

ISSN 0386—5878
土研資料 第1913号
マイクロフィルム 第 号

土木研究所資料

下地蔵寺地すべり調査報告書

昭和58年3月

建設省 土木研究所
砂防部 地すべり研究室

Copyright© 57年度 by P. W. R. I.

All rights reserved. No part of this book may be reproduced by any means, nor transmitted, nor translated into a machine language without the written permission of the Director of P. W. R. I.

この報告書は、土木研究所長の承認を得て刊行したものである。したがって、本報告書の全部又は、一部の転載、複写は土木研究所長の承認を得ずしてこれを行なってはならない。



下地蔵寺地すべり調査報告書

まえがき

四国中央部を東西に横断する中央構造線南側に分布する地すべり地域を地質学的に分類すると三波川結晶片岩地帯、御荷鉾緑色岩類帯、秩父累帯の地すべりに大別される。一般にこれら地すべりは、第三紀層黒色泥岩地帯の地すべりに比較して規模が大きく、移動範囲が明確ではなく、すべり面位置の地質的判定が困難、台風等の集中豪雨時に短期間に大移動を示すと言われている¹⁾。

これら破碎帯地すべりについては、最近になって調査研究が精力的に実施され、特に結晶片岩地帯の地すべりについては多数の報告がなされている。^{2),3),4),5)}

御荷鉾帯は泥質岩と塩基性火成岩がともに弱い変質を受けた岩石からなり⁶⁾、さらにこの地質は断層運動により著しく破碎され、多数の小断層が派生的に発生し、緑色岩の岩質とともに破碎された部分は著しい風化が進行している。三波川結晶片岩地帯の地すべりと比較して、地すべり土塊は粘土化が著しく、厚い粘土帯を形成しているものと推測され、土地利用の面から見ても、三波川帯の地すべりは、傾斜畑が主であるのに対し、御荷鉾帯では、地下水が豊富に存在し、比較的高い標高まで水田が開かれている。このように、三波川結晶片岩地帯の地すべりといくつかの相違点が見られるが、御荷鉾帯の地すべりについての調査報告は比較的少ない。そこで御荷鉾帯の地すべり発生機構及び運動特性を把握し、有効かつ適切な防止工法を見いだす事を目的として下地蔵寺地すべりについて諸調査、観測を実施した。その結果を報告するものである。

本資料は昭和52年度より昭和56年度まで主として地すべり研究室で実施した調査観測結果⁷⁾を検討し、御荷鉾緑色岩類地すべりの機構及び特性と調査手法、対策工法について考察したものである。御荷鉾緑色岩類地すべりの調査、防止対策を担当される技術者の参考になれば幸いである。最後に本調査を行なうにあたり御援助下さった高知県土木部砂防課、ならびに本山土木事務所の方々、また地すべり研究室歴代の担当者の方々、およびいろいろお手伝い下された地すべり研究室の皆様に感謝の意を表します。

昭和57年12月

建設省土木研究所

藤 田 寿 雄
吉 松 弘 行
福 井 義 隆

目 次

1. 地すべり調査概要	1
2. 所在地及び地形地質概要	3
2.1 地下構造	3
3. 地質調査	4
3.1 弾性波探査	4
3.2 ボーリング調査	4
3.3 テストピット掘削	5
3.4 土質試験	6
4. 地盤変動量調査	14
4.1 伸縮計	14
4.2 地すべりのブロック分け	14
4.3 地盤傾斜計	15
4.4 孔内傾斜計	16
5. 間隙水圧調査	37
5.1 地下水調査	37
5.2 水質分析	38
5.3 揚水試験, 地下水追跡	39
5.4 排水量測定	40
6. 安定計算	53
7. 地すべりの機構	55
7.1 発生機構	55
7.2 運動機構	55
7.3 対策工法	55
参考文献	58

1. 地すべり調査概要

表-1に昭和52年から昭和56年までの5年間に実施した調査内容を示す。次に各種調査観測位置を図-1の下地蔵寺地すべり平面図に記す。まず地盤調査としては、地すべり全域の変状状態や地下構造の概要を把握するために、地表踏査、弾性波探査（高知県実施）、ボーリング調査（一部高知県）を行なった。次に正確な地下構造の肉眼による観察と土質試験用不攪乱試料の採取を目的としてテストビット（直径1.5m、深さ10m）を2基掘削した。地盤変動量調査としては、水管式傾斜10台を地すべり全域に設置し、B測線では、地すべり頭部と思われる箇所より、地蔵寺川溪岸の地すべり末端と思われる箇所まで約300mにわたり、30台の伸縮計を設置した。更にすべり面の確認と土層の垂直的な挙動を観測するための孔内傾斜計を4箇所に設置した。地下水位調査は、ボーリング調査時の孔を利用し、水位観測や間隙水圧計の観測を実施した。また、地すべり対策工として施工された横穴排水ボーリングの排水流量観測を行なうとともに地すべり地内の各所で見られる湧水について、その水系区分を行なうため水質分析を実施した。

表-1 調査実施項目

調査内容 \ 年度		S 5 2	5 3	5 4	5 5	5 6
地盤調査	ボーリング調査	△○	△○	○	○	
	テストビット		○	○		
	室内土質試験		○	○	○	
地盤変動調査	伸縮計	○	○	○	○	○
	地盤傾斜計	○	○	○	○	○
	孔内傾斜計			○	○	○
	パイプ歪計	△	△			
	測 量		△	△		
地下水調査	間隙水圧調査	○	○	○	○	○
	地下水位調査		△			
	地下水検層	△(51年度)				
	湧水量観測	○	○	○	○	○
	揚水試験 地下水追跡	○	○			
	水質分析	○	○			
雨量観測		○	○	○	○	○

○高知県土木研究所 △高知県

△高 知 県

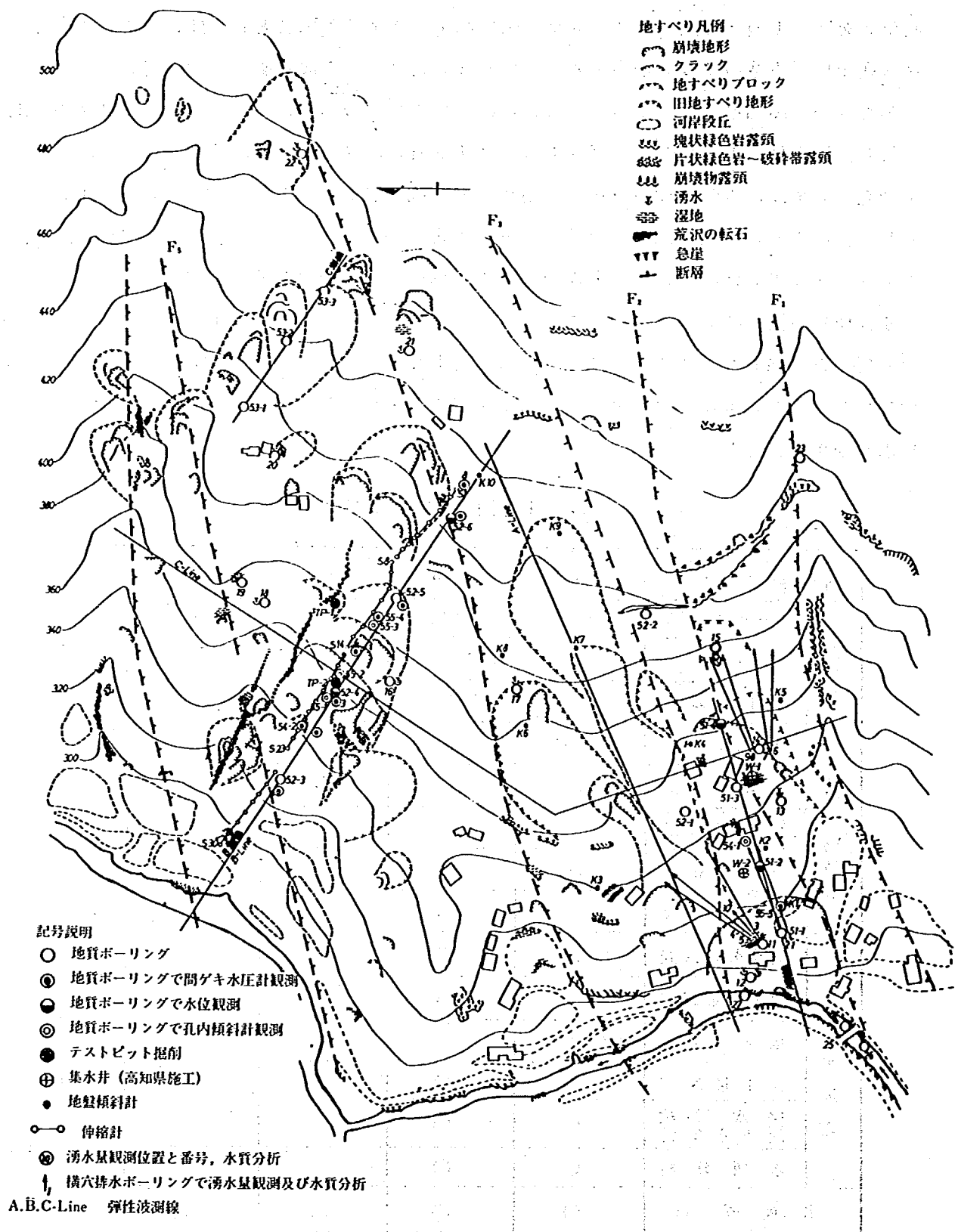


図-1 下地蔵寺地すべり平面図

2. 所在地及び地形地質概要

下地蔵寺地すべりは、高知市の北方約16km、吉野川支流地蔵寺川右岸の大森山中腹に位置し、近年では昭和51年9月台風17号による集中豪雨（連続雨量1290mm）で公共施設及び民家に被害を与えた地すべりである。

当地区は、標高300～500mレベルで比較的緩傾斜地区と急傾斜地区に区分され、地すべりは主として緩傾斜地区に発生している。斜面勾配と地形の関係は、 5° ～ 10° の傾斜相当地区が旧期河岸段丘面、 12° ～ 15° の地区が段丘面下部からの地すべり発生跡地、 20° ～ 30° が段丘面に山腹から崖錐が堆積した跡～地すべり地帯に相当している。

地すべり地内には、地すべり地形の特徴としての明瞭な滑落地形や馬蹄形地形は観察されず、至る所に表層小崩壊地形が見られる。地すべりの南限には深いV字形の谷、北限には比較的浅い荒れ沢が存在し、この両沢によって地すべり範囲は規制されている。地すべりは地表踏査、航空写真等より観察し、地形特性と移動方向で判断すると北西斜面と南西斜面の2つのブロックに区分される。北西斜面の地すべりは南西斜面のそれに比較して急斜面であるが、南西斜面は旧期の段丘地形が反映した階段地形を呈している。（図－1参照）

2.1 地下構造

同地すべりの地質は前述のとおり、地向斜堆積時の海底火山活動の産物とみなされている御荷鉾緑色岩であるが、地すべり北端で三波川結晶片岩帯に接し、その境界部には、幅10～30mの石英脈が介在し、地すべり地区では、中央構造線と平行に $N60^{\circ}\sim70^{\circ}E/60^{\circ}\sim70^{\circ}N$ 方向のF1～F6まで6本の断層が確認されている。

3. 地質調査

3.1 弾性波探査

この調査は地すべり地全域における概略的な地下構造を把握する事を目的で高知県が実施したものである。

図-2(a),(b),(c)は図-1に示すA-Line, B-Line 及び, 両測線を横断するC-Line で得られた解析結果である。

この結果より, 以下に示す速度帯に区分される。

○第1速度層(0.3~0.5 Km/sec)は表土, ルーズな崖錐堆積物に相当し, 2 m前後の厚さで調査全域を被っている。

○第2速度層(0.6~1.2 Km/sec)は, 崩積土に相当し, 上位の0.6~0.8 Km/secは粘土分が比較的多く含水した層を表わしているものと推定される。一方, 下位の0.8~1.2 Km/secは段丘堆積物や礫の混入が多く良く締った層に相当し, 一部粘土化した強風化破碎岩を含むものと推定される。上位層の分布はA測線において地蔵寺川より水平距離100 m地点まで5~10 mの層厚で分布しているが, B測線では2~3 mと薄い。横断方向では地すべり活動が認められるブロックの地域のみこの速度帯が分布するという非常に興味ある様相を呈している。他方, 下位層の分布は各測線とも平均5 m内外の層厚で一様に分布している。

○第3速度層(1.2~2.4 Km/sec)は全体に片理や亀裂が発達した風化岩あるいは破碎岩に匹敵するものと推定される。

層厚は20 m内外で斜面全体に分布する。

○第4速度層(4.6~5.0 Km/sec)は片理や亀裂はあるが, 比較的新鮮で硬質な安定岩に相当する。しかし, 横断方向の測線で5本の低速度帯(2.6~2.8 Km/sec)の存在が認められた。

第4速度帯は斜面末端の地蔵寺川の緑色岩露頭に一致し, 上位の層もここにほぼ終束をみる。

3.2 ボーリング調査

ボーリングは昭和52年より毎年継続的に実施された。

図-3(a),(b),(c)は各測線での代表的な地質柱状図を示す。

図-4はA, B, C各測線のボーリング調査により得られた地質断面を示す。両図より, 地すべり斜面の代表的な地下構造を判断すると下記の特徴があげられる。

1) A測線沿いの斜面では崖錐堆積層15~20 m前後にも及ぶが, B測線沿いで5~8 mと薄くなり, 更にC測線沿いでは3 m程度となる。現地踏査及び航空写真等の判断から, C測線ほど斜面の傾斜もきつくコアの破碎も激しく, 表層が豪雨時に流出している可能性があるものと推測する。

2) 棒状コアとして採取が不可能に近い強風化層も上述の断層及び破碎帯の影響を多分に受けているものと思われ, A測線では, 地表面より3 m程度, 所により, 直接安定岩となる箇所

もある。B測線では地表面より5 m前後、C測線では13 m程度に強風化層の発達をみる。

3) 粘土層はA, B測線とも崩積土中及び風化岩との境界部に10~50 cmの厚さで発達している箇所が多い。C測線では強風化岩中に発達しており、水を加える事より容易に粘土化しやすい事が判明している。

3.3 テストピット掘削

断層の破碎作用の程度と土層厚の関係及び地下構造の肉眼による観察、土質試験用不攪乱試料(一辺30 cmの立方体)の採取を目的としてテストピット(ϕ 1.5 m, 深さ10 m)の掘削を行なった。位置は図-1 T.P.-1, T.P.-2として示した。T.P.-1⁸⁾は昭和53年に実施したものであり、図-5(a)にその展開図を示す。地表から3.3 mまでは、現位置風化土により被われて角レキ~亜角レキの輝緑緑色岩の混入も見られる。地表より3 mで地下水が認められ、3.1~3.3 mにレキの混入が殆どない青灰色粘土層が分布し、難透水層を形成している。また青灰色粘土層と下位の強風化岩とはシャープに分離している。4.5 m以深は比較的固結度の高い緑色岩となるが全体的に片理面が発達し、所々にシームを挟在した状態がピット底面まで続く。T.P.-2^{8),9)}によると地表から0.5 mは表層土で腐植物片を含有するシルト質粘土(I, II)で0.5~0.8 mは、青灰色粘土Ⅲ及びその下位を占める褐色風化火山灰(Ⅳ)から構成され、 ϕ 3~4 cmの角礫を含んでいる。0.8~1.5 mは青灰色礫混り土(V)で、基質はSortingの悪い砂質粘土で茶褐色斑が発達している。1.5~2.0 mは礫の混入も少なく砂分も同様に少ない。主として表層土すべりのすべり面となる可能性が高い緑色岩を起源とする青灰色粘土(Ⅵ)で粘性も大きい。2.0~2.1 mは亜円礫の結晶質石灰岩礫を混入する茶褐色礫混り土(Ⅶ)である。2.1~5.7 mでは上位が青灰色砂質粘土(Ⅷ)で、下層は茶褐~黄褐色礫混り土(Ⅸ)であるが、長柱状、葉柱状の風化緑色岩礫を混入している。この層は、基質と礫の風化程度が相違する事、同一層準でも礫の風化程度に差異が見られる事、更に5.5 mで茶色強風化岩礫が集中し、2.6~2.9 m及び3.8~4.1 mに緑色岩を起源とする青灰色砂質粘土(X), (Ⅺ)が挟在するが、横方向の連続性に乏しい事等から過去の地すべり活動により生じた崩積土であると考えられる。

5.7~6.3 mにはすべり面となる可能性が高い青灰色粘土(XⅢ)が挟在している。6.3~6.7 mには酸化第二鉄によって赤茶褐色に汚染されているが岩組織の残留している粘土層(XⅣ), 7.3~8.2 mは含水比が高く、地下水の浸み出しが著しい茶褐色礫混り粘土(XⅤ)が存在し、下位の層界は漸変している。8.2 m以深は、節理の発達が著しい風化緑色岩(XⅥ)で節理を中心に粘土化が進行している。

このテストピットの地質断面は、四国のいわゆる破碎帯地すべりの地表地質は基岩から由来した風化角礫岩塊などとそれらを充填する多量の風化土から構成され、この地層の堆積構造は基岩を不整合に被覆し、基岩との間に埋没地形面を形成しており、基岩と岩屑堆積物の間に粘土層を生じているという結晶片岩の地すべり地質断面概念図⁹⁾と一致している。南西斜面にお

いても集水井戸掘削の際、深度 11.0 m の礫混り粘土より木片が採取され、 C^{14} の年代測定によれば 33,240 ± 3,950 B.P. 年という値が得られており、深度 11.0 m 以深は風化緑色岩で T.P.-2 と同じ地質断面の様相を呈している。

3.4 土質試験

T.P.-1, T.P.-2 で採取した不攪乱試料より土質物理特性試験及び力学試験を実施した。当初、不攪乱試料そのままによる力学試験を考えていたが礫の混入が多く供試体成形が非常に困難で結局 2.0 mm フルイを通過したスラリー試料により試験を実施した。図-6 に物理特性、表-2 に力学特性を示す。図より自然含水比 (W_n) を考察すると、崩積土では粘土と礫の卓越した箇所が存在する理由により広い範囲に値がバラついているが、崩積土では平均 10 ~ 20 % 前後、風化緑色岩は 5 % 前後の値を示す。単位体積重量 (γ_t) は水置換法を採用した結果多少大きな値が得られている。崩積土は 22.5 g/cm^3 程度、崩積土中の風化緑色岩礫が 26.5 g/cm^3 程度となった。比重 (G_s) は T.P.-1 の崩積土・風化緑色岩とも 3.0 前後、T.P.-2 で 5 m 以浅は 2.75 それ以深が 2.85 程度であり、全体に T.P.-1 > T.P.-2 の値を得た。以上の試験結果より考察すると、比較的地下水の変動が激しく、汚染や溶脱などによる事が物理特性の違いの一要因と考える。

粒度組成は、崩積土中で粘土の卓越する箇所、粘土分が 30 % 程度、礫分が 40 % 前後を示し、礫の卓越する箇所は 10 ~ 20 % の粘土分、60 ~ 70 % の礫分を示す。稠度は崩積土と風化緑色岩では大きな差は認められず P.L. が 10 数 % ~ 20 数 %、L.L. が礫の卓越性により、バラツキが大きく 20 数 % ~ 60 数 % 程度となる。物理的性質での特徴は自然含水比の高い所では、P.L., L.L. が大きく示される。力学試験は、三軸圧縮試験、リングせん断試験、繰返し一面せん断試験の各方法で残留強度を測定した。これら各種の試験結果から、B 測線沿いでは内部摩擦角 ϕ'_r が 20° ~ 26°、粘着力 C'_r が 0 ~ 0.075 Kg/cm^2 となり、 ϕ'_r と斜面勾配とはほぼ一致する。これに対し、A 測線沿いの集水井より採取した試料の $\phi'_r = 29^\circ$ 、 $C'_r = 0$ となり斜面勾配より 4° ~ 5° ほど大きな値を得た。次に黒色泥岩と御荷鉾緑色岩の粘土の活性化を調べるため Skempton によって提唱された手法¹⁰⁾

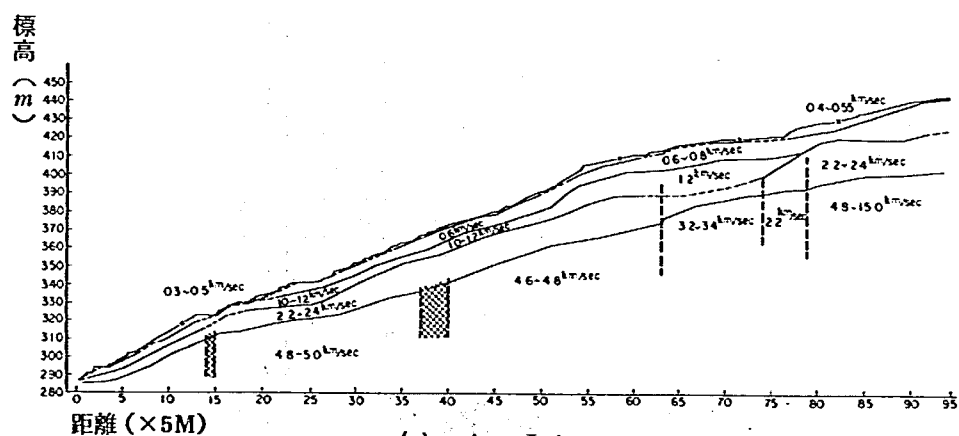
$$\text{粘土の活性} = \frac{\text{塑性指数}}{2 \mu \text{ 以下の粘土含有量}}$$

により解析すると図-7 となる。下地蔵寺地すべりでは粘土の活性が 0.83 ~ 1.96、第三紀層黒色泥岩地すべりでは 4.0 となり Skempton による粘土の活性分類に従うと、御荷鉾緑色岩は Normal 3 ~ Active 4 の範囲であり、黒色泥岩は Active 5 に分類される。Skempton によれば Active 5 にはモンモリロナイトだけが知られていると報告しており、黒色泥岩地帯の地すべりとモンモリロナイト鉱物の関係については布施¹¹⁾が詳しいが、モンモリロナイト類の粘土鉱物が黒色泥岩層に広く分布し、地すべりは粘性流動を起こしやすいと報告していることから、粘土の活性値から判断して、御荷鉾緑色岩は黒色泥岩に比較して活性化しにくい工学的性質を

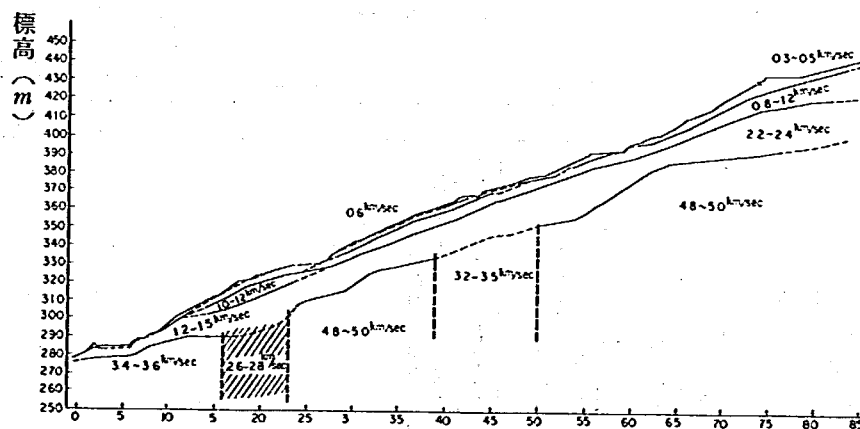
有すると考えられる。このような土塊の工学的特性も、下地蔵寺地すべりが brittle な移動をなす一因を構成していると考えられる。

表-2 力学試験結果

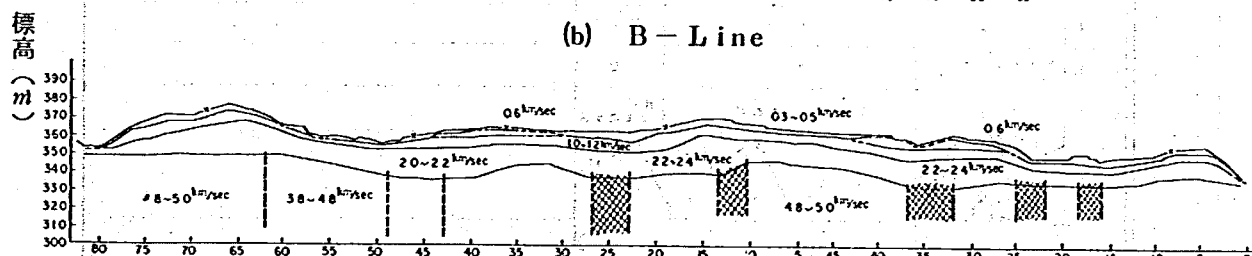
ピット	深 度 (m)	C_f (kg/cm ²)	ϕ_f (度)	試 験 機	備 考
TP-1	1.5~1.9	0.05	20.0	三 軸	北西斜面
	3.2~3.4	0.03 0.00	24.5 26.0	リ ン グ	
	3.5~3.9	0.075	23.5	三 軸	
	8.5~9.0	0.00	23.5	"	
TP-2	6.6~7.0	0.06	20.4	くり返し一面	
W-1	9.0~9.5	0.00	29.0	リ ン グ	南西斜面



(a) A-L line



(b) B-L line



(c) C-L line

図-2 弾性波探査結果

地点番号		54-2				
標高		341.85 M				
掘削深		14.00 M				
最終水位		6.80 M				
深尺	深度(m)	記号	分類	色調	硬軟	記 事
1	4.25		崩壊土	茶褐色	軟	0.67m まではローマ質を呈し、粘土分が多い。 1.1~2.1mは粘土状コアとなり、含水少く、粘性は大きい。 2.27~3.0mは非常に含水多く、軟弱である。 混入しているレキは蛇紋岩化した緑色岩である。
2						
3						
4						
5	14.0		強風化片状緑色岩	緑	中硬軟	4.25~4.58m は青灰色でシルト質を呈し、含水少ない。 5.2~5.3, 5.6~5.68m は青灰色を呈した岩片混り粘土。 9.1~10.0m はスライム状コアとなり、10.0~10.27mは青灰色を呈した粘土で、粘性は大きい。 11.27~11.5mは砂質粘土状となり、含水は少ないが軟弱である。
6						
7						
8						
9						
10						
11						
12						
13						
14						
15						
16						
17						
18						
19						
20						
21						
22						
23						
24						
25						
26						
27						
28						

地点番号		54-1					
標高		334.785 M					
掘削深		21.00 M					
最終水位		15.63 M					
掘尺	深度 (m)	記号	分類	色調	硬軟	記 事	
1			崩壊土	茶褐色	軟	0.3m位まで含水少なく、草根を混入している。	
2						コアはレキ混り土砂状を呈し、レキは風化緑色岩である。	
3			崩壊土	青灰色	軟	コアは砂質粘土状を呈し、全体にガサガサした感じ。	
4						コアはシルトっぽく、2~3cmのレキを混入し、締りは良くない。	
5			崩壊土	青灰色	軟	コア全体は良く締っている。	
6							
7							
8							
9			崩壊土	青灰色	軟	10.4~10.6 はシルト質粘土を挟み、赤褐色を呈する。	
10							
11							
12							
13							
14	14.05						
15			崩壊土	青灰色	やや硬	コアは礫状を呈し、粘性が大きく、部分的にスリットを呈し、硬結を呈す。	
16						コアは岩片状~土砂状を呈し、レキの表面は茶褐色に汚染されているが、中は新鮮である。	
17			崩壊土	茶褐色	硬	硬	4~5cmの礫状コアとなる。全体に強い硬結を受け、硬結部に沿って風化し、粘土化が進んでいる。
18							
19			崩壊土	青緑色	硬	硬	
20							
21	21.0						
22							
23							
24							
25							
26							
27							
28							

地点番号		55-5	
標高		319.100 M	
掘削深		30.00 M	
最終水位		4.20 M	

深 尺	深度 (m)	記 号	分 類	色 調	硬 度	記 事
1			崩 壊 土	茶 色	中 硬	表層部は草根を混入し、φ1.0~1.0mmの 緑色岩レキを多数含む。 0.7~1.0は含水多い。 2.6~4.15mは転石を多く含む。
2						5.35~6.2mは硬質な緑色岩の転石を混入 する。
3						コアは砂質状を呈し、少量の粘土を含み、 全体にワタワタした感じ。
4						
5						
6						
7						13.2~13.4mはレキの混入が多い。 13.6~14.0mは粘土質を呈する。 14~14.8mに硬質な緑色岩の転石を含む。
8						
9						無水固りではレキ混り土砂状を呈す。 コアは礫状となるが硬くみずと細片状~岩 片状になる。
10						
11						完全な礫状コアで取れるが打撃を加えると、 片理面より割れる。 片理の傾斜は30~35°、60°を呈す。 2.84~2.87mは 比較的細片状となる。
12						
13						
14						
15						
16						
17	17.10					
18		緑風 化片 岩状	緑	硬		
19	19.15					
20		片 状 緑 色 岩	緑	硬		
21						
22						
23						
24						
25						
26						
27						
28						
29						
30	30.0					

図-3(a) ボーリング柱状図

地点番号		53-2				
標高		435.460 M				
掘削長さ		22.00 M				
最終水位		3.00 M				
掘尺	深度(m)	記号	分類 色調	硬さ	記 事	
1	0.9		崩壊土	茶褐色	軟	含水少なく、草根を混入する。
2	2.5		崩壊土	黄褐色	極軟	コアは無水固りの為、レタ固り粘土状を呈し、N値は5程度である。
3	2.9		崩壊土	茶褐色	軟	旧埋蔵の可能性ある。
4			片状風化緑色岩	黄褐色	やや軟	無水で棒状コアとなるが、4.0mから締ってくる。
5			片状風化緑色岩	黄褐色	軟	4.7~5.2mは硬く、棒状コアとならない。
6			片状風化緑色岩	黄褐色	軟	コアは岩組織を残存するが極めて軟かく、粘土状となる。
7			片状風化緑色岩	黄褐色	軟	粘土状コアの他はスライム状となる。但し、12.1~12.3mは岩片状を呈す。
8			片状風化緑色岩	黄褐色	軟	
9			片状風化緑色岩	黄褐色	軟	
10			片状風化緑色岩	黄褐色	軟	
11			片状風化緑色岩	黄褐色	軟	
12			片状風化緑色岩	黄褐色	軟	
13			片状風化緑色岩	黄褐色	やや硬	コアは岩片状であるがかなり硬い。
14			片状風化緑色岩	黄褐色	硬	コアは棒状と岩片状となる。
15			片状風化緑色岩	黄褐色	硬	全体に硬いが片理は多い。
16			片状風化緑色岩	黄褐色	硬	片理は少ないが、岩片状コアとなる。
17			片状風化緑色岩	黄褐色	硬	16.15~16.40m、17.8~17.9m は粘土質で軟く、含水ある。
18			片状風化緑色岩	黄褐色	硬	
19			片状風化緑色岩	黄褐色	硬	
20			片状風化緑色岩	黄褐色	硬	透水固りで棒状コアになり、硬いが片理部分は多い。
21			片状風化緑色岩	黄褐色	硬	
22	22.0					
23						
24						
25						
26						
27						
28						

地点番号		53-1		
標高		409.388 M		
掘削長さ		22.00 M		
最終水位		3.00 M		
深度 尺 (m)	記号	分類 色調	硬さ 備考	
1		崩壊土	黄褐色 軟	含水は少なく比較的締っている。 1.8 mまで草根を含み、φ2~5 cmの風化レタを含む。 各所に転石を含みコア長の最大が1.0 cmに及ぶ。
2				
3				
4				
5		風化片状緑色岩	やや軟	φ2~3 cmのレタ状コアとなり、岩組織は残っているがかなり多い。 無水固りは焼付いて粉状コアとなる。 5.2~5.8 mは粘土化している。
6				
7				
8				
9				
10				
11		風化片状緑色岩	硬	7.35 mより硬質になる。 コアは岩片状を呈する。 所々に石英を混入する。 9.0~9.25 m に微風化部分が存在し、硬質を呈する。 全体に片理が発達し、多い。
12				
13				
14				
15				
16				
17	片状風化緑色岩	緑色岩	硬	コアはレタ状となり無水固りも可能である。 岩組織を残すがかなり多く、くだけやすい。 所々に石英を混入する。
18				
19				
20				
21				
22				
23	片状弱緑色岩	緑色岩	硬	最大1.6 cmの棒状コアがとれたが片理が発達している。
24				
25				
26				
27				
28				

地 点 番 号		5 5 - 4			
標 高		3 7 8.3 0 7 M			
掘 削 長		2 0.0 0 M			
最 終 水 位		1.1 0 M			
深 度 (m)	記 号	分 類	色 調	硬 軟	備 考
1		崩 壊 土	黄 緑 色 黄 緑 灰 色	軟	表層は草根、木片、岩片を混入し、ボーラメである。
2					1.8, 1.9, 2.15m 竹近に腐蝕土を混入し、混入するレタの表面は酸化されている。
3					
4					4.0～4.7mは黄緑色を呈し、含水多い粘土がある。
5					コアは全体にレタ固り土砂状を呈す。
6					6.7～7.2mは黄褐色を呈し、マトリックスは砂質となる。
7					7.8
8		加 風 化 片 状 緑 色 岩	黄 緑 色	軟 	

図-3 (b) ボーリング柱状図

(No 53-1')

標 高 347.096 m

自然水位 GL-5.95 m

(No 53-2')

標 高 373.346 m

自然水位 — m

(No 52-3')

標 高 402.946 m

自然水位 — m

標尺 m	深度 m	柱状図	地質名	観察	備考	標尺 m	深度 m	柱状図	地質名	観察	備考	標尺 m	深度 m	柱状図	色調	地質名	観察	備考
	0.40		表土	コアは土砂状を呈する			0.40		表土	レキ草根を混入する土砂状を呈する			0.40		茶褐	表土	φ20~30%の角レキ混入。草根を混入	
1			崩壊土	所々にレキ及び転石を混入する。レキは角レキでφ5~20%程度で輝緑岩で堅い粘土は粘性が強い。コアは土塊状		1	1.40		粘土混りレキ	φ10~30%の亜角レキを混入する。全体に若干粘土を混入する。コアは土塊状		1	1.40		茶褐	砂レキ	全体にφ10~30%の角レキを混入する。コアは土塊状	
2						2			レキ混り粘土	粘土は凝灰岩質緑色岩の風化したものと思われる。全体にφ10%前後の亜角レキを混入する。粘土は弱い。コアは土塊状	難透水性	2	1.70		白灰	砂レキ混り粘土	粘土は若干固結している。レキはφ5~10%程度少量混入している。	難透水性
3	2.70		凝灰岩質緑色岩 (強風化部)	全体に強い風化を受け粘土化している箇所もある。コアは試験により粉状になる。	難透水性	3					難透水性	2	2.30		暗緑灰	砂レキ	φ10~30%のレキを混入し堅い。レキは輝緑岩が主体	
4					すべり面	4	3.70		粘土質レキ	全体にφ10~30%の亜角レキを混入。レキは輝緑岩で堅い。粘土は粘性弱い。コアは土塊状		3			暗緑灰	粘土混り砂レキ	所々に転石を混入する。若干粘土を混入する。レキは輝緑岩が主体である。土塊状部分あり。	土塊状
5	5.00					5						5				凝灰岩質緑色岩	全体にコアは試験により粉状になる。部分的にレキ状を呈する。	すべり面
6			凝灰岩質緑色岩 (風化部)	全体にコアは粉状を呈するが所々にレキ状として残る。全体に風化を受けている。コアは手で容易に砕け堅い岩片は全く見られない。		6	5.90		凝灰岩質緑色岩	コアは粉状を呈する。強い風化を受けている。一部粘土化している。		6	6.00		緑灰			
7						7						7						
8						8						8						
9						9						9						
10	10.00					10						10						

図-3(c) ボーリング柱状図

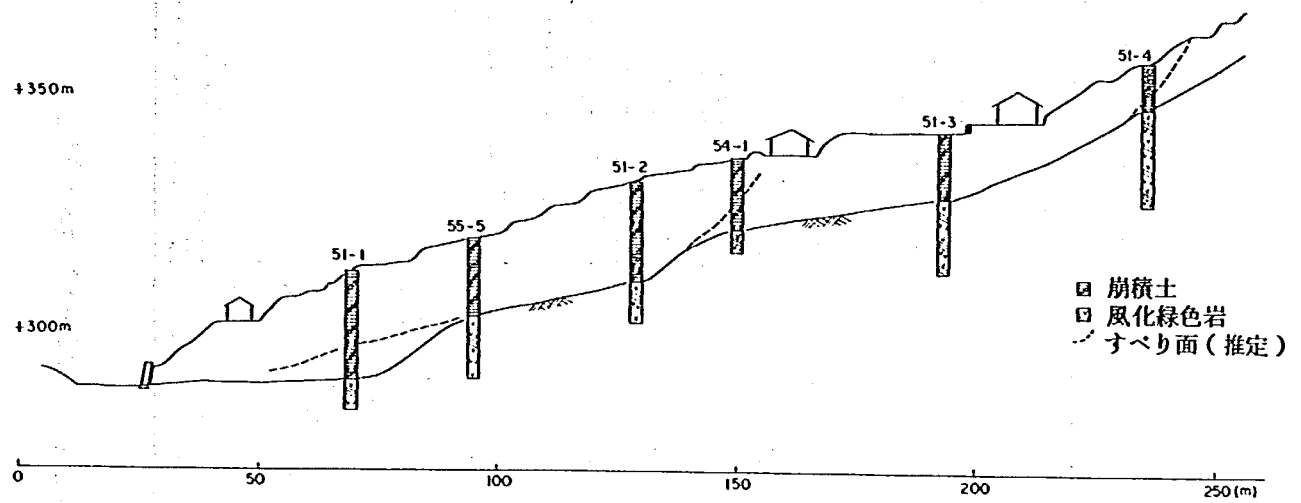


図-4 (a) A測線地質断面図

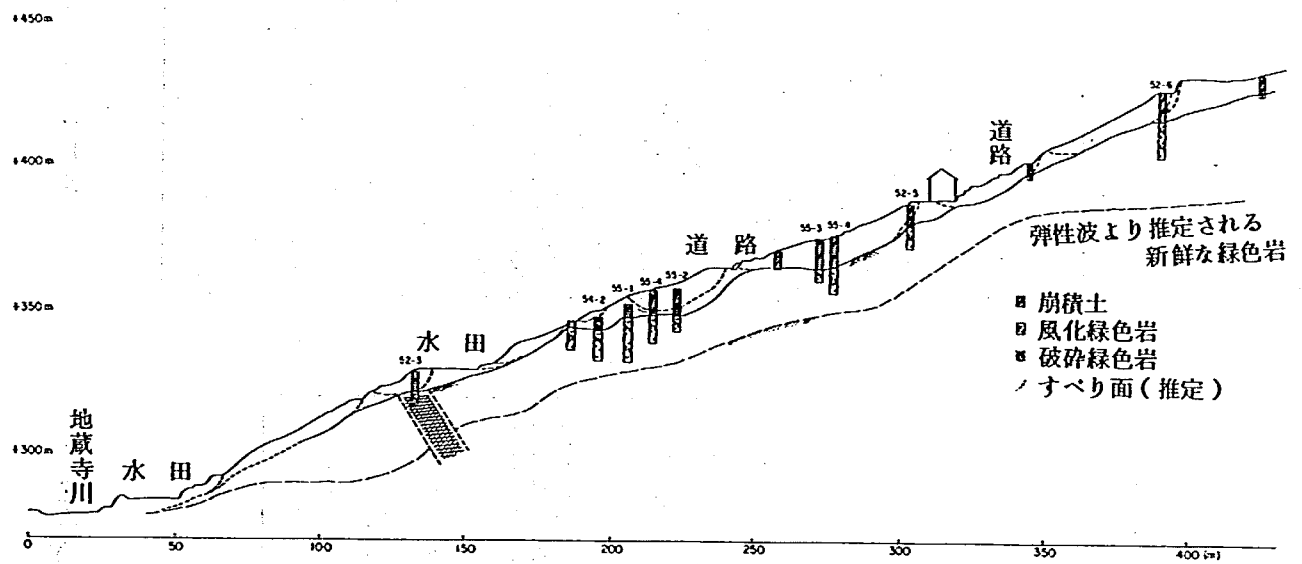


図-4 (b) B測線地質断面図

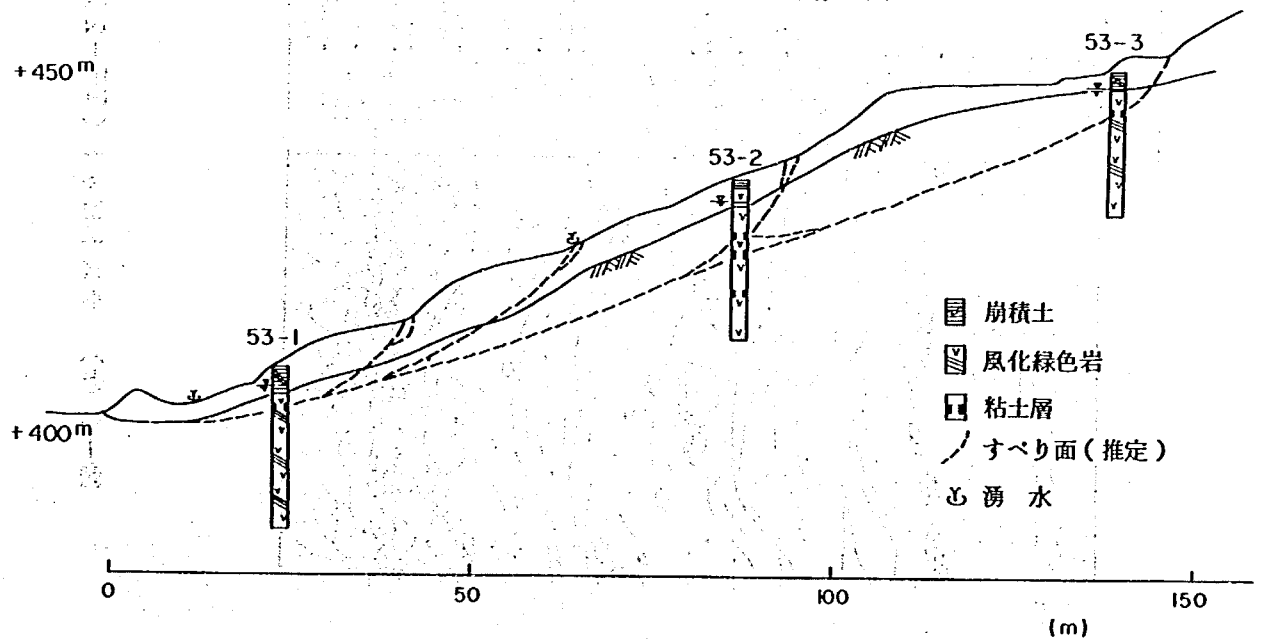


図-4 (c) C測線地質断面図

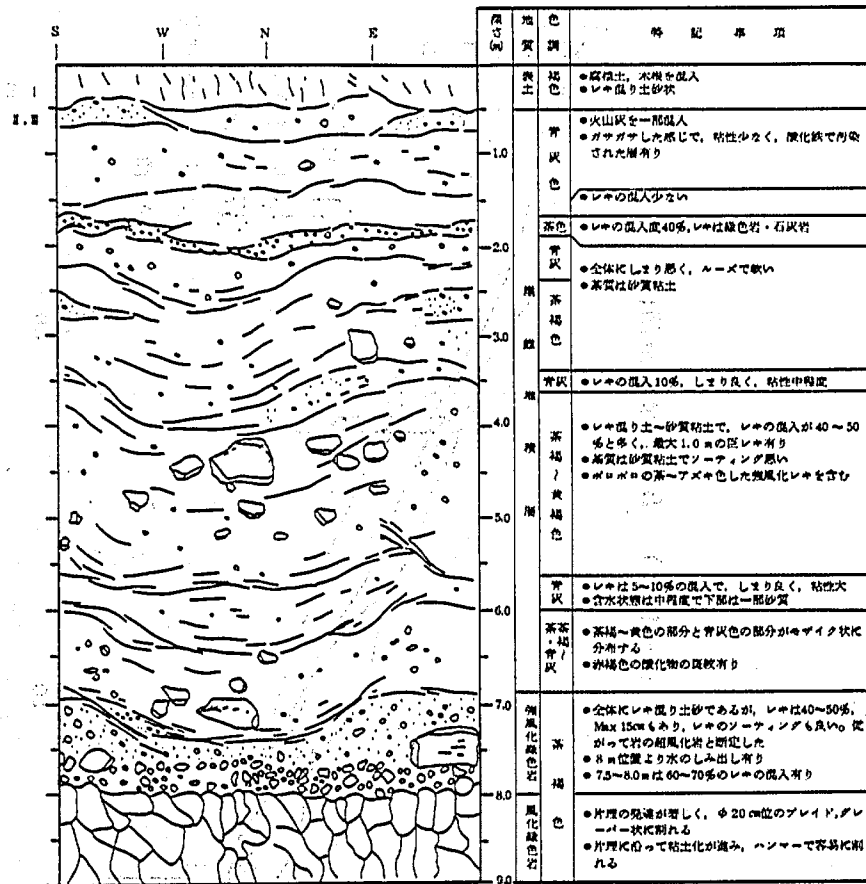


図-5(b) テストビット(TP-2)柱状展開図

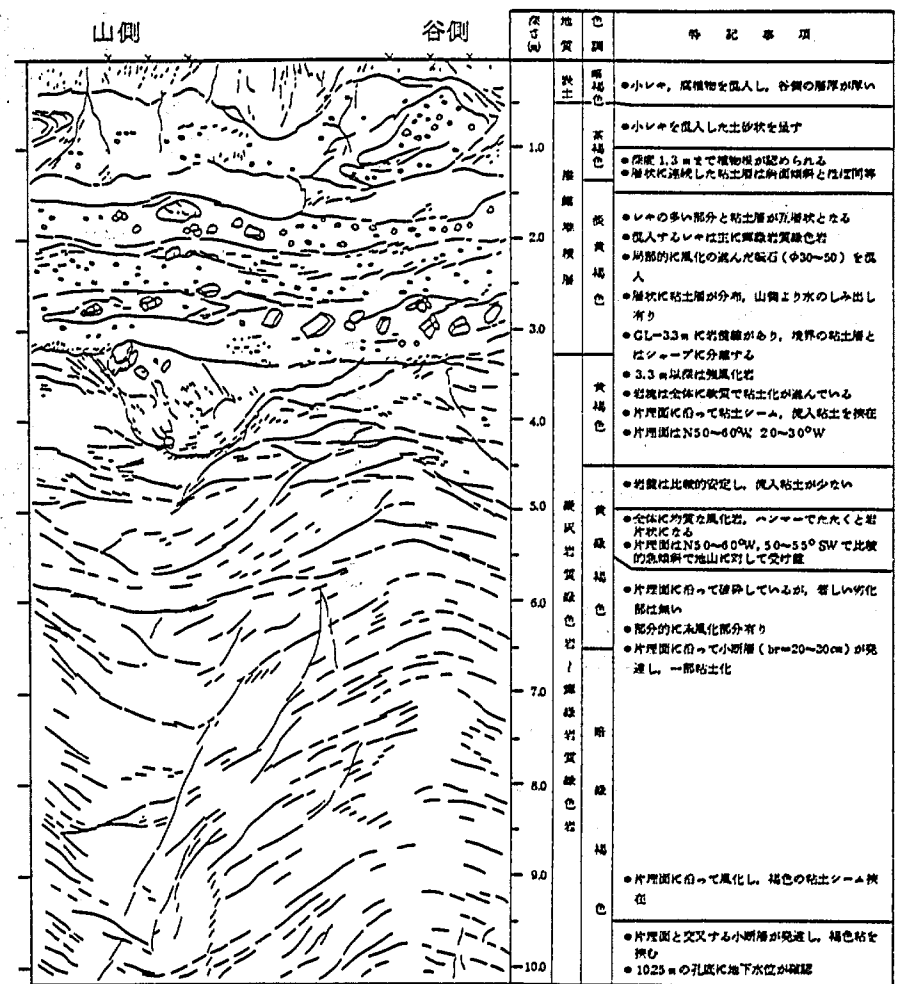


図-5(a) テストビット(TP-1)柱状展開図

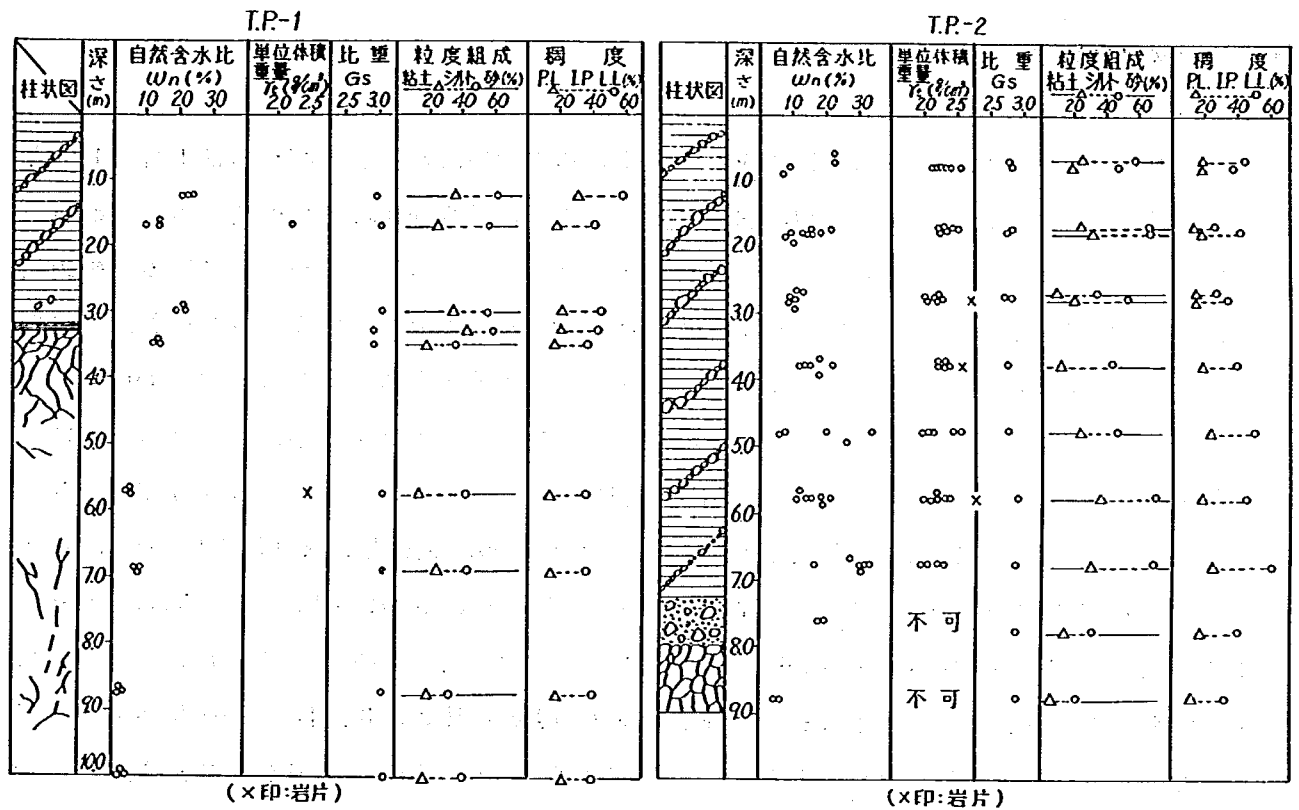


図-6 物理特性

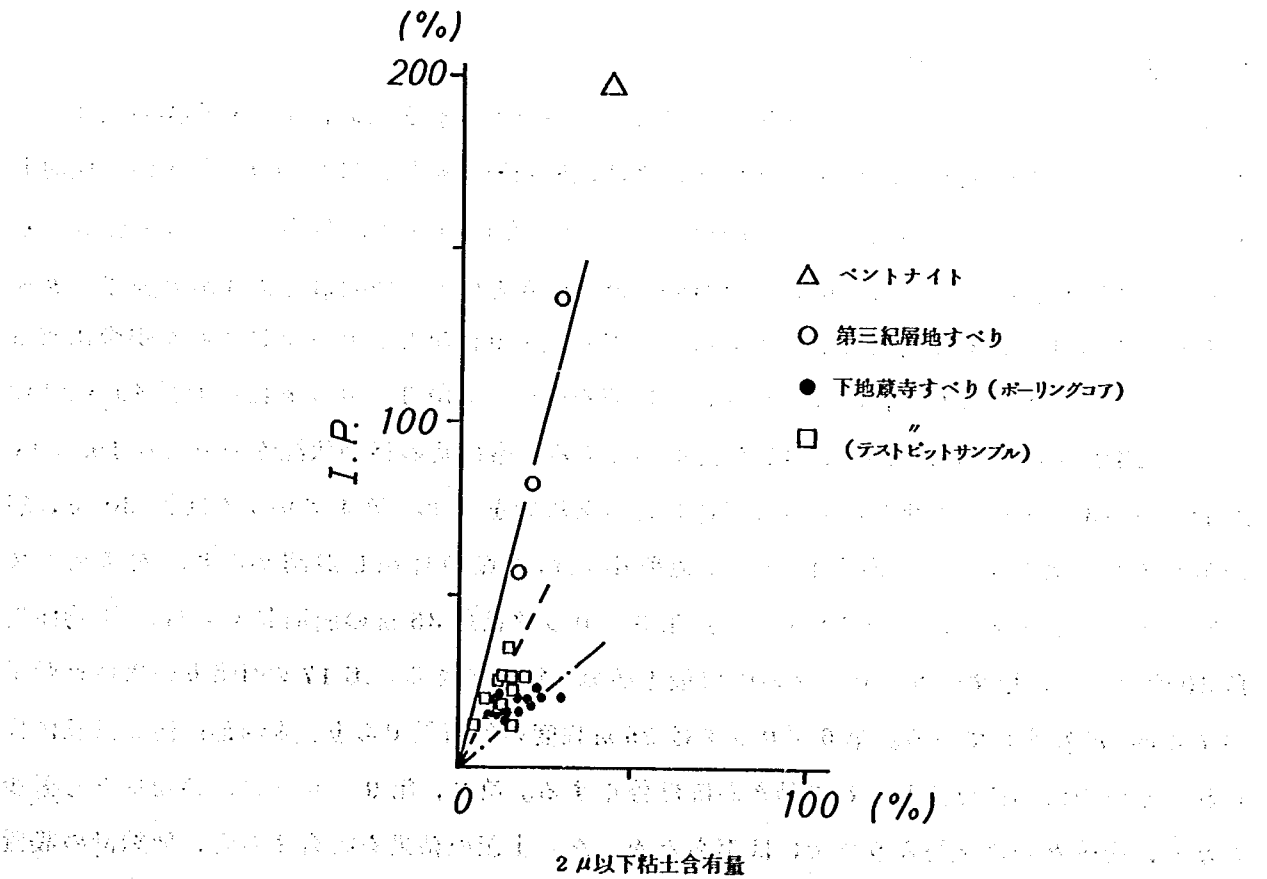


図-7 P.Iと2 μ以下の粘土の含有量

4. 地盤変動量調査

4.1 伸縮計

伸縮計は実移動5倍の読み取り性能を有する測定器を使用した。計器間距離は1台約10mとした。計器測線は道路及び土地利用の関係で中断したり、多少屈折部も生じている。計器の設置した杭はコンクリート製とし、インバー線は塩ビパイプによる保護を行なっている。観測は昭和52年10月23日より開始し、その結果を図-8(a)~(c)に示す。図よりB測線斜面では引張部と圧縮部が明瞭に存在しいくつかのブロックに分割可能である。移動は総雨量100mmを越すような集中豪雨時によく発生している。観測期間中もっとも顕著な移動を記録したのは、昭和53年の台風8号の影響により8月2, 3両日の総雨量が409mmに達した時、計器30台(故障2台)のうち14台に移動が記録された。この時、最大引張量が $\#17$ に1.2mm, 最大圧縮量が $\#19$ に1.8mmを示した。観測期間中の累積引張移動量は $\#17$ で7.4mm, $\#6$ が4.2mm, $\#11$, $\#12$ が1.9mmを示し、全体として小さな移動量ではあるが、地すべり現象は明らかである。前述の顕著な移動を示した昭和53年8月2, 3両日の2時間当り降雨強度と伸縮計の移動量を図-9に示した。この図によると50~80mmの連続降雨量があれば移動が認められ、200mmを越える頃より急激な移動をなしている。この伸縮計の移動形態を詳しく考察すると末峯他の提唱するbrittle的な歪変動をなしている。

4.2 地すべりのブロック分け

伸縮計のデータに基づき、観測期間中の引張・圧縮の累積値を求め、その割合から地すべりのブロック分けを実施した。地すべりブロックは、地表踏査結果、等高線分布等と対比検討し9ブロックに分割した。その結果を図-10(a), (b)に示す。第1ブロックは河川段丘面の法肩から始まる地すべり部分である。第2ブロックは斜面長50m程度とした。伸縮計の $\#6$ が主動部、 $\#5$ が $\#6$ に引っぱられる従属的な部分でもある。 $\#8$, $\#9$ は第2ブロックに入れたが豪雨時は単独でブロックとなったり、第3ブロックの影響を受ける。第3ブロックは斜面長40m程度であり $\#12$ が主動部、 $\#10$, $\#11$ が従属部である。豪雨時の移動状況を見ると $\#10$, $\#11$, $\#12$, $\#13$ がブロック化し、互いに関連し合った移動を示す。第4ブロックは約30mの斜面長をもち、このブロック内を横断する道路山側に土塊の押出しが認められ、対策として横穴排水ボーリング工が実施されている。第5ブロックは約35mの斜面長をもち、平均傾斜角20度であり、地すべりブロックの中で最も活発な箇所である。 $\#17$ の引張りの累積移動量が7.4mmにも達している。第6ブロックは25m程度の斜面長であり、末端部は河岸段丘に作られた水田の山側に位置しここで動きがほぼ停止する。第8, 第9ブロックは移動量とも微少となり、明確な分割を行なうまでには至らなかった。上記の結果を総合すると、伸縮計の設置したB測線斜面は30~50m程度のブロック群で構成され、相互に関連した移動を示し、連続降雨に対しても断続的な移動形態をとり、第三紀層地すべりに見られる継続的な移動を示さない事が判明した。また地すべりブロックの長さに対し、この移動層厚との比は $1/5 \sim 1/4$ 程度であ

り、斜面形状も加味して考察すると、この地域の道路、人家等に災害を与えている地すべり運動は、比較的浅い地すべりが活動しているものと考えられる。同様な結果は江畠地すべり¹³⁾、科学技術庁報告書¹⁴⁾でも報告されている。

4.3 地盤傾斜計

地盤傾斜計は潜在性地すべりの調査やブロック化した地すべり活動の有無を判断するのに有効的なものである。

当地すべりは昭和51年の17号台風により家屋や公共施設等に被害が発生したものである。地盤傾斜計の設置はその後の地すべり活動を判断する目的としたものである。

計器は精度1.2秒のものを南西斜面に9台、北西斜面に1台設置した。尚、設置箇所は図-1の平面図に示した。

K1 : 斜面右ブロック (A測線) 末端部

K2 : " 中間部

K4 : " 頭部

K5 : " 滑落部右上方

K3 : 斜面左ブロックの中間部

K6 : " 頭部

K8 : " 滑落部左上方

K7 : 斜面中央ブロックの中間部

K9 : " "

K10 : B測線沿いの滑落部上方の台地

に設置されている。

昭和53年6月28日～12月22日の観測結果を図-11(a)～(f)、54年6月26日～12月22日の結果を図-12(a)～(f)、55年6月15日～56年1月24日の結果を図-13(a)～(f)、56年7月19日～57年1月9日の結果を図-14(a)～(f)にそれぞれ傾動量の累積値として示した。

K1、K2は集中豪雨でも変動が殆ど見られず、累積傾向も認められなかった。1度だけK1の最大傾動変化が約8秒/日(53年6月)を観測したが、降雨との相関も認められず大きな測定値も得られなかった。

K4は観測初期から55年までは、N-S方向に多少累積傾向が認められる程度で降雨との相関も認められないと判断していたが、56年8月下旬～9月初旬の降雨に反応し、傾動量も大きい。

K5はK1、K2と同様に顕著な傾動変化はない。

K3、K6はそれぞれの観測期間の累積値が50秒程度でありこれ以上の変化は測定されなかった。

K7は、連続雨量が100mmを越すと傾動が見られるが、降雨終了と同時に傾動も停止する

特徴がある。

K9は54年8月以降、降雨との相関が見え始め、56年の9月に大きく傾動するが、K7と同様に降雨が終了すると同時に傾動も停止する特徴がある。

K10は滑落部より上部にあることより、不動部と考えられている。53年の傾動は皆無に等しいが、その後の動きは降雨に伴なり様子である。以上は週1回の測定である事から、降雨（特に100mmを越す集中豪雨）時には、日単位か半日単位の測定を実施し、きめ細かい観測結果から傾動状態を検討する必要がある。

4.4 孔内傾斜計

孔内傾斜計はすべり面の位置確認と地すべり土塊の垂直的な挙動を知るため図-1に示す位置に設置したものである。測定計器は0.6分の分解能をもち $\pm 5\text{ mm}/30\text{ m}$ の測定精度を有するものを使用した。

測定は、昭和54年9月に2箇所（B.V.54-1, B.V.54-2）55年11月に2箇所（B.V.55-2, 55-3）の計4箇所を開始した。

結果は図-15(a)~(h)に示す。北西斜面には、3箇所実施したが、(a)54-2では、山-谷方向の深度10mに変化点が認められるが、累積傾向がなく、判然としない。E-W方向を見ると深度5m付近に変化点が認められるもののその後の測定結果からは明確なすべり面の判断が難しい。B.V.55-2では、ほとんど動きがなくすべり面は判断できなかった。B.V.55-3は深度8m, 11~12mに多少の変化が認められる。これはボーリング柱状図の解析によれば7.8~8.25m, 10.3~11.35mに粘土層があり、歪変化位置と対応している事からすべり面の存在する可能性が考えられる。南西斜面のB.V.54-1は当初、深度21mまで測定可能な状態であったが、54年3月に深度15m, 5月に深度13mまでと測定範囲が少なくなってしまった。ボーリングの柱状図では深度14.9~15.7mに粘土層が確認されており、原因究明のため当時伸縮計、地盤傾斜計、降雨量等のデータを比較検討したが、すべりによるものか他外部からの要因か判断できなかった。

B.V.54-1に関して昭和55年、56年の観測結果では、E-W方向（埋設時の呼称関係で実際は移動方向である。）深度6m付近に変化点が認められる。経日変化の値として判断するならばすべり面と判断したいが、山~谷方向の同付近ではその影響が明確ではない。また、当地すべりでは急激な運動とその絶対量が小さい事と、同じ3箇所も明瞭な累積傾向が見られない事から判断して、下地蔵寺地すべりの垂直方向変位量とすべり面の確認は当調査実施期間中においては相当困難であった。

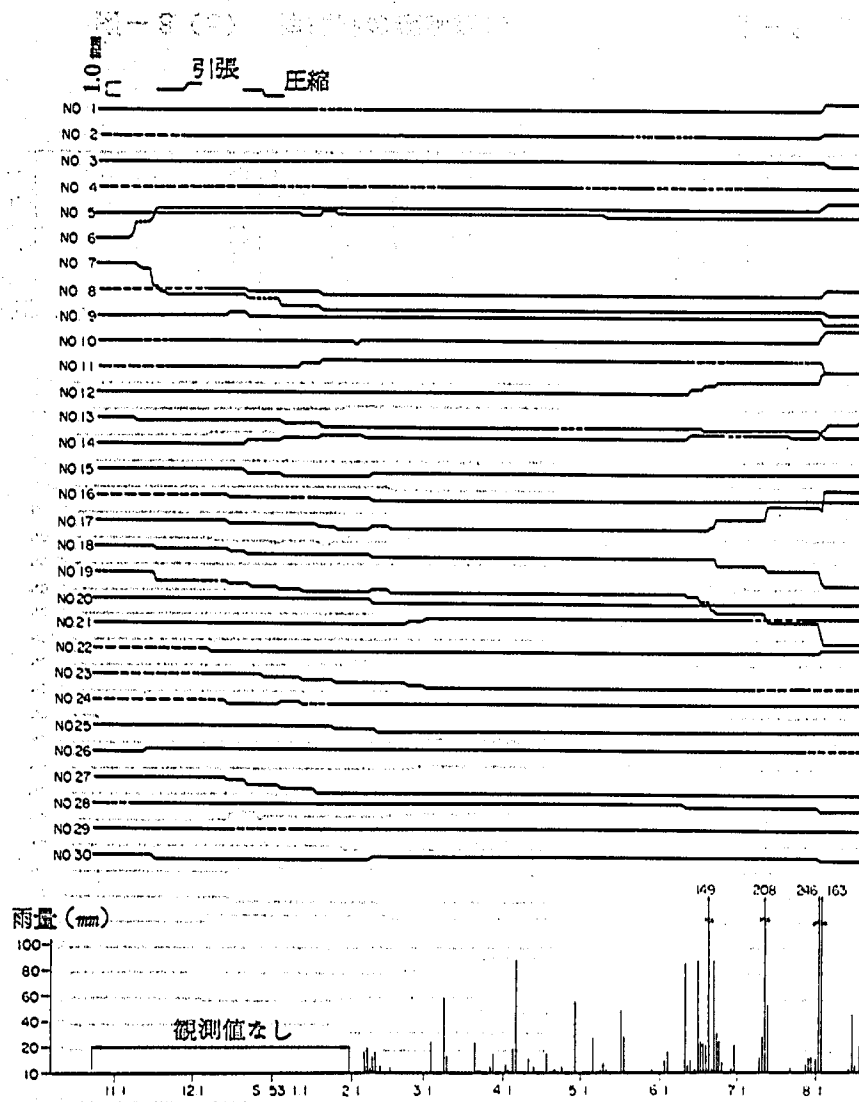


図-8(a) 伸縮計の観測結果

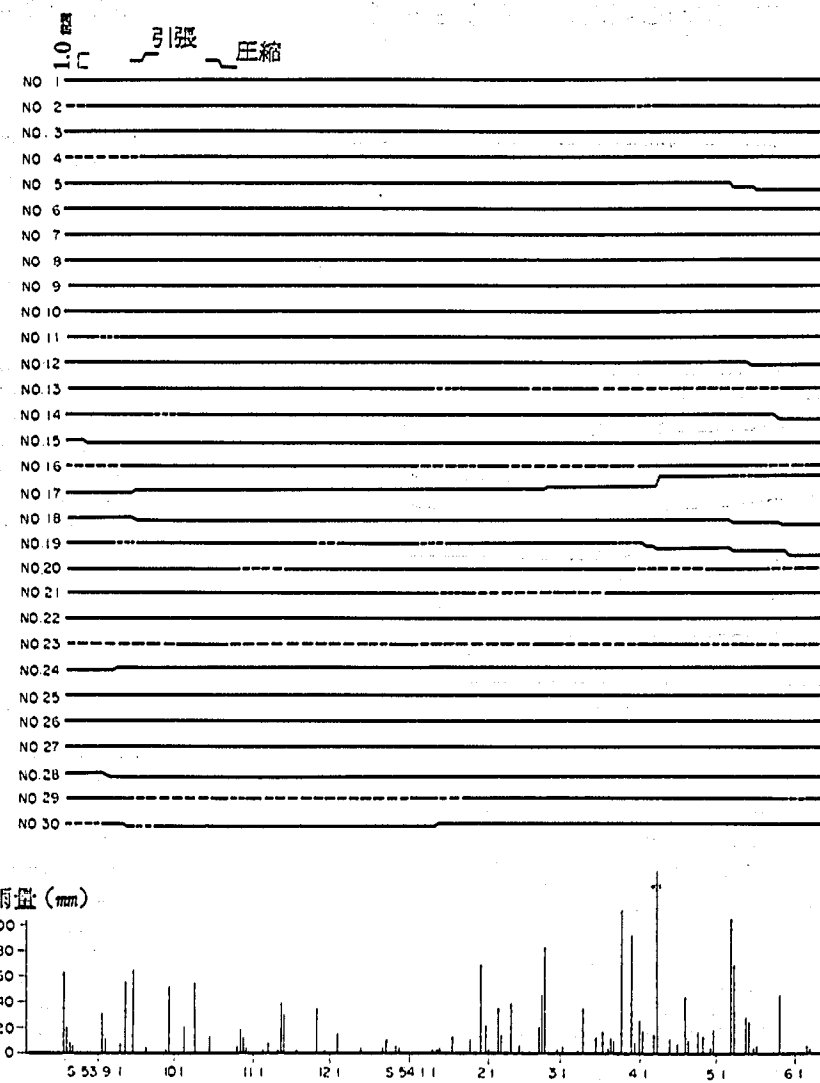


図-8(b) 伸縮計の観測結果

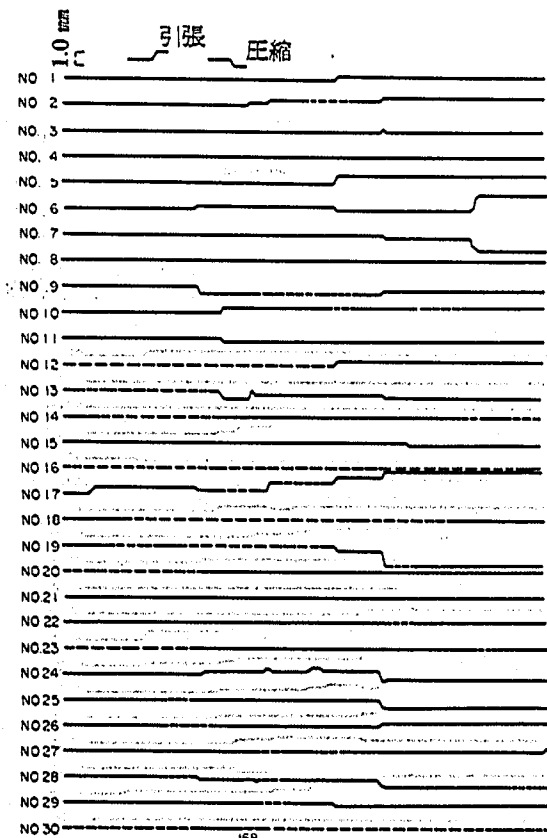


図-8(c) 伸縮計の観測結果

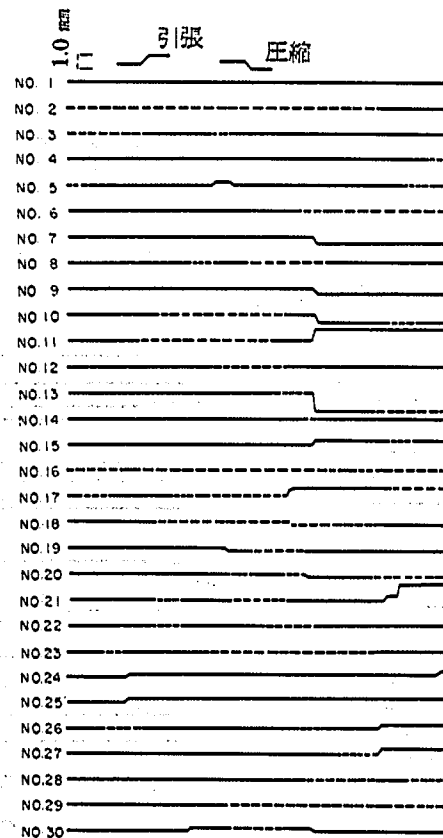


図-8(d) 伸縮計の観測結果

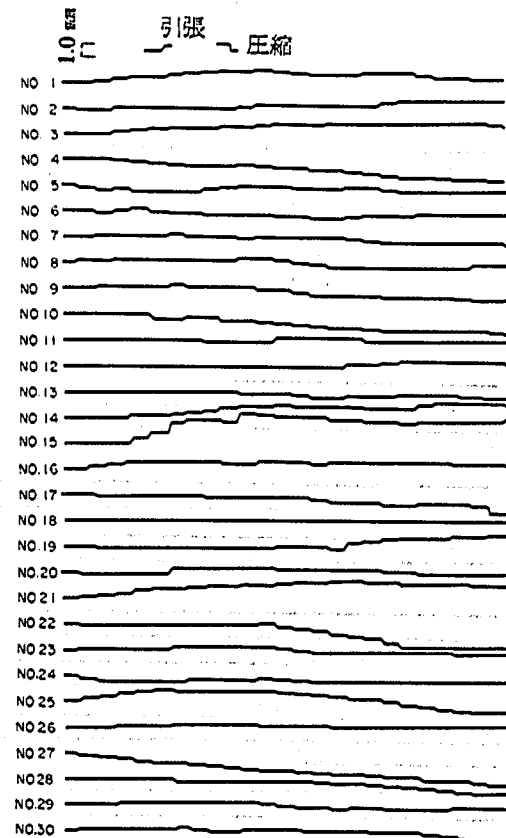


図-8(e) 伸縮計の観測結果

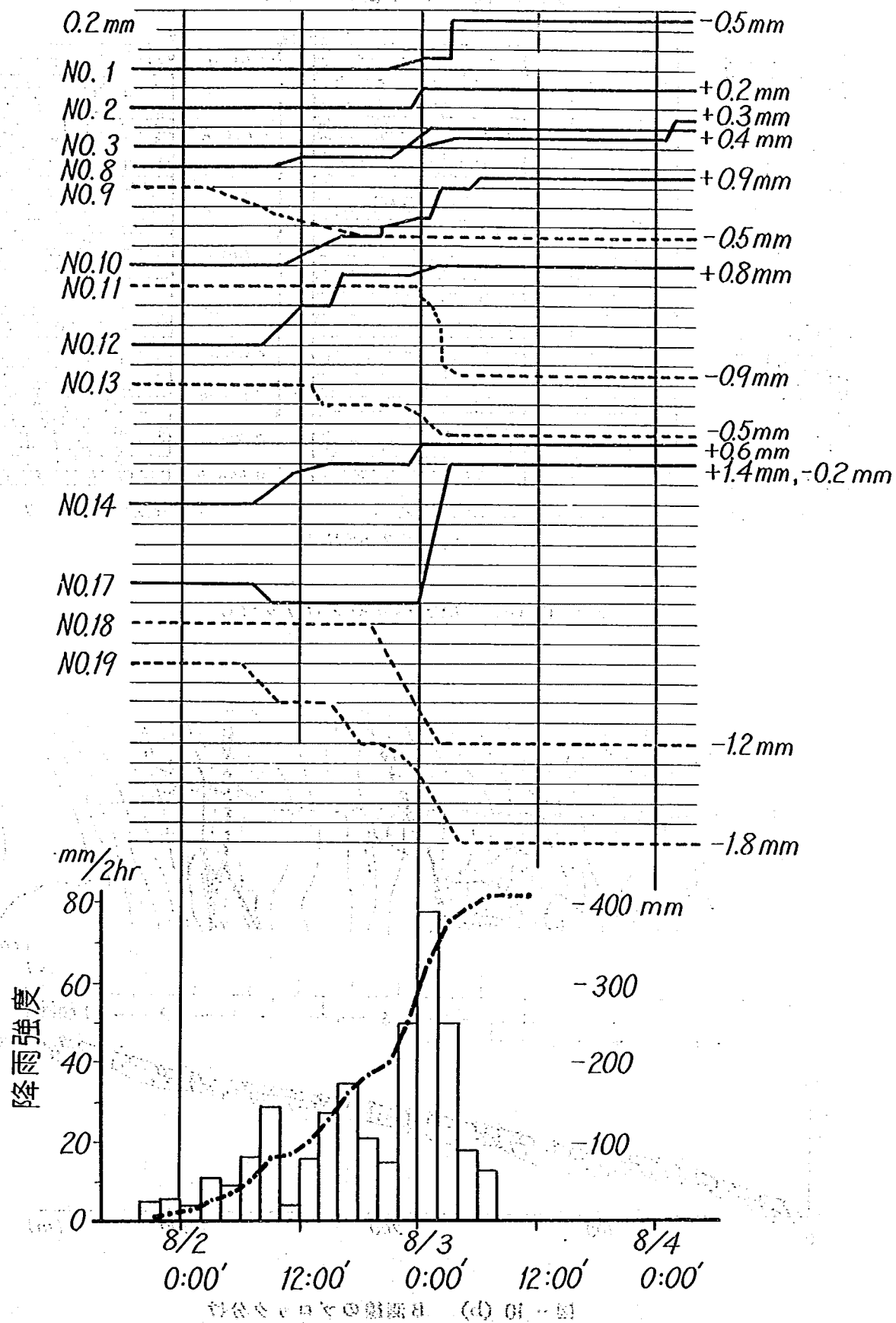


図-9 2時間降雨強度と伸縮計の観測結果

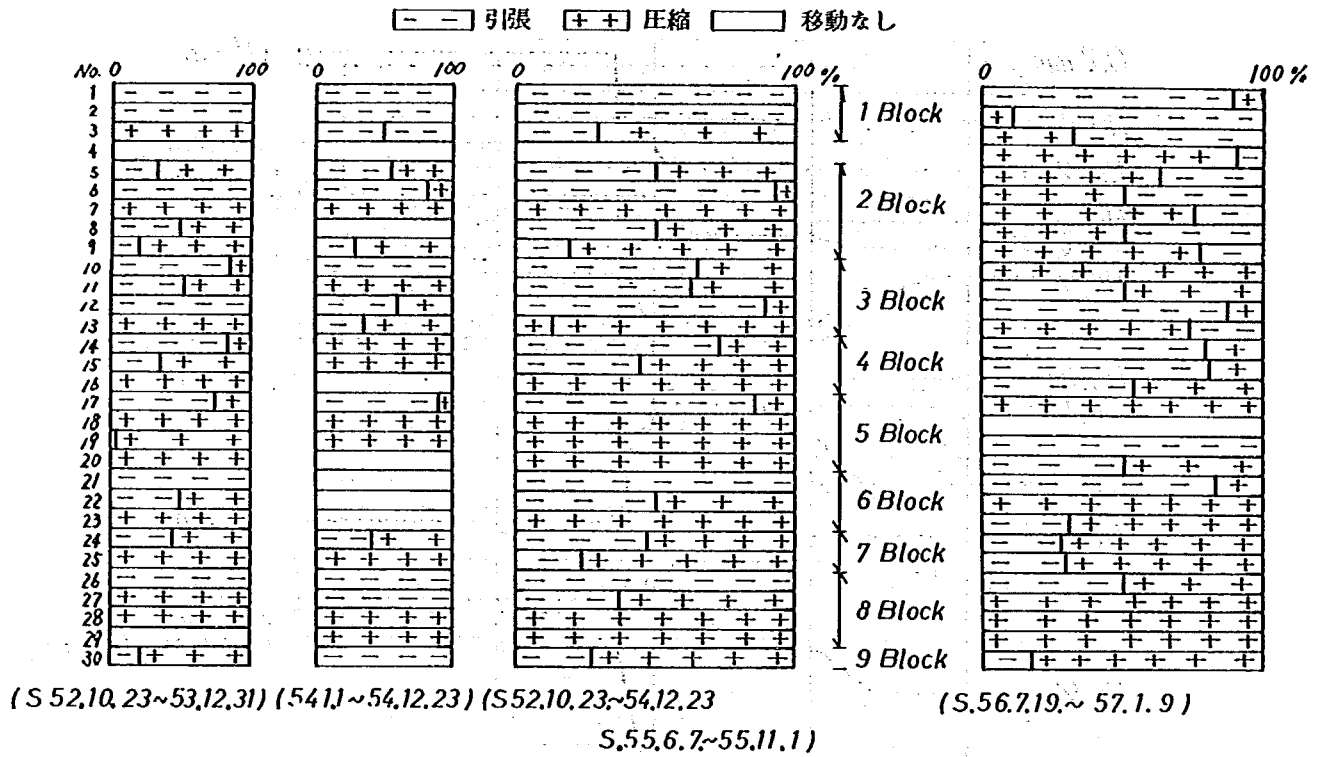


図-10 (a) 地すべりのブロック分け

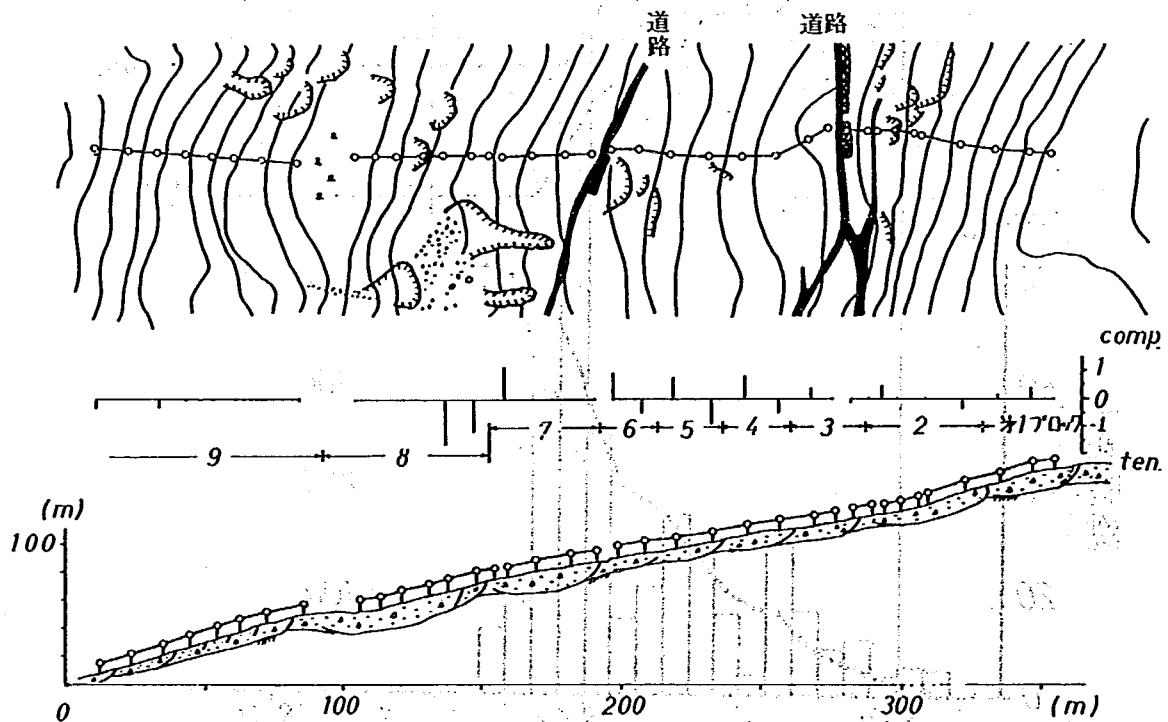


図-10 (b) B測線のブロック分け

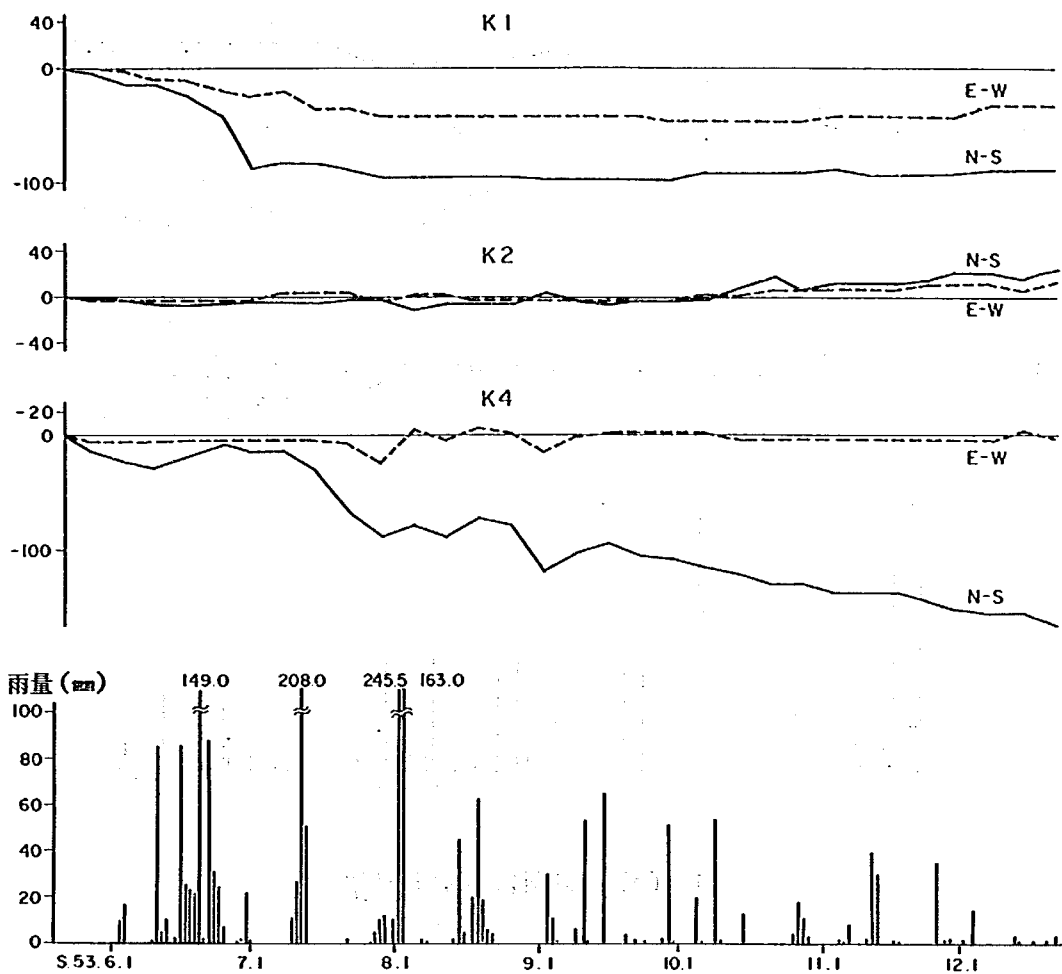


図-11(a) 傾斜計の観測結果

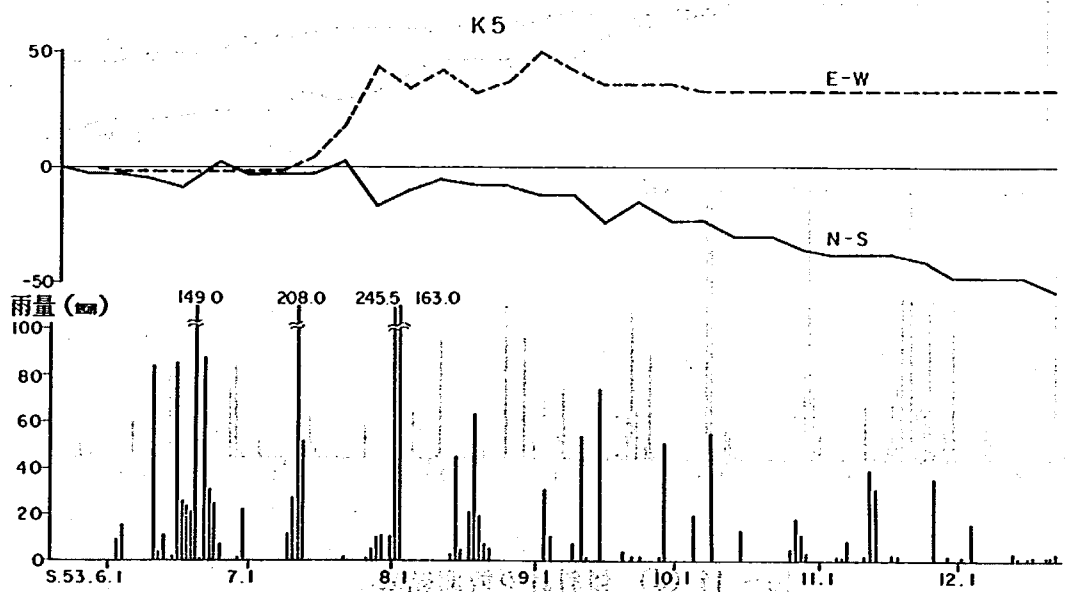


図-11(b) 傾斜計の観測結果

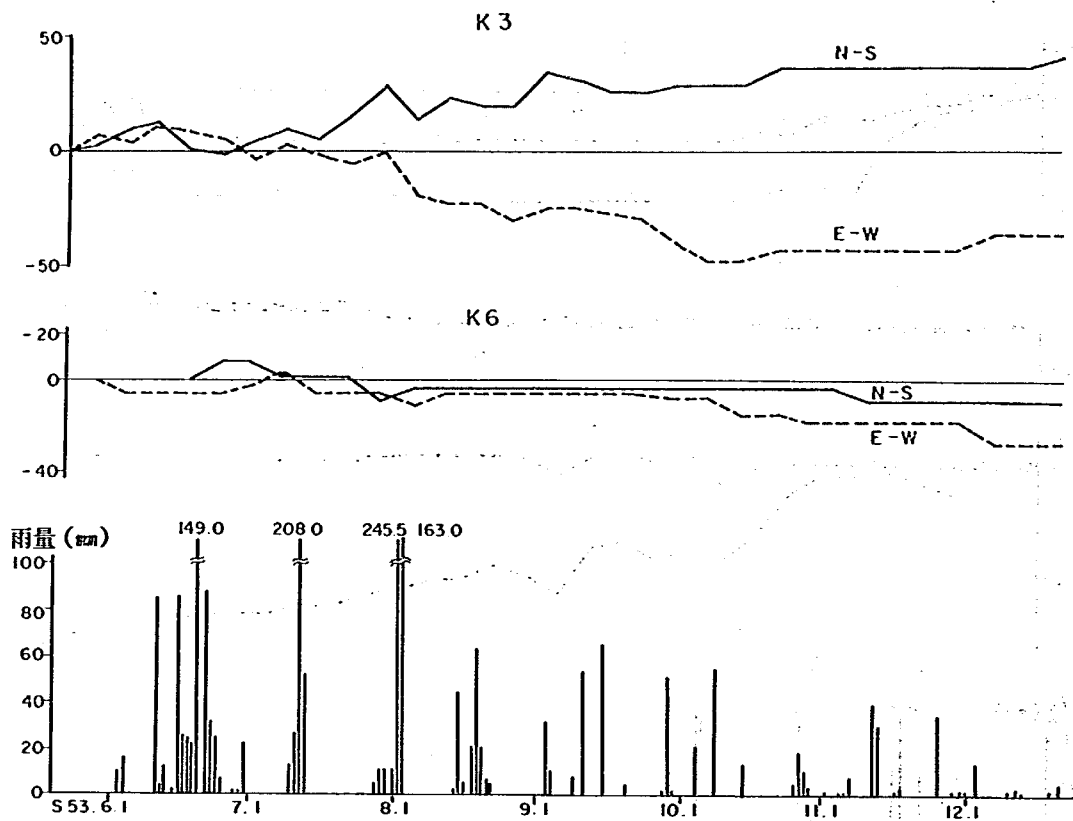


図-11(c) 傾斜計の観測結果

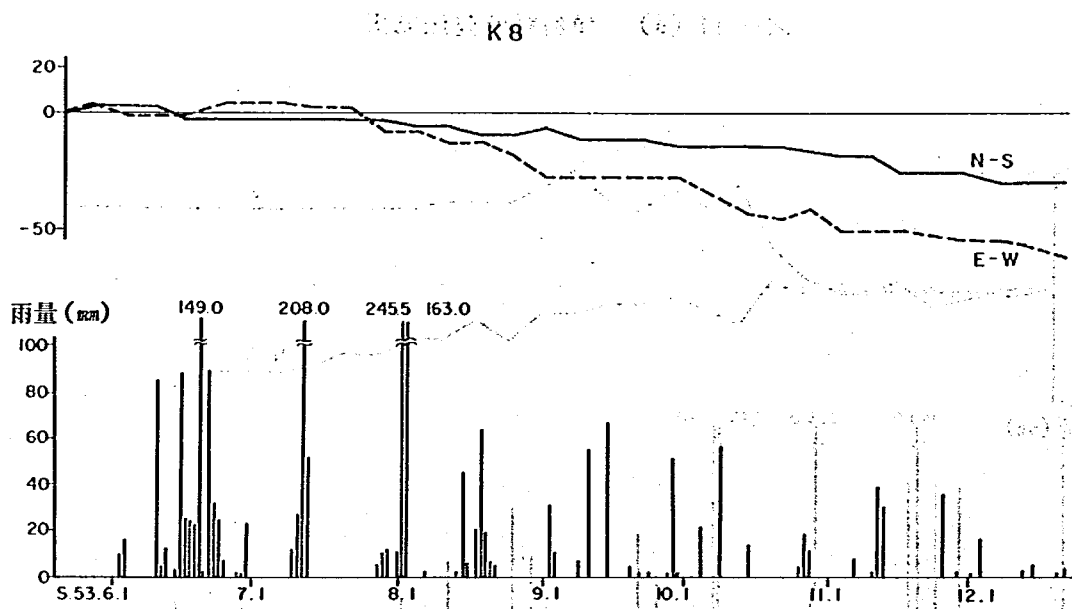


図-11(d) 傾斜計の観測結果

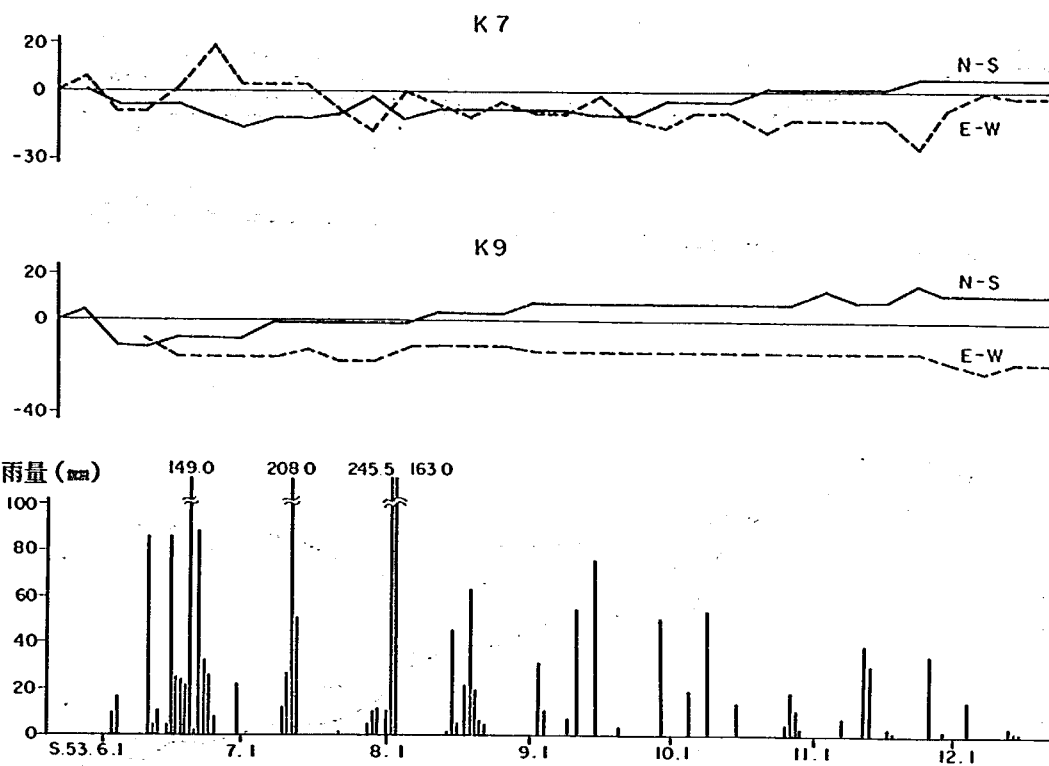


図-11 (e) 傾斜計の観測結果

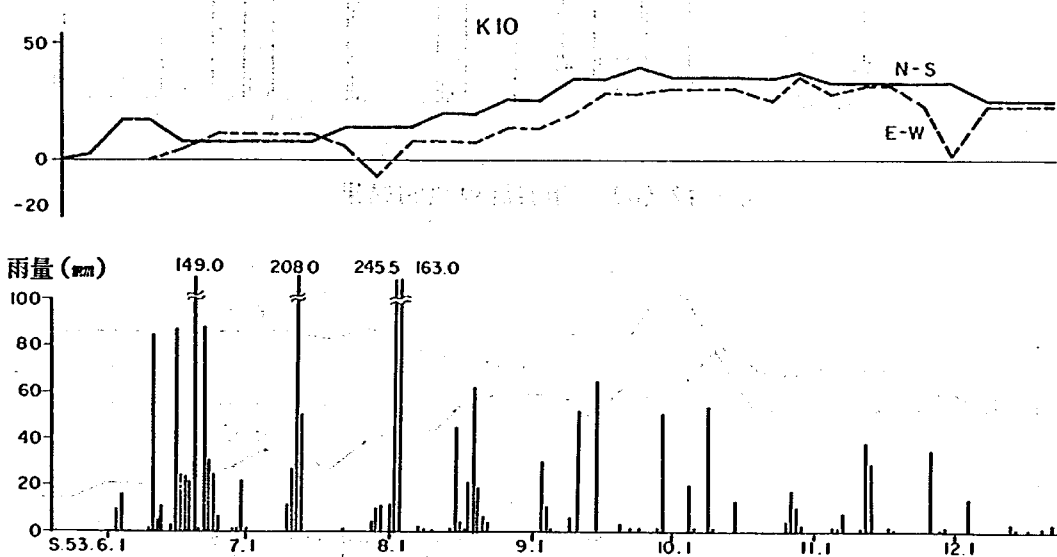


図-11 (f) 傾斜計の観測結果

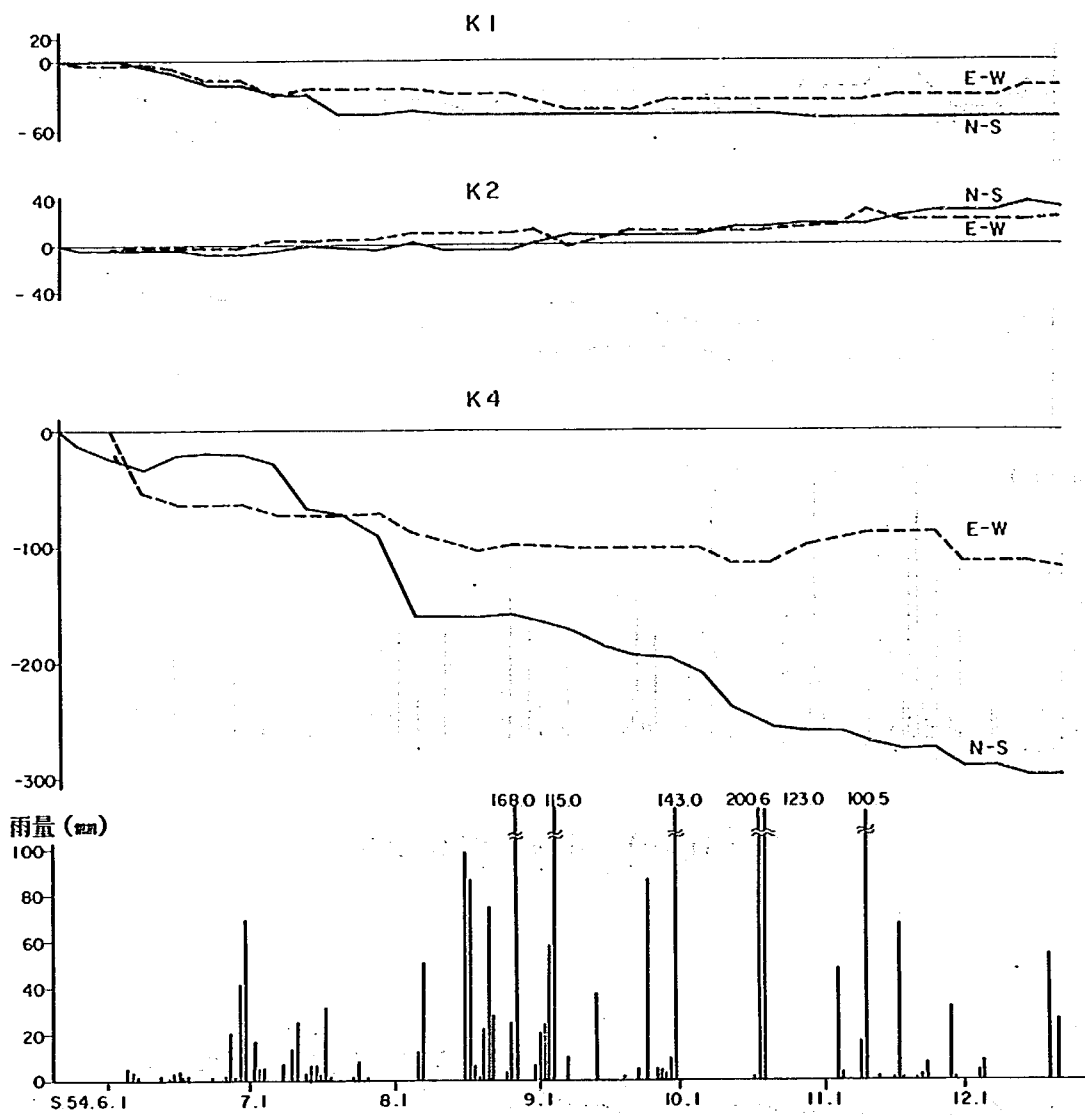


図-12 (a) 傾斜計の観測結果

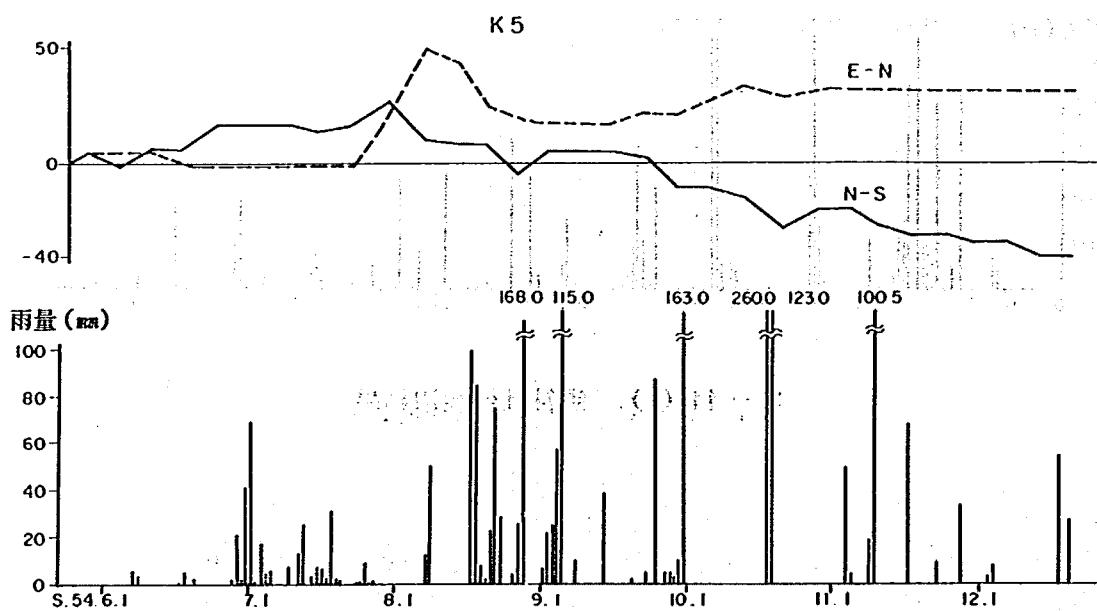


図-12 (b) 傾斜計の観測結果

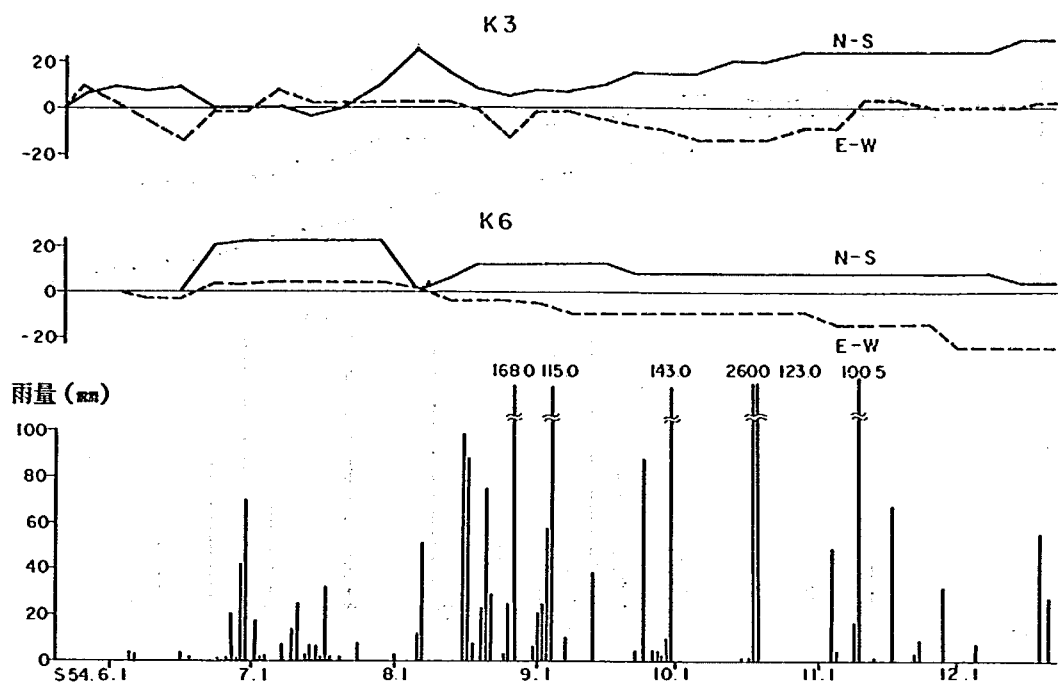


図-12(c) 傾斜計の観測結果

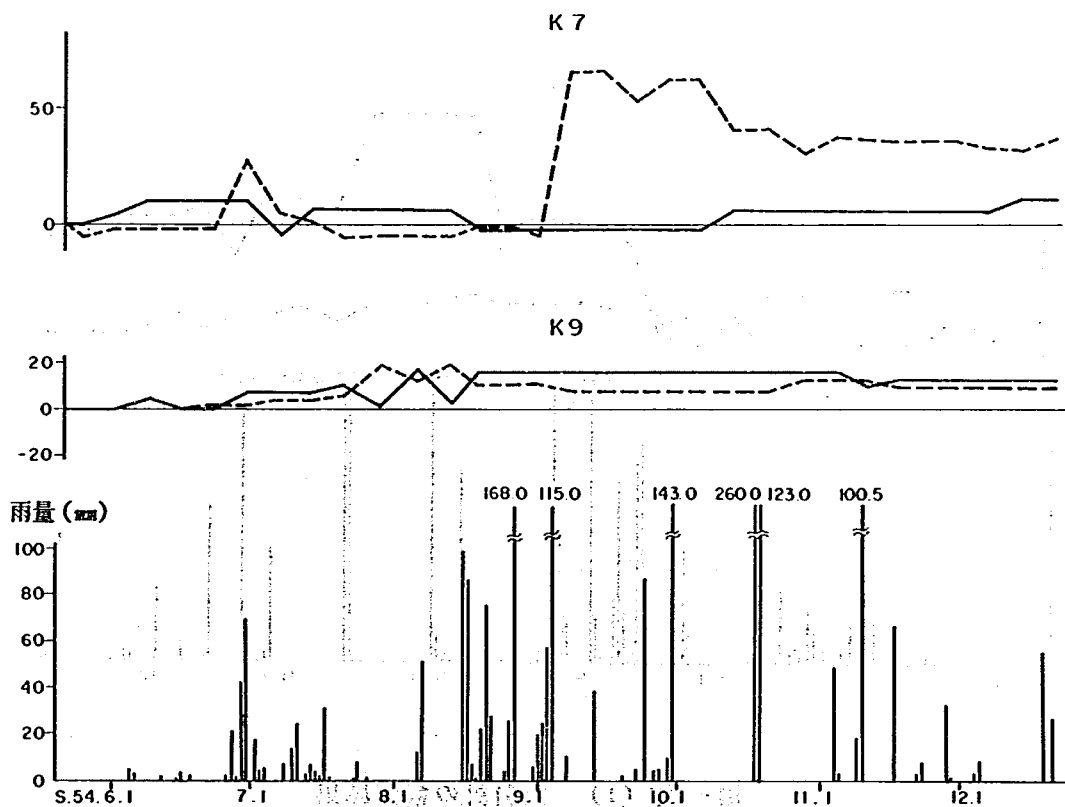


図-12(d) 傾斜計の観測結果

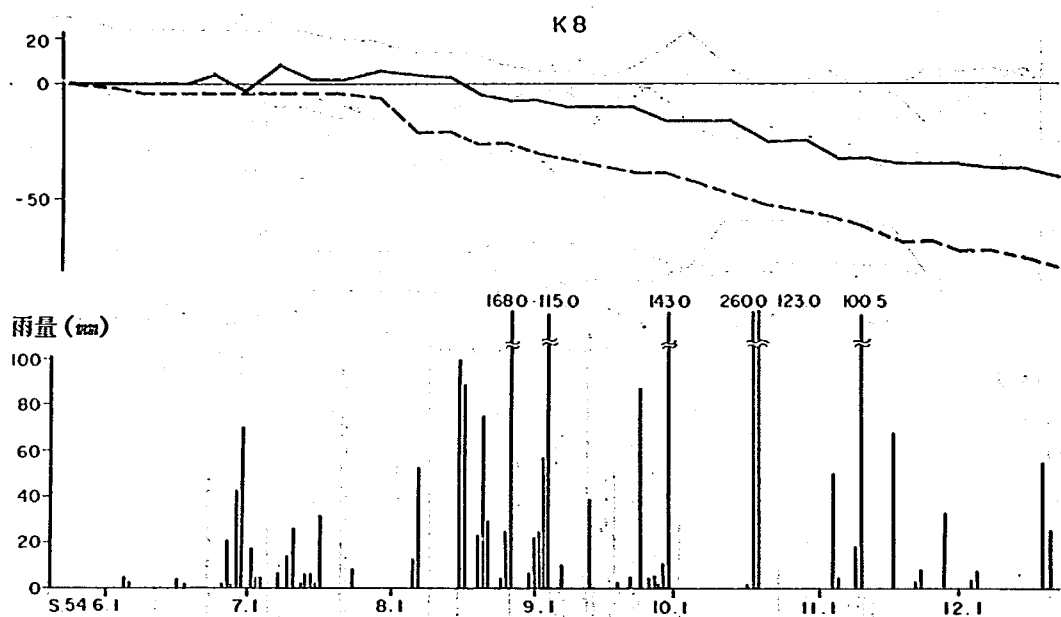


図-12 (e) 傾斜計の観測結果

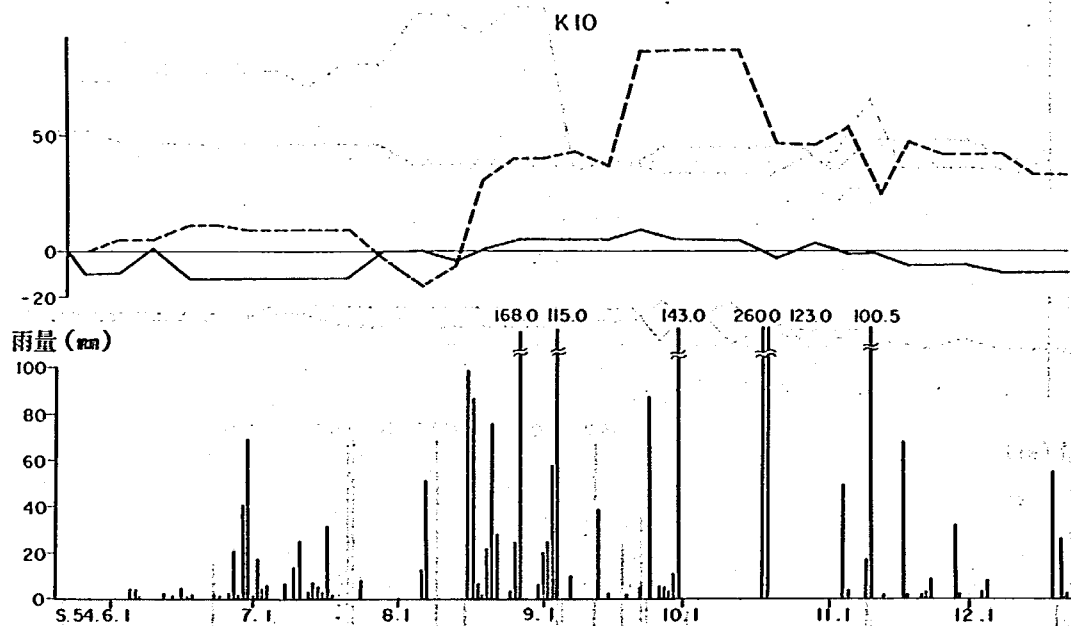


図-12 (f) 傾斜計の観測結果

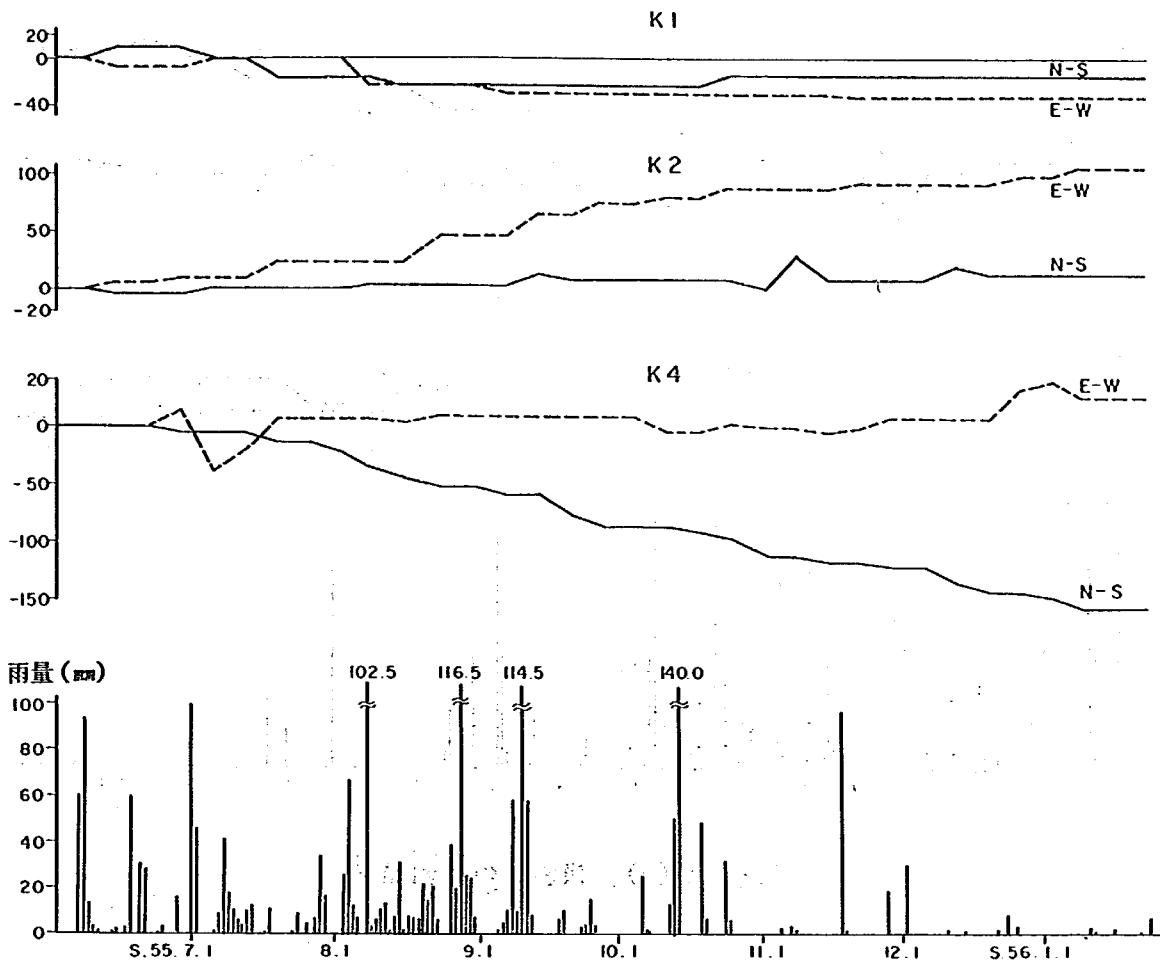


図-13 (a) 傾斜計の観測結果

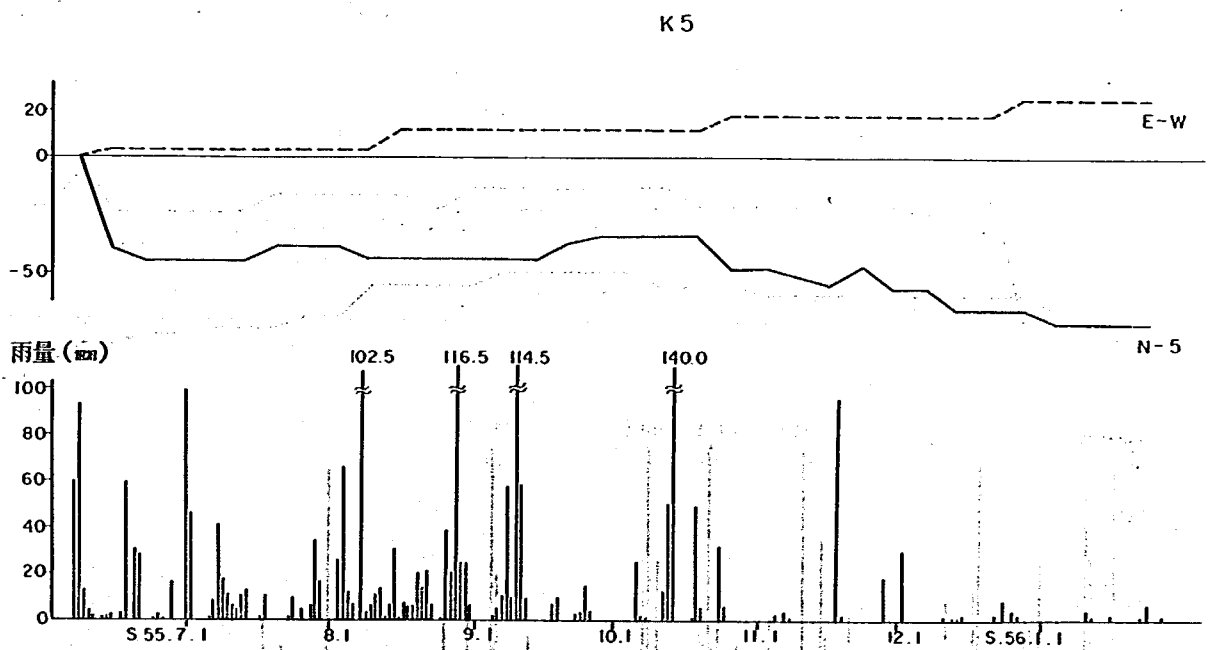


図-13 (b) 傾斜計の観測結果

図-13 (a) 傾斜計の観測結果 (b) 同上

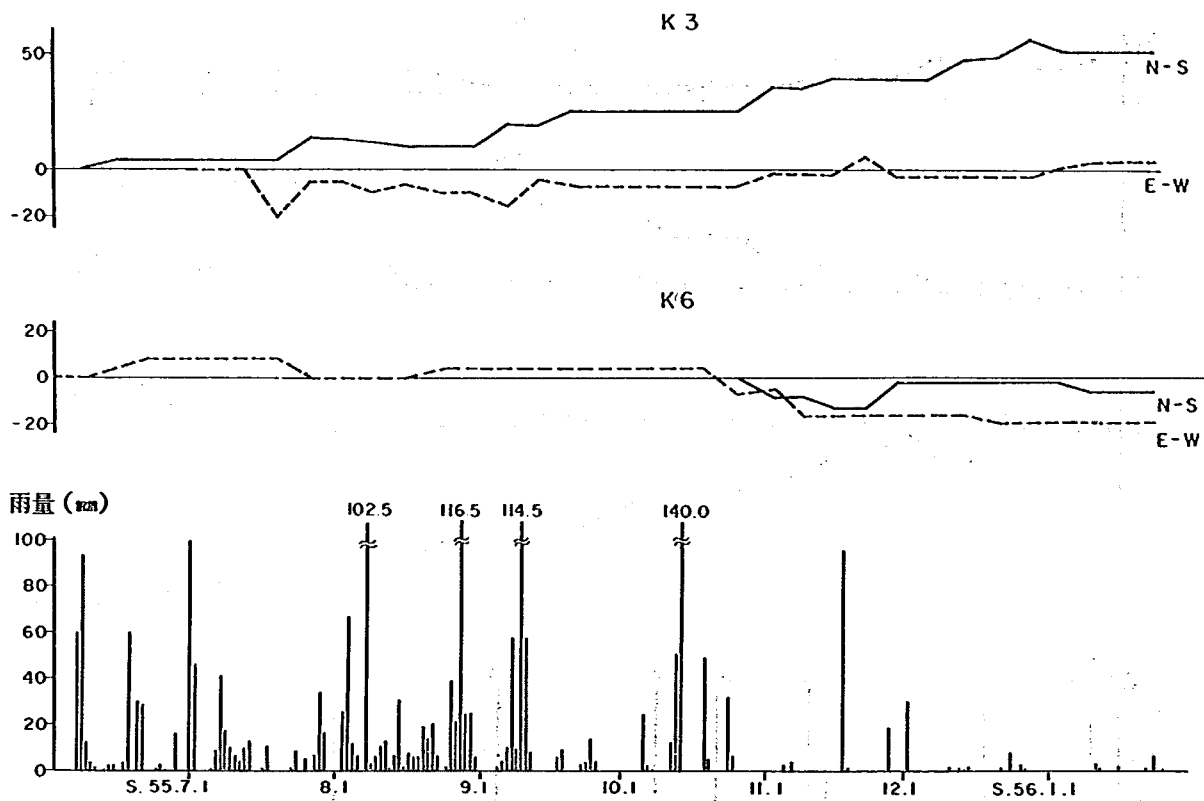


図-13 (c) 傾斜計の観測結果

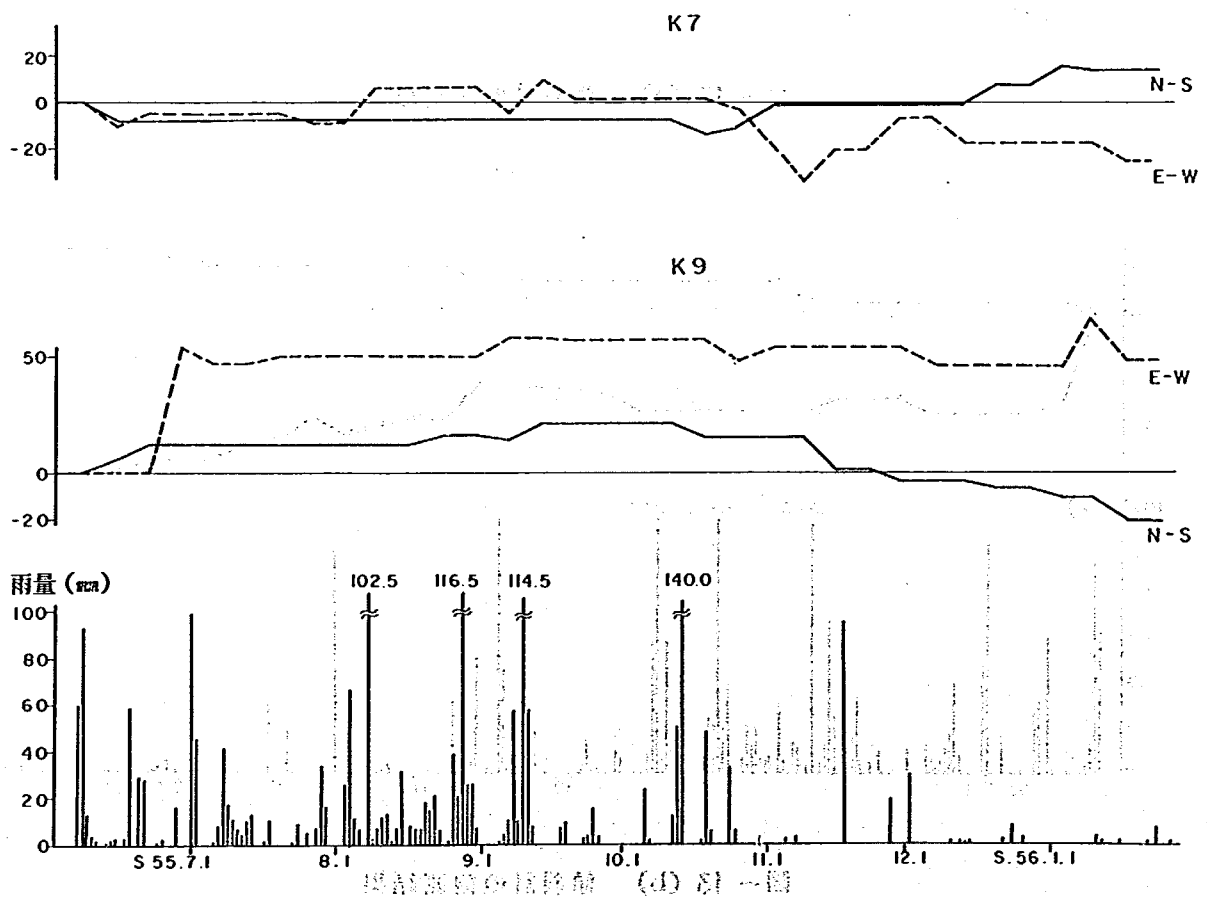


図-13 (d) 傾斜計の観測結果

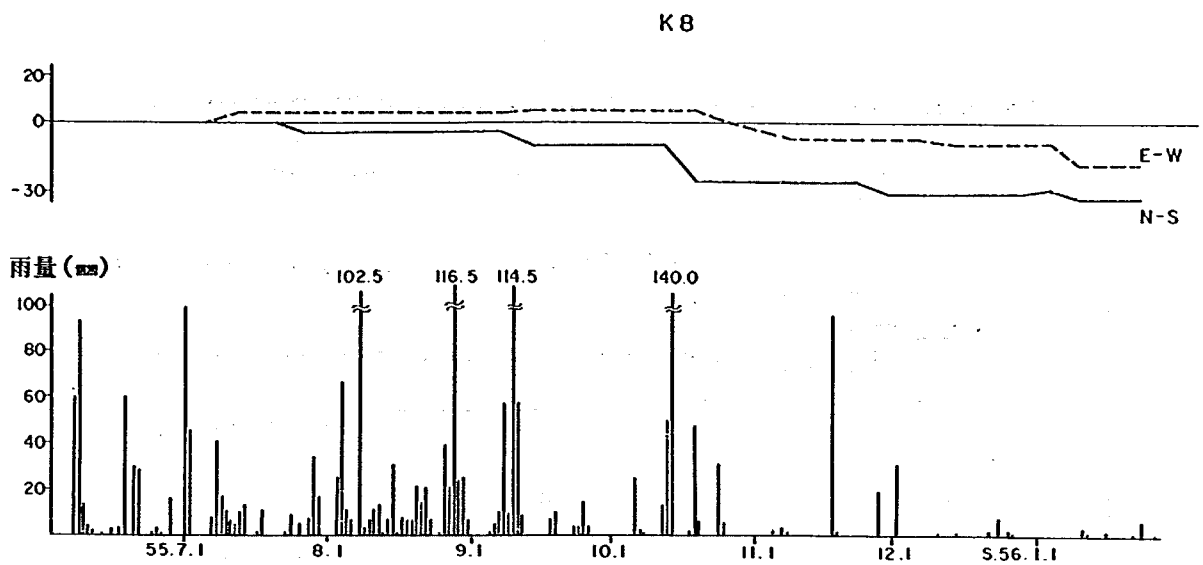


図-13 (e) 傾斜計の観測結果

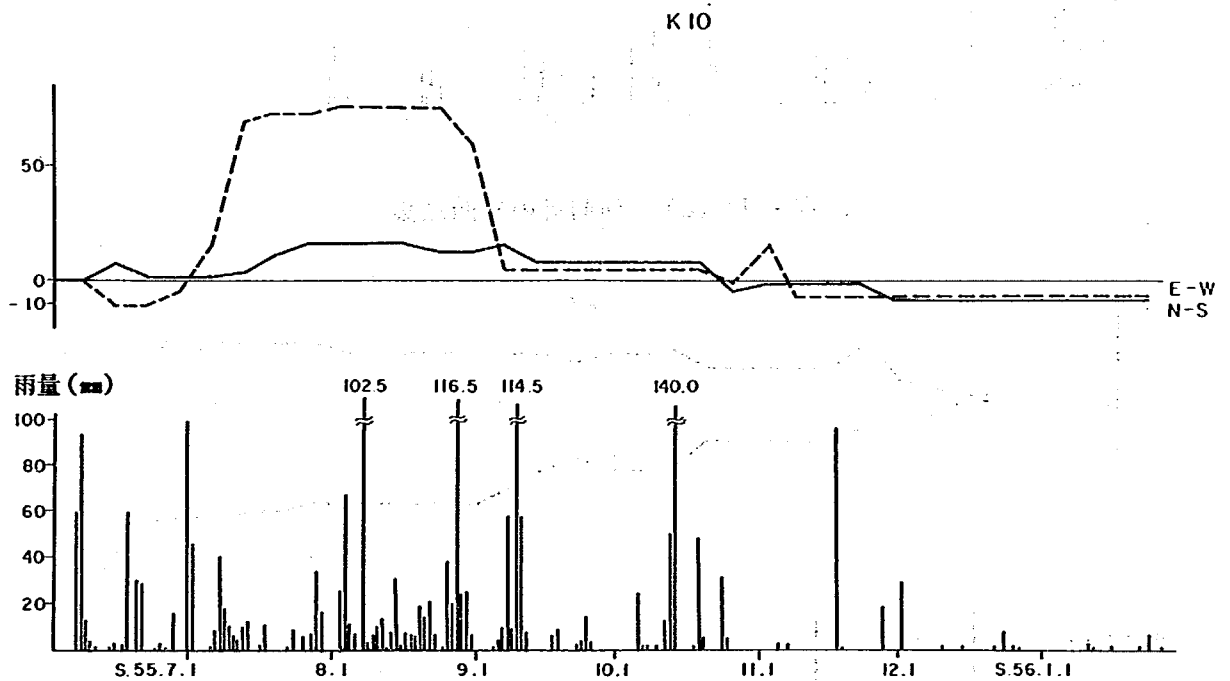


図-13 (f) 傾斜計の観測結果

ENGINEERING COMPANY

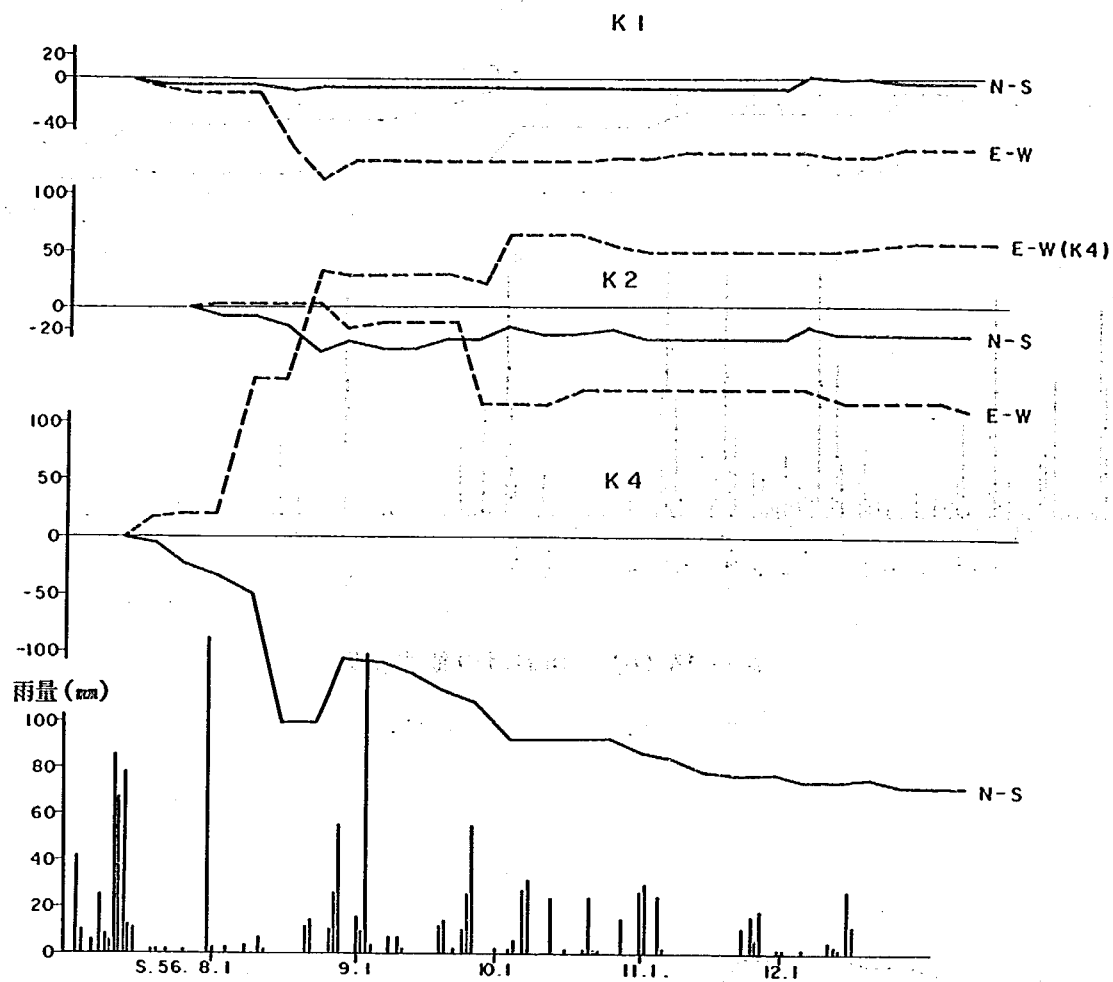


図-14 (a) 傾斜計の観測結果

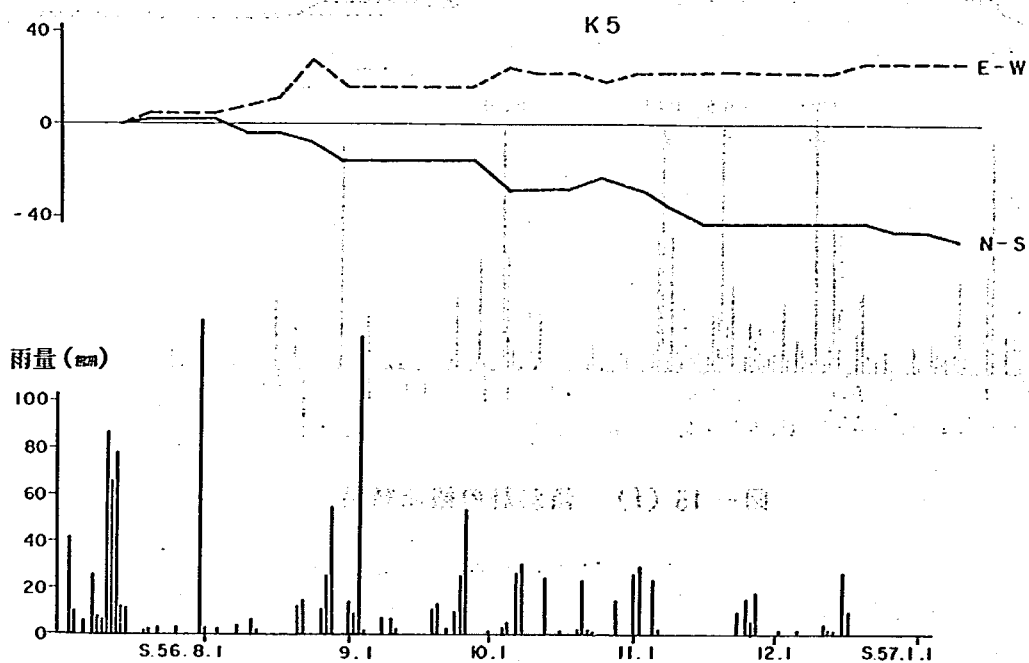


図-14 (b) 傾斜計の観測結果

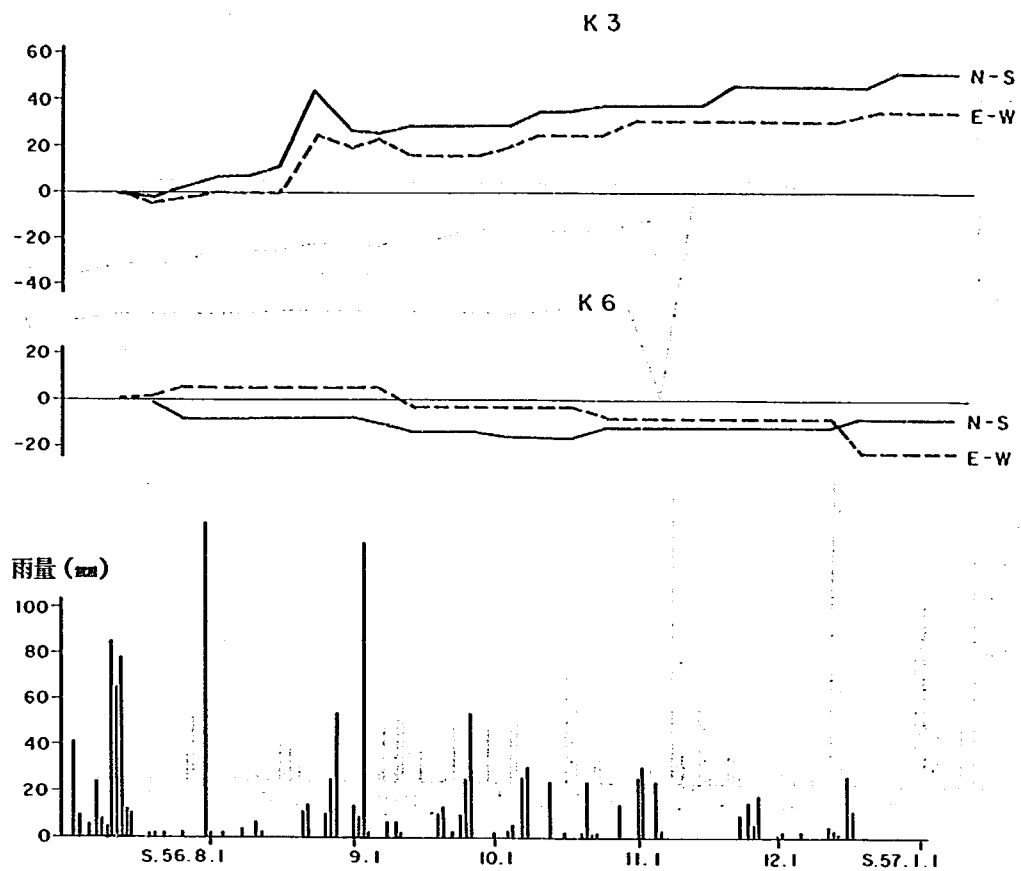


図-14(c) 傾斜計の観測結果

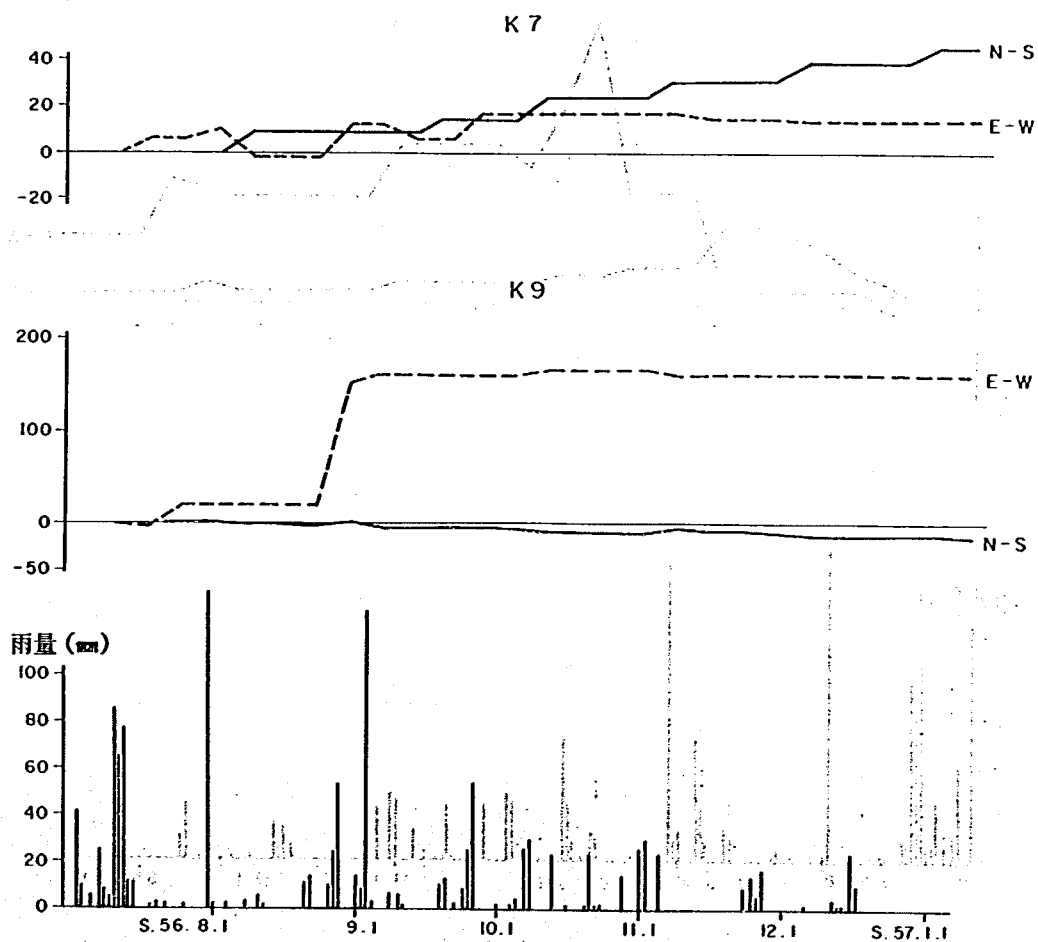
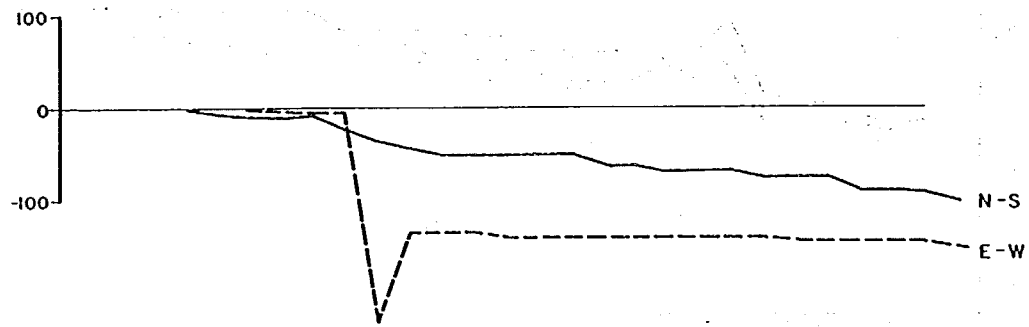


図-14(d) 傾斜計の観測結果



雨量 (mm)

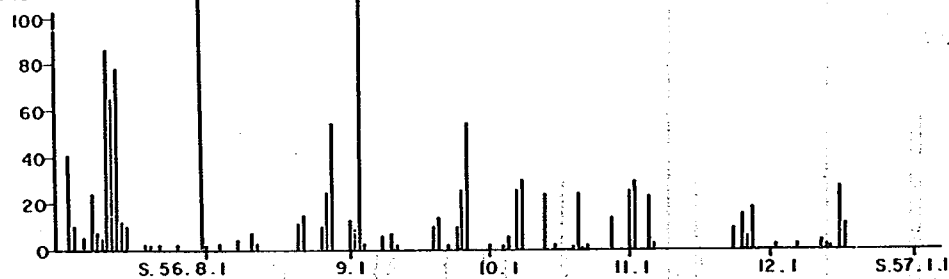
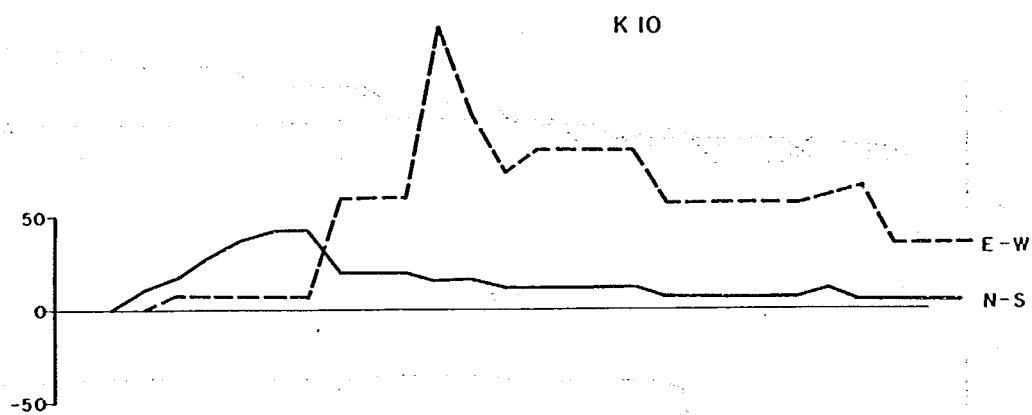


図-14 (e) 傾斜計の観測結果



雨量 (mm)

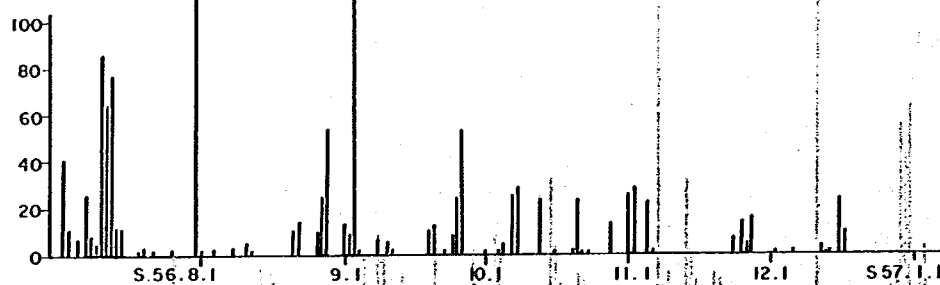


図-14 (f) 傾斜計の観測結果

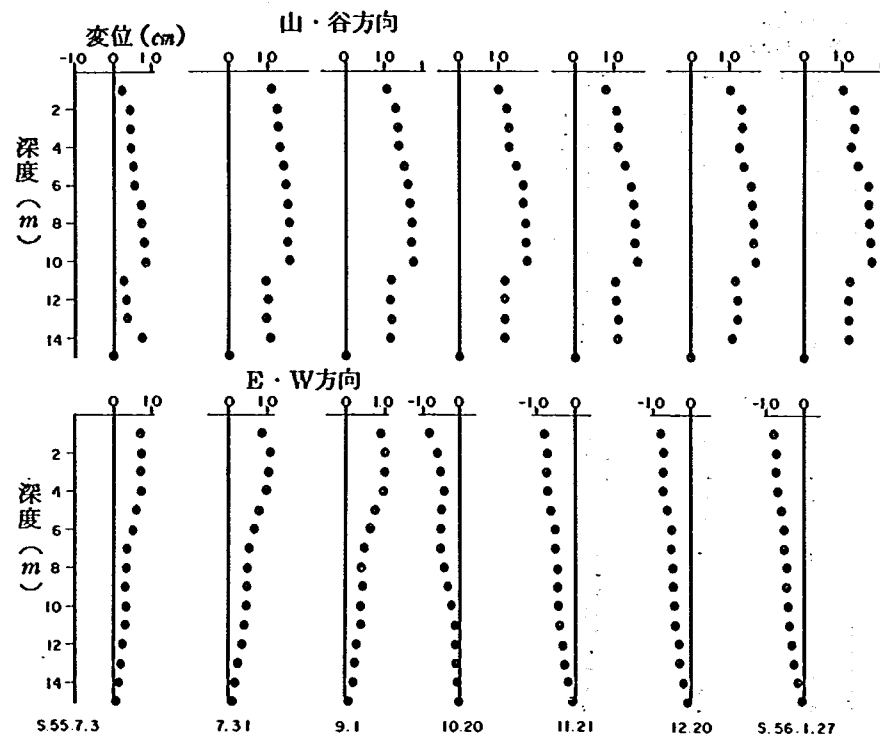


図-15 (a) 孔内傾斜計の観測結果

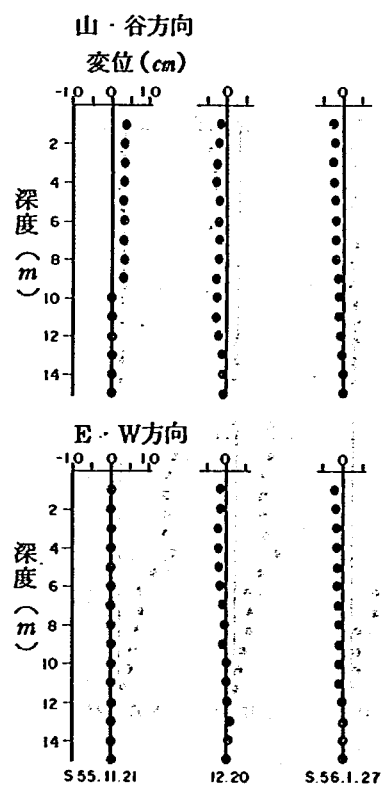


図-15 (b) 孔内傾斜計の観測結果

図-15 (b) 孔内傾斜計の観測結果

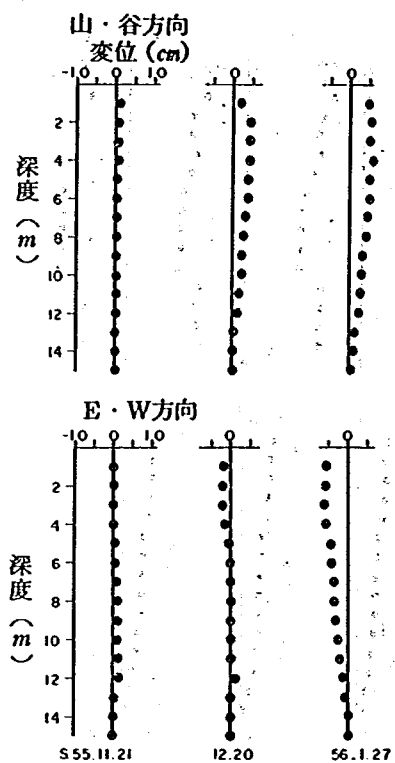


図-15(c) 孔内傾斜計の観測結果

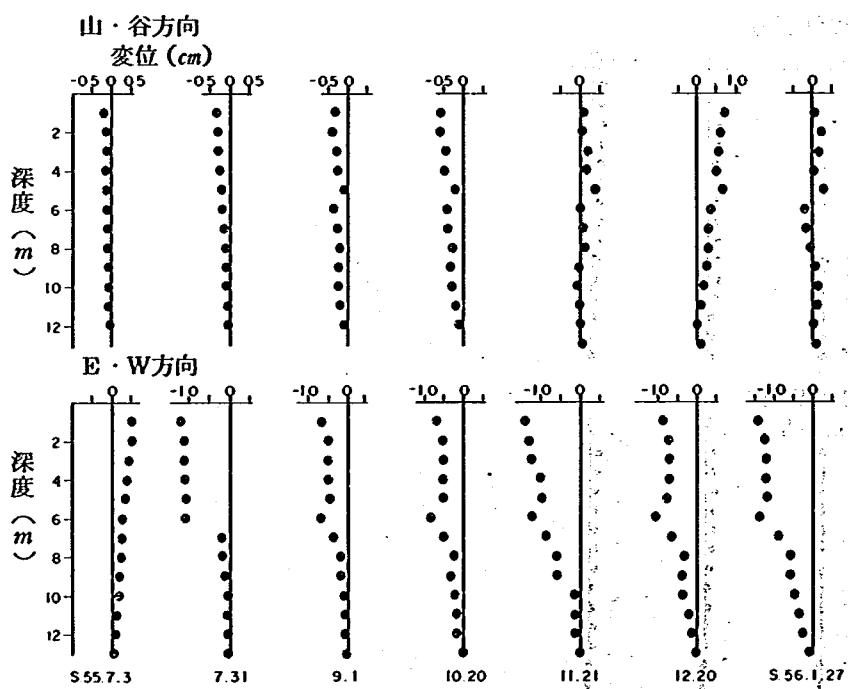


図-15(d) 孔内傾斜計の観測結果

B.V.54-1

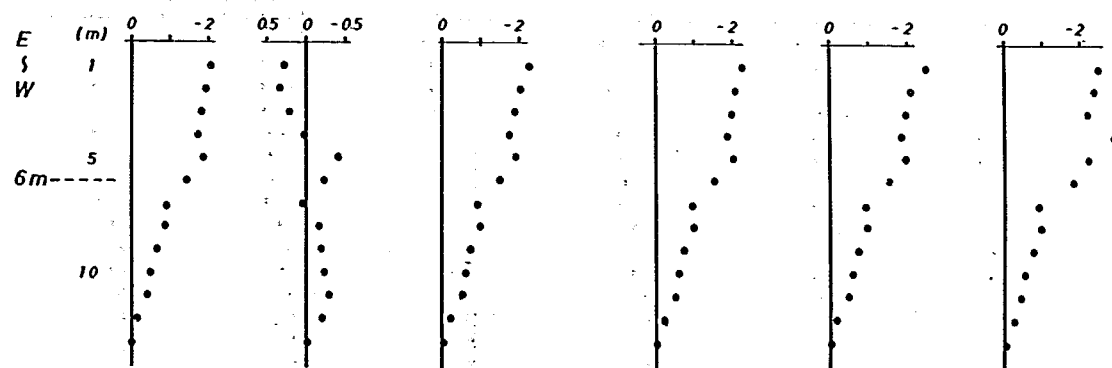
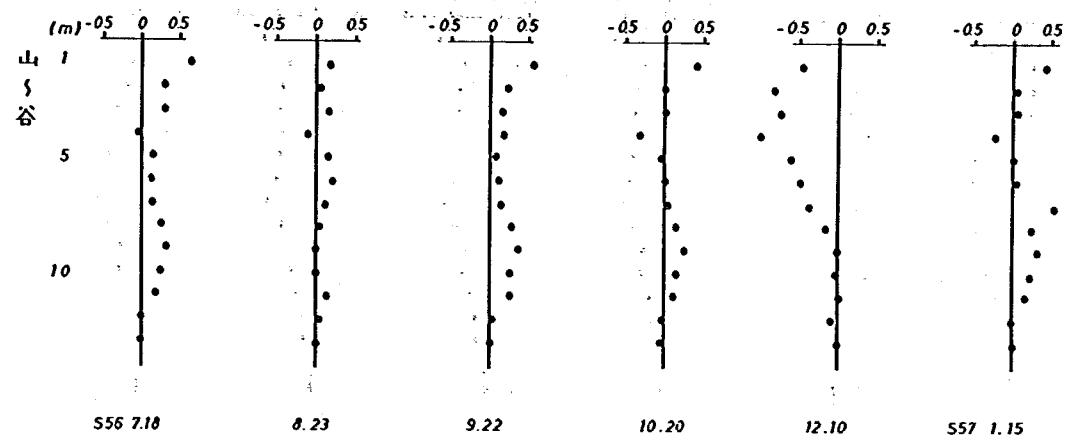


図-15(e) 孔内傾斜計の観測結果

B.V.54-2

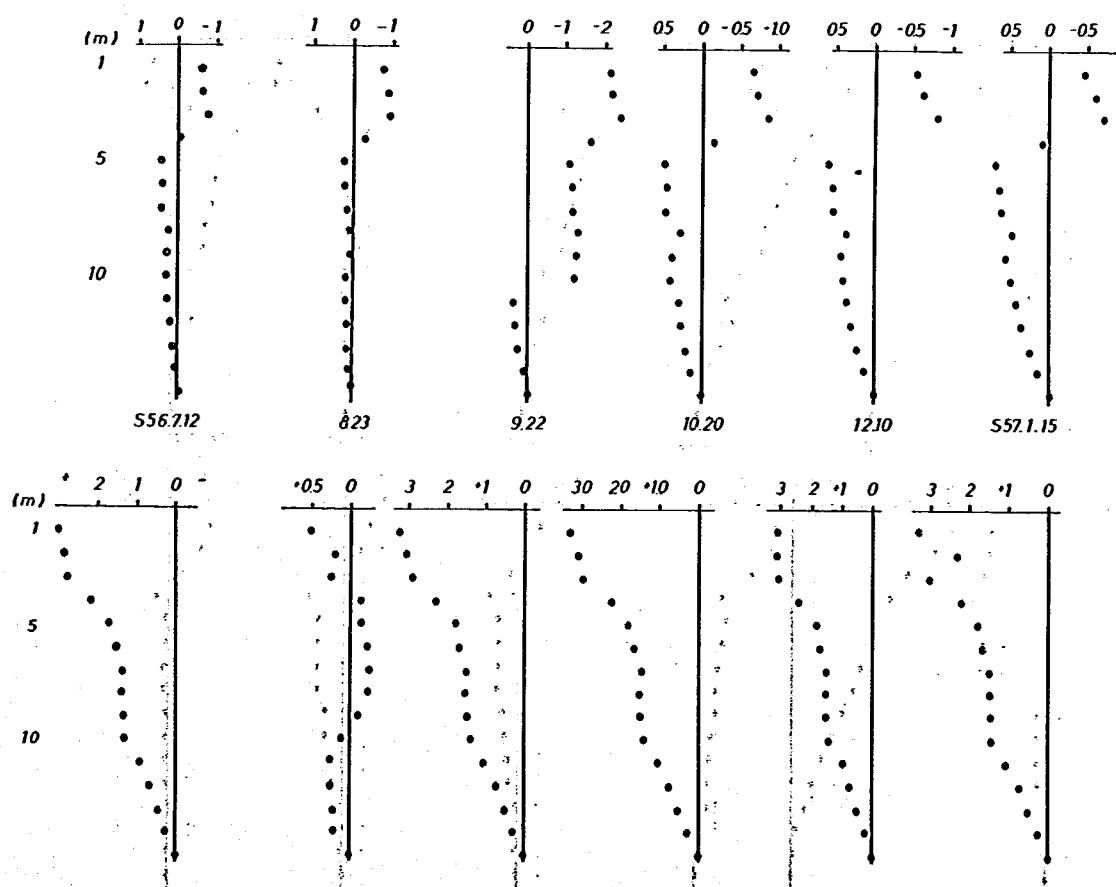


図-15(f) 孔内傾斜計の観測結果

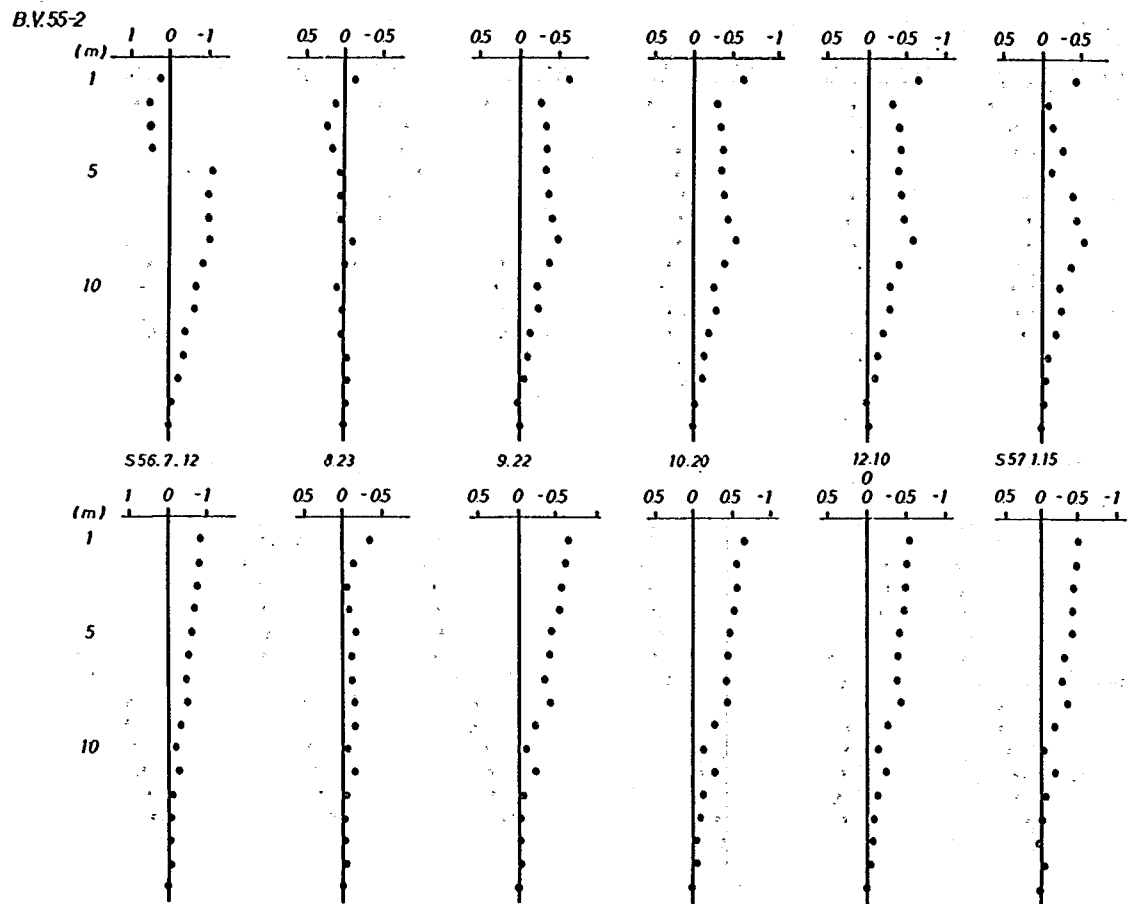


図-15 (g) 孔内傾斜計の観測結果

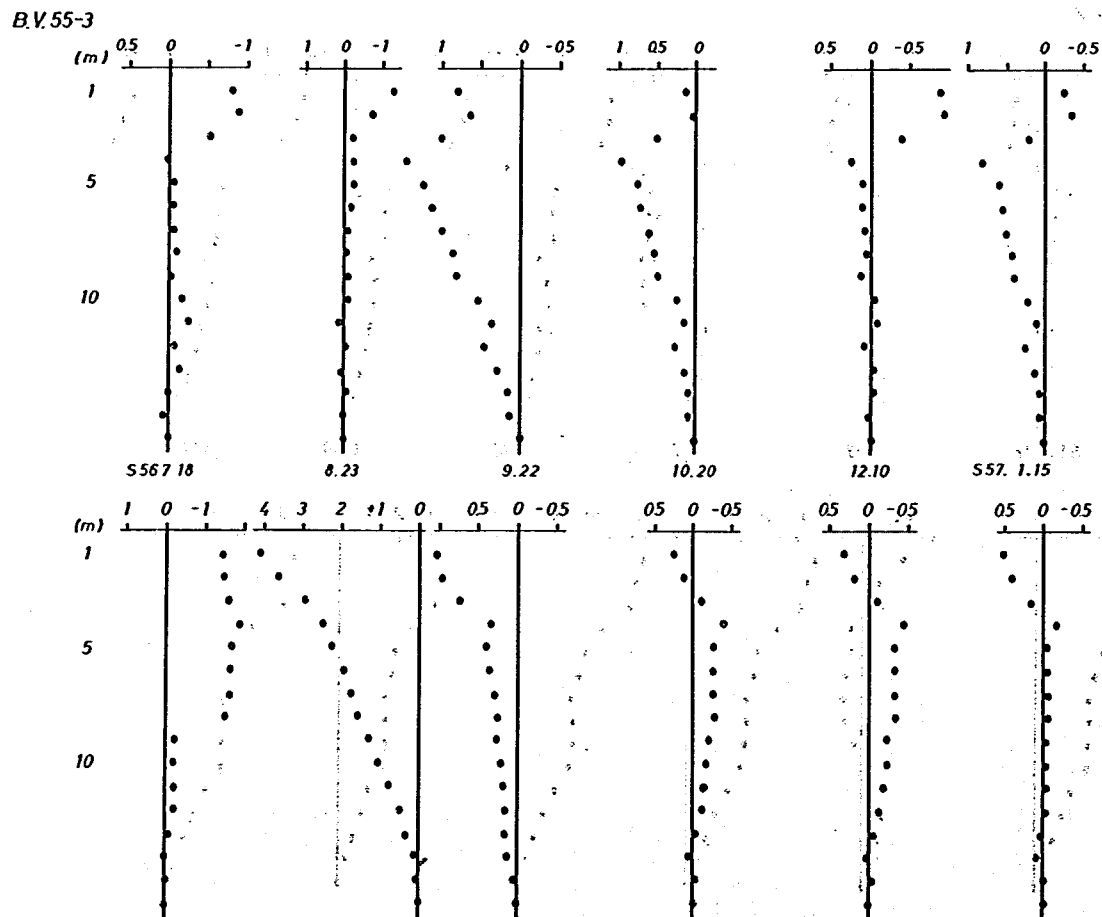


図-15 (h) 孔内傾斜計の観測結果

5. 間隙水圧調査

間隙水圧計は、ピエゾメーターポイント、ブルドン管これを連結する2本のシンフレックスチューブ及びフラッシングタンクから構成され、チューブ内とポイント部に満たされた脱気水が地中の間隙圧と水頭差を生じ、その水頭圧とブルドン管内の圧力が釣合状態になる事で設置位置の間隙水圧を測定できるものである。(図-16)

観測は昭和53年3月より4箇所、9月に4箇所増設し計8箇所で行なった。設置位置は図-1の平面図に記した。測定開始後約一年で8箇所とも間隙圧が暫増し、変動がなくなってしまった。これは、テストピット内で観察した地下水の状態及びボーリング柱状図の地下水観測の結果から見て納得のいくものではなく、次に歪ゲージ型の間隙水圧計を埋設し、リチウム電源を利用した長期記録が可能な記録計を使用し、昭和55年11月より測定を実施した。この方法も測定機器自体の湿度、温度変化に影響され、期待した結果を得るまでには至っていない。

間隙水圧の変動は、地すべり活動とも密接な関係にあり、発生機構との関係を考慮しても、正確に測定したい要素であり、測定機器の開発、改良、設置箇所、設置方法等を再検討したい。

5.1 地下水調査

この調査は、高知県で実施したものである。観測位置はA測線沿いで2本(B.V.51-2, B.V.51-4)、B測線沿いで2本(B.V.52-4, B.V.52-6)のボーリング孔を利用したものである。

観測は53年2月24日より開始した。図-17(a)に示す。降雨と地下水位の相関関係を調査するため、日単位の降雨量と7日単位の地下水位観測のDimensionを合わす必要がある。ここでは降雨のデータをフーリエ変換し、¹⁵⁾7日単位のFilterをかけて図-17(b)の波形にした。この図から、B.V.51-2は南西斜面の地すべり末端部に位置し同柱状図から崩積土層が21.3mと厚い。ここでの水位変動であり、集中豪雨でも顕著な変動も示さず、降雨との相関も見られない。水深は8m程度で安定している。

これに対し、B.V.51-4は斜面頭部に位置し、柱状図から崩積土層厚が10mと比較的薄く、水位変動が大きい。6~7日程度の遅れで相関関係を示し、水位変動幅は最大18.6mに及んでいる。B.V.52-4は北西斜面の地すべり中間部に位置し、崩積土層厚が8.1mである。水位変動幅は5.6mを記録しており、3月~6月までは、降雨とほぼ1~2日で対応し、6月11日以降の集中豪雨により、長期間高水位が維持されるが、9月以降、単発の降雨にも少し変動する。B.V.52-6は崩積土層が10.2mの厚さである。水位変動は13.6mと大きく、降雨との相関は平均7日遅れで対応している。以上のように当地すべりの水位変動は、降雨との相関関係は認められるものの、伸縮計と比較した場合、予想していた以上に反応が遅い。

観測データ数が比較的少ないが、吉松¹⁶⁾の報告を参考に降雨と地下水位変動のずれを、時系列で解析すると、降雨 $x(t)$ とし、地下水位を $y(t)$ とすれば相互相関関数は、

$$R(x, y) = \lim_{T \rightarrow \infty} \frac{1}{T} \int_0^T x(t)y(t+\tau) d\tau \quad \dots\dots\dots (1)$$

で表わされ、相互相関係数は

$$R_{xy} = \frac{R_{xy}(r)}{\sqrt{R_x(0)R_y(0)}} \quad \dots\dots\dots (2)$$

となる。(1), (2)式を用いて計算を実施したが、何分データ数が少ない事と、7日間隔の測定では、相互相関係数も低く解析に至らなかった。しかし、降雨と地下水位の応答関係を調査する事により、地すべりの移動形態がより詳細に解明出来る可能性が大きい事から考えて、今後、長期の自記水位計を設置し、日単位、時間単位の観測を行なう必要がある。

5.2 水質分析

水質分析にともなう採水は、52年12月、53年3, 5, 7, 9月計5回実施し、ボーリングの排水、湧水、河川水等、27箇所で行なった。尚、採水位置は図-1の平面図に示す。

分析は Cl^- , SO_4^{--} の陰イオン、 Na^+ , K^+ , Ca^{++} , Mg^{++} の陽イオン及び溶存ケイ酸、アルカリ度、pHの9成分について実施した。尚、電気電導度の測定も行なっている。

分析方法は表-3に示す。尚、解析は菱形グラフ、Hexadiagram 岩石風化に関する水質相関図、溶存成分と電導度の関係について実施した。

i) 菱形グラフ (図-19)

このグラフは図-18¹⁷⁾及び表-4に示すように、各溶存成分の質的な関係を示すものであり、グラフ区分(1~5)によって一般的な水質の形が判定できる。図-19より、ほとんどが1の領域に入る。ここは我が国の一般的な地下水の型を表わしている。22の湧水は5の領域に入り、河川、伏流水、自由地下水等表流水の型に入っている。排水ボーリングの6は4の領域に入り、海水ならびに海水に汚染された地下水を表わしているが、これは上部に畜舎があり、その影響と思われる。21ボーリング孔の湧水は変動が激しいためか、1と5の領域に分布している。

ii) Hexadiagram (図-21)

Hexadiagram図は水質成分の量的な表示をするものでありその形から水塊区分を行なう事が出来る。(図-20(a), (b)参照)

菱形グラフで区分したように6, 21(7月採水)、22は明らかに他と異なった形をしている。6は Na^+ 成分が多く、 Ca^{++} , Mg^{++} 成分は河川水23の溶存量に匹敵する程に少なく、 $NaHCO_3$ の水質型となる。他のものは $Ca(HCO_3)_2$ の水質型に区分できる。2, 19は他に比較すると溶存成分量が異常に多いと判断した。

iii) 水質相関図 (図-22)

HCO_3^- と Ca^{++} (または $Ca^{++}+Mg^{++}$)の含有量に相関が見られ、同一水系では直線上に載る事と地域的に集中する事が知られている。(この判断から図よりAとBに水系区分が出来、Aの中でも HCO_3^- の違いからA₁, A₂に区分される。

iv) 電導度 (図-23)

一般に溶存成分が多いと電導度 (EC) も高くなる事が知られている。そこで、EC と特に関係がある $\text{Ca}^{++} + \text{Mg}^{++}$ との相関を見た。図より 6 以外は非常に良い相関を示す事がわかった。6 は Na^+ 成分が EC を高くしているものである。

V) 水系区分

以上、4 種類の図より得られた分類を表-5 にまとめた。表より各分類間には対応関係があり菱形グラフの 1 と 5 は Hexadiagram で $\text{Ca}(\text{HCO}_3)$ に水質相関図の A に対応する。

この中で、Hexadiagram の大きさが大なるものは A_2 、中・小なるものは A_1 にあたる。ここで客観的な区分がなされている水質相関図を主体にして、地形・地質的背景等を加味し、地下水の区分を実施した。

< A_1 領域 >

この領域の水は乾期 (冬期) にほとんど出水が無くなるものと、年中出水があるものがある。16 は乾期にも 100 l/min 以上の湧水があり、W-1 の N 方向よりおよそ 30 l/min 、W-2 の S 方向より約 80 l/min の排水がある事、1, 4, 7, 25 にも $1 \sim 10 \text{ l/min}$ 程度の出水がある事、更に 23 の沢水は涸れる事がない等により、 A_1 は 23 と同一水系で、かつ地すべり地内の崩積土中を通る水と考えられ、20, 21, 22 の比較的標高が高い所の湧水も溶存量の分布形・大きさがほとんど 23 と同様である事から、崖堆中の比較的浅い土層を流下する水であると判断した。以上の事を総合判断し A_1 は浅層地下水であると判断した。

< A_2 領域 >

2, 19 は降雨時にのみ出水が認められる。いわゆる、降雨の影響を反映している水であるが溶存量は A_1 よりも多い。2 は 1 回限りの分析値であるため明らかではないが 19 は採水時の降雨条件に大きく左右されている。また、この付近は地表踏査、航空写真等から断層が通過している可能性が大きい。以上の事から、 A_2 は断層等の影響を受けた深層水と浅層水の中間の中間水と判断した。

< B 領域 >

この領域には 6 だけ入る。6 は降雨に大きく左右され乾期でも 3 l/min 程度の出水がある。出水点の 10 m 上方に先ほどふれた畜舎があり堆肥場と一緒にっており、52 年の 17 号台風時に同小屋付近の地面に亀裂が無数に発生していたとの報告がある。成分を見ると Na^+ と SO_4^{--} の増減が連動している事など、これらを総合的に判断すると、もともと 6 は 7 < A_1 領域 > と同水系であるものが畜舎の影響により成分、量が異なったものと推測される。

5.3 揚水試験、地下水追跡

揚水試験は高知県により実施されたものである。崩積土～岩盤中の湧水量及び透水係数把握

のために実施した。

この結果を要約すると表-6になる。B.V.52-1だけ岩盤中の透水係数が 10^{-6} オーダーを示し、他は 10^{-4} 程度の測定値を得た。地下水追跡はB.V.52-2を投入孔とし13箇所の採水点で実施したものである。表-7に示す地下水流速は $1.0 \sim 4.0 \times 10^{-2} \text{ cm/sec}$ と $5.0 \sim 6.0 \times 10^{-3} \text{ cm/sec}$ の2種類あり大部分が前者であるがH.B.-7, 9, B.V.-4の3ヶ所だけ後者である。湧水量の多い箇所は 10^{-2} オーダーで少ない箇所が 10^{-3} オーダーを示し地下水流が異なるようである。H.B.-7, 9, B.V.-4地区は地すべりの頭部付近と考えられるが、この地点の流速は他に比較すると1オーダー遅い。地すべり地一般の流速は 10^{-3} オーダーが多いため、当地区は比較的流速が早いと判断される。

5.4 排水量測定

南西斜面の右ブロック（A測線沿い）で51年に緊急地すべり対策事業として横穴排水ボーリングが10ヶ所で施工された。ここから排水される排水量を測定する事により、地すべり対策工の効果確認及び降雨との相関関係等を調べた。尚、排水量は52年12月6日より開始した。

排水量と降雨の関係を地下水とその流出量関係式を参考にし、有効雨量の考え方を一義的に下記の式より求め有効雨量（Re）と排水量（Q）の関係を図-24(a)~(f)に示す。

尚、図中の黒丸(●)は集水井が完成する以前、(×)印は集水井完成後のものである。

$$Re = \sum \left(Ri \cdot \frac{1}{1+i} \right)$$

ここで、Re : 有効雨量 (mm)

Ri : i 日前の降雨量 (mm)

排水ボーリングの位置は崩積土中に施工されたものである。集水井の施工前は図-1の平面図に示す。No.1 図-23(a)（以下図-23は略す）は崩積土中に施工されたものである。集水井の施工前は基底量 30 l/min であったものが施工後 14 l/min と50%以下まで減少した。

No.2はNo.1と同方向に掘削（施工）され、 33.5 m から緑色岩内に貫入している。ここではReが30以下ではほとんど排水量がなく、降雨による排水量は3~5日後で消える。集水井の影響は殆ど見られない。No.3（b図）は地すべりブロックの境界付近に掘削されている。ここでは施工前後では $\frac{1}{10}$ の減少を示し、Reが 100 mm に達した時従来の基底量と同程度になる。

No.4（c図）は右ブロックから中央ブロックに向けて施工されている。排水量は $\frac{1}{30}$ に減少し、基底量は0となる。No.5（d図）はNo.4と同方向であるが、Reに対する排水量は小さく、集水井の影響は見られない。

No.10は崩積土中を 24 m 掘削し、先端は地すべりブロックの境界部に位置する。ここでは基底量が 20 l/min でReが 10 mm を越えた時点より上昇傾向にあったが、施工により基底量は0まで減少し、Reが $80 \sim 90 \text{ mm}$ に達すると、施工以前の基底量に達する。

No.6（e図）は、滑落崖から更に上部の古い滑落部を貫いている。基底量は、 0.4 l/min

程度であり、最大量も20ℓ/minにも達しておらない。

㈬8, ㈬9は地形的に沢状の方向から尾根方向に施工されており、以前から、集中豪雨時に出水が認められている。

㈬8は平常時の排水は無く、集中豪雨（ここではReが100mm以上を示す場合）には2週間程度の排水が継続する。最大値は75ℓ/minを観測した。㈬9の排水量は観測期間を通じて0であった。

56年は週1回の間隔で測定を行なった。観測データが少ないため前記の式、図を使用せず、図-25(a),(b)に示す。

観測中に排水量が殆ど認められない㈬7, ㈬8は図より除外した。図に示す8本の排水ボーリングは以前の測定結果とほぼ一致した排水状態にあり、7月31日の集中豪雨に対し、翌8月1日に大きな排水量を観測した。㈬2, 3, 4, 5の4本は集中豪雨のみ測定可能であって、常時の排水は期待は出来ない状態ではあるが排水機能は保たれている。

㈬1, 6, 8は常時6ℓ/min以上の排水量が測定された。集中豪雨の1日後でも相当量の排水を観測している。以上の事から排水ボーリング工は地すべり対策工としての機能を十分に果たしていると判断した。

表-3 水質分析法

1. 分析の種類	
陰イオン	Cl^- , SO_4^{--}
陽イオン	Na^+ , K^+ , Ca^{++} , Mg^{++}
その他	溶存イオン, アルカリ度, pH
2. 分析手法	
吸光度法	_____ Cl^-
比濁法	_____ SO_4^{--}
原子吸光法	_____ Na^+ , K^+ , Ca^{++} , Mg^{++}
ガラス電極法	_____ pH
ブロムクレゾールグリーン法	_____ アルカリ度
モリブデン青法	_____ 溶存ケイ酸

表-4 Keydiagramによる水質型区分

区分	水質型	水質組成	形態（環境）	判定
①	炭酸カルシウム型	$\text{Ca}(\text{HCO}_3)_2$ $\text{Mg}(\text{HCO}_3)_2$ 〔重炭酸Ca, Mg〕	本邦地下水の大半がこれに属し、石灰岩地帯の地下水はこれの典型	一般地下水
②	炭酸ナトリウム型	NaHCO_3 〔重炭酸K, Na〕	停滞的な環境にある地下水（停滞水）にて、断層、破砕帯に関連	深層地下水
③	非炭酸カルシウム型	CaCl_2 , CaSO_4 〔塩化・硫酸土類〕	温泉水・鉱泉水、および化石水にて、一般的な地下水では稀	温泉地下水
④	非炭酸ナトリウム型	NaCl 〔塩化・硫酸アルカリ〕	海水および海水に汚染された地下水と温泉水	海水および海水汚染水
⑤	中間型	①~④の中間組成	河川水・伏流水・自由地下水など、表流水の典型	表流水

表 - 5

	菱形グラフ による分類	Hexadiagram		水質相関図 による分類	電導度 による相関	採取位置	地質地形的背景
		型	大きさ				
1 (5/28)	1	Ca (HCO ₃)	中	A ₁	良	ボーリング	崩積土中, 地すべり末端
2 (")	1	Ca (HCO ₃)	大	A ₂	良	"	崩積土 → 破碎輝緑岩 地すべり末端
3 (")	1	Ca (HCO ₃)	中	A ₁	良	"	"
4 (")	1	Ca (HCO ₃)	中	A ₁	良	"	"
5 (")	1	Ca (HCO ₃)	中	A ₁	良	"	"
6 (")	4	NaHCO ₃	大	B	不良	"	崩積土 → 破碎輝緑岩 地すべり上部
(7/31)	4	NaHCO ₃	大	B	不良	"	"
(9/20)	4	NaHCO ₃	中	B	不良	"	"
7 (5/28)	1	Ca (HCO ₃)	小	A ₁	良	"	崩積土 → 輝緑岩 地すべり上部
10 (")	1	Ca (HCO ₃)	中	A ₁	良	"	崩積土中
11 (")	1	Ca (HCO ₃)	中	A ₁	良	湧水	地すべり末端, 湿地帯有り
12 (")	1	Ca (HCO ₃)	中	A ₁	良	"	地すべり末端, 近露頭有り
(7/31)	1	Ca (HCO ₃)	中	A ₁	良	"	" "
(9/20)	1	Ca (HCO ₃)	中	A ₁	良	"	" "
15 (5/28)	1	Ca (HCO ₃)	中	A ₁	良	"	小崩壊跡より
16 (")	1	Ca (HCO ₃)	中	A ₁	良	"	地すべり中間部, 地形変化部
(7/31)	1	Ca (HCO ₃)	中	A ₁	良	"	" "
(9/20)	1	Ca (HCO ₃)	中	A ₁	良	"	" "
17 (5/28)	1	Ca (HCO ₃)	中	A ₁	良	"	地すべりブロックの滑落部
(7/31)	1	Ca (HCO ₃)	中	A ₁	良	"	"
(9/20)	1	Ca (HCO ₃)	中	A ₁	良	"	"
18 (5/28)	1	Ca (HCO ₃)	中	A ₁	良	"	地すべり中間部, 地形変化部
19 (")	1	Ca (HCO ₃)	大	A ₂	良	"	地すべり中間部, 湿地部
(7/31)	1	Ca (HCO ₃)	大	A ₂	良	"	" "
(9/20)	1	Ca (HCO ₃)	大	A ₂	良	"	" "
20 (5/28)	1	Ca (HCO ₃)	小	A ₁	良	"	近民家, 地形変化部
21 (")	1	Ca (HCO ₃)	中	A ₁	良	"	地すべり最頭部, 20 m程上部
(7/31)	5	Ca (HCO ₃)	小	A ₁	良	"	多数の滑落地形 "
(9/20)	1	Ca (HCO ₃)	小	A ₁	良	"	" "
22 (5/28)	5	Ca (HCO ₃)	小	A ₁	良	"	地すべり最上部, 滑落崖傍
23 (")	1	Ca (HCO ₃)	小	A ₁	良	河川水	地すべり頭部の沢水
(7/31)	1	Ca (HCO ₃)	小	A ₁	良	"	"
(9/20)	1	Ca (HCO ₃)	小	A ₁	良	"	"
25 (")	1	Ca (HCO ₃)	中	A ₁	良	湧水	地藏寺川の川岸上部水田
26 (")	1	Ca (HCO ₃)	中	A ₁	良	"	地藏寺川の川岸
27 (")	1	Ca (HCO ₃)	中	A ₁	良	"	"

表-6

	孔番号	深 度 (m)	透水係数 (cm/sec)	揚水量 (L/分)	備 考
A B ブ ロ ッ ク	BV52-1	7.45~9.00	1.878×10^{-4}	0.07	回復水位小さい→崩積土中
		9.00~12.00	7.72×10^{-6}	0.103	
		12.00~15.00	5.70×10^{-6}	0.022	
	BV52-2	6.85~9.50	2.56×10^{-3}		崩積土中
		9.00~9.50	6.63×10^{-4}		
		11.09~12.30	9.32×10^{-3}	$\div 10^{-2}$ オーダー	崩積土中
		12.00~15.00	9.90×10^{-4}	$\div 10^{-3}$ //	
		17.76~17.85	3.38×10^{-1}		崩積土, 岩盤境界
		18.27~20.35	2.78×10^{-3}		CP内に水位上昇
		20.38~23.00	2.66×10^{-3}		
		23.00~26.00	7.92×10^{-4}		
		26.00~30.00	1.08×10^{-4}		
		30.00~33.55	1.14×10^{-4}		
C D ブ ロ ッ ク	BV52-5	5.00~8.00	6.78×10^{-5}	0.001	→崩積土中
		8.00~12.00	2.11×10^{-4}	0.18	回復水位小さい
		12.00~15.00	2.54×10^{-4}	0.197	

表 7 - 薬品検出と流下至達時間

採水点	距 離 (m)	検出時間 (sec)	流 速 (cm/sec)	分析値/M (倍)	検 出 判 定
HB-1	2.52×10^4	3.46×10^5	7.28×10^{-2}	1.5 5	検 出
2	2.55×10^4	5.18×10^5	4.92×10^{-2}	1.5 5	"
"	"	6.91×10^5	3.69×10^{-2}	1.8 1	"
3	2.45×10^4	1.73×10^6	1.42×10^{-2}	1.1 7	?
4	2.48×10^4	1.81×10^6	1.37×10^{-2}	1.1 4	?
7	1.30×10^4	2.16×10^6	6.02×10^{-3}	1.5 1	検 出
9	1.17×10^4	2.07×10^6	5.65×10^{-3}	4.1 2	確 実
BV-2	2.20×10^4	1.04×10^6	2.12×10^{-2}	1.6 6	検 出
4	1.50×10^4	1.81×10^6	8.29×10^{-3}	1.7 4	"
"	"	2.42×10^6	6.20×10^{-3}	1.9 4	確 実
BV52-1	1.60×10^4	1.21×10^6	1.32×10^{-2}	1.5 6	検 出
湧水 1	2.70×10^4	6.91×10^5	3.91×10^{-2}	1.4 7	"
3	1.80×10^4	4.32×10^5	4.17×10^{-2}	2.4 2	確 実
"	"	6.91×10^5	2.60×10^{-2}	3.2 5	"

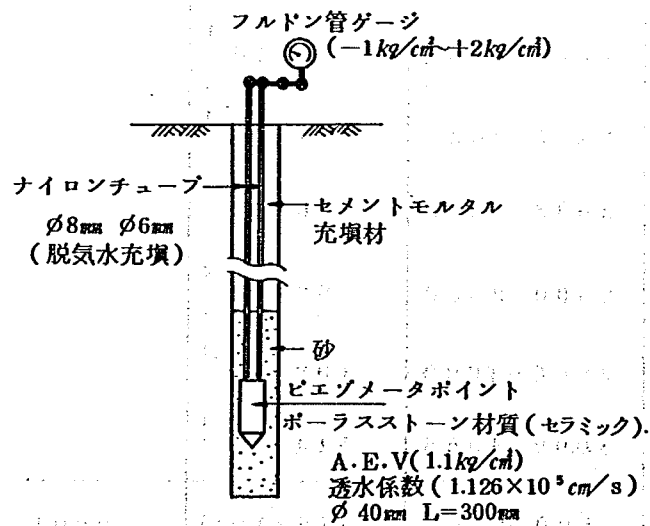


図 - 16 間隙水圧計

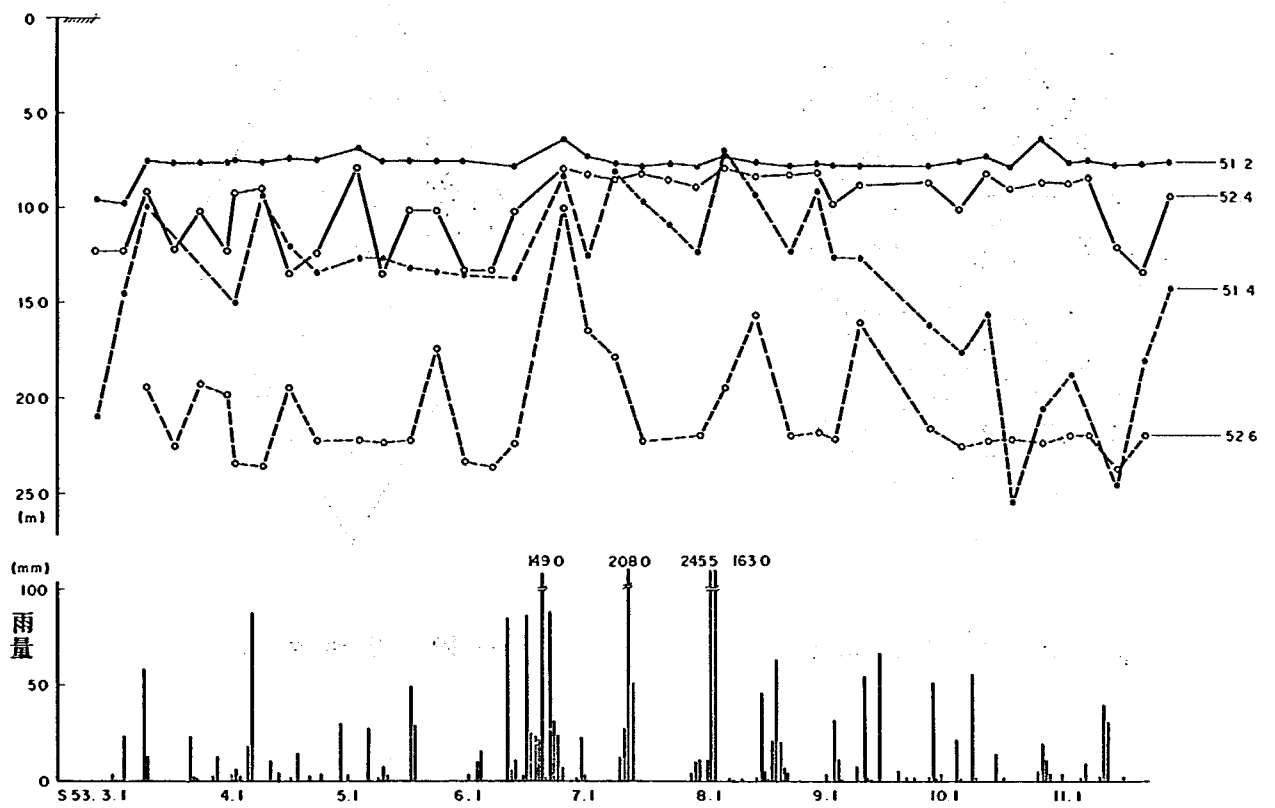


図-17(a) 地下水位観測結果

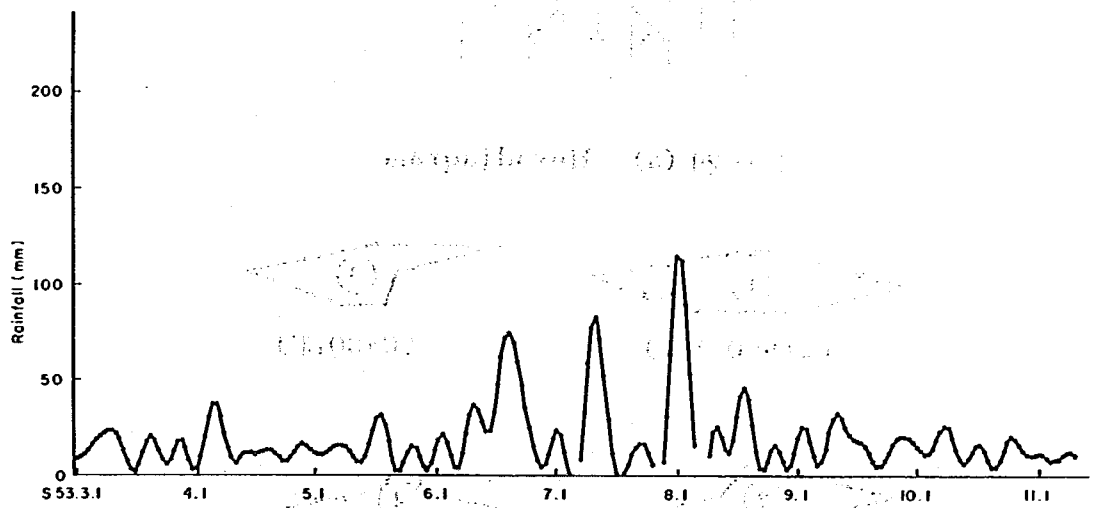


図-17(b) 7日間隔の降雨フィルター図

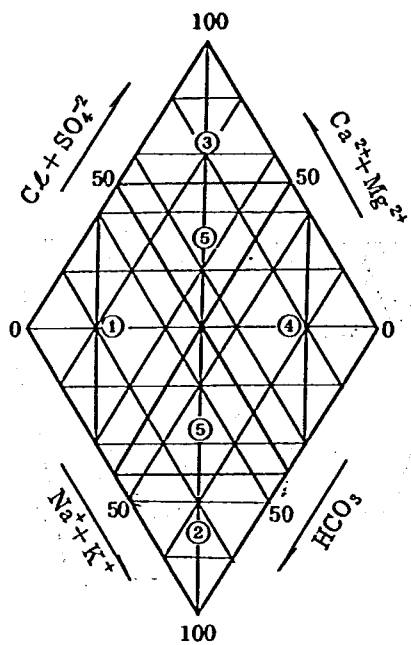


図-18 Keydiagram

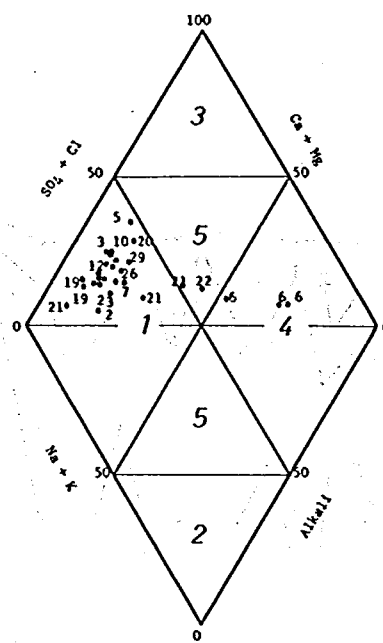


図-19 菱形グラフ

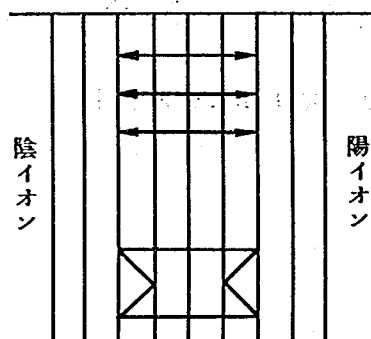


図-20 (a) Hexadiagram

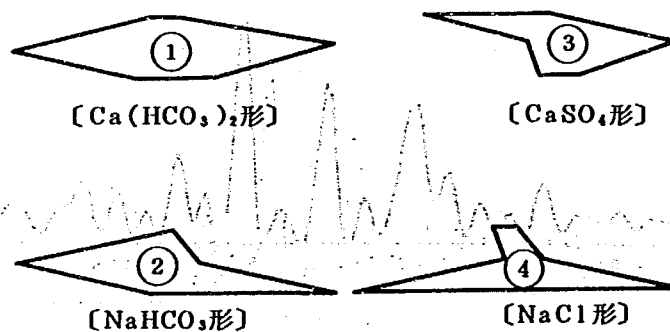


図-20 (b) Hexadiagramによる水質型分類

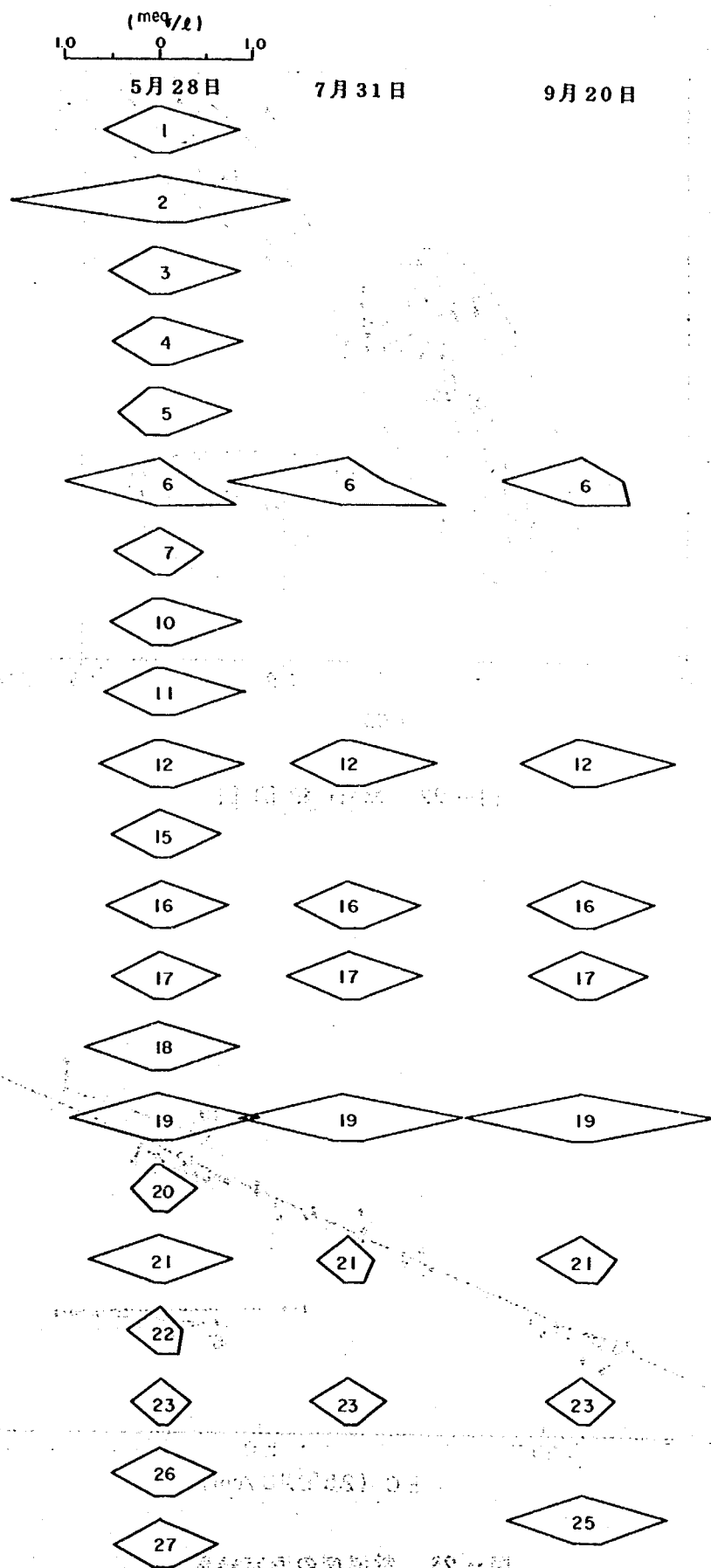


図-21 Hexadiagram

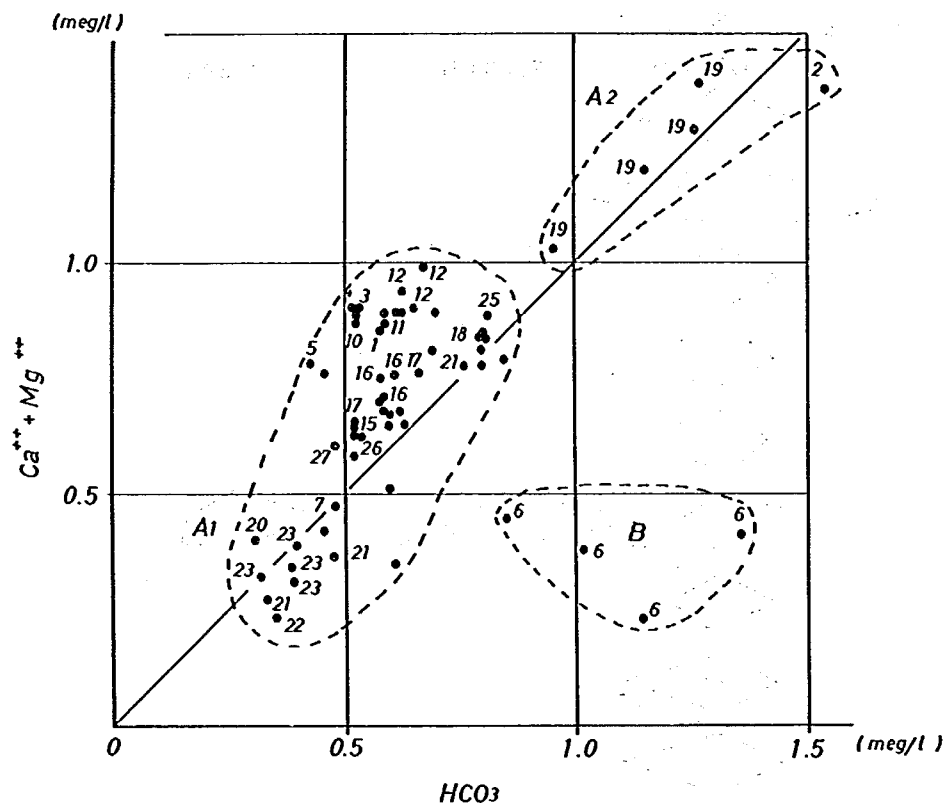


図-22 水質相関図

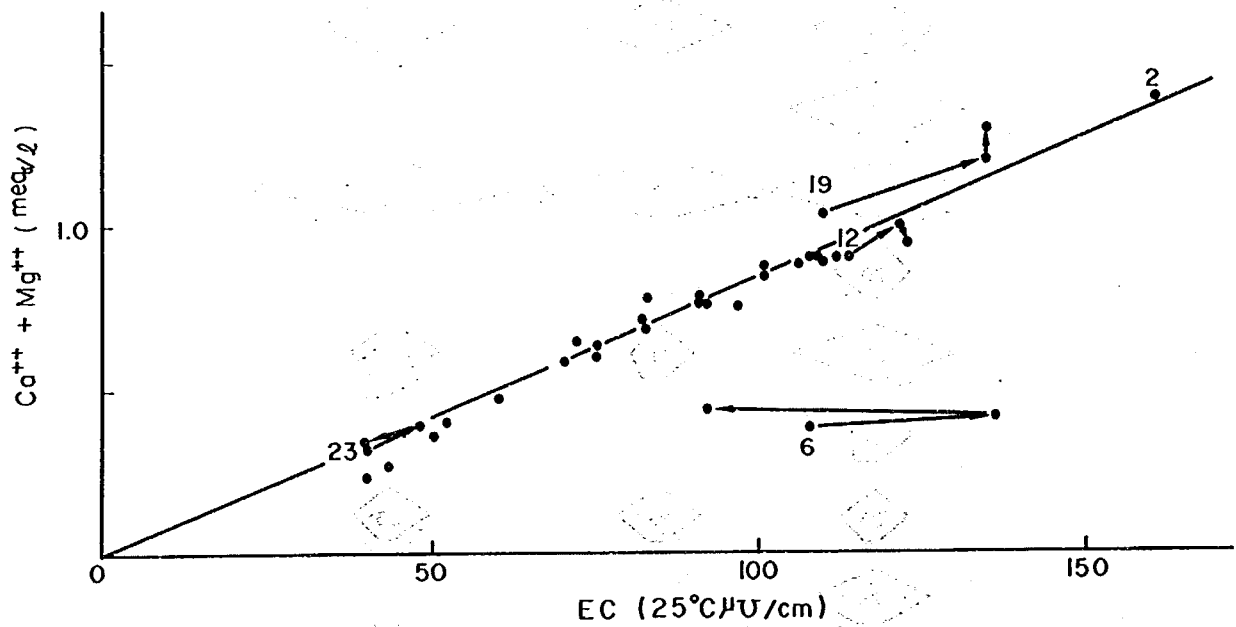


図-23 電導度の測定結果

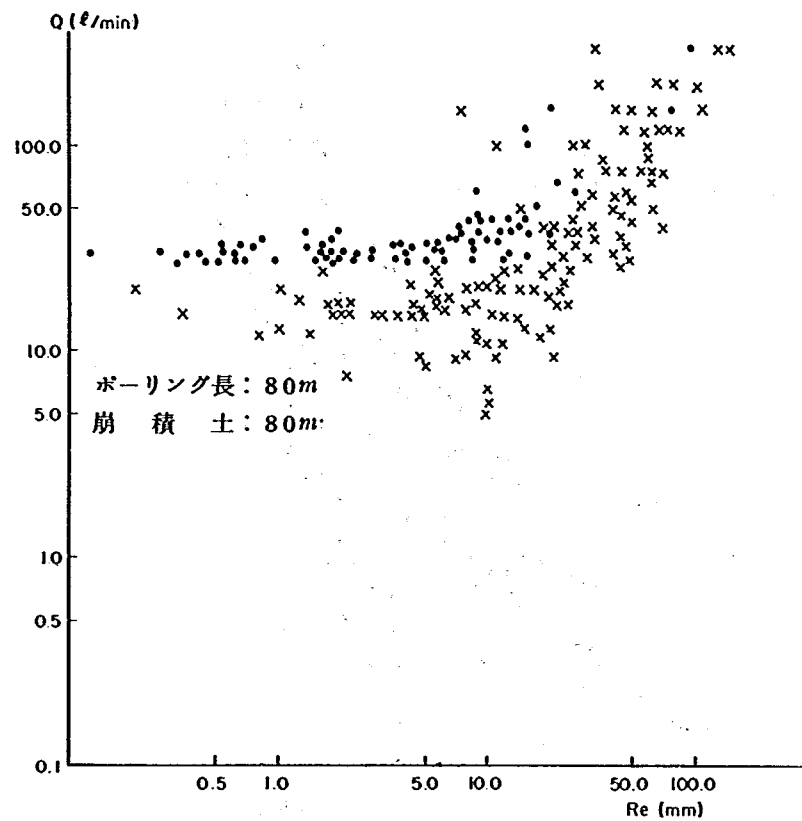


図-24 (a) 排水流量の計算結果

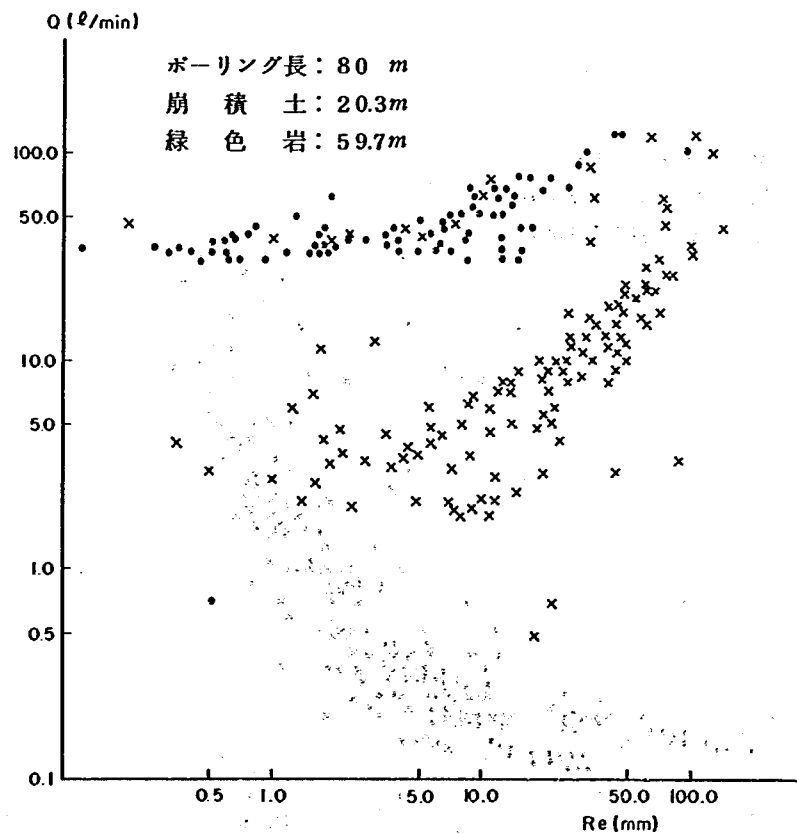


図-24 (b) 排水流量の計算結果

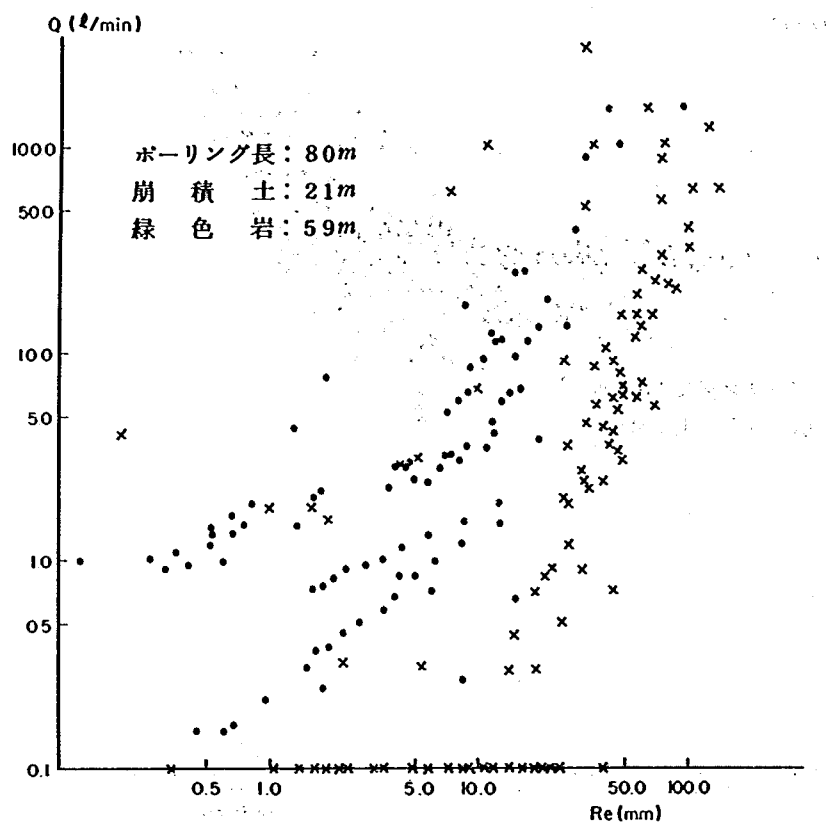


図-24 (c) 排水流量の計算結果

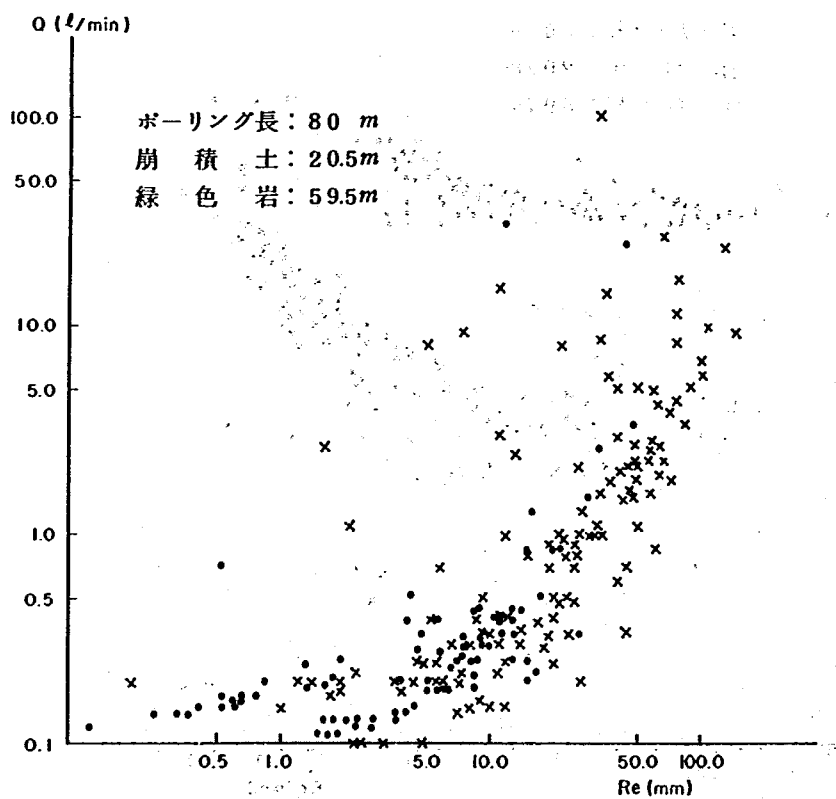


図-24 (d) 排水流量の計算結果

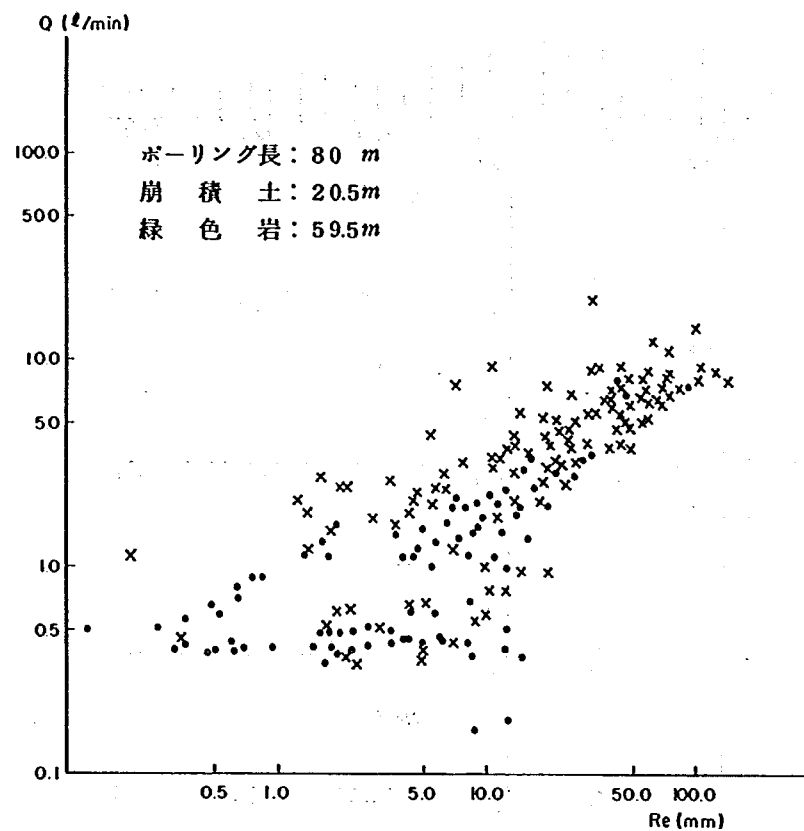


図-24 (e) 排水流量の計算結果

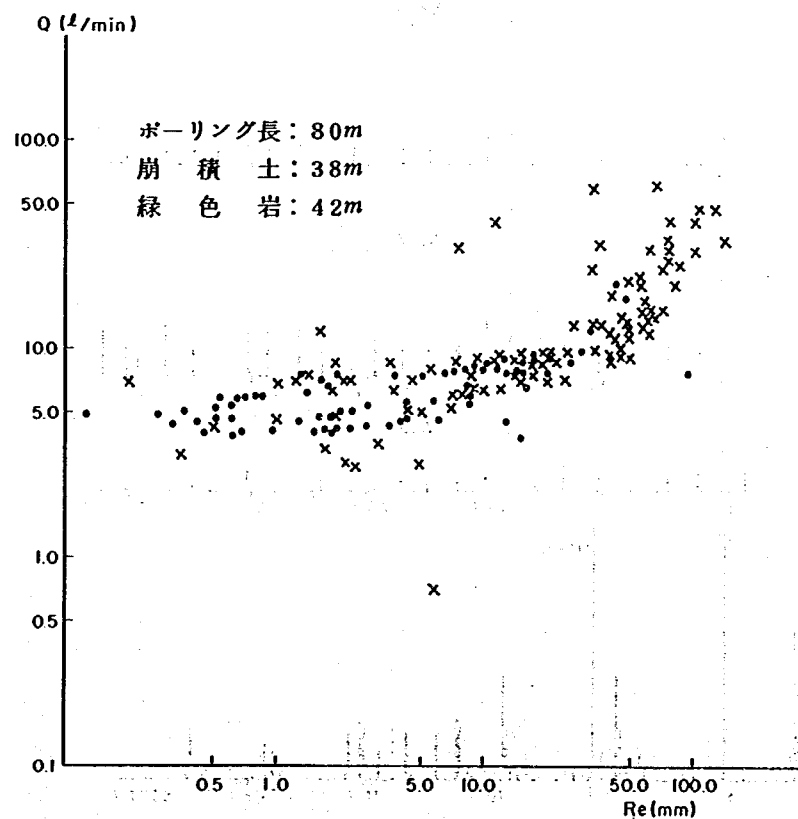


図-24 (f) 排水流量の計算結果

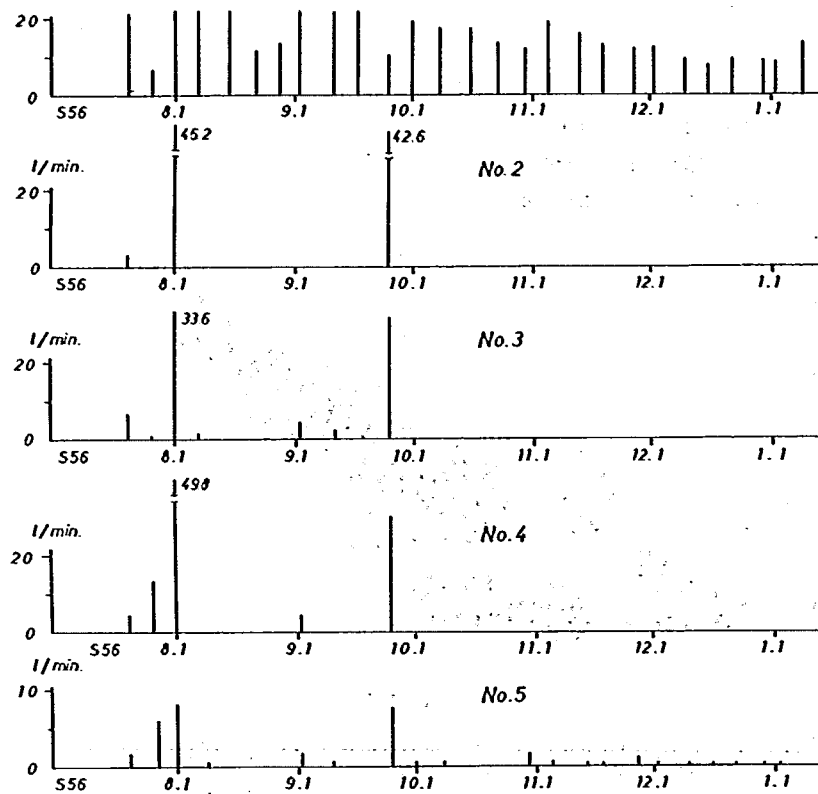


図-25 (a) 排水流量の測定結果

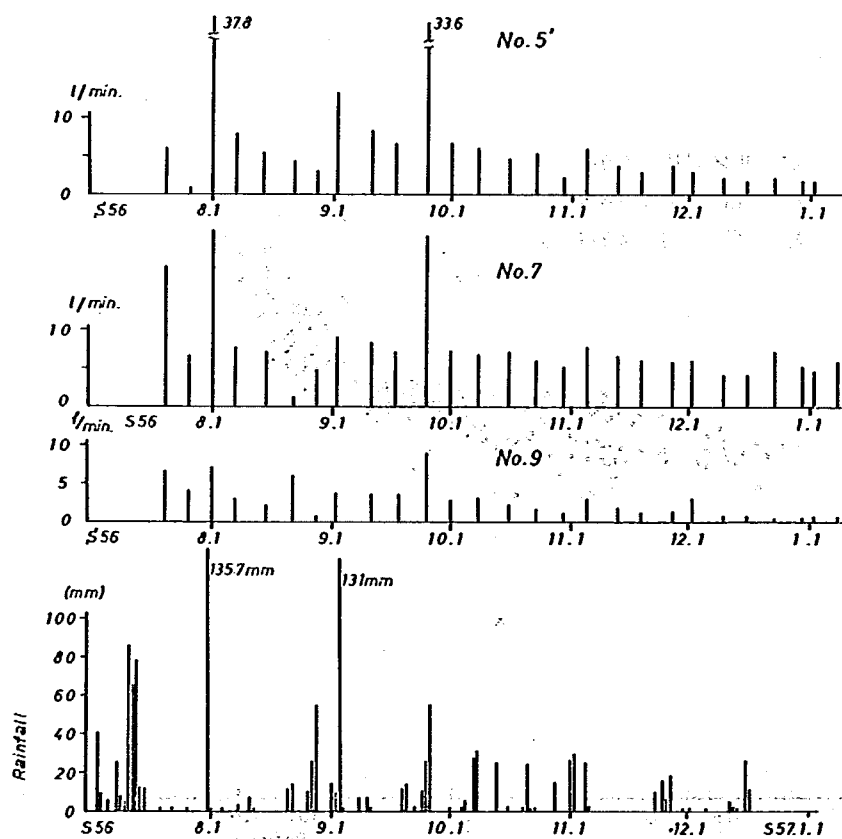
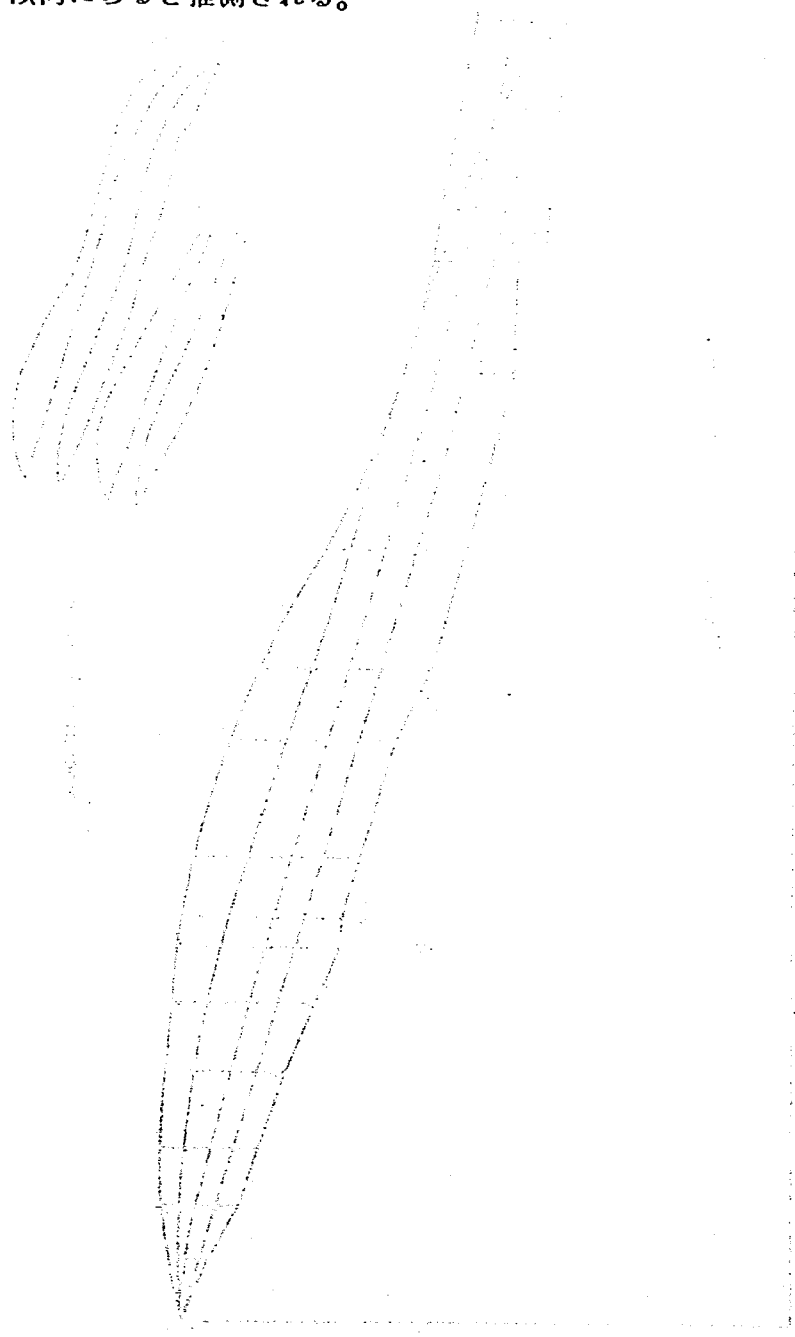


図-25 (b) 排水流量の測定結果

6. 安定計算

安定計算は、民家が多く点在するA測線についてボーリング調査より得た縦断面図、図-26を基に計算を行なった。C, ϕ は中村^{18),19)}が提案する試験方法から得た残留強度値を使用し、地下水位は水位計による測定値を元に、最高測定水位、最低測定水位を決定した。ブロックは4区分に分割した。計算式は、任意のすべり面をもち、すべての平衡条件を満足する解析手法Morgenstern & Price法²⁰⁾により計算したものである。各ブロックⅠ・Ⅱ・Ⅲ・ⅣともH.W.L.(53年8月2・3日)で $FS = 0.85 \sim 0.99$, L.W.L.(56年2月)で $FS = 1.12 \sim 1.22$ の結果を得た。地すべり対策工完成後のFSが計画安全率内であることから、対策工施工により、地すべり斜面も安定化の傾向にあると推測される。



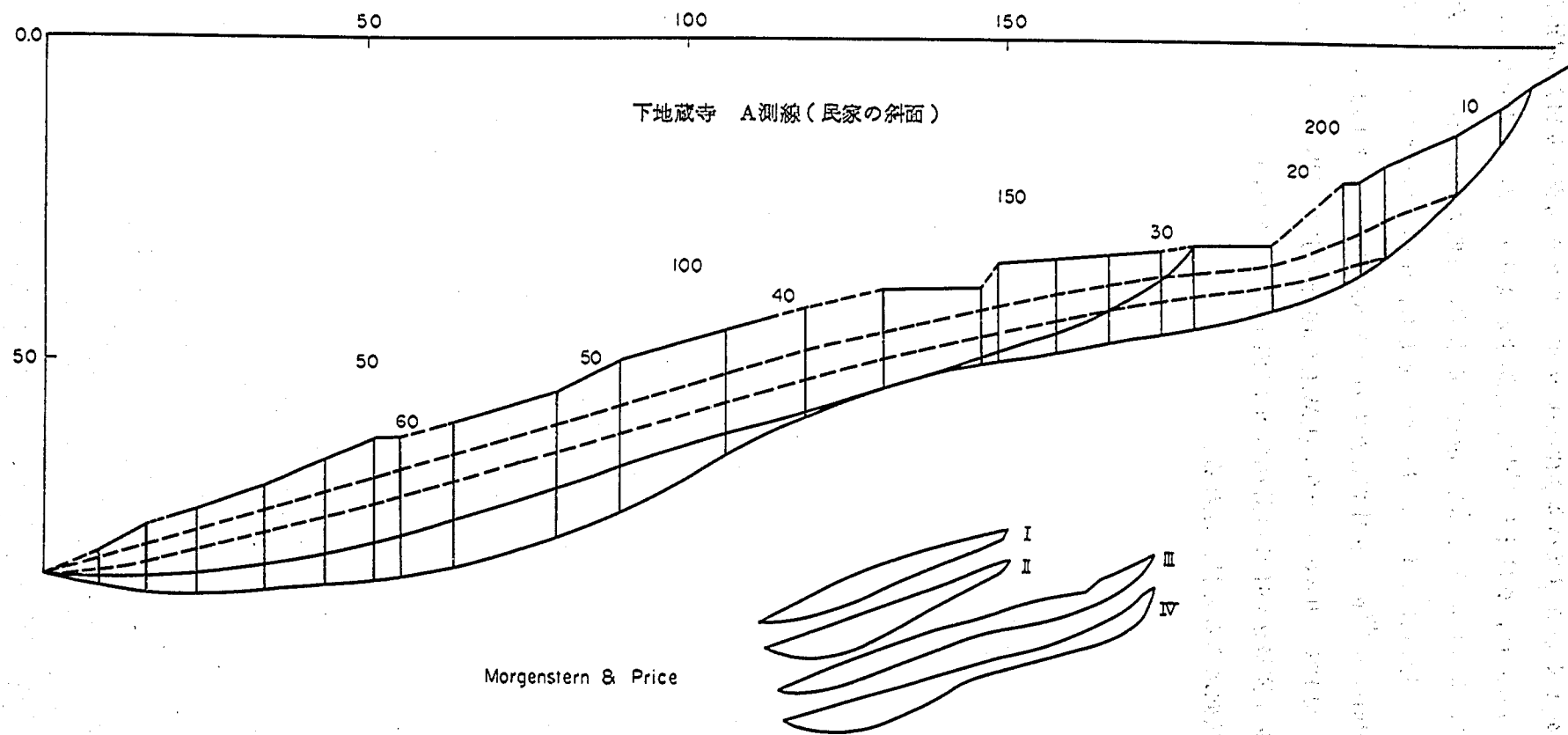


図-26 A測線の安定計算の縦断面

7. 地すべりの機構

昭和52年～昭和56年の5年間種々の調査観測を実施してきた。これらの結果より具体的な発生機構、運動機構について要約すると、

7.1 発生機構

- テストビット内の観測、調査ボーリング及び地表踏査の結果から考察して、破碎帯と平行の断層とそれに伴う風化の影響を多分に受けた地すべりといえよう。
- A、B、C測線を中心とした地質調査の結果から、破碎と風化と斜面勾配の度合いにより崩積土層厚が異なる。
- すべり面又はすべり層の形は中村の提案²¹⁾を考慮してボーリングコアとテストビットの観測結果から次の3タイプが考えられる。

- a) 崩積土層と風化岩の境界
- b) 崩積土中
- c) 強風化破碎岩中

当地すべりはこの3タイプとも存在している可能性がある。

7.2 運動機構

- B測線では、伸縮計の測定結果及び地形、地質調査の結果をもとに北西斜面を9ブロックに分割した。ブロックの長さに対し、推定される地すべり土層厚との比は $\frac{1}{6} \sim \frac{1}{4}$ 程度である。同程度の比は江畠地すべりの調査結果でも報告されており、これは表層土すべりが卓越している事が主な理由であると思われ、ボーリングコア等で強風化岩が深部まで構成されており、航空写真の判読でも過去に大きく移動した形跡も見受けられる事から、将来深層すべりが発生する可能性もある。
- 移動は日雨量100mmを越す集中豪雨時に活発化するが、豪雨が止むと短期間のうちに移動も停止する。この移動形態は京都大学防災研究所の末峯の報告にも見られる。

7.3 対策工法

対策工事は高知県が昭和51年緊急地すべり対策事業、昭和52年～53年が地すべり激甚災害対策特別緊急事業に指定された。対策工の内容及び数量を表-8に示す。

地すべり対策工は民家の点在する南西斜面(A測線付近)を主体として、いわゆる地すべり抑制工が組み合わされて施工されている。これら対策工により現在地すべり移動は停止あるいは微動の状態であり

- 当地すべりは移動と降雨、地下水等の関係から見ても、表層部(崩積土層)が比較的ポーラスな土層構成であり、現在まで施工された、各種の水抜き工法は有効な対策工と考えられる。
- 排水ボーリング等の対策工施工位置は、地すべり頭部よりは、地すべりの中間部～頭部にか

2000000000

100

ない、豪

1998, 1999, 2000, 2001, 2002, 2003, 2004, 2005, 2006, 2007, 2008, 2009, 2010, 2011, 2012, 2013, 2014, 2015, 2016, 2017, 2018, 2019, 2020, 2021, 2022, 2023, 2024, 2025, 2026, 2027, 2028, 2029, 2030, 2031, 2032, 2033, 2034, 2035, 2036, 2037, 2038, 2039, 2040, 2041, 2042, 2043, 2044, 2045, 2046, 2047, 2048, 2049, 2050, 2051, 2052, 2053, 2054, 2055, 2056, 2057, 2058, 2059, 2060, 2061, 2062, 2063, 2064, 2065, 2066, 2067, 2068, 2069, 2070, 2071, 2072, 2073, 2074, 2075, 2076, 2077, 2078, 2079, 2080, 2081, 2082, 2083, 2084, 2085, 2086, 2087, 2088, 2089, 2090, 2091, 2092, 2093, 2094, 2095, 2096, 2097, 2098, 2099, 2100, 2101, 2102, 2103, 2104, 2105, 2106, 2107, 2108, 2109, 2110, 2111, 2112, 2113, 2114, 2115, 2116, 2117, 2118, 2119, 2120, 2121, 2122, 2123, 2124, 2125, 2126, 2127, 2128, 2129, 2130, 2131, 2132, 2133, 2134, 2135, 2136, 2137, 2138, 2139, 2140, 2141, 2142, 2143, 2144, 2145, 2146, 2147, 2148, 2149, 2150, 2151, 2152, 2153, 2154, 2155, 2156, 2157, 2158, 2159, 2160, 2161, 2162, 2163, 2164, 2165, 2166, 2167, 2168, 2169, 2170, 2171, 2172, 2173, 2174, 2175, 2176, 2177, 2178, 2179, 2180, 2181, 2182, 2183, 2184, 2185, 2186, 2187, 2188, 2189, 2190, 2191, 2192, 2193, 2194, 2195, 2196, 2197, 2198, 2199, 2200, 2201, 2202, 2203, 2204, 2205, 2206, 2207, 2208, 2209, 2210, 2211, 2212, 2213, 2214, 2215, 2216, 2217, 2218, 2219, 2220, 2221, 2222, 2223, 2224, 2225, 2226, 2227, 2228, 2229, 2230, 2231, 2232, 2233, 2234, 2235, 2236, 2237, 2238, 2239, 2240, 2241, 2242, 2243, 2244, 2245, 2246, 2247, 2248, 2249, 2250, 2251, 2252, 2253, 2254, 2255, 2256, 2257, 2258, 2259, 2260, 2261, 2262, 2263, 2264, 2265, 2266, 2267, 2268, 2269, 2270, 2271, 2272, 2273, 2274, 2275, 2276, 2277, 2278, 2279, 2280, 2281, 2282, 2283, 2284, 2285, 2286, 2287, 2288, 2289, 2290, 2291, 2292, 2293, 2294, 2295, 2296, 2297, 2298, 2299, 2300, 2301, 2302, 2303, 2304, 2305, 2306, 2307, 2308, 2309, 2310, 2311, 2312, 2313, 2314, 2315, 2316, 2317, 2318, 2319, 2320, 2321, 2322, 2323, 2324, 2325, 2326, 2327, 2328, 2329, 2330, 2331, 2332, 2333, 2334, 2335, 2336, 2337, 2338, 2339, 2340, 2341, 2342, 2343, 2344, 2345, 2346, 2347, 2348, 2349, 2350, 2351, 2352, 2353, 2354, 2355, 2356, 2357, 2358, 2359, 2360, 2361, 2362, 2363, 2364, 2365, 2366, 2367, 2368, 2369, 2370, 2371, 2372, 2373, 2374, 2375, 2376, 2377, 2378, 2379, 2380, 2381, 2382, 2383, 2384, 2385, 2386, 2387, 2388, 2389, 2390, 2391, 2392, 2393, 2394, 2395, 2396, 2397, 2398, 2399, 2400, 2401, 2402, 2403, 2404, 2405, 2406, 2407, 2408, 2409, 2410, 2411, 2412, 2413, 2414, 2415, 2416, 2417, 2418, 2419, 2420, 2421, 2422, 2423, 2424, 2425, 2426, 2427, 2428, 2429, 2430, 2431, 2432, 2433, 2434, 2435, 2436, 2437, 2438, 2439, 2440, 2441, 2442, 2443, 2444, 2445, 2446, 2447, 2448, 2449, 2450, 2451, 2452, 2453, 2454, 2455, 2456, 2457, 2458, 2459, 2460, 2461, 2462, 2463, 2464, 2465, 2466, 2467, 2468, 2469, 2470, 2471, 2472, 2473, 2474, 2475, 2476, 2477, 2478, 2479, 2480, 2481, 2482, 2483, 2484, 2485, 2486, 2487, 2488, 2489, 2490, 2491, 2492, 2493, 2494, 2495, 2496, 2497, 2498, 2499, 2500, 2501, 2502, 2503, 2504, 2505, 2506, 2507, 2508, 2509, 2510, 2511, 2512, 2513, 2514, 2515, 2516, 2517, 2518, 2519, 2520, 2521, 2522, 2523, 2524, 2525, 2526, 2527, 2528, 2529, 2530, 2531, 2532, 2533, 2534, 2535, 2536, 2537, 2538, 2539, 2540, 2541, 2542, 2543, 2544, 2545, 2546, 2547, 2548, 2549, 2550, 2551, 2552, 2553, 2554, 2555, 2556, 2557, 2558, 2559, 2560, 2561, 2562, 2563, 2564, 2565, 2566, 2567, 2568, 2569, 2570, 2571, 2572, 2573, 2574, 2575, 2576, 2577, 2578, 2579, 2580, 2581, 2582, 2583, 2584, 2585, 2586, 2587, 2588, 2589, 2590, 2591, 2592, 2593, 2594, 2595, 2596, 2597, 2598, 2599, 2600, 2601, 2602, 2603, 2604, 2605, 2606, 2607, 2608, 2609, 2610, 2611, 2612, 2613, 2614, 2615, 2616, 2617, 2618, 2619, 2620, 2621, 2622, 2623, 2624, 2625, 2626, 2627, 2628, 2629, 2630, 2631, 2632, 2633, 2634, 2635, 2636, 2637, 2638, 2639, 2640, 2641, 2642, 2643, 2644, 2645, 2646, 2647, 2648, 2649, 2650, 2651, 2652, 2653, 2654, 2655, 2656, 2657, 2658, 2659, 2660, 2661, 2662, 2663, 2664, 2665, 2666, 2667, 2668, 2669, 2670, 2671, 2672, 2673, 2674, 2675, 2676, 2677, 2678, 2679, 26

— 56 —

下地蔵寺

- 57 -

参 考 文 献

- 1) 島 通 保
四国地方の地すべり 地すべり技術第 24 号 1982
- 2) 中 村 浩 之
結晶片岩地帯の地すべり発生特性 土木技術資料 Vol. 19 № 12 1977
- 3) 古 谷 尊 彦
破碎帯地すべりの予察的研究 京都大学防災研究所年報 11 号-A 1968
- 4) 安 藤 武 ほか
徳島県結晶片岩地域の地すべり 地質調査所月報第 21 巻 7 号
- 5) 佐 々 恭 二 ほか
結晶片岩型地すべりにおける降雨と移動の関係 第 20 回地すべり学会発表会予稿集
- 6) 宮 久 三子年
四国地方の変成岩類とそれに伴う地すべり 農業土木学会中国四国支部 51 年度シンポジウム
- 7) 建設省土木研究所
下地蔵寺地すべり調査 昭和 52 年度～昭和 56 年度砂防事業調査費報告書
- 8) 建設省土木研究所
地質ボーリング調査及び観測井掘削工事報告書 昭和 53 年 10 月, 昭和 54 年 8 月
- 9) 吉松, 福井, 白石 (吉)
下地蔵寺, 怒田地すべりから見た御荷鉾緑色岩地帯の地すべり特性について
地すべり学会誌に投稿中 (地すべり Vol. 19 № 3 1983)
- 10) 村 山 ほか
大阪洪積層粘土の工学的特性 土と基礎 Vol. 6 № 4
- 11) 布 施 弘
新潟県の黒色泥岩層にみられる地すべりの機構 地すべり Vol. 5 № 4
- 12) 末 峯 ほか
地すべり発生機構に関する二・三の知見 (破碎帯地すべりの一例)
京都大学防災研究所年報 25 号 B-1 1980
- 13) 建設省土木研究所
江島地すべり調査報告書 土木研究所資料 第 1203 号 1976
- 14) 科学技術庁研究調整局
結晶片岩地帯地すべり発生機構に関する総合研究報告書
科学技術庁特別促進調整費 1978

15) 矢野, 石原

科学技術者のための基礎数学 裳華房

16) 吉 松 弘 行

貯水位低下に伴う地すべり斜面の地下水位変動と残留間隙水圧

土木技術資料 Vol.21 №2 1979

17) 地すべり対策研究会

地すべり, 斜面崩壊の調査・解析・防止工法 経営・開発センター出版部

18) 中 村 浩 之

地すべりとすべり面の残留強度 土木技術資料 Vol.21 №8 1979

19) 中 村 浩 之

地すべり斜面の安定計算式の検討 土木技術資料 Vol.20 №8 1978

20) 中村, 白石(吉), 清水

地すべり粘土のせん断強度試験結果を用いた斜面安定度の評価

土木技術資料 Vol.22 №8 1980

21) 中 村 浩 之

すべり面の位置とその形成仮説 新砂防 Vol.29 №3 1976

22) 古 谷 尊 彦

いわゆる破砕帯地すべりの性格について 地すべり Vol.18 №4 1982

23) 建設省土木研究所新潟試験所

猿供養寺地すべり調査報告書 土木研究所資料 第1770号 1982

下地蔵寺地すべり調査報告書

ISSN 0386-5878
土研資料 第1913号
昭和58年3月(1983年)
土木研究所
地すべり研究室

キーワード：地すべり調査・御荷簔帯

要 旨

四国の御荷簔帯に位置する下地蔵寺地すべりの調査・観測
結果をとりまとめたものである。



郵便はがき

3 0 5 - □ □

四十円切手
をはって下
さい

茨城県筑波郡豊里町大字旭一番地

建設省土木研究所

砂防部地すべり研究室 御中

No. _____

土研資料 第1913号

No. _____

配布先氏名

配布先住所

土木研究所資料 第1913号

部

上記のとおり受領しました。

所 属 (住所)

氏 名

印