

九鬼地すべり地における水文特性について（序報）

島 通保・末峯 章・小西 利史

ON THE SPECIAL CHARACTERISTIC OF HYDROLOGIC FACTOR AT KUKI LANDSLIDE (PRELIMINARY REPORT)

By Michiyasu SHIMA, Akira SUEMINE and Toshifumi KONISHI

Synopsis

The authors carry out some observations on the rainfall, runoff, evaporation and groundwater level since 1973 at Kuki landslide area, Tokushima Prefecture, Shikoku District in order to clarify the relation between hydrologic factors and landslide. The results which are obtained are described as follows; Kuki landslide area is a closed system in regard to hydrologic balance. Drainage basin of No. 2 has gathered much ground water. Coefficient rainfall and penetration in the area of bed rock shallower than ten meters is about twice as large as one in the area of bed rock deeper than ten meters. Upper groundwater level is above the slide surface.

1. ま え が き

地すべり地は主として山腹に存在しており、地すべりは地形・地質等の素因と降雨・融雪・地震等の地すべりを引き起こす直接の引き金となる要因が重なった時に起こる自然現象であると思われる。従って直接の引き金となる可能性が大である降雨と地すべりの関係、即ち地すべり地における水収支を解明して地すべり地内の地下水の状態や、間隙水圧がすべり面（層）に対してどのように働いているかを明らかにして、斜面の安定について考察することは非常に重要だと思われる。

今まで、各地の山地流域における水文観測量についての研究^{1),2)}や、地すべり地における水文観測量についての研究³⁾⁻⁷⁾は数多くなされており、それぞれすばらしい成果をあげてきている。ただし地すべり地においてなされた水文観測量についての研究は、小出博（1955）⁸⁾のいう三大分類のうちの第三紀層地すべりに対しての研究が多く、破碎帯地すべりに対しての研究は少ないように思われる。九鬼地すべり地の地形・地質等についてはすでに中川・金丸（1975）⁹⁾によって詳しく調査されて報告されている。又、簡単な九鬼地すべり地の概要については島・末峯・小西（1977）¹⁰⁾が別に述べているのでここでは割愛する。

この報文に於ては、四国島内における破碎帯地すべり地の一つである九鬼地すべり地において各種の水文観測を行って、本地すべり地における水文特性の一部分についての知見が得られたのでそれについて報告する。

2. 観測方法ならびに観測結果

(1) 観測方法

観測を実施した地すべり地は、徳島県三好郡東祖谷山村九鬼地すべり地である。九鬼地すべり地は吉野川の支流の祖谷川の上流域で、剣山より約15km西方に位置している（Fig. 1）。地質は三波川結晶片岩類の泥質片岩を主とする基盤岩と、これを被覆する岩屑性堆積物から構成されている。

本地すべり地で観測している水文量は、降雨量、蒸発量、地下水位、排水ボーリングならびに集水井からの排水量、地表面流出量である。各種の水文観測は昭和48年3月より開始され順次整備されており、今年で

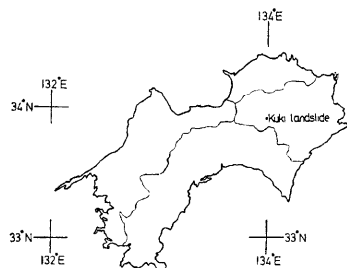


Fig. 1. Index map.

約 5 ヶ年の観測データがある。地下水位の測定のためのボーリング孔、地表面流出量を測定している三角堰、排水ボーリング孔の位置と集水井からの排水ボーリングの位置を Fig. 2 に示している。又 Fig. 2 には、各ボーリング柱状図から得られた基盤岩（泥質片岩）の等深線を併記してある。なお、降雨量は隔測電接雨量計（0.5mm/回）で、蒸発量は皿型蒸発計（冬期は凍結のため欠測）でほぼ地すべり地の中央部で測定している。現在、地下水位の観測は Fig. 2 に示したボーリング孔のうち、水位があり測定可能な No. 1, 3, 4, 6, 7, 8, 9, 10, 11, 12, 13, 14, 15, 17, 18, 19, 20, S, T, U, V, W の 22 本について実施されている。地下水位の測定は基本的に 1 日 1 回地下水面検出器で行っている。ただし、No. V, No. W

の地下水位は触針型水位計によって測定されている。なお、観測されていない No. 2（掘削深 30m）、No. 5（掘削深 50m）、No. 16（掘削深 35m）については地下水の有無は不明であるが、それぞれ 8m 付近、6m 付近、12m 付近といった比較的小さい所で地すべり活動のため塩化ビニールパイプが曲っていたり、異物が投げ込まれたために、地下水面検出器が挿入不可能となっているため測定ができていないのであり、No. 21（掘削深 15m）のみが地下水位を形成していないので測定できないのである。横孔排水ボーリングならびに集水井からの排水量は基本的に 1 日 1 回バケツ等で排水量を受け、ストップウォッチでそれらが一杯になるまでの時間を測定して算出されている。地表面流出量は、九鬼地すべり地の 6 つの小さな溪流で観測している。流出量は流量を 60° のノジをもった三角堰に導き、リジャー型水位計を堰巻で使用して、それで水位測定して流量に換算している。又、6 つの小さな溪流の流域は稜線を分水界とした¹¹⁾（Fig. 3 参照）。No. 1 の流域は、地すべり地の北縁部を占め流域面積は約 5.1ha である。No. 2 の流域は、地すべり地中央部地区下部の地すべり活動の顕著な一部にあり、流域面積は約 0.5ha である。No. 3 の流域は、地すべり地中央部地区下部の地すべり活動が顕著な地域を含み流域面積は約 11.5ha で、小流域中最大である。流域内には排水トンネルがあり、それからの排水量が流入している。No. 4 の流域は、地すべり地のほぼ中央部を占める

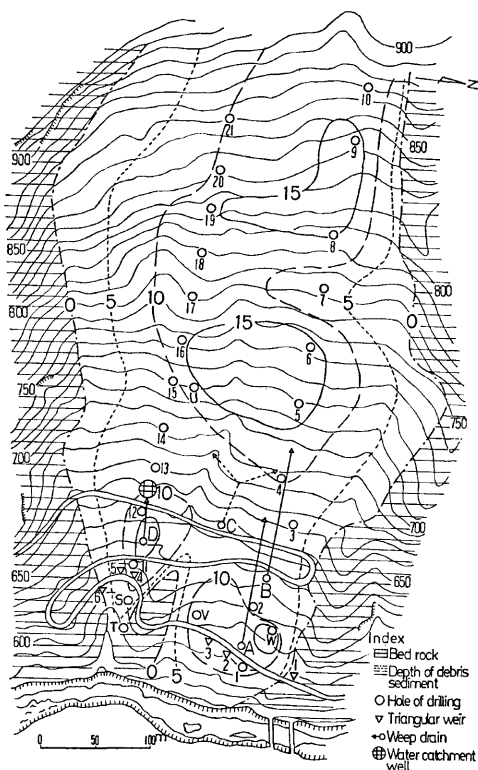


Fig. 2. Location of instruments.

最も深い谷からなっており、流域面積は約 4.8ha である。この流域には、地すべり地の南部地区の一部も入っている。No. 5 の流域は地すべり地南部地区の主要部を占め、流域面積は約 9.1ha である。No. 6 の流域は、地すべり地の南縁部を占め、地すべり活動の認められる南部地区の中央部の一部を含んでおり、流域面積は約 9.3ha である。

（２）観測結果

まず水収支について調べてみる。九鬼地すべり地の 6 つの流域の水収支の基本式を次のように仮定した。

$$P_j = (D_{ij}^2 - D_{ij}^1) + E_{ij} + (G_{ij}^2 - G_{ij}^1) + \Delta S_{ij} \quad (i=1 \sim 6, j=1 \sim 12) \quad (1)$$

ただし、 P : 降水量、 D^2 : 表流水の流出量、 D^1 : 表流水の流入量、 E : 蒸発散量、 G^2 : 地下水流出量、 G^1 : 地下水流入量、 ΔS : 水保有量の変化である。又 i は 6 つの流域に対応し、 j は月に対応する。九鬼地すべり地は、山地中の最上流にあるので他流域からの表流水の流入はない。又、すぐ下に祖谷川が流れており、その河床は緑色片岩又は泥質片岩の岩盤からなっており、溪岸には岩磐が露出しているので、基底流出的な地下水流出量はないと思われる（Fig. 2 参照）。よって（１）式は次のように変形される。

$$P_{ij} = D_{ij}^2 + E_{ij} - G_{ij}^1 + \Delta S_{ij} \quad (i=1 \sim 6, j=1 \sim 12) \quad (2)$$

P_{ij} として、全ての流域に等しく降雨があったと仮定して、隔測電接雨量計で観測された降水量を使用した。Fig. 4 に各三角堰で計測された地表面流出量の観測結果の一部を示す。この図から明らかなように No. 6 の溪流だけが時々渇水期に流量がなくなるが、他の溪流は常に流量が存在している。そして、降水と良く対応した流量が観測されている。 D_{ij}^2 はこれらの各三角堰で測定された流量を使用した。しかし E_{ij} は直接測定していないので、本地すべり地のほぼ中央部で測定している皿型蒸発計の蒸発量に 0.75 を乗じた物理量で代用した。（２）式を変形して得られた各流域ごとの未知量の $(\Delta S_{ij} - G_{ij}^1)$ を Table 1 に示す。1 年分として今回は流量の記録がほぼ欠測なしに得られた昭和 50 年 9 月から昭和 51 年 8 月までとした。ただし、一部には推定値を含んでいる。その結果 1 年にとると、

$$\sum_{i=1}^6 \sum_{j=1}^{12} (\Delta S_{ij} - G_{ij}^1) \approx 0 \quad (3)$$

となった。普通 1 年にとれば

$$\sum_{i=1}^6 \sum_{j=1}^{12} \Delta S_{ij} \approx 0 \quad (4)$$

となるので¹³⁾（３）（４）式より

$$\sum_{i=1}^6 \sum_{j=1}^{12} G_{ij}^1 \approx 0 \quad (5)$$

従って九鬼地すべり地においては、水収支の観点からすると他の流域からの地表面流入や地下水流入や地下水流出はほとんどなく閉じた系であると思われる。

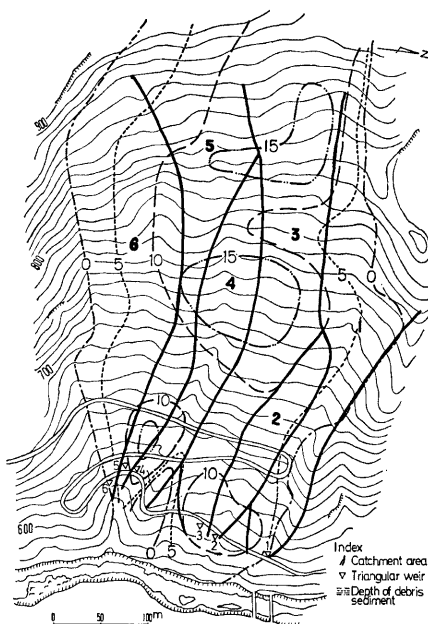


Fig. 3. Catchment area.

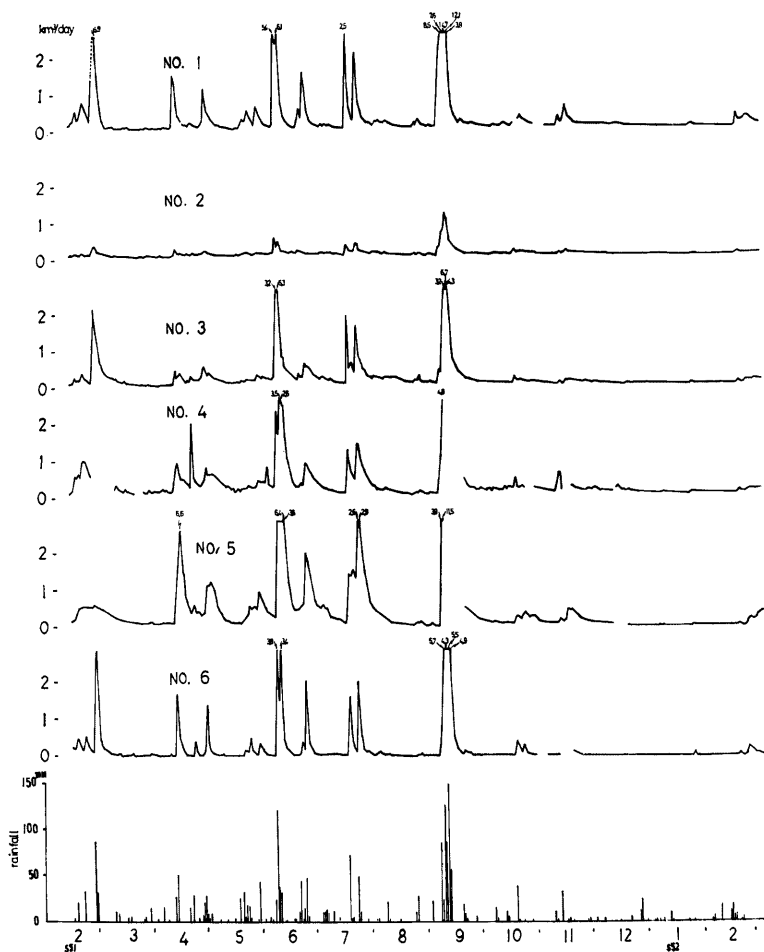


Fig. 4. An example of observational results of rainfall and runoff.

各流域ごとに流出がどのような状態にあるかということを考えることは、その流域に水がどのような形で流入してきたり、どのような形で流出していくかを考えることになり、その流域の地下水の状態を考える上で重要である。6つの小流域の流出の特性のうちの月の流出率（月流出高／月流域雨量）と欠損高（月流域雨量－月流出高）について調べてみた。得られた結果を Fig. 5 に示している。この図より以下のことが明らかである。No. 2 の流域は流出率がだいたい3～6 大きい時は16にも達しており、欠損高は常に負の値である。よって上記したように、九鬼地すべり地では水収支の点からみると閉じた系であるので、No. 2 の流域は九鬼地すべり地の他の流域からの中間流入量ならびに地下水流入量が大であるということがわかる。これに対して No. 3, No. 6 の流域はほとんど流出率は1 以下であるので、これらの流域の降水量は一度地中に

Table 1. Change in storage and groundwater inflow. (m³)

	No. 1	No. 2	No. 3	No. 4	No. 5	No. 6
48 10	3366	-8667	12188	2839	9838	
11	-946	-8186	-850	479	1058	
12	787	-1158	1040	-1203	-35	
49 1	-242	-312	2371	-7065	-1866	
2	-2678	-1653	5114	-7918	-3768	
3						
4						
5	276	-1253	550	-2762	139	
6	9462	-1493	24541	2831	8053	
7						
8	5088	-1476	14346	2741	11767	
9		-3223	49683			
10	3534	-2308	13026	624	6650	
11	-255	-2458	970	-2720	505	
12	884	-2001	3466	-672	3116	
50 1	-1220	-2931	-4535	-1221	2392	
2	-2980	-3548	-1731		-8946	
3	-4515	-7772	-1094	-8679	-12969	685
4	-547	-3050	9082	-5144	-2854	9981
5	-654	-2821	-1170	-4376	-2270	1391
6	3248	-2624	25315	-266	9411	23827
7	505	-3641	6629	-5213	-4991	11329
8		-8485	70349			
9	552	-2409	1919		-618	3624
10	3904	-2133	14102	1845	9673	12833
11	-6360	-4078	13270	-14686	4443	6919
12	-3313	-2983	1225	-5173	-3204	2394
51 1	-1998	-2203	-1031	-2643	-1448	455
2	-1714	-3061	10756	-6906	6085	4813
3	-11470	-3578	-5554	(-5000)	-4864	-136
4	1537	-2929	13193	-4406	-5128	11086
5	-1552	-3140	8686	-5219	-2672	8493
6	-9246	-4224	12051	-13127	-27562	13453
7	-8775	-4688	5378	-7916	-13202	7483
8	-1141	-2929	959	-2261	501	5215
9	-27462	-5159	37238			26224
10	(1800)	-3015	2296		-340	3366
11		-2600	2121		-1237	
12	48	-1906	3053	-506		4192
52 1	-467	-1787	-283	-1831	276	1116
2	429	-1921	4942	177	4321	5194
3	-3032	-4568	3627	-5502	-5831	
4	-4353	-5430	5344	-6907	-9999	
5	-634	-4469	3377	-4314	-1427	4785
6	2071	-2635	15087	1867	7473	13896
7	-3158	-2790	-4683	-6866		-745
8	-166	-1656	-1318	-1356		471

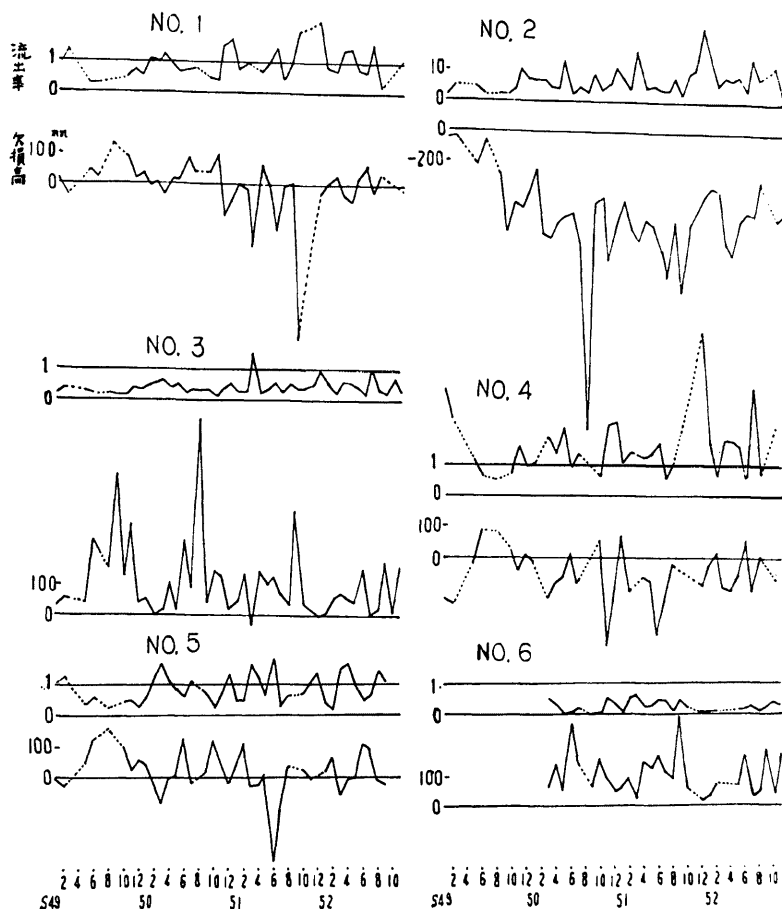


Fig. 5. Runoff coefficient and rainfall minus runoff.

浸透して、他の流域に中間流出ならびに地下水流出しているということが明らかである。昭和50年8月の5号6号台風による850mmに達する降雨量があり、九鬼地すべり地で地すべり活動が顕在化し、特に、No. 2の流域で地すべり活動が顕著になった。そして地表面ならびに擁壁にクラックが生じた。この結果がどうかかわらないが、この8月以前には $-(200\sim400)\text{mm/month}$ であった。No. 2の欠損高が、8月以後には約 -550mm/month となっている。台風などによる集中豪雨を除いた年間雨量は昭和49年約1,870mm、昭和50年約1,510mm、昭和51年約1,400mm、昭和52年約1,340mmであるので降雨はむしろ少なくなっている。No. 2の流域の欠損高が台風以後多くなったということは、昭和50年8月の5号、6号台風以前に比べてNo. 2の流域においては、一定の月降水量に対して月流出高が多くなったことを意味していると思われる。この現象は、後述するこのNo. 2の流域内で測定している排水ボーリングA, Bの排水量が、この台風時を

境として以前に比べて多くなったことと関係あると思われる。又、地元の話では、昭和50年8月の5号6号台風以前には降雨があると、No.2の流域内の家の付近の地表面に水がたまっていたのが、台風以後にはそのような現象が表われなくなったということがある。これは降雨が地下に浸透し易くなったということであり、No.2の月流出高が増加したということと定性的には良く一致しているの、この観測は正しいと思われる。

降雨がどの位の割合ですぐに流出し、どの位の割合が地下に浸透し結果的に間隙水圧を上昇させているかということを考えることは、地すべり対策を考える上で重要である。よって次に降雨と表面流出の関係をみるために簡易分離法¹³⁾による表面流出の流出率を算定してみた。Fig.6に降雨とNo.5のハイドログラフの原記録を示した。ただし、共に1週間巻の記録である。この図から明らかに、降雨に対してすぐにハイドログラフが立ち上っている、九鬼地すべり地においては、損失雨量は非常に小さいと思われる。よって第一近似として表面流出の流出率の算出の際、損失雨量は0とした。表面流出の流出率は(6)式で算出した。

$$f_i = \frac{D_i^1}{P} \dots \dots \dots (6)$$

ここに f_i : 流出率, P : 表面流出に関係あると思われる総雨量, D_i^1 : 表面流出量である。 i は各流域に対応する。使用したデータは信頼度が比較的高い昭和50年～昭和52年の約3ケ年である。得られた結果はFig.7に

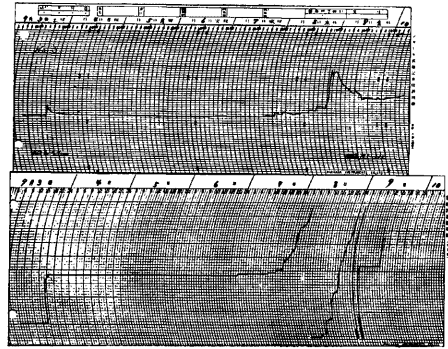


Fig. 6. Rainfall and hydrograph on 3rd to 10th September, 1977. upper; hydrograph, lower; rainfall.

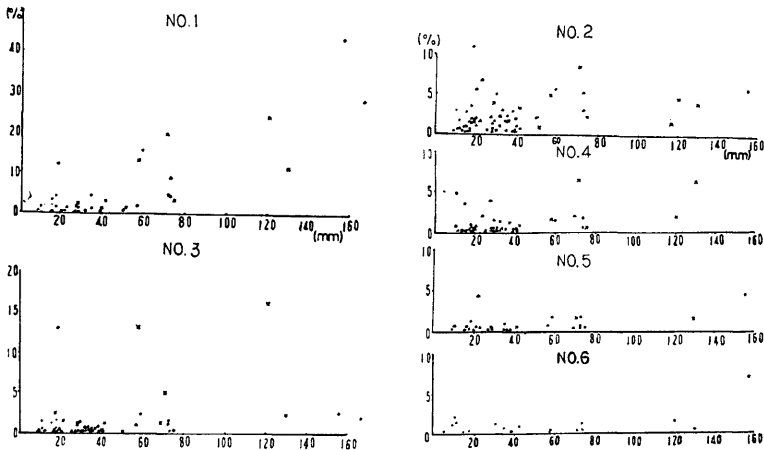


Fig. 7. Runoff coefficient of surface outflow.

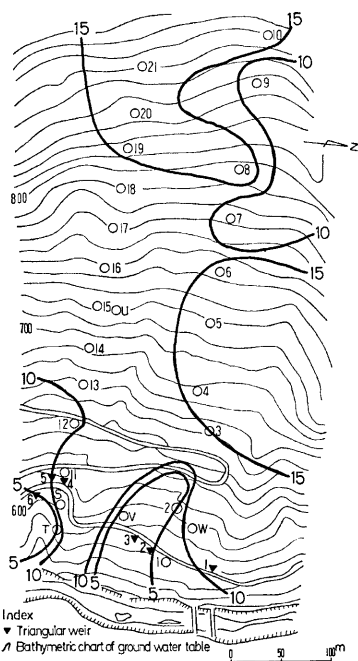


Fig. 8. Bathymetric chart of groundwater table.
(unit; m)

次に表面流出の流量の減少する仕方は降雨の影響を多分にうけて出水ごとに変動が大きいため、流域の地形・地質の特性を良く反映していると思われる中間流出の低減係数や自然低減係数について、調べてみた。使用したデータは、表面流出の流出率を算出した期間と同じく昭和50年～昭和52年の約3ケ年である。なお中間流出の低減係数を算出する際、基底流量は一定であるとして、そのハイドログラフが立ち上る前の流量を基底流量としてさし引いた。ただし、中間流出や基底流出は以下のように指数関数的に減少すると仮定した。

$$q = q_0 e^{-\alpha t} \dots \dots \dots (7)$$

q : 流量, q_0 : 初期流量, α : 低減係数, t : 時間,

得られた結果を Table 2, Table 3 にそれぞれ示してある。

Table 2. Coefficient of interflow.
(1/day)

No. 1	0.59±0.02
No. 2	0.33±0.02
No. 3	0.35±0.02
No. 4	0.28±0.02
No. 5	0.41±0.05
No. 6	0.67±0.03

示されている。その結果、No. 1 の流域が特に大きく40%に達する表面流出の流出率が存在している。他の流域では高々10%前後の表面流出の流出率である。20数本のボーリング孔の地下水位を測定しているの、各ボーリング孔の通常の地下水位と思われる地下水位の中で、同じ深さの点を結んで定常的な地下水位の等深線を描いてみると、Fig. 8 のようになる。Fig. 7 と Fig. 8 を比べてみると明らかなように、No. 1 の流域は他の流域より深い等深線が存在している流域である。これは、No. 1 の流域に降った降水量が他の流域に比べて地下に浸透しにくく、地下水として貯留される量が少ないことを示している。ただしこの事実は、この流域の崩積土の厚さが浅いということも関係しているかも知れない (Fig. 3 参照)。No. 1 の流域の地下水位の等深線が比較の深いということは、前記の No. 1 の流域の表面流出の流出率が高いということと定性的に良く一致しており、地表面の踏査からもこの流域には顕著な地すべり活動が見られないということも、これを支持していると思われる。以上のことから、九鬼地すべり地においては、まず降水量の一部分（大部分の流域においては高々10%前後）が表面流出として流出し、残りの大部分は地中に浸透して中間流出や地下水流出の形態をとっているものと推察される。

中間流出の低減係数についてみると以下のような。No. 2, No. 3, No. 4, No. 5 の流域はほぼ同じ値で、No. 1, No. 6 の流域がそれらに比較して数割大きい。従って No. 1, No. 6 の流域の流量は、他の流域に比べて早い割合で減少していくことになる。又自然低減係数は No. 2 の流域が一番小さく、No. 1, No. 3, No. 4, No. 5, No. 6 と No. 2 の流域から離れるにつれて大きくなっている。又地下水流出を示していると思われる排

Table 3. Coefficient of normal groundwater depletion curve.

(1/day)

Triangular weir period	1	2	3	4	5	6	A	B	C	D
50.12.11 51.1.2		0.0239	0.0507	0.0796	0.1002	0.2064	0.0258	0.0589	0.0198	
51.11.21 51.12.21	0.0730	0.0202	0.0437		0.0756		0.0168	0.0421	0.0160	
52.10.6 52.10.30	0.0950	0.0217	0.0557	0.0540	0.0867	0.3209	0.0312	0.0648	0.0485	0.0485
mean	0.0874	0.0219	0.0500	0.0668	0.0875	0.2637	0.0246	0.0553	0.0281	0.0485

水ボーリング A, C の自然低減係数と No. 2 の自然低減係数がほぼ同じ値になっている。排水ボーリングからの排水は、ほぼ基底流出とみなすことができるから、No. 2 の流域で降雨がほとんどなかった時期の流量は、地下に貯留された水が地表面に流出してきた量であると思われる。このことは No. 2 の流域に地下水が多量に浸透してきているということを裏付けている。又地下水位の等深線による地下水の賦存状態も上記のことを支持している。即ち Fig. 3 と Fig. 8 を比較してみると特に No. 2, No. 3 の流域が地下水位の等深線が浅く、ついで No. 4, No. 5 の流域の地下水位の等深線が浅い。これは No. 2, No. 3 の流域に地下水が多量に浸透してきて貯留されていることを表わし、次に No. 4, No. 5 の流域に多量に地下水が貯留されていることを示している。これに対して自然低減係数は No. 2 の流域が最も小さく、次いで No. 3, No. 4, No. 5, No. 1, No. 6 と No. 2 の流域から遠い流域になるにつれてその値はだんだん大きくなっており、No. 2 の流域に地下水が一番多量に貯留されていることを示唆しており、次いで No. 3, No. 4 の流域に地下水が多量に浸透してきて貯留されていることを示唆している。故に地下水位の等深線の状態と

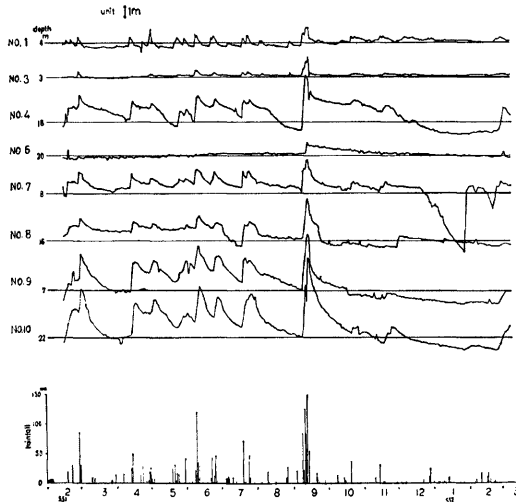


Fig. 9(a). An example of variations in groundwater level. (No. 1 ~ No. 10)

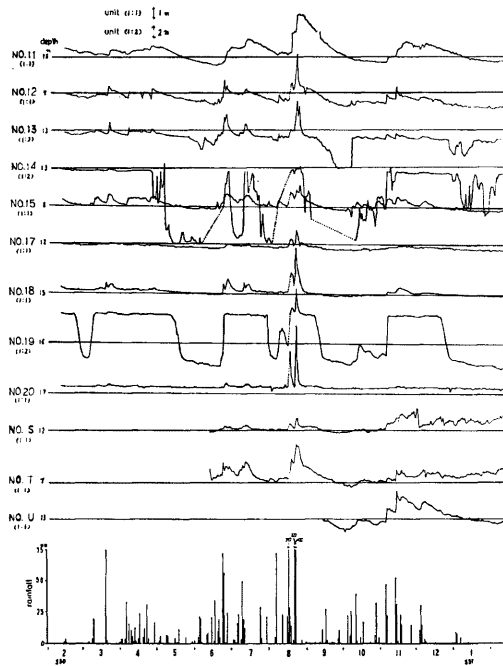


Fig. 9(b). An example of variations in groundwater level. (No. T ~ No. 20)

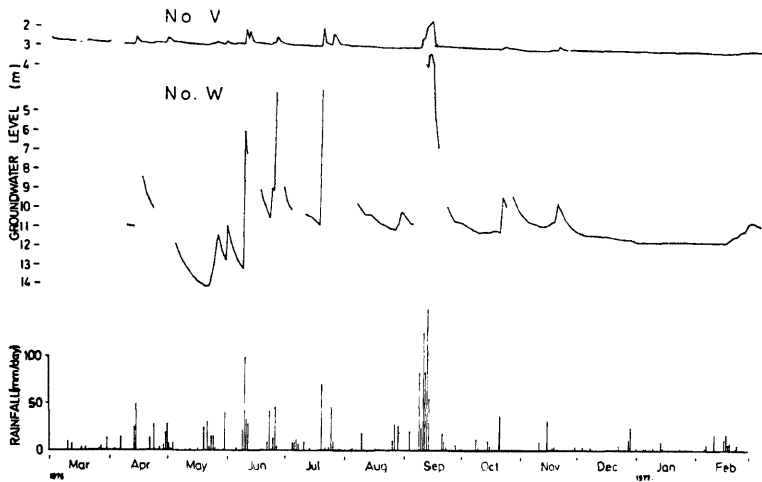


Fig. 9(c). An example of variations in groundwater level. (No. V, No. W)

各流域間の自然低減係数の値の傾向は良く一致していると思われる。

今まで三角堰によって地表面流出量を計測し、各流域の平均的で平面的な地下水の状態について述べてきた。今度は点即ち各ボーリング地点における地下水の状態について調べてみる。Fig. 9 に地下水水位変動の観測結果の一部を示す。この図から明らかなように、地下水水位は降雨と良い相関を有している。よって前記の問題について調べる一つの方法として雨量係数（降水と地下水水位変動との関係をしめす係数、降水量を地下水水位上昇で割ったもの）を算出してみた。Fig. 10 に降雨と地下水水位上昇量との一例を示した。ここに使用したデータは昭和51年、昭和52年の約2ヶ年である。又、降雨は地下水水位上昇に関係あると思われる総降雨量であり、地下水水位上昇量は、降雨が始まる前日の地下水水位とその降雨によると思われる最上

昇水位との差である。地下水水位が深いボーリング孔の中には、降雨があつて2～3日後に、地下水水位が最も浅くなるという phase lag があつた。得られた結果は Table 4 に示してある。ただし雨量係数は最小2乗法を使用して決定し、同時にその相関係数も決定した。なお、特異な地下水水位変動を示す No. 14, No. 19 などのボーリング孔については雨量係数を決定していない。望月・中村 (1976)¹⁴⁾ によれば、埋没谷が地すべり活動にかなり重要な影響を与えているらしいので、基盤岩の深さ言い換えれば埋没谷と雨量係数との間に何らかの関係があるかどうかということを調べることは、地すべりの発生機構ならびに移動機構を解明する時の手がかりとなる可能性がある。ここでは便宜上基盤岩の深さが10m 以浅と10m 以深にわけて、雨量係数の違いを調べてみた。その結果10m 以浅の雨量係数の平均は0.149, 10m 以深の雨量係数の平均は0.076 となった。ただし、雨量係数の平均を算出する時、各ボーリング孔によって雨量係数の決定の際精度の点において違いがあるので、雨量係数を決定した時の相関係数を weight として平均を出した。基盤岩が10m 以浅

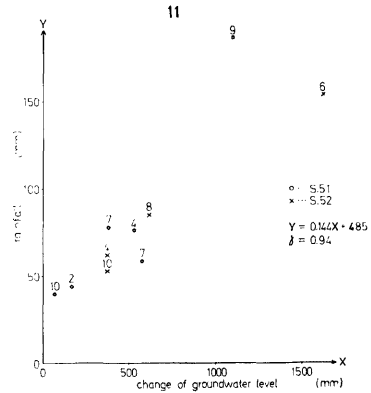


Fig. 10. An example of the relation between rainfall and variations of groundwater level.

Table 4. Coefficient rainfall and penetration.

	Former 1	Former 3	4	6	7	8	9	10	20	18
coefficient rainfall and penetration	0.121	0.327	0.111	0.599	0.083	0.098	0.082	0.047	0.190	0.113
head of ground (m) water	4.55	2.95	16.28	20.00	6.83	16.27	6.80	21.25	15.44	13.31
depth of bedrock (m)	11.5	6.0	10.0	16.0	6.5	15.0	16.0	17.0	12.0	14.0

	17	15	13	12	11	S	T	U	V	W
coefficient rainfall and penetration	0.400	0.150	0.200	0.052	0.144	0.373	0.120	0.040	0.112	0.025
head of ground (m) water	10.81	6.36	12.13	6.44	12.94	10.85	2.60	10.55	3.00	
depth of bedrock (m)	14.0	9.3	7.1	14.5	16.0	10.0	5.0	14.5	14.0	15.0

の雨量係数が 10m 以深の雨量係数の約 2 倍であるから、基盤岩の深い所即ち埋没谷の深い所では降雨に対して地下水位の上昇が大きく、地下水が多量に埋没谷に浸透しているということになる。

この地下水位と地すべり面(層)や基盤岩との関係について調査して得られた結果が Fig. 11 に示されている。なお地すべり面(層)は、島・竹内(1973)¹⁵⁾によって提唱されている挿入型地中内部歪計で確認された地すべり面(層)である。又地下水位は最上昇地下水位であり、最上昇地下水位はほとんど地すべり面(層)より上位にあった。もし、地下水位がある程度間隙水圧を表わしているとすると(最上昇水位—地す

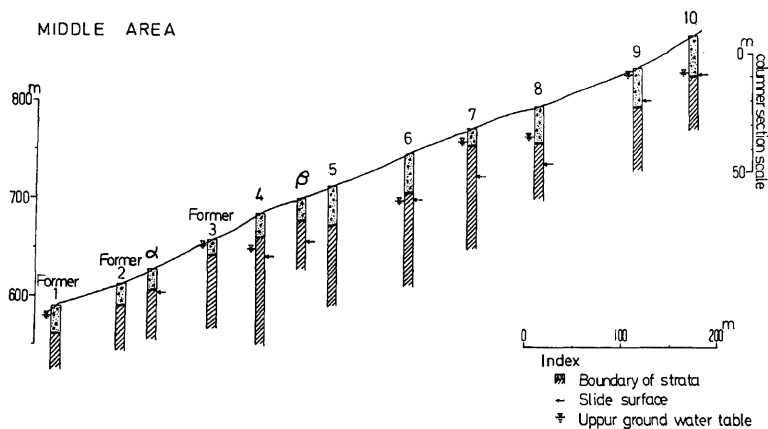


Fig. 11(a). The relation among the boundary of strata, the slide surface and the upper groundwater level. (middle area)

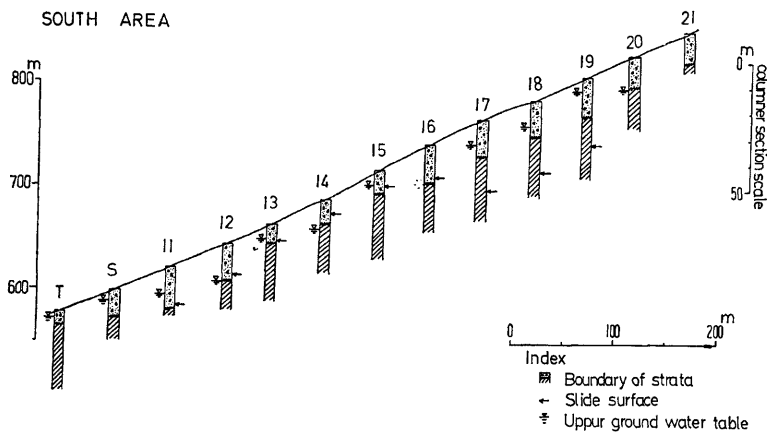


Fig. 11(b). The relation among the boundary of strata, the slide surface and the upper groundwater level. (south area)

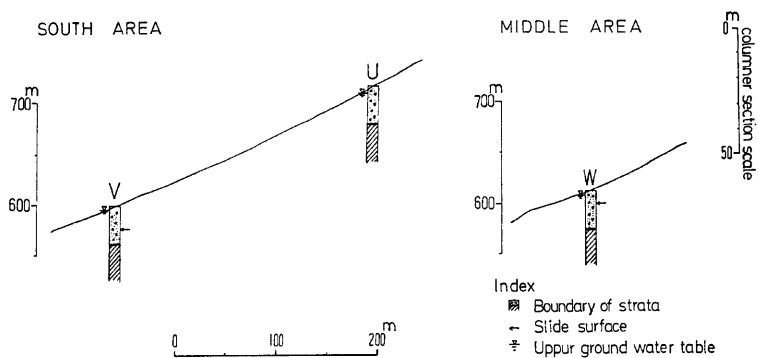


Fig. 11(c). The relation among the boundary of strata, the slide surface and the upper groundwater level. (south area and middle area)

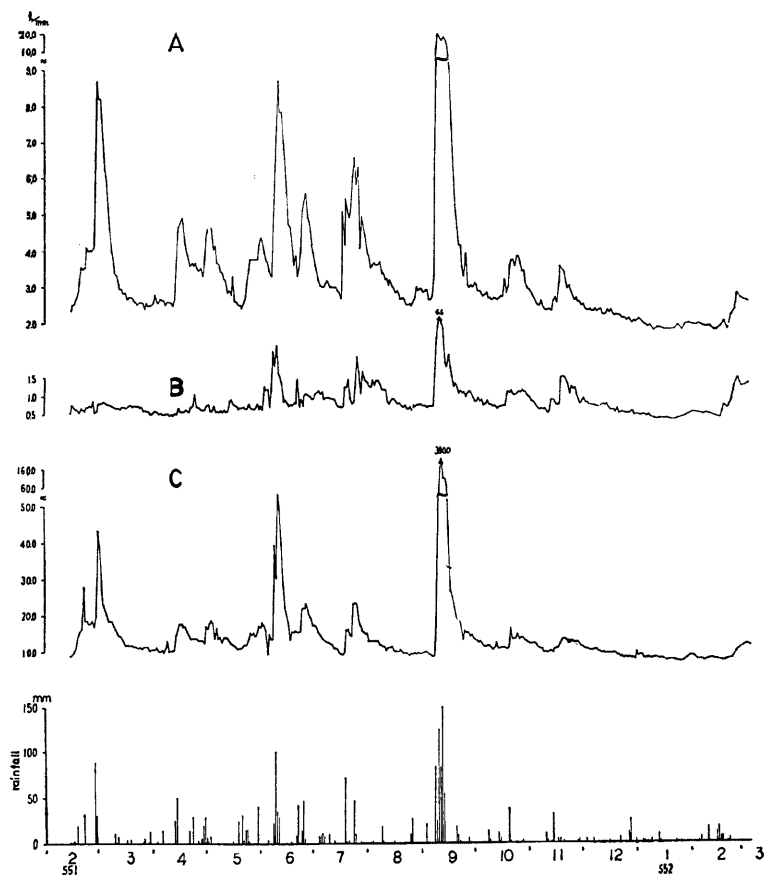


Fig. 12. An example of variations of drain.

べり面(層))が地すべり面(層)に働く間隙水圧となる。もし地すべり面(層)における剪断強度が等しいと仮定すると間隙水圧が一番大きい所が、斜面の安定という観点からすると一番不安定となる。そしてその地点から破壊が始まって、その破壊が広がって地すべり活動を起こしている可能性が高い。よって(地下水水位-地すべり面(層))を常時測定していれば、破壊が斜面のどの付近から発生しているかということを解明する重要な手がかりが得られると思われる。

九鬼地すべり地における基底流出がどのような状態にあるかということを調べる為に、Fig. 2 に示している排水ボーリング A, B 排水トンネル C, 集水井からの排水ボーリング D で排水量を観測している。Fig. 12 に観測結果の一部を示している。この図から明らかなように、昭和50年8月の5号、6号台風以前には A の排水量は 1.7~1.8l/min であり、比較的一定であって降雨とあまり相関を有していなかったが、それ以後には降雨に対して敏感に対応するようになり排水量は多い時に 8l/min に達する時もあり、基底排水量も数割多くなった。又、降雨に対する最大排水量の出現の遅れは約2日~4日位である。B についても A と同様な結果が得られている。ただし、降雨に対する最大排水量の出現の遅れは1日~2日位である。この排水ボーリング A, B は三角堰の No. 2 の流域に位置しており、No. 2 の欠損高がこの台風時を境にして、台風以前に比べて多くなったということと、排水量が台風以前と比べて多くなったことは良く一致している。多分 No. 2 の地表面流出量の中で、中間流出や地下水流出の成分がこの時期以後多くなったものと思われる。これらの排水ボーリングの排水量の変化は、台風5号、6号のもたらしした集中豪雨の結果や地すべりが起り、水みちの状態が変化したために起った現象か、あるいは雨水の浸透による中間流出の成分が卓越してきたために起った現象か、今の所不明である。

3. ま と め

徳島県三好郡東祖谷山村九鬼地すべり地において約5ケ年にわたる水文観測をした結果、以下のことがわかった。

(1) 九鬼地すべり地では、水収支の点からみると他の流域からの地表面流入や地下水流入がなく、他の流域に地下水流出がなく閉じた系である。

(2) 表面流出は高々10%前後である。(一部40%に達する流域もある。)

(3) No. 2 の流域が中間流出ならびに地下水流出の低減係数が一番小さく、No. 2 の流域から離れるにつれて低減係数が大きくなっている。よって No. 2 の流域に多量に地下水が流入してきているらしい。

(4) 基盤岩が深い所(埋没谷)の雨量係数が基盤岩が浅い所の雨量係数と比べて小さく、埋没谷に多量の地下水が流入してきているらしい。

(5) 最上昇地下水位はほとんど地すべり面(層)を上まっていた。従って、九鬼地すべり地においては、埋没谷に地下水が集中してきて間隙水圧を上昇させて、地すべりが誘発されているように思われる。故に地すべりが発生するかどうか考える時には、雨量だけ考えるのではなく、その時の地下水位はどのような状態にあるのかということを、ボーリング孔の地下水位や地表面流出量の計測によってその流域をモデル化して、その流域の地下水の状態を把握して考察する必要があると思われる。この問題はこれから解明していくつもりである。

おわりに昭和50年10月までの九鬼地すべり地の水文観測は千葉大学助教授古谷尊彦氏に負う所が大きい。観測ならびに自記記録の取り換えと機器の保守には地元の方々に大変お世話になりました。また資料整理と図表を作成するのに高橋君子氏に大変お世話になりました。ここに以上の方々に対し深謝の意を表する次第である。なお資料の解析には京都大学防災研究所資料センターの FACOM230-25 を使用した。

参 考 文 献

- 1) 芦田和男・高橋 保・沢田豊明：山地流域における出水と土砂流出(6)，京都大学防災研究所年報，第20号 B-2, 1977, pp. 387-403.

- 2) 江角周一・奥西一夫：山地小流域に関する陸水学的研究（IV），山腹部からの長期流出について，京都大学防災研究所年報，第17号 B，1974，pp. 301-309.
- 3) 山口真一：地下水位を間隙水圧として地すべりの安全率を計算する場合浸透力を無視することの危険について，地すべり，Vol. 14, No. 2, 1977, pp. 27-31.
- 4) 岸本良次良：地すべり地における地下水，地表水（第三報）深き別の地下水位，水圧変動現象の研究，地すべり，Vol. 3, No. 3, 1967, pp. 21-39.
- 5) 松本正義・望月巧一：茶臼山地すべり地上部の地下水について（II），地すべり，Vol. 6, No. 3, 1970, pp. 1-10.
- 6) 奥西一夫・中川 鮮：高知県繁藤地区の大規模崩壊について（その2）一崩壊に対する地下水の効果，京都大学防災研究所年報，20号 B-1，1977，pp. 223-236.
- 7) 田中 茂・川谷 建：山地小流域における流出測定結果について（その2），第14回自然災害科学統合シンポジウム講演論文集，1977，pp. 81-82.
- 8) 小出 博：日本の地すべり—その予知と対策—東洋経済新報社，1955.
- 9) 中川哀三・金丸富美夫：四国における地すべりの素因—その2，徳島県三好郡東祖谷山村九鬼地区の地すべり—地すべり，Vol. 12, No. 1, 1975, pp. 25-33.
- 10) 島 通保・末峯 章・小西利史：地すべり面における破壊伝播速度について，京都大学防災研究所年報，第20号 B-1，1977，pp. 199-208.
- 11) 防災研究協会：九鬼地すべり地調査報告書，1974.
- 12) 山本莊毅編：陸水，共立出版株式会社，1968，pp. 69.
- 13) 土木学会編：水理公式集（昭和46年度改訂版），土木学会，1977，pp. 115.
- 14) 望月巧一・中村三郎：埋没谷の地すべり活動に与える影響，東北地理，Vol. 28, No. 4, 1976，pp. 223-288.
- 15) 島 通保・竹内篤雄：地中内部歪の測定方法について，地すべり，Vol. 10, No. 2, 1973，pp. 6-17.