

農地保全研究部会

第16回 研究集会プログラム

期日 平成7年9月7日(木)～9月8日(金)

会場 徳島県池田町総合体育館サバアリーナ

〒778 徳島県三好郡池田町マチ

TEL 0883-72-5755

テーマ：農地の保全と地すべり

I 研究発表会 平成7年9月7日(木)

8:30～ 9:00 受付

9:00～ 9:30 開会式

部会長挨拶

高知大学農学部

南 信弘

来賓挨拶

中国農政局

石川雅一

主催者挨拶

徳島県農林水産部長

石島一郎

開催地代表挨拶

池田町長

丸岡敬幸

9:30～10:15 徳島県の地すべり

徳島県池田農林事務所

矢川 優

10:15～11:15 地すべり調査のポイント

応用地質株式会社

上野将司

11:15～12:15 四国の地すべり

高知大学農学部

小椋正澄

12:15～13:30 昼 食

13:30～14:30 破碎帯地すべり地帯における斜面崩壊

農林水産省四国農業試験場 吉迫 宏

14:30～15:30 兵庫県南部地震による淡路島の農地・農業用施設災害と
その復旧について

兵庫県洲本土地改良事務所 三輪 顕

15:30～17:00 総 合 討 論

II 懇 親 会 平成7年9月7日(木)

18:00～20:00 阿波池田観光ホテル (TEL0886-72-4488)

III 現地見学会 平成7年9月8日(金)「地滑り関定地区」

Aコース 各宿舎出発(9:00)⇒地すべり関定地区(10:00)⇒祖谷かずら橋(11:30)
⇒昼食・大步危船下り(14:00)⇒阿波池田駅(14:30)

Bコース 各宿舎出発(9:00)⇒地すべり関定地区(10:00)⇒祖谷かずら橋(11:30)
⇒昼食・大步危船下り(14:00)⇒阿波池田駅(14:30)⇒高松空港(16:00)

目 次

あ い さ つ

農地保全研究部会長 南 信弘 … 1

1. 徳島県の地すべり

徳島県池田農林事務所 矢川 優 … 3

2. 地すべり調査のポイント

応用地質株式会社 上野将司 … 33

3. 四国の地すべり

高知大学農学部 小椋正澄 … 55

4. 破碎帯地すべり地帯における斜面崩壊

農林水産省四国農業試験場 吉迫 宏 … 71

5. 兵庫県南部地震による淡路島の農地・ 農業用施設災害とその復旧について

兵庫県洲本土地改良事務所 三輪 顕 … 92

ごあいさつ

農地保全研究部会長 南 信弘

農地保全研究部会は、昭和54年の発足以来、今回16回目の研究集会を開催することができました。発足当初は農地の水食問題が主なテーマであり、農地の保全と防災対策に主力がおかれてきました。その後、豊かさを求める農地の環境を創るための農地保全、そして1992年リデフジャネロ地球サミットにおける国際社会における環境問題の認識の高まりのもとに農地保全を考えてまいりました。特に、持続可能な農業の展開と環境保全を考える上でこれからの農業生産のあり方・農業農村開発のあり方・世界的な食料と環境問題に対する先進国の役割について議論を深めていくために農地保全研究部会は、重要な責務を果たしていかななくてはならないと考えております。また、日本国内における農業の土地生産性と労働生産性を向上させる大規模基盤整備と中山間地域の国土環境保全のための農業基盤の整備は、農業の国際化を踏まえ急がれなくてはなりません。

今回の研究集会は、山地の農地災害に関係する「地すべり」を取り上げました。講師の方々は、これまで多くの地道な調査の経験を基に

大変重要な研究を行ってこられました。これらの研究は「地すべり」に対する貴重な情報を与えていただけたと思います。また、未曾有の被害をもたらした兵庫県南部地震に関連して「地震による淡路島の農地・農業施設の災害とその復旧」についての講演があります。この講演も、実際に地震を体験され地震災害を発生から復旧へと現場からの貴重なものとなると思います。今回の研究集会の講演テーマは、予測される災害や発生した災害に対する対応の中に整備されなくてはならない農村・農地環境の基盤を整備するといった大変難しく、しかしながら重要な内容となると存じます。ご参加の皆様方の活発な意見の交換の場となることを期待しております。農地保全研究部会の果たす役割は、国内のみならず国際的な視野を持ち長期的な展望を求め、これまでの諸先輩方の築き上げてきた努力を基に新たな展開を求めた研究を行い、技術者との議論を深め情報交換をし、次代を担う研究者・技術者を育成していきたいと存じます。

最後のになりましたが、研究集会の開催に際しまして、徳島県農林水産部・池田農林事務所には全面的にお世話になりました。また、中国四国農政局をはじめ県市町村を始め関係機関には大変なご協力をいただきました。厚く御礼を申し上げます。そして、ご参加いただきました皆様方に御礼を申し上げまして、ごあいさつといたします。

徳島県の地すべり

矢川 優 板東 史郎 多田 竹司
林 俊夫 小林 武彦

1. 徳島県の概要

【概要】

本県は、四国の東南部に位置し、総人口約83万人、面積4,143km²である。県土の約8割は山地であり、四国第2の高峰剣山を中心とする四国山地が県を南北に分けているが、四国山地の南斜面は多雨で豊富な森林地帯となり、林業の中心地となっている。また、県北辺の香川県との境には、阿讃山地が東西に走っており、この両山地の間を縫って四国三郎吉野川が流れ、たび重なる洪水の氾濫によって肥沃な徳島平野が形成され、農業の中心地となっている。

また、県土の三方が、播磨灘、紀伊水道、太平洋に面し、その特性に応じた漁業が営まれている。

古代、この吉野川流域を、忌部氏一族が開拓したとき、粟がよく実ったので、この地域を「粟の国」というようになった。一方、県南の地域は「長の国」といわれていたが、大化改新に際し両方の国を併せて「阿波の国」と呼ばれるようになったと言われている。

徳島は、古くから淡路（阿波路）を通じて近畿地方との交通が盛んで、平安時代の官道としてもこのルートが使われるなど、近畿の政治文化の影響を強く受けている。藩政時代には、逆に、このルートによる藍、塩、砂糖、葉たばこの専売によって経済的な繁栄がもたらされた。

明治維新後、一時期高知県に含まれたこともあったが、明治13年にほぼ現在の徳島県が発足した。

現在は、関西経済圏の一翼を担いつつ、豊かな自然にはぐくまれた農林水産物を供給する「新鮮共感基地徳島」として、県勢の発展を計っている。

そのために、低平農業地域、中山間農業地域それぞれの状況に応じた農業農村整備を行う必要がある。特に県土の大半を占める中山間地域については、災害に強い安心して暮らせる農村環境、農業生産基盤をつくるため、防災対策が重要な役割を担っている。

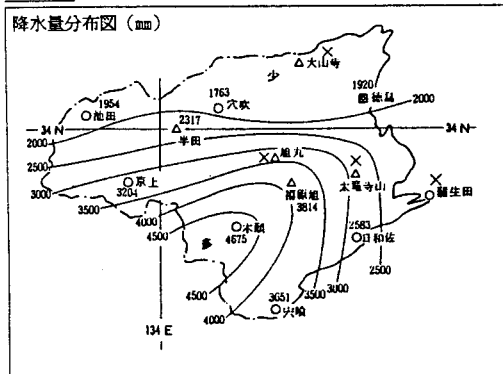
【気象】

徳島県の気候は温暖多雨の地域と瀬戸内海気候の一部の地域からなっており、日照時間も長い。平均気温は、海岸地方で16℃、山間部で11.7℃～13.7℃である。降水量は、梅雨期や台風時期に多く、県南部では年平均降水量が3,500mmを越え、最も少ない地域で1,700mmとなっている。

年降水量分布図

平成5年

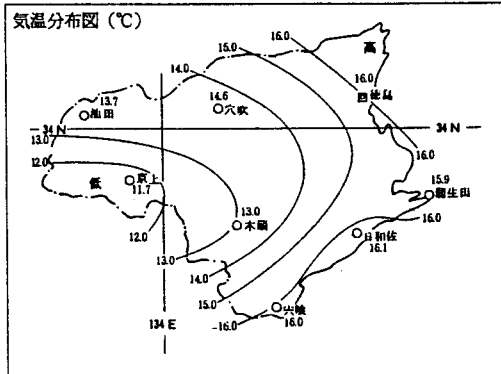
徳島県



年平均気温分布図

平成5年

徳島県



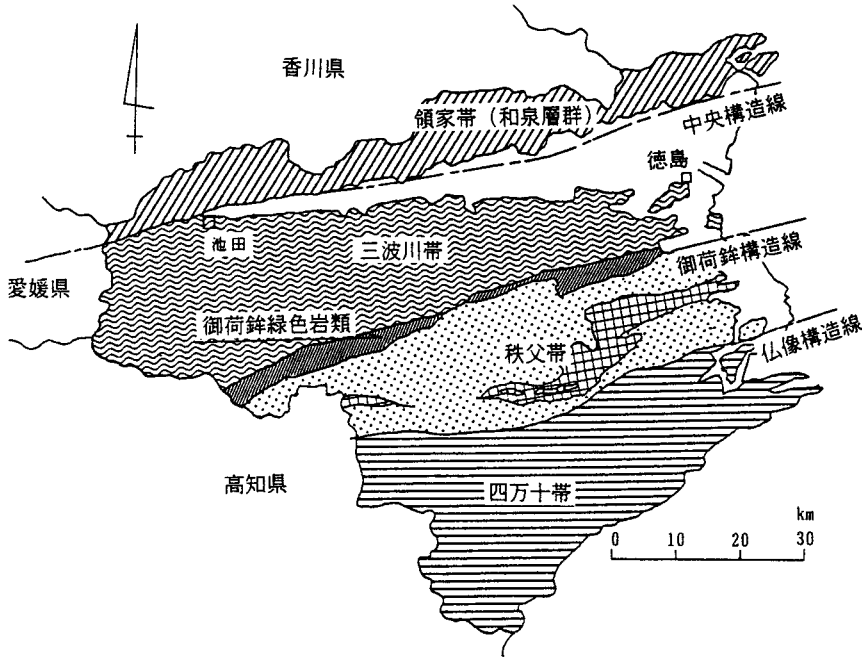
資料：徳島地方気象台「徳島気象年報」

2. 徳島県の地質概要

四国地方の地質は、ほぼ東西に連なる地質区で構成されており、徳島県鳴門市－池田町－愛媛県新居浜市－砥部町を通る中央構造線により、北側を西南日本内帯に、南側を西南日本外帯に分けられている。

徳島県の地質概要図を図－1に示す。徳島県の地質もまた、吉野川北岸を東西に縦断する中央構造線により西南日本内帯、外帯に分けられ、以下のような地質区を構成している。

図－1 徳島県の地質概要図



- 1) 吉野川北岸を縦断する中央構造線より北岸の和泉層群
中生代白亜紀末の砂岩層を主体とする砂岩・泥岩互層
- 2) 中央構造線と御荷鉾構造帯に挟まれた三波川帯結晶片岩類
中生代ジュラ紀末～白亜紀初期の砂岩・泥岩・塩基性火山岩を起源とする低温高压型の結晶片岩類で、一般的に北側程変成度が高くなっている。
- 3) 御荷鉾緑色岩類（御荷鉾構造帯）
四国地方では、三波川帯と秋父帯の間に最大幅約5 kmで緑色岩類が分布している。この緑色岩類は破碎されている部所、蛇紋岩の貫入を伴う部所が多く、劣化した岩相を呈すものが多い。本岩の生成年代については統一的な見解は得られていない。
- 4) 御荷鉾構造帯と那賀川沿いの仏像構造線に挟まれた秋父帯
中生代三畳紀から白亜紀初期の砂岩・泥岩を主体に構成され、一部にチャート、石灰岩や緑色岩を交えている。
- 5) 仏像構造線より南側の四万十帯
那賀川沿いの仏像構造線より南側には、中生代白亜紀末から新生代古第三紀にかけて堆積した四万十層群が分布する。砂岩・泥岩を主体とした堆積物であるが、北側の四万十帯北帯には、緑色岩やチャートなども含んでいる。

地すべり概要

本県は、殆んど全県下にわたって地すべり指定区域がみとめられる。これは、東西性の次元の高い断層破碎帯が通っていることが、1つの大きな原因となっているが、規模の大きさ、継続性という観点からみた場合、真の地すべりがみられるのは、三波川帯、及び御荷鉾帯のみといってよい。他の帯では多くの場合、崩壊、又は崖錐の落下によるものが大部分で、これらについては何れも、豪雨、又は長雨の誘因が大きい。しかし三波川帯・みかぶ帯の場合には、長雨、豪雨の誘因にあまり左右されずに、継続的にすべっている場合が多い。和泉帯では、崩壊の多いのは断層に近接した地域、或は流れ盤となって谷に断層が傾斜している所などが多く、特に阿讃山麓部では、中央構造線に平行又は斜交する断層による崩壊が著しい。これは過去に於ても甚だしかったため、扇状地堆積物の一部は、この土石流によってもたらせられたものといえる。三波川帯、御荷鉾帯については後述する。秩父帯では中帯に崩壊が集中している。これは、坂州衝上、十二社衝上の二本の断層をはじめとする断層の影響といえる。四万十帯に於ては、殆んど指定地域がみられないが、主要断層に沿っては崩壊がみられる。

三波川帯・みかぶ帯では、断層運動によって岩盤が破碎され、地すべりをおこしている。したがって地すべり地の分布と地質構造との間に密接な関係がある。しかも、点紋帯、無点紋帯、みかぶ帯でそれぞれ地すべりの様式、地すべり地の特徴がちがっている。このことは、これらの三帯がそれぞれ独特の特徴ある地質構造であることからきている。各帯における地すべり地の特徴は、地すべり地の土地利用と関係して重要である。

(1) 点紋帯の地すべり

この帯の岩石は、変成度が高いので再結晶の程度が良好で岩石は葉片状に剥離する性質が弱く、ときには塊状である。地層は一般に急傾斜で、走向方向に断層が発達していることも少ない。ただし、点紋帯の岩石は風化に対する抵抗が、無点紋帯の岩石より弱く、地表に近い岩石は風化されて土状となっている。したがって崩壊性またはクリープ性の動きをしめす小規模な地すべりがある。徳島市眉山、鴨島町飯尾南方六防、美郷村品野などの地すべりは断層破碎帯にともなうものであるが、一般には、点紋帯には地すべり地は少ない。

(2) 無点紋帯の地すべり

この帯の岩石は、葉片状に剥離する性質があり、とくに泥質片岩の場合には、こまかな褶曲構造の褶曲軸面に沿って割れ目が発達している。この褶曲軸面による割れ目はときにかんりの幅をもった断層破碎帯となっている。このような地層と地すべり地の分布との関係は、祖谷川流域の地すべりと地質構造との関係を見ると明瞭である。無点紋帯地すべり地の岩盤は主として泥質片岩であり、そこを断層破碎帯が通る場合、鱗片状に破碎されて砂質の粘着性のない崩積土を生じている。崩積土が透水性のため、一般に水は少なく地すべり粘土の形成も少ない。地すべり運動は局地的に不規則で同じ地域のなかでも特に動きのはげしい部分と全く動かない部分とが混在している。

(3) みかぶ帯の地すべり

この帯の地すべりは、日本列島という規模での大きな断層（みかぶ線）にそっておこっている。徳島県では、みかぶ線は、みかぶ型緑色岩類と、その北側の三波川帯の泥質片岩との間の断層で、徳島市八多北方から佐那河内村井関を通り、府能の峠を越して神山町に入り鮎喰川上流に向かって寄井から府殿、川井

峠南方を越えて木屋平村谷口に抜けている。木屋平村から西へ太合の谷を通って保賀山峠南方から一字村桑平に抜け更に東祖谷山村菅生から古味南を通って高知県に抜ける。この間、断層破碎帯は明瞭で、泥質片岩とみかぶ型緑色岩類が接する部分で、両方の岩石が巾100m以上破碎されている。断層が大規模なものであるので、地すべり粘土を多量に生じ、地すべり運動も広汎で、しかもほぼ均一に地域全体が動いている。湧水量も多い。特に、みかぶ型緑色岩類が破碎されてその上に生じている地すべり地では、崩積土が粘土質であるため透水性が悪く、地下水は岩盤と崩積土の境界から湧出するか、あるいは崩積土下を流れるようになる。時として急激でしかも大きな働きを示すので、この帯の地すべりが最も危険である。

以上の徳島県における三波川・みかぶ帯の地すべりの特徴を表示すると次のようになる。

	地質構造	崩積土	土質	地下水量	土地利用	ひん度 (県内における地すべり地の数)	運動	対策工事	県内の 地すべり地の例
点 紋 帯	波長の短い褶曲 小断層 地層は急傾斜 岩石の片理発達 弱し	うすい (～15m)	砂質～ 粘土質	中	水田 畑	少	動きは不 規則で不 均等	○よう壁 ○ボーリングに よる排水 ○くい打ち	徳島市眉山 美郷村品野 鴨島町六防
無 点 紋 帯	波長の長い褶曲 微褶曲の軸面に 沿う方向の断層 岩石の片理発達 強し	うすい ～厚い (10～20m)	砂質	少	畑	中	同上	○集水堅道(≠) ○ボーリングに よる排水 ○排水溝の舗装	東祖谷山村高野 山城町国政 一字村大野
み か ぶ 帯	大きな断層破碎 帯 (泥質片岩とみ かぶ型緑色岩と の境界)	厚い (20m以上)	粘土質	多	水田 畑 果樹 植林	多	広範囲で 均等な動 き時に激 しく大き く動く	○排水溝の舗装 ○ボーリングに よる排水	佐那河内村奥野々 木屋平村森遠 一字村広沢

尚、地すべりによる徳島県の被害耕地は、四国四県の被害耕地の63.8%をしめ、その80.2%が畑である。被害家屋は、徳島県総農家戸数の17.6%、中国四国被害戸数の68.0%にあたる。徳島県の山地にある集落は、大部分地すべり地の上であり、大部分の農家が地すべりの被害をうけているのである。山地で、かなりの水があり、しかもかなりの耕地があるという場所は、徳島県では地すべり地なので、そこに集落ができたからである。

3. 事業費の動向

地すべり等防止法（昭和33年法律第30号）の施行以来、地すべり対策事業は国土の保全と民生の安定を目的として、地すべりによる被害を防ぎ、軽減するための防止工事を中心に実施されてきたところである。

農地地すべりにおいても農地保全の立場から、構造改善局所管の地すべり指定区域内で防止工事が実施されている。

現在県内の構造改善局所管の地すべり指定区域は、135地区、面積は、7,047.91haで（平成7年3月現在）地すべり指定区域数、面積とも全国有数の地すべり県であります。

事業費については、平成6年度に68地区で総事業費21,178,000千円の内996,500千円を実施し、災害関連で2地区463,400千円を実施している。

徳島県内地すべり防止区域

所 管 区 分	箇 所 数	指定面積 (ha)
建 設 省	433	22,828.75
構造改善局	135	7,047.91
林 野 庁	133	10,917.90
計	701	40,794.56

全国地すべり防止区域

所 管 区 分	箇 所 数	指定面積 (ha)
建 設 省	3,032	105,377.27
構造改善局	1,783	103,275.69
林 野 庁	1,644	93,930.14
計	6,459	302,583.10

事業費の動向

(単位：千円)

年度	地すべり対策	災害関連緊急地すべり
57	794,350	0
58	811,100	0
59	825,700	0
60	839,600	0
61	892,400	0
62	1,088,500	0
63	1,101,000	55,000
元	1,105,473	106,900
2	1,142,510	30,700
3	1,136,000	50,000
4	1,257,800	154,800
5	1,443,500	785,770
6	996,500	463,400

4. 県内の主な地すべりの概要について

ここでは、県内の主な地すべりとして三好郡東祖谷山村1地区（高野地区）、美馬郡穴吹町1地区（半平地区）、麻植郡美郷村1地区（品野地区）那賀郡木沢村1地区（出羽地区）をそれぞれ紹介する。

4-1 高野地すべり

1 地すべり地の概要

位置

高野地区は、徳島県三好郡東祖谷山村に位置し、四国のほぼ中央にある池田町の南方約20km、西祖谷山村と東祖谷山村を境する烏帽子山（標高1670m）から南東に派生した山稜の山脚部南西向き斜面に在る。地すべり斜面末端には四国の主峰となる剣山を源流とする祖谷川が北西に流下している。

地すべりの経緯

当地区の地すべりによる被災は約50年前に遡る。記録としては昭和21年の南海大震災により地区中央部に大亀裂を生じ地すべりが発生している。それ以後台風、集中豪雨の際に地すべり滑動が発生し、昭和26年～昭和29年、昭和50年～昭和51年に県道の流出、家屋の全半壊等の被害が発生している。この様に、当地区は古くからの地すべり地であり、昭和34年に地すべり指定を受けている。地すべり区域は、幅150mに対し長さが1000mと異常に長く、比高差も500m以上の急斜面を形成している。対策工としては、第1期工事開始時より水路整備、集水隧道といった抑制工を中心に実施されていた。これは地すべり区域の両端にある谷を整備し、すべりの主たる要因となる浸透水・地下水を排出することを目的としていた。現在は、2期工事中（昭和53年～）にあたり、第1期工事と同様、水路整備、排水ボーリングなどの抑制工が実施されている。

以上のような対策工整備を進めていく中で、平成5年7月24日～8月3日間で総雨量756mm、日雨量222mmという異常降雨により本地すべり防止区域の末端で、幅150m、長さ1000mの範囲で明瞭な地すべり現象が発生した。中でも変状が著しい箇所はその中央部の幅50m、長さ50mの区間で住宅3戸には、明瞭なクラックが壁や土間に走り、特に県道脇の石川宅は傾倒しつつある状況となった、この動きの末端は祖谷川原付近の擁壁にクラックが生じている事より県道を越えて祖谷川まで至っていると判断した。

地形・地質

高野地区は、吉野川水系祖谷川に面した標高940m～420mの南西向き斜面にあり、西祖谷山村と東祖谷山村の境界付近に位置する。地すべり斜面は、最上部と末端の祖谷川までの比高約520m、幅約150m、長さ1000mと狭長で斜面勾配も約35°前後と急峻である。

大地形分類としては尾根地形を呈した凹型斜面となるが、微地形的には、斜面上部から中腹部の標高600m付近にかけて凹状集水地形となるのに対して、中腹部から下部にかけては、凸状の散水斜面となる。

地質は、三波川無点紋帯に属し、岩主は泥質片岩、砂質片岩を主体としているが、斜面上方には厚い紅簾片岩が分布し、また斜面下方には塩基性片岩が分布している。基盤岩の露頭は地区両翼の谷部や、県道沿いに見られ硬質であるが、地すべり斜面には全く見られない事より、構造的な崖錐地すべり地であることは明らかで、これまで地すべりが繰り返し発生し、現在のような帯状の地すべり地形が形成されたものと考えられる。このため、崩積土内にはφ2m～3m級の転石を多量に含む礫混じり粘土が層厚15m～20mで堆積し、地すべり滑動の主たる移動土塊となっている。

地質構造的には、和田向斜の北翼に位置するため、大局的には斜面に対して流れ盤構造となる。ただ、上部斜面の泥質片岩露頭部では、受け盤構造となっていることが踏査により確認されているが、これは基盤岩内の褶曲構造が発達していることに起因していると推察される。

2 地すべり機構

平成5年に変状が発生したブロックは住宅、県道に直接的な被害を及ぼすため早急な対策が必要となった。このためブロック内で、調査ボーリング、孔内傾斜計観測、伸縮計観測を行った。

斜面を構成する地質は、層厚12m程度で泥質変岩、塩基性変岩の転石を混じえた粘性土が堆積している。その下位には薄い強風化層（一部粘土化）を挟んで、若干破碎はされているものの硬質な基岩層（泥質片岩）が分布する。

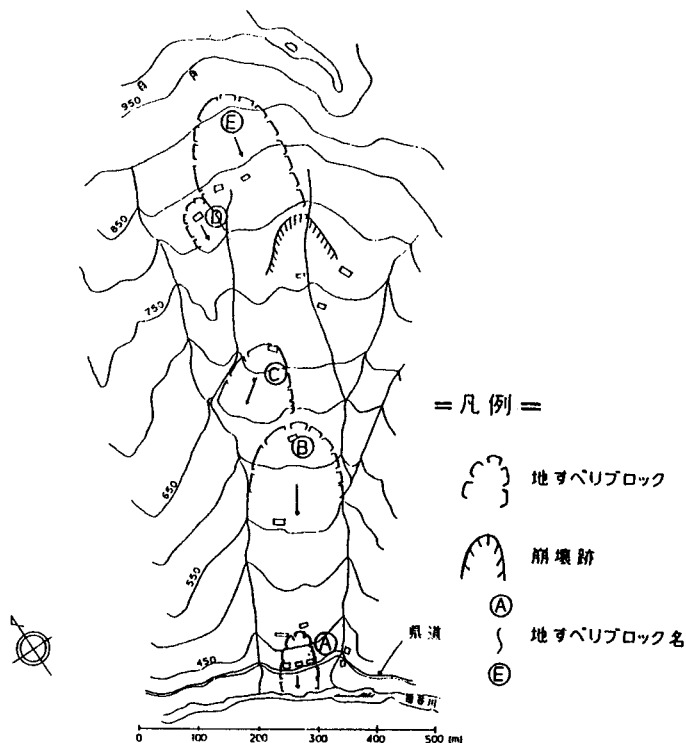
孔内傾斜計では、N o. 1 孔の G L - 4 m, G L - 9 m 付近で約 10 mm/2 ヶ月の地すべり変位が観測されている。変位が観測された深度はいずれも崩積土内であるが、変位発生深度まで地下水位の上昇は確認されなかった。しかし、降雨時に石川宅裏の石積より湧水が認められること、崩積土内で高含水状態の部分があり、いずれも細粒分の含有が高く粘性に富む事、粘性に富む深度付近で傾斜計変位が発生している事より、今回の地すべり発生の誘因となる地下水としては、崩積土内で水みちを作っている浅層地下水と判断した。伸縮計観測は頭部クラックが不明瞭であるため頭部になり得ると考えられる斜面の地形変換点に 3 基設置し頭部の決定を行った。観測結果では降雨に対する変位発生がシャープであり、崩積土内のすべりを示唆する変動が記録された。

3 対策工事

被災斜面で実施した調査・観測結果より当ブロックのすべり面は、図 - 2 に示す 0_1 、 0_2 の 2 形状と推定し、安定解析を行った。その際 0_1 、 0_2 各すべりの現状安全率は、 $F_s = 0.98 \sim 0.95$ 程度とし、逆算法によりすべり面定数の決定を行った。

対策工計画としては、抑制工・抑止工を併せて各すべりとも $P F_s = 1.2$ となる計画とした。抑制工の工種としては施工時安全率の確保・緊急なすべり滑動に対する応急対策として地表面からの排水ボーリングを実施し、安全率を向上させた後、抑止工として受圧版 + アンカー工の施工を行った。

高野地区は、その地形形状・地質条件から元来、規模の大きい地すべりブロックの存在が考えられている。今回災害が発生したブロックは、これら大ブロックのうちの小ブロックであり、地区全体の斜面を安定させ得るものではない。今後は、地すべり区域全体を考慮し、第 2 期工事の整備を進める必要があると考える。

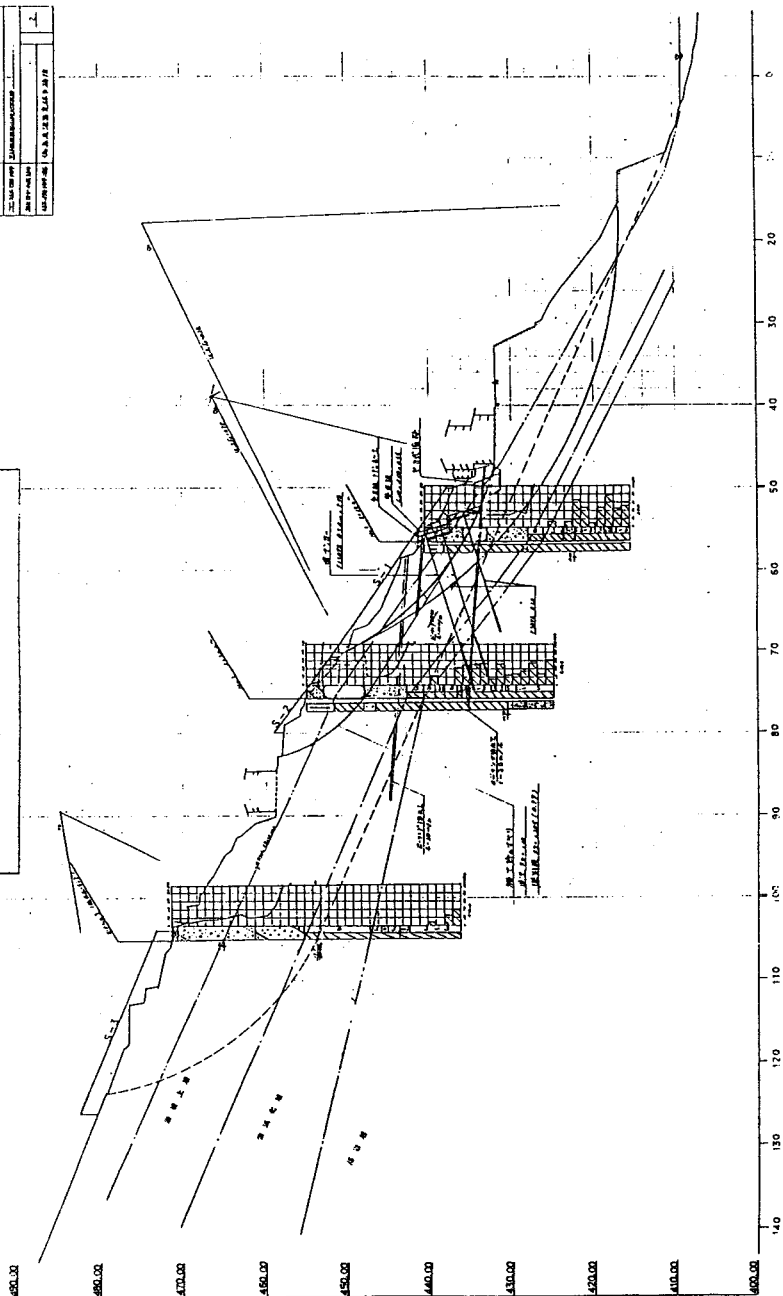


高野地区地すべりブロック区分図

[illegible]

工程名称	中法大化公司 1000 吨/日 污水处理工程
设计单位	中法大化公司 设计部
设计日期	2003 年 10 月
设计人	张明
审核人	张明
批准人	张明
设计比例	1:1000
设计阶段	初步设计
设计内容	污水处理工程 1000 吨/日 污水处理工程

地質断面圖





高野地区Aブロック全景

4-2 半平地すべり

1 位置及び地区の概要

当地区は吉野川水系穴吹川に面した南向き斜面にあたっている。半平地区を遠望するとまず背後にひかえる数十Mの落差の断崖が目を引く。この下部には30°前後から徐々に勾配の緩くなる起伏の少ない崖錐地形が形成されている。このような地形要素から見て、この急崖部は地すべりの冠頭部ではなく、大規模な転倒性崩壊によって生じた急崖ではないかと考えられ、崩壊した岩塊がこの下位に堆積し、崖錐地形を形成しているものと思われる。

2 指定年月日及び面積

指定年月日 昭和36年12月12日

指定面積 A = 19.35ha

3 地すべり対策事業半平地区の概要

所在地 美馬郡穴吹町大字古宮字大平、半平

工事 (1期)昭和36年～昭和41年 (2期)昭和52年～平成6年

地区面積 下表のとおり

区 分	耕 地		山 林	住 宅	その他	計
	田	畑				
地すべり地域	0.97 ha	13.52 ha	3.79ha	1.04ha	0.03ha	19.35ha
被害区域	0.97 ha	13.52 ha	3.79ha	1.04ha	0.03ha	19.35ha

地形地質概要

当地区は吉野川水系、穴吹川中流域右岸の標高150~500mの南向斜面に位置する。穴吹川は剣山に端を発する比較的大きな河川であり、南北・東西方向に幾度も折れ曲がりながら吉野川に合流している。当地付近では東西性の地質構造に起因され、吉野川の流れとは逆に約8km近く西流している。この穴吹川の支流・支溪においても南北及び東西方向が卓越し、格子状水系的な水系模様が形成されているが、当地区では南北方向の水系が卓越しておりあまり分岐していない。当地区の北側には分水嶺となる半平山がほぼ東西方向に延びており、この南側において地すべり性緩傾斜が広がっている。当すべり地区はこの緩斜面のうち最も東側に位置し、斜面勾配は25°前後と緩傾斜を呈するが、河床沿いでは30~40°の比較急傾斜～急崖を呈し、穴吹川を末端部とする下部で地形的に不安定な状態である。

基盤岩は三波川結晶片岩類の泥質片岩を主体とし、砂質片岩・塩基性片岩を挟み、斜面上部では塩基性片岩の割合が増している。この上位に過去の地すべり活動によってもたらされた崩積土が厚く覆っている。基盤岩の露頭は穴吹川の急崖あるいはかなり大きな溪流及び極一部の尾根に限られ露頭状況は非常に悪い。当地は斜面背後に屏風のように連なる断崖から半平山付近を東西に走る大歩危斜面軸(EW~N80°Wで垂直に近い褶曲軸面を有す)の南翼に位置しており基盤岩は東西性の走向で垂直に近い形でAブロックでは北にBブロックでは南に少し傾斜している(N80°E~N70°W, 80°N~80°S)。

弾性波探査の結果、東西方向に二条の断層が走っている。1本はAブロック

～Bブロックの冠頭部、もう1本は地すべり中央部にみられ、幅15～20mに渡って破碎されているものと推察される。(当地すべり地区では、崩積土層が厚く確認されていないが、上記した地すべり性緩斜面の最も西側の谷では、幅約20mの断層が数本確認されている)。この断層に背後地から供給された水が集まり、当地すべり内に浸透していると考えられる。

4 地すべり機構

これまでの調査結果から、現在地すべり活動が顕著なA-3ブロックの上部はGL-25～30M付近をすべり面とする「風化岩すべり」といえるが、当すべり面はA-3ブロックの中央部では崩積土層と基盤岩層との境界につながっている。

昭和51年の災害により、左側方部から末端部にかけて発生した大規模な地すべりは、末端部が穴吹川の浸食等により「岩盤地すべり」を起こし、これに相前後する形で左側方部で「崩積土層すべり」が発生したものと考えられる。この災害から難をのがれ、取り残された形となっているA-3ブロック右側側方部は非常に不安定な状態となっており、事実、末端部では崩壊性の「岩盤すべり」がみられ、最下部の町道付近では町道の沈下、擁壁のクラックあるいは民家に変状が見られる。これらの変化は緩慢出はあるが十年余り続き、町道付近を末端部とする崩積土層すべりが拡大し、上部に及ぶとともに風化岩すべりとなり、現在生じているA-3ブロック上部の地すべりを再活動させていると考えられている。

ボーリング孔内での地下水位はHWLでGL-23～27M付近にあるが、平成2年度施工の上段の集水井からは渇水期でもGL-10M付近から水が集水されている。また、冠頭部のB4-1には自記水位計を設置しており、通常孔底に水がない状態であるが、豪雨時には孔底より10M付近まで水位が上昇する。地すべりの活動は、豪雨時の地下水上昇に伴って地盤強度が低下するとともに、すべり面に作用する間隙水圧が増大することにより誘発していると考えられる。A-3ブロックは幅約100M、長さ約350M、深さ約30Mと非常に大きな規模であり、渇水期でも集水井に水が集水されていることにより地下水は非常に豊富であり、背後地等より供給される多量の地下水により地すべりが活動していると考えられる。

地すべり状態はGL-10～15Mをすべり面とする『崩積土すべり』とGL-25M及びGL-50M付近をすべり面とする『風化岩すべり』がある。

5 対策工法

◎地下水排除工

「風化岩すべり」に対しては深層地下水を排除する必要があり、集水井工が平成2年度から6年度にかけて4基施工されており効果を発揮している。なお、現在活動の著しい「崩積土すべり」に対しては、地表面から水抜きボーリング工が効果的と考えられ、平成5年度工事を行った。

◎地表水排除工

ブロック冠頭部においては、上部よりブロック内に流入する表層付近の水を効果的に集め区域外に排除する目的で明暗渠工が、また、地表水の地下浸透を抑え、速やかに地すべり区域外に排除するため未施工であるブロック左側方部に排水路工を平成5年度施工した。

◎抑止工

規模が大きい「風化岩すべり」に対しては集水井が効果を発揮しているが、

活動の著しい冠頭部の「崩積土すべり」に対しては緊急性を要するため町道付近にアンカー工を用いた抑止工が計画され、平成 5 年度から着手している。

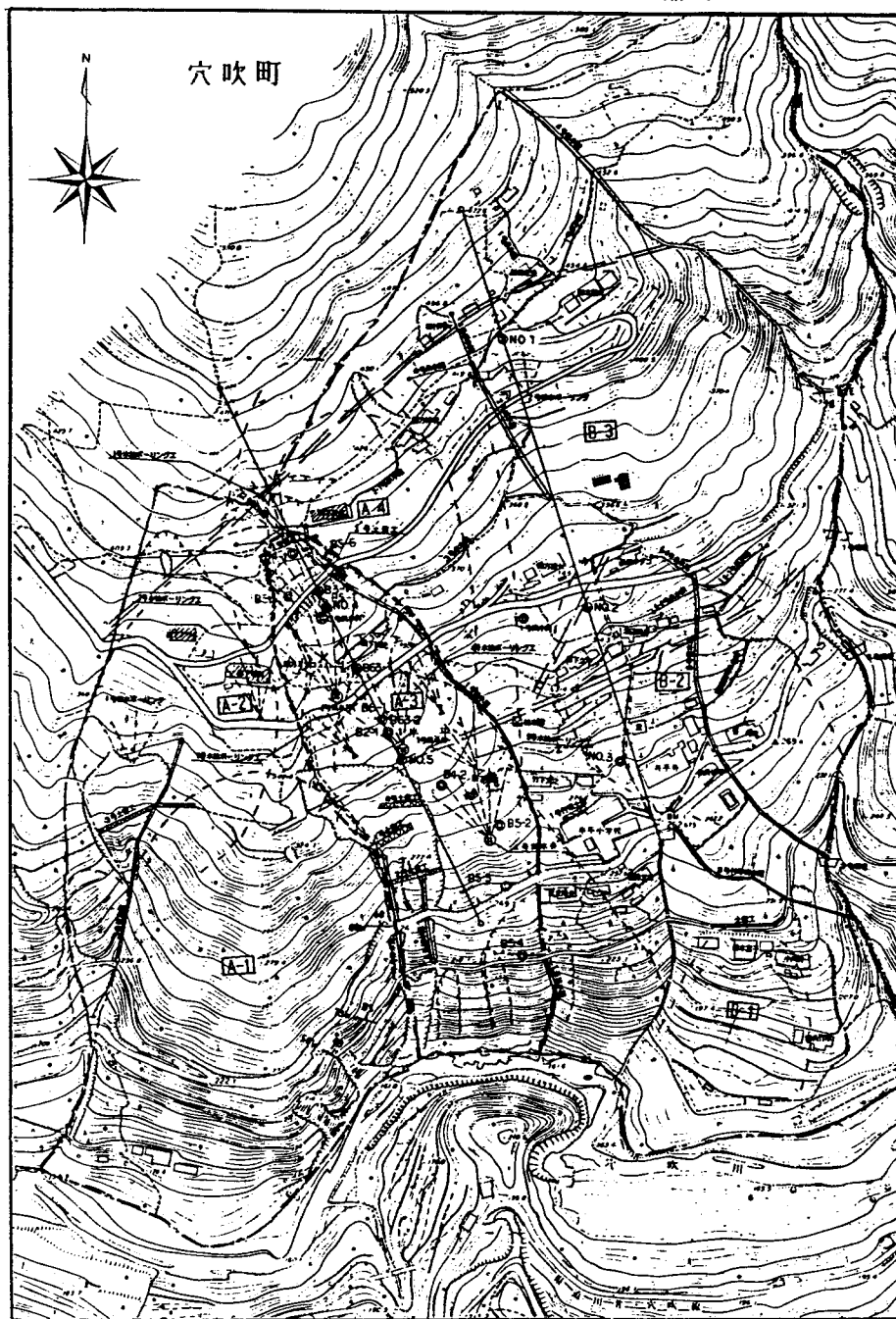
6 おわりに

この地区は、昭和53年度より地域住民との対話をおこない地すべり対策事業として、排水路工・承水路工・集水井等の対策工を行ってきた。また、今まで行った対策工法の効果を調査するために孔内傾斜計（9孔）、多層移動量計（1基）、及び地下水位・排水量等の継続観測を行っている。この試験データを参考にし地すべり防止区域の管理を行う予定である。

半平地区では地すべり現象が顕著なため、昨年A-3ブロックで2戸が立ち退きした。このままの状態だと、過疎化に拍車がかかり農地も荒廃してしまう恐れがある。この半平地区という中山間地域の農業、生活を守るためにも、一日も早く地すべりを止め住民の人たちが安心して生活に、農業に従事できる環境を整備したいものである。

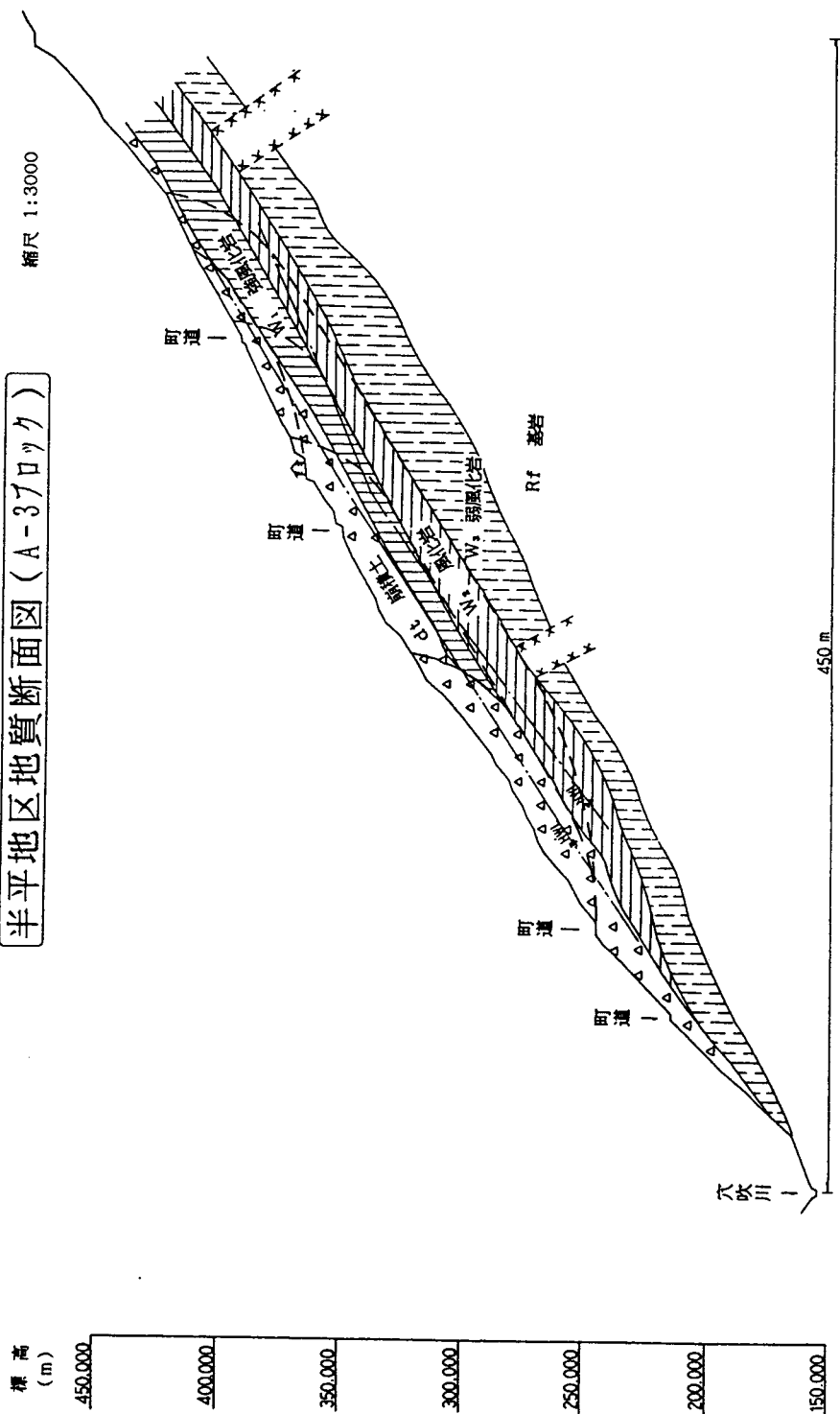
穴吹(半平工区)地区地すべり防止事業計画一般平面図

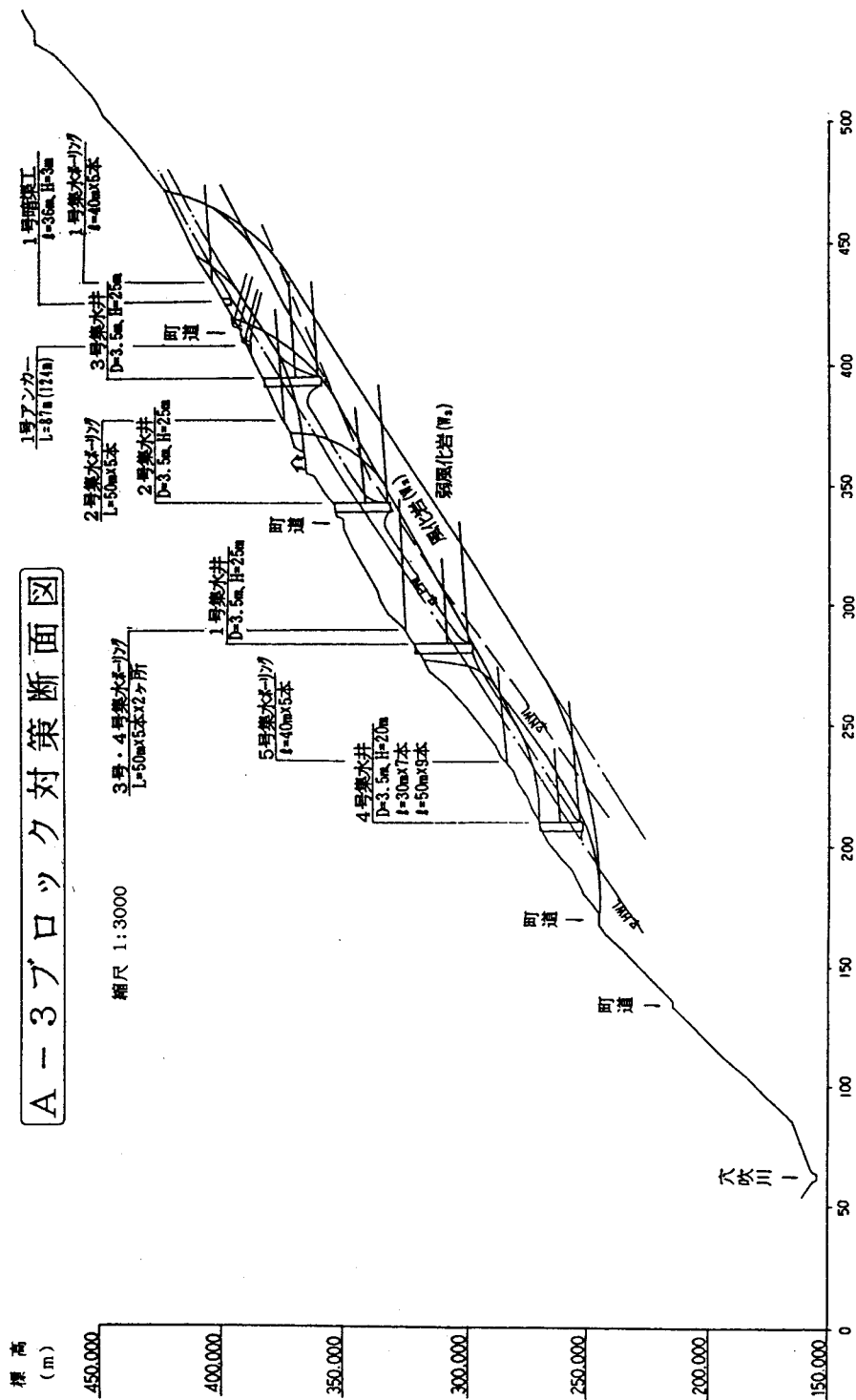
縮尺 1:5000



半平地区地質断面図(A-37ロック)

縮尺 1:3000





半 平 地 区 全 景



1. 概 要

品野地すべりは、吉野川の支流川田川の左岸斜面に位置した標高300～500mの東向き斜面に当たる。本地すべりは昭和24年の崩壊に端を発した、斜面長280m、幅170mの大規模な退行性すべりの形態を呈している。

対策事業は、昭和41～45年度にⅠ期工事が、昭和52年度からはⅡ期工事として経年的に実施されている。

位 置	徳島県麻植郡美郷村品野
指 定	昭和39年6月9日（36ha）
地 形	緩い集水斜面、傾斜約30°
地 質	三波川結晶片岩（点紋）泥質、塩基性片岩
規 模	約斜面長300m、幅200m、深さ20～30m
保全対照	川田川下流の土砂災害、耕地3ha、民家6戸
発生原因	川田川沿いの崩壊、豪雨の浸透地下水
形 態	大規模な退行性すべり、岩すべり

2. ブロック区分

当地区の地すべりは、地形条件（尾根、谷等）および亀裂の発生形態、活動順位等からA～Dの4ブロックに区分される。この内、A～Cブロックは調査地の南側に当たるブロックで、斜面下方からB→A→Cブロックと縦断方向に連続している。（退行性すべり）

また、Dブロックは小尾根を隔てた北側の単独ブロックで、横方向にD-1、2ブロックに二分される。

3. 被害および発生時期

（A～Cブロック）

地すべり活動は、昭和24年に発生したBブロック内での崩壊に始まり、断続的に地すべり亀裂、崩壊が発生している。特に昭和46年頃からAブロックの再活動、昭和49年頃には上部斜面のCブロックでの活動が顕在化している。これら地すべり活動のすべり面は、何れも調査孔の切断等で明確に把握されている。

構造物の被害では、昭和52年に既設鋼管杭の流出、54年には2基施工された集水井が2カ月後に大きく変形する等が掲げられる。他に排水路の破損、

蛇籠工の破壊流出が見られ、民家では5戸（内1戸全壊）が被害を受けている。（Dブロック）

平成元年度に脚部崩壊地の土砂流出で、下方村道が被害を受ける。（2戸の民家が移転）平成5年度には更に地すべり活動が活発となって上部斜面内には無数の引張り亀裂が発生し、頭部の村道に沈下現象が見られた。退行性すべりの活動形態から、放置した状態では更に上部の民家、耕地まで被害が及ぶ状態にあることから、早急な対策が必要とされる。

4. 地質・原因

本地域の地質は、三波川帯の点紋結晶片岩層に属し泥質片岩と塩基性片岩の分布域となる。地すべり面は、風化層内でやや安定した層内に形成され、すべり面自体は必ずしも粘土化した層ではなく、破碎された層を成した弱風化層上面にすべり面は形成されている。

地すべりの発達形態から想定すると、根本的には約500m下方（標高差約300m）を北流する川田川沿いの崩壊に端を発した退行性の地すべり形態と考えられる。しかし品野地区地すべりと認識されている範囲は、標高300mから上方斜面で、昭和24年以降に活動が顕在化した範囲である。その規模は幅150mを有する大規模なもので、過去の履歴から300mm以上の豪雨に呼応した形態で断続的に著しい活動が生じる傾向が認められる。

誘因は地下水と判断されるが、基岩内の逸水および地すべり活動で即座に調査孔が切断される等で地下水の実態が判然としないのが実状である。

5. 対策工

（A～Cブロック）

当地区の地すべりは非常に大規模なものであり、退行性で著しい活動を示すことから、対策工には速効性を必要とする。また、地すべりの誘因は地下水と判断されるが実態が判然とせず、地すべり推力の軽減、活動の緩和が望ましいものの排水工の評価が困難であることから、切土工とアンカー工を主工法として採用している。

現在までの対策工の数量は、頭部カット工（Cブロック）およびアンカー工9段が完了した状態にあり、本年度は最後の抑止工としてB-2ブロックに杭打工を施工する段階にある。

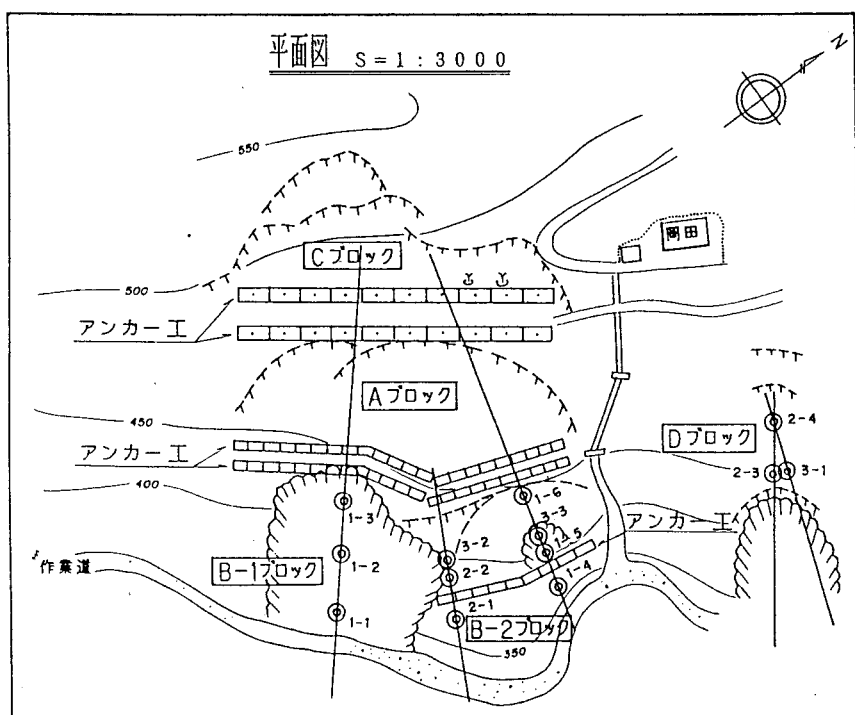
対策工の施工に伴い、近年の地すべり活動は殆ど停止状態にあり今後は山腹法面工・緑化工・承水路工・排水路工を施工し、地表面の保護を図る予定である。

(Dブロック)

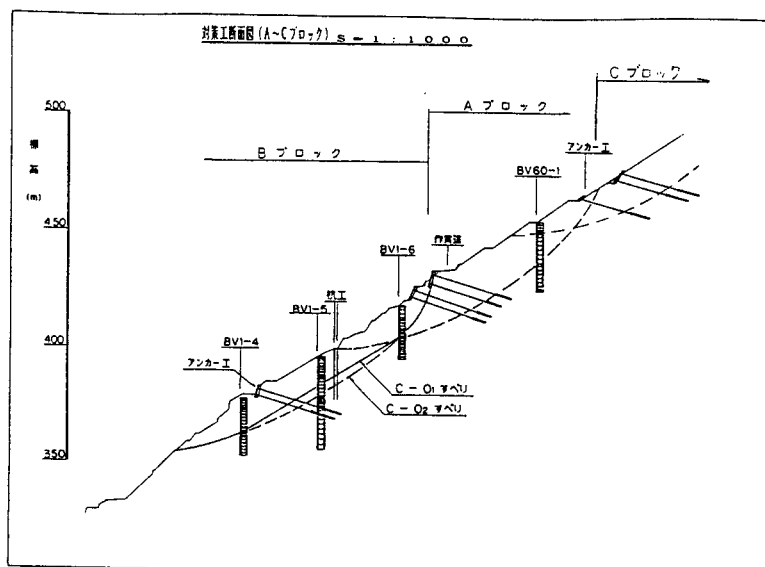
当ブロックは、A～Cブロックと類似した活動形態にある中で、初期から中期に相当する段階にあると想定される。よって今後は早急な対策工の実施で地すべりの拡大を防ぐ必要がある。対策工は、隣接ブロックに比べて幾分地すべり面勾配が緩いこと、および地下水形態から抑制工（排水ボーリング）と併せて抑止杭工を主体とした工事に対処する方針である。

- ・工事施工順位 : 抑止杭工→抑制工→山腹法面工
- ・工事計画数量 : (D-1ブロック)
 - 抑止杭工 2段51本
 - 排水ボーリング 2ヶ所10本
 - アンカー工 1段 17本（脚部固定）
- (D-2ブロック)
 - 抑止杭工 3段89本
 - 排水ボーリング 2ヶ所10本

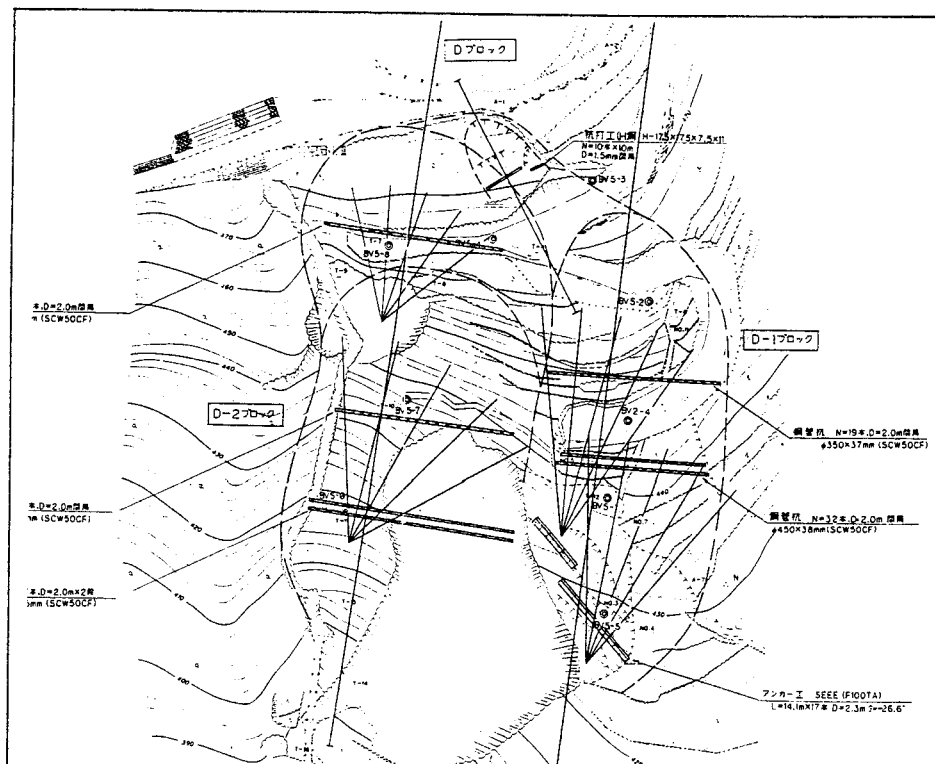
図面①（ブロック区分図）



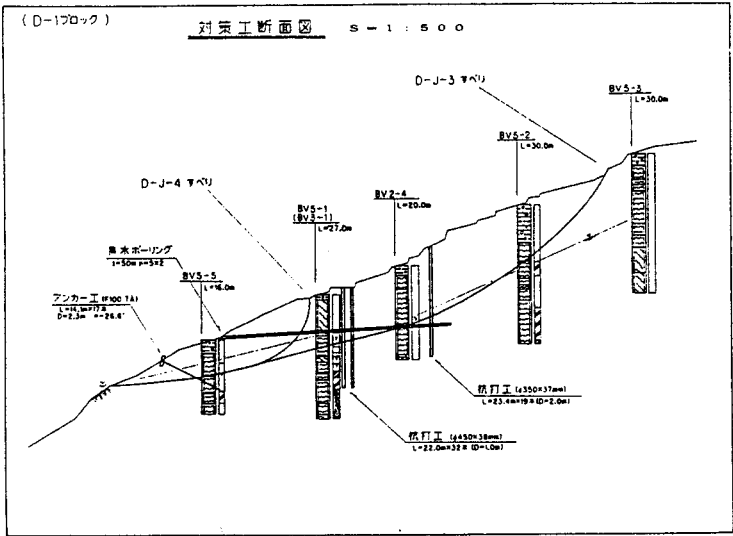
図面②（A～Cブロック対策工断面図）



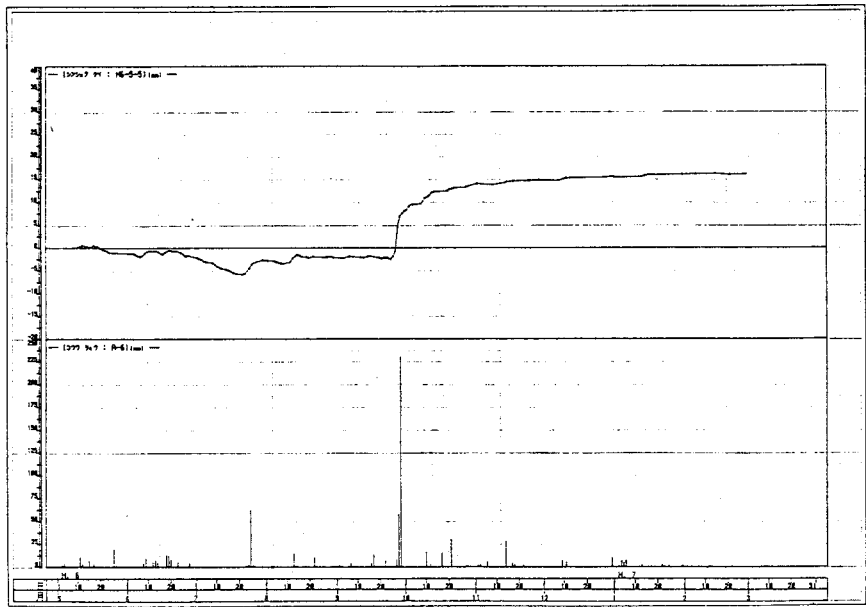
図面③ (Dブロック平面図)



図面④ (D-1ブロック対策工断面図)



図面⑤ (D-1ブロック脚部) 孔内伸縮計変動図



品野地区 全 景



Dブロック 全 景



1. 地すべり地の概要

(1) 地すべりの経緯

徳島県那賀郡木沢村の大美谷川源流部に位置する標高570～620mの地域で、山間部の比較的緩斜面が耕地として利用され、民家が点在している。古くから地すべり現象が認められ、昭和44年3月に地すべり防止区域の指定を受けている。

地すべりは昭和63年6月と8月の2回の降雨(250mm/日以上)に呼応して発生し、地すべり頭部に位置する井上宅はキレツによる沈下、傾斜が著しく、また斜面中～末端の水田部には湧水、石積の沈下や末端崩壊等が認められている。

(2) 地形、地質

地すべりの発生している井上宅周辺は、標高630mの小規模な尾根より南西に面した比較的小規模な集水斜面である。標高580mの斜面末端部は水田として利用され、平坦部が広がっている。

地質は秩父帯に併入する蛇紋岩より構成され、出羽地区に通じる道路切取部では硬質な岩体が露頭しているが、地内の井上宅周辺では、風化脆弱化した蛇紋岩が分布している。

井上宅周辺で観察される露頭状況は次のようである。「1～3cm程度の厚みをもつ青灰色の砂状化した層、あるいは淡灰色の粘土化した層を挟み一部に岩塊状の硬質な岩芯を残す風化層」。また井上宅上方の旧崩壊斜面には、露頭は見られず、斜面上方の水田部上方および山林内の小道で風化した露頭が一部認められる程度で、部分的に岩盤が露頭する周辺と著しい差異が認められる。

2. 地すべり機構

調査ボーリング結果にもとづく水文地質条件は次表のようである。

地 質	水 文 地 質 条 件
崩壊土層	蛇紋岩礫を多く混入し、1～6m程度の層厚。標準貫入試験によるN値は4～6で、中位の硬さとなる。 試錐日報解析では透水層と判定され、透水性は極めて良好である
強風化層	風化粘土化しており、層厚は2～15mとバラツキがあり、崩積土層下位～風化蛇紋岩内に分布する。N値は5～40とバラツキがあるが、下位ほど固結度が高く、よく締まっている。 試錐日報解析では部分漏水層～一部漏水層と判定され、当層上部

	に有圧水層を賦存する。
風 化 層	全般にキレツが発達し、礫状コアとして採取される場合が多く部分的に粘土化部を挟む。試錐日報解析では一部漏水層～難透水層と判定される。強風化層との境界面において有圧裂カ水が検出されている。

- ① 強風化層が崩積土層下位および風化層間に挟まれる形で分布する。
- ② 地下水位は強風化層内において形成され、地下水流動は層間に自由地下水として検出されるものと、本層下面に有圧裂カ水として検出されるものの2種類がある。
- ③ 風化層以深は地下水制限床を成し、かつコア状況からしても本地区の基盤に照合される。

3. 対策工について

当初はブロック内の尾根にて小ブロック化していると考えられていたがその後の調査結果より、「崩積土層～強風化蛇紋岩までを移動層とし、風化蛇紋岩面に規制される深層すべり」と判定される。さらに豪雨時には孔内傾斜計あるいはパイプ歪計にて顕著な移動が観測され、非常に危険な状態にあると言え、対策工は保全対象の重要性を考慮し抑止工を基本とした計画とする。

- ① 杭工による民家、村道、耕地の保全
- ② 地下水排除工による地すべりの抑制
- ③ 盛土工による斜面末端の抑え
- ④ 水路工による地表水の排除

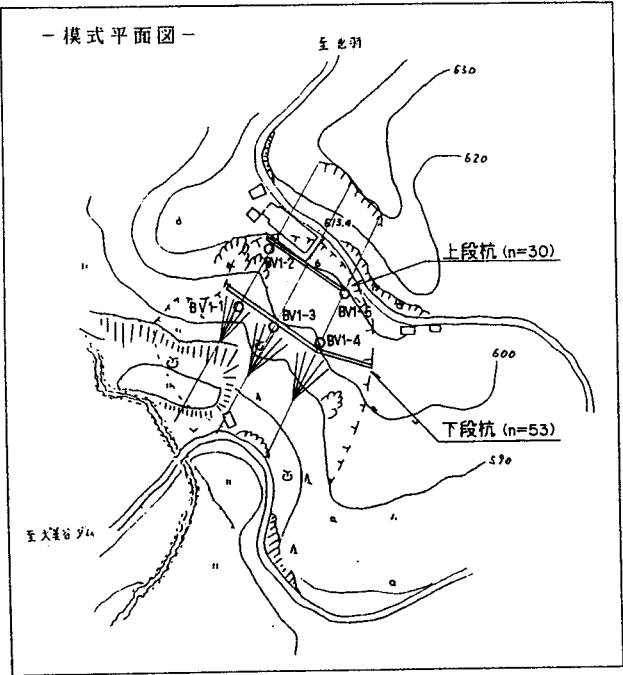
(対策工数量)

・ 杭打工 (上段)	: 19.0本
(下段)	: 53.0本
・ 排水ボーリング	: 11.0所
・ 擁壁工	: 1.0所
・ 土留フトン籠	: 1.0所
・ 水路工	: 1.0式

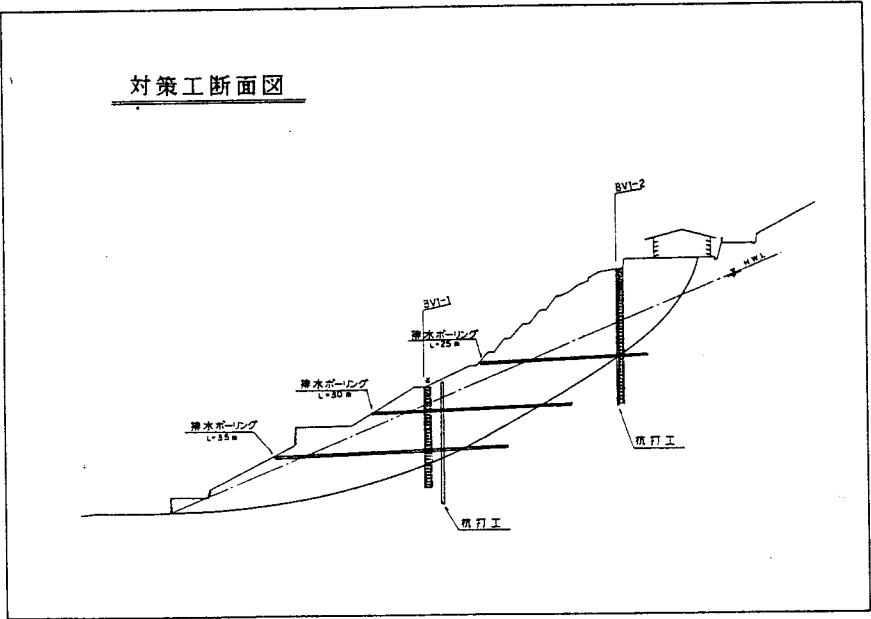
(安全率の試算)

・ 初期安全率	: $F_o = 0.950$
・ 目標安全率	: $F_s = 1.200$
・ 杭打工負担 (上段)	: 1.9%
杭打工負担 (下段)	: 18.1%
・ 排水ボーリング	: 5.0%

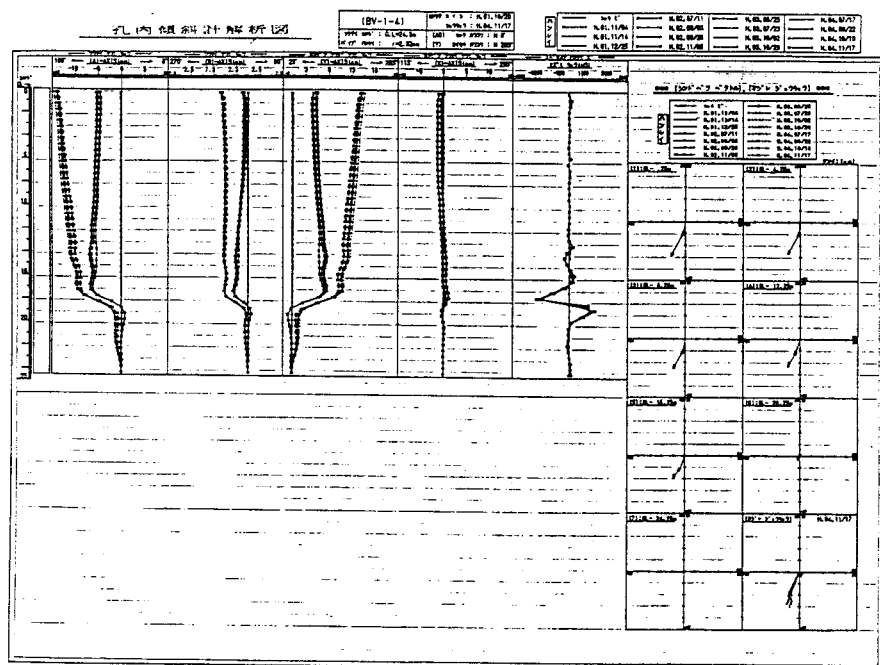
図面①対策工計画平面図（模式）



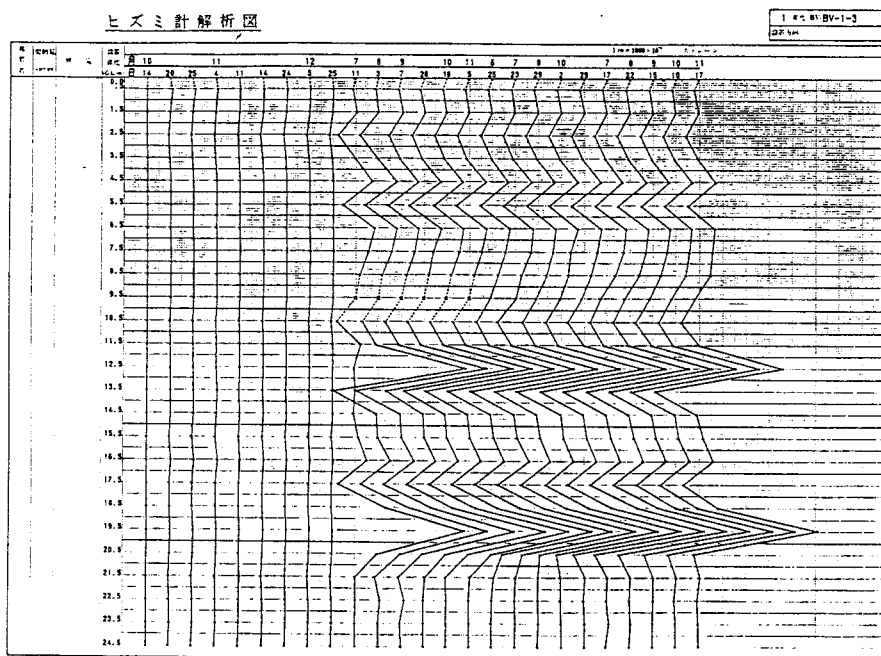
図面②対策工断面図



変動グラフ（孔内傾斜計観測）



変動グラフ（パイプ歪計観測）



出羽地区 全 景



出羽地区 全 景



参考文献

- ①徳島県の地すべり（1985年 徳島県）
- ②徳島県の地質（1972年 徳島県）

地すべり調査のポイント

応用地質株式会社 上野 将司

1 はじめに

地すべり調査に際しては、多くの場合ボーリングによる地質調査を基本として各種検層、および地盤伸縮計、地表面傾斜計、孔内傾斜計などによる動態観測が行われる。最近では新しい調査手法として、リモートセンシング技術、比抵抗映像法をはじめとする各種物理探査、GPS測量技術などが適用され始めている。

適当な動きを示す地すべりに対する調査では、その全容を把握することが比較的容易であるが、規模の大きな地すべりや動きの見られない地すべりの調査は難しい場合が多い。調査深度不足や調査地点の配置の失敗等の手戻りの調査はよく見聞きするところである。地すべり調査の主な目的は、すべり面の空間的広がりを想定し、斜面の安定度を評価することにある。実際には密度の濃い調査が実施されることは少なく、技術者は現場からの少量の情報をもとに自らの経験をよりどころにこれらの問題に対処している。

本文は、既往の研究成果や筆者の経験をもとに、地すべり調査に役立つと思われるキーポイントをまとめたものである。

2 地すべりの概査事例

大きく滑動した地すべり地は、空中写真や地形図の判読によって比較的容易に見つけることができるが、時間の経過とともに侵食作用によって地形が解析され不明瞭になるため、古い時代の地すべりほど見つけることが難しい。また、わずかな変位しか発生していない地すべりも見つけることは困難である。これとは逆に、山腹斜面に局所的に残存する古期の侵食緩斜面を地すべり地形と見誤っている例も多い。地すべり地は、特徴的な緩斜面と滑落崖の組合せほかに、周辺地形との関係にも注目すべきである。

(1) 地形図の読図

徳島県山城町の国政地すべりの地形図を図-1に示す。地すべりによって滑落崖が生じ、上部斜面を北流していた河川を断ち切ってしまい、河川上流域の

表流水を地すべり地内に引き込んでしまった事例である。この河川の河床縦断面図を図-2に示す。河床断面Bが現在の地すべり地に向かう流路であり、河床断面Aが北流する旧流路（冬谷）である。地すべり地の上流域にある水系の流路縦断と河床断面が連続していた様子が認められ、地すべりによって河川争奪が行われたことがわかる。

（2）空中写真判読

高知県大豊町の怒田地すべりの空中写真判読図を図-3に示す。寺戸恒夫（1983）が全くの予備知識なしに空中写真判読を行ったものであるが、主滑落崖（A₁）、二次滑落崖（A₂）、三次滑落崖（A₃）、主滑落崖を形成した初生すべりの先端（C）を区分し、地すべり地形の概略の形成史を示している。

その後の詳細調査によって明らかにされた地すべりブロック区分と整合的であり、専門家が地形

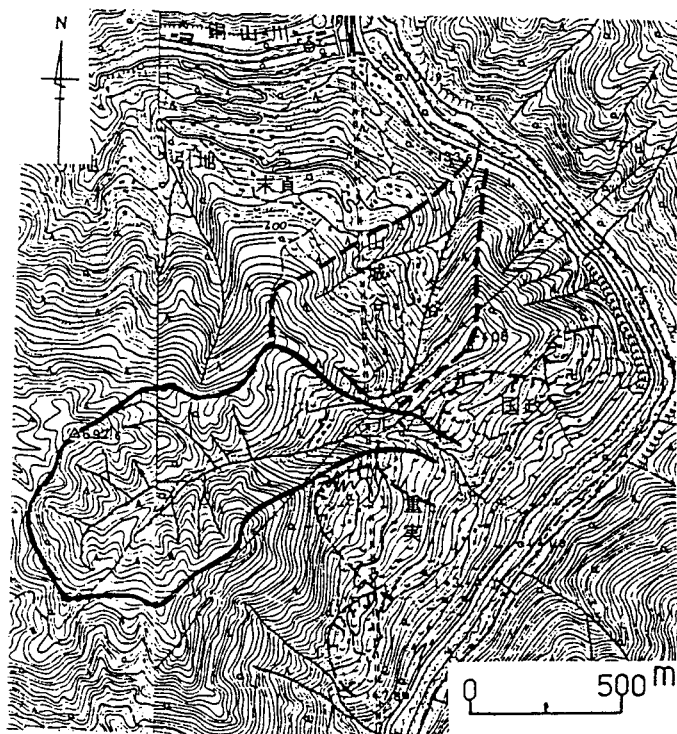


図-1 地すべりによる河川争奪の地形

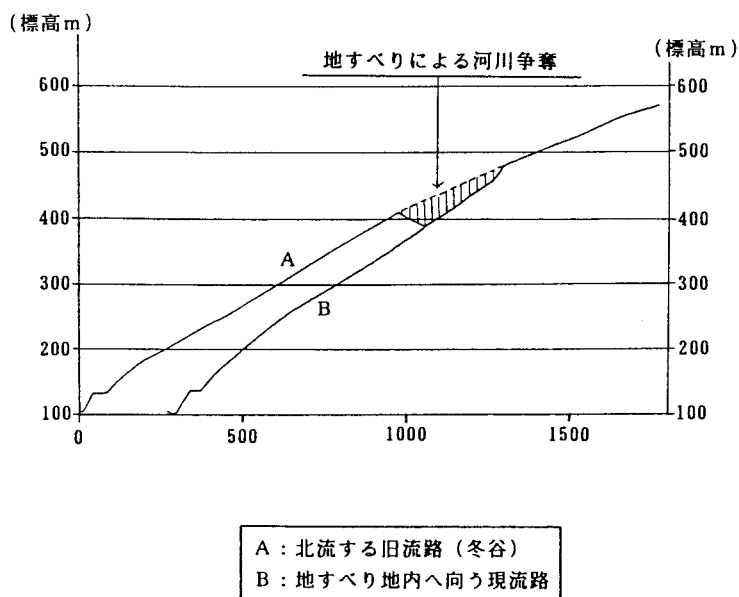


図-2 地すべりによる河川争奪縦断面図



- | | |
|-------------|-----------|
| 1. 滑落崖・急傾斜地 | 2. 崩壊地・崖錐 |
| 3. 河道および河原 | 4. 車道 |

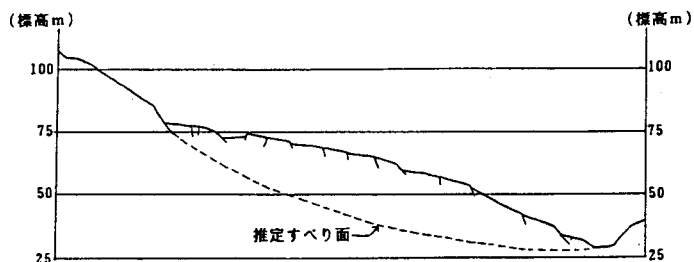
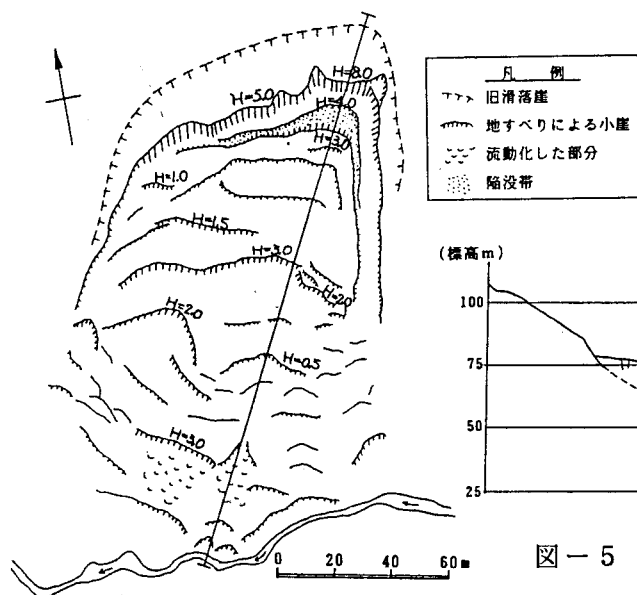
図－3 怒田地すべり空中写真判読図

判読を行えば地すべり地域の概要を誤りなく把握できる好事例といえよう。

(3) 現地踏査

香川県土庄町豊島における今宮地すべりの変動微地形を図－4に示す。

この地すべりは比較的小規模であるため、地形図（縮尺1：5000）では抽出できず、植生が繁茂していることから空中写真によっても確認困難であったが、踏査によって地すべりの概要を把握できた事例である。後日実施した断面測量結果（図－5）を参考にすれば、地すべりの規模を概略推定することが可能である。



図－5 実測断面図とすべり面の推定

図－4 地すべり地の踏査図（歩測による）

3 地すべりの予知

地すべりの予知とは、どこで（場所）、いつ（時刻）、どのくらい（規模）のものが発生するかを示すものである。現状では十分な精度を持って答えられない要素もあるが、いかに各要素のキーポイントを紹介する。

3-1 場所の予知

（1）地すべりの発生しやすい地質構造

長年安定した状態にあった場所が、切土施工することによって著しい変状やすべり破壊を来した地質構造は、図-6に示すとおりである。図では変状規模によって、a 落石・侵食、b 表層崩壊、c 地すべりに区分し、崩壊予備物質をⅠ粘性土、Ⅱ砂質土、Ⅲ崩積土、Ⅳ固結度の低い軟岩、Ⅴ亀裂の多い岩に区分することによって異なる崩壊形状となることを示している。

筆者の経験から図-6の地すべりについて、グループ分けを行い若干の説明を加える。

①粘性土の進行性破壊（Ⅰ-c）

均質な粘性土地盤のほかに、マトリックスが砂質粘土の砂礫地盤や強風化岩盤もこのグループに入る。切土施工後、しばらくして発生することが多い。

②崩積土や未固結砂質土（Ⅱ-c）

ルーズで透水性のよい地層が難透水性を示す基盤岩などの上に分布する場合、浸透地下水の作用により、パイピング現象を伴うなどして容易に崩壊やすべりを発生する。

③旧地すべり地（Ⅲ-c）

旧地すべり地の末端切土などで再発する地すべりで、旧地すべりのすべり面と異なったすべり面で小規模なすべりになることも多い。

④流れ盤構造（c-1）

砂岩頁岩の互層は頁岩層上面をすべり面とする場合が多く、薄層でも連続のよい場合はすべり面になりやすい。炭層や炭質頁岩層は良くすべる傾向にある。不整合面、片理面、節理面が流れ盤になる場合もこのグループに入る。

⑤割れ目の発達する岩盤（c-2、c-3）

層理、片理、節理、断層などの分離面の発達により、これらの面の組合

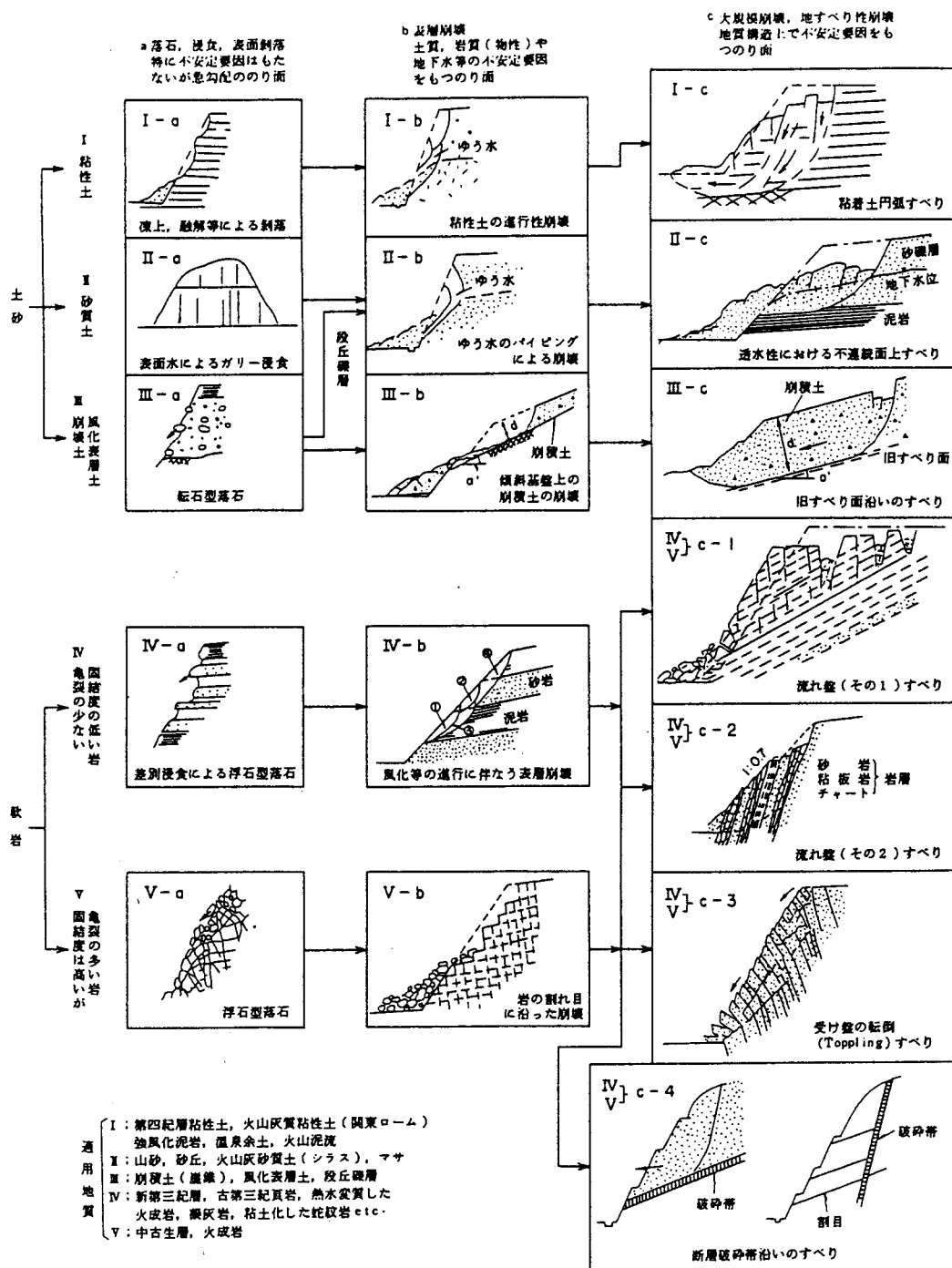


図-6 切土のり面における地山条件と崩壊形態

せによって発生するすべりがある。比較的良好な岩盤において、割れ目の傾斜が急な場合、斜面が急であれば割れ目の組合せによってクリープ変位や転倒破壊（トップリング）が発生しやすい。受け盤斜面においても大規模なすべりが発生することがある。

⑥断層破碎帯（c-4）

断層破碎帯では一帯の岩盤が脆弱化しており、断層破碎帯自体がすべることがある。断層破碎帯が薄い場合は、④や⑤のグループに区分されるすべりになる。斜面背後に急傾斜の断層が存在する場合、断層背面に貯留された地下水の水圧によって急激なすべりや崩壊が発生することがある。

（2）地すべりに起因する地形など

模式的な地すべり地形については多くの参考書等に示されているので、ここでは現地踏査の上で参考になるとと思われる特徴的地形などを説明する。

①二重山稜（図-7）

急峻な地形を呈する山地部では、稜線が平行配列したり線状の凹地が分布することが多い。これらは様々な成因により生じた可能性があるが、どちらかの斜面が不安定化して地すべり的な移動をしたために形成された地形であることが多く、四国や中部山岳地帯で数多く分布する。尾根を越えた反対斜面から不安定化している例もある。

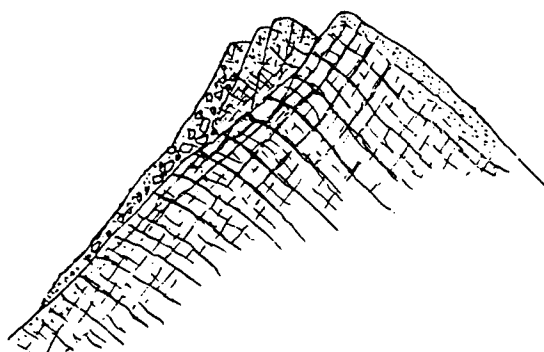


図-7

②隠れた大規模地すべり（図-8）

崩壊や地すべりが発生した場合、その背後に規模の大きな地すべりが存在する場合がある。周辺や上方斜面のチェックが必要である。湧水がある位置は滑落崖と側面亀裂末端に多く認められ、地すべりブロック推定に利用できる。

地すべりによる二重山稜の形成

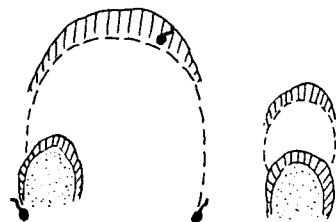
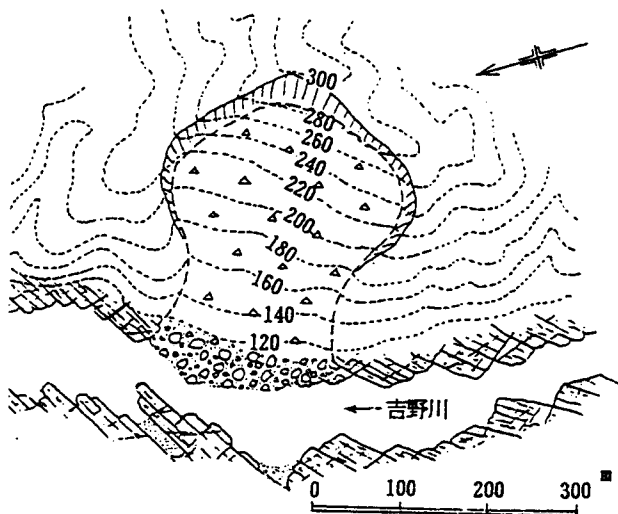


図-8 隠れた大規模地すべり

③河床・海岸の岩盤露出状況（図－9）

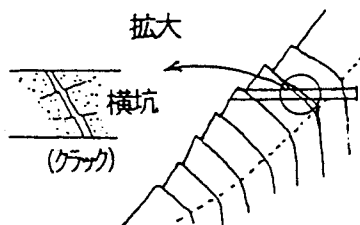
岩盤露出のよい海岸線や山間部での河床では、地層の硬軟や構造を反映した海岸や河道の形状が見られる。地形図や空中写真によっても、およそその地質状況や地すべり地の把握が可能である。図－9の例では、河岸の一部に岩盤が露出せず、大小の岩塊で覆われた区間が存在する。この部分は山腹に発生した地すべり崩壊土砂が堆積している部分であり、河床の岩盤分布状況に注目することによって地すべり地の抽出ができたものである。このような事例は各地の河川や海岸沿いの地域に存在する。



図－9 河床の岩盤状況と地すべり

④鋸歯状斜面（図－10）

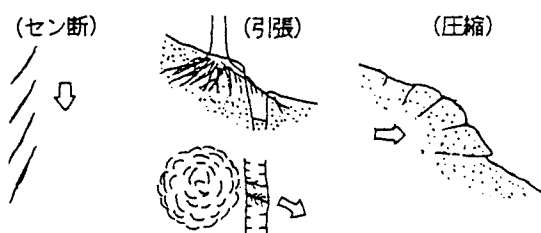
急斜面では岩盤が良好であっても、変形が進行している場合が多く、変形が大きい場合、地表には鋸歯状の変動地形が形成される。ダムサイトの横坑などでは新鮮な岩盤においても転倒変位に起因するオープクラックが見つかる場合がある。



図－10 鋸歯状斜面と横坑内クラック

⑤ 亀裂の種類（図－１１）

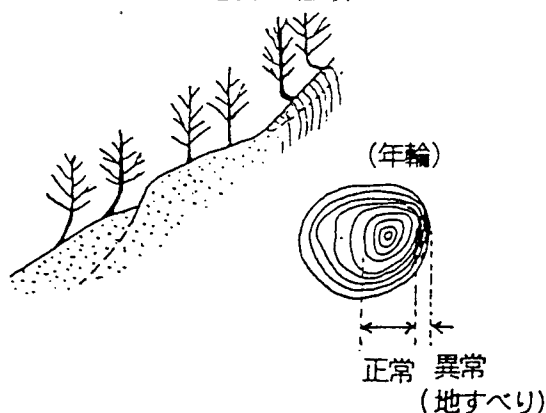
亀裂の配列、開口幅、落差、引張方向、隆起、沈下、圧縮、構造物の変状に注目して、亀裂や変位のセンスをセン断、引張り、圧縮に区分することにより、地すべりの範囲や移動方向を推定することができる。



図－１１ 亀裂の種類

⑥ 樹木の屈曲とアテ（図－１２）

変動斜面内外では樹木の屈曲に差のある場合がある。樹木の屈曲状況によって斜面変動の区分も可能である。また、切株の年輪を観察することによって、地すべり運動の活発な時期を推定することができる。

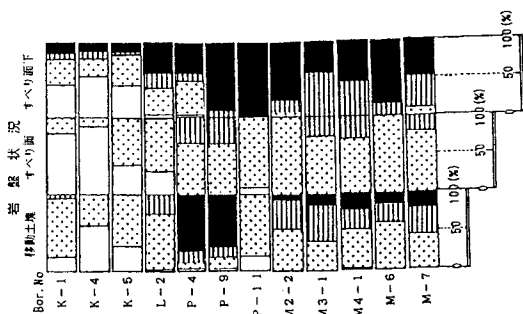


図－１２ 樹木の屈曲とアテ

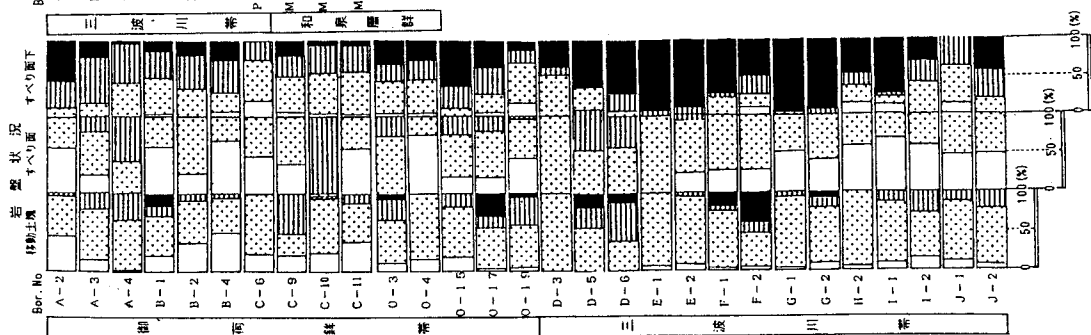
（３）ボーリングコアの観察

ボーリングコアの観察において特に重要と思われる点は、地すべり粘土の確認であり、コアの表面をカッターナイフの刃先で爪を立てるようにしてコアの延長方向に傷を付け、薄く柔らかな粘土の挟みの存在を感じ取ることである。このような挟み層は何層かある場合が多いので、確認位置を柱状図に明記しておく。

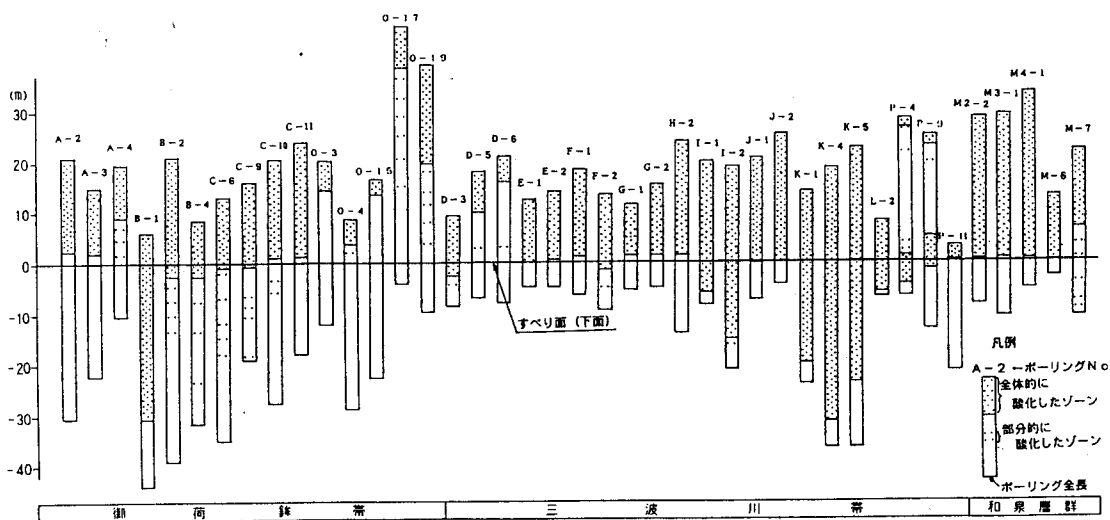
また、コア形状（粘土状、砂礫状、岩片状、棒状）をもとに区間毎のコア形状の比率を求めたり、コアの酸化深度を参考にして地すべり土塊であるか否か推定が可能となる場合が多い。



凡 例	
コア形状	記 事
粘土状	粘土・シルト分を主体とするが 全体に砂分および礫分を混える
砂礫状	径10cm以下の礫を主体とし、礫 間は、細礫を含む砂質粘土によ って充填されている。
岩片状	細礫以下の細粒分を含まず、角 礫主体のコアで部分的に円柱状 のコア形状に復元が可能。
棒 状	長さ10cm以上の棒状コア主体



図一 1 3 四国の地すべりにおける試錐コア状況



図一 1 4 試錐コアにおける酸化程度とすべり面の関係

(4) 水理条件

降雨によって斜面内部の地下水位が上昇すると、のり尻付近での水圧が高くなって、斜面崩壊が発生し、崩壊部分は斜面上方へ波及することが実験によって確かめられている（図-15）。前述の(1)地すべりの発生しやすい地質構造に示したとおり、横断的に地下水を貯留しやすく、不安定化しやすい場合がいくつか存在する。この横

断的な地質条件に加えて、平面的に表流水を集水しやすい地形条件や、浸透地下水を集水しやすい地質条件の場所では降雨時に崩壊が発生する。

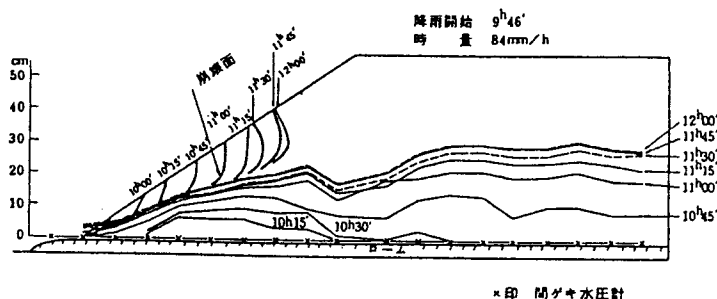


図-15 実験による降雨の浸透と斜面の破壊

(齋藤ら1968)

3-2 時刻の予知

崩壊および地すべりの発生時刻の予知に関しては多くの手法があるがここでは特定斜面を対象として崩壊発生時刻の予知を行なう方法について紹介する。

(1) 斎藤の方法 (斎藤1992)

地すべりがいよいよ動き出した場合、その変位を伸縮計などの簡単な計器で観測することによって、地すべりの崩壊時期を予測するもので、多くの予測実績があって信頼性の高い手法として確立している。

地すべり変位の経時曲線を作成することにより、定速度変位の2次クリープと加速定変位の3次クリープに区分することができるが、2次ク

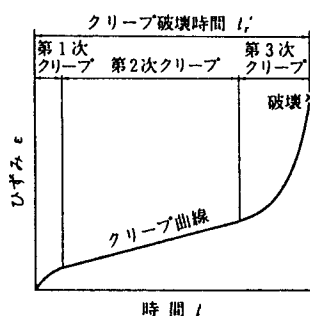


図-16 地すべりクリープ曲線

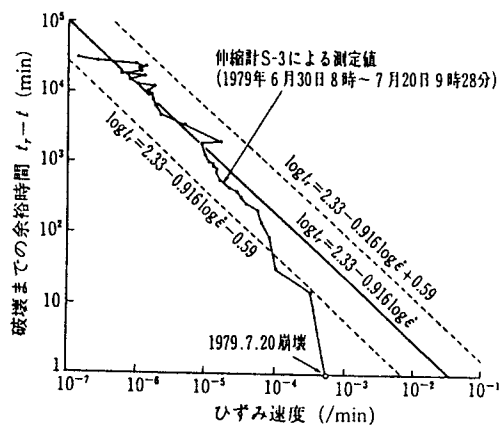


図-17 第2次クリープの歪速度と破壊余裕時間の関係 (1979年7月の柳谷斜面崩壊記録を併記)

— 17 を用いて崩壊までの余裕時間を概略で知ることができる。

ここに、ひずみ速度 $\varepsilon = \Delta l / l$

ただし、 Δl : 1 分間の変位量、 l : 測定区間長

3 次クリープに対しては精密予測があり、半対数図上での直線表示による予測法である。斎藤は歪 ε と破壊までの余裕時間の対数 $\log(t_r - t)$ とが直線関係になることを示し、歪 ε を普通目盛で、余裕時間 $(t_r - t)$ を対数目盛でプロットすると、崩壊時刻の仮定 t_r が適切であれば図 - 18 に示すように、プロットした点が直線となることを示した。 t_r を種々仮定して直線表示される場合が崩壊予測時刻となる。

表 - 1 半対数表示の計算例

時刻 (時:分)	時間当り 変位量 (mm)	累計 変位量 (mm)	仮定崩壊時刻 (時:分)		
			12:30 (12.5 時)	12:18 (12.3 時)	12:24 (12.4 時)
0:00	0.0	0.0	余裕時間 (h)		
2:00	9.2	9.2	10.5	10.3	10.4
3:00	29.2	38.4	9.5	9.3	9.4
4:00	26.8	65.2	8.5	8.3	8.4
5:00	27.0	92.2	7.5	7.3	7.4
6:00	25.0	117.2	6.5	6.3	6.4
7:00	14.6	131.8	5.5	5.3	5.4
8:00	13.8	145.6	4.5	4.3	4.4
9:00	10.0	155.6	3.5	3.3	3.4
10:00	22.0	177.6	2.5	2.3	2.4
11:00	31.7	209.3	1.5	1.3	1.4
12:00	76.5	285.8	0.5	0.3	0.4

1979 年 8 月 27 日、伸縮計 No. 2.

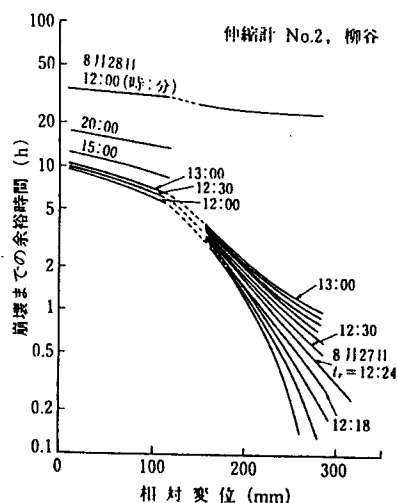


図 - 18 半対数表示法による崩壊時刻予測の一例

以上のほかに、歪速度 ε からの直観的判断として次のような試案を示している。

- $10^{-7}/\text{min}$ 以下は ----- 日常変化
- $10^{-7}/\text{min}$ 以上は ----- いちおう要注意
- $10^{-6}/\text{min}$ 以上は ----- 要警戒
- $10^{-5}/\text{min}$ 以上は ----- 嚴重警戒、崩壊覚悟

(2) 地すべりの移動速度による方法

地すべりの移動速度と破壊までの余裕時間の関係について、菅原(1993)は既存資料から図-19を作成し、次式を示している。

$$T_R \cdot V \approx 20$$

ここに T_R : 滑落までの余裕日数(day)

V : 地すべり土塊の移動速度(cm/day)

菅原は、この式が、セン断帯の厚さ $D = 100\text{cm}$ 程度の地すべりに相当するのではないかと推定し、移動速度が同じでもセン断帯の厚さが薄くなる(セン断歪が大)と、滑落までの余裕日数が少なくなることを示した。したがって、すべり面の厚さの薄いと思われる岩盤斜面の地すべりで $D = 5\text{cm}$ と仮定すれば、 $T_R \cdot V = 1.0$ となり、一般の地すべりに比較して危険であるとしている。

地すべり調査では、ボーリング孔を利用して孔内傾斜計観測が行なわれる場合が多いので、セン断帯の層厚と地すべり土塊の移動速度を測定することにより、崩壊発生までのおよその余裕日数を求めることができ、活動中の地すべりの危険度を知ることができる。

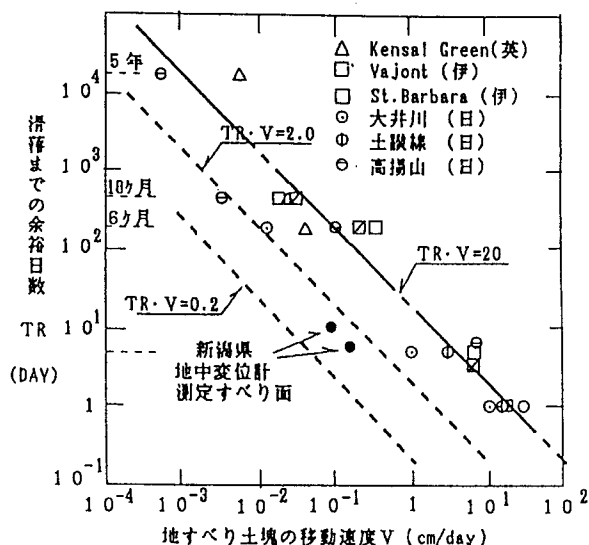


図-19 地すべり土塊の移動速度と斜面の滑落までの余裕時間の関係

3-3 規模の予知

詳細な調査が実施された地すべりのうち、その活動範囲やすべり面深度などの実態が明らかになった事例に基づいて、地すべりの形状や斜面傾斜と地すべり規模との関係について検討を行った結果を紹介する。

(1) 地すべりの形状

地すべりの形状要素を、図-20を参考に次のように定義する。

地すべり幅 (W) : 地すべりの最大幅

すべり面深度 (D) : すべり面の鉛直方向の最大深さ

地すべり斜面長 (L) : 地すべり土塊の頭部と末端部の間の直線距離

斜面傾斜角 (β) : 地すべり土塊の頭部と末端部を結ぶ直線の傾斜

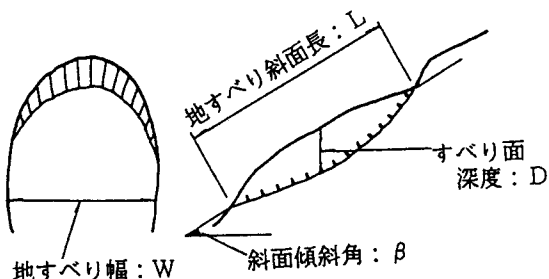


図-20 地すべり形状の名称

また、地すべりの形状要素の相互の比について次のような名称を与え、以下の検討に使用した。

表面形状比 : 地すべり幅に対する地すべり斜面長の比 (L/W)

横断形状比 : すべり面深度に対する地すべり幅の比 (W/D)

縦断形状比 : すべり面深度に対する地すべり斜面長の比 (L/D)

<表面形状比>

地すべり幅 (W) に対する地すべり斜面長 (L) の関係を、地すべりの分類別に示すと図-21のようになる。この結果によれば、表面形状比 (L/W) が 0.6~2.5 の範囲にあることがわかる。地すべりの分類別に見ると、わずか2例ではあるが‘岩盤すべり’の場合は、表面形状比が大きい値を示しており、初生すべりの場合は比較的小さな値を示す傾向があるようであるが、地すべりの分類別には関係はないといえる。

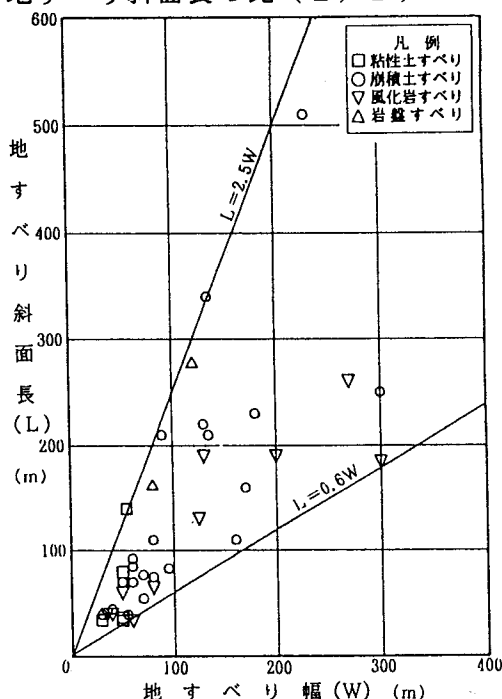


図-21 地すべり幅と地すべり斜面長の関係

<横断形状比>

すべり面深度（ D ）に対する地すべり幅（ W ）の関係を地すべりの分類別に示すと図-22のようになる。この結果によれば、横断形状比（ W/D ）が4～10の範囲にあることがわかる。地すべり幅が120m以上になると、横断形状比の範囲が6～10となり、その範囲が若干小さくなっている。この範囲の値を示す地すべりについて、地すべりの分類別に見ると、横断形状比が比較的大きい値を示すものは、崩積土すべりであり、反対に比較的小さい値を示すものは、岩盤すべりや風化岩すべりであるという傾向が見られる。岩盤すべりや風化岩すべりの場合は、その地区の地質構造や近辺に存在する断層の影響を強く受けて、すべりの範囲が制約されやすく、これらの要因によって、地すべり幅が比較的小さくなり、したがって、横断形状比が小さい値を示すと考えられる。

<縦断形状比>

すべり面深度（ D ）に対する地すべり斜面長（ L ）の関係を、地すべりの分類別に示すと、図-23のようになる。この結果によれば、縦断形状比（ L/D ）がおおむね4～15の範囲にあり、横断形状比に比較して、ばらつきが大きくなっている。

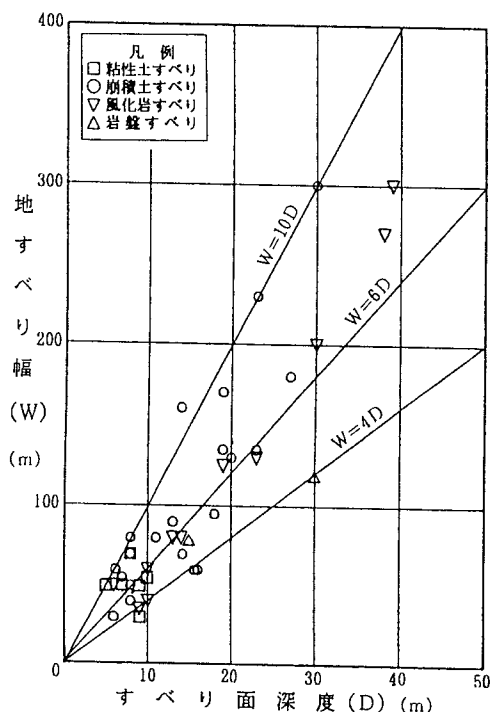


図-22 すべり面深度と
地すべり幅の関係

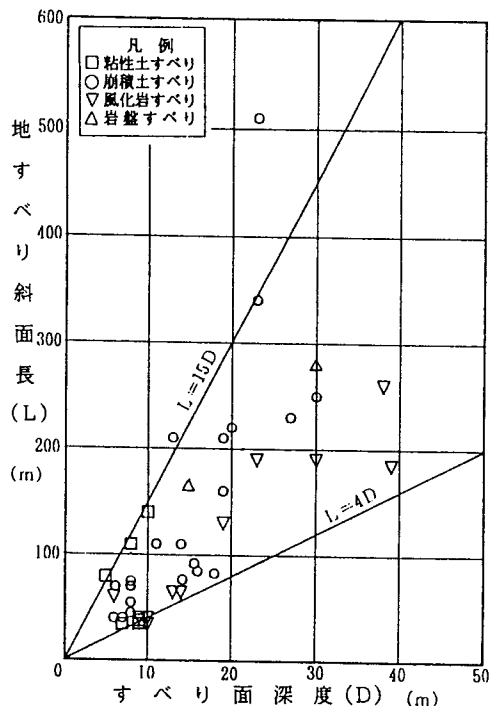


図-23 すべり面深度と
地すべり斜面長の関係

(2) 地すべりの規模について

ここでは、斜面傾斜角に対するすべり面深度の関係、および斜面傾斜角に対する横断形状比の関係を示し、地すべりの規模を支配する要因を考察する。

< 斜面傾斜角に対するすべり面深度 >

斜面傾斜角 (β) に対するすべり面深度 (D) の関係は、図-24に示すようになる。この図によれば、ほとんどの点は、図中に示す直線の下側に分布しており、斜面傾斜角が大きくなると、すべり面深度の最大値が小さくなる傾向を示している。これは、斜面の風化変質が進行する過程において、傾斜が急な斜面において、小崩壊などによる斜面の削削が進行し、厚い風化帯や崩積土が残存することが少なく、したがって、不安定な厚い地層が長期にわたって存在しにくいためと考えられる。

< 斜面傾斜角に対する横断形状比 >

斜面傾斜角 (β) に対する横断形状比 (W/D) の関係は、図-25に示すとおりである。この結果によれば、ほとんどの点は、図中に示す2本の平行な直線の間に分布しており、斜面傾斜角が大きくなると、横断形状比の最大値および最小値ともに小さくなる傾向を示している。このことを、図-24に示したように、斜面傾斜角が大きくなるとすべり面深度が浅くなる傾向とあわせて考えると、斜面傾斜角が大きい地すべりほど、地すべり規模が小さくなるものといえる。

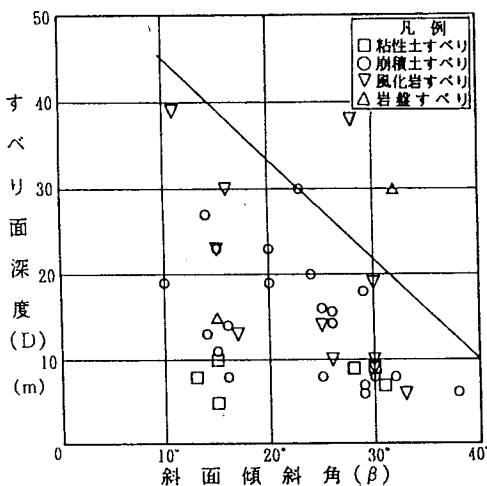


図-24 斜面傾斜角と
すべり面深度の関係

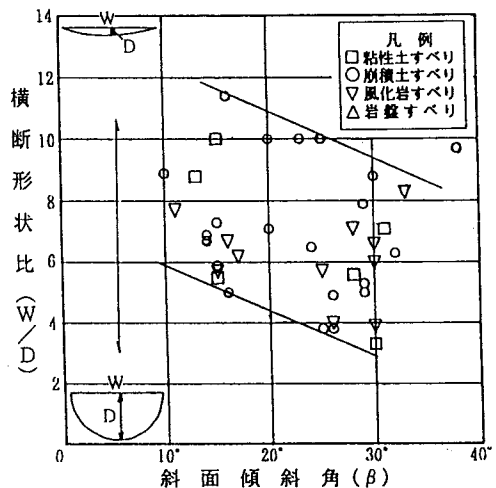


図-25 斜面傾斜角と
横断形状比の関係

(3) その他の指標

直線すべりの場合、地すべり頭部陥没帯の幅 (W_o) とすべり面深度 (T) は、おおよ次の関係にある。(図-26)

$$W_o / T = 2 / \tan (45 + \phi / 2)$$

カナダの直線すべりの事例における関係は、図-27に示すように

$$W_o / T = 0.9 \text{ である。 (Cruden et al 1991)}$$

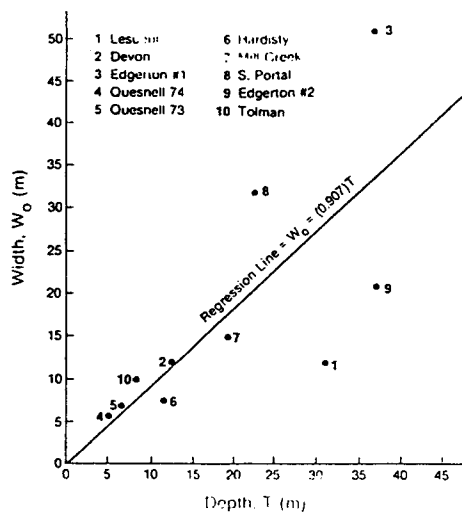
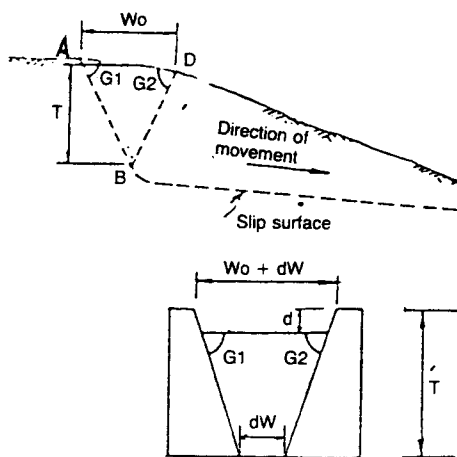


図-26 地すべりにおける陥没帯

図-27 陥没帯の幅と地すべり深度

4 地すべりの安全率とすべり面のせん断強度

4-1 地すべりの安全率

地すべり地帯で土工する場合、どの程度の土工が可能であるか、高速道路調査会(1981)によって検討されている。これは地すべり末端部の切土が原因で、地すべり移動の発生した事例について、切土前地形の安全率が何%低下した場合に地すべりが発生したか、簡便式を用いて計算したものである。

この結果を図-28に示すが、これから推測して崩積土すべりタイプの安全率は $F_s = 1.03$ 以上、風化岩地すべりタイプ

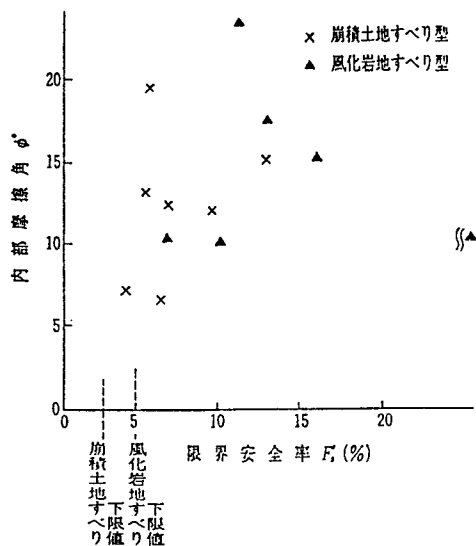


図-28 限界安全率と内部摩擦角

プは $F_s=1.05$ 以上あることがわかる。また、高速道路調査会(1977)の研究成果によると、地すべり地形を示す斜面の安全率は表－2 に示す値が提案されており、地すべり地に切土斜面を建設する場合の基本的な安全率指標とされている。

表－2 地すべり地形を示す斜面の安全率

運動 \ 分類	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
運動停止中	1.10	1.05～1.10	1.03～1.05	1.0 ～1.03
滑動中	0.99	0.95～0.99	0.93～0.95	0.9 ～0.93

その後の高速道路調査会(1985)の研究では、全国の道路掘削斜面の地すべり崩壊地77事例の解析結果をもとに、掘削前の斜面の安全率と地形・地質条件の関係について数量化解析した結果、次の結論にまとめられた。

地すべり地形を示し、活動の兆候が認められない斜面の現状安全率 F は、

$$F = 1.10 \pm 0.05$$

で表され、第2項の ± 0.05 は、地すべり斜面の平面形、地質年代、地質大構造の要素によってプラスかマイナスのどちらかに判別される。

4－2 すべり面のセン断強度

地すべりの安定計算を実施する場合、および逆算や室内試験ですべり面のセン断強度を求めた場合、採用値や求めた強度常数が妥当であるかチェックするために有効と思われる既往資料について紹介する。

(1) すべり面形状から推定される現場強度

円形すべり面を仮定した簡便式は次式に書き換えられる。

$$\frac{F_s \cdot \sum W \sin \alpha}{\sum l} = c' + \left[\frac{\sum (W \cos \alpha - u l)}{\sum l} \right] \tan \phi' \quad \text{----- (1)}$$

左の項は、単位長さ当たりのすべり面に作用するセン断力 (τ) を表し、右の項の [] の中は、単位長さ当たりのすべり面に作用する有効直応力 (σ') を意味する。

この関係式を、地すべり活動中の斜面に適用すれば、 $F_s = 1.0$ とおくと、

$$\tau = c' + \sigma' \tan \phi' \quad \text{----- (2)}$$

ひとつの地すべり斜面は、 $\tau - \sigma'$ の座標で表すと、 (τ_i, σ_i') 点で表現

される。同類の地層の地すべり箇所の点を同一図にプロットすれば（図－29）、その地層の地すべり面のせん断強度パラメータの領域を知ることができる。

このような手法を用いて、高速道路調査会(1985)では、全国の道路斜面に発生した地すべりを解析して、各種の風化岩の地すべり面のせん断強度パラメータを求めた。その結果を表－3に示した。

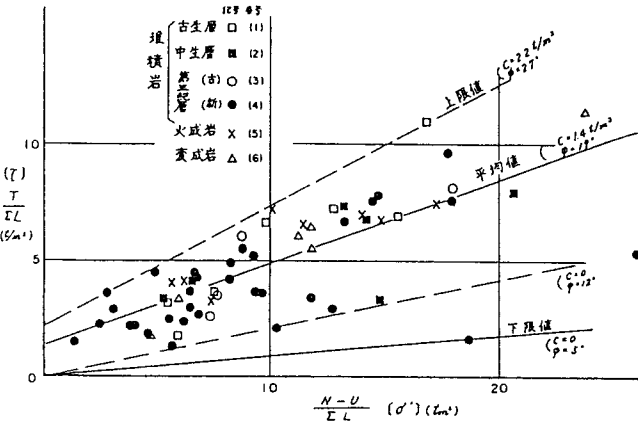
また、すべり面の平均勾配（ α ）とせん断抵抗角（ ϕ' ）の関係を求めると図－30に示すとおりであり、すべり面勾配とせん断抵抗角（ ϕ' ）とは、密接な関係があるといえそうである。

このようにして評価したせん断強度は、ほぼ、残留強度に近似したパラメータであり、大略の c' はゼロに近いことがわかる。地すべりの安定解析で多用される $c' \sim \tan \phi'$ 図からせん断強度パラメータを決定する場合は、 $\tan \phi'$ を第一に設定し、それに対応する c' を決定することが合理的である。その場合、すべり面の平均勾配（ α ）と ϕ' とは図－30に示すような密接な関係があることを配慮すべきである。

表－3 風化岩すべり面の現場強度パラメータ

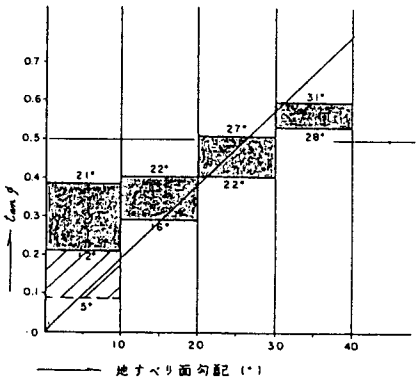
風化岩の種類		粘着力 c' (tf/m ²)	せん断抵抗角 ϕ' (度)
変成岩		0 ～ 0.2 (0.1)	20 ～ 28 (26)
火成岩		0	23 ～ 36 (29)
堆積岩	古生層	0 ～ 0.4 (0)	23 ～ 32 (29)
	中生層	0 ～ 1.0 (0.5)	21 ～ 26 (24)
	古第三紀	0 ～ 2.0 (0.7)	20 ～ 25 (23)
	新第三紀	0 ～ 2.5 (2.0)	12 ～ 22 (12.5)

（注）（ ）内は平均値



図－29

風化岩すべりの強度分布（高速道路調査会. 1985）



図－30 内部摩擦角とすべり面勾配の関係
（高速道路調査会. 1985）

(2) 室内土質試験

地すべり斜面の安定解析は排水条件下のせん断強度パラメータを採用する。その理由について八木ら(1989)は次のように指摘している。『地すべりは比較的長い時間をかけて崩壊する。破碎帯地すべり地粘性土は比較的透水係数が大い。地すべり斜面の安全率は1以上であるが1に近くすべり層の応力状態は破壊線の近くにある。そして、乱した試料と乱さない試料の圧密非排水三軸圧縮試験結果の応力経路を見ると、両者とも破壊線の近くでほぼ排水状態の応力経路と一致している』。

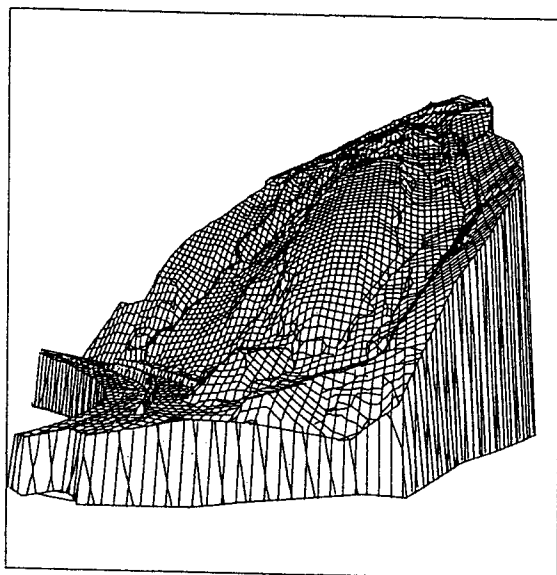
八木ら(1989)は四国各地の地すべり地のすべり面付近より採取した乱した地すべり粘土の練り返し再圧密試料を用いて、表-4に示すような強度定数を求めている。なお c' はいづれの粘土においてもほぼゼロであったので記載を省略している。表中、No1~No12は三波川帯、No13, No14は御荷鉾帯、No15~No18は秩父帯、No19は第三紀層の地すべり粘土である。

表-4 地すべり粘土の物性と強度(八木ら1989)

No	Soil sample	Sampling	Parent rock	Gradation (%)			W _L (%)	W _p (%)	I _p	G _s	ϕ' (°)
				(< 2 μ m)	(2 < 20 μ m)	(20 μ m <)					
1	Mitsukue I	Boring core	Green schist	23.5	44.3	32.2	70.5	25.5	45.0	2.97	31.2
	Mitsukue II	Boring core	Green schist	12.7	36.3	51.0	61.9	37.2	24.6	2.96	35.2
2	Kumachi I	Out crop	Green schist	20.8	40.6	38.6	75.6	39.5	36.1	2.57	31.3
	Kumachi II	Out crop	Green schist	—	—	—	66.3	27.5	36.8	2.70	32.7
	Kumachi III	Out crop	Green schist	6.6	27.1	66.1	44.3	20.1	24.2	3.03	33.4
3	Oku	Boring core	Green schist	18.2	41.9	39.9	44.1	24.0	20.1	2.95	29.5
4	Kamiokubo	Boring core	Crystalline schist	10.1	42.5	47.5	94.4	34.5	59.9	2.59	28.5
5	Houmura I	Boring core	Green - black schist	—	—	—	50.5	26.8	29.7	2.87	29.5
	Houmura II	Boring core	Green - black schist	23.4	32.9	43.7	57.5	28.5	29.0	2.91	28.9
6	Inuyose	Boring core	Crystalline schist	19.8	33.7	46.5	35.9	24.2	11.7	2.75	30.0
7	Kawadatsurebi	Out crop	Black schist	26.7	33.7	37.6	41.4	17.4	24.0	2.74	26.2
8	Sagayama B	Out crop	Black schist	7.6	19.6	72.8	32.4	14.1	16.3	2.79	25.2
9	Zentoku	Block	Crystalline schist	2.7	16.1	79.2	39.2	20.5	16.7	2.72	32.6
10	Kurokawa	Boring core	Crystalline schist	6.0	4.6	89.4	41.6	30.3	11.5	2.81	41.9
11	Fuki	Out crop	Black schist	1.5	8.0	90.5	45.6	30.4	15.2	2.70	34.4
12	Nishimine	Out crop	Black schist	—	—	—	40.6	27.4	13.2	2.71	32.3
13	Nuta	Boring core	Green stone	26.9	34.2	36.9	33.5	16.7	16.8	3.02	26.4
14	Sagayama A	Out crop	Green stone	25.0	44.6	30.4	42.5	26.8	15.7	2.95	28.5
15	Choja A	Boring core	Loam	12.0	14.9	73.1	34.2	13.9	20.3	2.79	30.0
	Choja B	Boring core	Slate	16.6	20.8	60.8	30.0	13.0	17.0	2.76	33.8
	Choja C	Boring core	Serpentinized slate	11.4	16.1	70.5	60.5	24.7	35.8	2.68	34.9
16	Taninouchi	Out crop	Tuff	7.5	22.5	70.0	26.3	14.7	11.6	2.80	30.0
17	Utsugi	Out crop	Green stone, Mudstone	6.6	36.0	53.2	36.5	16.3	22.2	2.80	26.7
18	Ikumi	Boring core	Mudstone	14.3	11.3	74.4	35.5	16.6	16.9	2.63	33.0
19	Kuma	Out crop	Tertiary mudstone	—	—	—	55.4	40.3	15.1	2.81	26.4

5 おわりに

建設工事に伴うのり面崩壊や地すべりについて、調査・設計の上で役立つキーポイントについてまとめたつもりであるが、どんな高度な解析や立派な検討を加えようと、現場での見落としがあったり、正確な現場データが得られていなければ、砂上の楼閣そのものであり、のり面崩壊や地すべりが発生することになる。地質調査業に従事する筆者からみると、専門技術者による現地踏査が実施されていれば、その後の調査・設計・施工に大きな判断ミスや手戻りはないものと思われる。しかし、一般に我国の山地斜面は植生が繁茂していたり、急崖斜面であることから詳細な現地踏査が困難な場合も多い。



図－3 1 写真図化機による
崩壊斜面の鳥瞰図

このような場合、従来は得られる情報が不十分であったが、近年では気球やラジコンヘリ等で接近して写真を撮影し、パソコン連動の図化機を使用して割れ目やクラックの立体的分布（走向・傾斜）を測定することが容易にできるようになった。（図－3 1）

また、地すべり地や斜面の断面像を電気探査（比抵抗映像法）を用いて迅速に明らかにすることができるようになり、不安定土層や地すべり土塊を比較的明瞭に区別できるため、各地での利用が進んでいる。（図－3 2）

この他にも熱赤外写真撮影による切土のり面の健全度チェックなど、ハイテク技術が導入されつつあり、斜面に関する調査手法の発展がみられる。

従来、目の届かなかった部分に対し、これらの新しい調査法によって解析・設計に役立つデータが得られるようになった。本文に示したキーポイントや、新調査手法によって得られるデータの活用により、合理的な地すべり調査が行われることを願う次第である。

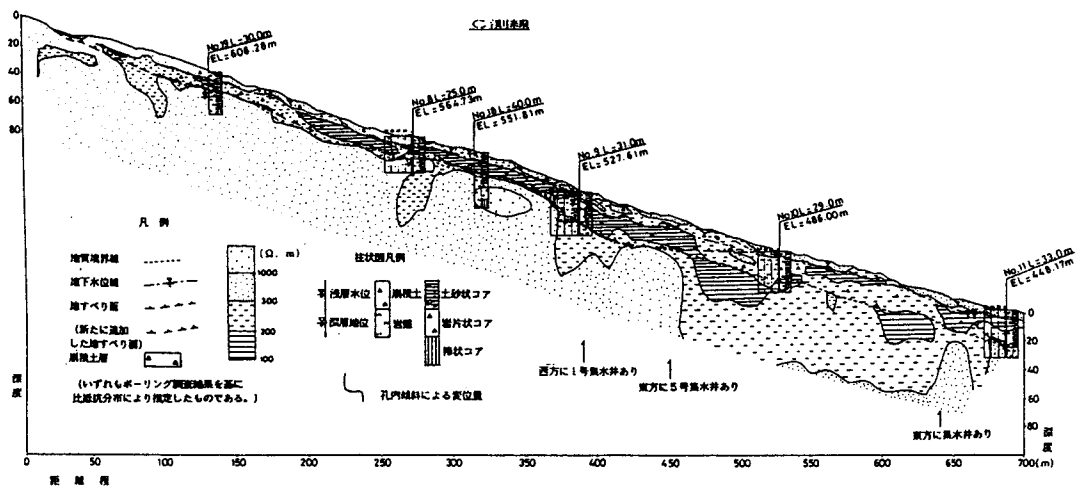


図-3-2 地すべり地における比抵抗映像法結果図の例

参 考 文 献

- (1) 高速道路調査会(1977): 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
- (2) 高速道路調査会(1981): トンネル坑口周辺の地すべり・崩壊対策に関する研究報告書
- (3) 高速道路調査会(1985): 地すべり地形の安定度評価に関する研究報告書
- (4) 奥園誠之(1987): 防災地質の現状と展望(第2章斜面崩壊), 応用地質第28巻特別号
- (5) 斎藤迪孝, 上沢 弘(1968): 人工降雨による砂質盛土の崩壊と排水による防止効果に関する実験, 鉄道技術研究報告No654
- (6) 斎藤迪孝(1992): 実証土質工学PP.155~171
- (7) 菅原紀明(1993): 斜面崩壊・地すべり調査のポイントと計測管理, 建設工事に伴う法面崩壊・地すべり対策講習会資料, 土質工学会
- (8) 寺戸恒夫(1983): 地形学から見た御荷鉾地すべりの特性、地すべり学会関西支部現地検討会資料
- (9) 上野将司, 田村浩行(1992): 地すべり形状、規模および分布に関する検討, 応用地質年報No14
- (10) 上野将司, 田村浩行(1995): すべり面とボーリングコアの対比, 第30回土質工学研究発表会
- (11) 八木則男, 矢田部龍一, 榎 明潔(1989): 土質工学よりみた四国の地すべり, 土質工学会四国支部30年のあゆみ
- (12) D.M.Cruden, S.Thomson, B.A.Hoffman(1991): Observation of Graben geometry in landslides, Proceedings of the international conference on slope stability

四国の地すべり

高知大学農学部

小椋 正澄

1. はじめに

人類が地すべりの被害に悩まされ始めた確かな時期は不明であるが、地すべり現象そのものは、地殻が形成され、地表面の削剥作用が始まって以来、山腹崩壊の一形態として存在していたと考えられる。国土面積の4分の3が山地、丘陵地で占められ、有数の多雨国である我が国において、そのような土地に我々の先祖が住みつき、農耕を営み集落を形成して以来、山腹斜面の崩壊は、人間生活を脅かし続けてきたであろう。

日本における地すべりの記録を遡って見ると、明治以前は、地すべりという用語がなく、山腹斜面の崩壊現象すべてを、「ぬけ」、「やまぬけ」、「つえ」、「ざれ」、「がれ」、「くえ」、「おおぐえ」、「だし」など各地独特の方言で表現され、「地すべり」と「山崩れ」の区別はされていないが、古文書にでてくる被災状況から西暦718年に発生した長野県北安曇郡小谷村清水山地すべりが記録に残る最も古い地すべりと考えられる。これら地すべりに関する古文書は各地に多数あり、民家、住民の被害もさることながら、地すべりの性質上、田畑の変動・流亡など農耕地の被害が圧倒的に多く、当時の農民をいかに苦しめたかを物語っている。このため、江戸時代になると、農民の被害を分散化するため、各地に地割制度などが作られている。

明治時代になると政府による治山治水事業が本格的に行われるようになり、それに伴い山地災害の詳細な記録が残されるようになった。明治末期より全国に鉄道網が張り巡らされるようになると地すべりの被害が続出し、社会的関心が芽生え始めた。この頃は、地すべり対策として特別な事業はなく、道路、鉄道を維持するため対象別に対策工が行われる程度であった。昭和6年、大阪・奈良市間の鉄道、道路を破壊し、さらに、大和川をせき止め奈良盆地の水没が懸念された亀の瀬地すべり（現大阪府柏原市）により、地すべりが都会人の間で関心をもたれるようになった。昭和40年以後、高度経済成長による都市への人口集中、それに伴い都市周辺の丘陵、山腹の開発および高速大量輸送手段として道路網の整備・拡充が急速に進み、地すべりや山崩れなどの斜面災害は、大規模化、増加の傾向にあり、大きな社会問題となってきている。

四国においては、平地が少なく山間部の急傾斜地にも集落が多数存在し、その大部分は地すべり地である。この地すべり地は、かなりの厚さの土壌が分布し、水も豊富にある。そのため、住民は、農地および植林地として利用し、地すべりと共存してきた。近年、四国の山間部においても開発が進むにつれ、あらたな地すべりの発生や被害の増大が見られるようになり、さらに、最近は過疎化による放棄された農地や植林地の荒廃がもたらす土砂災害が、大きな社会的問題となってきた。

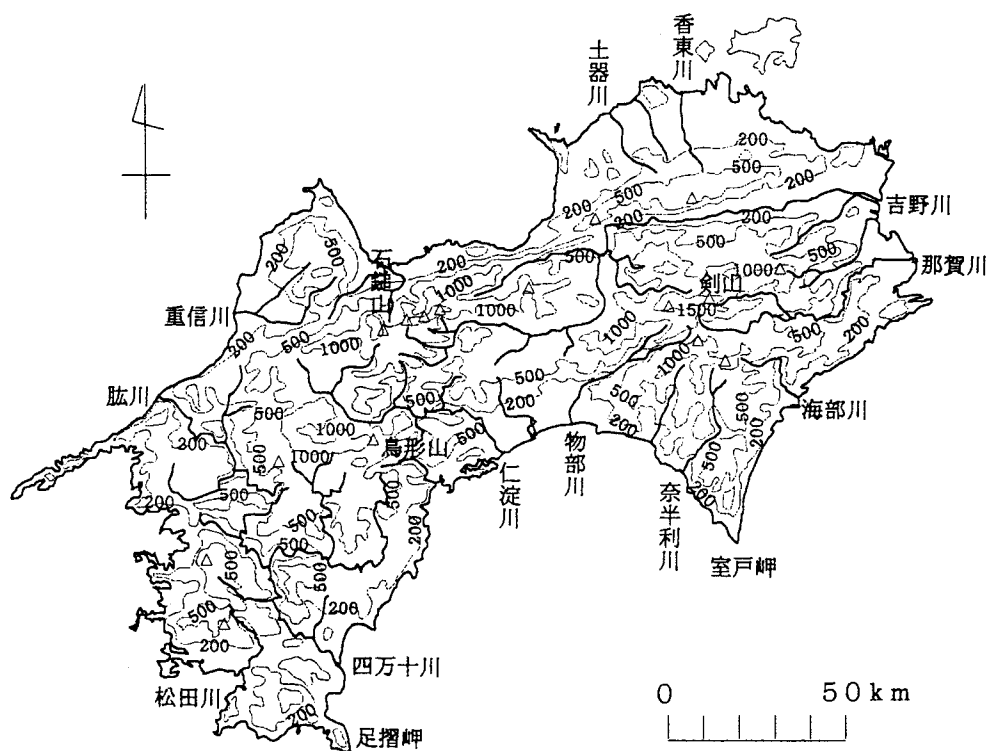
地すべりは、山腹の一部が重力の作用でゆっくり動く現象であるから、地すべりの可能性は至る所にある。しかし、実際には、どこでも起こるのではなく、地すべりを発生させる誘因に対して特に敏感な場所だけに起こる。例えていえば、花粉アレルギーを持つ人が花粉により、鼻炎を発症するように、山腹の所々にアレルギーを持った場所（素因）があり、そこだけ地すべりが起こりうることになる。すなわち、地すべりは、山のアレルギー体質といえる。この体質を決定するのが、地質、地形、土質などであり、個々の地すべりは、それぞれ地区ごとにその特徴を異にするが、これらの共通性を示し分類することは、地すべり対策の基本的工法や手段を検討するのに役立つと考えられる。地すべりの分類は、地質、地形など種々の観点から行われているが、第三紀層地すべり、破碎帯地すべりおよび温泉余土地すべりが一般的に用いられている。第三紀層地すべりは、北陸地方を主として日本海側の第三紀時代に造られた岩質的に固結度の低い堆積岩が分布する地域で発生し、日本の地すべりの約7割を占めている。破碎帯地すべりは、四国を主として中央構造線南側の結晶片岩地帯に分布し、第三紀層地すべりについて発生件数が多い。温泉余土地すべりは、火山活動による熱変成を受けた地域に限られ、発生件数は少ない。

本報告では、四国の地すべりの大部分を占める破碎帯地すべりの特徴について述べる。

2. 四国の自然環境

2. 1 地形^{1), 2), 3)}

四国は山地が約80%占める山国である。地形は、図-1に示すように、地質構造を反映し東西方向の地形配列が顕著である。東西性の大構造は瀬戸内海の凹地、四国山地及び太平洋の凹地である。四国山地は、1800m前後の石槌山系（石槌山-矢筈山）及びその南側の1500m以上の中津山-剣山の山系がある。この東西性の凹凸構造に対して南北性の凹凸構造が認められ、高縄半島-足摺岬、高松-室戸岬の高まりがあり、これらの構造が重なり合って四国の地形を形成している。表1に地形別・高度別・傾斜度別面積を示す。



図－1 四国の地形概略

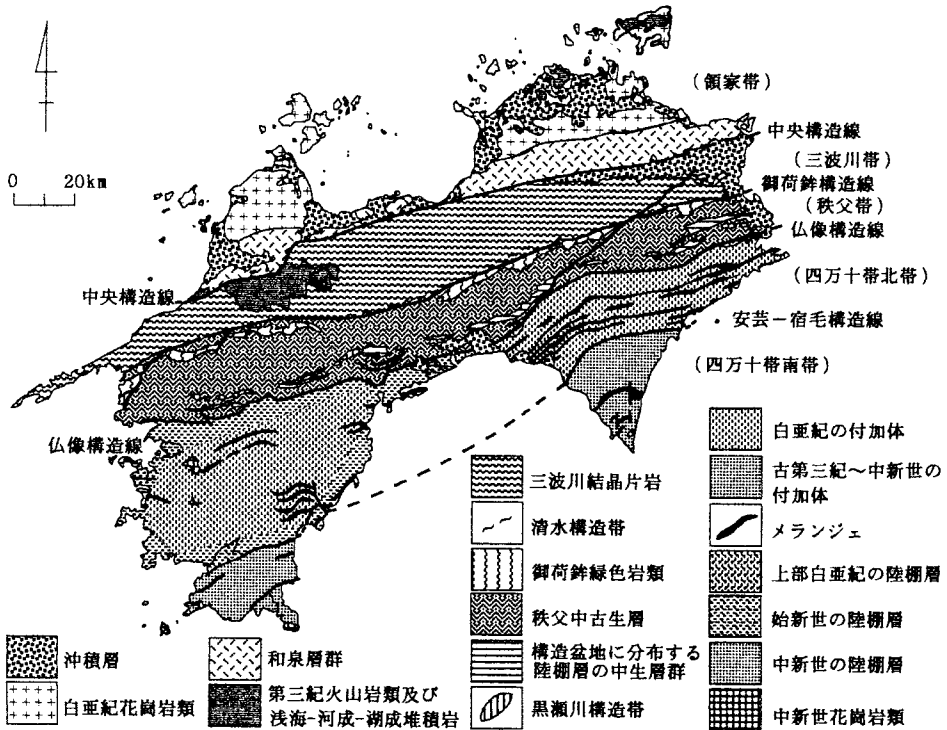
表1 地形因子別面積（国土庁監修「国土統計要覧」）

		徳島 km ²	香川 km ²	愛媛 km ²	高知 km ²	四国 km ²	%	全国 km ²	%
総面積		4,145	1,882	5,672	7,107	18,806		377,801	
地形別面積	山地	3,308	922	4,692	6,067	14,998	79.9	230,331	61.0
	丘陵地	146	105	347	508	1,106	5.9	44,337	11.8
	台地	72	316	67	180	635	3.4	41,471	11.0
	低地	551	474	557	327	1,909	10.2	51,963	13.8
	内水域	63	53	0	11	127	0.7	9,232	2.5
高度別面積	0m未満	4	8	6	13	32	0.2	825	0.2
	0～50m	635	673	795	719	2,822	15.2	67,141	18.1
	50～100m	259	296	419	446	1,420	7.6	34,871	9.4
	100～300m	817	506	1,494	1,802	4,619	24.9	99,088	26.7
	300～500m	743	222	1,081	1,536	3,583	19.3	64,733	17.4
	500～1,000m	1,186	133	1,440	2,071	4,830	26.0	76,376	20.6
傾斜度別面積	1,000m以上	430	0	395	445	1,271	6.8	28,620	7.7
	0～3°	279	301	290	124	994	5.9	48,458	14.0
	3～8°	115	245	215	191	766	4.6	50,309	14.6
	8～15°	291	323	733	660	2,007	12.0	81,341	23.5
	15～20°	507	230	1,041	1,057	2,835	16.9	56,386	16.3
	20～30°	1,697	322	2,171	3,199	7,389	44.0	80,526	23.3
傾斜度別面積	30°以上	818	56	657	1,271	2,802	16.7	28,519	8.3

四国の河川は、四国山地の南と北で大きく様相が変わる（図－１）。重信川，中山川，財田川など瀬戸内海に流入する河川は，短く流量が少なく平野部で扇状地を形成している。四国山地の南側の石鎚山系に源を発する吉野川は，地質構造に平行して流れ，四国を南北に２分して紀伊水道に流入する。四万十川・仁淀川など南西部の河川は，南北性の地形配列の影響を受け，逆Ｓ字型あるいはＪ型に迂回し，南に流れて土佐湾に注ぐ。南東部の物部川・奈半利川などは，大きな迂回はなく急流河川となっている。また，四国の河川は，急流であるため，その流域からの土砂の生産・運搬が多く，侵食力が大きいことから豪雨の度に土砂災害が発生している。

2. 2 地質^{1, 2)}

四国の地質は，図－２に示されるように中央構造線，御荷鉾構造線及び仏像構造線によって北から領家帯，三波川帯，秩父帯及び四万十帯に区分される。



図－２ 四国の地質図

領家帯は，主として領家変成岩類，花崗岩類及び和泉砂岩層（砂岩・泥岩互層）からなるが，四国において，領家変成岩類は，瀬戸内海の島々に断片的に分布しているのみである。この地域の花崗岩の風化土は，砂質系で受食性が大である。

三波川帯は，泥質片岩，砂質片岩，塩基性片岩及び珪質片岩等の変成岩から構

成され、最大30kmの幅があり、四国の脊梁山地を形成している。この地域は、御荷鉾緑色岩分布地域と共に、日本有数の地すべり地帯となっている。

秩父帯は、御荷鉾構造線南縁部に御荷鉾緑色岩類が断続的に分布し、秩父中・古生層（石炭期～ジュラ紀の堆積岩）が5～15km幅で東西に分布する。北部は片理が形成されており、地すべり地形が多く見られる。

四万十帯は、北部で、長石質砂岩、砂岩泥岩互層、砂質泥岩よりなり、南下に伴い岩質は粗粒になり、南部ではスランプ礫岩が多くなる。この地帯は、地すべりの発生が少ない。

2. 3 気候^{1), 3)}

四国は、四国山地により地形的に南北に分かれ、気候も北の瀬戸内海側と南の太平洋側で著しく異なる。瀬戸内海側は、降水量が少なく比較的温暖であり、太平洋側は、降水量が多く気温は高い。山間部では、気温の日較差が大きく、冬期には積雪あるいは水の凍る地域がある。年降水量は、図-3に示すように、瀬戸内海側で1,000～1,500mm、山岳地帯で2,500～4,000mm、太平洋側で2,000～3,200mmである。この降水量の大部分は、6月の梅雨期と7～9月の台風期に集中し、山岳地帯では日降水量が500mmに達することも珍しくない。

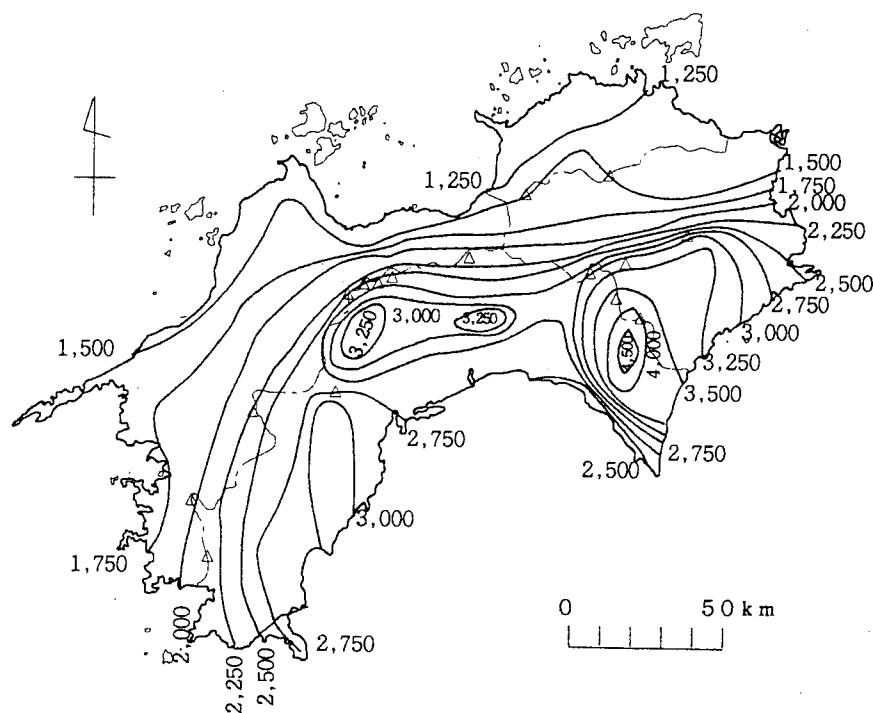


図-3 四国の年平均降水量

3 四国の地すべりの特性

3. 1 地質と地すべり分布^{1), 4)}

四国の地すべり防止区域数は、表2に示すように全国の20.1%を占め、これらの地すべりは、地質構造と関連して和泉層群地帯、三波川地帯、御荷鉾緑色岩地帯、秩父帯及び四万十帯の地すべりに大別できる。四国の破碎帯地すべりの分布を図-4に示す。

表2 地すべり危険箇所数、面積および地すべり防止区域数

所 管		四 国					全 国
		徳島県	香川県	愛媛県	高知県	合 計	
建設省	危険箇所数	504	70	289	141	1,004	17.4
	面 積 ha	27,442	1,230	5,011	8,318	42,001	27.4
	防止区域数	432	6	138	83	659	22.6
林野庁	危険箇所数	165		59	77	301	9.4
	面 積 ha	12,209		1,599	5,762	19,570	14.9
	防止区域数	130		37	44	211	14.3
農林省 構造 改善局	危険箇所数	123	9	259	62	453	19.4
	面 積 ha	5,921	460	11,668	2,997	20,416	17.3
	防止区域数	120	5	157	44	326	21.1
合 計	危険箇所数	792	79	607	280	1,758	15.5
	面 積 ha	44,942	1,690	18,278	17,077	81,987	20.4
	防止区域数	682	11	322	171	1,196	20.1

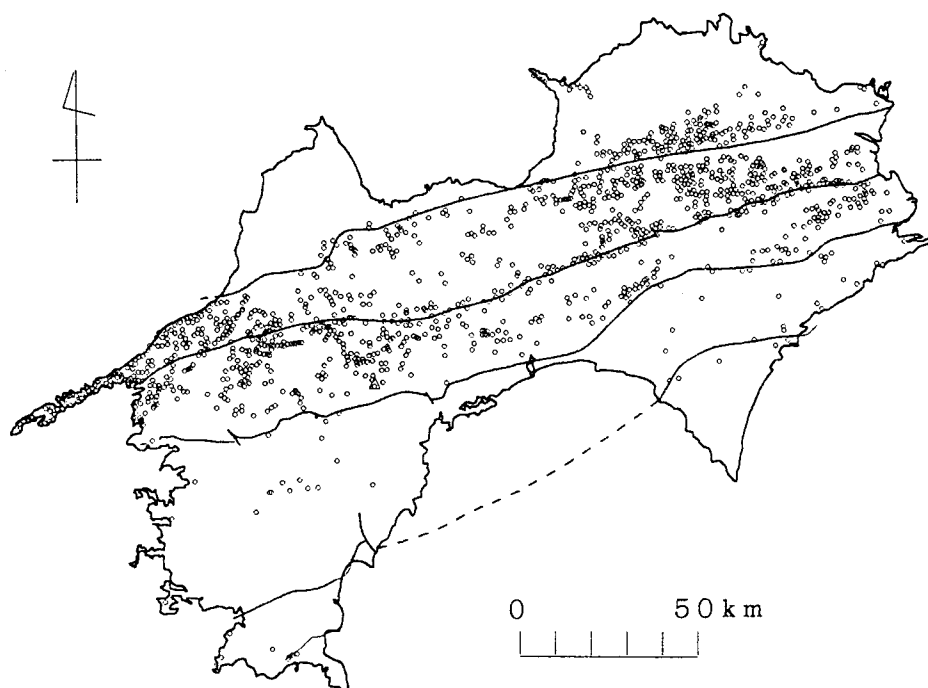
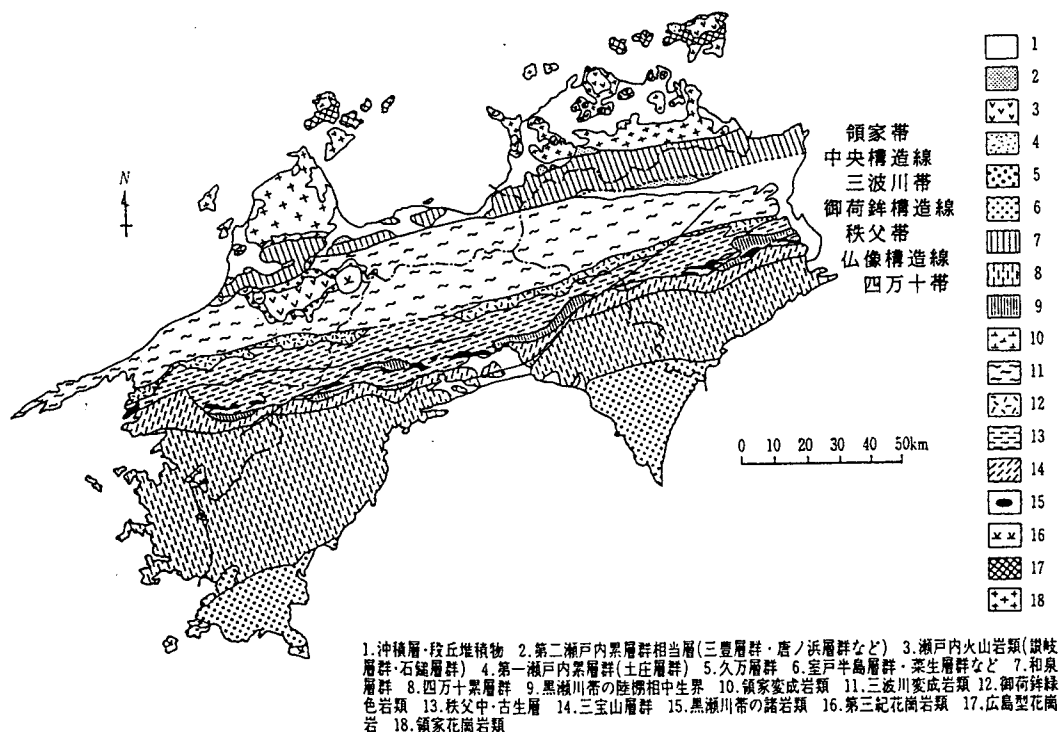


図-4 四国の地すべり危険地分布

四国の河川は、四国山地の南と北で大きく様相が変わる（図－１）。重信川，中山川，財田川など瀬戸内海に流入する河川は，短く流量が少なく平野部で扇状地を形成している。四国山地の南側の石鎚山系に源を発する吉野川は，地質構造に平行して流れ，四国を南北に２分して紀伊水道に流入する。四万十川・仁淀川など南西部の河川は，南北性の地形配列の影響を受け，逆Ｓ字型あるいはＪ型に迂回し，南に流れて土佐湾に注ぐ。南東部の物部川・奈半利川などは，大きな迂回はなく急流河川となっている。また，四国の河川は，急流であるため，その流域からの土砂の生産・運搬が多く，侵食力が大きいことから豪雨の度に土砂災害が発生している。

2. 2 地質^{1, 2)}

四国の地質は，図－２に示されるように中央構造線，御荷鉾構造線及び仏像構造線によって北から領家帯，三波川帯，秩父帯及び四万十帯に区分される。



図－２ 四国の地質図²⁾

領家帯は，主として領家変成岩類，花崗岩類及び和泉砂岩層（砂岩・泥岩互層）からなるが，四国において，領家変成岩類は，瀬戸内海の島々に断片的に分布しているのみである。この地域の花崗岩の風化土は，砂質系で受食性が大である。

三波川帯は，泥質片岩，砂質片岩，塩基性片岩及び硅質片岩等の変成岩から構

(1) 和泉層群地帯の地すべり

和泉層群の地すべりは、砂岩頁岩互層の頁岩部分が鱗片状に破碎され黑色粘土化し、この軟弱層をすべり面とする層すべり及び中央構造線に沿う破碎帯に起因する地すべりである。前者の地すべりは、讃岐山脈の脊梁部から南斜面にかけて分布し、特に吉野川北岸東部の支流沿いの斜面が流れ盤となる右岸に多い。後者の地すべりは、阿波池田・脇町周辺や重信川上流域の中央構造線の屈曲部に分布している。

(2) 三波川帯の地すべり

三波川帯は、比較的地質構造の単調な三波川主部と破碎作用の著しい同南縁帯に分けることができる。三波川帯主部の地すべりは、剥離性に富む黑色片岩の分布地域及び断層の発達している地域に多く分布し、三波川帯主部と清水構造帯と呼ばれる幅約1 kmの衝上剪断帯で区分される同南縁帯は、非常に剥離性に富んだ黑色片岩が発達し、流れ盤の地すべりが著しい。一般に南縁帯は主部と比較して大規模な地すべりが多く、地すべり地は、水田として利用されているところが比較的多い。

(3) 御荷鉾緑色岩地帯の地すべり

緑色岩類が破碎されてできた土砂、粘土が広範囲に滑動している大規模な破碎帯地すべりで、地すべり分布密度が極めて高い。この地帯の地すべり地は、水が多く、ほとんどが水田として利用されている。

(4) 秩父帯の地すべり

秩父帯は、東西にのびる断層線により北帯、中帯、南帯に分けられ、北帯及び中帯は、強く攪乱された複雑な地質構造を持ち、南帯は攪乱が少ない。秩父帯の地すべりは、北帯南縁から中帯にかけての黒瀬川構造帯に沿って著しく分布する。特に、中古生層の黑色片岩や古生層の粘板岩の発達するところや断層に沿って貫入した蛇紋岩の分布するところに多く、断層の発達したところでは地すべり規模が著しく大きい。この地域の地すべりは、畑として利用されているところが多く、大規模地すべり地下部の急傾斜面では棚田になっていることが多い。

(5) 四万十帯の地すべり

四万十帯の地すべりは、徳島県の海岸沿いに点在するほか那賀川中流域に分布する以外は数が少なく、そのほとんどは小規模で、移動速度が比較的大きく崩壊性の地すべりである。

3. 2 地形と地すべり

地すべりは、重力により移動するのであるから、その高度、起伏量および地形勾配は、山地の浸食営力の大きさを示し、高高度、大起伏量、急勾配の地形ほど

浸食力が大きく土塊が滑動しやすいと考えられる。しかし、高高度、大起伏量、急勾配の地形は、岩質が硬く、面積割合が少ないこともあり、地すべりは、ほとんど発生していない。

(1) 地すべり地の高度：破碎帯地すべりは、地すべり地高度に等高性があり⁶⁾、大部分が標高200～800m間にあり^{6)・7)}、河川に沿って分布しており、断層破碎帯や褶曲構造よりむしろ岩質と水系発達に支配されされている⁸⁾。また、地すべり地の下方に比高100～300mのV字谷が刻まれていることが多く⁹⁾、特に、三波川帯の地すべりの多くは化石地すべりの再活動であり、山腹にある緩傾斜地は化石地すべり地である¹⁰⁾。したがって、谷壁の中腹に初生的地すべりあるいは崩壊が発生し、緩傾斜を形成し、その後の河川の下刻浸食によって今日の地形が形成された¹¹⁾と考えられている。

(2) 起伏量^{6)・7)}：吉野川流域において1辺2Kmの格子から求めた100m階級毎の起伏量の分布は、200～900mの範囲にあり、そのうち400～600mが60%以上を占めている。地すべり地は、どの起伏量の範囲にも分布しているが、特に300～700mの範囲に大部分が分布している。地質別に見ると、御荷鉾緑色岩地域では、起伏量の大小に関係なく、地すべり地は一様に分布し、強剥離性黒色変岩地域では、起伏量500～700mに多く分布している

(3) 傾斜分布：5万分の1地形図による傾斜分布図によると、地すべり地は、地形傾斜度10～35°に分布し、20～25°で地すべり面積率は最大となっている^{6)・7)}。また、地すべり地の地表勾配は、20～30°のものが多く^{8)・12)}、岩質によらず27～28°が最も卓越している¹³⁾。図-5に破碎帯地すべりと第三紀層地すべりの地表勾配の分布図を示す。これによると、第三紀層地すべり地の地表勾配は、10～15°

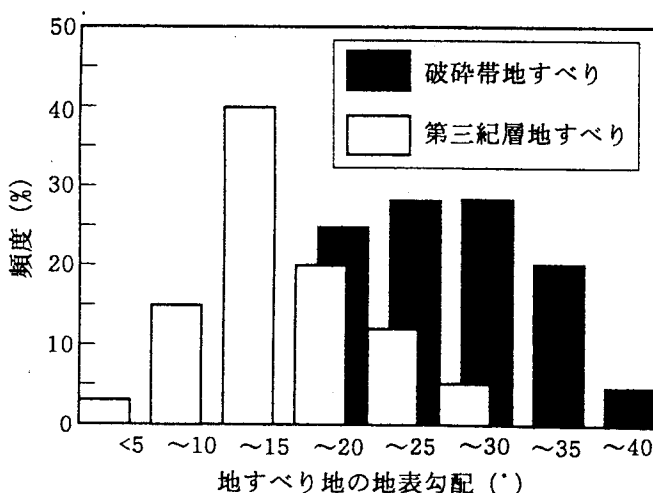


図-5 地すべり地の地表勾配頻度

で卓越し、大部分は5～25°の範囲にあり、破碎帯地すべり地では、20～30°がやや多いが、15～35°の範囲を示し第三紀層地すべり地と比較して10°程度勾配が急になっている。

3. 3 地すべり規模^{12, 14)}

破碎帯地すべり地の滑動域の長さとは幅は、第三紀層地すべり地と比較してかなり小さい地すべりが多く、地すべり長さが数十m～約1km、幅が数十m～数百mで、平均的には長さが約500mで幅が200～300mである。

すべり面深度は、5～50mで第三紀地すべり地とほぼ同様である。また、地すべり深度は、基岩の深さに関係すると考えられるため、D級岩盤の分布深さとすべり面深度の関係を図-6に示した。一部の地すべりでD級岩盤内のすべりが見られるが、大部分の地すべりはD級岩盤より浅い深度に存在しており、すべり面が岩盤上に生じるか、あるいは、浅いところに生じるかは、地形に制約されているものと考えられる。

図-7は、破碎帯地すべり地の滑動域の面積の度数分布を示したもので、平均面積は、27.6haとなり、約7割の地すべり地が30ha未満の規模で滑動している。また、地すべり面積が大きくなると地表勾配は緩くなるようである。

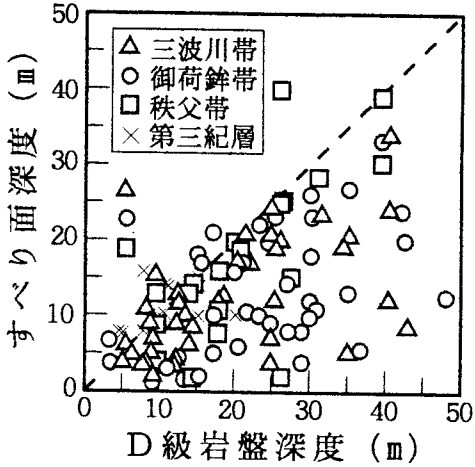


図-6 岩盤深度とすべり面深度

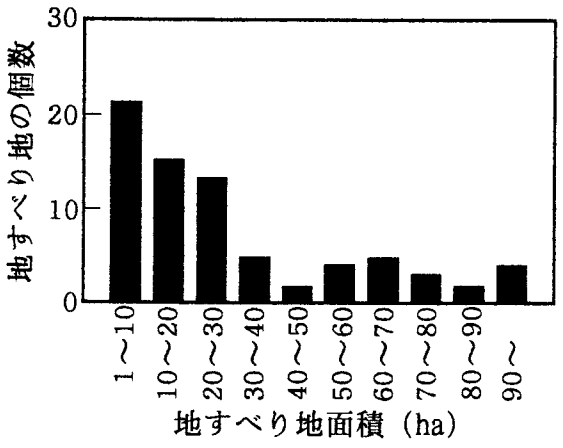
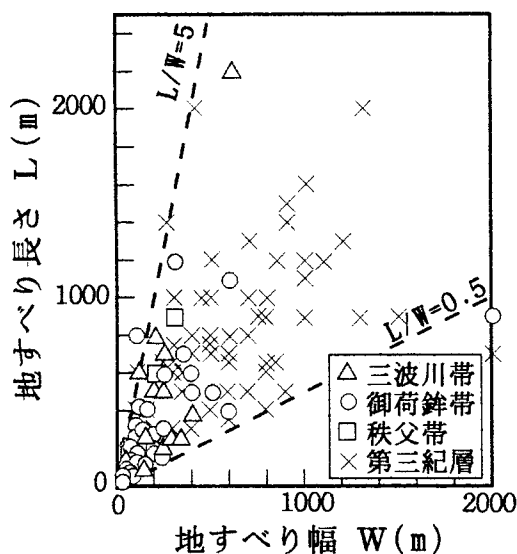
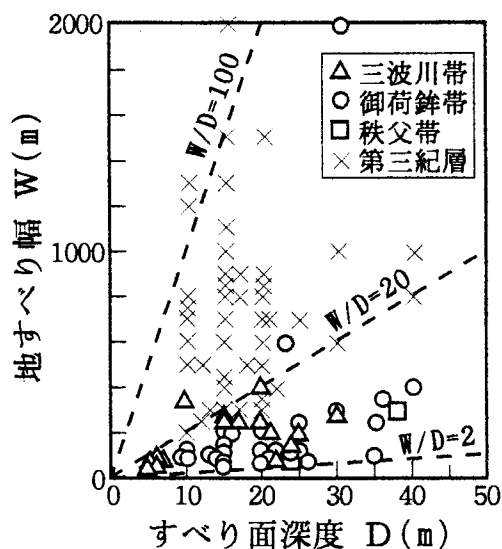


図-7 地すべり地の面積別頻度

図-8に地すべり地の地すべり長、地すべり幅およびすべり面深度の相互の関係を示す。地すべり長と幅の関係(図-8(a))は、地質帯に関係なく破碎帯地すべり地および第三紀層地すべり地とも長さ・幅比(L/W)が0.5～5の範囲に存在する。地すべり幅とすべり面深度の関係(図-8(b))は、破碎帯地すべり地で地質帯に関係せず幅・深度比(W/D)が2～20、第三紀層地すべり地で20～100となり、両地すべりの特徴を明らかに示している。

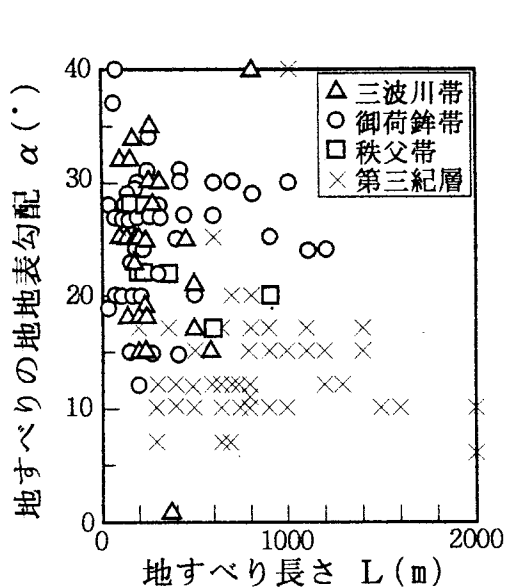


(a)

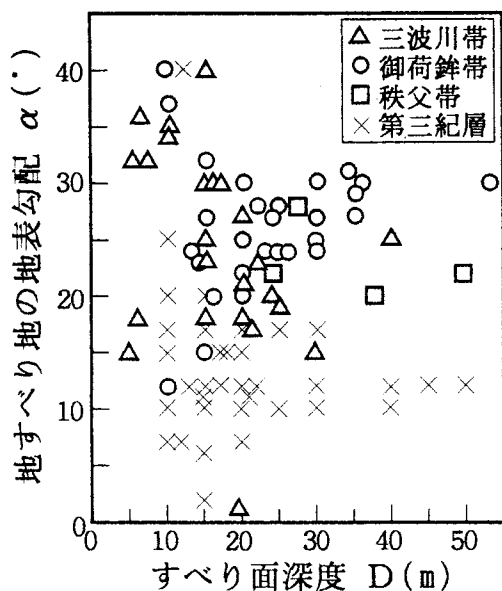


(b)

図-8 地すべり幅と地すべり長さおよびすべり面深度の関係



(a)



(b)

図-9 地すべり地地表勾配と地すべり長さおよび地すべり深度の関係

図-9(a)および(b)は、それぞれ地すべり地の地表勾配と地すべり長さおよびすべり面深度の関係を示したものである。これによると地表勾配は、破碎帯地すべりおよび第三紀層地すべりとも地すべり長さに関係がないようである。しかし、地表勾配とすべり面深度の間には、破碎帯地すべりと第三紀層地すべりを区

別して考えると、すべり面深度が深くなると地表勾配が緩くなるようである。この場合も、破碎帯地すべりにおける地質帯の間には相違が見られない。

3. 4 地すべり粘土の土質工学的性質^{12, 14, 15, 16)}

地すべりは、すべり層に地すべり粘土が挟在し、この粘土を滑材として滑動しているといわれている。破碎帯地すべりも、多くの場合、基岩が破碎された粗粒土を含む粘土化した層ですべりが発生している。したがって、この粘性土の土質工学的性質を明らかにすることは重要であるが、現状では、地すべり対策を検討する場合、地すべり粘土の乱さない試料のサンプリングの困難性や経済的効率の面から、逆算法による強度定数の決定が行われ、土質力学的な解明が遅れているようである。しかし、最近では、高速道路等大規模な土木構造物が山間部に建造されるようになり、地すべりの発生予測や対策工に関して、その解明は重要な課題となってきた。また、地すべり機構解明のため、地すべり粘土の力学的データの蓄積は重要である。

図-10に地すべりのすべり層から採取した粘性土の塑性図を示す。破碎帯地すべり地の粘性土は、大部分CLに属し、地質帯の違いによる違いは見られない。第三紀層地すべり地の粘性土は、ほとんどCHに属し、破碎帯地すべり地の粘性土と比較して高塑性である。これら地すべり粘土の主要粘土鉱物は、三波川帯でイライトおよびクロライト、御荷鉾帯でクロライトである。

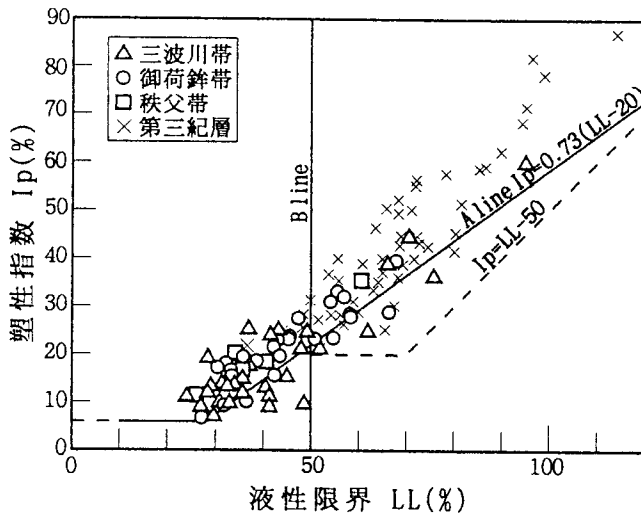


図-10 地すべり地粘性土の塑性図

再圧密試料による土のせん断抵抗角は、破碎帯地すべり地と第三紀層地すべり地でほとんど差がなく、有効応力基準によるピーク強度から求めたせん断抵抗角が、20～35°程度、残留強度から求めたせん断抵抗角が、10～30°であり、粘着力は、

正規圧密状態，過圧密状態を問わずほぼゼロである。このことは，間隙水圧の上昇に伴うせん断強度の低下割合が大きいことを示す。また，同一地すべり地内のすべり層の粘性土でも採取地点の違いによって粒度特性やせん断特性が著しく異なっており，力学的な解析を行うためには，多数の試験が必要である。図-11に地すべり地粘性土のせん断抵抗角と地すべり地の地表勾配の関係を示す。

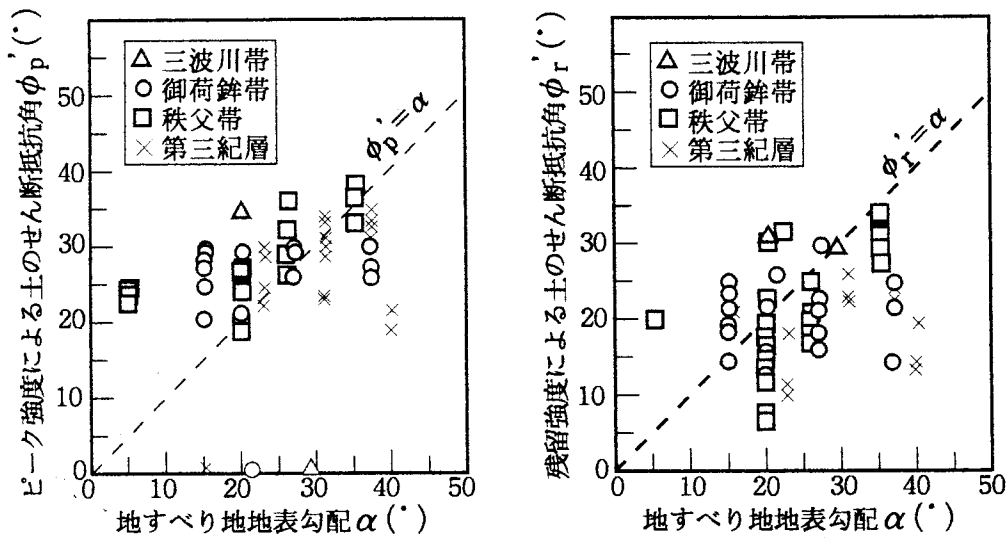


図-11 地すべり地粘性土のせん断抵抗角と地表勾配

3. 5 降雨と地すべり移動^{12, 14, 15)}

降雨は，地すべりの誘因として重要な役割を果たしているといわれているが，降雨と地すべりがどのように関係しているか解明することは簡単ではない。

破碎帯地すべりでは，地質構造が複雑で，地下水の挙動が単純でなく，間隙水圧の分布は複雑であり，さらに，前述のように，すべり層を形成する土（いわゆる地すべり粘土）の強度定数に大きなばらつきを持つ。したがって，地すべり挙動を力学的に取り扱うことは難しいが，巨視的な観点から見れば，降雨あるいは地下水挙動と地すべり移

表3 移動量と降水量の相関係数

地すべり名	所在地	相関係数
黒 川	徳島県山城町	0.942
吹	No-5 徳島県井川町	0.363
	No-6 徳島県井川町	0.054
犬 寄	愛媛県中山町	0.666
本 村	愛媛県双海町	0.907
怒 田	No-3 高知県大豊町	0.790
	No-4 高知県大豊町	0.890
川戸連火	56-3 高知県大豊町	0.578
	58-3 高知県大豊町	0.606
生 実	徳島県上勝町	0.855
打 木	高知県吾北村	0.863
谷の内	GL-10 高知県越知町	0.884
	GL-20 高知県越知町	0.991

動にはかなりの相関があると考えられる。

破碎帯地すべり地の降水量と移動量の相関係数を表3に、図-12に三波川帯、御荷鉾帯、秩父帯における降水量および地下水位と移動量の関係の一例を示す。

これによると、ほとんどの地すべり地で降水量と移動量の関係が、高い相関を示し、破碎帯地すべりは、降雨に伴う地下水上昇が、有効応力の低下を招き、地すべり滑動に大きく影響していることがわかる。

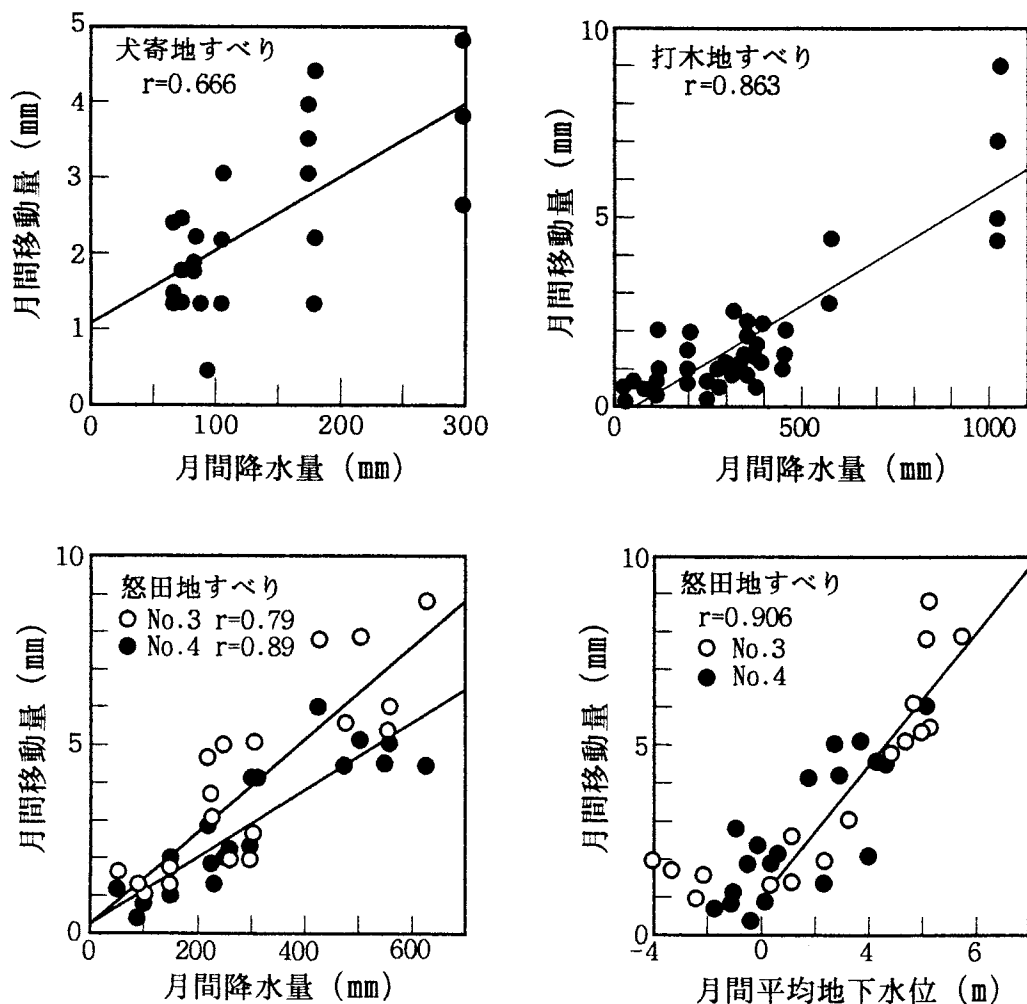


図-12 降水量と移動量の関係

4 あとがき

以上を要約すると四国の地すべりの主な特徴は、次のようである。

1)地質的に見ると、地すべりは、中央構造線および御荷鉾構造線に沿って分布し、領家花崗岩地域と四万十帯では非常に少ない。特に、三波川帯の地すべりは、

岩石が破碎された地域より東部の黒色片岩地域と西部の片理の発達した緑色片岩地域に集中している。

2) 地形的に見ると、地すべり地は、高度に等高性があり、河川に沿って分布し、地すべり地の下方に比高100~300mのV字谷が刻まれていることが多く、三波川帯の地すべりは、化石地すべりの再活動が多い。地すべり地の地表勾配は、20~30°のものが多く、岩質によらず27~28°が最も卓越している。

3) 地すべり規模は、第三紀層地すべりと比較して小さく、地すべり地の平均面積が約28ha、地すべり地の長さや幅が、ともに小さいもので数十m、大きいもので1kmを超える。すべり面深度は、深いもので50mを越すものがあるが、平均で約20mである。また、地すべり長さや幅の比は第三紀層地すべりと同様に0.5~5の範囲にあるが、地すべり幅とすべり面深度の比は2~20で第三紀層地すべりと比べて小さく、地すべりが小規模の割にすべり面が深い。

4) 地すべり粘土の強度特性は、地質帯の違いによる差はなく、有効応力表示でせん断抵抗角が20~30°、粘着力は、ほぼゼロである。

5) 地すべりの移動量は小さいが、移動量は、降雨あるいは地下水位と強い相関があり、間隙水圧の変動が、地すべりの滑動に大きな影響を与えている。

四国の地すべりは、地質、地形、土質などの要因が、複雑に影響しあって、その機構の解明を難解なものにしている。現在の地すべり対策において、土質工学的研究が少なく、今後、この複雑な破碎帯地すべりの機構の解明のため、地すべり地粘性土の力学的研究およびそのデータの蓄積が課題であろう。

参考文献

- 1) 建設省四国地方建設局企画編集：四国の地すべり，建設省吉野川砂防事務所，1989
- 2) 長谷川修一，横瀬廣司，斉藤実：1. 四国の地形と地質，土質工学会四国支部，30年のあゆみ，pp.7-26，1989
- 3) 寺戸恒夫：1. 四国の自然環境と地形，1.1自然環境，土と基礎，39(9)，pp.19-24，1991
- 4) 羽田忍：6.2斜面災害，日本の地質「四国地方」編集委員会，日本の地質8，四国地方，pp.177-183，共立出版，1991
- 5) 永井浩三：愛媛県下に見られる地すべりについて，農業土木学会中国四国支部51年度シンポジウム「破碎帯地すべりの地質的特性」，pp.22-27，1976
- 6) 安藤，大久保：徳島県西部結晶片岩地域の地すべりー結晶片岩形地すべりについてー，地質調査書月報，21(7)，pp.369-436，1970
- 7) 斉藤実：四国地方の地質と地すべり，山くずれおよび地殻変動について，支

- 部創立20周年記念出版「20年のあゆみ」，土質工学会四国支部，pp.9-48,1980
- 8) 高橋治郎：愛媛県における地すべりの地質特性，愛媛大学教育学部紀要，第Ⅲ部，自然科学，13(2)，pp.41-50，1993
- 9) 高橋治郎：四国三波帯の地すべり，愛媛大学教育学部紀要，第Ⅲ部，自然科学，15(1)，pp.31-39，1993
- 10) 古谷尊彦：破碎帯地すべりの予察的研究，地すべり，4(2)，pp.21-31，1967
- 11) 小椋正澄：破碎帯地すべりについて，－その2－高知県における地すべりと地形要素，第46回農業土木学会九州支部，pp.149-152，1975
- 12) 矢田部龍一：1. 四国における自然災害，3.1地すべり，土と基礎，39(9)，pp.44～49，1991
- 13) 藤田崇：徳島県における三波帯地すべり，新潟大学理学部地質鉱物学教室研究報告，第4号，PP.541～546，1976
- 14) 石井朋紀：破碎帯地すべりの安定性及び移動特性に関する土質工学的研究，第2章地すべりの発生要因と地質・地形・土質工学的特性の概略，愛媛大学学位論文，pp.9-52，1994
- 15) 八木則男，矢田部龍一，榎明潔：土質工学よりみた四国の地すべり，支部創立30周年記念出版「30年のあゆみ」，土質工学会四国支部，PP.44-61，1980
- 16) 矢田部龍一，八木則男，榎明潔，石井朋紀：地すべりのすべり層の粘性土の不均一さについて，地質と斜面崩壊に関するシンポジウム発表論文集，土質工学会四国支部，PP.135-142，1990

破碎帯地すべり地帯における斜面崩壊

四国農業試験場 吉迫 宏

1. はじめに

農林水産省では、1992年度から1994年度までの三年間にわたって研究プロジェクト「中山間地域における農林業の環境保全機能の変動評価」を四国農業試験場と中国農業試験場、森林総合研究所四国支所、農業環境技術研究所の共同研究として実施しました。

この研究プロジェクトは、農林業の生産活動の低下に伴う環境保全機能の変動を実証的に把握する事によって、農林業の持つ公益的機能を明らかにすると共に、環境保全機能の評価手法の開発を行うことを目的としました。今回の研究プロジェクトで対象とした環境保全機能は土地管理機能と土壌侵食防止機能、傾斜地保全（斜面崩壊防止）機能、そしてこの三機能の総合的評価でしたので、要するに近年中山間地帯で顕著な増加が見られる耕作放棄をはじめとした農地や林地の管理粗放化、これが下流域への土砂の流出に対してどのような影響を与えるか、ということの実態解明とその評価手法の開発と言い換えることも可能なものです。

この研究プロジェクトのうち、斜面崩壊に関わる研究課題は「農林地管理の粗放化に伴う斜面崩壊の実態解明」、「斜面崩壊予測手法の開発」、そして「斜面崩壊防止対策の体系化」の三つの細部課題より構成されており、私はこの前二つの細部課題を担当しました。これからこの研究で得た知見を中心に、関連する話も交えながら、破碎帯地すべり地帯における斜面崩壊の話を実際に行った作業の順を追って進めていきます。

2. 調査フィールドの選定

今回の研究プロジェクトで「農林業の生産活動の低下に伴う環境保全機能の変動を実証的に把握する」という場合に、斜面崩壊の話として想定しているのは、耕作放棄に伴う斜面崩壊の発生です。

しかし、私自身は研究を始めた当初は耕作放棄と斜面崩壊の両者の関係が頭の中でさっぱりイメージが湧きませんでした。耕作放棄すれば、まず草が

生え、そのうち灌木、そして木が生えてくるのでなにも問題などないのではないか。実際に、西南暖地における草の成長力はすさまじいものがあります。耕作放棄すれば、殆ど例外なく六月頃までには表面は植生で覆われます。この、成長力旺盛な植生に覆われる耕作放棄地に、水田や畑地と比較して斜面崩壊が起きやすいと言えるのか。

このような「予断」を当初私は抱いていたのですが、頭の中で考えてばかりいても結論は出ませんので、実際にまず調査を行うことにしました。幸いにして、棚田や傾斜畑の広がる中山間地帯は四国農業試験場から車を走らせればすぐです。特に、国道32号線を高知に向かって一時間も走れば、急峻な斜面中腹に集落が散在する山腹散在型の中山間地帯、この山腹散在型の集落というのは四国の中山間地帯の特徴ですが、同じ中山間地帯でも圃場の傾斜度や一筆あたりの面積、経営規模といった農業経営面での条件が全国的に見て劣ることもあり、農産物貿易に関わる国境措置の緩和・撤廃の流れや一層の円高、高齢化といった、近年の農業情勢の厳しさ等々から耕作放棄地の著しい増大が見られ、今後の一層の耕境の後退による集落の消滅や、ひいては地域社会の崩壊という事態も懸念される地帯に到達します。

また、この一帯は中央構造線に沿う破碎帯地すべり地帯でもあり、元来防災上の弱点を抱え、砂防・治山事業が各所で展開されています。国道32号線は豪雨の度に斜面崩壊に見舞われ、毎年のように不通や交互相通行を余儀なくされています。その上、この一帯を流れる吉野川水系の河川は下流域、これは徳島県だけでなく、香川用水の受益地である香川県や愛媛県東予地方も含む地域の水源でもあります。もし、このような地域で耕作放棄の発生によって斜面崩壊の発生が増大するようでしたら、このことは下流域への土砂供給量を増加させ、土石流の発生やダム等の河川に設置された治水・利水施設への滞砂、河床の上昇による治水機能の低下など、確かに重要な影響を及ぼすことが想定されます。

これらのことから、実際に調査を行うフィールドとして、代表的な破碎帯地すべり地帯であり、かつ高齢化や耕作放棄の進行の著しい高知県長岡郡大豊町内の南小川流域を調査地域に選定しました。その位置を図-1に示します。この一帯は、南小川を大まかな境界として、地質が黒色片岩（北岸）と緑色片岩（南岸）に、かつ農業的土地利用も畑地帯（北岸）と水田地帯（南岸）に区分され、狭域の中で複数の地質構造と農業的土地利用形態が見られ



図 - 1 調査地域の位置

る地域です。また、前述のように破碎帯地すべり地帯に位置すると共に、同地域の大半が地すべり防止地帯に指定され、砂防・治山事業が行われています。急傾斜地帯のため潜在的に斜面崩壊の危険度が高い地点でもあります。社会的な状況も、地域内における兼業の機会が建設業を除くと殆ど期待できない上、近隣の市町への通勤による安定兼業の確保も難しい地域です。この一帯の地形図を図－2に示します。

3. 斜面崩壊調査（その一）

調査を始めたの1992年度からです。丁度この研究プロジェクトが始まる直前に、高知自動車道の川之江JCT－大豊IC間が開通しましたので、現地へは一層行きやすくなりました。

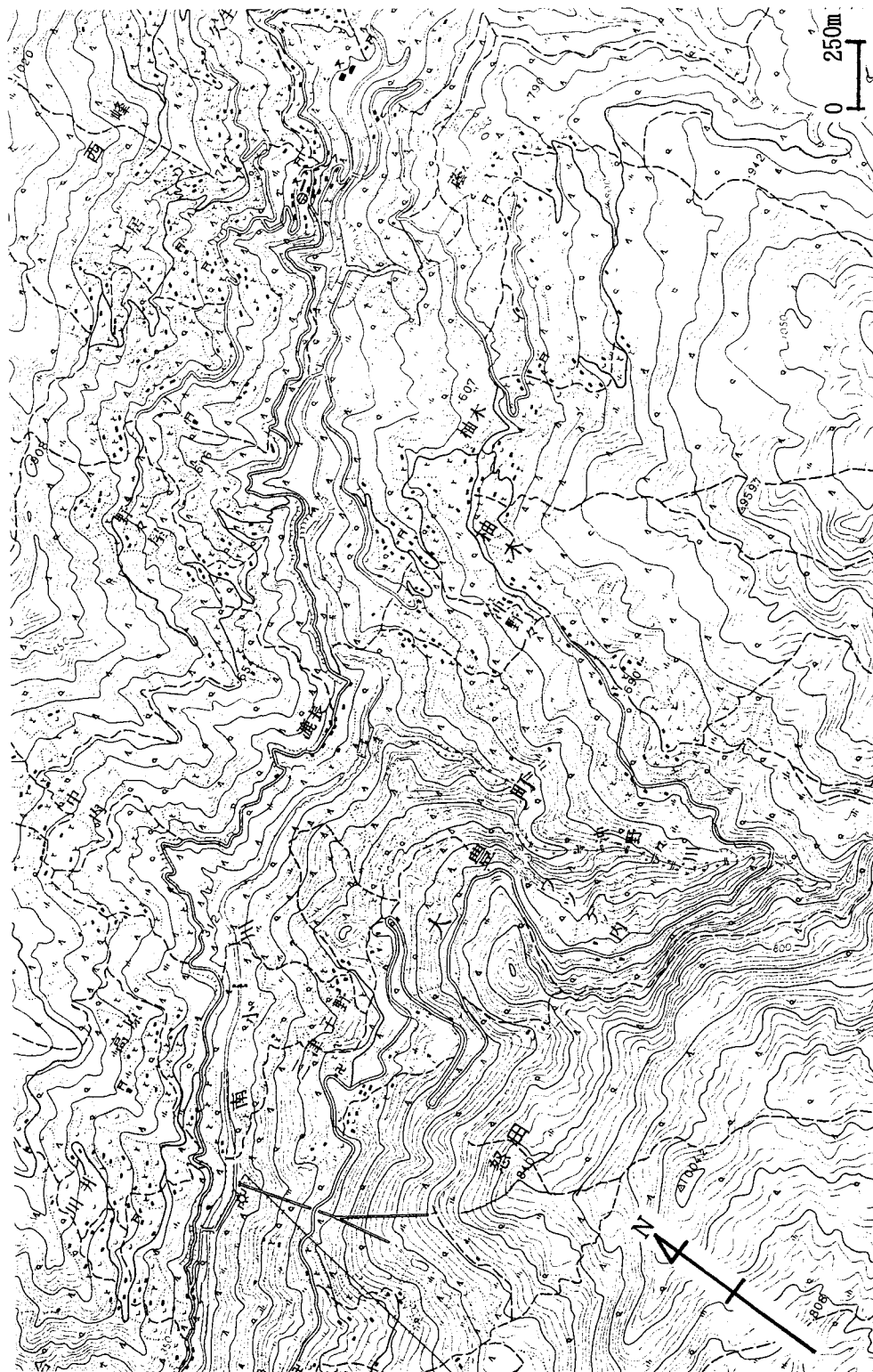
1992年度は、まず車で現地を回ってみました。しかし、農地・耕作放棄地に関わる崩壊は殆ど目に付きません。むしろ崩壊はない、と言いたくなるように見えます。もしかしたら私の「予断」が正しいのでしょうか。でも、安直に結論づけてしまう訳にはもちろん行きませんので、冬になり耕作放棄地に繁茂している草が枯れるのを待ってから、耕作放棄地を含めた農地を踏査することにしました。

4. 補足の話題

冬の調査の話に入る前に、いくつかの話を整理しておきたいと思います。

まず、耕作放棄地の定義ですが、農業センサスでは「過去一年以上作物を栽培せず、かつこの数年間の間に再び耕作するはっきりの意志のない土地」となっています。しかし、実際にこの調査地域の土地利用を丹念に調査してみると、単純にこの定義のみで判断していいのか、という疑問が、特に「耕作放棄と斜面崩壊の関係」といった場合の「耕作放棄」の定義としてあります。

今回の研究プロジェクトでは、調査地域のうち、蔭と柚木、土居の三農業集落において詳細な土地利用区分図の作成と、集落内の全農家を対象に昭和20年から平成5年までの所有地・耕作地の土地利用・作付けの経時的変化を聞き取り調査しました。これらの作業についての研究成果はまだ未整理の上、私一人の成果でもないので詳細については割愛させていただきますが、この作業と耕作放棄に関する別の研究プロジェクト（別枠「中山間地域の活性化



(1:25,000東土居)

図 - 2 調査地域の地形図

条件の解明に関する研究」)による私自身の調査結果より、この十年程度の間における調査地域での耕作放棄に向けての農地利用の変化を概念的に示すと図-3の様になります。

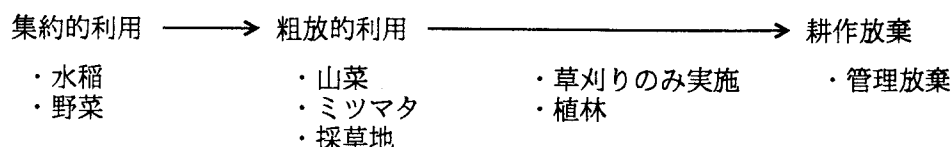


図-3 調査地域における農地利用変動（概念図）

これから言えるのは、調査地域では農地は水田や普通畑から直接耕作放棄地になるだけではなく、その中間の粗放的な作物の栽培や草刈り程度の管理を行う土地が面積的にも広範に存在する、ということです。このような土地利用の形態が、農業経営の限界地でかつ安定兼業や都市的な土地利用への転換の機会にも欠ける地域において、一般的な現象かどうか判断するまでの知見を私自身はまだ持ち合わせていませんが、少なくとも調査地域においては、耕作放棄と斜面崩壊の関係を明らかにするためには、農業センサス上の「耕作放棄地」ではなく、粗放的な土地利用も含めた「低管理地」との関係の検討とする必要があると思います。

また、今回の調査地域は破碎帯地すべり地帯に位置する上に、各種の砂防・治山事業が展開されている地域ですから、斜面崩壊といってもいわゆる地すべり活動によって発生した崩壊現象も考えられます。実際に、道路舗装面や擁壁などの土木構造物には亀裂や変形が随所で見られます。ただし、殆どの場合は土塊の移動速度は緩慢であり、実際に建設省によって実施された、この調査地域に含まれる怒田地区で滑動中の地すべり土塊に関わる水平方向の移動量の計測では、1980年1月～1981年12月の二年間で8 cmの移動を測定した事例が報告¹⁾されています。

よって、調査地域で地すべり活動、すなわち地表下ある程度の深さのすべり面で発生する土塊の移動現象が地表面に与える影響は、直接的かつ即座に斜面崩壊につながるよりも、緩慢な地盤の変形と土壌・表層地質構造の変化が主体と推定され、これらの現象は斜面の重力的な安定や強度の変化、地表・土中の水移動の変化とこの水移動の変化による土壌構造の変化や斜面構成物質の風化を引き起こし、斜面崩壊発生の加速要因になると考えられます。

5. 斜面崩壊調査（その二）

さて、1992年度も冬に入ってから、農地や低管理地の調査を始めました。調査は現地を直接踏査するものとし、調査地点の森林基本図とカメラをもって、まず土地の現況を目で実際につかむことを最大の目的としました。

実際に調査を始めると、耕作地、低管理地を問わず、斜面崩壊が多数見つかってきました。この調査は今年の冬に至るまで繰り返し実施してきましたが、その結果、崩壊の規模は一枚の圃場内に収まる小規模なものが大部分であり、特に隣接する圃場面を含めた法面や畦畔の小規模な崩壊が多く見られました。崩壊の形状としては、半卵形の円弧すべりや方形の形状をとる層すべりによる崩壊、また斜面を構成する土塊全体の変形、及びこの変形に起因する崩壊が数多く存在することを把握しました。

また、円弧すべりや層すべりを起こした地点においては、湧水や崩壊地点外からの流入水が見られる地点も多く存在し、また一度円弧すべりや層すべりで滑動したものの、完全に崩壊せずに停止した様な地点では斜面中にパイピングを起こしている場合も見られました。このことは斜面崩壊の発生が表層や浅い土中の水移動と密接に関係することを示すものであるといえます。

また、斜面崩壊は地区内に平均的に分布するのではなく、特定の地点、範囲に集中する傾向があることも明らかになってきました。崩壊地点の連続性は、標高の上下方向に対してが主でした。

水田の管理粗放化との関連で特徴的な現象としては、水田かんがい用の用水路の管理放棄に伴う用水路の近傍での崩壊発生や、用水路を流れる水が田面へ流入することにより、この流入水によるパイピング及び斜面崩壊の発生が見られました。

崩壊地点の写真を写真－1に示します。

6. 土地現況の把握手法の開発

前節に述べた調査結果は文章で表現した定性的な、また主観的な要素を排除し切れていないものにすぎませんので、これを定量的な調査とする必要があります。

そこで、次に斜面崩壊と土地利用の定量的な調査を始めようとしてきました。しかしこの際に当然というか、意外というべきか、障害となることがありました。それは、農用地の一筆相当の区画や現況まで詳細に表した地図がない、



写真－１ 崩壊現場の例

ということです。

大縮尺の地図として一般に提供されているのは、国土地理院が作成している国土基本図（ $1/2,500$ または $1/5,000$ ）と林野庁の森林基本図（ $1/2,500$ または $1/5,000$ ）があります。国土基本図はある程度、農地の区画も図化されているのですが、都市部や平野部が中心で調査地域では地図が作成されていませし、森林基本図は農地の区画の図化はされていません。しかも、これらの地図は更新の間隔が地形図などに比べてはるかに長く、土地利用の経時的な変化に対応し難いという問題点があります。

そこで、前述のように大縮尺かつ詳細な土地利用区分図、及び等高線図を作成したのですが、調査地域では農地の一筆当りの面積が数aという場合も珍しくありませんので、通常空中写真から、全ての土地利用を判読、かつ正確に区分線の図化を行うにはどうしても無理がありました。しかも、空中写真は必ずしも最新のものが手に入る訳ではありませんので、この面の対応も必要です。

今回、最新かつ詳細な土地現況の掌握手段として考えたのは、無人ヘリコプターによって撮影した低空からの空中写真を六ツ切程度に引き伸ばし、写真地図として使用することでした。

無人ヘリコプターは風に強く、空間を能動的かつ自由に移動・停止できる特徴を持つ上に、雲の下を飛行するので雲天時でも飛行と撮影に影響はありません。この無人ヘリをプラットフォームにしてテレビカメラとフィルム用

カメラを登載し、地上でこのテレビカメラの映像をモニタテレビに表示させ、撮影地点を確認しながら無人ヘリを操縦かつカメラのシャッターが切れるような撮影システムにしておけば、任意の地点の上空での撮影が出来ることになります。また地上の線状の目標物を確認しながら無人ヘリを飛行させて撮影を行えば、実体視可能なステレオ写真の撮影や、ある程度の面的な撮影も可能となるはずです。高度に関しても、無人ヘリの飛行高度の上限までの範囲ならば、任意の高度へ移動して撮影することも容易と考えられます。

実際に調査地区の中の蔭集落において、この撮影システムを持つ無人ヘリを飛行させ、写真撮影を行ってみました。撮影した写真の例を写真－2に示します。なお、無人ヘリの運行は兵庫スカイ・フォトサービスが行いました。



写真－2 無人ヘリ写真の例

実物の写真を見ると一目瞭然なのですが、無人ヘリによる低空からの空中写真は鮮明に地上の地物を捉えることが可能でした。今回使用した無人ヘリの飛行可能高度の上限は300m程度であり、この高さから50mmレンズを用いて撮影すると、およそ300m×300mの範囲が撮影可能で、ある程度の範囲までは一枚の写真の中に納めることが出来ます。

無人ヘリによって撮影された空中写真（無人ヘリ写真）の写真判読能力を

検討するために、航空機によって撮影された空中写真（航空機写真）と比較を行ってみました。比較は、航空機写真は（株）共同測量社が1989年10月に約1/16,000で撮影したものを約1/2,500に引伸ばし、無人ヘリ写真は1993年11月に高度約300mでハッセルブラッドカメラによりブローニ版フィルムへ撮影されたものを六切り（20cm×20cm）に引伸ばして（約1/1,500）比べました。

このくらいまで引き伸ばすと、航空機写真は全体的に拡大の限界に近い感じになります。土地利用の判読も、特に畑地や草地では肌理や色調、模様等から土地利用や作目を判断することになります。これに対して無人ヘリ写真は拡大鏡でさらに詳細に見ることが可能であり、個々の作物の形状までの判読までは無理としても、稲刈り後の田面の状況など作目の判読以上の情報を読み取ることが出来ます。このことは草地や耕作放棄地の植生状態などの現況の判読に有効です。このことをまとめたのが表－1です。全体として航空機写真より判読能力が高く、撮影範囲が限定されること以外は土地現況の掌握に有効であるといえます。

表－1 判読能力の比較

判 読 対 象	航空機	無人ヘリ	判 読 対 象	航空機	無人ヘリ
家 屋	4	5	作 目	1～4	4～5
物 置 小 屋	4	5	草地・耕作放棄地の管理状態	1～3	4～5
作業用小屋	1～2	5	樹 種	3～4	4～5
は さ	2～3	5	ビニールハウス	4	5
く ろ	2～3	2～4	独 立 樹 等	1～3	4
稲藁・草の束	1～2	4	草 種	1～4	1～5
ひこばえの分布	4	5	水 路	1～4	1～5
畑地内の作目境界	1～2	4～5	通 作 道	1～4	1～5

1:判読不可能 2:現地に詳しく、判読経験豊富ならば可能 3:判読経験豊富ならば可能
4:普通に判読可能 5:特に判読条件良好

7. 斜面崩壊調査（その三）

定性的な調査を踏まえて、農業集落程度の空間全体の農用地において一筆相当の単位で土地利用と斜面崩壊の有無を定量的に把握するために、調査地域内の土居、蔭、及び柚木集落の農用地全筆（但し、柚木集落の若干の農用

地は調査対象外) について1993年秋～1994年冬に調査を行ないました。この調査で対象とした斜面崩壊は、崩壊の形状が明瞭で草などが侵入していない、崩壊発生から時間のあまり経過していない(発生直後～数年程度)と判断される新しいものとし、古い崩壊は調査の対象外としました。

調査は、地表面の現況から土地利用と土地管理の最小公約数として区分される単位毎に土地現況と斜面崩壊の有無を調査し、1/2,500土地利用区分図の土地利用区分を必要に応じて修正して、この区画と対応させる形で集計用紙に関連調査項目と共に記録しました。なお、崩壊の規模の大小、及び同一区画内の崩壊個数は取り合えず不問としました。

調査結果はまずパソコン上のデータベースとして入力、整理し、そののちこのデータベースより、土地利用を水田と畑地(普通畑、施設畑、茶園)、低管理地(草地、山菜畑、サカキ・シキミ畑、コウゾ・ミツマタ畑、及び果樹園で、耕作放棄地は草地として含む)の三つに区分の上、各調査対象総数と崩壊発生地数、及び崩壊発生率を、水田が主で表層地質の多くが緑色片岩とその崩積土で占める蔭・柚木地区と、畑地帯で黒色片岩が主体の蔭地区に分けて求めました。なお、一般に果樹園は低管理地に含めるのは適当ではありませんが、この一帯の果樹園は水田や畑地から転換したもので、一種の荒らし作りとなりはてています。よって、低管理地に区分しました。

この結果を表-2、3に示します。土居集落で調査数が少なく、両地区間の比較の出来ない水田を除いた畑地、低管理地の双方とも、同様の結果が出ています。この結果より、低管理地と水田の斜面崩壊発生率が高く、畑地が低いことが判ります。

表-2 蔭・柚木地区の崩壊調査結果

土地利用	総 数	崩 壊 数	崩 壊 率
水 田	421	26	6.2%
畑	192	4	2.1%
低管理地	529	45	8.5%

表-3 土居地区の崩壊調査結果

土地利用	総 数	崩 壊 数	崩 壊 率
水 田	7	0	—
畑	104	2	1.9%
低管理地	176	13	7.4%

畦畔や法面の管理作業に労力が投下されている水田と低管理地が似たような崩壊発生率を示すのは、崩壊の発生が単純に土地管理の度合いによつての

み規定されるものではなく、地形条件などの土地の立地特性が崩壊発生により高い支配要因であることを示唆するものと判断できます。このことは、水の得やすい地点に立地する水田と、相対的に乾いた地点に立地すると考えられる畑地に崩壊発生率の差があることから推定されることです。

ただし、土地利用や土地管理と斜面崩壊との関係は、土地利用・管理以外の条件が同一の地点間での相互比較の上で解析すべきものであり、この作業は今年度の課題としています。ですから、今回の解析結果が最終的な結論でないことをお断りしておきます。

8. 斜面崩壊発生機構の解明

前節の結果から、耕作放棄と斜面崩壊の関係を解明する場合においても、やはり斜面崩壊の発生機構を明らかにすると共に、発生機構における農林地管理の粗放化の絡む要素を定量的に解明することが必要だと言えます。そこで破碎帯地すべり地帯における斜面崩壊の発生機構を、一農業集落といった空間的な広がりのある場の中で解明することを目指すことにしました。

ここで、改めて空間的な広がりのある場において、斜面崩壊の発生という現象を考えてみたいと思います。まず、斜面中における直接的な斜面崩壊発生の要因は、崩壊を発生させようとする力が斜面の崩壊に対する抵抗力を上回ることです。地震による崩壊を除いた場合、斜面崩壊発生の直接的な要因は降水現象に何らかの形で絡むものと考えられます。降水に伴い、土中へ水が浸透し、よって土の単位体積重量の増加がせん断破壊が連続して発生する面であるすべり面においてせん断応力を増加させ、また間隙水圧の増加は土粒子間の摩擦抵抗を減少させるので、せん断抵抗力を低下させることになります。崩壊はせん断応力がせん断抵抗力を上回った時点で発生する現象です。これらの現象は降水現象に伴って短時間のうちに発生し、降水現象とこれに付随する水移動等が降水前の状態に戻ることによって基本的には降水前の状態に戻る可逆的な現象と考えられます。

しかし実際には、ある強度・形態の降雨の際に崩壊を起こさなかった斜面においても、その後と同じ降雨強度・形態、いやそれ以下の降雨強度であっても、斜面崩壊が発生します。これは、ある地点において斜面崩壊が発生するまでは、斜面を構成する物質の風化や内部構造変化、地すべりやクリープ現象による地表面の変形や崖錘堆積、また擁壁・石垣等の劣化などにより、

脆弱物質の生成・集積による軟弱土層の形成や斜面強度の低下といった、斜面の安全率を引き下げる（斜面崩壊に対して危険側となる）不可逆な現象が蓄積しているためだと考えられます。

斜面の安全率を引き下げる現象は、降水及び降水に付随する地表水・浅層の土中水の斜面内移動を主要因として発生するもの、地震によって生ずるもの、道路建設に伴う斜面掘削といった人工的な地形の改変など、いくつかの原因が考えられます。

斜面崩壊の発生や安全率低下現象の進行においては、斜面自体の地形的特性や斜面を構成する地質・土壌の強度、風化作用等への抵抗力などが崩壊と安全率低下現象の発生、進行速度を規定すると考えられます。ことに地表水・浅層の土中水の移動経路である水みちの形成は、斜面を構成する物質の風化や内部構造変化等とも密接に関係すると判断されます。

このように考えると、野外で生起する現象である斜面崩壊の発生機構を解明するためには、すべり面における力学的な安定や斜面を構成する物質中の構造・強度変化といった、実験室で再現可能な点としての現象の解明に留まらず、ある地点の斜面崩壊発生に関わる空間的、時間的な広がりのある場の中での検討が必要となってきます。斜面崩壊の発生機構を定量的に明らかにするということは、上述の場において斜面崩壊発生に関わる諸要因を定量的に計測する手法を開発すると共に、斜面崩壊の発生機構に基づく斜面崩壊発生式を組み立てるということになります。

これが完成すれば、直接的な斜面崩壊の発生時期・規模は降雨等に決定されるものの、斜面崩壊危険度や土地利用・土地管理の変動に対する傾斜地保全機能の変動予測が高い精度で可能になるはずです。

しかし、実際には浅層の土中水の移動形態や土層深、土壌・表層地質内部の構造変化といった斜面崩壊発生に大きな影響を持つ因子を、ある程度の広がりのある空間において定量的かつ精密に、また現実調査に投入できる労力の範囲で計測する手法は未開発です。従って、既往の研究においても斜面崩壊の発生機構に基づく斜面崩壊発生式の提案²⁾は以前よりあるものの、研究途上の段階といえます。

9. 斜面崩壊発生の要因解析

とはいうものの、手をこまねいていても仕方ありませんので、まず手始め

に、従来から統計的手法による斜面崩壊予測や採点法による崩壊危険度判定に用いられている因子を参考に、空間的な広がりをもつ範囲において定量的に算出可能な因子を選択し、斜面崩壊との関係の検討を行いました。

因子の算出は、農地を検討の対象とすることから土地利用区分図の土地利用区分を算出単位に、1/2,500土地利用区分図と等高線図を用いて傾斜角、傾斜長、比集水面積、及び曲率を、地球観測衛星からは植生指標NDVIを求めました。

傾斜角は最大傾斜方向の傾斜角度を等高線の間隔より求め、傾斜長は最大傾斜方向の投影直線距離としました。比集水面積は、等高線より判読される水田一筆の集水域と対象水田の投影面積の合計値から、水田面積の相違による集水域の差異を除外するために集水域下端幅（投影距離）で除した値³⁾として求めました。従って、比集水面積は対象水田相互間で値の比較が意味を持つ地形的な水の集まり易さを示す因子となります。曲率は算出単位内の最大傾斜方向の平滑度と定義し、平坦な場合を0、凸型は場合がその度合いに応じて正の値が大きくなるよう、逆に凹型の場合は負の値が大きくなるように算出を行いました。

植生指標NDVIは植被率や植物の活性度によって決定されることが知られています。この植被率や植物の活性度は土中水分に支配されるものであり、土中の水分状態を地球資源衛星データから求めた植生指標NDVIにより広域的に推定する手法が提案⁴⁾されています。特に、植被率は春季においては夏期と比較して、土中の水分条件の相違により差が大きく出ているものと考えられます。また、水田もしろかき直前の時期であれば雑草が繁茂していることから、人為的な裸地部分が大きい畑地や宅地、あるいは人工構造物などの占める面積が大きい地点では、NDVIの高い地点を求めることによって土中の水分量の多い地点をある程度推定する事が可能と思われます。

植生指標NDVIの算出にはランドサットTMデータを使用しました。ランドサットTMデータによるNDVIの算出式を式-1に示します。今回の解析では米国アードス社のErdas Ver7.5を使用し、1992年4月28日収録のランドサットTMデータ(path111-low37)を一画素の誤差を許容範囲として幾何補正した後に、南小川南岸の八畝、怒田、三津子野、柚木、及び蔭地区の南小川沿岸部のデータを切り出し、NDVIを算出しました。NDVIの算出に当たっては、式-1右辺の計算結果を標準偏差の二倍の範囲で0~255にリニアストレッチ

してNDVIとしています。解析結果は土地利用区分図上に投影して各算出単位に関わる最大のNDVI値をその算出単位のNDVIとし、このNDVIを蔭地区において各区分数がほぼ等しくなるように9段階に区分し、点数を付けました。NDVI値と点数の対応を表－4に示します。

式－1 Landsat TM データによる植生指標NDVIの算出式

$$NDVI = (Band4 - Band3) / (Band4 + Band3)$$

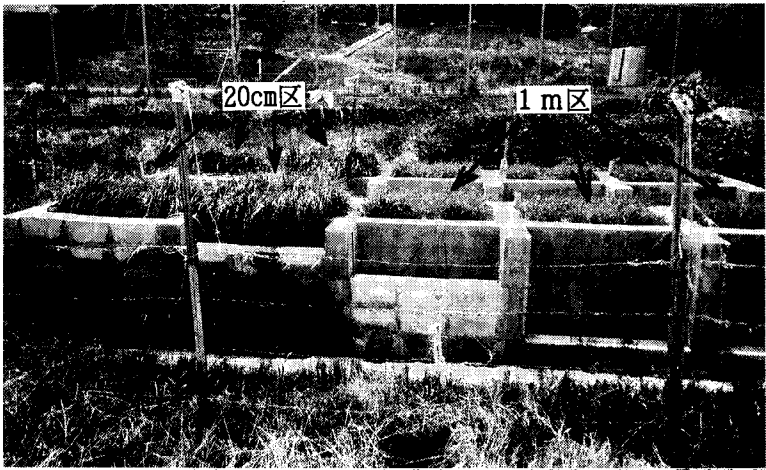
Band3:赤 色 域 Band4:近赤外域

表－4 NDVI値と点数

NDVI値	点数	NDVI値	点数
1－159	1	200－209	6
160－169	2	210－219	7
170－179	3	220－229	8
180－189	4	230－255	9
190－199	5		

地盤や土壌の条件と植生の対応、そしてリモートセンシングデータの間関係を、斜面崩壊の因子抽出という観点から、野外における調査や栽培試験といった実測によって明らかにした報告は寡聞ですが、今年度私が地下水位を設定したライシメータで牧草（オーチャードグラス）を栽培

した結果では、確かに浅層土中水の賦存状態の違いによって繁茂する植生の状態に差異が生じます。栽培試験の結果を写真－3に示します。写真中の草の生長の良い方が地表下20cmに地下水位を設定、悪い方が地表下1mの底まで地下水位の設定無しの条件によるものです。



写真－3 ライシメータによる栽培試験（オーチャードグラス）

実際に因子の算出を行ったのは、土地利用や土地管理、地質、土壌等の条件が同一となるように、南小川から見て同一水系となる沢で囲まれ、表層地質が御荷鉾緑色岩類でかつ1993年に水稻を作付けしていた、蔭集落内の棚田37筆です。求めた因子は前節で述べた1993年秋～1994年冬に行った斜面崩壊の調査の結果より、崩壊との関係を求めました。また、斜面崩壊発生予測の実験式として知られている地形的滑動力示数³⁾と斜面崩壊の関係についても求めてみました。地形的滑動力示数の算出式を式－2に示します。

式－2 地形的滑動力示数の算出式

$$(\text{地形的滑動力示数}) = \tan(\text{傾斜角}) \times (\text{比集水面積})^{1/3}$$

求めた結果は崩壊と傾斜角の関係を図－4に、傾斜長との関係は図－5に、比集水面積については図－6に、曲率についてを図－7に、及び植生指標との関係を図－8に示します。いずれも縦軸に因子量を、横軸右方向へ各区画あたりの因子量を値の大きなものから並べ、崩壊地点を「＊」で表しています。地形的滑動力示数に係わるものも同様に図－9に示します。

傾斜角、及び比集水面積と崩壊の関係は、値の大きな地点に崩壊地点が集まる傾向は読み取れるものの、値が大きくとも崩壊が発生していない地点も

表－5 植生指標と傾斜角
(植生指標6以上)

植生指標	傾斜角(°)	崩壊の有無
9	18.4	
9	15.9	
8	21.8	
8	15.4	
8	14.9	○
7	20.9	
7	17.7	○
7	17.7	
7	15.9	
6	18.4	○
6	14.0	○
6	12.5	
6	12.5	
6	11.3	

みられ、回帰関係にあるとは言えません。これに対して、地形的滑動力示数と崩壊には強い関連性があることがわかります。このことは傾斜角が急でも水の集まりにくい地点や、集水地形でも傾斜のなだらかな地点では崩壊は発生しにくいことを意味すると言えます。

植生指標に関しても、値の高い地点で崩壊が発生しており、崩壊との関連性を指摘出来そうです。しかし植生指標の値が高くても崩壊が発生していない地点も多く、また表－5

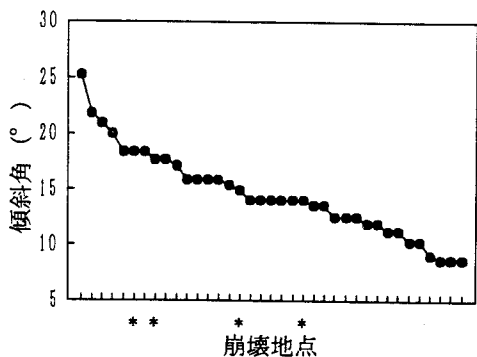


図-4 崩壊と傾斜角の関係

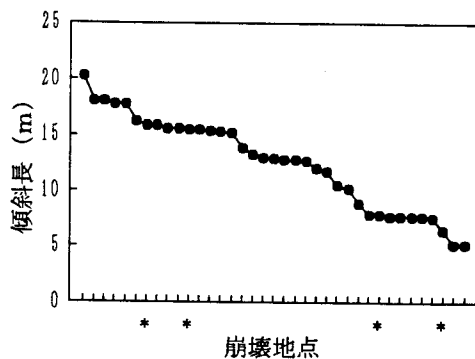


図-5 崩壊と傾斜長の関係

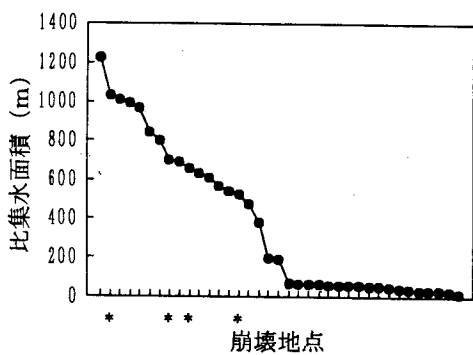


図-6 崩壊と比集水面積の関係

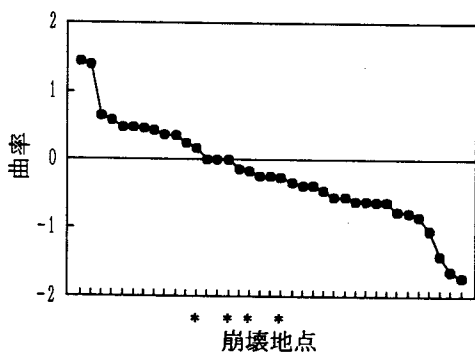


図-7 崩壊と曲率の関係

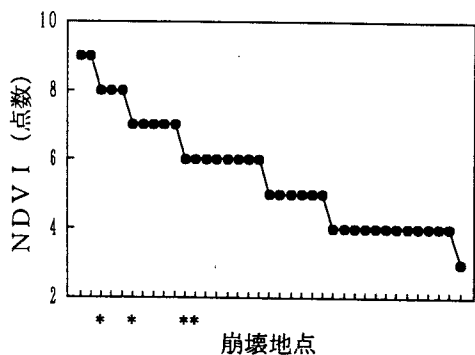


図-8 崩壊と植生指標NDVIの関係

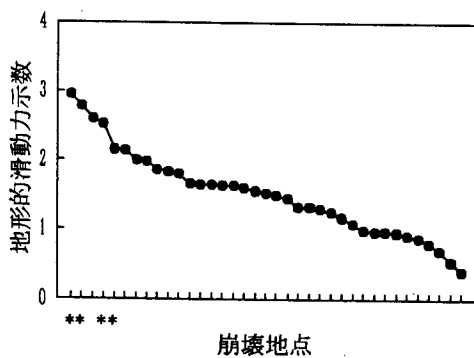


図-9 崩壊と地形的滑動力示数の関係

に示すように傾斜がある程度急で、かつ植生指標が高くとも崩壊の見られない地点もありました。この理由としては、植生指標をランドサットTMデータより求めたため、一画素が30×30m区画と棚田一筆に比べて大きいことや、前述の幾何補正時の許容誤差によることがまず推定されます。

実際に斜面崩壊が発生する野外を考えた場合には前述のライシメータの例とは異なり、人為的に特別に管理されていない限りは斜面に繁茂する植生は単一のものではなく、浅層の土中水の賦存状態や土壌などの条件によって当然侵入・成長する草種も異なりますし、また土地の管理の状態によっても違いが出ます。調査地区において、草刈りをしている草地（耕作放棄地も含みます）における浅層土中水の賦存状態に対応する草種の調査結果を概念的に示したものを図-10に示します。このことがNDVIに与える影響は、林地を含めて当然検討する必要があります。また、植生指標NDVIの表すものが草地と林地で異なる可能性もあります。

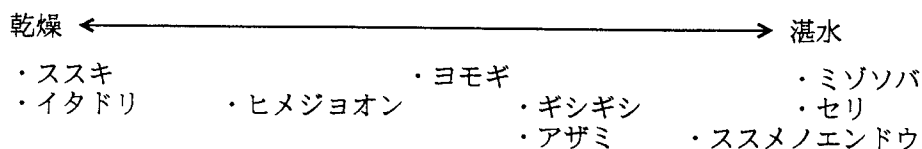


図-10 水分環境と植生の概念図

植生指標NDVIと表層崩壊の関係について、統計的に有意であることが示された研究事例⁵⁾はありますが、表層崩壊に関わる因子がどのようなメカニズムで植生指標NDVIに現れるかについて、また地盤・土壌条件と植生の関係（ジオボタニー⁶⁾）の解明については、まだまだ検討を必要とすることが多く残されていると思います。

なお、今回は限られた範囲の棚田を対象とし、また崩壊の地点数も限定されたものですので、考察の結果を一般化するには今後より多くの検討が必要となります。これについても、今年度継続して研究を進めています。

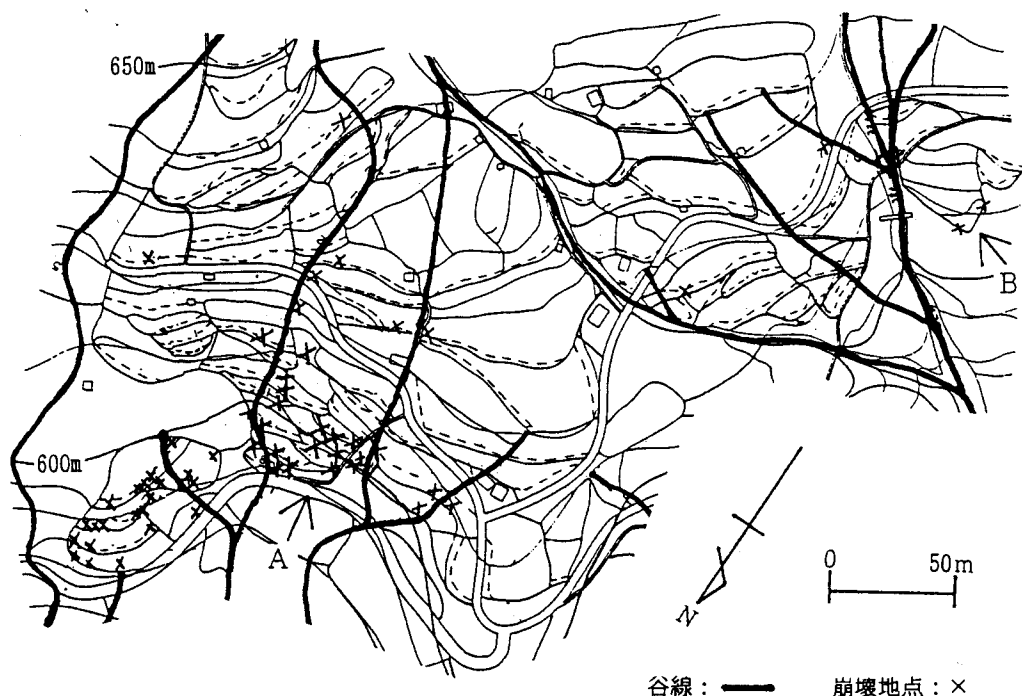
10. 詳細な斜面崩壊調査とその解析

地形的な要素と斜面崩壊発生の関係の検討をより進めるために、崩壊発生位置と規模に関わる詳細な崩壊調査を昨年冬から始めています。この調査では崩壊の規模及び発生年を問わず、地表面の形状から過去の表層崩壊の発生

が判断出来る地点は全て前述の無人ヘリ写真地図上に発生位置を記入することとし、また崩壊規模の計測も行っています。

この調査はまだ継続中ですが、調査の終了した蔭地区の一部地区について、斜面崩壊の位置をとりあえず1/2,500土地利用区分図へ転記を行い、谷線と崩壊の関係を検討してみました。谷線の把握は1/2,500等高線図の10m間隔の等高線の凹部の変曲点を「谷」とし、上下方向に連続する「谷」を空中写真で連続性を確認しながら、なめらかな線分で結んだものを「谷線」と定義し、谷線図を作成しました。谷線は等高線のみより作成していますので、沢の位置とは必ずしも一致しません。

蔭地区における崩壊と谷線と関係の例を図-11に示します。この範囲の崩壊件数は58でした。崩壊地点は北斜面の一部（矢印A）と西端（矢印B）を別にとると、谷線の近傍に集中しています。これは、谷線が等高線の凹部を結んだものであるため、地表水や浅層の土中水が集中するためと考えられ、実際に谷線近傍の多くの箇所では湧水が観察されました。北斜面の一部（矢印A）で全体的に表層崩壊が発生しているのは、この部分の等高線を谷線作図



（狭小な棚田が密集している部分においては、棚田の形状は正確に図化されていない）
注：等高線以外の細実線は土地利用区分線、点線は田・畑面と法面の境界線

図-11 崩壊と谷線の関係（蔭集落の一部）

時の定義よりもより巨視的に見た場合には全体が一つの谷線に相当する形状となっており、この部分全体に地表水や浅層の土中水が集中するためと考えられます。この部分においても湧水が多く観察され、沢も複数形成されはじめています。なお、西端の崩壊地点（矢印B）は2箇所とも沢に面しており、沢に向かったの表層崩壊です。

図-11の範囲において、矢印A、Bの部分を含めた谷線に表層崩壊が集中している現象は山地の地形変化過程と同等と考えられ、まだ常時水流が見られる沢が形成されていない谷線は地形学分野で言うところの谷頭斜面、沢が形成されている谷線は谷壁斜面と推定⁷⁾されます。

11. おわりに

以上これまでに述べてきたことに関わる研究はまだ継続中ですので、まだまとめる段階ではないのですが、最後にプロジェクト研究の範囲での結論を言えば、調査地域における斜面崩壊の発生は地形の形成過程の一環であり、従来から地形学の分野で指摘⁸⁾されているように、地形の特徴を把握することによって斜面災害の発生場所や頻度を予測可能であるといえます。

斜面崩壊と耕作放棄や農地管理の粗放化との関係も、斜面崩壊の発生しやすい条件を備えた農地や用排水路の管理粗放化・放棄が行われた場合、営農が継続されていれば災害復旧等で修復されていた崩壊や、畦畔や法面、用排水路等の管理作業で修復されていたパイピングや表層クリープ現象のような斜面の安全率を引き下げる不可逆な現象が蓄積されるようになり、地形的な安定化の方向へ表層崩壊発生が加速化が進むと考えられます。

今まで述べた研究は、今年度も科学技術庁の重点基礎研究「地理情報システムによる破碎帯地すべり地帯の土砂流出解析に関する基礎研究」として、継続して実施しています。今年度はフィールドにおける調査を継続すると共に、従来多大な労力を必要とし、それ故に地形的な要素と斜面崩壊の関係の解析作業時における最大の障害であった、国土数値情報よりも細かい単位での各種因子データの作成をはじめとした各種のデータ作成やデータ管理、解析作業等に、地理情報システム（GIS）を導入することを一つの研究目標としています。また、小型の解析図化機やGPS測量機による地すべりや表層クリープ現象に伴う地盤の変形量の計測、斜面崩壊現場の図化・数値データの作成も目標としています。

今後はこのような新しい機器や手法も活用し、フィールドにおける調査に基づいて、地形的な要素と斜面崩壊の関係をより定量的に詳細に、かつなるべく広域を対象に検討すると共に、地形学的視点と農業土木分野をはじめとして培われてきた土壌物理学・土質力学的視点からの斜面崩壊研究の融合を目指して研究を進める計画です。

フィールドの調査は多大な労力が必要ですが、斜面崩壊研究の先達である竹下敬司九大名誉教授が最近述べられている⁹⁾「常識化された概念や理論を修正するのには、現地での綿密な現象把握が必要」「現地の状況を、遠くから、近くからと、観察し測定すると、まだ隠された事実が、内蔵されているように思われる」という言葉にも勇気づけられながら、私としては今後ともフィールドにおける調査と解析に力を入れて行くつもりです。

最後になりましたが、本研究の実施に当たって指導と助言を頂き、かつ共同研究者でもある四国農業試験場地域基盤研究部基盤整備研究室山下恒雄室長、また現地調査に同行した同部業務科の渡辺修一技官、富永裕二技官、喜多壽夫技官、及び塩本知技官に謝意を表します。なお、1993年度に実施した斜面崩壊調査は四国農業試験場地域基盤研究部基盤整備研究室と同部環境管理研究部の共同作業であることを申し添えておきます。

参考文献

- 1) 八木則男・榎明潔・矢田部龍一：破碎帯地すべりの移動量予測，土木学会論文集第406号，pp53-60，1989
- 2) 高橋博・大八木規夫・大滝俊夫・安江朝光（編）：斜面災害の予知と防災，白亜書房，P95-154，1986
- 3) 羽田野誠一：崩壊性地形（その2），土と基礎22(11)，pp85～93，1974
- 4) 後藤恵之輔・杉山和一・三浦国春・峰浩二：植物活性に着目した斜面崩壊の危険度予測，第25回土質工学会研究発表会平成2年度発表講演集，P1591-1592，1990
- 5) 大林成行・小島尚人・笠博義：斜面崩壊予測を対象とした衛星マルチスペクトルデータの実利用化について，土木学会論文集第415号，pp71-80，1990
- 6) 地盤工学分野でのリモートセンシングデータの活用シンポジウム：土質工学会リモートセンシングの土質工学への利用に関する研究委員会，土質工学会，P104-109，1993
- 7) 熊木洋太・鈴木美和子・小原昇（編著）：技術者のための地形学入門，山海堂，P74-77，1995
- 8) 鈴木隆介：地形工学の役割，日本地形学連合，第一回地形工学セミナー地形学から工学への提言，P1-12，1995
- 9) 竹下敬司：森林科学における現象観察の必要性和総合的な理論化，森林科学No11，P1-6，1994

兵庫県南部地震による淡路島の農地 農業用施設災害とその復旧について

兵庫県洲本土地改良事務所

三 輪 顕

はじめに

兵庫県は、日本列島の中央部に位置し、東西は京都府、大阪府、並びに鳥取県、岡山県にそれぞれ隣接し、北は日本海、南は瀬戸内海に面するとともに淡路島を擁している。

県をほぼ二分する東経135度の経線は明石市を通る日本標準時子午線で、これを北にたどると北緯35度の地点に「日本のへそ」といわれる西脇市があり、ここがまさしく日本列島の中心である。

また、県土のほぼ中央を中国山地が横断しているため、北部は積雪寒冷の裏日本型気候となり、南部は温暖な表日本型の気候となって風土が著しく異なっていることから、「日本の縮図」といわれている。

なお、県下全域にわたって自然的条件が極めて多様性に富んでいるため、地域特性により県内を5つの地域に区分し、大阪湾臨海部の神戸市以東を「阪神地域」、明石市以西の瀬戸内臨海部から内陸部に至る区域を「播磨地域」、内陸東部を「丹波地域」、北部を「但馬地域」、さらに淡路島を「淡路地域」とよび、総称して「兵庫県の五つの顔」といっている。

兵庫県の農業は、北部は冬季の気象条件が厳しく単作地帯、南部は温暖な気候を利用した多毛作地帯としての特色を有しているなど、地域によって自然条件は著しく異なっており、さらに京阪神という大消費地を控え、これらの立地条件を生かし、県下の各地域では、多種多様な農業経営が行われ、色々な農産物が生産されている。

地域別に見ると、阪神地域では、ねぎ、ほうれん草などの野菜、花き、果樹、乳用牛、水稻が主体の典型的な都市農業が行われている。

播磨地域では、水稻、採卵鶏、キャベツ、はくさい、トマト、野菜を主体

とした都市近郊農業と中山間部での稲作とが行われている。

但馬地域では、ブロイラーを主体として、肉用牛、乳用牛、豚などの畜産部門が農業生産の5割を占め、耕種部門では日本海岸気候であることから、水稻の単作地帯で、最近、麦、高原野菜、いちごなど裏作作物を組み合わせた経営形態が増えつつある。

丹波地域では、水稻主体の農業地域で、なす、やまのいもなどの野菜が栽培され、畜産では、乳用牛、肉用牛、採卵鶏などが多数飼育されている。

淡路地域では、温暖な気候を生かした、たまねぎ、レタス、はくさい、キャベツ、などの野菜やカーネーション、きくなどの花き、柑橘類、びわなどの果実が生産されるほか、乳用牛、肉用牛、豚の飼育など県下で最も農業が盛んな地域である。

淡路島は、兵庫県の最南端に位置し、大阪湾、播磨灘、紀伊水道に囲まれ、歴史とロマンに彩られた“くにうみの島”として古くから親しまれています。また、“花とミルクとオレンジの島”、活魚の美味しい島としても広くその名を知られています。

島の面積は594.88km²、海岸線は186kmあり、洲本市、津名郡、三原郡の1市2郡（10町）からなり、人口は約17万人となっています。

温暖な瀬戸内式気候を生かしてたまねぎ、レタス、はくさい、キャベツ、などの野菜や、菊、カーネーション、などの花き、さらに、びわ、なるとオレンジを中心とした柑橘類などの果実の栽培が盛んで、畜産、水産を合わせた粗生産では、県下の1/4以上を占めています。

明石海峡大橋、淡路縦貫道、淡路公園島構想などの大型プロジェクトが進行中で、2001年に向け新時代にふさわしい農林水産業が展開されようとしています。

1. 兵庫県の地すべりについて

兵庫県の地すべりは、図1-1、表1-1に見られるように、局所的な集中が見られる。これらを地すべり地域として区分すると、概ね次のようになる。

①但馬地域の地すべり

②北神戸の地すべり

③淡路地域の地すべり

平成6年度末現在、兵庫県の地すべり防止区域指定状況を見ると、構造改善局、林野庁、建設省所管併せて169地区で、その面積は4589.50haで、県土の0.5%となっている。（兵庫県総面積 8,381.49km²）



図1-1 兵庫県の地すべり分布

表1-1 地すべり指定状況（平成7年4月1日現在）

地すべり防止区域数

（単位：ヶ所）

	構造改善局	林 野 庁	建 設 省	計	備 考
神 戸	7		20	27	北神戸
阪 神			4	4	〃
東播磨	36	1	5	42	〃
西播磨			3	3	
但 馬	5	23	34	62	但 馬
丹 波	1		1	2	
淡 路	14		15	29	淡路島
計	63	24	82	169	

地すべり防止区域面積

（単位：h a）

	構造改善局	林 野 庁	建 設 省	計	備 考
神 戸	553.78		328.24	882.02	北神戸
阪 神			33.76	33.76	〃
東播磨	1,184.73	7.77	56.61	1,249.11	〃
西播磨			38.03	38.03	
但 馬	121.34	700.39	994.04	1,815.77	但 馬
丹 波	13.00		11.96	24.96	
淡 路	356.65		189.20	545.85	淡路島
計	2,229.50	708.16	1,651.84	4,589.50	

(1) 但馬地域の地すべり

地すべりが多発するのは、第3紀鮮新世の照来層群の春來泥岩層及び第3紀中新世の北但層群の村岡累層（黒色泥岩層主体）であり、ともに泥岩層を主体とした軟岩である。特に、春來泥岩層の分布域は60%が地すべり地となっており、山頂部、平坦部以外の山腹斜面の大部分が地すべり地で、その規模は大きく、深度は深い。

(2) 北神戸地域の地すべり

新第三紀層神戸層群の吉川累層及び淡河累層上部の泥岩と凝灰岩の多く挟まれる地層で地すべりが多く発生している。地層の傾斜は東から西に向かって数度の傾斜で分布しており、地形の傾斜と地層の傾斜が同方向の流れ盤を示す箇所の地すべりは数も多く、規模も大きくなる。凝灰岩の上下には高透水性の礫岩、砂岩層が分布し、凝灰岩の風化を進行させている。

(3) 淡路島地域の地すべり

淡路島は基盤を形成する地質構造から、北部の花こう岩地帯と南部の和泉層群地帯に大別される。北部の地すべりは新第三紀の神戸層群及び大阪層群の分布域に見られる。南部の灘付近では、中央構造線に沿って海岸部に地すべりが見られる。これは、中央構造線に伴う破碎帯の地すべりで、急勾配の地形をなし、崩壊性の突発的な地すべりが発生する。

2. 洲本管内（淡路島）の地すべり対策事業

(1) 地すべり防止区域

当管内では現在14ヶ所の地すべり指定区域があり、すでに10地区について完了（概成）している。（表2-1）

表2-1 洲本土地区事務所管内地すべり防止区域指定一覧表

H7.4.1現在

市町名	地区名	所在地	指定面積 ha	告示番号	指定年月日	主 要 対 策 工 事	工事期間H6年度 進捗率	総事業費 千円	備 考
洲本市	下 内 瀬	洲本市下内瀬	18.30	第441号	S45.3.31	杭打工(CIP) 590本 系水路工(U形溝 180-250型) 951m	S46 完了	76,930	
	王子江原	准名町王子	24.00	第1045号 第464号	S38.8.10 S45.3.31	杭打工(CIP) 1,236本 暗渠排水工 311m	S42 完了	78,202	
准名町	佐野八幡田	准名町佐野	11.70	第352号	S47.3.13	杭打工(CIP) 200本 横穴ボーリング工 17本 暗渠排水工201m 水路工317m 浸食防止工121m	S47 完了	59,600	
北淡町	浅 野 南	北淡町浅野南	56.53	第2号	S52.1.4	杭打工(CIP・鋼管) 46本 地下水排除工 1,568m	S52 完了	98,340	
	広 石 下	五色町広石下	9.00	第440号	S48.3.14	地表水排除工 2,715本 浸食防止工 105.1m 杭打工(CIP・鋼管) 206本 水路工 251m	S48 完了	64,700	
五色町	鳥 飼 上	五色町鳥飼上	16.07	第441号 第323号	S48.3.14 S51.3.26	杭打工(CIP・鋼管) 250本 横穴ボーリング工 150m 水路工 240m	S48 完了	69,202	
	小 山 田	五色町鮎原 小山田	61.03	第314号	S51.3.25	杭打工(CIP・鋼管) 246本 横穴ボーリング工 1,154m 水路工 240m	S51 完了	104,450	
	広 石 下 北	五色町広石下	49.94	第410号	S53.3.31	杭打工(鋼管) 291本 地下水排除工 917m 地表水排除工 519m	S53 完了	80,730	
	下 界	五色町下界	29.58	第567号 第665号	S54.3.31 S59.3.14	杭打工(鋼管) 223本 地下水排除工 1,080m 地表水排除工2,340m 浸食防止工320m 土留工60m	S54~ 96	267,200	
	鳥 飼 明 神	五色町鳥飼上	18.30	第647号	S59.3.12	杭打工(鋼管) 318本 地下水排除工 1,090m 地表水排除工 1,445m 土留工 184m	S59~ 69	259,000	
緑 町 土	井	緑町豊文土井	19.90	第353号	S47.3.13	杭打工(CIP・鋼管) 136本 横穴ボーリング工 1,051m 水路工 1,752m	S47 完了	84,900	
南淡町	濃黒岩第2	南淡町濃黒岩	12.30	第332号	S35.4.11				
	濃 山 本	南淡町濃山本	18.80	第331号	S35.4.11	土留工 45m 地下水排除工 3,440m 地表水排除工 1,430m 浸食防止工 140m	H6~ 9	111,700	
	濃黒岩第1	南淡町濃黒岩	10.90	第393号	S35.9.23	地下水排除工 1,427m 浸食防止工 1式	S56 完了	87,920	
計	14地区		356.65						

(2) 平成7年度事業実施地区

平成7年度は、下記事業を計画している。

表2-2 平成7年度地すべり防止工事実施地区

(金額:千円)

事業名	地区名	市町名	総事業費	H.6年度 ま で	H.7年度	H.8年度 以 降	備 考
防止工事 (災害関連緊急 地すべり)	下 堀	五色町	267,200	255,790	5,300		完了
	鳥飼明神	五色町	259,000	180,000	15,000	64,000	
	灘山本	南淡町	111,700	10,000	37,736	63,964	
	枯 木	一宮町	258,724		258,724		
	計	4地区			316,760		

1) 下堀地区・・・・・・測量試験費 1式(平成7年度概成予定)

2) 鳥飼明神地区・・・・杭打工 20本

3) 灘山本地区・・・・侵食防止工(溪流護岸工) 90m

地下水排除工(水抜きボーリング) 1,000m

測量試験費 1式

4) 枯木地区(災害関連緊急地すべり対策事業)

・・・・・・杭打工 237本

地下水排除工(水抜きボーリング) 2,100m

地表水排除工 265m

測量試験費 1式

3. 淡路島の農地農業用施設災害について(昭和40年～平成6年まで30年間)

淡路島は、県下で最も災害を受ける地域で、年平均2,960カ所、2,036,584千円(災害査定額)、県下の55%を占めている。(表3-1)

平成6年度は、9月の豪雨災害と1月17日の兵庫県南部地震災害が発生した。

表3-1 被災路線に於ける災害復旧状況

単位: 金額--千円 雨量--mm

年度	火 災				警 察 定 額				主 要 災 害 名				雨 量		兵 庫 県 全 体		年 度 別 復 旧 状 況		備 考
	農 地		農 業 用 施 設		計		主 要 災 害 名		日	時間	金 額	面 積 数	金 額	決 算 / 興 業 所 数	金 額	面 積 数	金 額		
	面 積 数	金 額	面 積 数	金 額	面 積 数	金 額												面 積 数	
S.40	2,763	749,465	2,956	1,514,441	5,719	2,263,906	台風24号、秋雨前線	361.0	95.2	8,821	4,400,392	50.3%	1,168	480,434					
41	69	14,367	101	50,419	170	65,286	台風21号	319.0	45.4	320	190,154	34.3%	1,638	601,584					
42	729	170,783	503	191,015	1,232	361,798	7月豪雨、台風34号	198.1	47.3	1,678	593,355	60.3%	1,980	693,383					
43	413	86,344	522	180,894	935	267,238	台風4号、秋雨前線	203.5	47.5	1,238	624,406	42.8%	1,833	669,167					
44	119	27,969	273	93,913	392	121,882	台風7号、梅雨前線、12月豪雨	213.0	43.5	700	375,371	32.5%	1,202	316,267					
45	607	143,653	573	181,497	1,180	325,150	台風9・10号	174.2	47.5	2,482	2,111,576	15.4%	708	211,919					
46	2,393	667,450	2,773	1,100,322	5,166	1,767,772	台風23・25・26号、秋雨前線	297.0	59.0	6,128	2,378,976	74.3%	1,649	538,826					
47	5,990	1,808,676	4,546	1,888,412	10,436	3,697,088	台風3・20号、梅雨・秋雨前線	199.5	77.0	15,125	6,739,064	54.9%	4,198	1,303,027					
48	15	3,312	32	15,309	47	19,121	秋雨前線	91.0	29.0	110	59,756	32.0%	5,559	1,754,898					
49	9,055	3,928,433	8,112	7,231,106	17,167	11,159,539	台風8・18号、梅雨前線	336.0	145.0	20,701	14,871,769	75.0%	5,216	2,975,022					
50	1,491	544,089	1,289	922,477	2,780	1,466,566	台風6号	195.0	50.0	4,257	2,607,239	56.2%	8,616	5,792,900					
51	5,178	2,119,536	3,567	2,337,197	8,745	4,956,733	台風9・17号	236.0	76.0	11,829	13,040,345	38.0%	10,227	7,099,965					
52	3,894	1,617,398	1,253	797,708	5,147	2,415,106	9・11月豪雨	259.0	68.5	6,150	2,993,737	80.7%	9,548	4,820,079					
53	61	22,633	23	8,419	84	31,052	9月豪雨	115.0	37.5	3,999	2,612,167	1.2%	4,108	2,054,938					
54	7,395	4,268,148	4,151	4,001,733	11,546	8,269,881	6月豪雨、台風16・20号	336.0	145.0	13,047	9,522,995	86.8%	2,726	1,472,355					
55	750	361,712	493	383,619	1,243	745,331	台風19号	123.0	40.0	2,278	1,495,887	49.8%	6,158	4,078,577					
56	74	24,069	26	15,529	100	39,598	秋雨前線	47.0	25.0	153	101,882	38.9%	3,717	2,547,771					
57	1,480	756,705	652	521,386	2,132	1,278,091	台風10号	167.0	30.5	3,508	2,550,987	50.1%	1,414	825,689					
58	1,363	775,592	512	390,225	1,875	1,165,817	台風5・10号	206.0	49.5	5,880	5,565,469	20.9%	1,716	944,834					
59	266	191,452	108	106,537	374	297,989	6・7月豪雨	165.0	74.5	671	731,789	40.7%	1,156	688,776					
60	978	789,327	355	373,350	1,333	1,162,677	8月豪雨、台風6号	351.5	105.0	1,578	1,623,191	71.6%	994	783,939					
61	143	119,929	63	103,612	206	223,541	台風13号	43.5	42.0	547	698,833	32.0%	733	650,678					
62	536	435,789	160	192,583	696	628,372	9月豪雨、台風19号	157.0	45.0	1,214	1,528,139	41.1%	581	493,811					
63	1,320	1,292,307	969	1,387,640	2,289	2,679,947	8・9月豪雨	223.0	33.0	3,437	4,272,221	62.7%	1,637	1,723,615					
H.1	1,724	1,597,642	786	1,086,150	2,510	2,683,792	8・9月豪雨、台風17号	169.0	36.5	2,978	3,307,514	81.1%	1,898	1,970,383					
2	1,797	1,953,012	766	1,060,570	2,563	3,013,582	台風19号	230.0	230.0	6,252	9,665,160	31.2%	1,882	2,146,119					
3	0	0	0	0	0	0		64.5	26.0	12	72,934	0.0%	1,890	2,272,468					
4	0	0	0	0	0	0		106.0	38.0	138	288,838	0.0%	161	230,326					
5	663	814,746	366	702,573	1,029	1,517,319	7月31日地すべり、台風7・13号	96.0	55.0	1,819	3,197,245	47.5%	413	517,467					
6	727	1,236,948	965	7,236,402	1,692	8,473,350	9月豪雨、1月17日地震	82.5	53.0	2,197	13,895,867	61.0%	484	952,241	年平均				
7							1月17日地震、5月豪雨												
計	51,893	26,522,486	35,930	27,338,636	88,788	81,097,524					129,045	112,177,758	54.5%	85,210	51,611,158	1,720,372			

4. 兵庫県南部地震について

(1) 概況

平成7年1月17日午前5時46分ころ、淡路島北部の北緯 $34^{\circ}36'$ 、東経 $135^{\circ}03'$ 、深さ20kmを震源とするマグニチュード7.2の地震が発生した。この地震により、神戸と洲本で震度6を観測したほか、東北地方南部から九州にかけての広い範囲で有感となった。（この後神戸市三宮付近と淡路島北部の一部地域では震度7であったことが判明した。）

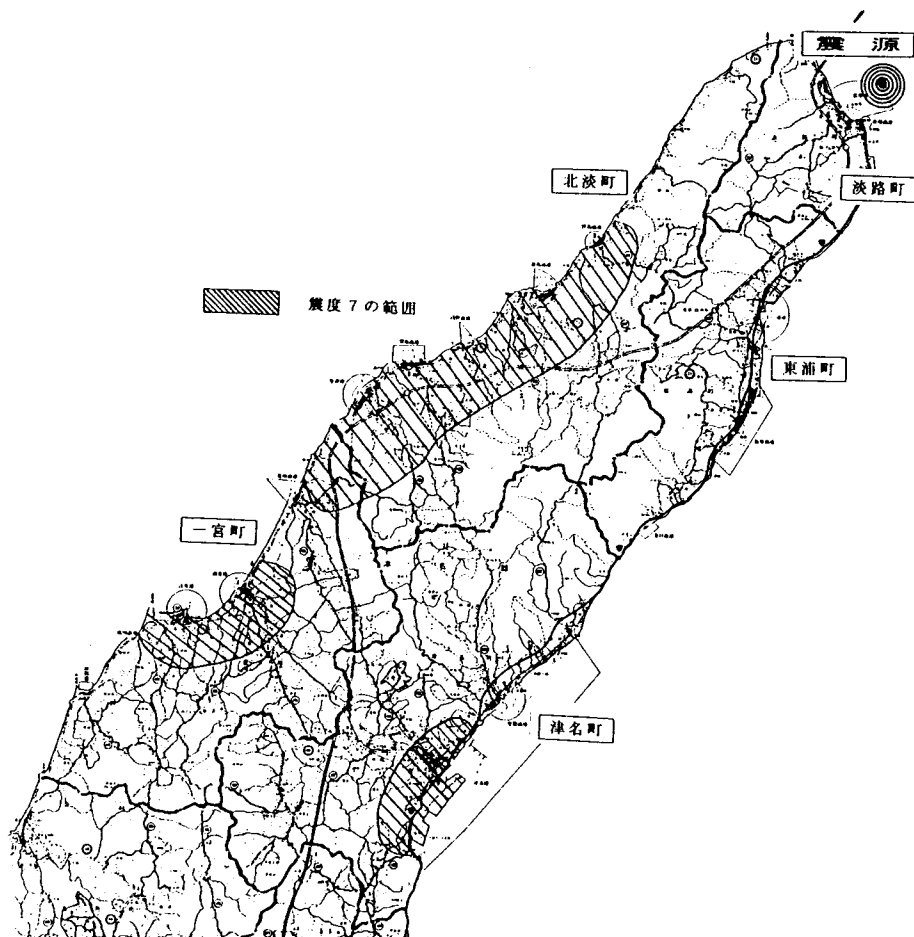
この地震により、多くの死傷者が出、家屋の倒壊、鉄道、道路、港湾の損壊、電気・ガス・水道等ライフラインの寸断、農地農業用施設の被害が生じた。

加速度 神戸海洋気象台：水平方向＝800gal

神戸港：水平方向＝683gal

神戸大学工学部：垂直方向＝446gal

新神戸変電所：垂直方向＝478gal



(2) 当事務所の対応

被災直後、余震及び降雨による二次災害の防止を図るため、管内農業用ダム、主要ため池及び地すべり指定区域・危険地のパトロールを行った。

被災箇所については、市町及び地元住民に、被災部をシートで覆う、ため池の水位を下げるなどの指導を行い、二次災害の防止に努めた。

淡路島は農業用水をため池に依存しており（81%）、今年の作付けに間に合わせるため、県内・県外からの技術者の応援（約1,700人）を得て、災害査定を3月末までに目途を付け、早期に応急工事等に着手し、貯水可能とし、用水の確保に努めた。

(3) 農地農業用施設の被害状況（平成7年6月8日現在）

2,980箇所、14,615,000千円（県下 4,049箇所、24,375,000千円）

表4-1のとおり

被害はため池に多く、決壊、天端縦横断亀裂、法面滑落、構造物損傷が見られた。また当時は貯水率が低かったため、漏水等目視で被災を判断出来ないため池も多かった。

(4) 農地農業用施設の査定状況（平成7年6月8日現在）

1,999箇所、10,935,680千円（県下 2,367箇所、16,794,326千円）

表4-2のとおり

災害査定は、2月20日より9週間行われた。

(5) ため池復旧について

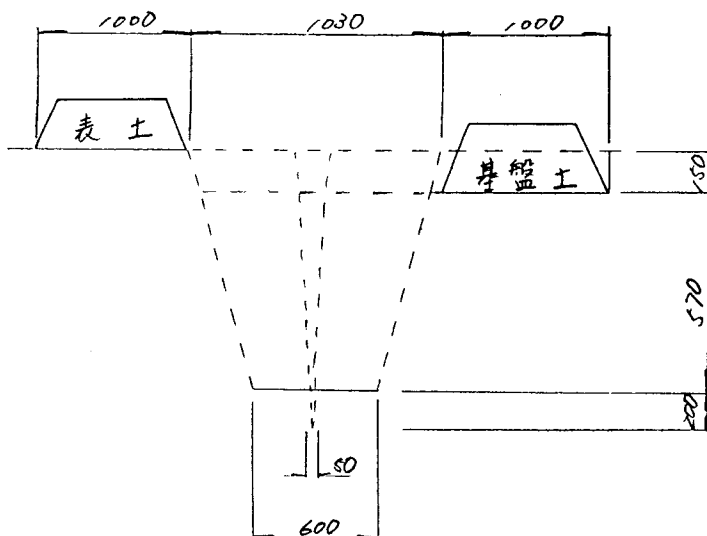
- 1) 前刃金工法・・・亀裂が基礎地盤まで達しているもの。
- 2) ベンチカット工法・・・亀裂が基礎地盤まで達していないもの。
- 3) 応急工事・・・平成7年度の作付けに間に合わせるため、亀裂部の充填、旧堤切崩し盛土、シート工法等を秋の本工事に先立って行う。

(6) 農地復旧について

北海道南西沖地震災害の復旧工法を参考にした。

1) 農地亀裂について

下図のように田面より0.72mまで基盤土掘削を行い、転圧を行う。



a) 農地の亀裂が浅い場合（亀裂のみ）

表土はざとり・集積－基盤土掘削－心土締め直し・埋戻し・転圧－表土戻し－表土均平－荒起し

b) 農地の亀裂が深い場合（亀裂のみ）

表土はざとり・集積－基盤土掘削－亀裂充填－心土締め直し・埋戻し・転圧－表土戻し－表土均平－荒起し

c) 農地の段差・不陸が部分的な場合

表土はざとり・集積－基盤客土－基盤均平－表土戻し－表土均平－荒起し

d) 農地の段差・不陸が全面的な場合

表土はざとり・集積－基盤押土－基盤均平－表土戻し－表土均平－荒起し

(図4-7参照)

(7) 農地保全について

1) 高寺地区 (津名町)

a) 状況

地震による地下水位の上昇により、町道・農地が崩壊し、その土砂が下流農地に流出したため農地が崩壊した。

b) 対策

町道は公共災にて復旧 (井桁ブロック)

上部ほ場2枚については土木災にて対応 (井桁ブロック、暗渠)

下部ほ場については農災で暗渠工を施工する。

暗渠工 L=72m (φ200)

L=348m (φ100)

整地工 1式 (フトンカゴ 62.4m)

道路工 L=135m

(図4-2参照)

2) 土井地区 (緑町)

a) 状況

当区域は、ほ場整備地域であり、地震による揺れ及び地下水位の上昇により、農地に断差10~30cmの亀裂が入り、一部隆起 (最大90cm) も生じた。

b) 対策

もともと地下水位が高く軟弱であったため生じたものと考えられる。地盤安定のために暗渠工を施工する。

暗渠工 L=103.3m (φ200)

(図4-3参照)

3) 生田田尻 (北淡町)

a) 状況

農地に亀裂が生じ、20~30cmの段差、一部農地滑落。

道路 (コンクリート舗装) に亀裂。

湧水発生。

b) 対策

抑止杭により地すべりを抑え、農地復旧を行う。

また、道路・水路を原形に復旧する。

杭打工 $N=18$ 本 (SKK400, $\phi 216.3$, $t=12.0$, $L=12.5$ m)
 道路工 $L=55$ m (コンクリート舗装)
 水路工 (用) $L=21$ m (U字溝 180×180)
 水路工 (排) $L=97$ m (ブロック積, 現場打三面張水路)
 承水路工 $L=22$ m (300×400)
 整地工 $A=2,140$ ㎡, ネット欄工21m, ブロック積85㎡, 暗渠工67m

(図4-4-1, 2参照)

4) 小田地区 (北淡町)

a) 状況

農地に亀裂が生じ、最大60cmの段差、農地滑落1.4m。

水路・道路崩壊。

湧水発生。

b) 対策

抑止杭により地すべりを抑え、水抜きボーリングにより地下水位を低下させる。

また、農地・水路・道路を原形に復旧する。

杭打工 $N=10$ 本 (SKK400, $\phi 400$, $t=12.0$, $L=7.0\sim 9.0$ m)
 水路工 (用) $L=52$ m (U字フリューム300型)
 道路工 $L=49$ m (フトンカゴ)
 地下水排除工 5孔, 130m (水抜きボーリング)
 整地工 $A=143$ ㎡, フトンカゴ, ネット欄工

(図4-5参照)

5) 石田地区 (北淡町)

a) 状況

ため池より下流農地・道路に亀裂が入った。

段差は最大60cm、開口幅20～50cm、深さ1.2m

湧水発生。

b) 対策

すべり面下部に押え盛土を施工し、地下水低下のため水抜きボーリングを行い、法面には侵食防止のため種子吹付を行う。

また、ため池の亀裂部には充填工を行い、遮水シートは、原形に復旧する。

押え盛土工 $V=36,515\text{m}^3$

種子吹付工 $A=5,773\text{m}^2$

水抜きボーリング $L=1,080\text{m}$

道路工 $L=117\text{m}$ (アスファルト舗装・コンクリート舗装、U字溝180～
300 $L=67\text{m}$,ブロック積19 m^3)

整地工 $A=2,105\text{m}^2$ 擁壁17 m

ため池 ランダム $V=3,916\text{m}^3$

遮水シート工 $A=5,018\text{m}^2$

(図4-6-1, 2参照)

6) 八木地区(三原町)

a) 状況

農地が地すべりを起し、下流ため池まで押出しが見られた。

農地の段差は、約30cm。

また、下流ため池に湧水が見られた。

b) 対策

アンカー工によりすべりを押え、農地はフトンカゴで復旧する。

アンカー工 $N=10\text{本}$, $L=220\text{m}$

フトンカゴ工 $L=30\text{m}$

(8) 災害関連緊急地すべり対策事業 枯木地区(一宮町)について

1) 状況

平成7年1月17日地震で亀裂が発生し2月18日の余震により地すべりが発生した。

5ブロックの地すべりが発生し、被害は、ため池1カ所、水路20m、町道300m

2) 対策

災害関連緊急地すべり対策事業により対応。

杭打工により地すべりを防止し、地下水排除工(水抜きボーリング)により地下水位を低下させる。

杭打工 $N=237\text{本}$

地下水排除工 $L=2,100\text{m}$

地表水排除工 $L=265\text{m}$

表 4 - 1

兵庫県南部地域 被害の概要 (農地及び農用施設)

(単位: 千円)

市町村名 (市町村)		被害割合		左 の 内 訳																		小計		計	
				農 地		ため池		灌漑工		水害		農 用 施 設		運搬		農業		農地保全施設							
												箇所	金額							箇所	金額				箇所
神戸	神戸市	454	2,103,000	41	8.2	61,000	111	1,816,000	247	141,000	1	5,000	53	60,000	1	20,000	413	2,042,000							
	西宮市	33	340,000				5	150,000	28	190,000							33	340,000							
	宝塚市	17	793,000	1	0.2	12,000	16	781,000									16	781,000							
	川西市	2	10,000				2	10,000									2	10,000							
	三田市	33	262,000				20	200,000									33	262,000							
3木	三木市	539	3,506,000	42	8.4	73,000	154	2,667,000	285	301,000	3	15,000	54	62,000	1	20,000	497	3,435,000							
	明石市	45	1,707,000	3	0.2	2,000	40	1,700,000									42	1,705,000							
	加古川市	49	476,000				37	414,000		1	4,000						42	426,000							
	三木市	140	989,000	15	2.8	28,000	56	713,000	2	18,000							10	125	961,000						
	高砂市	6	77,000				4	70,000					47	175,000			53	77,000							
	香川町	150	437,000	35	7.0	139,000	16	150,000					10	40,000			22	115	296,000						
	福永町	27	159,000				12	100,000					3	15,000	2	5,000	27	159,000							
6	計	417	3,795,000	53	10.0	189,000	164	3,147,000	3	22,000	127	185,000	4	5,000	69	230,000	2	5,000	364	3,626,000					
社	西宮市	4	180,000				4	180,000									4	180,000							
	小野市	42	1,225,000	4	1.0	10,000	33	1,205,000			3	8,000			2	2,000	38	1,215,000							
	加西市	29	480,000	5	0.8	8,000	20	460,000			1	4,000			3	8,000	24	472,000							
	三木市	4	150,000				4	150,000									4	150,000							
	機井町	1	2,000				1	2,000									1	2,000							
	東条町	7	42,000	2	0.2	1,000	4	40,000			1	1,000					6	41,000							
	中 町	7	104,000	2	0.2	3,000	4	100,000			1	1,000					5	101,000							
	福永町	4	41,000	2	0.1	1,000	2	40,000									2	40,000							
	8	計	98	2,224,000	15	2.3	23,000	72	2,177,000	8	14,000			5	10,000			83	2,201,000						
	姫路	姫路市	2	20,000				2	20,000										2	20,000					
黒崎町		4	81,000	1	0.1	1,000	3	80,000									3	80,000							
三木市		6	81,000	1	0.1	1,000	5	80,000									5	80,000							
5		計	12	182,000				7	180,000									7	180,000						
三木	赤穂市	5	100,000				2	30,000					3	70,000			2	30,000							
	新井町	2	50,000				2	50,000									2	50,000							
	三木市	1	1,000				1	1,000									1	1,000							
	1	計	8	152,000				6	82,000					3	70,000			9	152,000						
三木	三木市	130	310,000	52	5.0	70,000	36	170,000			23	40,000			14	20,000	3	10,000	78	240,000					
	三木市	445	2,362,000	120	15.0	180,000	228	2,000,000			40	75,000			50	60,000			325	2,182,000					
	三木市	70	211,000	32	5.0	57,000	18	120,000			12	12,000	2	2,000	6	20,000			38	154,000					
	三木市	1,203	6,196,000	585	90.0	666,000	280	5,560,000	3	15,000	150	434,000	1	3,000	150	500,000	10	30,000	618	5,532,000					
	三木市	437	2,530,000	205	21.0	335,000	150	2,000,000	2	50,000	5	10,000	50	45,000			5	190,000	232	2,285,000					
	三木市	120	353,000	49	11.5	50,000	32	290,000	5	25,000	20	25,000	3	30,000			1	30,000	72	300,000					
	三木市	366	1,359,000	116	47.5	170,000	141	859,000	1	9,000	45	90,000			57	122,000	1	9,000	150	250,000					
	三木市	18	81,000	3	0.5	5,000	8	40,000			1	1,000	2	5,000			2	29,000	15	76,000					
	三木市	122	957,000	30	20.0	20,000	55	1,900,000	2	5,000	25	15,000	3	15,000			7	2,000	92	937,000					
	三木市	51	136,000	22	3.5	39,000	5	50,000	2	5,000	15	12,000			5	5,000			2	25,000	29	97,000			
	三木市	18	58,000	3	0.8	5,000	6	50,000	2	1,000					3	2,000			3	2,000	11	53,000			
	11	計	2,980	14,615,000	1,220	192.8	1,597,000	661	9,849,000	15	108,000	373	755,000	18	72,000	345	811,000	14	49,000	34	1,273,000	1,760	13,018,000		
合計	36	4,049	24,375,000	1,331	212.6	1,863,000	1,362	18,382,000	18	131,000	791	1,305,000	25	92,000	3	70,000	464	1,113,000	16	54,000	39	1,325,000	2,718	22,512,000	

表 4 - 2

兵庫県南部地域 定年の概要 (農地及び農用施設)

平成7年6月8日現在 (第9次調査まで)

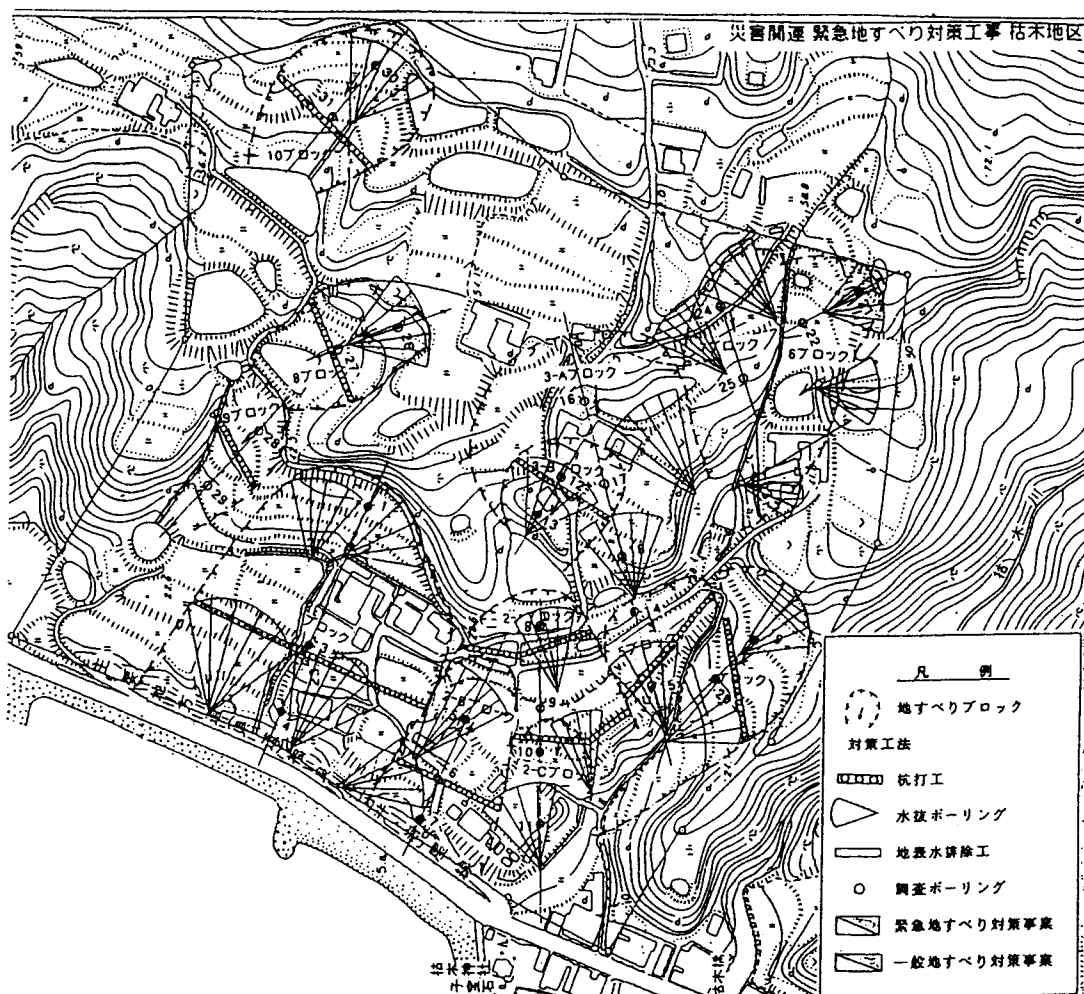
(単位: 千円)

市町村名 (市町村)		農 地						農 用 施 設						合 計						農 地						農 用 施 設						合 計						定年率
		箇所	金額	箇所	金額	箇所	金額	箇所	金額	箇所	金額	箇所	金額	箇所	金額	箇所	金額	箇所	金額	箇所	金額	箇所	金額	箇所	金額	箇所	金額	箇所	金額	箇所	金額							
神戸市	神戸市	41	61,000	413	2,042,000	454	2,103,000	1	1,039	111	1,049,762	112	1,050,801	1	794	110	871,474	111	872,268	63.0%																		
	西宮市	33	340,000			33	340,000			1	8,635		8,635			1	7,323	1	7,323	84.8%																		
	宝塚市	17	793,000	1	0.2	12,000	17	793,000			8	243,670	8	243,670			8	215,528	8	215,528	87.6%																	
	川西市	2	10,000			2	10,000																															
	三田市	33	262,000			33	262,000			8	62,040	8	62,040			8	59,769	8	59,769	96.1%																		
三木市	三木市	42	73,000	497	3,435,000	539	3,506,000	1	1,039	128	1,364,107	129	1,365,146	1	794	127	1,152,091	128	1,152,086	84.5%																		
	姫路市	45	1,707,000	3	0.2	2,000	48	1,709,000			37	1,656,186	38	1,656,742	2	1,019	37	1,397,762	39	1,398,781	84.4%																	
	三木市	140	989,000	15	2.8	28,000	155	991,000	13	20,660	15	296,169	15	296,169			15	251,351	15	251,351	84.3%																	
	高砂市	6	77,000			6	77,000			62	845,480	78	866,140	12	17,598	65	715,672	77	733,270	84.7%																		
	香川町	35	139,000	115	298,000	150	437,000	13	20,660	4	59,859	4	59,859			4	56,142	4	56,142	93.8%																		
福永町	福永町	27	159,000			27	159,000			9	123,249	9	123,249	13	35,965	15	109,660	28	145,515	87.3%																		
	三木市	53	169,000	364	3,626,000	417	3,795,000	27	60,806	145	3,106,504	172	3,170,410	27	54,572	145	2,622,487	172	2,678,058	84.5%																		
	三木市	4	180,000			4	180,000			2	164,888	2	164,888			2	155,573	2	155,573	84.3%																		
	小野市	4	10,000	38	1,215,000	42	1,225,000	5	9,373	27	1,214,636	32	1,224,009	5	7,820	27	1,042,776	32	1,050,596	85.8%																		
	加西市	5	8,000	24	472,000	29	480,000			15	425,752	15	425,752			15	373,846	15	373,846	87.8%																		
三木市	三木市	4	150,000			4	150,000			3	144,190	3	144,190			3	123,790	3	123,790	85.8%																		
	三木市	1	2,000			1	2,000			2	35,545	2	35,545			2	34,685	2	35,125	97.3%																		
	東条町	2	1,000	5	41,000	7	42,000	1	566	3	83,626	4	86,012	1	450	3	82,336	4	83,032	96.5%																		
	中 町	2	3,000	5	101,000	7	104,000	1	2,306	2	32,550	2	34,445	1	476	2	32,060	2	32,564	97.4%																		
	福永町	2	1,000	2	40,000	4	41,000	1	885	1	32,550	1	32,550			1	32,060	1	32,564	97.4%																		
加東市	加東市	15	23,000	83	2,201,000	98	2,224,000	8	13,220	52	2,101,288	61	2,114,500	8	8,202	53	1,845,154	61	1,854,356	87.7%																		
	三木市	1	1,000	3	60,000	4	61,000			1	14,379	1	14,379			1	14,299	1	14,299	99.4%																		
	三木市	1	1,000	5	80,000	6	81,000			2	50,755	2	50,755			2	50,526	2	50,526	99.5%																		
	赤松市	5	100,000			5	100,000			3	85,134	3	85,134			3	84,825	3	84,825	99.5%																		
	新井町	2	50,000	2	50,000	2	50,000			3	71,712	3	71,712			3	70,192	3	70,192	97.9%																		
三木市	三木市	1	1,000	1	1,000	1	1,000			1	40,317	1	40,317			1	38,149	1	38,149	94.6%																		
	三木市	1	1,000			1	1,000																															
	三木市	8	152,000			8	152,000			4	112,029	4	112,029																									
	三木市	52	70,000	78	240,000	130	310,000	34	65,468	61	201,790	95	267,258	34	57,706	60	180,241	4	198,341	96.5%																		
	三木市	120	180,000	325	2,182,000	445	2,362,000	109	167,461	279	2,016,178	308	2,183,639	109	155,161	276	1,602,940	305	1,758,101	90.5%																		
加東市	加東市	32	57,000	38	154,000	70	211,000	22	39,705	27	136,286	49	177,991	22	34,530	26	132,881	48	167,420	94.0%																		
	三木市	585	666,000	618	5,537,000	1,203	6,198,000	230	526,572	451	5,525,794	581	5,062,366	230	484,551	451	3,834,433	581	4,418,984	91.3%																		
	三木市	295	325,000	327	3,250,000	427	3,580,000	110	330,047	189	2,046,747	359	2,138,794	166	298,652	190	926,636	261	2,233,320	87.9%																		
	三木市	4	50,000	12	303,000	170	352,000	5	9,014	40	199,581	46	206,605	4	5,311	40	181,022	46	187,333	90.7%																		
	三木市	116	170,000	250	1,189,000	366	1,359,000	84	130,991	203	619,184	287	1,150,173	84	114,412	203	858,165	287	1,008,646	87.7%																		
三木市	三木市	3	5,000	15	76,000	18	101,000	2	1,809	11	45,943	13	47,752			11	40,818	13	47,752	97.7%																		
	三木市	30	20,000	92	937,000	122	967,000	5	14,648	63	894,815	68	909,462	5	12,308	63	760,407	68	772,435	84.9%																		
	三木市	22	39,000	29	97,000	51	136,000	4	14,341	11	54,835	15	69,176	4	13,371	11	50,856	15	64,327	93.3%																		
	三木市	7	5,000	11	53,000	16	58,000	1	1,113	5	47,859	6	48,972	1	733	5	30,092	6	30,825	81.3%																		
	三木市	1	1,120	1,587,000	1,769	13,018,000	3,960	14,015,000	667	1,299,169	1,340	11,203,012	2,007	12,502,181	663	1,177,416	1,336	9,758,261	1,999	10,935,660	87.3%																	
合計	36	1,331	1,063,000	2,718	22,512,000	4,040	24,375,000	703	1,374,334	1,673	17,955,074	2,376	19,329,408	699	1,242,164	1,668	15,552,162	2,367	16,794,326	86.9%																		

表 4 - 3

災害関連緊急地すべり防止工事（等）実施計画概要書

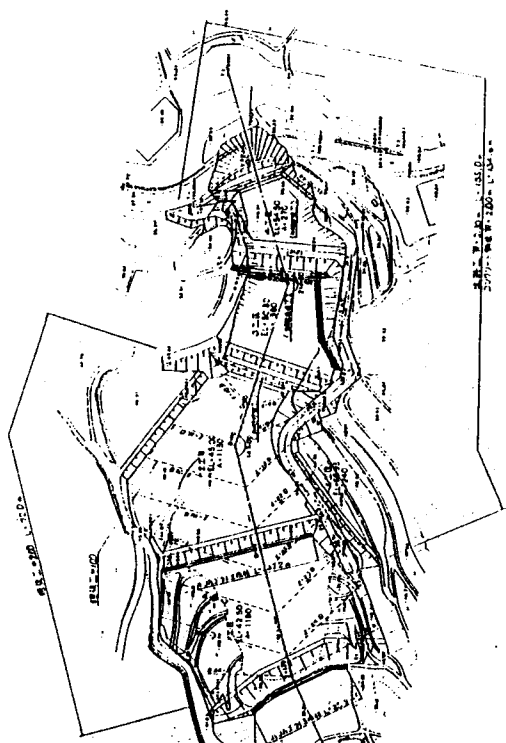
地域番号		指定年月日	平成 年 月 日	基本計画提出年度	平成 年度	地区名	粘 木	区分記号		
所在地	兵庫県津名郡一宮町粘木					地すべりの種類				
水系名	チョウベンダ川					地すべりの種類				
地域区分	耕 地 (ha)					山林 (ha)	採草放牧地 (ha)	宅 地 (ha)	その他 (ha)	合 計 (ha)
	田	普通畑	樹園地	計						
	5.75	0.23	0.20	6.18	1.12		0.97	3.27	11.54	
	地域外被害想定面積								0.21	0.49
	上記の内災害関連緊急地すべりに係るもの								0.64	3.65
現 状	農 家 数	専 業 第一種兼業 第二種兼業			計		備 考			
	農 家 数	2 戸			8 戸		10 戸			
	農 家 数	経営耕地面積 (ha)			農 家 所 得		所得率		備 考	
	田	畑	計	農業所得	農外所得	農家所得計	所得率			
	0.5	0.1	0.6	350円	4,500円	4,850円	7.2 %			
被害状況	地すべりによる被害					その他の被害				
	全被害地域	被害面積	被害額 (千円)	農 地	農業用施設	作 物	家 屋	公共施設	そ の 他	計
	被害面積	被害額 (千円)	7,164	ため池1ヶ所	水路 20m			町道300m		
	被害面積	被害額 (千円)	7,164	ため池13ヶ所	水路 300m	農道100m	5.75ha	9戸	町道150m	町道740m
	被害面積	被害額 (千円)	7,164	ため池13ヶ所	水路 300m	農道100m	5.75ha	9戸	町道150m	町道740m
地すべり状況	起因となった天然現象									
	平成7年1月17日の兵庫県南部地震及び平成7年2月18日の余震									
	規模移動状況									
	幅120-60m 長さ140-50m 深さ4-6m 5ブロック									
	経 過									
地すべり状況	平成7年1月17日の兵庫県南部地震で地すべり兆候が現れ、同年2月18日の余震で地すべりが発生した。									
	地 質									
	新第3紀鮮新統、大阪層群									
	水利状況									
	地すべり地内の農地は地区内の農業用ため池により土水路を利用し、養われている。また背後地より浸透する地下水が多く、地下水位が高い。特に降雨時には地すべり面に過剰間隙水圧が作用し、地すべり活動を促している。									
地すべり機構	過去の地すべり記録									
	明確な記録はないが、地すべり地形が明瞭であり、過去に地すべりが発生していたことは明らかである。									
	地すべり機構									
	旧地すべり地形は溪流および海岸地形に沿って発生しており、地すべり地の山地側には地下水を供給しやすい花崗岩が分布していることから、すべり面に大量の地下水が間隙水圧として作用している。また、地層はすべり面を形成しやすい粘土層が流れ盤状に分布する。これらの要因を有する地すべり地に地震力が作用することにより発生したものと判断される。									
	地すべり粘土の性質									
大阪層群の粘土層は風化を受けやすく、軟質な粘土となっておりすべり面を形成しやすい。										
計画概要	地下水排除工により地すべりブロック内の地下水位を低下させ、杭打工で直接地すべりを抑止する。また、地表水を地すべり地内から速やかに排除するため地表水排除工を計画する。									
	計画概要	全 体								備 考
	種 類	工 種	規 模	構 造	等	数 量	事 業 費	数 量	事 業 費	
	本工事費	杭 打 工	406.4-216.3			360本	269,475円	237本	194,911円	
	地下水排除工	水抜ボーリング				22ヶ所	69,470	11ヶ所	31,137	
地表水排除工	U-240-現打1m×1m				595m	15,366	265m	4,083		
防 止 計 画	小 計					381,311			230,131	
	測量試験費	調査ボーリング、パイロットボーリング				1 式	39,958	1 式	24,548	
	工事雑費					1 式	421,269		254,679	
	計 算					1 式	8,731	1 式	4,045	
	事務費						430,000		258,724	
関連事業計画概要	合 計						455,800		274,246	
	関連事業計画概要									
	他事業関連									
	添付図面	計画平面図 地すべり機構図（横断面図） 被害区域図 写真								



防止工・調査工 規格・数量一覧表（緊急地すべり事業分）

ブロック名	防 止 工 規 格・数 量			
	杭 打 工	水抜きボーリング (φ66)	承排水路工	調査工 (φ66オールコア)
1	φ406.4×12.0(SKK490)+H250(SS490) ②=2.0m, ℓ=13.0m 61本 1測線 61本 Σℓ=793.0m	50m×6本×2箇所=600m 40m×5本×2箇所=400m 22本 4箇所 1,000m	U-300 95m U-500 90m	調査孔 ℓ=10.0m×4孔=40.0m A(a)1孔 ℓ=10.0m×6孔=60.0m 10孔 Σℓ=100.0m
2	上段(2A)φ355.6×6.4(SKK490) ②=1.9m, ℓ=12.0m 41本 L=492.0m 中段(2C)φ355.6×6.4(SKK490) ②=1.9m, ℓ=12.0m 34本 L=408.0m 下段(2B)φ318.5×10.3(SKK490) ②=1.9m, ℓ=12.0m 32本 L=384.0m 3測線 95本 Σℓ=1284.0m	2A 40m×5本×1箇所=200m 2B上段50m×6本×1箇所=300m 下段40m×5本×1箇所=200m 2ブロック全体(A、Bを除く) 40m×5本×2箇所=400m 5測線 26本 Σℓ=1100m	U-240 80m	調査孔 ℓ=10.0m×7孔=70.0m A(a)1孔 ℓ=10.0m×10孔=100.00 17孔 Σℓ=170.0m
3B	φ216.3×8.2(STK490) ②=1.7m, ℓ=9.0m 34本 1測線 34本 Σℓ=306.0m	40m×5本×1箇所 Σℓ=200m	—	調査孔 ℓ=10.0m×2孔=20.0m A(a)1孔 ℓ=10.0m×3孔=30.0m 5孔 Σℓ=50.0m
4				調査孔 ℓ=10.0m×2孔=20.0m A(a)1孔 ℓ=10.0m×3孔=30.0m 5孔 Σℓ=50.0m
5	φ216.3×8.2(STK490) ②=2.0m, ℓ=9.0m 35本 1測線 35本 Σℓ=315.0m	40m×5本×1箇所 Σℓ=200m	—	調査孔 ℓ=10.0m×2孔=20.0m A(a)1孔 ℓ=10.0m×3孔=30.0m 5孔 Σℓ=60.0m
合 計	6測線 237本 Σℓ=2698 m	58本 11箇所 2100m	U-240 80m U-300 95m U-500 90m	42孔 Σℓ=420.0m

図 4 - 1 災害関連緊急地すべり対策事業 枯木地区 概要図



(1) 高寺地区 (高寺町)

高寺地区 (高寺町)

高寺地区 (高寺町)

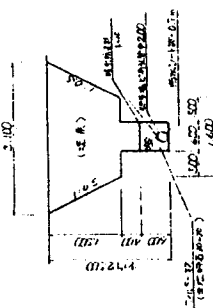
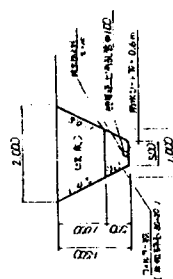


图 4-2 高寺地区 (高寺町)

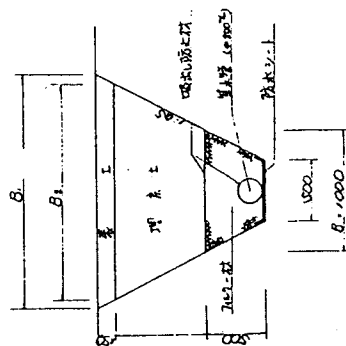
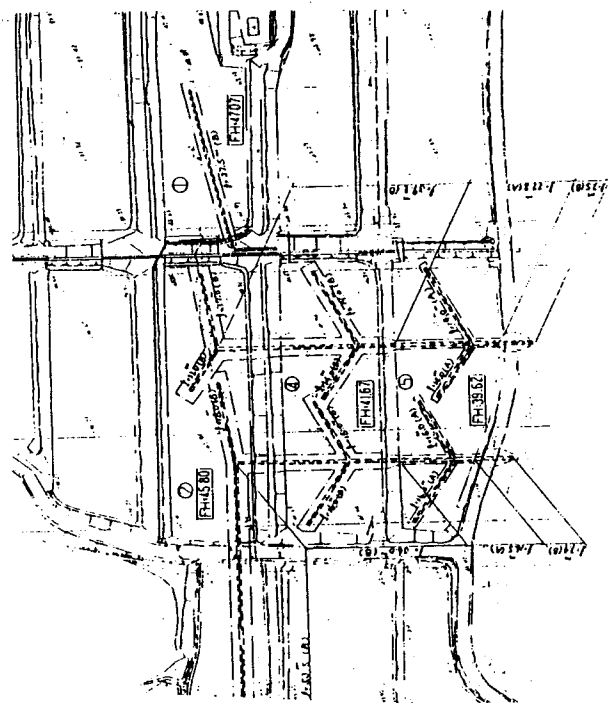


图 4-3 高寺地区 (高寺町)

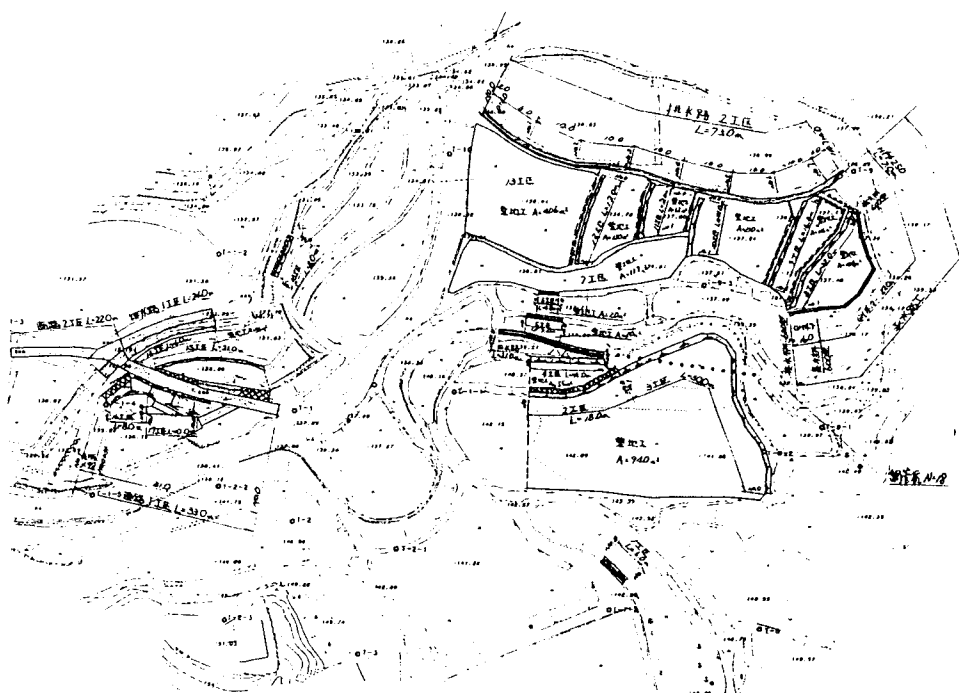


图 4-4-1 生田田尻地区 (北浜町)

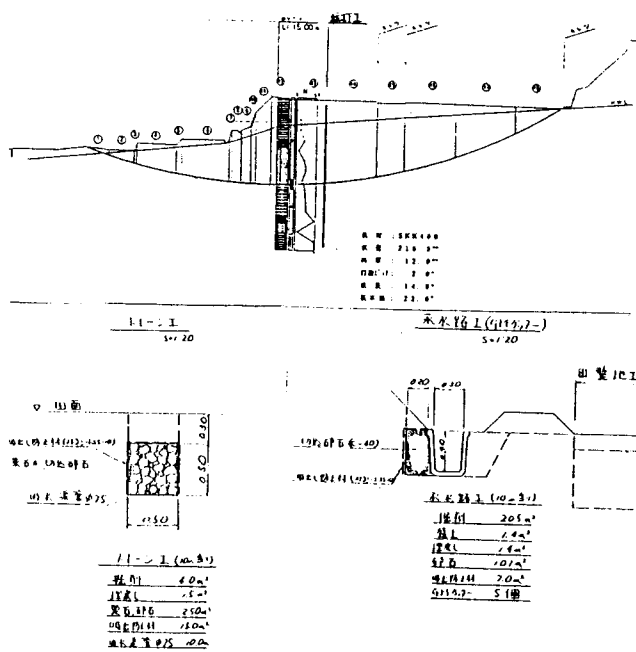


图 4-4-2 生田田尻地区 (北浜町)

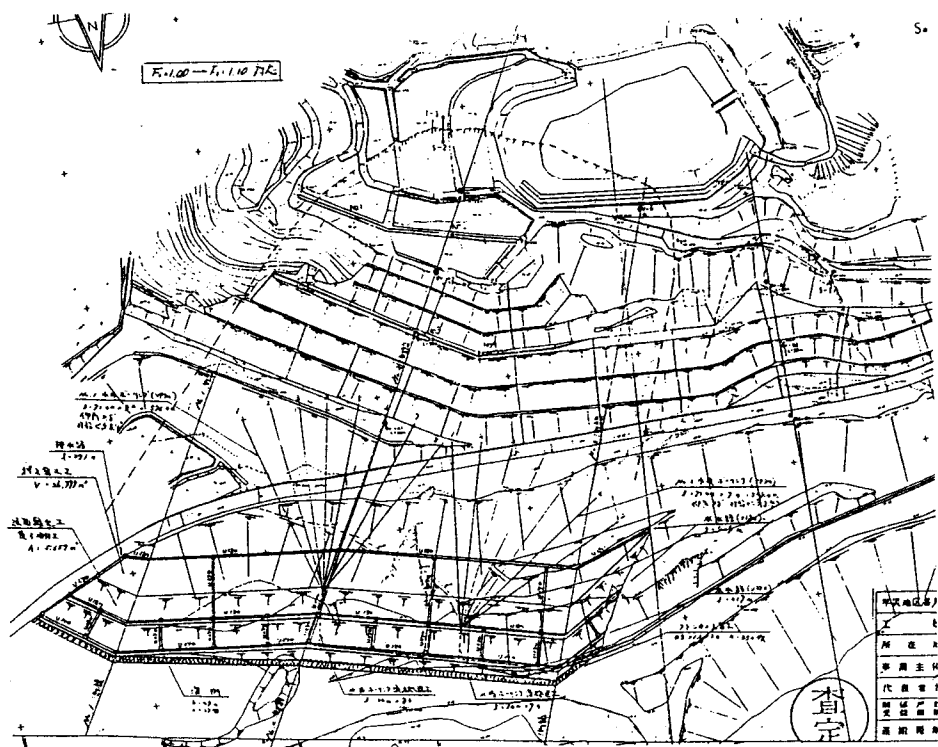


图 4-6-1 石田地区 (北浜町)

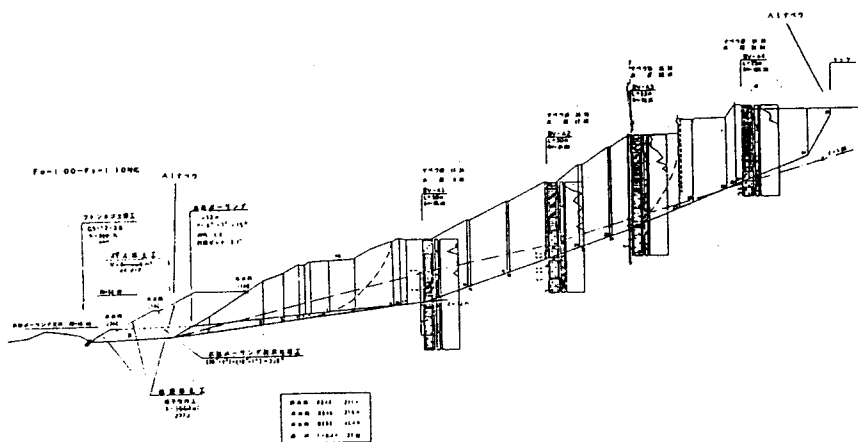


图 4-6-2 石田地区 (北浜町)

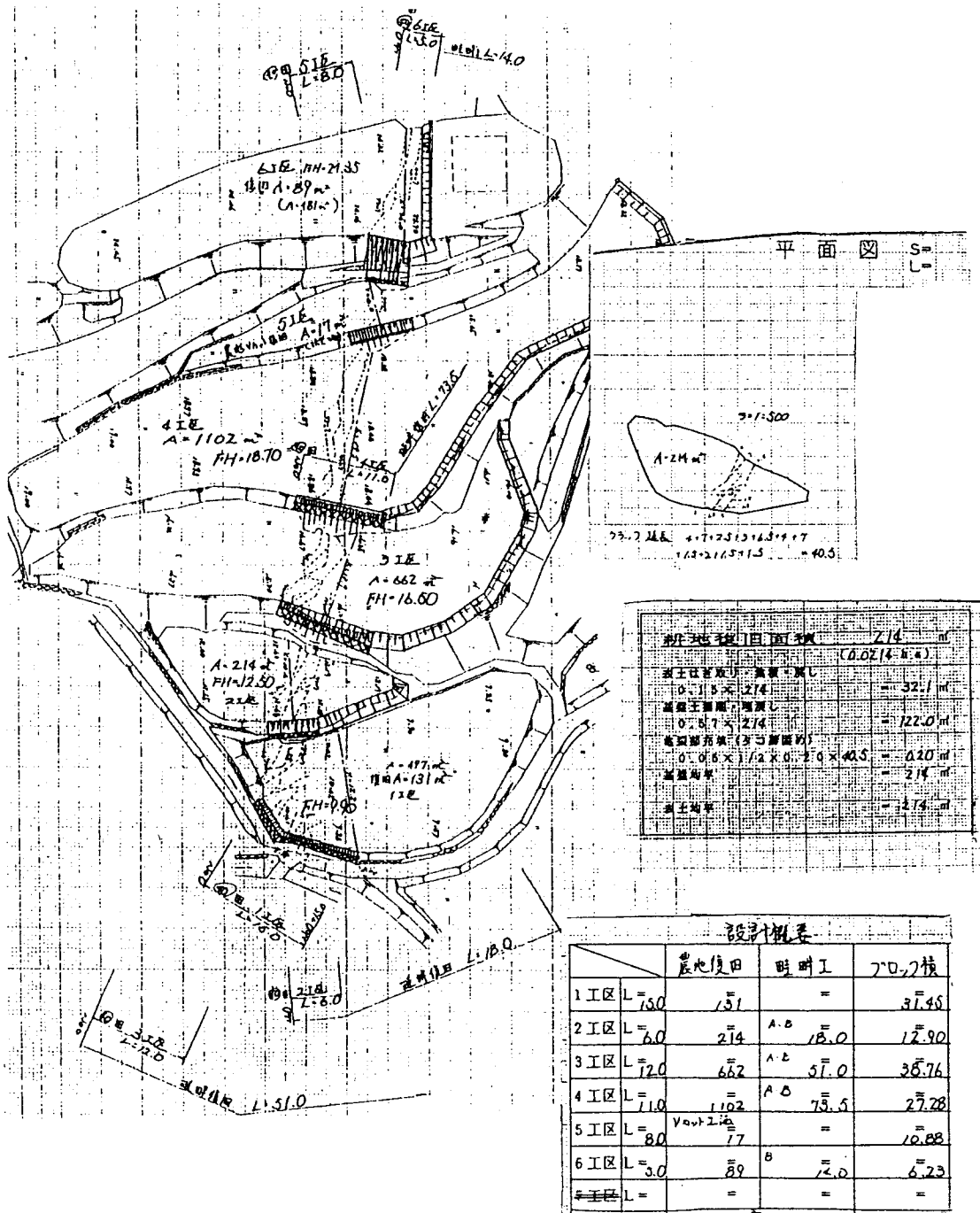


図 4 - 7 農地復旧例 (北淡町野島)

おわりに

復旧は、被害の大きいため池の応急工事を中心に行われ、平成7年の作付けに支障のないように努めてきました。

本工事については、平成8年度の作付けに支障のないよう全力で取り組んでおり、執行体制強化のために3府県から職員を派遣いただき（県下では計6府県）早期復旧に向けて努力しているところです。

今回の地震災害は、通常の水害と異なり、災害に対する復旧計画や工法等多くの課題がありました。

この災害により多くの人命と財産が失われましたが、また得るべきものもあったと思います。私自身この教訓を生かし、土地改良事業を通じ災害に強い都市・町づくり，農村づくりのために一県民として努力していきたいと思っています。

農地保全研究集会 第16回研究集会資料

農地保全の研究 第16号

1995年9月7日

編集・発行者 農業土木学会農地保全研究部会

〒783 高知県南国市物部 乙200

高知大学農学部 生産環境工学科

TEL 0888-64-5170 FAX 0888-64-5170
