

主要災害調査 第13号

1976年台風第17号による兵庫県  
一宮町福知抜山地すべり，およ  
び香川県小豆島の災害調査報告

昭和52年3月

科学技術庁

国立防災科学技術センター

## 調査および観測一覧

| 調査地区                                     | 調査期間                                 |
|--|--------------------------------------|
| 1. 兵庫県宍粟郡一宮町福知抜山.                        | 昭和51年10月4日～5日                        |
| 2. 香川県小豆郡池田町, 内海町, 土庄町<br>概況調査<br>崩壊土層調査 | 昭和51年10月6日～9日<br><br>昭和51年12月14日～17日 |

# 1976年台風第17号による兵庫県一宮町福知抜山地すべり，および香川県小豆島の災害調査報告

大八木規夫\*・寺島治男\*\*・森脇 寛\*\*

## 目 次

|                                       |    |
|---------------------------------------|----|
| はしがき .....                            | 3  |
| I 兵庫県宍粟郡一宮町福知抜山地すべりの災害 .....          | 4  |
| 1. 位 置 .....                          | 4  |
| 2. 降雨状況 .....                         | 5  |
| 3. 抜山地すべりの構造的特徴 .....                 | 6  |
| 4. 災害の状況 .....                        | 10 |
| あとがき .....                            | 11 |
| II 台風17号による香川県小豆島の災害 .....            | 13 |
| 1. まえがき .....                         | 13 |
| 2. 災害地の位置 .....                       | 13 |
| 3. 地質地形について .....                     | 14 |
| 4. 気象概況 .....                         | 14 |
| 5. 被害の概要 .....                        | 15 |
| 6. 災害の考察 .....                        | 15 |
| 7. あとがき .....                         | 19 |
| III 小豆島における崩壊土層の物理特性について .....        | 21 |
| 1. はじめに .....                         | 21 |
| 2. 調査，試験方法および結果 .....                 | 21 |
| 参照資料および文献 .....                       | 22 |
| 表・図・写真集 .....                         | 25 |
| 表1 台風第17号の影響による全国の被害状況 .....          | 25 |
| 2 昭和51年9月兵庫県宍粟郡一宮町福知抜山地すべりによる被害 ..... | 26 |
| 3 地質層序 .....                          | 27 |

|    |                           |    |
|----|---------------------------|----|
| 4  | 被害の概況                     | 27 |
| 5  | 土石流による被害                  | 28 |
| 6  | がけくずれによる被害                | 28 |
| 7  | 土石流の各域の平均勾配               | 28 |
| 8  | 注意報, 警報の発令時の状況            | 29 |
| 図1 | 近畿地方以西の雨量分布               | 30 |
| 2  | 兵庫県下の総降水量分布図              | 31 |
| 3  | 一宮, 生野の降水状況               | 31 |
| 4  | 抜山地すべり平面図                 | 32 |
| 5  | 抜山地すべりの変動概念図              | 33 |
| 6  | 抜山地すべりの断面図                | 35 |
| 7  | 一宮町西深・福知周辺の地すべり性地形と円錐状堆積地 | 34 |
| 8  | 位置図                       | 37 |
| 9  | 地質断面図                     | 38 |
| 10 | 表層地質図                     | 38 |
| 11 | 総雨量                       | 39 |
| 12 | 最大日雨量                     | 39 |
| 13 | 最大時間雨量                    | 40 |
| 14 | 降雨状況(蒲野雨量観測所)             | 41 |
| 15 | 降雨状況(内海ダム雨量観測所)           | 42 |
| 16 | 積算雨量                      | 43 |
| 17 | 累加雨量                      | 44 |
| 18 | 土石流発生時から発生前の雨量状況          | 44 |
| 19 | 崩壊, 土石流発生状況               | 45 |
| 20 | 土石流の形態模式図                 | 46 |
| 21 | 竹生川, 竹生東条川, 西条西川, 西条東川の流域 | 46 |
| 22 | 石場南川                      | 47 |
| 23 | 谷尻流域                      | 47 |
| 24 | コーン支持力と深さとの関係             | 48 |
| 25 | コーン支持力と深さとの関係             | 48 |
| 26 | コーン支持力と深さとの関係             | 48 |
| 27 | コーン支持力と深さとの関係             | 49 |
| 28 | コーン支持力と深さとの関係             | 49 |
| 29 | コーン支持力と深さとの関係             | 49 |

|         |                       |    |
|---------|-----------------------|----|
| 30      | コーン支持力と深さとの関係         | 50 |
| 31      | 密度と透水係数との関係           | 50 |
| 32      | 密度とコーン支持力との関係         | 50 |
| 写真 1~17 | 昭和51年9月13日抜山地すべりの連続写真 | 51 |
| 18      | 昭和51年春の抜山地区           | 56 |
| 19      | 災害前の空中写真              | 57 |
| 20      | 災害直後の空中写真             | 58 |
| 21      | 抜山地すべり全景              | 59 |
| 22      | 抜山地すべり全景              | 59 |
| 23      | 脚部付近から滑落崖をのぞむ         | 60 |
| 24      | 滑落崖上部からみた抜山地すべり       | 60 |
| 25      | 押し流された下三方小学校の校舎       | 61 |
| 26      | 竹生地区全景                | 62 |
| 27      | 竹生東条川崩壊地              | 62 |
| 28      | 土石流災害(石場地区)           | 63 |
| 29      | 土石流流送域(谷尻地区)          | 63 |
| 30      | 崩壊群(蒲地区)              | 64 |
| 31      | 土石流災害(岩ヶ谷川)           | 64 |
| 32      | 砂防ダムの満砂状態             | 65 |
| 33      | 海蝕崖の崩壊                | 65 |
| 34      | 貯水池への土砂流出             | 66 |
| 35      | 貯水池の破堤                | 66 |
| 36      | 池田大川下流のはん濫            | 67 |

## はしがき

1976年の台風17号は9月4日15時北緯10.0度、東緯148.4度で発生し、9日12時には那覇東方120Kmの海上に進み、10日09時には名瀬北西60Kmに達し、その後次第に速度をおとし11日09時頃鹿児島南々西200Kmの海上で停滞、一時南下して12日09時頃から再び北進13日01時40分頃長崎付近に上陸した。台風は玄海灘を経て14日06時には日本海北部で温帯低気圧となった。

台風の勢力は7日21時頃にピーク\*を示し、日本列島に影響を与えはじめた8日頃から

\* 中心気圧 920mb, 中心の最大風速  $55\text{m/s}$ ,  $15\text{m/s}$  以上の強風域は半径 600 Km.

はやや弱まったものの、台風が鹿児島南西海上に長時間停滞したことと、北海道付近から日本列島を縦断する形で停滞した寒冷前線との相互作用によって関東以西の各地に多量の降雨をもたらした。全国の被害状況は表1に示した。そのうち山崖くずれ4,055か所の3/4は近畿以西に発生しており、とくに四国香川県は発生密度が著しく高く、とりわけ小豆島では最大総降水量1,328mm(8日00時~14日24時)に達し、山崖くずれのみならず土石流、洪水なども著しく、文字通りの激甚災害が発生した。徳島県下では那賀川上流域で、総降水量2,781mm(日早,8日00時~14日24時)に達しており、県中西部の山地荒廃は著しかった。高知県下では鏡川の氾濫による高知市内の浸水、仁淀川の氾濫があった。兵庫県下では相生地方、家島諸島を中心に崩壊、浸水などが発生、中部の宍粟郡一宮町では土量約100万 $m^3$ に達する大地すべりが発生した。

筆者らは兵庫県宍粟郡一宮町福知抜山地区と香川県小豆郡すなわち小豆島を現地調査する機会をえたのでその結果を以下に報告する。

## I 兵庫県宍粟郡一宮町福知抜山地すべりの災害

### 1. 位 置

抜山地すべりは兵庫県の中西部を南北に流れる揖保川上流部左岸に位置している。同川の中流域から上流域は壮年期的な急峻な山地である。しかし、当地区の東方には小起伏面的緩斜面が存在している。縮尺1/50万第四紀地殻変動図近畿(藤田,1974)によると、当地区の南方にはWNW-ESEに走る山崎断層(活断層)があり、その付近にはこれと平行および共役のリニアメントが認められており、微小地震も集中している。しかし、当地区にはリニアメントも書かれておらず、また微小地震もほとんど記録されていない。したがって、少なくともネオテクトニクスに関していえば、当地区は安定した地域であるということになる。宍粟郡<sup>\*</sup>一宮町一帯にもフォト・リニアメントはかなりみられ、とくにNW-SE, NE-SW方向のものが多い。しかし、新しい断層は少ないようである。当地域は地質構造上ENE-WSWに走る舞鶴帯の南側に隣接し、白亜紀から古第三紀にかけて噴出・貫入した火山岩類および深成岩類の地帯に位置している。抜山地区付近はこれらの地質からなり、後述のようにNW-SE, NE-SW方向の断層、リニアメント、節理などの断裂系が発達している。また当地区の東方には生野鉱山があり、当地区付近までかつて熱水作用があったかどうかの問題も無視できない。

---

\* 兵庫県には他に淡路島の津名郡にも一宮町がある。しかし、以下の文中に津名郡に関する記述はしないので郡名を省略する場合もある。

兵庫県災害誌(1954)を通覧すると宍粟郡は兵庫県下では災害の比較的少ない所であったと思われる。先に微小地震の少ないことは指摘したが、大地震の発生もみられない。山崩れとしては昭和15年3月奥谷村(家屋崩壊2戸, 圧死3名), 昭和16年10月山崎町(家屋崩壊3戸)の記載がされているのみである。昭和22年米軍撮影空中写真(1/4万)や昭和46年国土院撮影空中写真(1/4万)なども新しい崩壊・土石流跡はほとんどみられない。しかし、兵庫県災害誌には、揖保川の洪水の記録はしばしばあり、この地方では揖保川の洪水が防災最大の関心事であったわけである。

## 2. 降雨状況

昭和51年の台風17号は四国・山陽・近畿・中部地方などに大量の降雨をもたらし、各地に多大の被害を生じた。神戸海洋気象台による9月8日から13日までの総降水量分布図(図2)によれば、兵庫県下で総降水量の最大値は家島群島付近で1,000mm以上に達しており、同群島から相生付近にかけて700mmの等高線がかかっている。県中央部の一宮町北東方に位置する生野では839mmが記録されており700mmの閉じた等高線は一宮方向へ伸びている。当一宮町福知の抜山地区は一宮, 生野および千種の三観測点の間に入り、600mm等高線の内側に位置している。図3は抜山地区に最も近い(約8km南)一宮および生野(約18km東)地域気象観測所の9月8日から13日における3時間降水量, および積算降水量である。まずこの図によって理解できることは、抜山地すべりの第1次の小slump(後述)発生前9時間には降雨が全くなく、また第2次の変動, すなわち主slump発生前12時間にもほとんど降雨がなかったことである。一宮地区では8日から13日までの総降雨量は717mmに達するが3時間降水量の最大値は41mmまた1時間降水量の最大値は19mmと穏やかな降雨の特性を示しており、表層の斜面崩壊が一宮地区ではほとんど発生していないことはこのような降雨特性から理解できる。一宮と生野における著しい違いは生野において10日12時-18時に著しい降雨があったことでそのあと、11日15時-21時にも一宮の降水量をかなり上まわる期間があり生野では一宮より総計222mmも上まわっている。抜山地区の降雨特性降水量は厳密にはわからないが、これらの地区の示す値の間の値をもつか、これから著しくは離れない値をもったと推定される。とすれば、抜山地すべりを発生させた引金は8日から12日まで降り続いた降雨に関連するものと考えられる。この期間のうち日降雨量の最大はともに10日であり、一宮では217mm, 生野では353mmを記録している。このあと日降雨量は次第に減少している。この極大値(10日)が直接抜山地すべりに関係したとすれば日降雨量のピークから地すべり発生までに3日間の遅延があり、12日中の降雨まですべて関係したとすれば約半日の遅延があったことになる。この遅延は抜山地すべりの後背山地における降雨の一部が地下に浸透し、地すべり地に供給され一種の間隙水

圧の上昇が必要圧に達する時間を示すと考えることができる。

### 3. 抜山地すべりの構造的特徴

#### 3. 1 地 質

抜山地区の地質は兵庫県地質図によると揖保川左岸側では北東側に生野層群の中・酸性火山岩類、南側に石英閃緑岩、揖保川右岸側では北西側に古生代二疊紀の舞鶴層群が分布している。抜山地すべり地の滑落崖、側方滑落崖などで観察される地質は(図4)北側に生野層群に属する火山岩類と石英閃緑岩とからなる。生野層群すなわち火山岩類は、安山岩、流紋岩、これらと同質の凝灰岩、凝灰角礫岩からなる。火山岩類の内部の単層区分、走向・傾斜などは確認できなかった。本岩類中には主として3方向の節理系が認められた。1) 走向: NW-S E, 傾斜:  $70^{\circ} \pm N$ , 2) 走向: NW-S E, 傾斜:  $30 \sim 40^{\circ} S$ , 3) 走向: NE-SW, 傾斜:  $90 \sim 70^{\circ} S$  4) 走向: N-S, 傾斜:  $30 \sim 40^{\circ} W$ 。これらの節理系およびその他の裂かにより、本岩は大小種々の大きさの礫になりやすい状態にある。滑落崖下部の火山岩類分布範囲に断層破砕帯がみられた。その走向は概ねNW-S E, 傾斜は $30^{\circ} S$ で破砕帯の厚さは確認されなかったが、2m士と見積もられる。抜山地すべりあとの西南側に露出した石英閃緑岩は著しく風化しておりIII a~III b(大八木, 1968)の風化程度を示していた。本岩分布範囲には斜面にとどまった小slumpが3箇所認められた。本岩と火山岩類との関係は当斜面内の露頭では確認されなかった。

同心円状亀裂の発達している領域を背後にもつ部分(図4のQAB)では厚さ10mに達する土層があり上部には赤褐色の土層が認められた。またN点の西側では、以前の地すべり変動に関係したと思われる変形した粘土の薄層が認められた。I点北側の現在の急斜面には、火山岩類の小角礫を主とし、北東へ $40 \sim 50^{\circ}$ で傾斜し弱い成層を示した崖錐性堆積物が今回移動した堆積物の下に認められた。この付近は災害前の写真で崖のみられる所であり、今回の大地すべりの脚部直下の一部にあたる。

#### 3. 2 すべり面

当地すべりのすべり面は火山岩類および石英閃緑岩(風化の著しい部分も含め)を切っているか、あるいは、それらの上に乗っていたと推定される岩屑層の中だけを切っていたか、あるいは両者の境界を切っていたかは確証はない。しかし、滑落崖に露出した新鮮な火山岩類とその中にみられる斜面にほぼ平行な破砕帯の存在などから、すべり面はかなりの深さで火山岩類を切ったと推定される。初期の主slump(後述)におけるすべり面と旧地表面との交線すなわち脚部の推定位置を図6aに示した。



### 3. 3 押し流下した物質

泥流（後述）として記載した流下物は火山岩類の大小さまざまな角礫，砂，粘土からなる。角礫の割合は30～数10%であろう。したがって，泥流と記述したが正しくは「礫砂泥流」とすべきであろう。ただし，このような用語は使用されていない。

今回の変動の初期に主部は回転すべり（後述の主 slump）を示していたことから，滑動域の物質は全体として弾性的性質を示していたとみられる。これに関しては火山岩類・石英閃緑岩など基岩部分が参加しているためかもしれない。後に述べる泥流1～3の流下状況は高含水比のためかなり速い流れであり，泥流4はゆるやかな動きを示していた。いずれにしても，これらの移動状況からは粘性流的性質が示めされている。また，災害後の緊急治山事業の一環として行われていた床掘り現場では，パワーショベルで次々に積み上げられた土（上述の泥流の物質とほぼ同様の構成）は粘弾性的性質を示している。

### 3. 4 規 模

滑動・削剝域。奥行最大250m，平均220m，ただし，背後の亀裂部分まで入れると最大320mとなる。ここで，奥行は初期回転方向に平行で中央を通るI-I'断面にとった。巾最大250m，平均200m。ただし，巾はI-I'断面に垂直にとった。深さ最大32m。平均深さ20mと推定。体積 $88 \times 10^4 m^3$ 。

押し・堆積域。間口最大600m，平均450mただし揖保川に平行にとった。奥行最大440m平均330m，ただし間口は上に垂直方向にとった。I-I'断面上における冠頂と脚部の落差68m，この間の平均傾斜 $19^\circ$

変動域全域。長さ600m，巾600m..冠頂と尖端の比高135m，この間の平均傾斜 $13^\circ$ 。

### 3. 5 運動形態

一宮町建設課の稲田信明氏が撮影した17コマの写真はこの抜山地すべりの運動形態を理解する上できわめて貴重な資料である。

写真1. 8時55分。写真の中央やや左よりに小規模の slump（小 slump 1と呼ぶ）が発生しており，この下方は泥流状（泥流1と呼ぶ）になっている。この小すべりは，後に論ずるようにこれより上部の大規模なすべりにおける脚部（foot）の一部にあっている。石田（1976）によるとこの泥流1によって田路氏宅は9月13日午前6時50分頃に埋没し6人が生埋めになったが7時10分頃に3人が救出された。残る3名の救出作業が継続されるとともに，地区民の約200人は前方の下三方小学校に避難した。8時55分頃抜山で鳴動がはじまった。この写真の slump の“滑落崖”の向って右側に，ごくわずかに樹木の欠けた部分がみられる。このとき，この部分では樹木が倒れはじめたとおもわれる。

写真2. 午前9時05分. 先の写真は揖保川左岸の堤防ぞいの道路上から撮られたものであるが、この写真は右岸側(抜山の対岸)斜面から撮られたものである。小 slump 1は下部からさらに泥流状に流下している。

写真3. 午前9時20分. 写真1でわずかに倒木のみられた部分にさらに第2のすべりが発生した。また、その向って右側にかなり広範囲にわたって杉林に倒木がはじまっているのがわかる。小 slump 1の向って左側(右岸側)に側方すべりの形でさらに小さい slump が発生している。また、前の小 slump 1は形がくずれてかなり泥流化してしまった。

写真4. 午前9時21分. 第1, および第3のすべりはるか背後に地はだの見えはじめた部分が現われている。これらは、後続の写真で次第にその輪郭をあきらかにする滑落崖のはじまりである。写真4を左に写真3を右に置いて“実体視”すると、撮影地点が同一地点だから不動域の部分は立体にならず平面的にしかみえない、しかし、斜面中央部に立体的に見える部分がある。これは変動域であり、わずか1分間でもかなり移動していることがわかる。この“実体視モデル”を詳細にみると、第2のすべりと第3のすべりの中間の一見乱れていない杉林にわずかながら変動が認められる。また今回の抜山地すべりの脚部の下限(平面的)は写真左側の水田の最上段付近であることも確認できる。

写真5. 午前9時22分. この写真と写真4との“実体視”によって抜山地すべりの輪郭は写真の左端からはずれた部分(この地すべりの右側下部)をのぞいて全般的に追跡することができる。

写真6. 午前9時23分. 第3のすべりは下部が泥流状になり巾広く流下しはじめる(泥流3)。

写真7. 午前9時23分から同25分の間. 泥流3の先端は家屋の近くまで流下してきた。泥流2も中段の道路まで流下した。泥流1の向って左側に押しつぶせ状の変動が顕著になる。背後には滑落崖の向って右半分が全面的にあらわれてきた。

写真8および9. 午前9時23分から同25分の間. 泥流1~3は合流し先端部は家屋を破壊し白煙を上げる。左側の押しつぶせは泥流4に変わり、下三方小学校より山手の家屋を破壊し白煙を上げる。

写真10,11および12. 午前9時26分. 泥流4は泥流1と全面的に連続した。しかし、とくに泥流4に対応する部分の流下土量は他の3条の泥流に対して著しく大きい。泥流4の先端は小学校に達した。背後の滑落崖は比高がさらに大きくなり向って左側も明瞭になる。滑落崖の前方の主 slump の地表面は視線にほぼ平行な位置まで回転した。

写真13および14. 泥流1~3は流下がにぶり、主な移動は泥流4の部分で流下する。その移動方向は移動前の浅い谷の方向にほぼ対応する。その下部はmultiple slump の形態をとりはじめ、先端は小学校の校庭に達した。

写真15, 16および17. 撮影時刻不明、ただし午前9時30分頃か。泥流2および3

ほぼほ止まり、移動の主な出口は“泥流4”の部分に集中している。ただし、これは必ずしも泥流ではなく主 slump 体は多数の階段状、後方回転性の小領域に分化した。すなわち主 slump 体は multiple slump の形態になって移動している。

稲田氏の撮影された写真はここまでである。このあと、主 slump の体積の大部分はほぼ完全に移動し、そのあとは深さ20~40mの谷となり、泥流3頂部付近にとどまった2個の小 slump と谷底に数m(?)の泥、砂、礫を残すのみであった。

以上の地上写真判読による抜山地すべりの変動状況を図5に模式的に示した。1) 大規模な主 slump の脚部にまず小 slump が発生し、2) 次第に主 slump の回転すべりの進行とともに低い尾根を越えた変動体が3条の泥流となって流下、さらに主 slump の回転すべりが進行すると谷の方向へ移動が始まり、\* 3) その尖端部から multiple slump の形態に発展し、さらに次第に泥流に移化して流下した。

断面図(図6)のうちI-I'断面(図6a)は図5の1)から2)の段階へいたる時期の主な移動方向の平面上の中心線に切ったものである。また、II-II'-II''断面は滑動・削剝域の体積の大部分が流下した時期(図5の3)の段階)の主な移動方向に切ったものである。

### 3.6 残存した地表面輪郭構造

抜山地すべりあと地には、滑動・削剝区の周囲に多数の亀裂や小規模変動体が残っている。図4のL-M間にみられるものは主 slump の谷方向への移動による引ずりによるものである。一本の亀裂は長さ数10m、落差0.3~1m、開口巾0.2~1m程度である。M-Q間の北西側100mの範囲(杉林の中の)に長さ10~数10m 落差0~数10cm、開口巾5~30cmの亀裂がみられる。

QABUR間には円弧状に多数の亀裂が入っており、そのうち主なものを図示した。ほとんど北西落ちであるが下部(AQ線に近いもの)には南東落ちのものもある。これらの亀裂に切られた各部分は後方回転している場合が多い。BURをむすぶ弧状のものは、この領域の滑落崖とみなされるもので、U付近で落差3m、N49°W~70°落しの明瞭な条線が認められた。RからSへ延びる亀裂はS付近で尾根を斜めに切り、その延長方向S・Tへ雁行して2~3本の亀裂が認められる。落し方向はSR間では北西落し(5~80cm)S付近では落差がなくなり、次第に南東落し(5~20cm)。ST間の雁行亀裂も南東落し(10~30cm)である。開口巾はSR10~数10cm、ST間は5~10cmである。BC間にも開口亀裂が認められた。E付近には石英閃緑岩風化帯の小 slump、WX、YZの二列の小崖の背後に小 slump、またFの下側に二本の亀裂と初期的 slump が認められた。Hの南側

\* この時期には主 slump 体は一種の螺旋進行状の運動をしたと考えられる。

の杉林は踏査していないが、亀裂の存在する可能性は写真 3. 4. 5. などの判読から指摘できる。

#### 4. 災害の状況

##### 4. 1 被害

抜山地すべりによる被害は表 2 に示した。人的被害は行方不明 3 名で、午前 6 時 30 分頃の第 1 次の小 slump とこれによるものである。住家全壊 4 6 棟、非住家公共建物 1 7 棟、その他 8 8 棟と建物の被害が多いのはこの地区の中心部が被災したためである。床上、床下浸水は抜山地すべりの流出土砂によって揖保川が一時堰止められたことによる。

##### 4. 2 避難状況

9 月 1 3 日午前 6 時 30 分、消防団は揖保川の増水に備えて出動した。同 6 時 50 分頃第 1 の泥流によって下三方小学校南東方の民家が埋没し、6 名が埋った。そのうち 3 名は午前 7 時 10 分頃救出され残る 3 名の救出作業はなおも継続された。地区民 2 0 0 名は下三方小学校へ避難した。同小学校は休校。しかし、8 時 5 5 分頃抜山で鳴動が始まった。また時刻は不明ながら、抜山の樹木がゆれ動くのを見た人々もいる（一宮町長談）。同地区の区長は救出作業を断念し、抜山地区からの再避難を決心し学校の放送施設で救出作業中の消防団員らに呼びかけた。このときの地区民の心理状態を町長は「恐怖にかられて避難した」と説明された。避難は約 5 分以内に終了したようである。泥流は場所、量とも次第に増加、9 時 50 分頃泥流の大規模な流動は停止した。

当地区において避難が順調にいき、二次災害を未然に防ぎえたことは特筆すべきことである。この成功の原因として上げられるものは次の事項であろう。

- 1) 山体の変動とくに鳴動や樹木の動きなどを地区民が敏感に察知し、敏速に反応したと。
  - 2) 学校の放送施設など敏速な連絡手段が使用できたこと。
  - 3) 地区民は避難勧告に対し敏速に避難したこと。
  - 4) 1) から 3) の事項は地区共同体としての意識がこの地方には強くあり、それがプラスとなったこと。
  - 5) 地すべりの変動は、最初はきわめてゆるやかであり、鳴動があってから本格的な泥流まで 2 0 分ほどの時間があったこと。
  - 6) 発生時刻が日中であり、降雨も少なく視界が良く避難がしやすい気象であったこと。
- 以上のような条件がうまくかみ合ったことは幸いであった。この事例から我々の学ぶべきことは、まず自分自身の生活する自然をよく知り、その変化、周囲との差異、とくに豪雨時

やその後における変化に敏感であるべきこと、避難の連絡は広く敏速に行うこと、平時からその手段を充実させておくこと、避難は敏速に身軽な状態で行うべきこと、そして、これらを包むものとして共同体的意識の存在であろう。

#### 4.3 前歴、および周囲の地すべり

抜山地区では、江戸時代にかなり大きな地すべりが発生したことがあるといわれている（一宮町長談話）。今回の災害前の空中写真（山-629, C7-18, 19, 20. 1972年4月29日林野庁撮影）および対岸からの地上写真によると不鮮明ながら滑落崖の急斜面とその前方に slump して斜面の途中で停っている形態が判読される。またこの斜面下方には流出土の堆積部とみられるまんじゅう状の斜面が認められる。これらの地形的特徴を基準として、周辺地域をみると、抜山地区ほど明瞭な形態のものはほとんどみつからない。また、上の2つの条件の具わったものはみとめられなかったが、slump 的動きのおそれのあるもの、および比較的新しい、地すべりあとが幾つか認められそれらを図7に示した。なお、同図には谷の出口に形成されている円錐状堆積斜面をも図示した。それは谷に発生した過去の土石流・土砂流などによって形成されたことを示している。

今回の抜山地すべりの予知（一応場所の予知に限定する）の問題を考えると、1/4万空中写真判読ではこの程度のスケールの地すべり地は見おとしやすい。また1/2万空中写真でも今回の結果を知らなければ見おとしまいそうである。当地区を含み、日本の中生代後期火山岩類地帯には地すべり防止区域として指定されている地区はほとんどない状態にある。上の観察側からみて、今後このタイプの災害に対処するためにはかなり綿密な作業を必要とするものと考えられる。

#### あ と が き

(1) 抜山地すべりのような突発的な災害箇所を予知できるかの問題がある。前述のように当地区は災害前の空中写真をみると、slump の形態が判読され、過去に一部変動しかけて安全率1をわずかに越す状態で停止していた部分であると推定される。また、周辺の山地の中では最も地すべり変動地らしい形態を示している。しかし、事前に広域的空中写真から当地すべりだけを抽出することはかなり困難のように思われる。しかしながら、小地域を設定し対象とする地すべり地の巾を小さく（幅50m以上などと）して集中的に写真判読と現地調査を行えば、それは不可能ではないと思われる。

(2) 抜山地すべり跡の対策工には山地を多面的に調査した上で工法の検討がなされることがのぞましい。当地区における問題点として次のものが指摘される。

1. 落差70mにおよぶ滑落崖
2. 滑落崖背後の同心円状亀裂の発達する部分

3. 尾根背後の亀裂
4. 左右岸の側方亀裂
5. 火山岩類と石英閃緑岩の両岩体で構成されていることと両者の関係
6. 断裂系
7. 島状の不動地の取扱
8. 泥流状堆積物の再移動

1は落差の大きな滑落崖のために、たとえば排土工を行った場合後背山地に及ぼす影響範囲の大きさが問題となる。2はその範囲の土層が厚いことが予想され、その原因の一つとして基盤内に破砕帯が存在することも予想される。3は尾根越え亀裂は福知部落側への将来の地すべりの予兆とみることもできる。4は今回は流出をまぬがれたが不安定な領域であることは確実であり、安定化への対策が必要である。5は表層付近の物性が両岩体において著しく相異することが問題である。火山岩類は大きな角礫状になりやすいが硬岩状を呈するのに対し、石英閃緑岩はマサ土状を呈している点で、両者をいっきに同一工法で処理できないであろう。6はNW-S E, NE-SW方向などの断層、節理などで、これらにそって破砕、風化(変質も?)が進んでいるとみられ、また、それらにそり別のすべり面形成の可能性も問題となろう。7は泥流1~3の間にはさまった一応不動地とみられる地区であるが、先述のようにわずかに変形したと推定され、したがって、地表に何らかの変形があらわれ不安定な層が形成されている可能性もある。今後の豪雨に対しては無視できないので精査する必要がある。8は流下した土の物性からみて、今後、きわめてゆるやかなクリープ変動が継続されることが推定される。したがって押出・堆積部における復旧にはこのことを念頭において計画されることがのぞましい。

現地調査にあたり御協力、資料や情報の御提供をいただいた兵庫県土木部砂防課、兵庫県宍粟郡一宮町の方々、神戸大学の石田陽博教授、沖村孝氏に感謝申し上げます。

(大八木規夫・森脇 寛)

## Ⅱ 台風 17 号による香川県小豆島の災害

### 1. まえがき

昭和 51 年 9 月始め、南太平洋に発生した台風 17 号はその後北上し、九州南部に停滞したため、台風周辺の湿潤気流とおりから南下して来た低気圧に伴う前線との影響によって 9 月 8 日～13 日にかけて瀬戸内地方一帯に記録的な集中豪雨を見舞い、各地に甚大な被害を与えた。とりわけ香川県小豆島では 9 月 8 日正午すぎより断続的に降り始め、13 日午後降り止むまでの間に総降雨量は年平均水量を越す 1,400 mm に達し、小豆島全島が山崩れ、土石流等の土砂災害の発生によって、死者 39 名、負傷者 65 人、全半壊 443 戸、床上浸水 2,225 世帯、床下浸水 2,956 世帯（香川県調べ）という未曾有の損害を被り、約 1 万 8,700 人の被災者を出した。筆者らは 10 月 6 日～9 日までの短期間ではあるが、被害の激しかった小豆島南部一帯を中心に現地踏査を行い、現地で得られた情報と知見をまとめて本報告書を作成した。なおこの報告書が今後の防災対策の一助になれば幸いである。

### 2. 災害地の位置

小豆島は香川県高松市から北東約 15 km にあり、瀬戸内海では淡路島に次ぐ大きな島である。行政区画は香川県小豆郡土庄町、内海町、池田町の三町で構成されている。また俯瞰図を眺めると牛の形をなしているように見える（図 8 参照）。当地は代表的な瀬戸内気候を示し、四季を通じて温暖であり、降雨量は極めて少く、台風の災害もあまり多くはない。上記の気候と相まって花崗岩地帯の風化も著しく、瀬戸内地方の一般的特性として山地の荒廃が目立ち、林相もアカマツなどが主で余り良好でない。さらに河川の流路延長は短かくて水量が乏しいので各地にかんがい用の溜池が築かれている。石材用の花崗岩は石質がよく産量も豊富で有名である。現在の石切場は主に本島の北部に集中しているが、古い石切場跡は南、東部にも多くみられる。林産資源は乏しい。島民の主要収入源は主に農業と観光に二分される。農業は平野部が少ないため、狭小な河川の扇状地を利用している。農産物はみかんが主で、一部にリンゴ、オリーブ、花き類（電照菊、露地菊など）が上げられる。しかし一般的に規模も小さく、極めて零細である。今回の台風 17 号による災害で池田大川、安田大川などのはん濫により、花き類などの 70 ha の栽培面積の約 80% が泥をかぶり、被害額は施設を含めて約 8 億円に上っている。（小豆島農業改良普及所調べ）。その他、醤油の産地として関西、四国方面の中でも有名である。一方、観光に関しては「オリーブと寒霞溪」という言葉に代表されているように南国的な気候と島の中央部の台地状の火山岩類地帯を開析して形成された景勝「寒霞溪」に依っている。過去の災害については昭和 36 年（全島）、昭和 49 年（東部）が同じように集中豪雨によって土砂災害を被っている。

### 3. 地質, 地形について

本島の地質層序を表3, 図9に, 表層地質は図10に示した。主な地質は下の4つに大別出来る。

- (1) 花崗岩類
- (2) 第三紀堆積岩類
- (3) 第三紀火山岩類
- (4) 第四系

花崗岩類は南部に領家花崗岩類, 中・北部に広島花崗岩(または山陽型花崗岩)が分布している。前者は主に中粒の花崗閃緑岩で東西方向に片状構造をもつことがある。後者は中・粗粒の花崗岩・アダムロ岩などからなる。その他岩脈として石英斑岩, 花崗斑岩, 文象斑岩, 半花崗岩などが花崗岩類に貫入している。本島の第三紀堆積岩類は海成の中新統でルーズな砂岩および泥岩の互層からなり粗悪な褐炭を埋蔵し, また一部に凝灰質岩がある。その分布範囲は狭く, 本島の北部に僅かに存在する。しかし, 火山岩類や崖錐などに厚く被われ, 露出は少い。又火山岩類はいわゆる瀬戸内火山帯に属し, 中新統末期の噴出物と考えられる。その代表的なものとして角閃安山岩, 斜方輝石, 両輝石安山岩質集塊岩, 凝灰岩および凝灰岩質角礫岩などが上げられる。第四系のうち, 沖積層は砂, 礫, 粘土からなり平野部, 河川沿い, 海岸沿いに分布している。扇状地堆積物, はん蓋原堆積物, 谷底平野堆積物等を形成し, 明瞭な段丘堆積層はみとめられなかったが, 扇状地堆積物の一部には洪積世のものがあるかもしれない。又, 地形は明瞭に地質に規制され, メサ状地形を呈している。小豆島本島の中央部に位置する“寒霞溪, 星ヶ城付近一帯”の安山岩類地帯は侵食に対するキャップロックとなり, 平坦な台地を形成し, その周辺部の花崗岩, 凝灰岩類との境界あたりから, 斜面勾配は漸変し, 海岸近くでは急峻な海食崖となっている所が多い。又, 花崗岩地帯では花崗岩地域特有の風化および縦横侵食が激しく進み, 島の中心から放射状に谷が幾筋も形成されている。

### 4. 気象概況<sup>(2)</sup>

昭和51年9月初め発生した台風7号が九州の南西海上で停滞状態となり, 9月8日より日本列島を南下してきた前線はこの台風の影響を受け, 四国, 近畿および中部地方にかなりの豪雨をもたらした。

小豆島でも同じように今回の台風7号の影響を受け, 9月8日正午すぎから降り始め, 13日の午後降り止むまでの6日間で総雨量は池田町四方指雨量観測所で1,400.0mm, 最大24時間雨量は9月11日0時から24時内海町坂手雨量観測所841.0mm, 最大時間雨量は同



観測所で11日20時から21時0分の間で100.0mmを記録している。香川県土庄土木事務所の等雨量線図(図11, 12, 13)によると総雨量は小豆島東部が多く、中、西部へ移るにつれて少くなっている。最大日雨量も同様の傾向を示しているが、最大時間雨量等高線は少し違った傾向を示し、小豆島南部にあたる内海湾一帯が多い。内海ダム観測所と蒲野雨量観測所の時間雨量記録を時間雨量、積算雨量の経時的ダイアグラムを図14, 15に示した。これによると10日, 11日に激しい降雨が続き、なかでも11日0時から24時が最も激しいことが読みとられる。ちなみに小豆島の年平均雨量は約1,250mmであるので、この2日間の約900mmに達する降雨量は、年平均雨量の約8割弱にあたることになる。

## 5. 被害の概況

被害の概況について表4に示した。これによると人命に関する被害は香川県全域の被害に比べて約8割を占め、小豆島災害がいかに激甚であったか明瞭である。床上、床下浸水は主に池田大川、安田大川のはん濫が原因であるので土庄町は他の二町に比べて比較的軽かった。表5, 6は土石流による被害とがけくずれによる被害を示した。土石流による死者は、35名に達し、小豆島災害における死者39名の大部分を占めている。

## 6. 災害の考察

今回の台風17号による小豆島の災害における問題点を以下に考察する。

### 6. 1 降雨について

- a. 引金作用が強大であったこと。すなわち、この6日間で一年間の平均雨量(約1,250mm)を上回る1,400mmもの大量の降雨があったこと。それに最大時間雨量100mm, 最大24時間雨量841mmにみられるように降雨強度も大であったことなどである。
- b. 図16, 17は今回および昭和49年災害時の雨量と土石流発生時間の関係を示したものである。これによると今回は積算雨量約600~850mm, 昭和49年災害は約240~330mm付近に土石流は集中して発生している。両者の比較からだけでは断定できないが、どちらもある時期(今年の場合、9月10日22時から、昭和49年の場合、7月6日9時から)から降雨量は急激に増加する傾向にある。図18は土石流発生時から前の雨量を逆算したものを示している。これによるとどちらも一般にある範囲の降雨量で発生している傾向にあり、たとえば、土石流発生10時間前から発生までの雨量は比較的ばらつきも少なく、約220~260mmの雨量を記録している。

- c. 今回の豪雨期間のうち、主に土石流は9月11日の朝から夜にかけて集中しており、その後もかなり激しい豪雨があったことは、崩壊、土石流跡にかなり深いガリーが見られることで明らかである。また、a、bから判断すると小豆島の場合、今回の豪雨で9月10日中までに約250～300mm降っているにもかかわらず土石流は発生していないこと、昭和49年のときも約12時間に降雨が集中して土石流が発生したことから、土石流発生降雨量は長時間を考えた総降雨量を指針とするよりもっと短い時間（24時間以内の）オーダーで考える方がよいように思える。たとえば図18からは7時間雨量で180mmを越えると発生しやすい状態だと言えるようである。もちろん、これらのことは今後の降雨量と発生時間の関係についての資料の蓄積が必要であるが、防災対策（危険雨量の設定）にひとつの指針となるものとする。

## 6. 2 災害の多様性について

島の中央部から海へ放射状にのびる溪流（約100か所）はほとんど、崩壊（概算では数千か所と言われている。）および土砂流出を伴い（特に中央部、東部）、谷では縦横侵食が激しく行われ、土石流災害を生じさせている。災害の種類も多く、中でも土石流、（斜面崩壊（山腹、海食崖、切り取り斜面）が主で、その他浸水（安田大川のはん濫により安田地区では三日間、軒下浸水した。）、貯水池の破堤、地すべりなどが上げられる。（写真26～36参照）

### 6. 2. 1 土石流および崩壊について

- a. 土石流による被害は大きく、三都半島の谷尻地区では死者24名、赤坂地区4名、竹生地区7名と人命に関する被害はほとんど土石流によるものであり、内海湾に面した地域に多かつた。（図19）土石流の発生原因について、遠藤氏<sup>(19)</sup>は次のように指摘している。

- (i) 多量の水を含んだ山崩れの土砂が山腹斜面を下降してそのまま土石流となる。
- (ii) 急激な出水によって溪岸や溪床の堆積土砂が強度に侵食され、流水が一時に多量の土砂を含み、流下する。
- (iii) 大規模な山崩れの土砂が溪流を一時せきとめて天然ダムを作り、この天然ダムの含水量が多くなって、自ら移動するか、あるいは湛水の圧力によって崩壊し、急激に流下する。

今回の土石流災害も大体、上記の範ちゅうに入ると考えられる。たとえば、谷尻地区のように流域面積が小さくて、洪水ピーク流量が少いと判断され、流送域に大きな崩壊があった場合は主に(iii)の原因が考えられる。（図19-(a)）竹生石場地区の場合のように流域面積も大きくて、流域長が比較的長く、崩壊などの側方からの土砂供給が少ない場合なら(ii)の原因と考えられる（図19-(b)）西村地区の場合は源頭部に大きな崩壊がありかつ、流下距離も

短い土石流は(イ)が原因と考えられる(図19の(c))

b. 土石流の流送堆積勾配について

今回の現地踏査において土石流の形状を図20のように大きく区別し、各域の平均勾配をクリノメータを使って実測した結果を表7に示した。なお、崩壊域は上方のみならず流送域の側方からの崩壊も含めている。これによると各域には一定の勾配をもつ傾向が見られ、今後の防災対策および予測についてひとつの指針として有効な要素となると思われる。

c. 崩壊はほとんど風化花崗岩地帯に発生し、その表層土層で傾斜角 $30^\circ$ 前後に多く、崩壊深も0.5~1.0mと薄く典型的な表層崩壊である。三都半島の北部付近にかけての山腹に崩壊発生密度が特に高いのは昭和45年1月に発生した山火事によって森林が荒廃した影響をかなり強くうけていると考えられる。

d. 崩壊および土石流発生と地質について

崩壊および土石流発生のはほとんど花崗岩地帯に限定され、第三系火山岩地帯にはほとんど発生していない。島の中央部にある星ヶ城山(標高816.7m)、四方指(標高77.6m)が形成している台地状の安山岩地帯、三都半島の玄武岩地帯、島の南東部にある洞雲山(標高434.5m)付近の集塊岩地帯、北西部にある崖錐性堆積物地帯(この地区は降雨量も少ない)などには極端に少ない。(図10, 19参照)

### 6.2.2 貯水池の破堤

香川県下はふだんから雨が少ないため、“溜池天国”と言われているくらい貯水池が多い。小豆島もその例にもれず谷の出口付近には農業用の貯水池が多く、内海湾一帯に面した地域だけで大小三十数か所もあり、大きいものでは約 $5,000m^2$ の面積もある。それらのうち1/8,000の航空写真判別の結果、破堤しているものが1か所、破堤寸前が3か所もあったが幸い被害が大事に至らなかった。これら堤防の材料はほとんど砂質土であるため、豪雨時の堤防斜面崩壊や貯水池の水位の上昇により浸透破壊(パイピング現象)が容易であったとおもわれる。後者の例は馬木地区で観察された。破堤がもし満水時に発生すれば土砂を含んだ洪水となり下流側の被害は大きいであろう。今後、これらの管理には十分な注意を要する。なお、今後の計画については余水吐の流出量にも十分な余裕が必要である。一方、貯水池の効用についてはマイナス面ばかりでなく、一時的に遊水池同様、貯水、貯砂ダムの代用を果たし、洪水のクッションや土砂調節の役目を果たした例もあった(池田町室生)。

### 6.2.3 地すべり

本島の北東部藤崎地区他観光道路(開拓地区へ行く途中)に鮮明な地すべりが見られた。この地すべりは巾100m、長さ200m、勾配 $35^\circ$ 、滑落崖の高さ2~3m、安山岩および凝灰岩と花崗岩地帯との不整合面付近の崖錐性堆積物(主に安山岩、花崗岩の風化物)

が動き出しており、地すべり頭部では巾40m長さ10mにわたって粘土の上に新鮮な条線のついたすべり面が露出していた。この位置は観光道路の途中の斜面のため、今後も危険であるので通行には注意を要し、何らかの防止対策が必要であろう。なお、付近の植生はウルシ、ナラ類、イロハモミジ、ウツギ、ヤシヤブシ、クリなどで占められている。土層の特徴は地質を反映して黒っぽい。

### 6.3 現場事例

現地踏査したうち代表的な二か所について簡単にのべる。

#### i) 谷尻地区

9月11日夜1時半頃土石流災害が発生。この地区の住民34戸132人のうち、土石流のため26戸が押し流され、瞬時にして壊滅状態となり、死者は24名に達した。その上、谷尻地区に通じる唯一の道路はいたる所で斜面崩壊のため寸断されて孤立し、情報伝達が困難であったこと、深夜のため地区周辺の住民も就寝中であったことなどのため救出活動が遅れ、救助は翌日、高松海上保安部の巡視艇で海から行われた。この地区は背後にひかえる白浜山(標高301.7m)から派生する谷地形の所で、地質は白浜山の高度約150m以上が玄武岩、以下が中・粗粒の花崗岩類である。この谷は通常少量の水しか流下していない。しかし、今回の豪雨によって左岸側に7ヶ所の崩壊を生じている。左岸側に集中した地形的原因は左岸側の斜面が $38^{\circ}$ ～ $40^{\circ}$ と急傾斜であることによる。一方、右岸側は傾斜がゆるく、 $15^{\circ}$ ぐらいで竹類の繁茂している地域であった。この左岸側の崩壊は一例をのぞき、巾20m、長さ70m、深さ0.5m～1.0mの表層崩壊であるが谷の入口から数百m上流には巾75m、長さ100m、深さ10mと深い大規模な崩壊が発生した。「ドカーンという音とともにあっという間に十数軒の家がふっとんだ。」という住民の談話と大規模な崩壊と流域長約500mという小さな谷であることを考慮するとこの谷尻地区の災害にはこの大規模崩壊が何らかの役割を果たしたものと考えられる。この流域の植生はアカマツ、サカキ、ヤマツツジ、ヤマウルシ、ウバメガシなどで占められているが一般に成長は貧弱である。また、この谷は典型的なV字谷をなし、谷の蛇行とともに土石流の痕跡が右岸、左側では高さが違っているのが観察され、土石流の停止堆積付近には大礫はほとんどなく、砂の流出が著しかった。

#### ii) 石場地区

この付近一帯(蒲野、石場、丸山、池田)は昭和45年1月頃、山火事が発生し、5年経た現在でもその植生は悪く、航空写真からその特徴を明確に判別出来る。このため山地は荒廃し、今回の豪雨により飯神山(標高188.7m)を中心として、小さな崩壊が密集した、一種の崩壊団地を形成している。この地区の地質は中・粗粒の花崗岩類で崩壊は巾約10～20m、長さ20～40m、深さ0.5～1.0mの表層崩壊であり、勾

配は $26^{\circ}\sim 30^{\circ}$ である。植生は主にナラ類、ヤマハギ、ヤマツツジ、ウツギ等が占めている。この風化花崗岩の崩壊の中には、間隙のあいた節理や湧水したと思われる穴が見られ、パイピング崩壊を起こしたと考えられるものもあった。多数の崩壊が発生したにもかかわらず、土石流とならなかったのは流動域にあたる谷筋の距離が短かく、勾配もゆるく、滑落の勢いが続かず、流域面積も小さく河床を掃流する水量が少ないためと考えられる。しかし、内海湾側に面した飯神山東側斜面の石場地区には数条の土石流が発生した。その原因として、比高、傾斜ともに大きく、谷筋には植生が貧弱で荒廃し、細粒花崗岩、文象質花崗岩、石英斑岩等の角礫（巨礫も含まれる）まじりの土層があり、かつ上部には古い石切場から捨てられた石片が堆積していたなど、土石流発生の原因がととのっていたことが考えられる。この地区の土石流は上流部に特に大きな崩壊はなく、巾約7m、深さ1mの崩壊がすぐに流送域（この場合削刷作用も伴う）に続き、堆積域の入口付近では直径150～200cmの礫が、さらに50cm下流では直径50cmの礫が目立ち、最下流の停止堆積域では砂が一带を覆っている。すなわち、勾配の変化とともに集合運搬だったマスマーブメントが掃流力の低下により明瞭な粒径淘汰を受けている。崩壊域、流送域の地表面には深く掘られたガリーが幾筋も存在し、土石流発生後もかなり強い雨が降ったことを示していた。

## 7. あとがき

- (1) 避難に関して。南海岸側（内海湾一带）よりも東海岸側の人的被害が少なかった理由として、現地の方々は「橘地区など東海岸側では昭和49年災害の苦い経験があり、今回は早めに避難した」と言っておられた。一方、他のある地区では避難勧告を受けたが、これまで自分の家は災害に会ったことがないということで避難せず亡くなったという事例がある。我々はここに防災の基本理念の一つを見出すことができる。すなわち、防災には経験が重要な要素をなす。先祖代々この地に住んでいて災害に合ったことがないということも一見、経験と思われがちである。しかし、これは詭弁というべきであろう。しかしながら、防災機関側には十分に住民を納得させるだけの理論もまた予知手段も持ち合せていない。とすれば、他人の、他地区の災害体験、社会全体として得た災害の重みを理解し、自己の防災の中にくみ入れてゆくような指導、あるいは助力が防災機関として早急に行われるべき問題であろう。
- (2) 避難勧告の伝達について。防災担当機関側では避難勧告を出したにもかかわらず、現場には災害発生時点までとどかなかつた事例がいくつかあった。これは情報伝達手段の問題であろう。テレビ・ラジオの情報は広域的、同時的伝達力ではすぐれているが、小地区ごとの緊急性の情報をきめこまかく伝達することは困難である。電話では土石流崩壊

などでケーブルが切断されてしまえば無力となる。道路が寸断されれば徒歩連絡も不可能である。したがって、今回のような災害時に威力を発揮するのは無線（発電機、バッテリーをそなえた）である。この次に日本のどの地方、地区が災害にみまわれるかわからない。しかし、各地区に一式づつは準備すべきであろう。

- (3) 避難場所について。自分の住居のもよりの安全な場所はどこか。これは簡単にみつきりそうで、実はそれほど単純にいかない。すなわち、斜面崩壊には大丈夫でも土石流、またこれらに安全でも洪水、高潮、津波、地震による崩壊、液状化など災害の種類は多い。事前に準備するには、広い意味での総合的な防災図作成が基本的に必要な作業である。例えば、かつて資源調査会で作成した洪水危険度分布図などは上の一部の仕事として評価される。このようなソフト側の仕事が防災面で欠けていることは問題である。ハード側の諸防災工がそのようなソフト側の基盤の上に立つことができれば、より効率よく防災対策が行われるにちがいない。

（森脇 寛・大八木規夫）

### Ⅲ 小豆島における崩壊土層の物理特性について

#### 1. はじめに

香川県小豆郡で多発した土石流（台風17号災害1976.9.9日～12日）の流動、堆積物の生産源と考えられる斜面崩壊の特長として、花崗岩の風化生成物が斜面を構成していること、その構成のしかたが断面的に厚いか、浅いかによっても崩壊の深さ、規模が異なる。また土層そのものが断面的に粗な状態から密な状態に移行する場合に、その斜面に雨水の滲透があった場合に不連続面を境に崩壊は発生するものと考えられる。

そこで崩壊土層断面の物理特性を調べ崩壊との関係を数量的に明らかにするために調査を行った。

#### 2. 調査、試験方法および結果

土石流の流動、堆積物の生産源となった崩壊の特長を比較的表わしていると考えられる竹生川（図21, 写真26）、竹生東条川（図21, 写真27）、西条西川（図21）、石場南川（図22, 写真28）、谷尻（図23, 写真29）、の5流域を選定し、それぞれに発生した崩壊地（A, B, B', C, D, E, E'）、の土層断面の物理特性を調べるため次の試験を行った。

単管式ポータブルコーンペネトロメーター（底面積 $3.23\text{ cm}^2$ , 先端角 $30^\circ$ ）を用いて崩壊地周辺の土層の貫入抵抗を深さ $5\text{ cm}$ ごとに測定した。次に採土円筒（直径 $5\text{ cm}$ , 容量 $100\text{ cc}$ ）を用いて、貫入抵抗測定地点近辺の断面から地表下 $5\text{ cm}$ ,  $20\text{ cm}$ および崩壊面からそれぞれ試料を採取し、室内で密度を測定し、さらにその試料と透水試験を行った。

その結果、それぞれの深さごとの貫入抵抗値をコーン底面積で割った値をコーン支持力（ $q_c$ ）としてプロットしたものが図24～30である。

これによると地表下 $30\text{ cm}$ ～ $60\text{ cm}$ , までは $q_c$ は $0\text{ Kg/cm}^2$ ～ $15\text{ Kg/cm}^2$ の範囲を漸次増加の傾向にあり、地表下 $60\text{ cm}$ 以下では $q_c$ は急激に増加している。このことより地表下 $60\text{ cm}$ 附近に不連続面が介在していることを示している、さらに各断面における密度（乾燥密度）および透水性との関係より考察すると、図31より崩壊地点表層の透水性係数( $k$ )は $2 \times 10^{-2}\text{ cm/sec}$ , 以下に集中している、密度( $\gamma_d$ )は $1.00\text{ g/cm}^3$ ～ $1.25\text{ g/cm}^3$ の範囲であり、土層そのものが粗であり透水性も高いことを示している。以下崩壊面までの中間土層の $k$ は $2 \times 10^{-2}\text{ cm/sec}$ ～ $1 \times 10^{-3}\text{ cm/sec}$ , であり、 $\gamma_d$ は $1.30\text{ g/cm}^3$ ～ $1.45\text{ g/cm}^3$ の範囲であり、表層に比べて土層の密度は高くなっている、また透水性も低下しているがこの領域では未だ樹木の根系が発達していた。さらに崩壊面での $k$ は $1 \times 10^{-3}$

$cm/sec \sim 4 \times 10^{-4} cm/sec$ , であり,  $r_d$  は  $1.40 g/cm^3 \sim 1.60 g/cm^3$  の範囲である, 土層は高密度の状態を呈し, 透水性はかなり低下していることを示している。

さらに, 図 3 2 に示す密度とコーン支持力との関係より, 地表から中間層までは密度に比例して  $q_c$  の値も大きくなっていき, その範囲は表層で  $r_d$  は  $1.3 g/cm^3$ ,  $q_c$  は  $5 Kg/cm^2$  以下であり, 中間層で  $r_d$  は  $1.30 g/cm^3 \sim 1.45 g/cm^3$ ,  $q_c$  は  $5 Kg/cm^2 \sim 11 Kg/cm^2$  の範囲である。また, 崩壊面付近で  $r_d$  は  $1.45 g/cm^3 \sim 1.60 g/cm^3$ ,  $q_c$  は  $11 Kg/cm^2$  以上となり, 崩壊面付近で急激にコーン支持力が増加していることがわかる。

以上小豆郡で発生したマサ土の斜面崩壊地の土層断面の特性を地盤の貫入強度, 密度および透水性の 3 つの試験項目からその特性を考察すると, 地表から  $60 cm$  ぐらいの深さまでは貫入強度は連続的に増加するが急変はしていない。しかし  $60 cm$  を境に急激にその値は増加し, 不連続面を形成していることがわかる。また崩壊深も全体的に浅く急変点と一致している。

さらに, 密度, 透水性との関係において, 不連続点での境界値が  $r_d$  で  $1.45 g/cm^3$ ,  $k$  は  $10^{-3} cm/sec \sim 10^{-4} cm/sec$ , の範囲にあることがわかる。

ここでは地形的条件を考慮していないが, 今後この種の簡単な調査, 試験法によって境界値を求めていくならば崩壊に対する予知, 予測の調査手段として有効性を高めていくものと考えられる。

最後にこの調査を行うに当たり御協力いただいた香川県河川砂防課, 林務課の各位および当センター職員青木秀夫氏に謝意を表します。

(寺島 治男)

## I. 文 献

- 1) 藤田和夫(1974): 第四紀地殻変動図 近畿, 地質調査所。
- 2) 気象庁予報部(1976): 昭和51年9月8日から14日までの台風第17号と前線による大雨に関する異常気象速報。
- 3) 神戸海洋気象台(1976): 昭和51年9月8日から13日にかけての台風第17号と前線による大雨に関する異常気象速報。
- 4) 兵庫県(1962): 兵庫県地質産産図, 縮尺1/17万。
- 5) 経済企画庁総合開発局(1974): 土地分類図(表層地質図)兵庫県, 縮尺1/20万。
- 6) 石田陽博(1976): 台風17号による兵庫県一宮町福知抜山崩壊災害概況。地すべり学会第15回研究発表会, 緊急報告。
- 7) 兵庫県・神戸海洋気象台・兵庫県自治協会(1954): 兵庫県災害誌。pp 279。



## II.

- 1) 香川県(1976):台風17号による災害概要 S51.9
- 2) 気象庁予報部(1976):昭和51年9月8日~14日までの台風17号と前線による大雨に関する異常速報
- 3) 遠藤隆一(1958):砂防工学, 共立出版
- 4) 大田原幸亘(1974):小豆島49.7.7 豪雨災害報告, 土木技術資料16-11

表1 台風第17号の影響による全国の被害状況(警察庁)  
(1976年9月17日18時0分現在)

| 区分    |       | 県別             |         | 計       |
|-------|-------|----------------|---------|---------|
| 人     | 死者    | 人              |         | 154     |
|       | 行方不明  | "              |         | 12      |
|       | 負傷    | "              |         | 340     |
| 建物    | 全壊    | 棟              |         | 1,038   |
|       | 半壊    | "              |         | 1,700   |
|       | 流失    | "              |         | 92      |
|       | 全焼    | "              |         | 2       |
|       | 半焼    | "              |         | 1       |
|       | 床上浸水  | "              |         | 94,099  |
|       | 床下浸水  | "              |         | 358,104 |
|       | 一部破損  | "              |         | 5,768   |
|       | 非住家被害 | "              |         | 3,518   |
| 耕地    | 水田    | 流理             | HA      | 1,786   |
|       |       | 冠水             | "       | 56,432  |
|       | 畑     | 流理             | "       | 266     |
|       |       | 冠水             | "       | 30,491  |
| 道路    | 損壊    | カ所             | 2,992   |         |
| 橋梁    | 流失    | "              | 233     |         |
| 堤防    | 決壊    | "              | 636     |         |
| 山(がけ) | くずれ   | "              | 4,055   |         |
| 鉄軌道   | 被害    |                | 134     |         |
| 通信施設  | 被害    | 回線             | 24,502  |         |
| 木材    | 流失    | m <sup>3</sup> | 1       |         |
| 山林    | 焼失    | HA             |         |         |
| 船舶    | 沈没    | 隻              |         | 53      |
|       |       | "              |         | 52      |
|       | 破損    | "              |         | 35      |
|       |       | ろかい等による舟       | "       |         |
| 罹災世帯  | 数     |                | 100,594 |         |
| 罹災者   | 数     |                | 329,020 |         |

表2 昭和51年9月兵庫県宍粟郡一宮町福知抜山地すべりによる被害  
(一宮町災害対策本部調べ)

人的被害

行方不明 3人

軽傷 3

家屋被害

住居

全壊 46棟 同罹災 40世帯 192人

半壊 1 1 2

一部破壊 4 3 12

床上浸水 2 2 8

床下浸水 39 38 155

非住居

公共建物 17棟

その他 88棟(事業所など)

農地被害

田

流失・埋没 4ha

冠水 20ha

畑

流失・埋没 1ha

冠水 5ha

山林被害

公共施設等\*

道路 47ヶ所(町全体)

橋梁 9ヶ所

河川 15ヶ所

水路 25ヶ所

水道 2ヶ所

表-3 地質層序

|             |       |                 |                                   |                               |
|-------------|-------|-----------------|-----------------------------------|-------------------------------|
| 新<br>生<br>代 | 第4紀   | 沖積世             | 崖錐性堆積物<br>沖積層                     | 砂、礫、粘土                        |
|             |       | 更新世             | 瀬戸内新期火山岩類<br>(小豆島の中央および三都半島)      | 安山岩、玄武岩<br>同砕屑岩類              |
|             | 第3紀   | 鮮新世             | 大阪層群および段丘堆積層                      | 砂岩、泥岩凝灰<br>岩、礫岩               |
|             |       | 中新世             | 瀬戸内旧期火山岩類                         | 安山岩、玄武岩、<br>讃岐岩質安山岩、<br>同砕屑岩類 |
|             |       | 神戸層群<br>(小豆島西部) | 砂岩、泥岩、礫岩<br>岩                     |                               |
| 中<br>生<br>代 | 白亜紀後期 | 花崗岩類            | 角閃石、黒雲母、<br>花崗岩、                  |                               |
| 古<br>生<br>代 |       | 領家花崗岩類          | 黒雲母花崗岩、<br>花崗閃緑岩、<br>白雲母黒母花崗<br>岩 |                               |

表-4 被害の概況

(香川県調べ)

| 町名   | 池田町     | 土庄町 | 内海町   | 計      | 香川県全域        |
|------|---------|-----|-------|--------|--------------|
| 死者   | 28人     | 4人  | 7人    | 39人    | 50 (78%)     |
| 重傷   | —       | 3   | 18    | 21人    | 105 (71%)    |
| 軽傷   | 26人     | 4   | 24    | 54人    |              |
| 全壊   | 60戸     | 34  | 120   | 214戸   | 416 (51%)    |
| 半壊   | 41戸     | 43  | 145   | 229戸   | 568 (48%)    |
| 床上浸水 | 469世帯   | 169 | 1,587 | 2,225戸 | 4,902 (45%)  |
| 床下浸水 | 1,026世帯 | 723 | 1,207 | 2,956  | 15,809 (19%) |

注：( )内の数字は小豆島の被害のそれぞれ県全域に対する割合%。

表-5 土石流による被害

(建設省調べ)

|     | 発生溪流数 | 死者  | 重軽傷 | 全壊  | 半壊  |
|-----|-------|-----|-----|-----|-----|
| 池田町 | 44    | 24人 | ——— | 34戸 | 4戸  |
| 土庄町 | 12    | 4人  | 7人  | 24戸 | 26戸 |
| 内海町 | 19    | 7人  | 11人 | 32戸 | 13戸 |

表-6 がけくずれによる被害

(建設省調べ)

|     | 発生箇所数 | 死者  | 重軽傷 | 全壊 | 半壊 |
|-----|-------|-----|-----|----|----|
| 池田町 | 6     | 4人  | ——— | 6戸 | 7戸 |
| 土庄町 | 4     | ——— | 5人  | 4  | 6  |
| 内海町 | 3     | ——— | 3人  | 3  |    |

表-7 土石流の各域の平均勾配

| 地区   | 崩壊減     | 流動減     | 堆積減   |
|------|---------|---------|-------|
| 石場地区 | 35°~28° | 25°~18° | 13°   |
| 竹生地区 | 35°~30° | 15°     | 8°~6° |
| 西村地区 | 40°~35° | 25°     | 15°   |
| 谷尻地区 | 40°~38° | 20°~10° | 8°    |

表-8

| 注意報、警報の発令時の状況（香川県） |  |
|--------------------|--|
| 昭和51年9月8日          | 18時20分 台風情報第一号発表<br>大雨洪水注意報発令  |
| 9月9日               | 8時20分 大雨洪水雷雨注意報に更新<br>20 30分（建設省河川局長より防災体制の万全を期せよの指示あり）<br>り）  |
| 9月10日              | 04時30分 大雨洪水警報発令（県水防本部設置）<br>09時30分（土木部長より各土木、ダム局長に対し、危険箇所の防災体制の確立と災害防止を努め、町との情報連絡の緊密化を指示）<br>09時50分（道路部長より異常気象時の交通規制の確立を指示）<br>14時30分 強風波浪高潮注意報が追加 |
| 9月11日              | 14時30分 強風波浪高潮注意報を解除  |
| 9月13日              | 07時00分 強風波浪高潮注意報が発令<br>12時30分 大雨洪水警報が解除<br>16時15分 台風情報が終了<br>17時10分 強風波浪注意報に切換   |
| 9月14日              | 06時00分 強風波浪注意報が解除  |

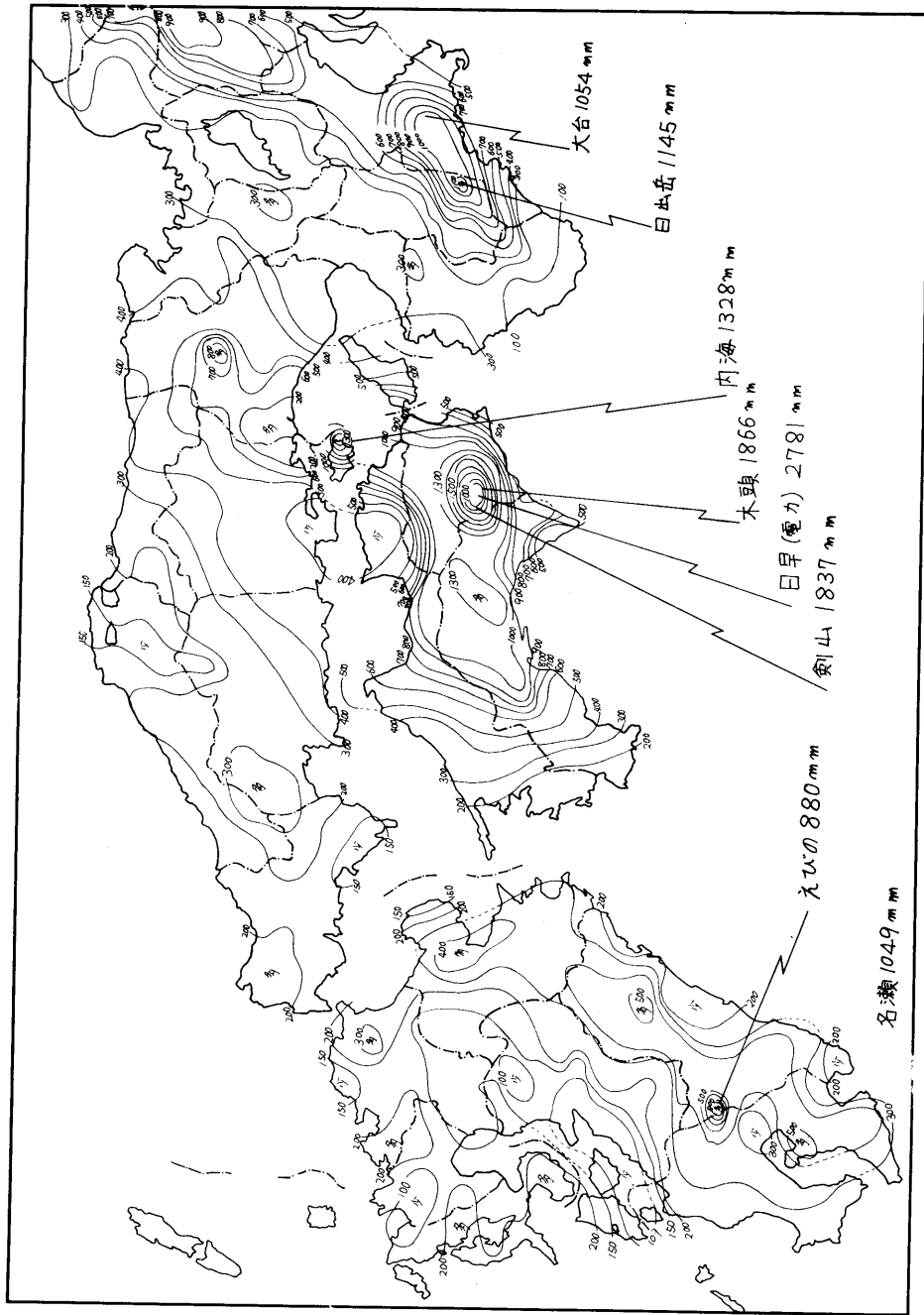


図1 近畿地方以西の雨量分布(1976年9月8日00時~9月14日24時)  
 (気象庁予報部 1976の付図-3による。)

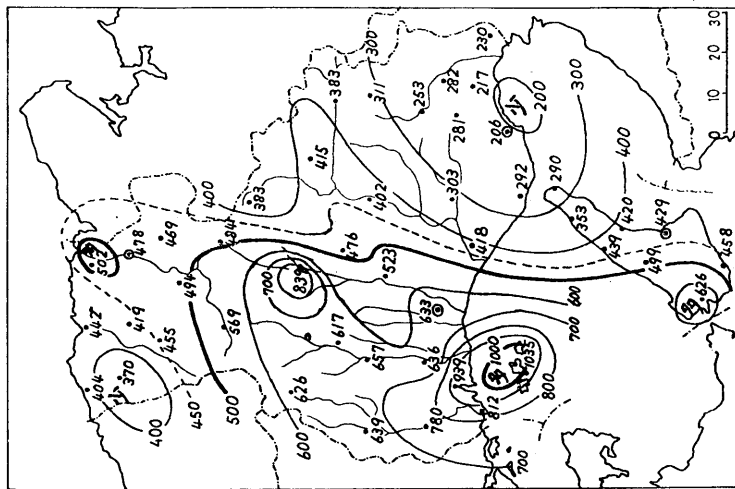


図2 兵庫県下の総降水量分布図（9月8日～13日）  
(mm)

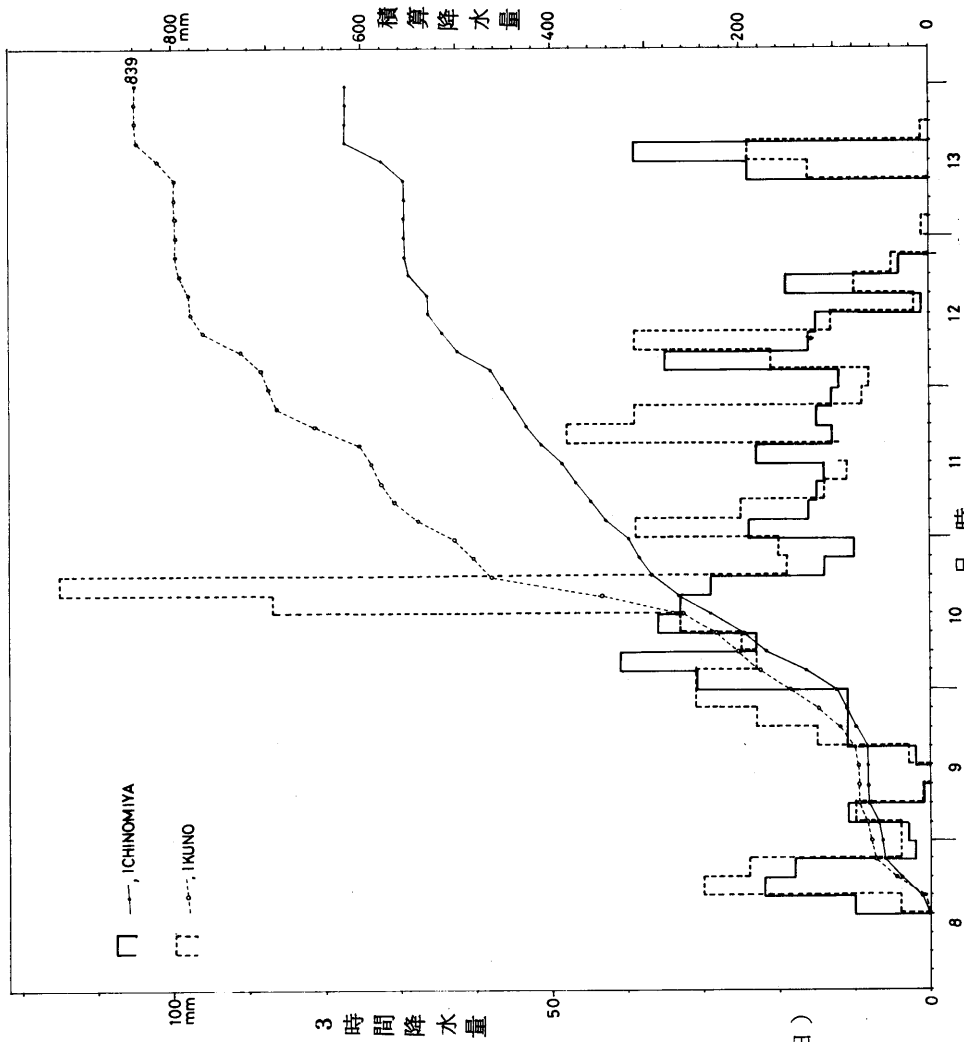


図3 一宮、生野の降水状況





図4 抜山地すべり平面図  
 (兵庫県砂防課の1/1,000原図による)  
 1、2…は泥流1、泥流2…を示す。  
 +は石英内緑岩、Vは火山岩類(生野層群)を示す。

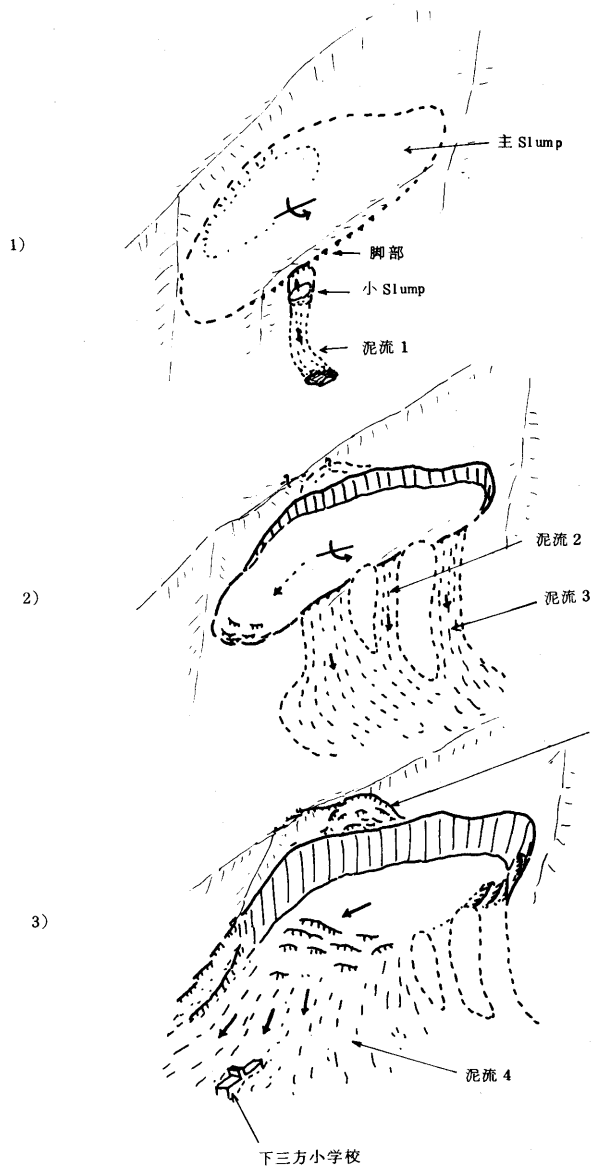


図5 抜山地すべりの変動概念図  
 1 から 3 へ各時期を示す。矢印は移動方向。  
 曲線矢印は回転を、横の短線はその軸方向を示す。

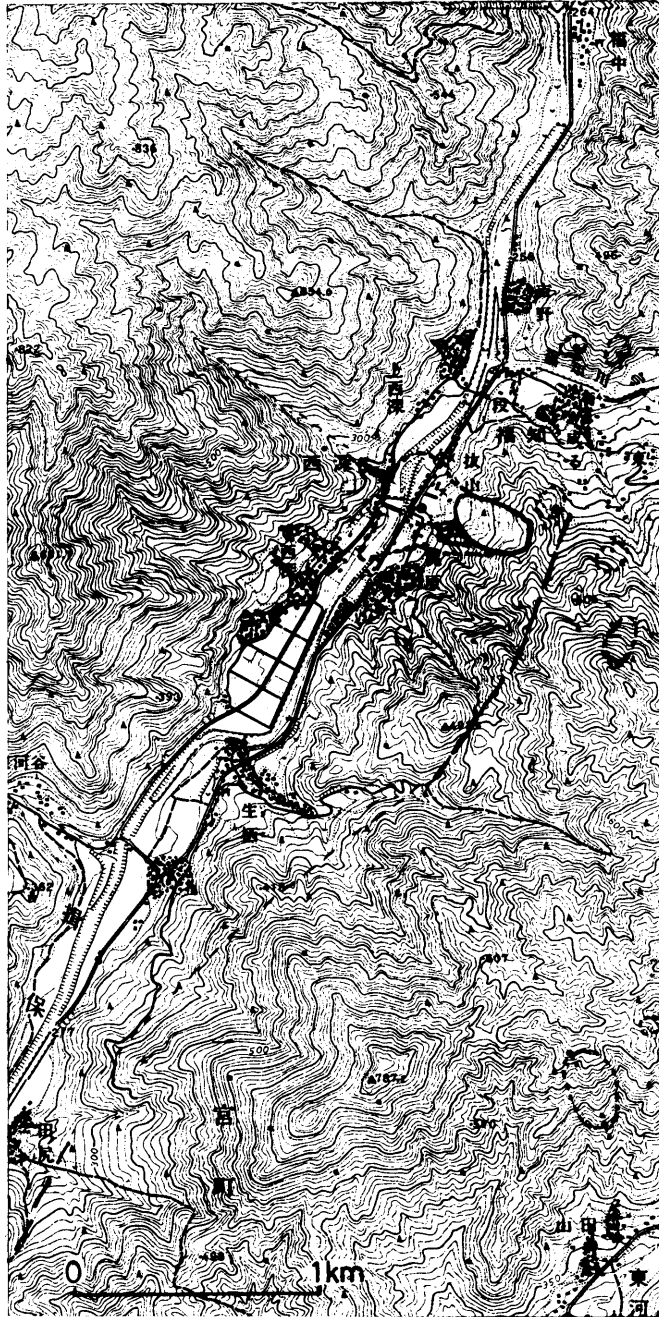
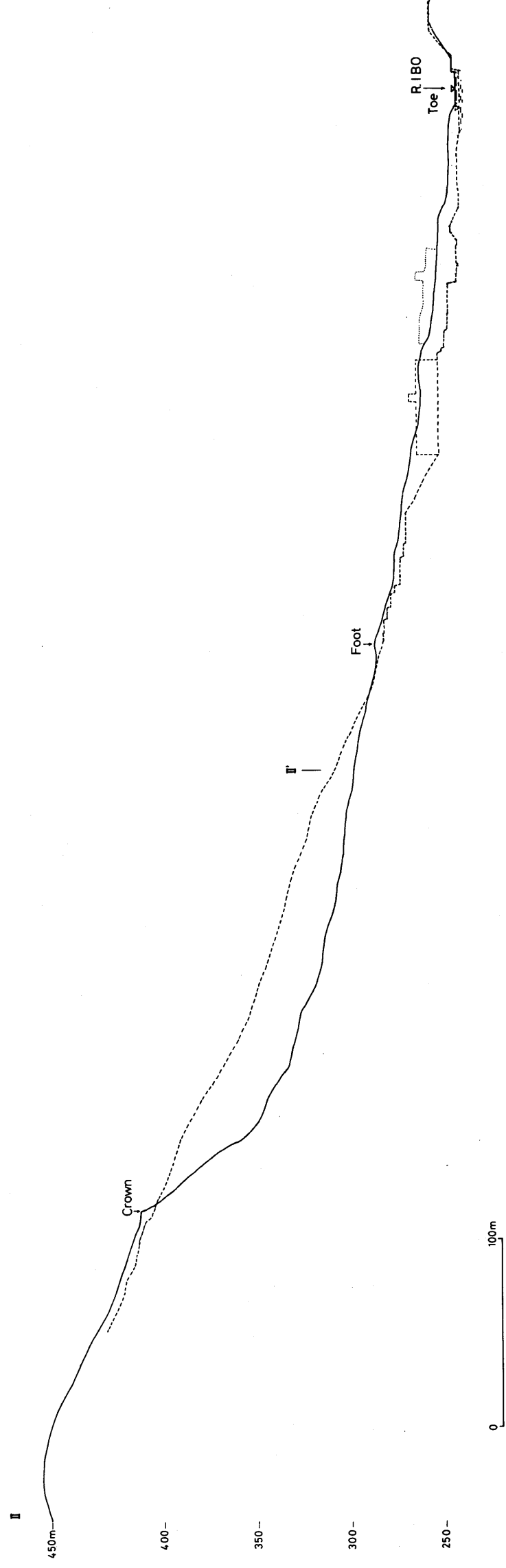
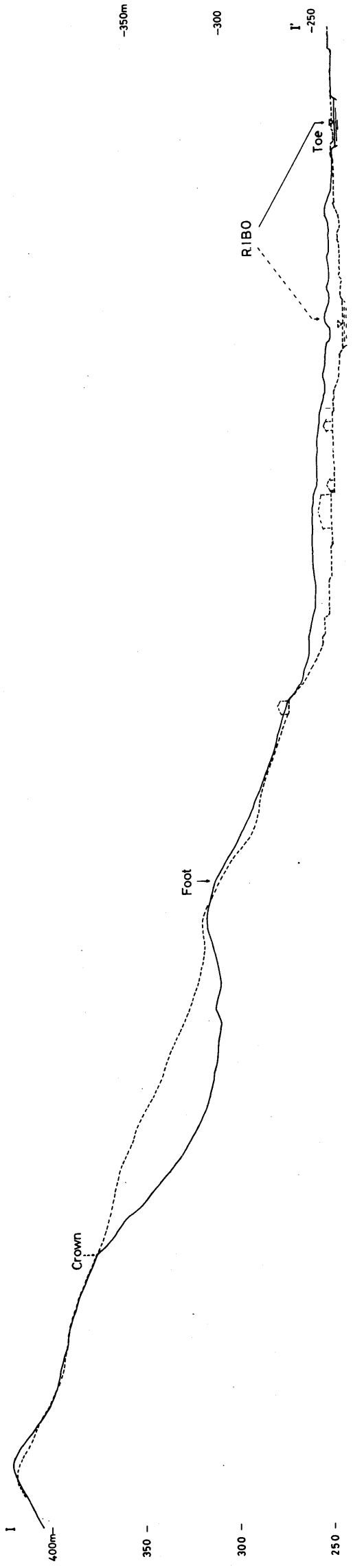
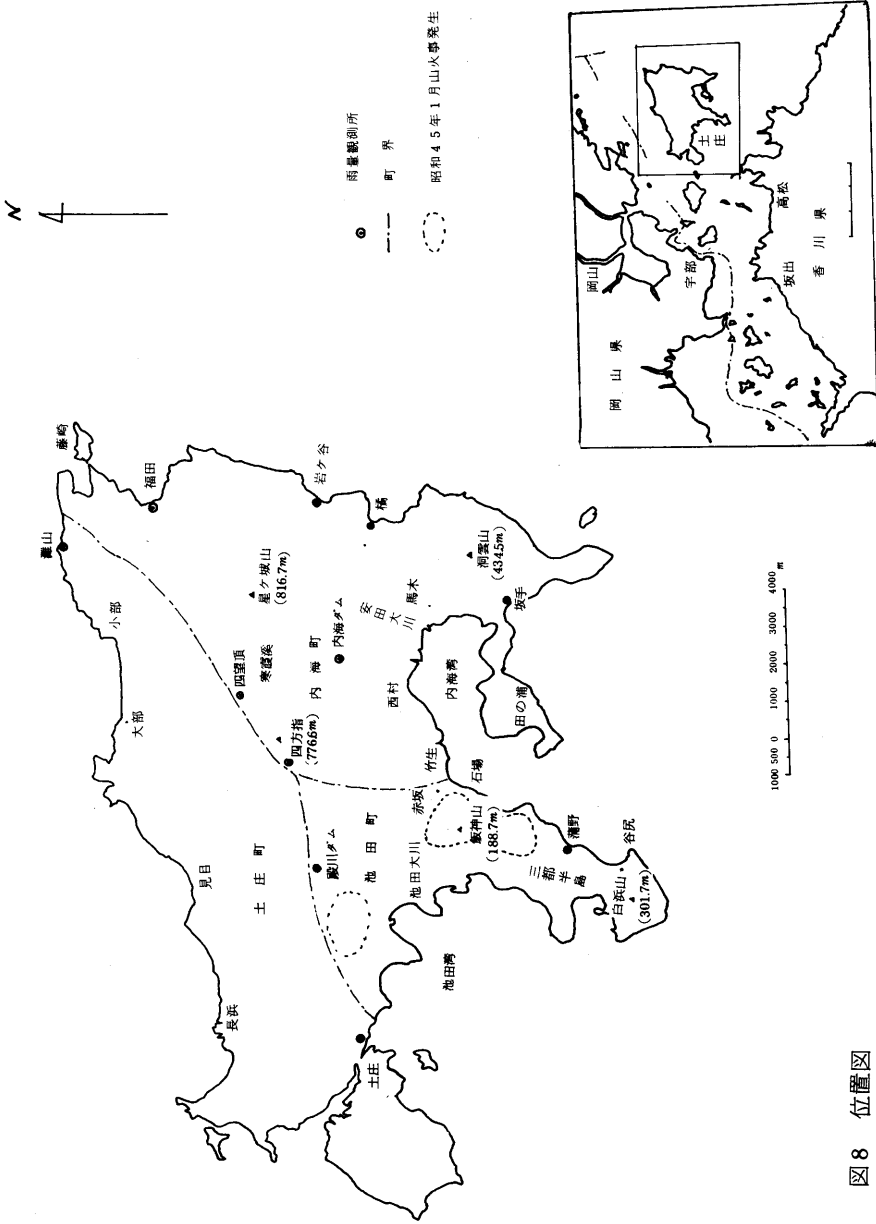


図7 一宮町西深・福知周辺の地すべり性地形と円錐状堆積地  
 閉じた実線は抜山地すべり滑動・削剝部、これに接した破線は  
 押出・堆積部。閉じた破線と斜線は比較的新しいすべり跡地、  
 その他の閉じた破線は地すべりの疑いのあるもの。点部分は谷  
 口の小円錐など土石流の影響を受けやすい場所。太い破線はリ  
 ニアメント。

図6 抜山地すべりの断面図  
 図6aは図5の I-I' 線、図6bはII-II' 線で切った。  
 縦横1:1。





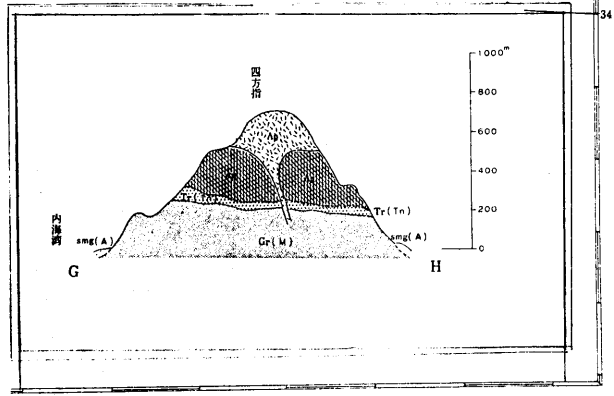


図9 地質断面図

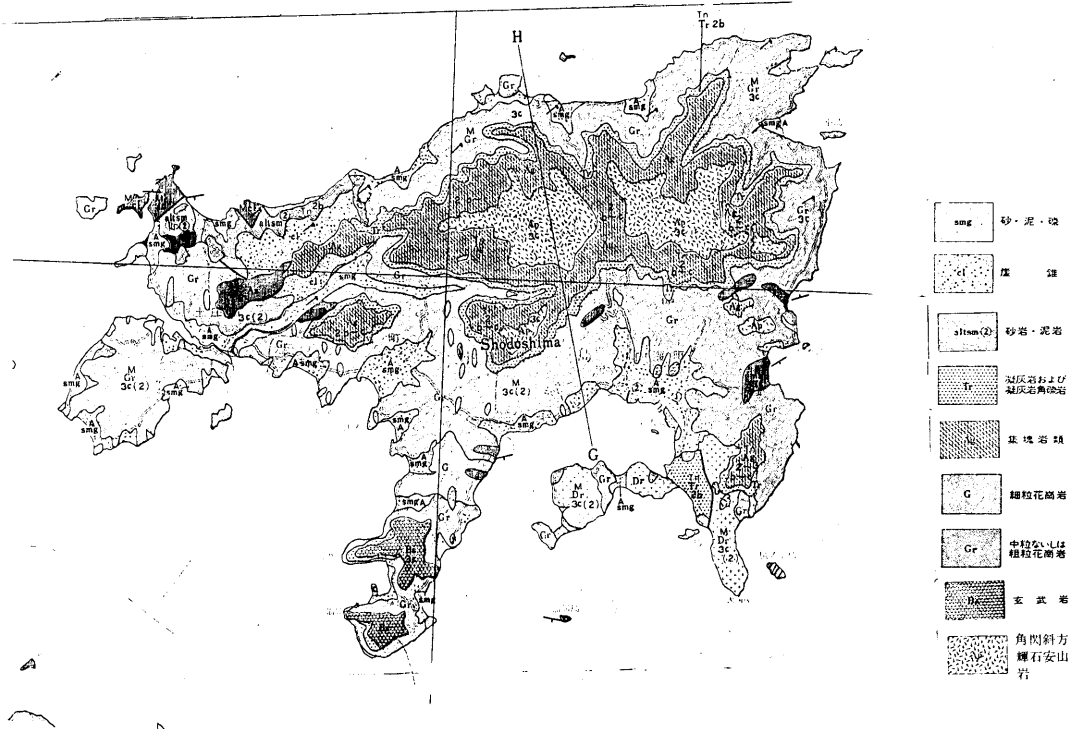


図10 表層地質図

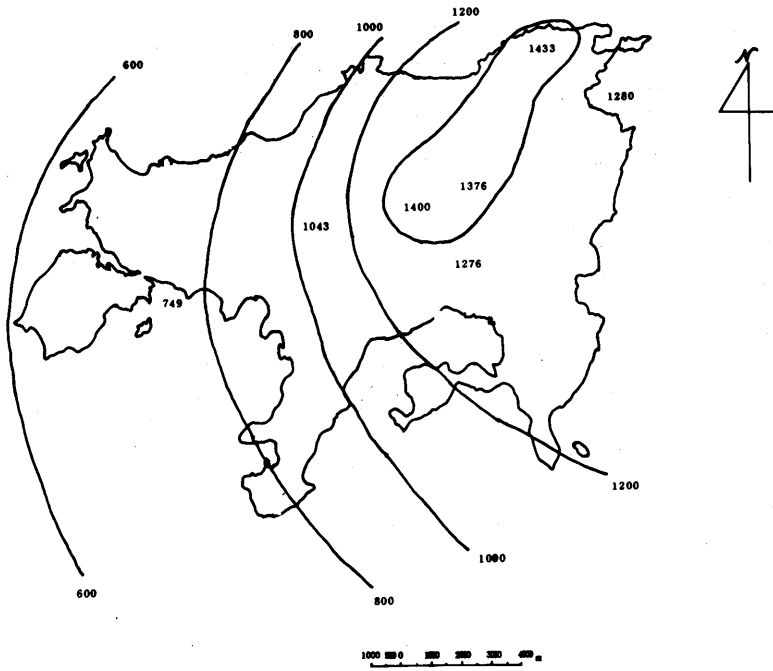


図1.1 総雨量(単位mm)  
( S. 51. 9. 8 ~ S. 51. 9. 13 )

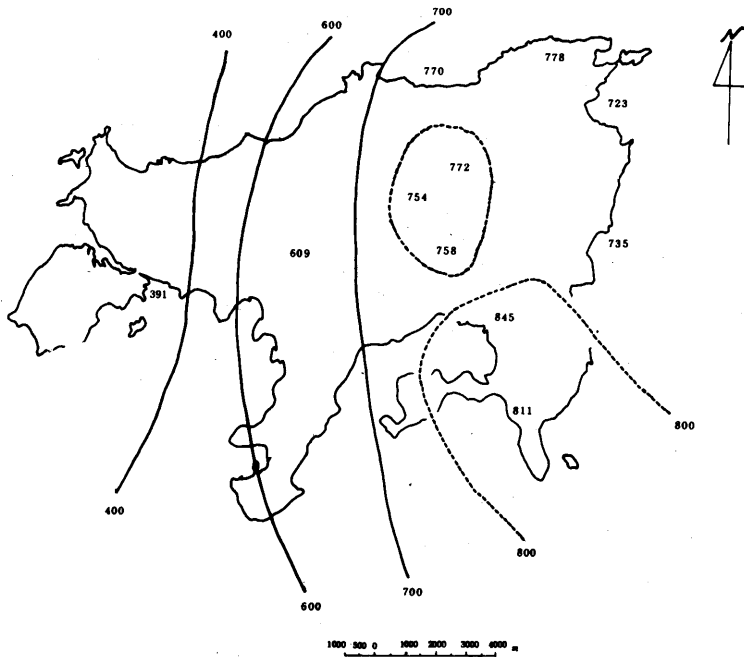


図1.2 最大日雨量(単位mm/day)

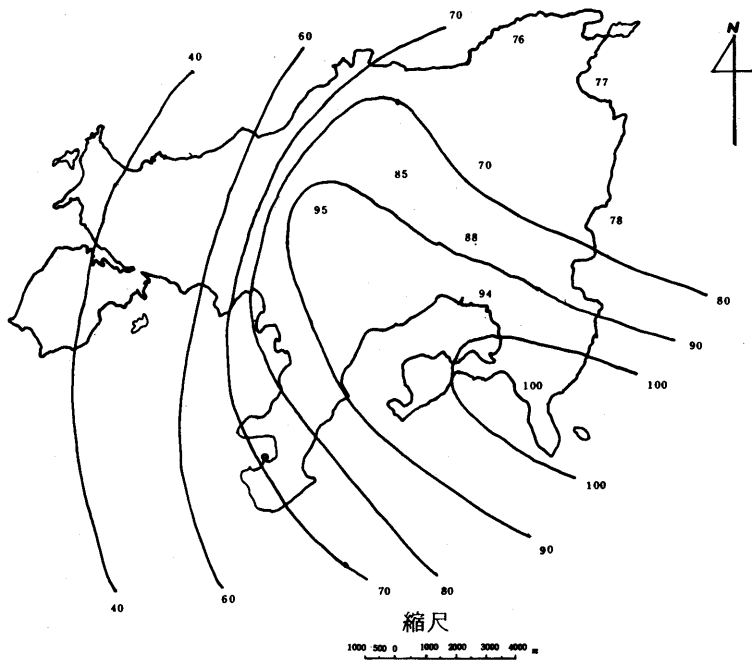


図13 最大時間雨量(単位mm/hour)



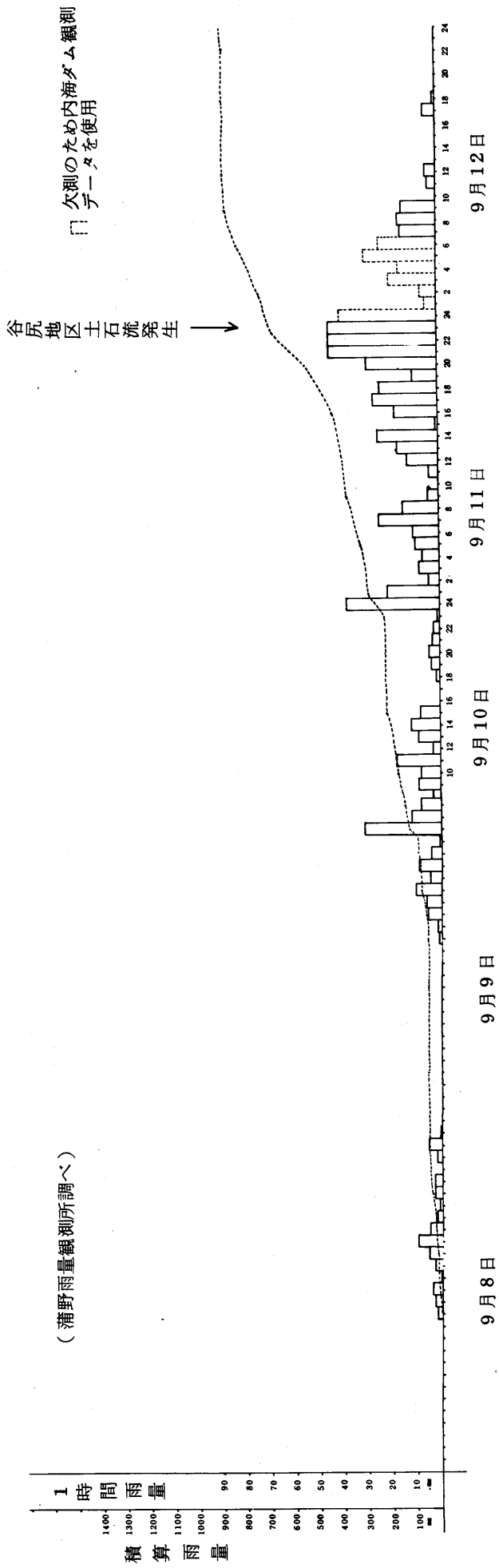


図14 降雨状況

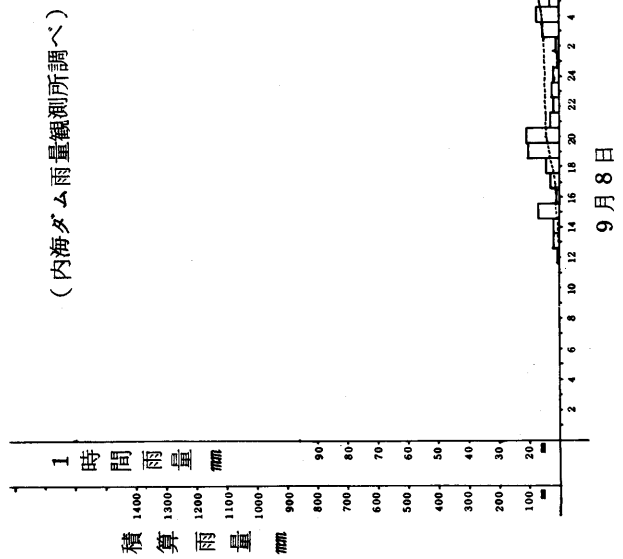


図15 降雨状況

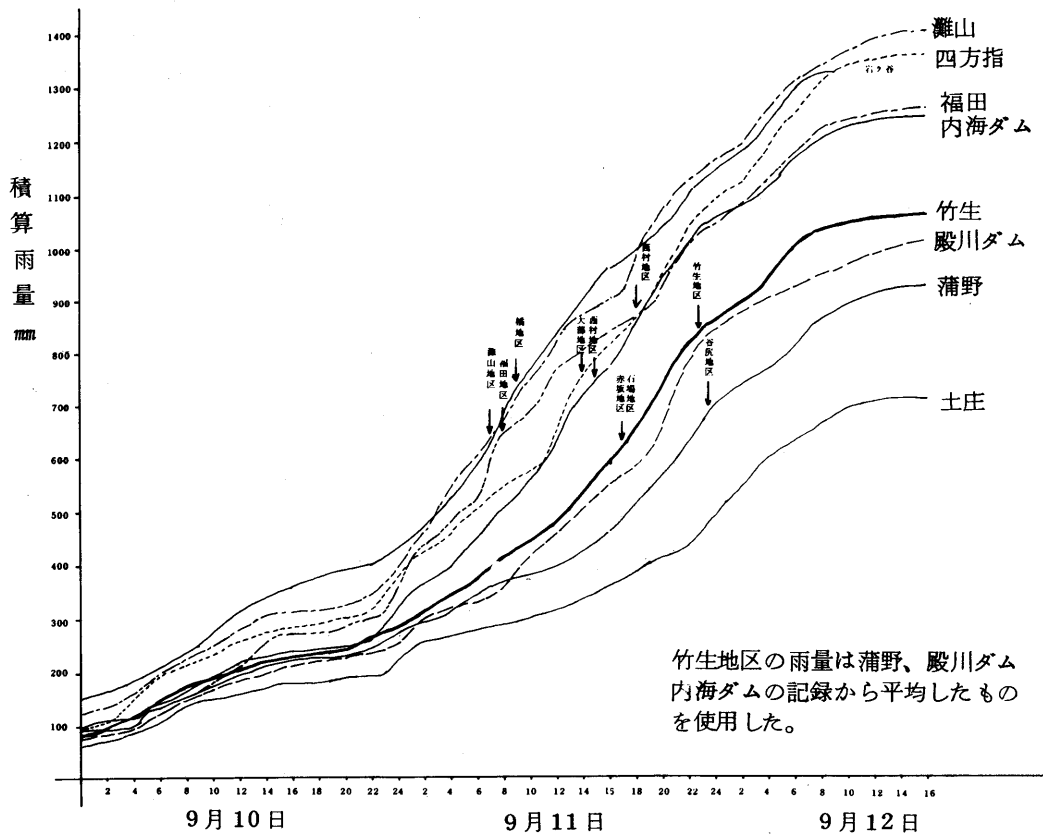


図16 積算雨量

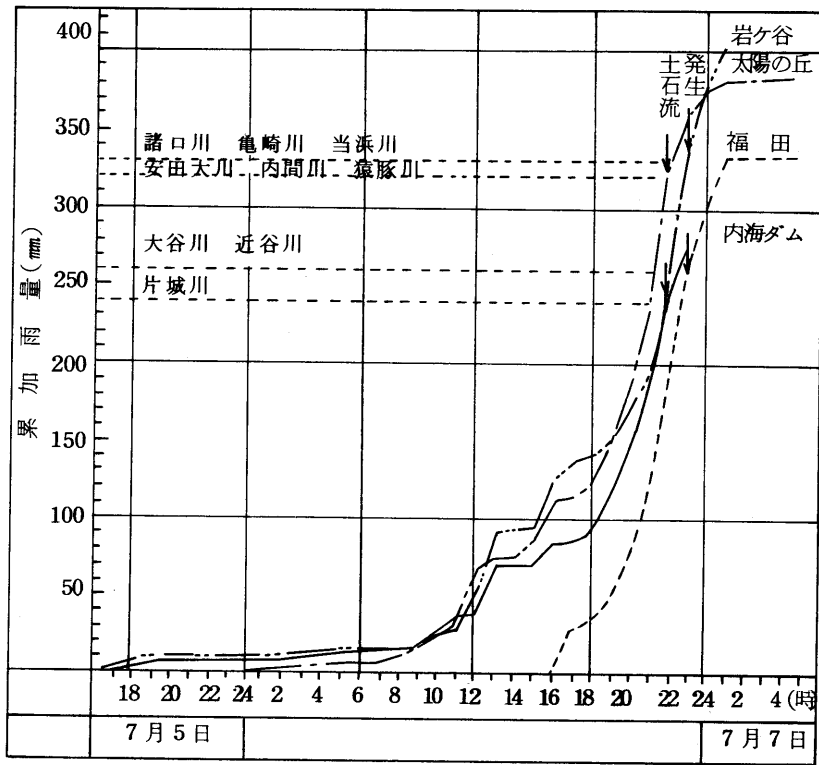


図17 累加雨量<sup>(4)</sup>

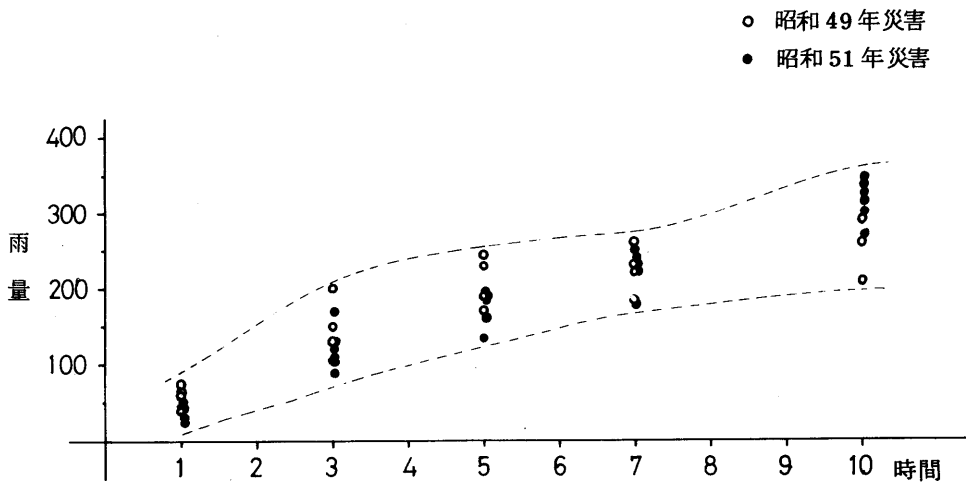


図18 土石流発生時から発生前の雨量状況

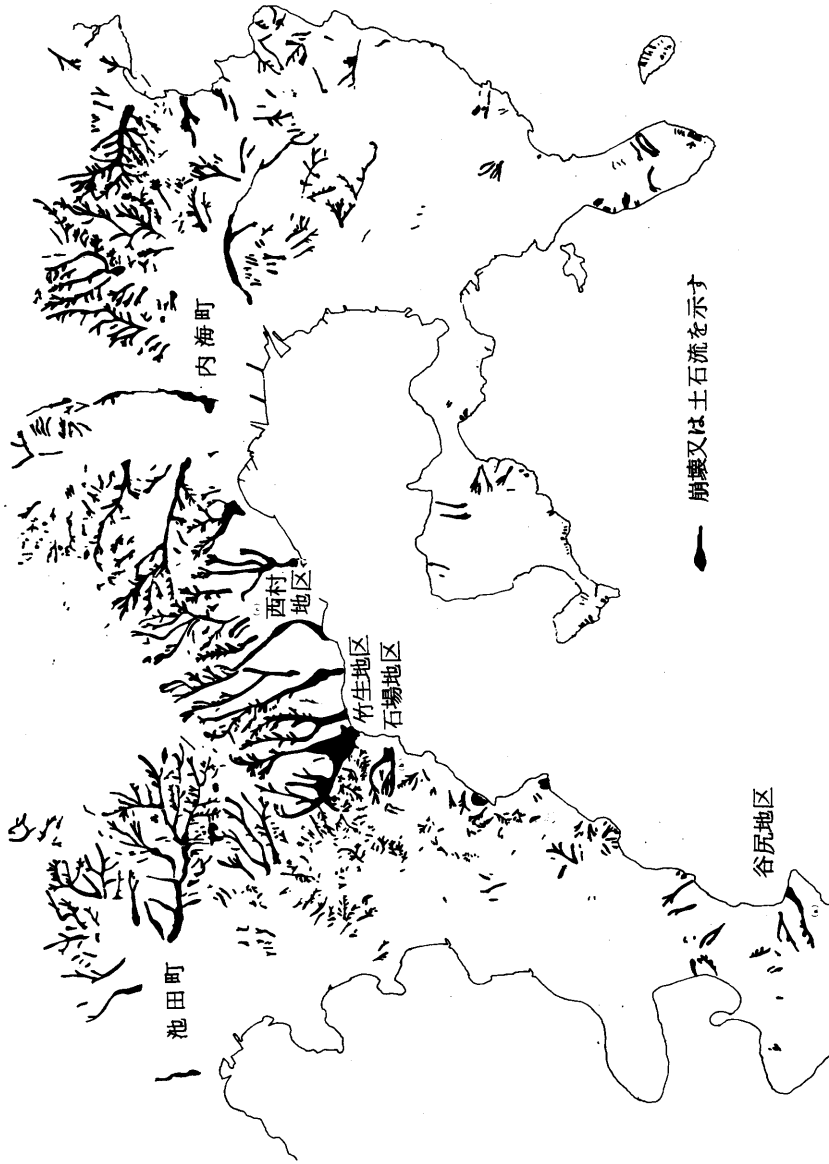


図19 崩壊、土石流発生状況

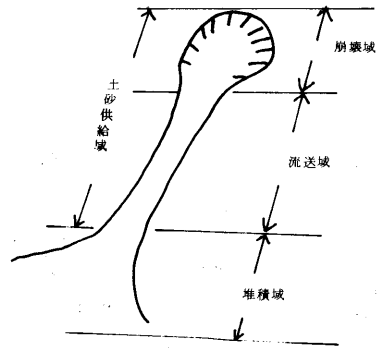


図 2 0 土石流の形態模式図

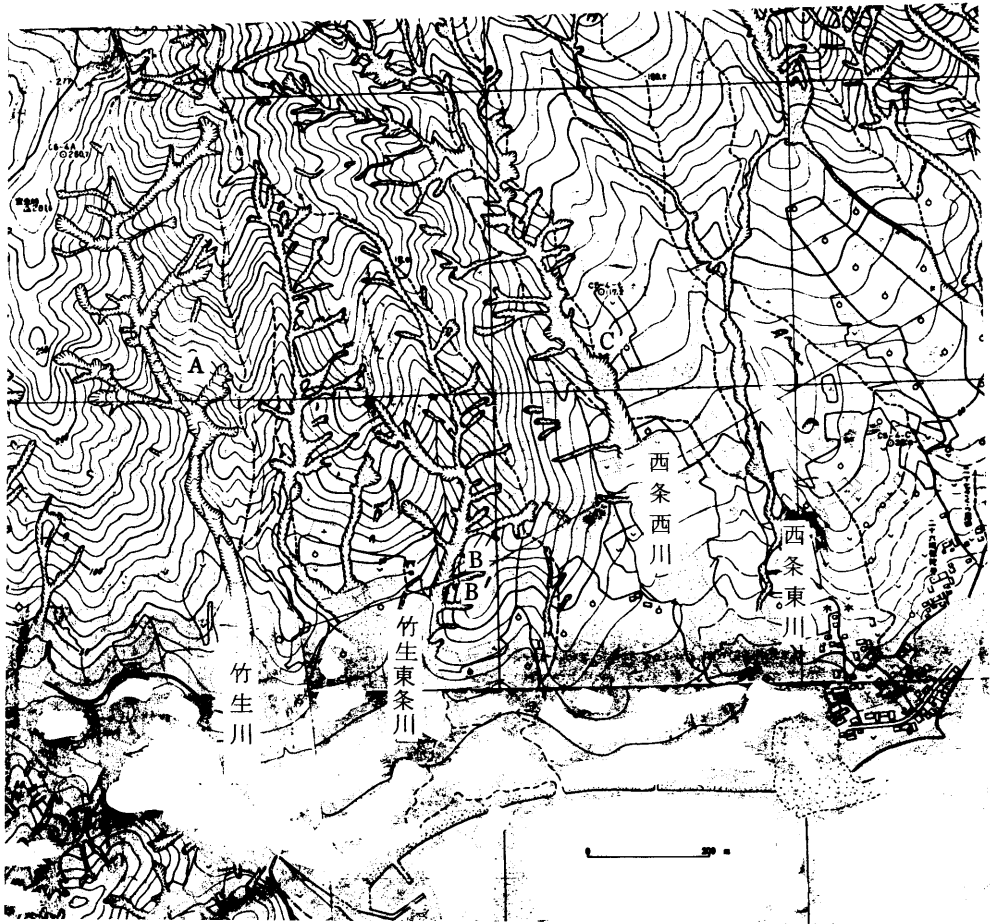


図 2 1 竹生川、竹生東条川、西条西川、西条東川流域

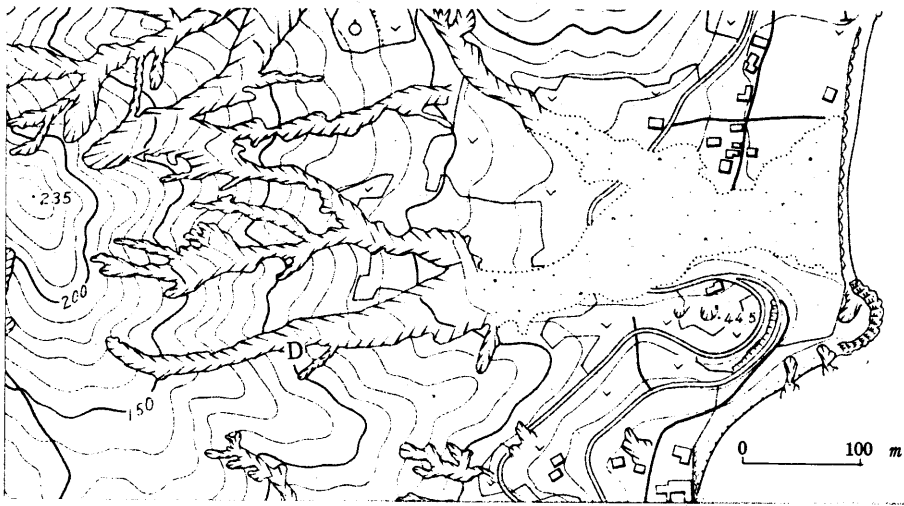


图 2 2 石場南川

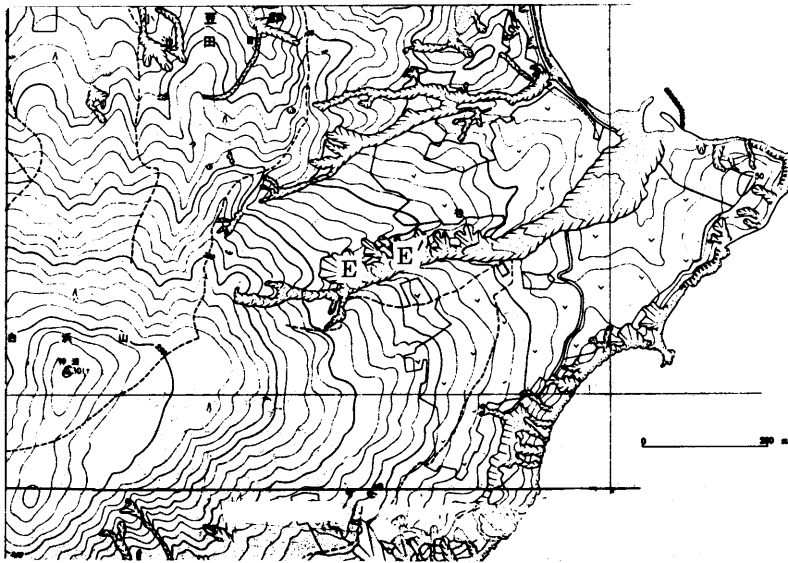


图 2 3 谷尻流域

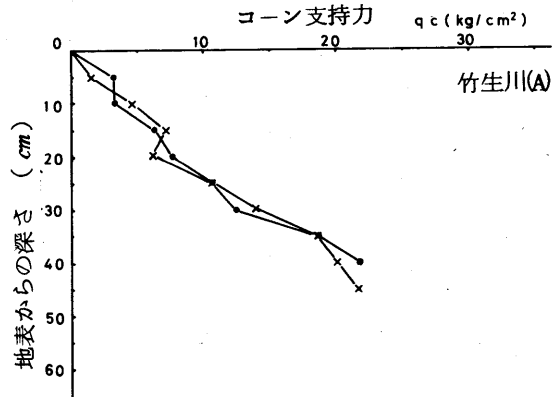


図24 コーン支持力と深さとの関係

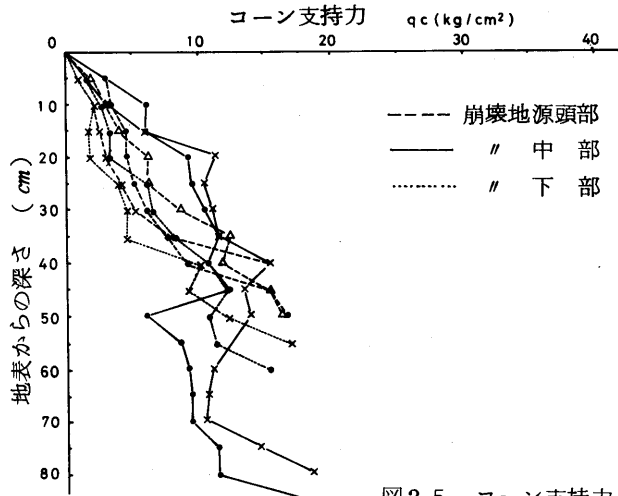


図25 コーン支持力と深さとの関係

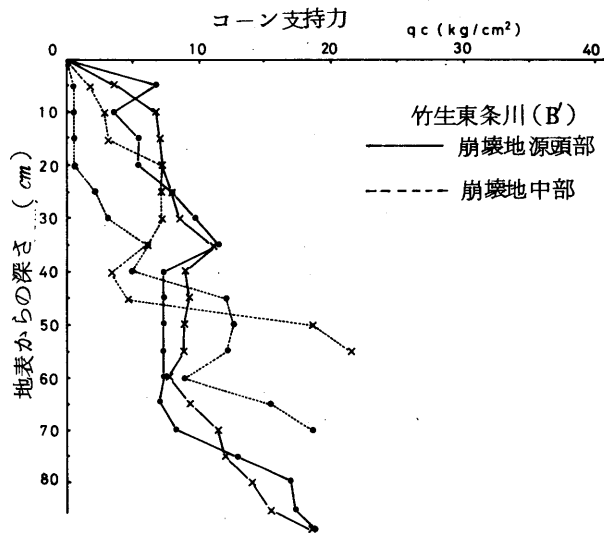


図26 コーン支持力と深さとの関係

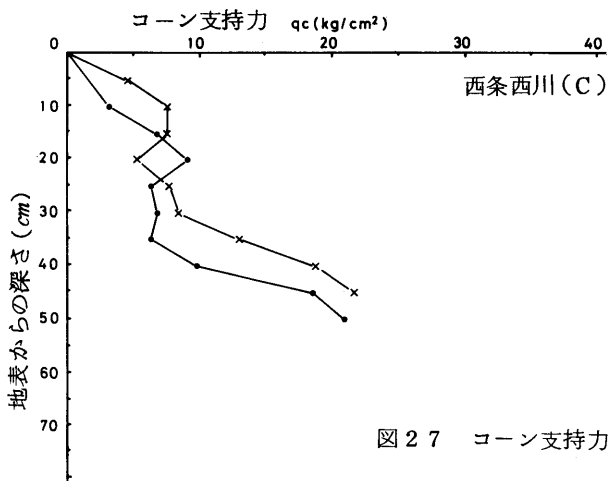


図 27 コーン支持力と深さとの関係

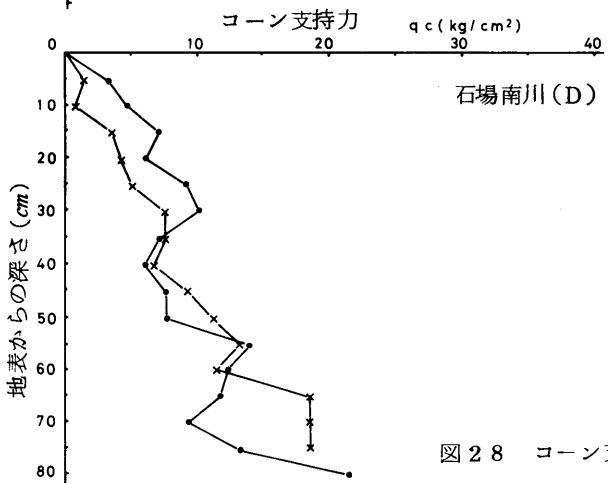


図 28 コーン支持力と深さとの関係

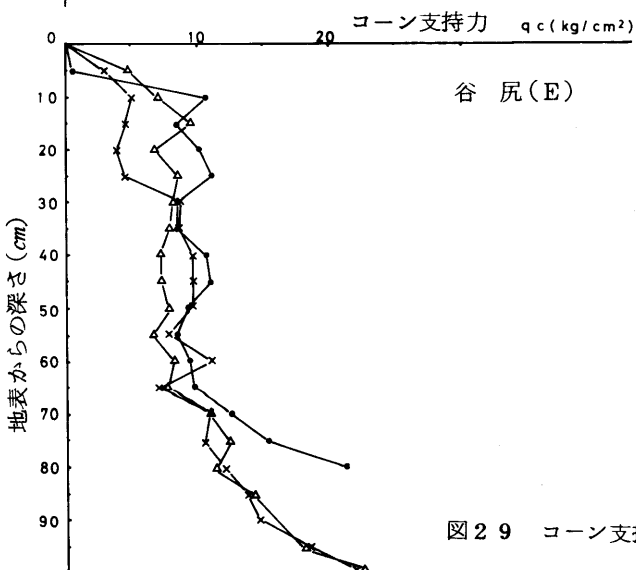


図 29 コーン支持力と深さとの関係



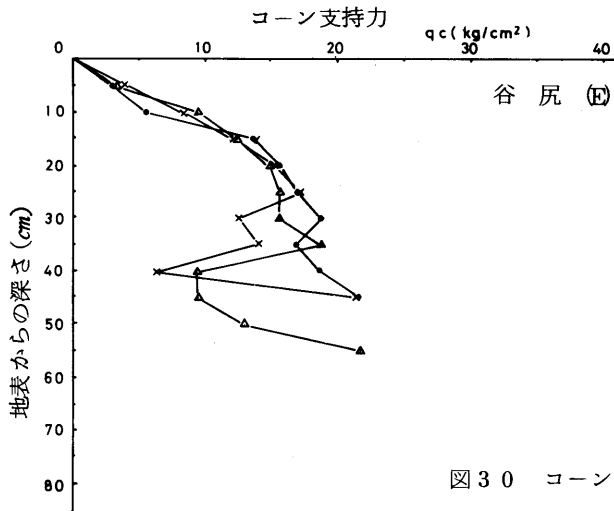


図 3 0 コーン支持力と深さとの関係

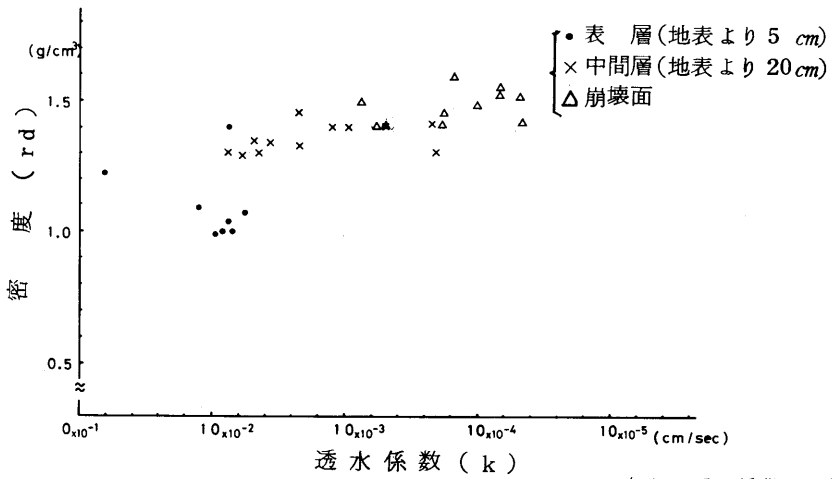


図 3 1 密度と透水係数との関係

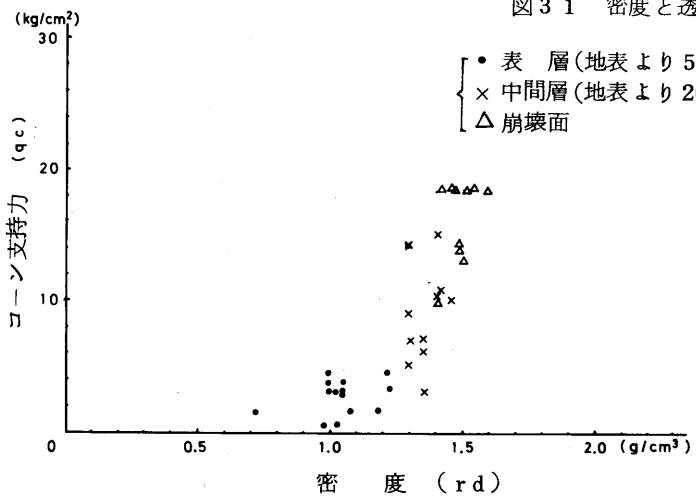


図 3 2 密度とコーン支持力との関係

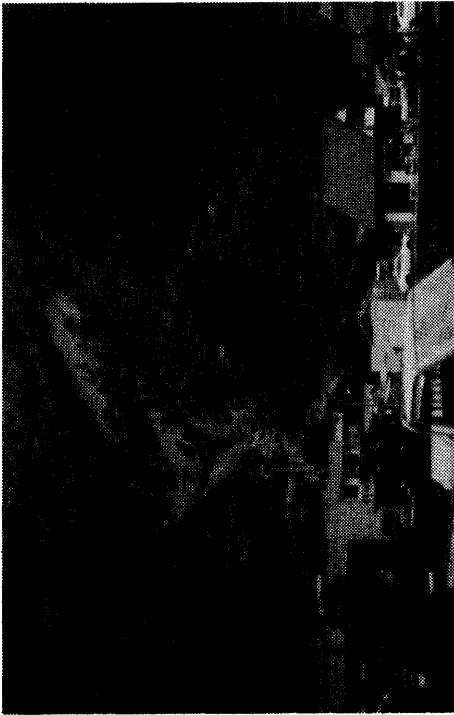


写真1

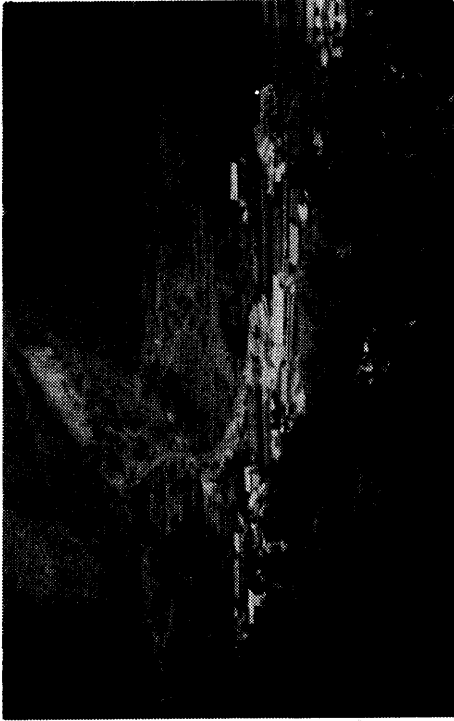


写真2

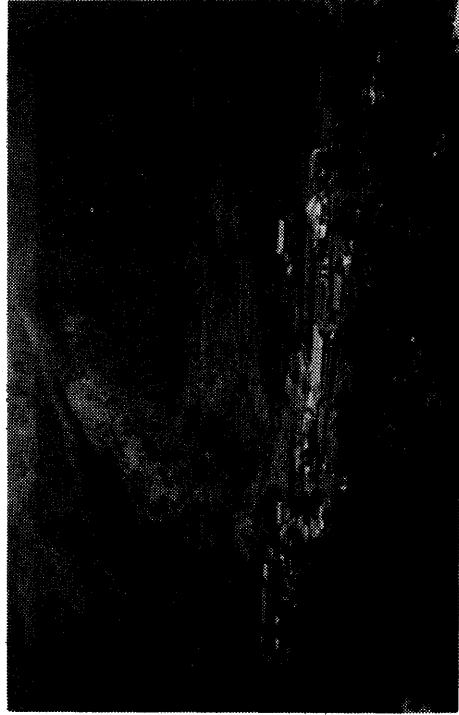


写真3

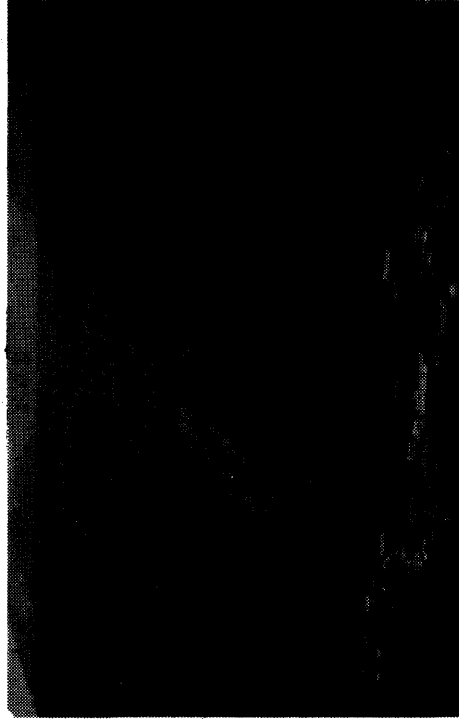


写真4

写真1～17. 昭和51年9月13日抜山地すべりの連続写真。(一宮町建設課稲田信明氏撮影・提供)

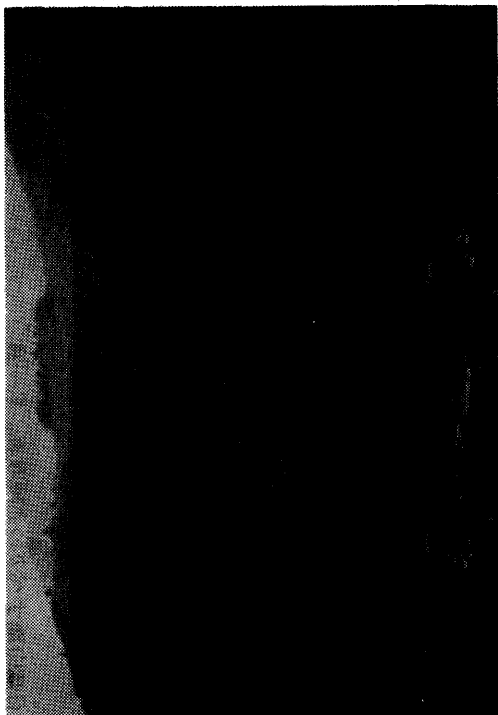


写真6

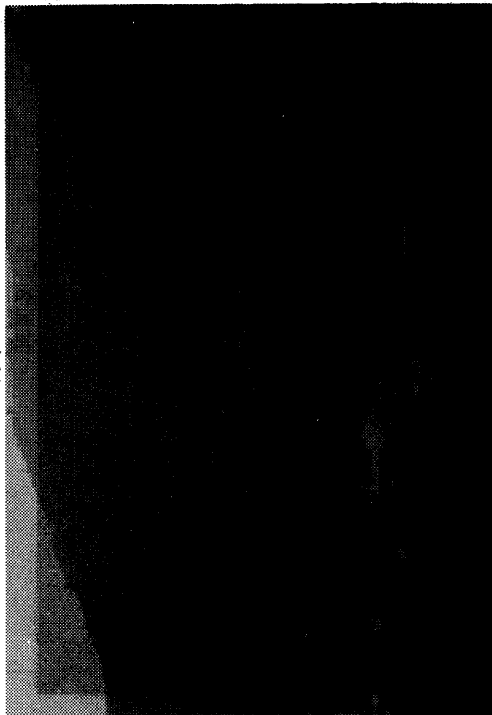


写真8

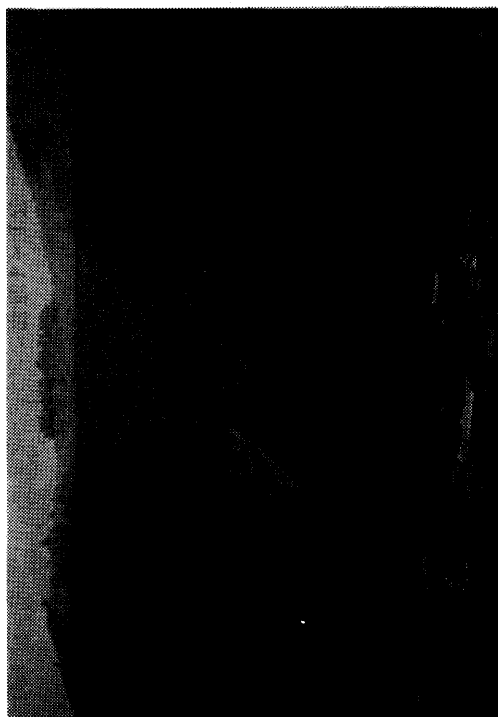


写真5

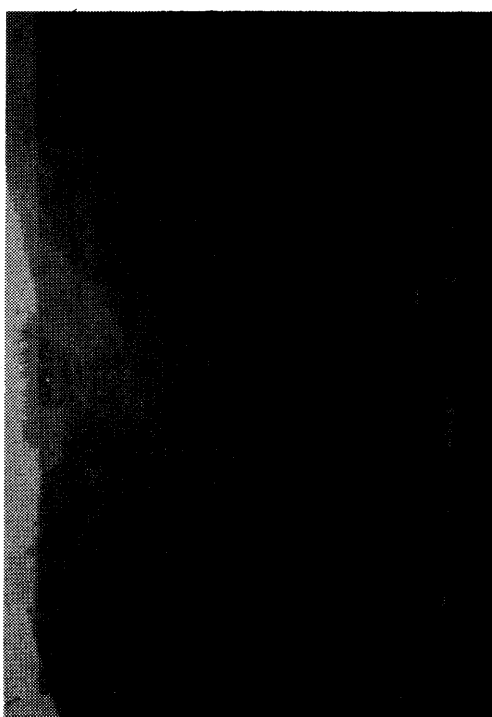


写真7



写真10

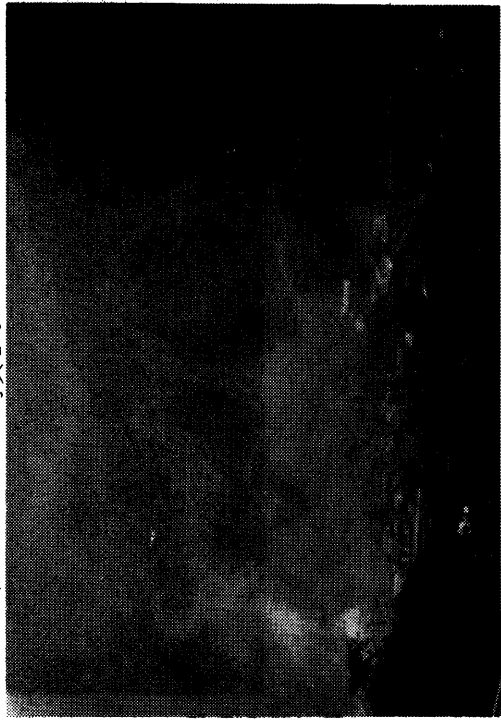


写真12



写真9

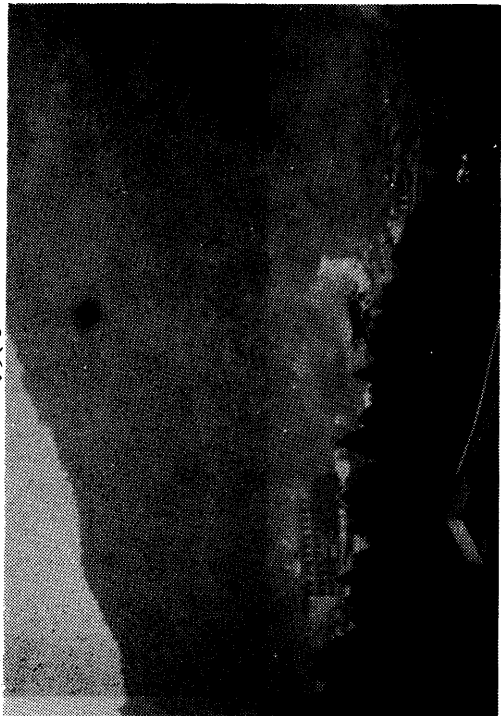


写真11

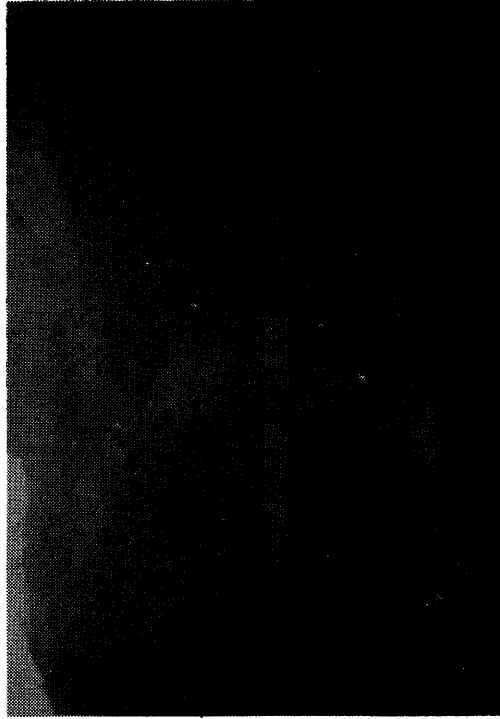


写真13



写真14



写真 15

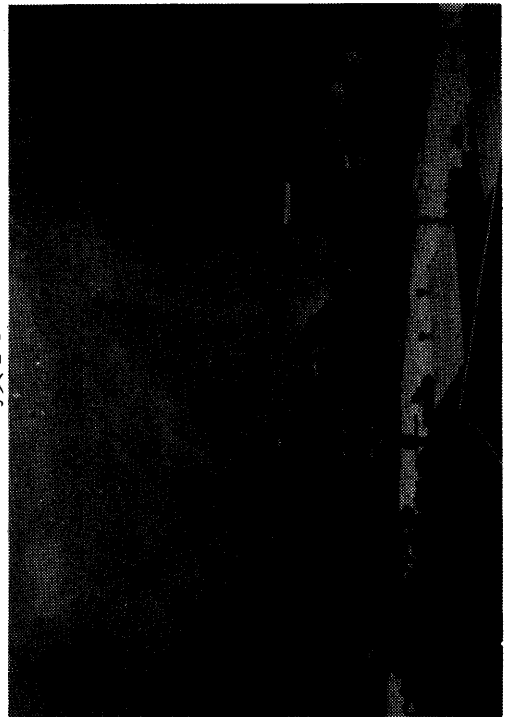


写真 16

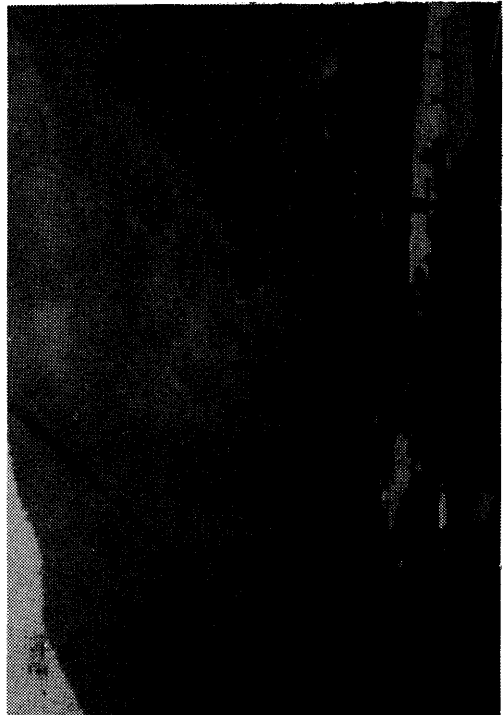


写真 17

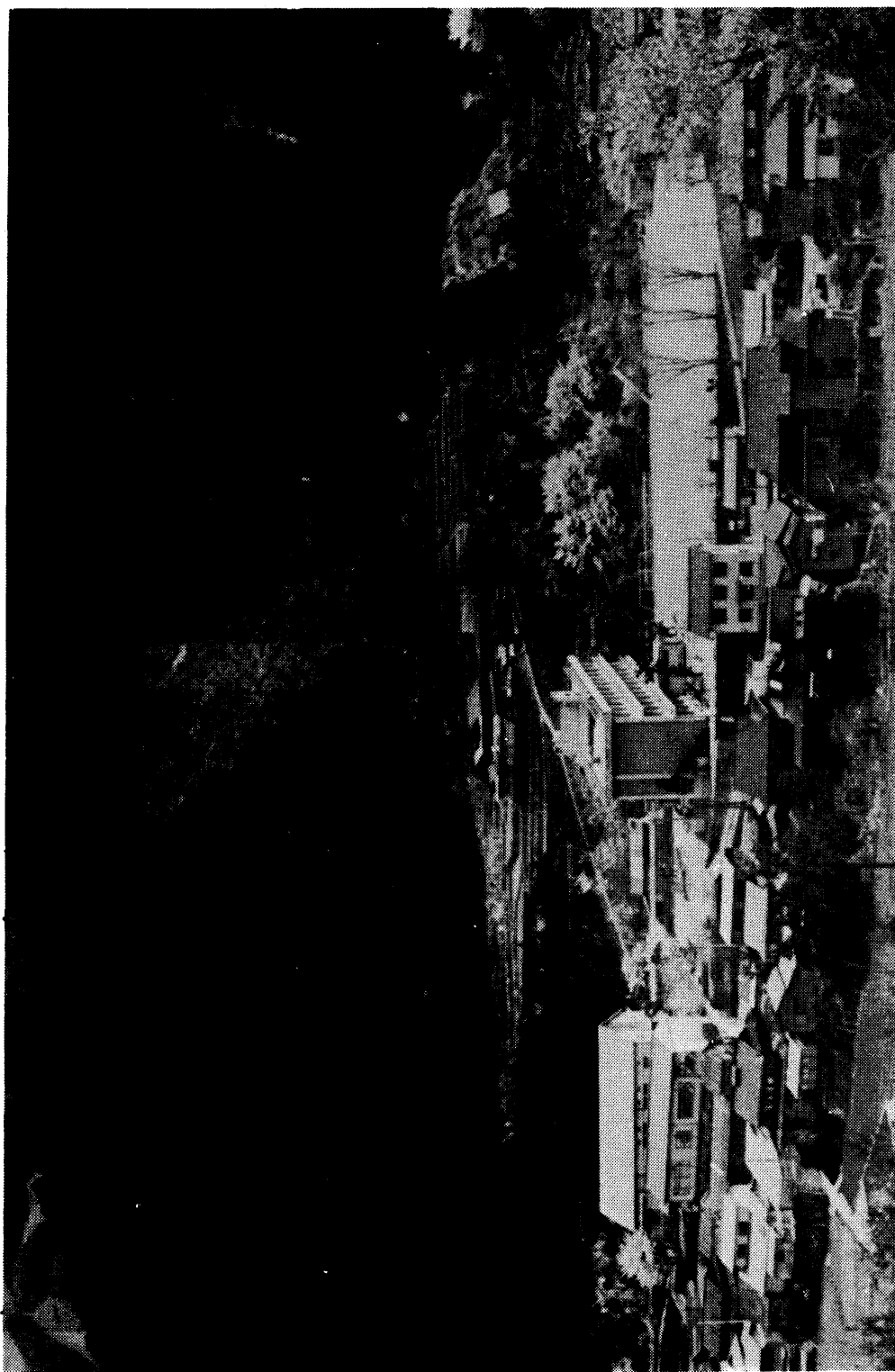


写真 18. 昭和 5 1 年春の抜山地区（一宮町提供）

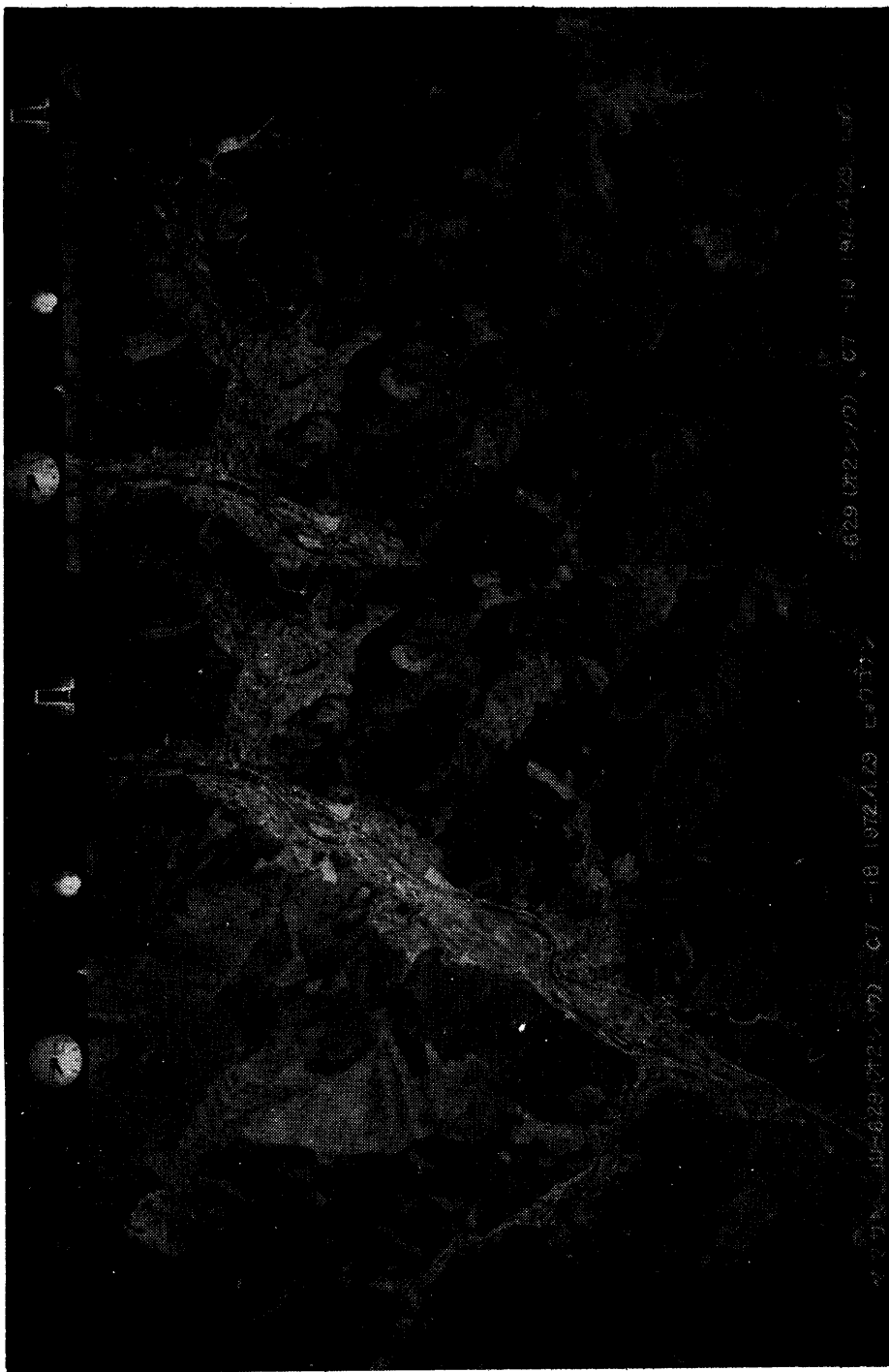


写真19. 災害前の空中写真。昭和47年4月29日林野庁撮影、縮尺  
1/2万、山-629, C7-18, 19.



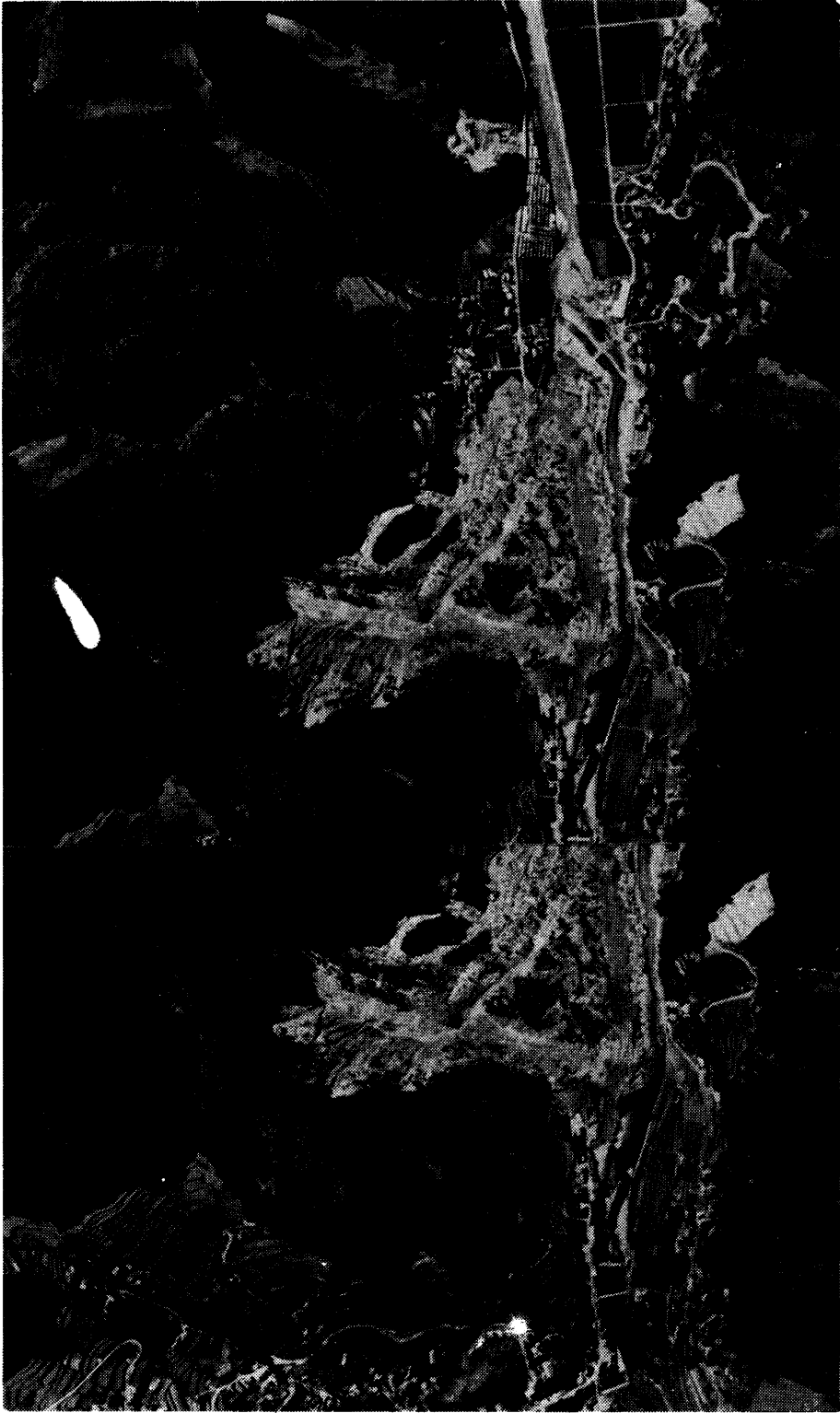


写真20. 災害直後の空中写真。昭和51年9月17日東洋航空事業株式会社撮影。原縮尺は1/8,000。コースC1.写真番号5125、5126。



写真21 抜山地すべり全景。揖保川右岸側下流部から撮影  
(写真21～25は昭和51年10月5日撮影)



写真22 抜山地すべり全景、対岸正面の墓地の撮影



写真 23 脚部付近から滑落差をのぞむ

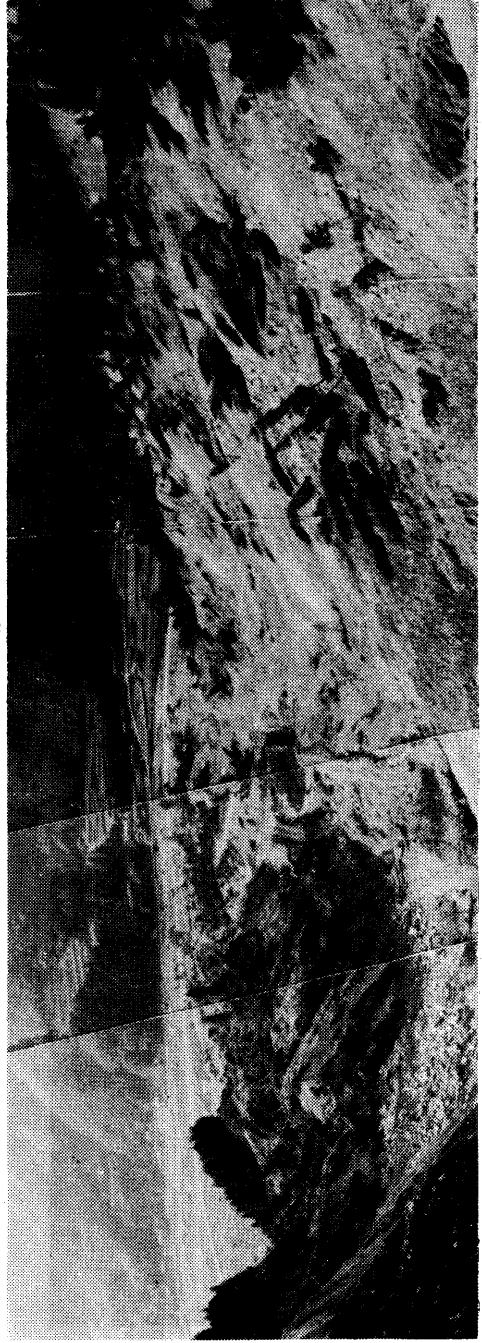


写真 24 滑落差上部からみた抜山地すべり。

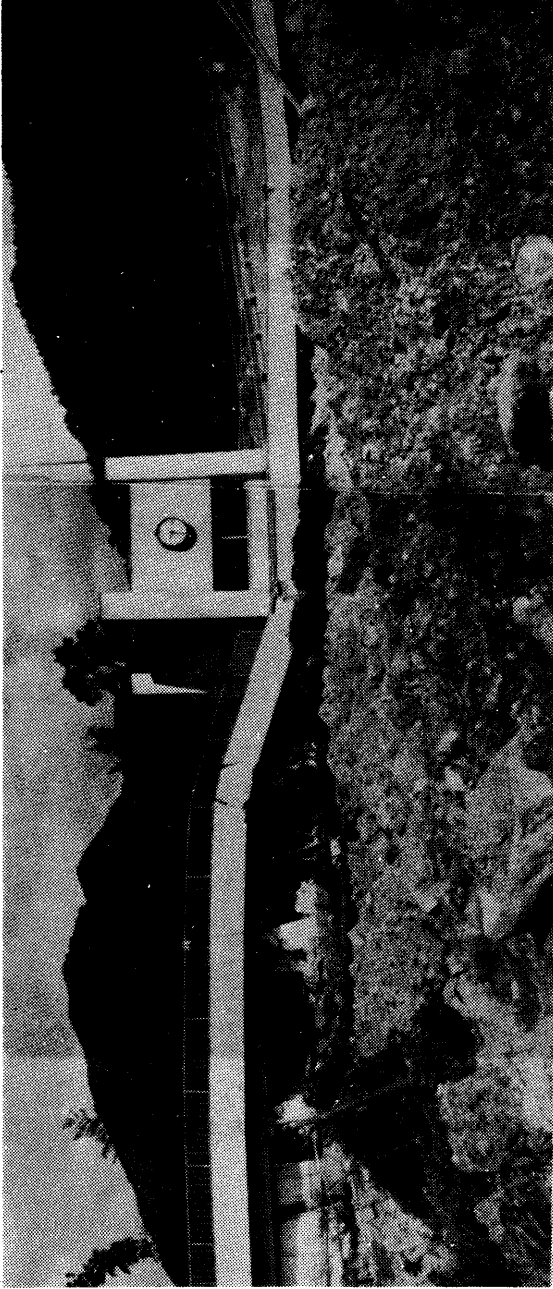


写真25 押し流された下三方小学校の校舎。三階建であった。

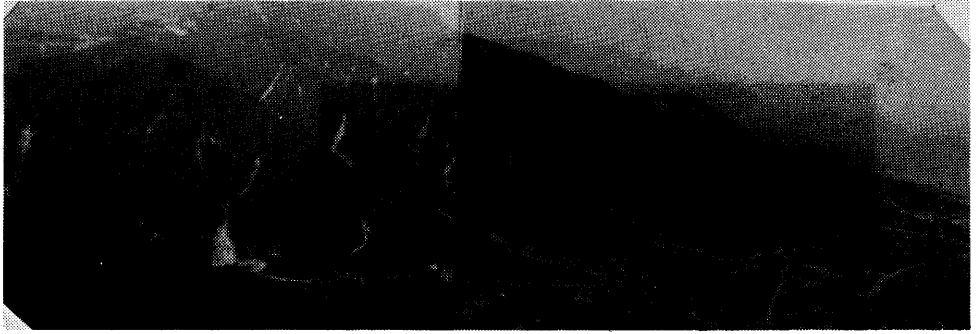


写真 26 竹生地区全景



写真 27 竹生東条川崩壊地 ( B、B' )  
向って右の崩壊地 ( B )、左が ( B' )

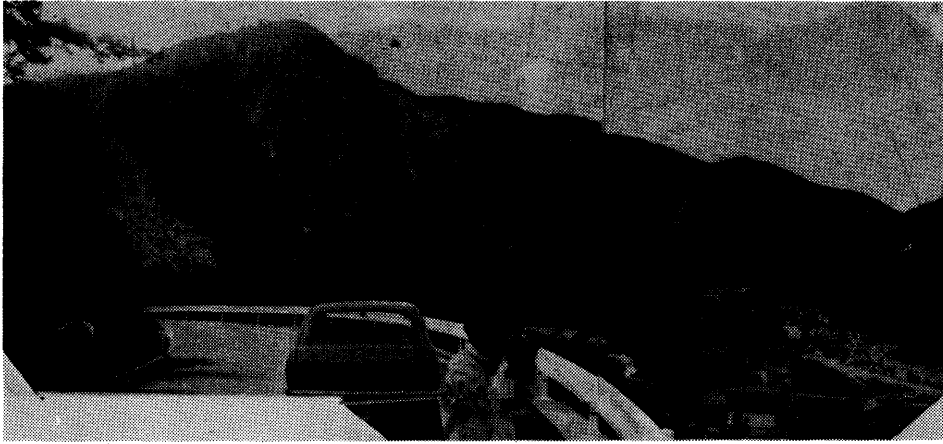


写真28 土石流災害(石場地区)  
向って左側が石場南川



写真29 土石流流送域(谷尻地区)  
向って奥の崩壊地(E) 手前が(E')

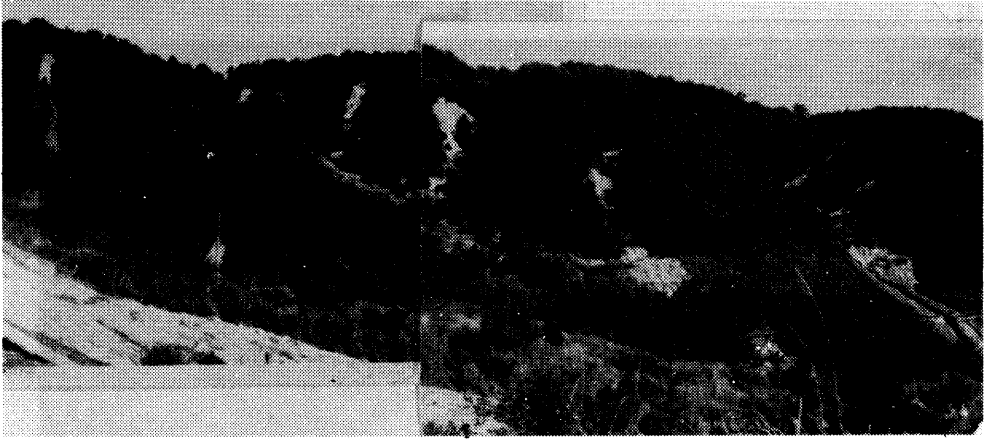


写真30 崩壊群（蒲野地区）

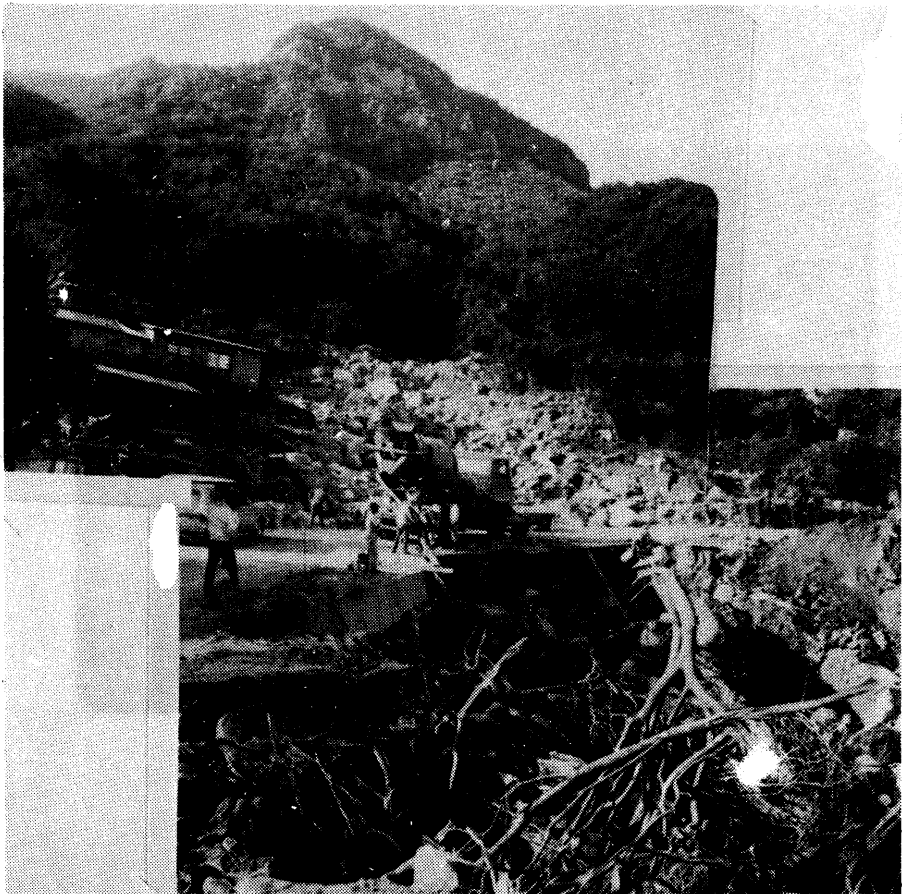


写真31 土石流災害（岩ヶ谷川）写真



写真 32 砂防ダムの満砂状態  
(池田大川上流)



写真 33 海蝕崖の崩壊(蒲野付近)



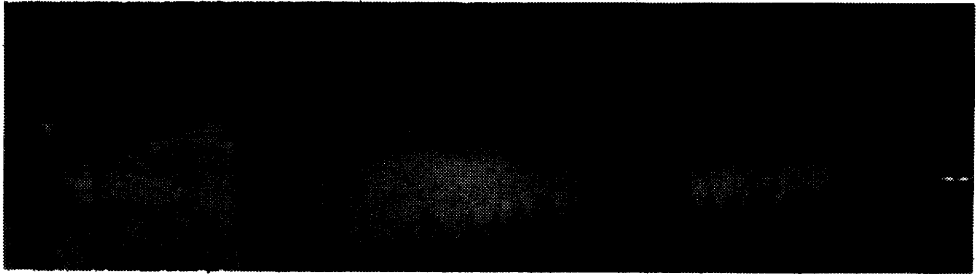


写真34 貯水池への土砂流出(馬木地区)



写真35 貯水池の砂堤(馬木地区)



写真36 池田大川下流のはん漕  
(砂もしくは小礫の堆積が目立つ)

## <空中写真>

今度の災害に関し、下表の通り収集しました。利用については、資料調査室あて連絡下さい。  
Tel. (0298)51-1611 (内)31

| 目的      | 撮影年月日      | 縮尺              | 枚数  | 種類 | 撮影会社  | 地 域                    |
|---------|------------|-----------------|-----|----|-------|------------------------|
| 水 害     | '76. 9. 13 | 15 <sup>4</sup> | 39枚 | モノ | ア ジ ア | 長良川流域、穴八町ほか            |
| 地 す べ り | 9. 19      | 8 <sup>4</sup>  | 12  | "  | "     | 兵庫県一の宮町                |
| "       | 9. 14      | 8 <sup>4</sup>  | 45  | "  | 東 洋   | 小豆島                    |
| "       | 9. 15      | 8 <sup>4</sup>  | 126 | "  | "     | 兵庫県、山崎、姫路、相生<br>生など海岸部 |

主要災害調査報告既刊一覧

- 第1号 八丈島地震災害現地調査について 昭和48年3月
- 第2号 昭和48年4月18日長野県萩之峰地すべり災害について 昭和48年7月
- 第3号 1973年6月17日根室半島沖地震現地調査報告 昭和48年10月
- 第4号 昭和49年4月新潟県新井市平丸地区及び山形県大蔵村赤松地区に発生した地すべり災害現地調査報告 昭和49年8月
- 第5号 1974年伊豆半島沖地震現地調査及び観測報告 昭和49年11月
- 第6号 1975年4月大分県中部に発生した地震災害現地調査報告 昭和50年7月
- 第7号 垂水市牛根麓および熊本周辺の災害現地調査報告 昭和50年10月
- 第8号 昭和50年8月6日青森県岩木町百沢地区および山形県北部に発生した集中豪雨災害現地調査報告
- 第9号 1975年8月17日台風5号による高知県中部の災害現地調査報告 昭和51年1月
- 第10号 昭和50年8月台風6号による石狩川洪水災害および渡島支庁国道5号線斜面崩壊災害調査報告 昭和51年3月
- 第11号 51.1 豪雪の積雪現象および積雪災害に関する広域調査報告  
昭和51年8月
- 第12号 1976年台風第17号による長良川地域水害調査報告 昭和52年3月

昭和52年3月25日 印刷

昭和52年3月30日 発行

編集兼  
発行者 国立防災科学技術センター  
茨城県新治郡桜村栗原4,489-1  
電話(0298)51-1611 郵便番号300-32

印刷所 有限会社 新英堂印刷  
東京都千代田区神田神保町2-19