<ul style="list-style-type: none"> ○ 県調査溪流 ○ 直轄調査溪流
長野県土地利用 基本計画図	長野県	昭和53年 月 昭和58年 3月 改訂	<ul style="list-style-type: none"> ○ 都市地域(市街化区域、市街化調整区域、 その他都市計画区域における用途地域) ○ 農業地域(農用地区域) ○ 森林地域(国有林、地域森林計画対象民 有林、保安林) ○ 自然公園地域(特別地域、特別保護地区)

表 9・6 諸法令、条件による規制地域等の種類

規制等 地域区域	根拠法令 (公布年月日)	指定権者	規制権者	主務課
急傾斜地崩壊 危険区域	急傾斜地の崩壊による災 害の防止に関する法律 (昭44.7.1)	知事	知事	土木部砂防課
砂防指定地	砂防法(明30.3.30)	建設大臣	知事	土木部砂防課
地すべり防止 区域	地すべり等防止法 (昭33.3.31)	建設大臣 農林水産大臣	知事	農政部耕地第一課 林務部治山課 土木部砂防課
河川区域	河川法 (昭39.7.10)	建設大臣 (一級河川) 市町村長 (準用河川)	建設大臣又は知 事(一級河川) 市町村長(準用 河川)	土木部河川課
河川保全区域	河川法 (昭39.7.10)	建設大臣 又は知事	建設大臣 又は知事	土木部河川課
災害危険区域	建築基準法(昭25.5.24) 長野県建築基準法施行条 例(昭46.7.13)	知事	知事	住宅部建築管理課
鳥獣特別 保護地区	鳥獣保護及び狩猟に関す る法例(大7.4.4)	環境庁長官 又は知事	環境庁長官 又は知事	林務部治山課
風致地区	都市計画法(昭43.6.15)	知事	知事	土木部都市計画課
史跡名勝 天然記念物	文化財保護法 (昭25.5.30)	文部大臣	文化庁長官 又は県教育 委員会	教育委員会事務局 文化課
県史跡名勝 天然記念物	長野県文化財保護条例 (昭50.12.25)	教育委員会	県教育委員会	教育委員会事務局 文化課
埋蔵文化財 包蔵地	文化財保護法 (昭25.5.30)		文化庁長官	教育委員会事務局 文化課
市街化区域 用途区域 市街化調整区域	都市計画法			
農用地区域	農業振興地域の整備に 関する法律			
保安林	森林法			
特別保護地区 特別地域	自然公園法			
原生自然環境 保全地域 特別地区	自然環境保全法			

9-3 自然条件よりみた地すべり地の土地保全の指針

調査地域の土地利用の現況や計画と、例えば『地すべり予察地形分類図』を見比べればわかるように、地すべり災害は当地区では避けて通れない宿命とも考えられる。反面、このような厳しい自然条件の裏に、農耕に適した土壌がかつての地すべり関係として山腹に形成され、同時に、農業用水や飲料水が得られやすいなどの恩恵を蒙っていることも見逃せない。

本節ではこのような災害と恩恵をもたらした自然条件をいかに受けとめれば、土地保全のために役立つかについて考えてみた。

9-3-1 地すべり地域の土地利用と諸条件

土地利用の決定は地形・地質等の自然条件と人口の増加、産業間の力関係、時代の要求等の社会条件に依存していると考えることができる。言い換えれば、社会的要求が強くても、自然条件が整わなければ土地利用の変換は極めて困難であり、逆に自然条件がいかに整っていても社会的要求がなければ、現状の土地利用を変換してもしかたがないということである。

(A) 自然条件

地すべり地域の土地利用の自然条件としては、(1)地形 (2)地質 (3)水の問題 (4)災害履歴などがある。

地形のうち、最も土地利用形態に大きく作用するのが傾斜であり、傾斜30°以上では森林地域以外に利用されることは稀れであり水田は3°未満に多い。傾斜を決定する要因として、侵食平坦面、地すべり活動による斜面形状の変化を挙げることができるが究極的には、地殻変動、海水準変動、気象条件などその歴史がからんでいる。

土地利用に直接関係するものとして土壌と水が挙げられる。その土壌形成に大きく影響を与えている要因は原岩の岩相、固結程度、二次堆積場の存在、気象条件等が考えられる。

水の問題は農耕及び居住条件として重要であり、農業用水がないため、土壌及び傾斜条件が揃っていても水田にならず、畑作中心となっている例は、当調査地域にも多い。また、飲料水が容易に入手でき難い地区では集落が発達せず、したがって、畑作も人手のかかるものは敬遠されることが想像される。

災害の歴史は住民の記録に残り、後世の子孫に語り継がれる。しかし、その災害の頻度により土地利用は左右される側面がある。つまり、くり返し間隔が長いと居住地、極めて短いと荒地・草地程度の土地利用が行われ、その中間に農地としての土地利用が位置すると考えられる。

(B) 社会条件

次に、社会的側面からの土地利用形態の決定も考えられる。当地域の侵食平坦面を利用した耕地は、古くから開発され、とくに戦国時代以降急速に土地開発が進行したといわれ、一つに人口増加による耕地拡大の要求があったと考えられる。また、同地域の傾斜畑の多くが桑畑となっているのも養蚕という明治から大正時代にかけての社会的要求を強く受けていると考えられる。しかし、この桑畑も、養蚕の衰退にともなって有効な土地利用の転換にせまられつつあると言える。また、第一次産業から第2次さらに第3次産業に従事する割合も実数も多くなるにつれて、犀川の右岸は、水田、りんご園などが宅地、工業団地などと変化してきている。しかし、七二会地区など西部の山地は、地盤がもろく、急傾斜地も多く、且つ道路事情も極めて良くないため、農地から住宅地、工場用地等に転用することは難しい。農地としても傾斜地で

あり、農耕に機械力を導入し省力化することも困難であり、離村する場合が見られる。

以上より、当地域の地すべり地帯の土地利用は、地すべり災害等の厳しい自然条件を長い間の人々の努力によって作り上げた産物とさえ考えることができる。しかし、一方で、土地の高度な利用形態に直面する現状に至って、この地域は大きな転換期をむかえていると考えられよう。地すべり等の危険性を内包した土地だからといって放棄したり、現状のままの土地利用を続けることは、地域のみならず国の損失でもある。自然の条件に強く規制されながらも、有効かつ高度な土地利用の可能性を模索することは、現在に生きる官民全体の責務とさえ言えよう。

9-3-2 土地保全の際に留意すべき地すべりの自然条件

本節では、今回の調査地域のような地すべり地域で、高度な土地利用の開発に際して土地保全上留意しておくべき自然条件について概説する。

(1) 地形条件

地表の傾斜は前述のように土地利用区分を大分けている。(図9・6)。起伏量も同様な要因を有している。一方、地すべり地形は、斜面の傾斜に緩急を付けている。開発に際して、障害として現われる地すべりの多くが以前に活動した地すべり(旧地すべり)地である場合がほとんどであることを知っておく必要がある。すなわち現在、不動と考えられる地域にある地すべり地形は、今後とも不動であるという保障はないのであり、地すべり地形の判読・記載が有意義であることも、この為である。地すべり地形の頭部に盛土したり、末端部を切土して、地形を改変すれば斜面を著しく不安定にする結果となり、開発に際して注意すべきこととなる。

(2) 地質条件

調査地に分布する地層の形成年代により、地すべり地形の分布密度を見ると、完新統～更新統の分布する地域では、地すべり地形は極めて稀れであり、地形も起伏量の少ない幼年地形となっている。また中部中世以前の地層の分布地域では、起伏量が大きく壮年期地形を呈するが地すべり地形密度は低い。一方、鮮新世～上部中新世以後の地層の分布する地域では幼～青年地形をなし、起伏量も変化に富み全体に地すべり地形の分布密度が高い。以上のことは幼年期、壮年期又は小起伏、大起伏等の要因よりも、地層の形成年代、つまり岩石の固結状況が地すべり発生の大きな要因の一つとなっていると考えられる(表9・7)

次に、建設省等で地すべりタイプの分類として、岩盤地すべり、風化岩地すべり、崩積土地すべり、及び粘質土地すべり、及び粘質土すべりの4タイプがあり、特徴がまとめられ対策工の選定目安ともなっている(表9・8 表8・6 表8・9 表8・14等参照)。今回は調査結果を基に、地すべりの諸特徴を本質的な差と考えられる。岩相の違いによって分類してみた。

表9・9がそれで、地すべりの諸特徴を明瞭に区別して表現できる。すなわち、泥質系の岩相の分布する地域の地すべりは、数は多いが、各々の規模は小さく、すべり面は浅く地下水は高い。また、動きは遅いが、長びき、対策工として、浅層地下水排除工、排水井工が妥当であるが、完全な動きの終結には長い年月を要する。地すべりの誘因は、降雨、融雪が主なもので土地利用は農地であり、農業用水が得られる所では水田、そうでない所では傾斜畑となっている。一方、砂質系岩相の分布する地域の地すべりは、数は少ないが、1箇所当りの規模は大きく、地すべり面は深く、地下水位は低い。また、活動は突発性で動きは早い場合が多く、深層地下水排除工や抑止工が対策工と考えられ、対策費が巨額になる。また、誘因としては人為的な行為

の他に地震による影響を強く受ける。土地利用は尾根筋の平坦面は畑地となり人家をのせていることもあり、周辺の斜面は山林となっている。

その他として、流水盤地すべりが比較的多いが、この傾向は、特に砂岩・泥岩互層や泥岩層で見られ、礫岩・砂岩層や砂岩層では不明瞭である。また、断層破碎帯や褶曲度の高い歪の集中域に地すべりの発生密度が高くなる傾向がある。

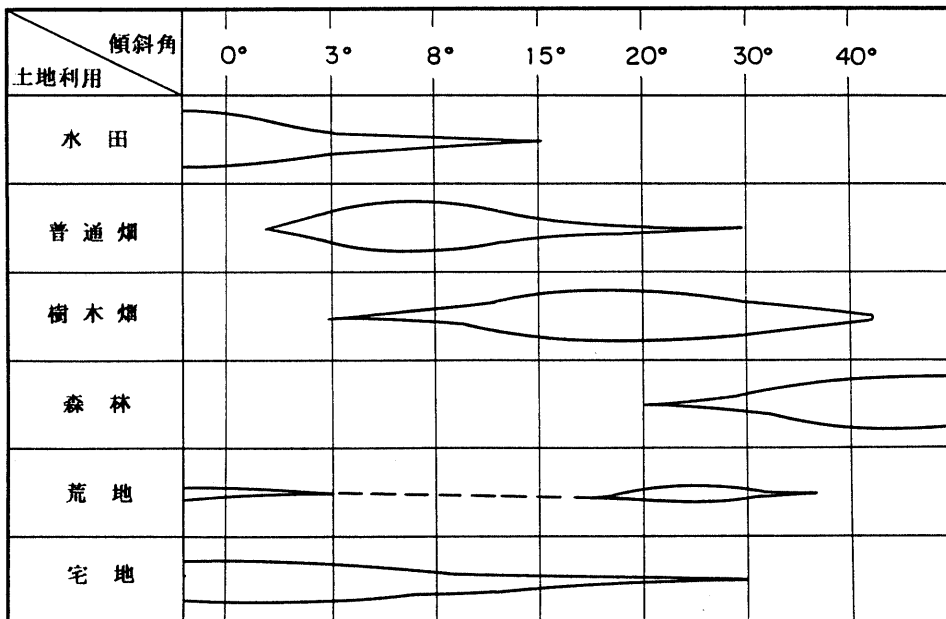


図9・6 傾斜角と土地利用の形態（調査地域）

表9・7 調査地の地層の形成年代による地形その他の概要

地層の形成年代	地形	起伏量	地すべり地形
完新世～更新世	幼年期	小	稀
鮮新世～後期中新世	幼～青年期	小～大	多
中期中新世以前	壮年期	大	少 ※

※ 地すべりは地質構造（断層）に規制されたものが多い

表9・8 地すべりタイプの分類

分類 特徴	岩盤地すべり	風化岩地すべり	崩積土地すべり	粘質土地すべり
旧分類名	幼年型	青年型	壮年型	老年型
平面形	馬蹄形, 角形	馬蹄形, 角形	馬蹄形, 角形, 沢形 ボトルネック形	沢形, ボトルネック形
一般的な形	一盤に台地部があるが不明瞭である。凸型斜面に多く, 鞍部から発生する	明瞭な段落ち, 番状の陥没地と台地を有す, 大きくみれば凹型だが, 主要部は凸型	滑落崖を形成し, その下に沼, 湿地などの凹凸あり, 頭部にいくつかの残丘があり, 凹形斜面に多い	頭部に不明瞭な台地を残し大部分は一般的な緩斜面, 沢状の斜面である
微地形	凸状尾根地形	凸状台地形 単丘状凹状台地形	多丘状凹状台地形	凹状台地形
すべり面形	椅子型, 舟型	椅子型, 舟型	階段状, 層状	階段状, 層状
すべり面の形状	平面すべり (椅子型)	平面すべり (頭部と末端がやや円弧状)	円弧と直線状, 末端が流動化	頭部が円弧状だが大部分は流動状
おもな土塊の性質	頭部	岩盤または風化岩	風化岩 (き裂が多い)	礫混じり土砂
	末端部	風化岩	巨礫混じり土砂	礫混じり土砂, 一部粘土化
運動速度	2 cm/日以上	1.0~2.0cm/日程度	0.5~1.0cm/日	0.5cm/日
運動の継続性	短時間突発的	ある程度断続的 (数十~数百年に一度)	継続的 (5~20年に1回程度)	継続的 (1~5年に1回程度)
予知の難易	非常に困難, 綿密な踏査と調査を必要とする	1/3,000~1/5,000地形図で予知できるし, 空中写真の利用も可能	1/5,000~1/10,000地形図でも確認できる。地元での聞き込みも有効	地元での聞き込みによって予知できるし, 非常に容易に確認できる
平均的な安全率	大抵の場合 $F_s < 1.10$, 一時的にある程度の切土, 盛土も可能	$F_s = 1.05 \sim 1.10$, 一般的に5%程度の安全率を低下させることは可能	$F_s = 1.03 \sim 1.05$, 一時的には3%程度安全率を悪化させても安定している	切土, 盛土は不可能, 少量の土工でも運動を再発する
主要な対策工	深層地下水排除, 土塊除去, 抑止工	深層地下水排除, 土塊除去, 地表水排除, 抑止工	頭部での深層地下水排除, 地表水排除, 溪流工	頭部での集水井工, 末端での浅層地下水・地表水排除, 溪流工
対策工の効果	即効的で完全安定化可能	即効的であるが, 異状天然現象時に再発のおそれがある	対策工施工後1~3年を費す。末端部の安定化が困難	遅効性で対策工施工後数年を要し, 完全な安定化は困難

(土木研究所資料1003号より)

表9・9 岩相による地すべりの特性の分数

岩相	地すべり密度	地すべり規模	すべり面	平面形	微地形	活動性	地下水位	主な誘因	主な対策工	土地利用
泥質系	大	小	浅い	沢形 ボトルネック形	凹状緩斜面	継続性 (低速)	高い	降雨 融雪	浅層地下水 排除工 集水井工	水田 (水のある所) 畑 (傾斜畑)
砂質系	小	大	深い	馬蹄形 角形	凸状 尾根地形 (不明瞭)	突発性 (高速)	低い	地震	深層地下水 排除工 抑止工 (巨額となる)	畑(尾根) 山林

9-3-3 土地保全の指針

地すべり地の荒廃化防止及び土地の高度な利用を行う際に留意すべき事項をまとめて指針とする(図9・7参照)。

- (1) 地すべり地形の有無を詳細に検討する。
- (2) 地すべり地形の無い場合
 - ・周辺の地すべりに将来にわたって影響されないか検討する。
 - ・開発に伴い初生的な地すべりが発生しないようにする。
 - ・地下水の状況が危険側に変化させてはならない。
- (3) 地すべり地形のある場合
 - ・法令による規制地域内では規制条項に従う。
 - ・地すべり規模の想定を行い、対策の可能性やその費用を推定し開発行為の取り止めを含めた変更を行う。
 - ・開発に当っては、地形(特に傾斜)、地質(特に岩相)、地下水の自然条件に適したものと、この自然条件が不明な場合は調査を行う。
 - ・地すべり活動地区内には家屋の新設、改築は極力回避し、安定地区への移転を指導する。
 - ・地すべり活動が顕著でない所においても、定期的巡回、監視体制、通報体制を整えておく必要がある。
 - ・地すべり地内の水田、溜池、水路等は改修、点検に努め、漏水を極力防止する。

9-4 地すべり地域の土地利用適性評価

調査地域のような、地すべり地帯の土地利用の適正評価を行う場合、次のようなケースが考えられる。

- ① その地域の自然条件のみから、土地利用の適性評価を行うケース。
- ② 現況の土地利用を容認しながら、地すべり地域の土地利用適性評価を行うケース。

今回の調査では、第1段階で自然条件より、各地すべりブロックの評価を行い、第2段階として、各々のブロックの活動に伴って災害が発生した場合の保全物件の種類より区分し、その区分毎に土地利用上の付帯条件をつけて評価することとした。

9-4-1 第1段階-自然条件からみた地すべり地域の評価

図4・11に示した地すべり地の評価結果を基本として、総合評価した。地すべりの明瞭度(A, B, C, D)、規模(1, 2, 3)、及び地すべり土塊の残存程度(a, b, c)の組合せで28種類の分類を図9・8に示すように10ランクに再分類した。その結果を図9・9に示す。また、各ランクの割合を図9・10、岩相別の各ランクの割合を図9・11、また、各岩相の累積割合を図9・12に示した。なお、新しいランクA(1-3)、B(1~3) C(1~3)は表9・10に示す評価基準とする。

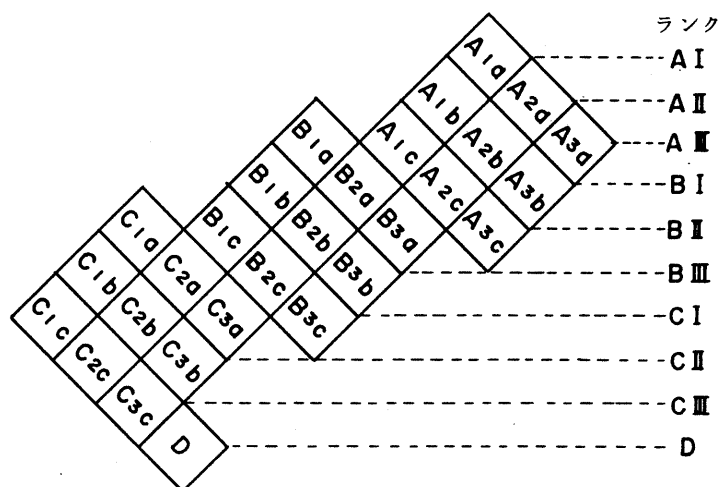
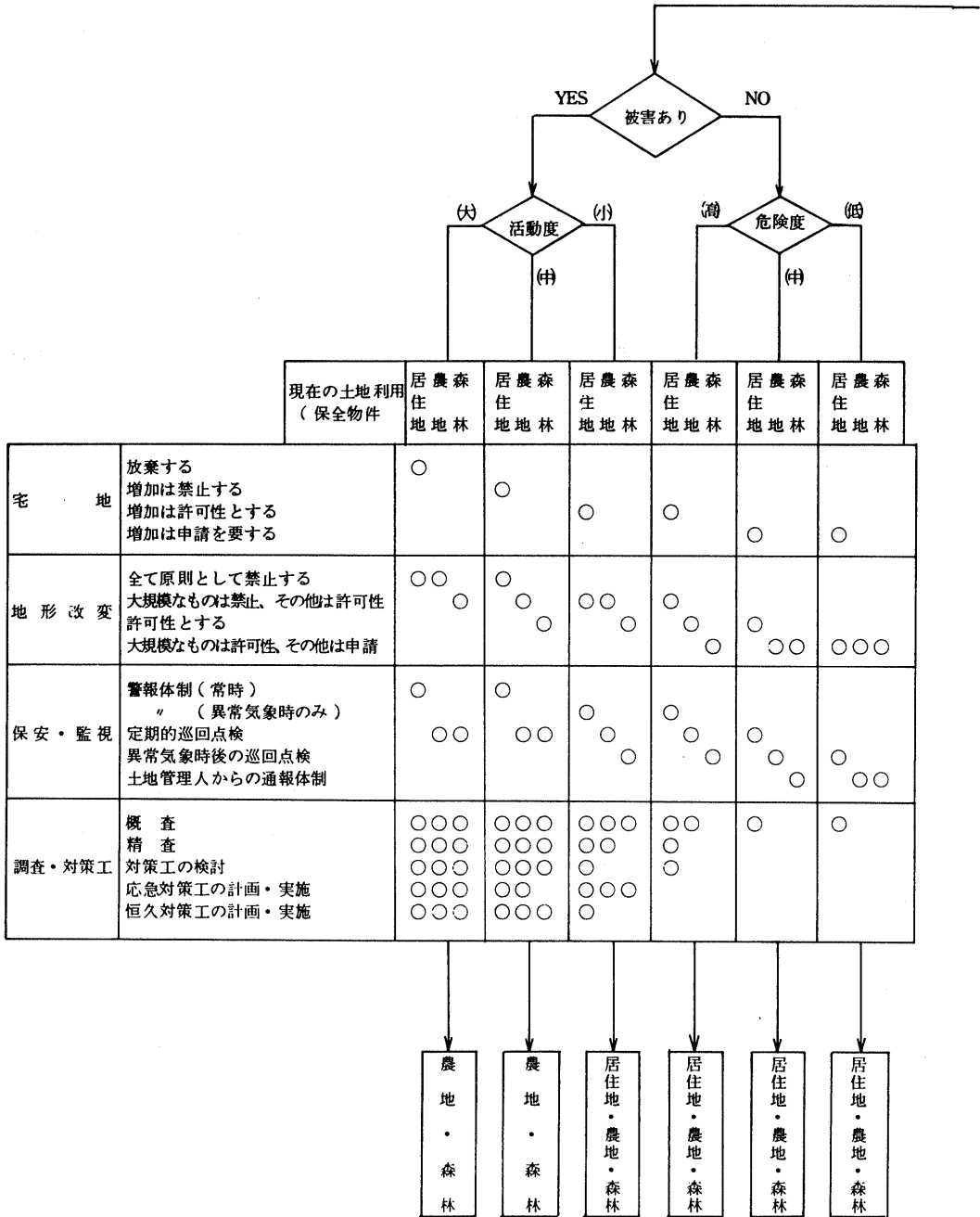


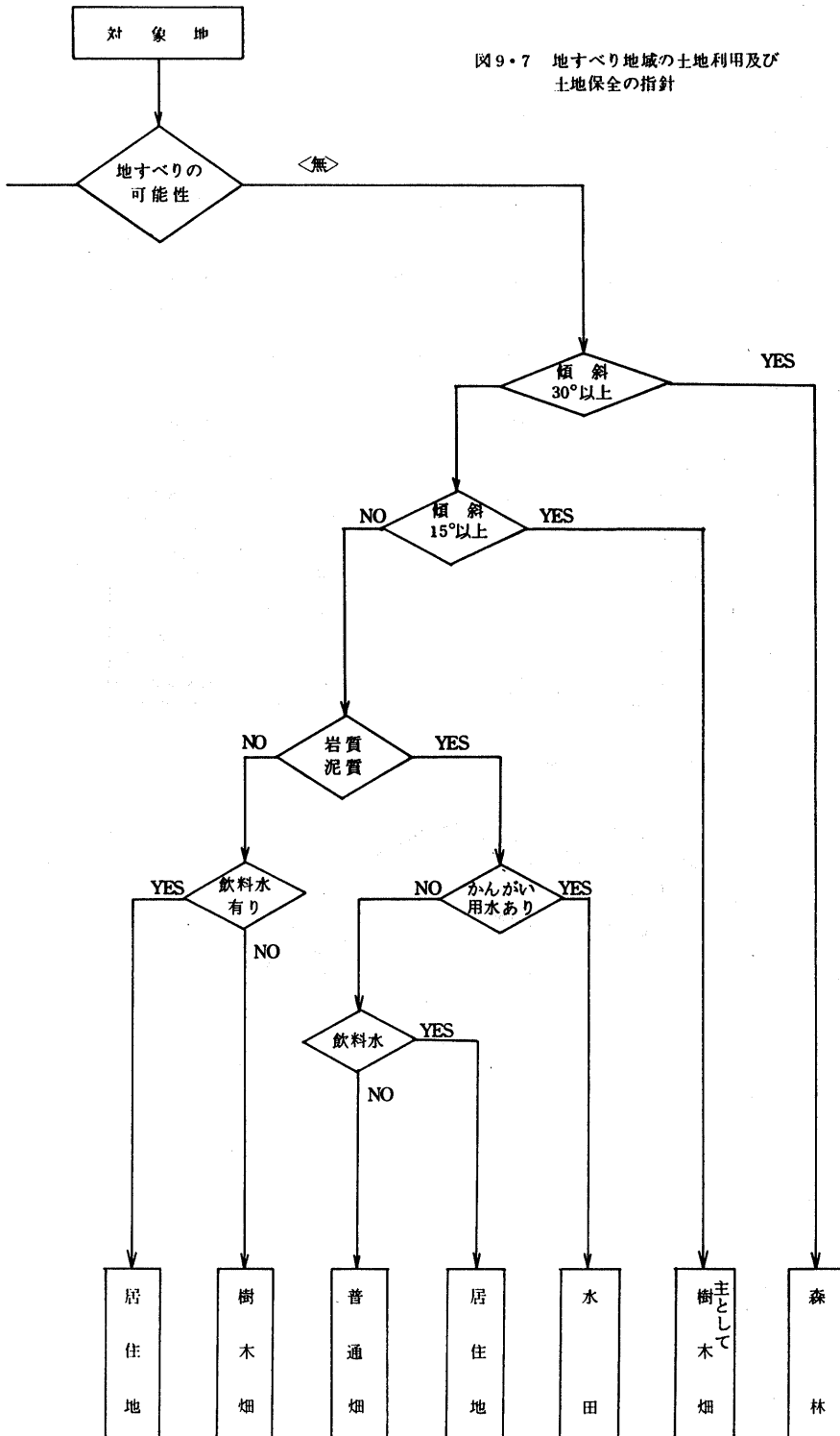
図9・8 総合評価のランク

<有>



許容される土地利用形態

図9・7 地すべり地域の土地利用及び土地保全の指針



水田・居住地 → 普通畑 → 樹木畑 → 森林の順番のうち、上位のものを記入している。

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O	P	Q	R	S	T	U	V
a	B3	B2	C1	C3	C3	C1	C1	B3	C1	A3	A1	A1	C3	B3	C1	B2	B1	B3	A3	B1	B1	B3
b	B1	B1	C3	C1	B1	B2	B2	B2	B1	B1	B2	A2	C3	C3	A3	B3	C1	A3	B3	A3	A3	A2
c	B2	C3	A3	B3	B1	B2	B1	C1	A2	B1	B1	A3	B2	B3	B1	B1	A3	B2	C1	A3	B1	B2
d	B3	B2	C1	B3	B2	C2	B3	B2	B3	B1	A2	B1	B1	B2	B2	B1	A3	A3	A2	A1	B3	B3
e	C3	A1	B3	B3	C3	C3	A3	B1	B1	B3	A3	B1	B2	B3	B1	B2	B1	A2	B1	B3	B1	A2
f	C1	B2	B3	B2	C2	B3	A3	B2	C1	A3	B2	B2	B1	B2	B1	B3	A3	A3	A3	B1	A3	B3
g	C3	A3	A2	B3	B3	B2	B3	C1	B2	B2	C1	B1	B3	B3	B2	A2	B2	B3	B2	B2	B3	B3
h	B3	A2	B1	B2	B1	B3	A3	C1	B3	B2	B1	B1	B2	B3	B2	B1	A1	A3	B1	A3	A3	B1
i	C3	B3	C2	B2	B2	B3	A3	C1	B1	B3	C1	A3	A3	A3	A3	B2	A3	B2	B1	A1	A2	A1
j	C3	B3	B1	B1	B3	B3	A2	B3	B1	B3	C1	B2	B2	A3	B1	A2	B3	A3	B3	B3	A2	A2
k	C3	B1	C2	B3	C3	B1	C1	B3	B1	B2	B1	B3	B3	B3	A3	B3	B1	B3	B3	B3	A2	A2
l	C2	C3	B3	B2	C3	B2	A1	A1	C1	A2	C2	C3	B3	B2	B2	A3	C3	A3	C2	C1	B2	C3
m	C3	D	B3	B2	A2	A3	A1	A1	C2	B3	C3	B3	A3	B3	B2	B2	C3	B3	B3	B3	B3	D
n	C2	C3	B3	B2	A2	A3	A2	B2	A3	C3	B2	C1	A3	B2	C1	B3	B3	D	D	B2	C3	D
o	C3	C3	A3	B3	B3	B1	A2	A3	A2	C3	C1	B3	B1	C1	B2	B3	B3	B3	C2	C2	C3	D
p	B3	C1	B3	B3	B3	A3	A2	B3	C1	B1	B1	B2	C2	B2	B1	C3	B3	C2	B3	D	D	D
q	B3	B2	B1	C1	B1	A3	C3	B1	B1	B2	B3	B1	B3	C3	B3	C2	B3	B3	C3	D	D	D
r	B3	B2	B1	B1	B2	B3	B2	C1	B1	B3	B2	B3	C1	C2	B2	B2	A2	C2	B1	B3	B2	C3

図9・9 メッシュ毎の地すべりの総合評価結果

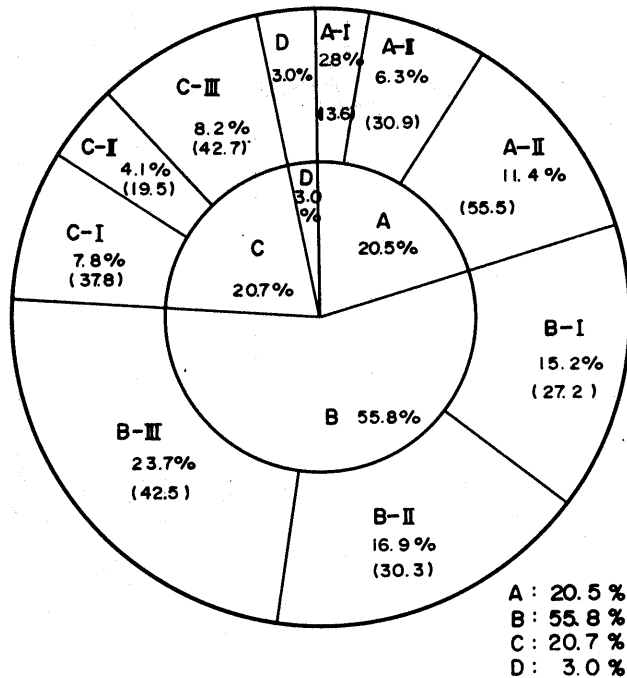


図9・10 各ランクの発生割合

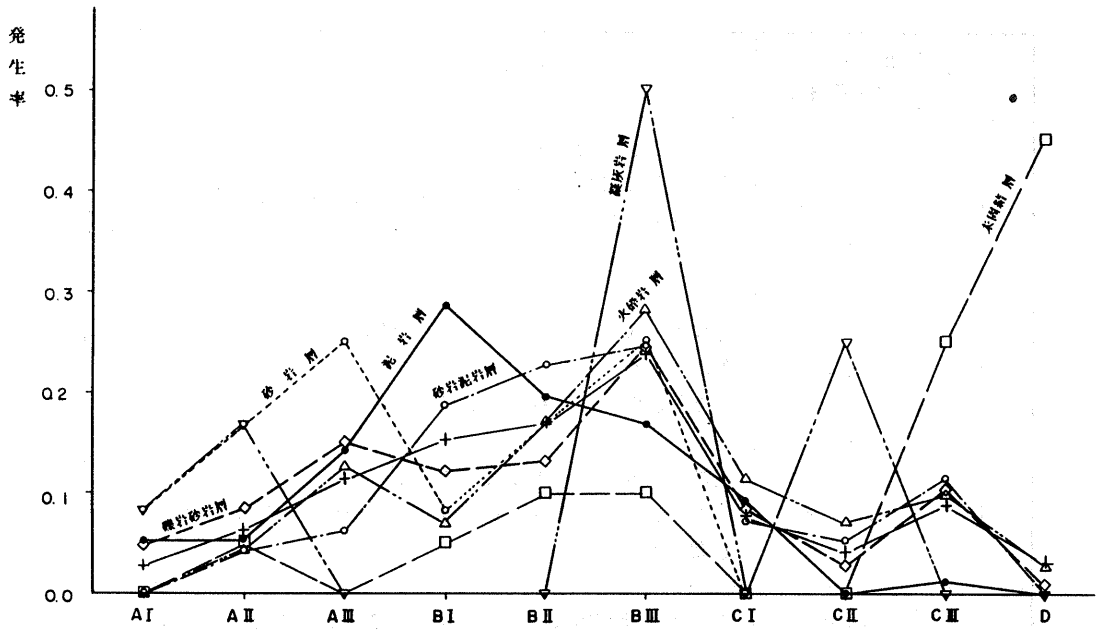


図9・11 岩相毎の各ランクの発生率

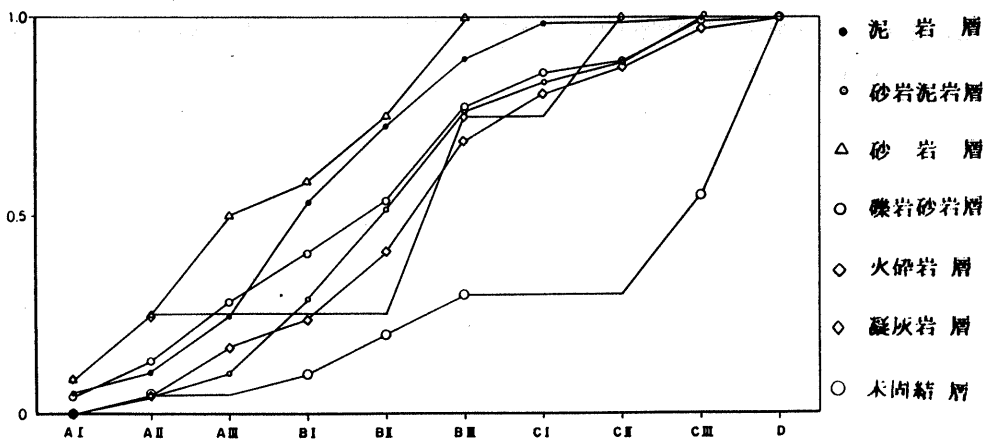


図9・12 岩相毎の各ランクの累積発生率

表 9・10 各ランクの土地利用に対する評価内容

ランク	地すべりに 対する評価	土 地 利 用 に 対 す る 評 価
A	危 険	宅地には適さない所あり 農地としては使用可能 } ただし、荒廃化対策必要 森林としては " } 開発に対しては充分の検討を行い、対策工を必要とする
B	やや危険	宅地としては容認できるが、定期的点検などを行うこと 農地・森林として使用可能 ただし、開発には検討が必要
C	安 全	宅地、農地、森林として使用可能 ただし、大規模開発、重要構造物構築に際しては、検討 を要する
D	地すべり な し	全ての土地利用は、一般地域と同様に行うことができる

9-4-2 第2段階 現況の土地利用を考慮した評価

次に、各地すべりブロックの明瞭度の3段階について、各々の地すべりブロックが活動した際に被害を及ぼすと想定される保全対象物件毎に細区分を行った。

結果は付図に示す『地すべり崩壊発生時における被害対象物件』に表わした。各々の保全対象毎に各ランクの土地保全上の留意点は図9・7に示したフローチャートと同じであり、一覧表として表9・11に示した。

表9・11 地すべり地の保全対象による土地利用上の保全に関する留意点

保全対象 被害状況	家屋						道路・鉄道						農地						森林																							
	有			無			有			無			有			無			有			無																				
	被害程度	危険	危険	被害程度	危険	危険	被害程度	危険	危険	被害程度	危険	危険	被害程度	危険	危険	被害程度	危険	危険	被害程度	危険	危険	被害程度	危険	危険																		
調査の必要性	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○
精査の必要性	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○
応急対策工の必要性	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○
恒久対策工の必要性	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○
禁止	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○
地形変更	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○
申請	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○
請	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○
制	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○
定期	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○
不定期	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○
巡回	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○
異常気象時	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○
土地利用の形態の変更の必要性	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○
望まれる土地利用形態	1. 森林 2. 農地 3. 宅地																																									

表10 調査地の地質層序区分

		1	1. 安山岩質貫入
更新世	猿丸累層	2	2～4：美摩累層 (2：新行礫岩凝灰岩層 3：峠砂岩泥岩層上部 4： ” ” 下部 5：北城累層郷社窪火山礫岩層 6：日影砂岩礫岩層 7：猿丸層下部礫岩砂岩層
		3	
		4	
		5	
		6	
		7	
鮮新世	柵累層	8	8：柵累層上部 田ノ頭泥岩層 荻久保砂岩泥岩層 9～10：柵累層中部 9：井戸入沢砂岩泥岩層、広瀬泥岩層 10：荒倉山・聖山火砕岩層 11～13：柵累層下部 (11：高府泥岩層、平床沢砂岩・泥岩層、瀬脇泥岩層 市1瀬砂岩層、城下砂岩礫岩層 12：権田礫岩砂岩層、13久米路火砕岩層
		9	
		10	
		11	
		12	
		13	
中新世	小川累層	14	14：小川累層上部(飯森砂岩層) 15：小川累層(境ノ宮砂岩泥岩層 柳沢砂岩泥岩層 16～17：小川累層下部 (16：山清路礫岩砂岩層 17：裾花凝灰岩層
		16	
		17	
		15	
世	青木累層	18	18：青木累層上部(千見砂岩泥岩層) 19：西京泥岩層
		19	

付 地 質 各 説

本調査地域に分布する地層群の岩相と特徴を以下に概説する。

① 貫入岩類 (1)

本地域に分布する貫入岩類はいずれも柵累層の火山岩類に伴うもので、地域により岩石種、形態・規模などが若干異っている。鬼無里村 奥田中南東、笹田付近、小川村味大味、中条村小手屋などにはNE-SW方向及びWNW-ESE方向のかんらん石普通輝石安山岩、しそ輝石普通輝石安山岩質の岩脈が発達している。また、鬼無里村奥田中南東、小川村味大豆東方の沢口採石場、中条村御山里、長野市七二会の平出採石場など荒倉山火砕岩層の周縁部には普通角閃石安山岩、含しそ輝石普通輝石普通角閃石安山岩の円形～楕円形の貫入岩体がみられる。さらに折橋向斜の軸部付近にあたる戸隠村上祖山には楕円形の玢岩の貫入岩体がある(矢野、1981)。

② 美麻類層(2～4)〔姫川国研グループ、1958〕

糸川川-静岡地質構造に沿う大峰帯(小坂1979)に分布する地層の一部である。岩相の特徴から幸田、峠、新行の3部層に区分されるが、調査地では後2者のみが分布する。新行部層(2)は、石英安山岩質凝灰岩と中粒礫岩の互層を主体とする地層で、NSないしNNE-SSW方向で南へブランチした向斜構造を示している。礫岩は一般に中～粗粒で、向斜の北部と南部・東翼と西翼とで礫組成や淘汰度などが異っている。凝灰岩は向斜西翼部および南部に厚く発達しており、一般に灰白色石英安山岩質凝灰岩が主体である。向斜南部では、溶結凝灰岩が広く発達する。岩部層(3,4)は細粒砂岩、泥岩を主とし、他には凝灰岩、凝灰質砂岩をしばしばはさむ地層である。本層下半部には石英安山岩質凝灰岩が発達し、またしばしば砂岩、泥岩互層部に亜炭層、石灰質ノジュールなどがみられる。

③ 北城累層 (5)

本層も大峰帯に発達する地層の一部である、郷社窪部層は全体として安山岩質凝灰岩礫岩、溶岩、凝灰質砂岩、凝灰岩などの互層が多く、中～上部には石英安山岩質溶結凝灰岩がしばしばはさまれる地層である。

④ 日影砂岩礫岩層 (6)〔富沢 1958〕

日影地向斜の中軸に発達する地層で、下部は主に砂岩層、上部は礫岩層から構成されている。砂岩層は塊状で、やや緑色を帯びた淡灰色細粒砂からなり、径20cmほどの円形ノジュールをしばしば含む。礫岩層は淘汰良好で径数cm～10数cmのチャート、硬砂岩、花崗岩、石英斑岩、スレートなどの古期岩類からなる円礫岩層である。

⑤ 猿丸累層下部 (7)

猿丸累層は上下に2分されるが、調査地では下部層のみがみられる。下部層は青灰色～黄褐色細・中粒砂岩、細～中礫岩を主体とし、石英安山岩質～流紋岩質凝灰岩層、緑灰色～青灰色泥岩層などをはさんでいる。砂岩層には斜交葉理が良く発達する。礫岩層は数10cm～10mほどの層厚をもち、チャート、硬砂岩、ホルンフェルスなどの古期岩類のほか、緑色凝灰岩、石英内緑岩、玢岩など第三系とみられる礫を含んでいる。

⑥ 柵累層上部 (8)

本地域では、田ノ頭泥岩層、荻久保砂岩泥岩層がこの層準に相当する。田ノ頭泥岩層は日影向斜地域に発達するもので、下部では暗灰色塊状砂岩：上部では葉理の発達した砂質泥岩からなり、全体に

石灰質ノジュールや生痕化石に富み、玄能石をしばしば含んでいる。また下部に酸性凝灰層が七枚挟まれている。

荻久保砂岩泥岩層は、折橋向斜南東翼部に発達するもので、岩相変化に乏しい暗灰色泥岩からなる。荒倉山火砕岩層との境界部、とくに戸隠村積沢、平出付近には淘汰の悪い砂岩などが発達している。

⑦ 柵累層中部（9.10）

本地域でこの層準に相当する地層は、井戸入沢砂岩泥岩層、広瀬泥岩層、荒倉山火砕岩層、聖山火砕岩層である。井戸入沢砂岩泥岩層は、日影向斜部に発達する地層で、層理の不鮮明な砂岩・泥岩互層を主体とする。泥岩は砂質～礫質の場合が多く、中部層準には大規模スランプ構造が発達する。向斜南部西部翼部にはよく円磨された大礫（5～20cm）を含む層厚2m～3mの礫岩層が5枚発達している。模式地井戸入沢では8枚の凝灰岩薄層がみられるが連続しない。広瀬泥岩層は、折橋向斜部に発達する地層である。主に暗灰色泥岩からなり、しばしば安山岩質凝灰岩、火山礫凝灰岩、凝灰角礫岩など薄層を挟む。これらはいずれも荒倉山火砕岩層と指交関係にある。荒倉山火砕岩層・聖山火砕岩層は戸隠火砕岩層とともに、柵期の火山活動に由来する火山性堆積物である。かんらん石輝石安山岩～角内石安山岩質の溶岩、火砕岩層を主とするが、一部に泥岩・火山性砂岩層・火山円礫岩層をはさむ部分もある。

⑧ 柵累層下部（11.12）

本地域では、平床沢砂岩泥岩、高府泥岩層（11）、権田礫岩砂岩層、瀬脇泥岩層、市の瀬砂岩層、城下砂岩礫岩層（12）、久米路火砕岩層（13）などがこの層準に含まれる。平床沢砂岩泥岩層、は日影向斜部に発達するもので、主として暗灰色泥岩～砂岩・泥岩互層からなり、層厚5～30cmの淡灰色～淡青色、極細粒～中粒砂岩層をはさむ地層である。高府泥岩層、権田礫岩砂岩層は高府向斜の中央部に広く分布していて、互いに大規模な指交関係にある、前者は主に向斜北部を占めて分布し、一部に砂岩泥岩互層、砂岩層を含むものの大部分は暗褐色泥岩からなる地層である。泥岩は均質で小片に割れやすく、石灰質ノジュール、炭化植物片などをしばしば含む。一方、後者の権田礫岩砂岩層は向斜南部を占めて分布し、主に灰色～青灰色細粒砂岩、礫岩層からなっている。砂岩は一般淘汰が悪く、平行～斜交葉理が発達している。また瀬脇泥岩層、市の瀬砂岩層、城下砂岩礫岩層は高府向斜東翼から東方の中条村城下、長野市笹平～村山など、主として土夙川流域に分布する地層で、暗灰色泥岩ないし灰色青灰色中粒砂岩よりなる。

久米路火砕岩層は新州倉町久米路橋を中心にして市之瀬砂岩層中にはさまれるもので、安山岩質溶岩、凝灰角礫岩からなっている。

⑨ 小川層上部（14）

本地域では舟久保泥岩層、飯森砂岩層だけを小川累層上部として区分した。前者は長野市舟久保付近に小分布するもので主として灰色～暗灰色泥岩よりなる。後者は長野市飯森の犀川左岸に小分布し、主として青灰色ないし灰色の中～粗粒砂岩、泥岩、礫岩からなる。本層基底には下位の裾花層由来の礫を含む礫岩層も認められる。

⑩ 小川累層（15）

小川村法地、川手から美麻村日向、八坂村大姥山、信州新町日名、大原にかけて発達する暗灰色泥岩、青灰色～淡灰色細粒砂岩、砂岩泥岩互層などからなる地層を一括して境ノ宮砂岩泥岩層と呼び小川累層に含めている。裾花川上流域の白馬村、県道長野―白馬線沿いの柳沢砂岩泥岩層の上半部も同

層準と考えられ、暗灰色泥岩、青灰色～黄灰色細・中粒砂岩との互層からなっている。

⑪ 小川累層下部(16,17)

込地向斜の北部東翼部にのみ小規模にみられる山清路礫岩砂岩層(16)と長野市西部の富士ノ塔山、茶臼山、稲荷山から冠着に至る国鉄篠ノ井線沿いの山地一帯に分布する裾花凝灰岩層(17)が本層準に相当するものである。前者は分布中心が調査地より南方の生坂村山清路付近である。主に中～粗粒の礫混り砂岩からなり砂礫岩、礫岩および砂質泥岩をしばしばはさんでいる。大型の砂管を多産し、中部にカキ層を数枚はさみ、また瀝青～亜炭をはさむなどの特徴がある。後者は主として白色～灰白色斜長流紋岩質のガラス質凝灰岩、凝灰角礫岩からなる。一般に本層下部は層理が極めて不明瞭であるが長野市小市の犀川左岸の本層中部層準に黒色泥岩薄層、下部層準に礫岩がわずかに含まれる。一方、本層上部は淡～暗緑色のよく成層した凝灰岩～凝灰角礫岩からなる。有色鉱物として角閃石を多く含んでいる。

⑫ 青木累層上部(18)

小川村出法、美麻村桑ノ木沢大塩、八坂村上^{あげろ}竈、大岡村栃沢などにかけて広く分布する地層で、千見砂岩泥岩層と呼ばれるものである。主に、暗灰色泥岩、青灰色～淡灰色細粒砂岩、砂岩泥岩互層からなり一部に礫岩層をはさんでいる。一般に下部にブリッシュ型の互層が発達し、上部では泥岩層が優勢となる傾向がある。

⑬ 青木累層下部(19)

西京泥岩層と呼ばれ、鬼無里村西京、県道白馬～長野線沿いに模式的に発達し、西京背斜の東翼をつくる地層である。主に暗灰色泥岩層、淡青灰色～灰白色極細粒ないし細粒砂岩層からなり、最上位には変質し軽石質凝灰岩層をはさんでいる。

参 考 文 献

- 藤田 崇(1984):山地災害と第四紀地殻変動 — 山地解体過程としての斜面変動 —、藤田和夫(編)アジアの変動帯(4009)、PP. 343~358、海文堂。
- 北部フォッサ・マグナ研究グループ(1976):北部フォッサ・マグナ中央部の新第三系の堆積盆、地質学論集、PP. 117~131、日本地質学会。
- 伊藤和明(1983):善光寺地震 — 山崩れと洪水の恐怖 —、地理、VoL. 28、No.4、PP. 45~55、古今書院。
- 活断層研究会(1980):日本の活断層 — 分布と資料 —、363P. 東大出版会。
- 建設省河川局():改訂建設省河川砂防技術基準、調査編。
- 建設省土木研究所():土木研究所報告1003号。
- 気象庁(1972):日本気候表その2。
- 気象庁(1968):松代群発地震調査報告。
- 小林国夫(1953):フォッサマグナ西部における洪積世侵食面群、地理学評論VoL. 26、PP. 291~306。
- 国土庁土地局または経済企画庁総合開発局(1974):縮尺5万分の1土地分類基本調査成果、地形分類図、表層地質図、土壤図、傾斜区分図、答密度図およびその説明書。(1974):縮尺20万分の1土地分類図(地形分類・表層地質・土壤・土地利用現況・傾斜区分・谷密度・土地利用可能性分級)および付属説明書。
- 小出 博(1973):日本の国土 — 自然と開発 — (上・下)、東大出版会。
- 高速道路調査会(1977):地すべり及び斜面崩壊の防止対策と調査手法に関する研究報告書。
- 長野県地学会(1962):縮尺20万分の1長野県地質図及び説明書、内外地図。
- 長野県土木部(1982):茶臼山地すべり18P。
- 長野県長野地方事務所(1980):奈良尾地すべり50P。
- 中村三郎・望月巧一(1974):埋没谷の地すべりに及ぼす影響 — 長野市倉並地すべりの考察(2)、地すべり学会誌、VoL. 11、No. 1、PP. 21~31。
- 日本第四紀学会(1977):日本の第四紀研究416P. 東大出版会。
- 日本道路協会(1979):道路土工のり面工・斜面安定工指針。
- 日本道路公団
- 農林水産省構造改善局(1967):土地改良計画設計基準第2部計画12編(地すべり防止事業)。
- 望月巧一・中村三郎(1977):長野県北部山地における地すべり地の分類、地すべり学会誌、VoL. 14、No. 2、PP. 4~11。
- 榎倉克幹・西嶋輝之、今泉真之、大野勝次(1983):信州新町奈良尾地すべりの活動史、日本地質学会第90年大会講演要旨P. 438。
- 大沢 隆 美(1978):長野県奈良尾地すべりについて、地すべり学会誌、VoL. 15、No. 1、PP. 43~49
- 林 野 庁():治山技術基準解説
- 林野庁地すべり対策協議会編(1976):地すべりの実態とその対策、総論142P。

- 齊藤 豊(1956):長野市付近の新第三系、信州大学教育学部研究論集8、PP. 65~194。
- SAITO Y. (1961、1962ab 1963):Geology of the northern part of the Fossa Magna (part 1~4)、Jour. Fac. Educ.
- 齊藤 豊(1982):長野県北部の第三紀層地すべりの発生状況、信州大学教育学部紀要、47号。
- 齊藤 豊・川上 浩・阿部広史(1978):長野県信州新町奈良尾地すべりの滑動状況と原因、VoL. 15、No.3、PP. 1~10。
- 坪川家恒・岡田悖・井筒貞勝・伊藤裕・角野行栄(1968):松代群発地震にともなう水準測量(第1報・第2報)、震研彙報、VoL. 45、PP. 265~288、VoL. 46、PP. 417~429。
- 宇佐美龍夫(1976):歴史地震 — 古記録は語る — 126P、イルカぶつくす8、海洋出版。
- 宇佐美龍夫(1975):資料日本被害地震総覧、東大出版会。
- 渡 正 亮(1973):わかりやすい地すべり防止技術、土木施工、VoL. 14、No.3~7。
- 山形県農林水産部林業課(1978):山形県地すべり等調査指針207P。