

兵庫県下の地すべりについて (I)

—— 地 形・地 質 的 特 徴 ——

竹 内 篤 雄

ON THE LANDSLIDES IN HYOGO PREFECTURE (I)

—— Topographical and Geological Character ——

By Atsuo TAKEUCHI

Synopsis

As the results of examination on the topographical and geological character of landslide areas in Hyogo Prefecture, the following matter were cleared; The geology and geological tectonics gave a large effect on each factor of the landslide topography.

In Tertiary period strata, a stratum which was formed the landslide topography very easily was existent and a stratum which was formed the landslide topography very difficult was existent. And a stratum which became easily to be formed the landslide topography, when some geological tectonics related to the stratum, was existent.

1. 序

地すべりの分類は現在の所、第三紀層型、破碎帯型、温泉・火山型の三つに分ける方法が多くの場合とられている。そして各型共各々地形的にも地すべり移動形態的にも種々の異なった特長を有していることは衆知のことである。

しかし、さらに各型の中でその地形的要素、移動形態等を細かく検討して見ると、同じ型に属する地すべり地でもその地すべりの存在する地層や岩質の相違により、地すべり地形やすべり面の深度および形態が異なり、さらに地すべり移動機構も異なって来るものと推定される。又その結果、地すべり地内外で実施される諸地すべり調査の結果にも諸種の違いが見いだせられる。そこで、各型の中の異なった地層・岩質に存在する地すべり地の地形的相違、地すべり諸調査結果上の相違を見いだしておくことは、その地すべり地の諸性質を判断する上において大変有意義なことであると同時に地すべり防止工事及び他の地すべり調査を実施する際に貴重な資料を提供するものと思われる。

例えば、高知県下の破碎帯型地すべり地について調査研究した結果によれば¹⁾ 一口に破碎帯型地すべりと言われているものでも、種々の異なった地層・岩質に属するものが存在し、それに伴って地すべり調査法の一つである電気探査結果に種々の興味ある相異点が見いだされている。又すべり面深度や地すべり移動機構についても概略的な研究結果においてさえもかなりの相違点が見いだされつつある²⁾。

筆者は前論文¹⁾では主として電気探査結果と各地質・岩質に主眼を置いて破碎帯型地すべり地を検討し種々の興味ある点を見いだしたので、これを一歩進めて、第三紀層型地すべり地及び温泉火山型地すべり地において地層・岩質の相違が地すべり地形及び移動機構にどのような相異となって現われているか、さらに地すべり諸調査結果にどのような相違となって現われているか等を今日まで調査観測して来た資料に基づいて検討して行きたいと考えている。

その第一段階として、比較的多くの第三紀層型地すべり地が存在し、しかも同じ第三紀層型地すべり地で

も種々の異なった岩質・地層に地すべり地が存在する兵庫県下を研究対象地域に選定した。

兵庫県は北は日本海、南は太平洋に面した面積 8,300 平方 km を有する県である。県下は地質的にも内帯から外帯まで様々な地層・岩質から成っており、そこに存在する地すべり地も各々地層・岩質の相違に影響されて各々異なった性質を持っているものと考えられる。そこで今日まで兵庫県下で調査した地すべり地の調査結果を基にして、複雑な地質的因子が地すべり地形及び地すべり諸調査結果さらに地すべり移動機構にどのような形となって現われているか等を検討した。今回はこの内地質と地形に焦点を絞って述べる。

2. 地すべり分布状況について

兵庫県下の地すべり地形を県庁砂防課・耕地課・林務課の地すべり防止指定地域及び同指定希望地域を参考にして、五万分の一、二万五千分の一の地形図から拾い、その分布状況を調べると、地すべり地形の分布状況は非常に片寄った形を示しているのがうかがわれる。(Fig. 1) つまり大きく分けると次の四地区になる。

① 照来・北但地区、② 佐用・宍粟・養父地区、③ 北神戸地区、④ 淡路島地区。

河川水系別に見ると、照来・北但地区では矢田川・円山川、岸田川流域に圧倒的に多く地すべり地が分布し、佐用・宍粟・養父地区では千種川、揖保川、円山川支流大屋川の各上流地域に分布する。北神戸地区では加古川支流美嚢川流域に多くの地すべりが分布し、淡路島地区の北部・中部地域では小河川流域に、南部では海岸沿岸地域に隣接して地すべり地が分布している。(Table 1)

3. 地すべり分布地域の地質状況について

2 で述べた如く地すべり地形の分布地域が大きく分けて四地区あることが判った。そこで次にこれら各地区の地質状況について簡単にのべて見る。なお県下の地質についての詳細は兵庫県地質鉱産図及び同説明書(郷土振興調査会兵庫県地質図作成委員会調査編集)³⁾ に記されているので、ここにのべるのはその内で今回の検討に必要なものを抜粋しまとめたものである。

3.1 県内地質の概要

兵庫県内に分布する地層・岩質の内地すべり分布地域に関係しているものは Table 2 に示す如きものである。これらの地層・岩質について簡単に述べる。

現世層：平野を構成する地層で、まだ固結していない礫・砂・粘土等から成っている。広く分布するのは武庫平野・播磨平野等で、その他の河川に沿っても多少見られる。

段丘層：河岸段丘や海岸段丘の表面に載る地層で、礫・砂が多い。地盤の上昇に伴って古い段丘層はかなり高い山にまで見られる。この段丘層が形成されると同時に県北西部の山地で火山活動があり、その噴出物は鉢伏・氷の山・扇の山などの山上に分布している。

大阪層群：大阪盆地・播磨盆地などの丘陵台地又は現世層・段丘層の下に分布する。礫・砂・粘土から成るが、現世層に比べやや固結度が高い。約 100 万前の湖や内海に貯った地層で、これらの湖・内海を第 2 瀬戸内海という。

照来層群：北但の西部に分布する火山噴出物や礫岩などを主とする地層で、その大部分は古照来湖に沈積したものと考えられている。生成時期は約 1 千万年前。

神戸層群：六甲山地の北西側の丘陵地と淡路島北部に分布し、礫岩・砂岩・泥岩・凝灰岩等の地層で、植物化石を多産する。約 1.5 千～2 千万年前の古神戸湖に沈積した地層である。この時期は第 1 瀬戸内海の時代。

北但層群：北但山地の大部分を構成する地層で火山噴出物に富み、礫岩・砂岩・泥岩なども見られる。この地層は南部に神戸層群が出来ていた頃、北部に存在した海や湖及びその周辺地域に沈積し生成された地層である。

以上の地層は新第三紀及び第四紀のもので、地層は多くは水平に近く、激しい褶曲は受けていない。

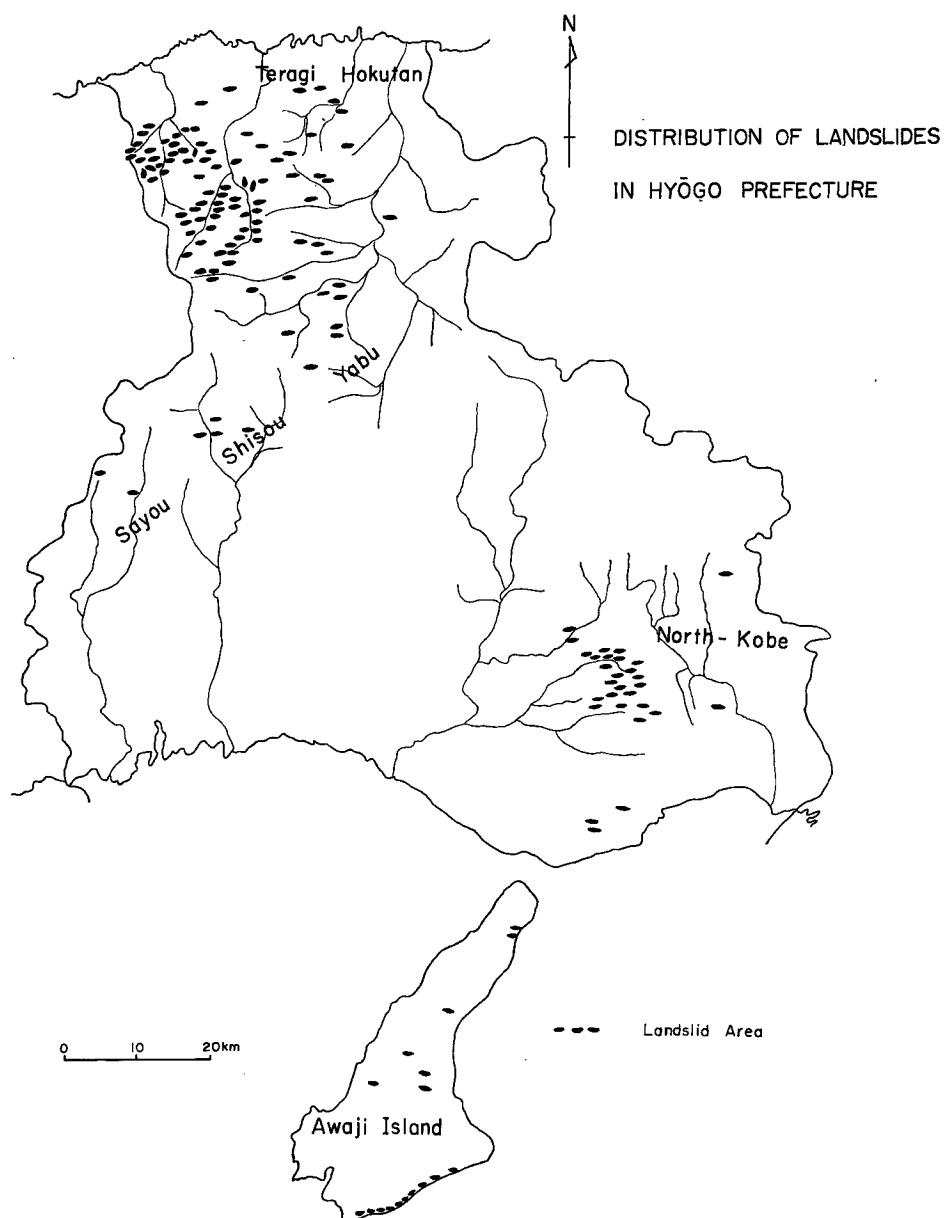


Fig. 1 Distribution of landslides in Hyogo Prefecture.

Table 1 Number of landslides in Hyogo Prefecture.

Region	1	2	3	4	5
Teragi, Hokutan	Sazu		2	2	122
	Takeno		6	6	
	Maruyama	Nasa Inaba Kosa Yagi	1 6 2 10	19	
	Yada	Yamada Yada Yufune	8 4 23 22	57	
	Kuto		2	2	
	Kishida	Kumadani Haruki Teragi Komata	12 3 7 10 4	36	
Sayou, Shisou, Yabu	Maruyama	Ooya	8	8	14
	Ibo	Hikihara Ibo	3 1	4	
	Chikusa	Chikusa	2	2	
North-Kobe	Kako	Tojou Minou	2 18	20	27
	Muko	Nashio Nagao Arino	1 2 1	4	
	Myohouji		2	2	
	Shimminato	Tennoudani	1	1	
Awaji Island	North and center area			7	20
	South coast area			13	
Total					186

1...name of a main stream,
3...number of landslides,
5...total with every region

2...name of a tributary
4...total with every main stream

Table 2 Geological time classification in Hyogo Prefecture.

Geologic Time		Teragi, Hokutan Area	Maizuru Zone	North-Kobe Area	Awaji Island Area
Cenozoic	Recent	Recent Formation (a) Gembudo Basalts (B)	Recent Formation (a)	Recent Formation (a)	Recent Formation (a)
	Pleistocene	Lower Terrace Deposits (q_3) Middle Terrace Deposits (q_2) Higher Terrace Deposits (q_1) Hachibuse Volcanics (hA)	Terrace Deposits <u>Osaka Group</u>	Lower Terrace Deposits (q_3) Middle Terrace Deposits (q_2) Higher Terrace Deposits (q_1) Uppermost part (O_3) Upper part (O_2) Lower part (O_1)	Lower Terrace Deposits (q_3) Middle Terrace Deposits (q_2) Higher Terrace Deposits (q_1) Lower part (Awaji Formation (O_1))
	Pliocene	Saruodaki Porphyritic Dykes (P) Upper Volcanic Formation (tA) Middle Formation (tm) Lower Volcanic Formation (tL)	<u>Teragi Group</u>	Kabutayama Andisite Mitsuta Formation (k_6) Ogo Formation (k_5) Upper (k_4) Yoshikawa Formation Lower (k_3) Arino Formation (k_2) Taihata Formation (k_1)	<u>Kobe Group</u> Iwaya Formation (k_1)
	Miocene	Muraoka Formation (m_4) Toyooka Formation (m_3) Youka Formation (m_2) Takayanagi Formation (m_1)	<u>Hokutan Group</u> Kawakami Formation (k)		
Mesozoic	Palaeogene				
	Cretaceous	Granites of the San'in types (sG) Quartz Diorites and Diorites (QD)		Granites of the Hiroshima types (hG) <u>Izumi Group</u>	Upper Subgroup (C_3) Middle Subgroup (C_2, C_1) Lower Subgroup (C_1, C_2) Sen'nan Acid Rocks (QP)
	Jurassic	Rhyolitic facies (yL) Yadagawa, Ikuno and Arima Group (Older Green Tuffs)			
Younger Paleozoic	Triassic	Serpentine (S)			Ryoke Granites (rG)
	Permian		Miharaiyama Group and other Triassic (tr) Maizuru Group (pm) Yakuno Complex (Gb) Maizuru Granites (mG)		
	Carboniferous	Metamorphic Paleozoic in the Inner Zone (Ph)		Tamba Zone Paleozoic	

さらに時代を溯って和泉層群は淡路島の南部に東西方向に延びて分布し、礫岩・砂岩・頁岩等から成る。この地層は大阪府・和歌山県の境の和泉山脈や四国の阿讃山脈に連なるもので約 7 千万年前に海に沈積したものである。この地層と同時代又は少し前に白亜紀後期の火山岩類・広島型及び山陰型花崗岩等が噴出・貫入した。

これらのグループのさらに下には大部分が古生層又は古生層の変成したものが兵庫県基盤岩類として出て来る。

蛇紋岩類：舞鶴帯の北の三群帯の南部に分布するが、その詳しい時代は不明である。

領家花崗石及び片麻岩：南部の領家帯を構成しているもので、古生層をつらぬいて中生代前・中期に貫入した花崗岩とその貫入に伴って古生層が変成した片麻岩等により構成される。淡路島の花崗岩類は全てこれに属す。

御核山層群：中生代前期の地層とされ、舞鶴帯の一部に分布する。貝の化石を含んでいる。

舞鶴層群及び夜久野岩類：相伴って舞鶴帯を構成している地層で古生代末期のものと考えられる。極めて複雑な地質構造を示す。

丹波層群：丹波帯の古生層で、京都府より続いて広く分布する。粘板岩・砂岩・チャートから成り、輝緑凝灰岩・石灰岩を狭み、石灰岩の中からフブリナやサンゴの化石が出る。

三群変成岩：内帯の古生層が変成されて出来た結晶片岩・千枚岩等で、三群帯を作っている。兵庫県下では照来・北但層群の下にあり地表にはあまり分布しない。類似のものが竜野市付近に見られる。

三波川変成岩：兵庫県下唯一の外帯のメンバーで淡路島南部の沼島の結晶片岩がこれに属す。

以上述べた事柄を図示したものが Fig. 2 である。

3.2 各地すべり分布地区の地質状況

前項において兵庫県下全体の地質状況を概説したので、ここで各地すべり分布地区毎の地質についてもう少し詳しく述べる。

1. 照来・北但地区

本地区は主として北但層群、照来層群が分布し、本地区西部には鉢伏火山岩類がその上に載っている。さらに猿尾滝礫岩が所々に分布している。

北但層群、照来層群はさらに次のような累層に分けられる。

北但層群は村岡町付近を中心とする北東―南西方向に伸びた楕円形の皿状の構造をなしており、地層の傾斜は一般に 10° 内外とされている。この層群は次の 4 つの累層により構成されている。高柳累層 (m_1)、八鹿累層 (m_2)、豊岡累層 (m_3)、村岡累層 (m_4)。

高柳累層 (m_1) は砂岩・礫岩などを主とする地層で、北但層群の基底礫岩に当るもので、この地層の出来た頃はまだ火山活動は開始されていない。八鹿町付近など北但層群の周縁部に見られるが、その分布は広くない。層厚は約 300 m である。

八鹿累層 (m_2) は北但地域の初期の火山活動による塩基性火山岩噴出物で出来ており、玄武岩質の安山岩の溶岩；凝灰岩・凝灰角礫岩から成っている。一般に青黒色及び黒褐色をしていることが多い。安山岩や凝灰岩は変質しいわゆるグリーンタフに変っていることがある。層厚は約 600 m である。

豊岡累層 (m_3) は北但地域の最も広い地域を占めているもので、礫岩を主とする部分、砂岩・頁岩などから成る部分、安山岩質の溶岩・凝灰角礫岩・凝灰岩などから成る部分、及び流紋岩質の溶岩・凝灰角礫岩・凝灰岩から出来ている部分があり、後 2 者の火山性の岩層の方が前 2 者より広い地域を占めている。岩相変化は激しく、下位層とは軽微な不整合をなしている。層厚は約 500 m である。

村岡累層 (m_4) は北但層群の最上部に当るもので、村岡町付近つまり盆状構造の中央部のみに分布する。一部は鉢伏山・瀬川山などの鉢伏火山岩や照来層群におおわれているものと推定される。これは砂岩・黒色泥岩を主とする地層で、火山性の岩層としては最下部に鹿田凝灰岩というよく連続した凝灰岩層があり、最上部にあたる妙見山山頂近くに凝灰角礫岩がある。つまり北但の中新世の火山活動がこの時代になると衰え

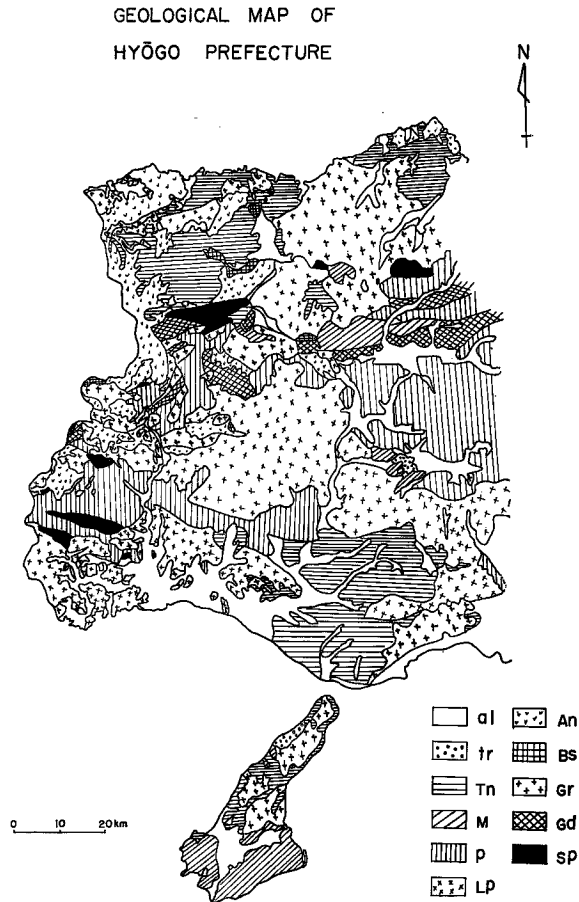


Fig. 2 Geological map of Hyogo Prefecture.

al ...Alluvium, tr ...Terrace, Tn...Neogene
 M ...Mesozoic, P ...Palaeozoic, Lp...Rhyolite
 An...Andesite, Bs...Basalts, Gr...Granites
 Gd...Gabbro and Diabase
 Sp ...Serpentine and Peridotite

て来たものと考えられる。層厚は約 800 m である。

照来層群は北但山地の美方郡南西部に広く分布し、一部は扇ノ山・鉢伏山の鉢伏火山岩層におおわれている。この層群は北但層群とは不整合であり、次の三つの累層により構成されている。上部累層 (t_u)、中部累層 (t_m)、下部累層 (t_L)。

照来層群下部火山岩層 (t_L) は歌長流但岩層とよばれ、溶結凝灰岩から成っている。最厚は 400 m 以上ある。

照来層群中部層 (t_m) は淘汰不良の湯谷礫岩層及び凝灰質の砂岩・泥岩、凝灰岩の層より成っている。さらに美方町小代では中部層中に礫岩の他に黒色泥岩がよく発達しておりそれらの上に板状の層灰岩がよく発達している。この層は淡水湖成で層厚は 500 m 以上である。

照来層群上部火山岩類 (t_u) は小代から鉢伏山にかけてよく見られるもので、茅野層灰岩層上に集塊岩・凝灰角礫岩・溶岩など火山源の岩層が載っている。岩質は主として安山岩である。層厚は約 700 m である。

2. 佐用・宍粟・養父地区

この地区はいわゆる舞鶴帯及びその北部の三群変成帯の存在する地域で、岩質的にはかなり複雑な様子を示している。舞鶴帯を構成している舞鶴層群 (P_m) は古生層で粘板岩を主とし、夜久野複合岩類 (G_s , GM , mG , D_s) などを伴い、舞鶴帯の方向に複雑に褶曲している。

3. 北神戸地区

この地区は広く神戸層群によりおおわれている。この層群は砂岩・礫岩・泥岩より成っており、凝灰岩を多量にはさんでいる。この層群は上記の岩石の含まれ方の割合、地層の特徴、化石の種類により次の如く細分される。岩屋・多井畑累層 (K_1)、有野累層 (K_2)、吉川及び白川累層上・下部 (K_3 , K_4)、淡河及び藍郡累層 (K_5)、三津田累層 (K_6) の各累層に区別される。このうち有野・吉川・淡河・三津田の各累層は三田一加西町に分布し、帝釈山地の南側の白川地域には多井畑・白川及び藍郡累層が、淡路島北部には岩屋累層が分布している。

神戸層群は一般に水平に近いゆるい傾斜を示し、三木市の北東部を中心とする皿状構造を示している。しかし六甲山地近くでは、六甲山の上昇運動に任って強く押し曲げられている所もある。

4. 淡路島地区

淡路島地区は大きく分けて、大阪層群と領家花崗岩の分布する北部・中部地域と和泉層群の分布する南部地域とに分けられる。

淡路島に分布する大阪層群は淡路累層 (O_1) と呼ばれ、砂・礫層が多く、上部では粘土層をはさんでいる。そして、これらは花崗岩の山地間を埋めるように分布している。淡路累層は他の大阪層群と異なり炭垂層をはさむことが多く、戦後かなり採掘されたことがある。

南部地域に分布する和泉層群は非常にまとまりのよい分布を示している。礫岩・砂岩・頁岩の種々の厚さの互層からなり、東西に近い走向で南に傾斜しており、厚さは 5,500~7,000 m に達する。大別すると、下部 (C_1 , C_2)、中部 (C_3 , C_4)、上部 (C_5) の要層群に分けられる。和泉層群には各層共砂岩から頁岩への沈積輪廻を示す層がよく見られる。

4. 地すべり分布と地質について

2, 3 において兵庫県下の地すべり分布状況と地質分布状況について述べたので、ここで、この両者を照し合わせて、兵庫県下における地すべり地の地質的、地質構造的特徴について検討する。

4.1 北兵庫県地区の地すべりと地質

北兵庫地区とは照来・北但地区と佐用・宍粟・養父地区とを合わせたものを言う。北兵庫地区の地すべり地と地質及び地質構造との関係を調べるために、地質図上に地形図より拾い出した地すべり地を記入した。(Fig. 3) この図を基にして Table 3 に示すような表を作成した。この表は縦軸に堆積岩を地質年代の古いものから新しいものへと並べ、横軸には火成岩類を地質年代の新しいものから古いものへと並べたものである。表中 only とあるのは火成岩類及び断層に全く関係しない堆積岩中のみに存在する地すべり地又は堆積岩及び断層に全く関係しない火成岩類の岩体中だけに存在する地すべり地を意味する。f とあるのは兵庫県地質鉱産図に描かれている断層に関係ある地すべりを意味する。又異種の火成岩類の間で地すべりが見られる場合は表の下方に記入してある。この種の地すべりは火成岩類のみの地すべりと同等として数字的には処理した。

この表を見ると、堆積岩類の中で地すべりの数多く発生している地層は照来群中部層 (t_m) で次いで北但層群の村岡累層 (m_1)、豊岡累層 (m_2)、八鹿累層 (m_3) の順になっている。又火成岩類の関係している地すべりでは、照来層群上部火山岩類層 (t_A) が最も多く、次いで鉢伏火山岩類 (h_A) となっている。次に各堆積岩毎にその堆積岩と断層、火成岩類との関係を見ると次の如くなる。

舞鶴層群 (P_m) では地すべりの数は 4 カ所で、いずれも火成岩類に関係している。関係している火成岩類も石英閃緑岩及び閃緑岩類、有野・生野・矢田川層群中の流紋岩及びその凝灰岩類、舞鶴花崗岩類、夜久野

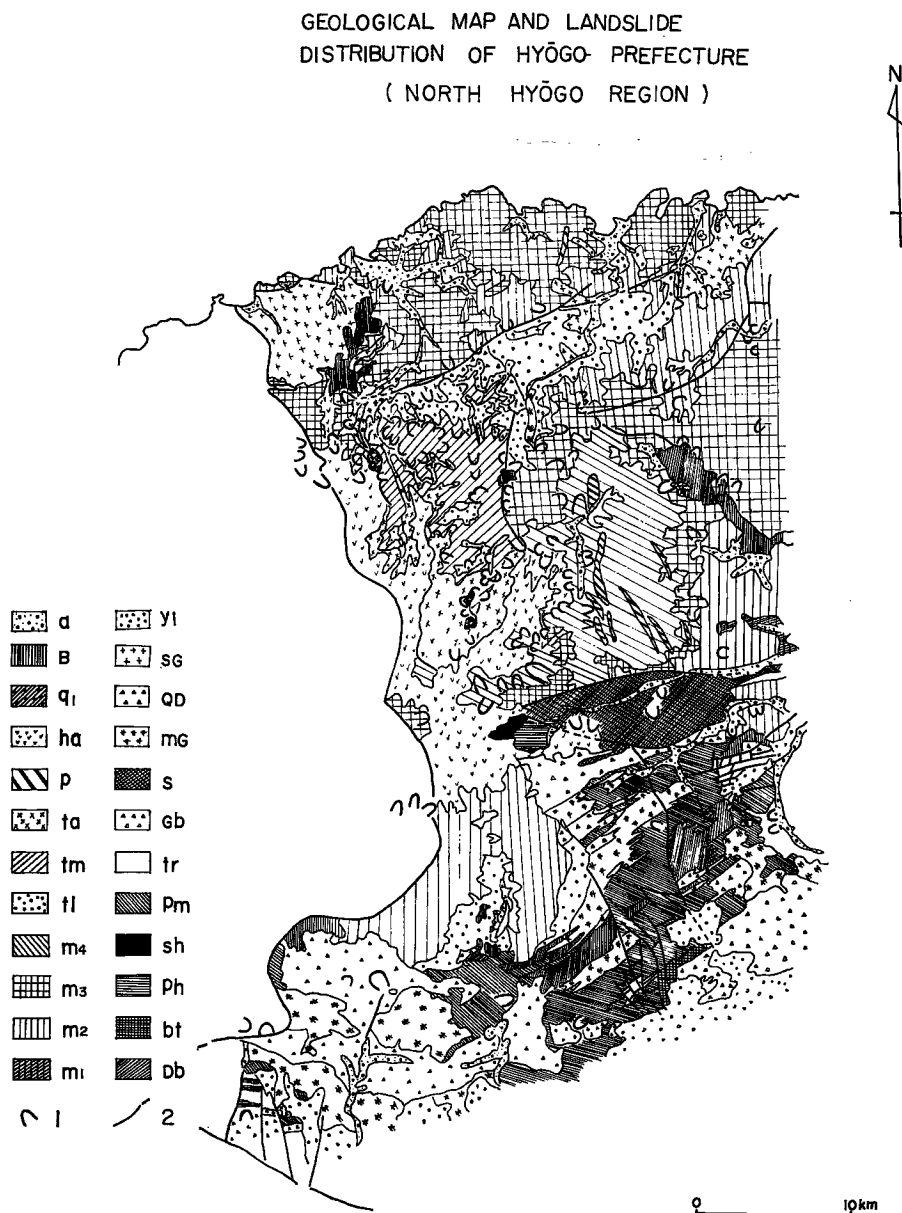


Fig. 3 Geological map and distribution of landslides in North Hyogo Region.
(from Geological map of Hyogo Prefecture by the geological map
framing committee of Hyogo Prefecture, 1962)
(Geological symbols are same symbols at Table 2)
1. landslide areas 2. faults

Table 3 Number of landslides with every geology.

	only	f	B	hA	p	tA	tL	sG	QD	yL	mG	S	Gb	total
Pm	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	1	0	1	4
m ₁	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
m ₂	11	7	1	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	20
m ₃	14	6	1	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	23
m ₄	2	0	0	9	6	7	1	0	0	0	0	0	0	25
tm	1	1	3	7	0	20	4	1	0	0	0	0	0	37
q ₁	0	0	0	3	0	1	0	0	0	0	0	0	0	4
a	0	0	0	0	0	0	1	0	2	0	0	0	0	3
only	—	0	0	0	0	5	2	4	2	0	0	2	0	15
B+Ly	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1
tL+sG	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1
hA+S	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2
total	33	14	5	21	6	33	9	5	5	1	1	2	1	136

塩基性岩とまちまちである。

北但層群高柳累層 (m₁) は分布範囲が狭いためか地すべりの数は 1 カ所しかなく、それも高柳累層内で only として起っており、火成岩類、断層は関係していない。

北但層群八鹿累層 (m₂) には地すべりは 20 カ所存在する。この内 only は 11 カ所で全体の 55% を占め、これに続いて断層の関係するもの 7 カ所 (35%) 存在する。火成岩類の関係するものは 2 カ所 (10%) と少ない。この累層では火成岩類は地すべり地形発達にあまり参与していないようである。

北但層群豊岡累層 (m₃) には地すべりは 23 カ所存在するが、この累層も八鹿累層と同様に大部分の地すべりが、only 又は断層に関係するもので占められており、全体の 87% となっている。火成岩類が関係しているものは 3 カ所で、玄武岩と鉢伏火山岩類である。

北但層群村岡累層 (m₄) には 25 カ所の地すべりが存在するが、このうち 23 カ所 (92%) が火成岩類に関係するもので、前三者とこの点著しく異なっている。関係している火成岩類は鉢伏火山岩類、猿尾滝珣岩、照来層群上部火山岩類層でこれらが大部分 (22 カ所) を占めている。これらの火成岩類はいずれも新第三紀鮮新世に噴出したものである。それに対し、only には 2 カ所地すべりがあるが、断層の関係しているものは皆無となっている。つまり村岡累層では、これら火成岩類が地すべり地形形成上において重要な役割を演じていることを物語っている。

照来層群中部層 (tm) には 37 カ所もの地すべりが存在し、only と断層の関係するものは各 1 カ所にしかすぎず、他の 35 カ所は全て火成岩類の関係している地すべりである。関係している火成岩類は照来層群上部火山岩類が圧倒的に多く全体の 57% を占めており、次いで鉢伏火山岩類、照来層群下部火山岩類となっている。この中部層も村岡累層以上に火成岩類が地すべり地形形成上において重要な役割を演じていると考えたい。

第四紀の最新世の地層になると、高位段丘層 (q₁) 及び沖積層 (a) には合わせて 7 カ所の地すべりが存在するが、これらは全て火成岩類の関係しているものばかりで、関係する火成岩類は、高位段丘層が鉢伏火山岩類と照来層群上部火山岩類層であるのに対し、沖積層では照来層群下部火山岩類と古第三紀の石英閃緑岩となっている。

次に Table 3 を整理して Table 4 を作表した。表の縦軸には堆積岩類を、横軸には堆積岩類に関係している因子を取った。only は堆積岩類のみに起っている地すべりで、断層も火山岩類も関係していないものを示し、A は堆積岩に断層が関係して地すべりを起こしているもの、B は堆積岩に火山岩類が関係して地す

Table 4 Number of landslides with every geological condition. (North Hyogo Region)

	total	%	only	%	A	%	B	%
Pm	4	2.9	0	0.0	0	0.0	4	5.4
m ₁	1	0.7	1	2.1	0	0.0	0	0.0
m ₂	20	14.7	11	22.9	7	50.0	2	2.7
m ₃	23	16.9	14	29.2	6	42.9	3	4.1
m ₄	25	18.4	2	4.2	0	0.0	23	31.0
tm	37	27.3	1	2.1	1	7.1	35	47.3
q ₁	4	2.9	0	0.0	0	0.0	4	5.4
a	3	2.2	0	0.0	0	0.0	3	4.1
vol.	19	14.0	19	39.5	0	0.0	—	—
total	136	100.0	48	100.0	14	100.0	74	100.0
%	100		35		10		55	

A…fault, B…volcanic

べりを起こしているものを示す。なお縦軸の下から三行目の vol. とは火山岩類中のみに起こっている地すべりを意味する。

この表より種々の特徴が見い出せる。

地すべりの数としては 照来層群中部が最も多く全体の 27.3% を占めており、次いで北但層群村岡累層、豊岡累層、八鹿累層が各々 18.4%, 16.9%, 14.7% で続いている。他の堆積岩類になるとその数はぐっと減少してしまう。これによると 北兵庫地区の地すべりは全体の 78% が新第三紀の中新世中新から 鮮新世前半の地層内に存在していることが判る。一方舞鶴層群及び 高位段丘層、沖積層になるとその数は 11 カ所しかなく、全体の 8% となっている。

火成岩類のみに存在する地すべりは全体の 14% (19 カ所) 存在するが、19 カ所の内 11 カ所は照来層群上部火山岩類層及び鉢伏火山岩類など鮮新世に属するものとなっている。

従って全地すべりの 85% が第三紀の地質の中に存在していることになる。

次に堆積岩類の地層の中にのみ存在し、断層も火山岩類も響影していない地すべりについては、北但層群と照来層群が全体を占めており、その数は 29 カ所である。この中でも特に多いのは北但層群の八鹿累層と豊岡累層で 25 カ所 (86%) を占めている。一方舞鶴層群や第四紀の地層中には only に関する地すべりは全く無い。

堆積岩類の上に載った火成岩類が関係している地すべり（いわゆるキャップロック型の地すべり）について見ると、全体でその数は 74 カ所も存在するが、きわだって多くこの型の存在するのは 北但層群の村岡累層と照来層群中部層で全体の 78% を占めている。

最後に断層が堆積岩類に関係している地すべり地は、その数は全部で 14 カ所存在するが、その大部分 13 カ所は北但層群の八鹿累層、豊岡累層中に存在している。

次に火成岩類地域にのみ存在する地すべりと堆積岩類地域にのみ存在する地すべり及び堆積岩類と火成岩類がお互いに関係し合っている地域に存在する地すべりの三つに分けると Table 5 に示すように、堆積岩類＋火成岩類 (54%)－堆積岩類のみ (32%)－火成岩類のみ (14%) の順で地すべりの数は減少しており、北兵庫地区の地すべりはキャップロック型が多く、これが当地区の特徴の一つになっていると思われる。

堆積岩類地域の地すべりの中で断層の関係しているものは 43 カ所中 14 カ所で全体の 33% にしかすぎず、断層に影響されている地すべりは当地方にはあまり多くは存在していないことが示されている。(Table 6)

以上述べたことをまとめると、北兵庫地区の地すべりは全体的には火成岩類に影響されているものが半分

Table 5 Number of landslides with every rocks.

	number	%
volcanic rocks	19	14
sedimentary rocks	43	32
vol. r.+sed. r.	74	54

Table 6 Number of landslides with each geological condition in sedimentary rocks.

	number	%
sedimentary rocks	43	100
relative to fault	14	33
non-relative to fault	29	67

以上を占めており、しかも北但層群村岡累層と照来層群中部層に集中している。一方 only と断層の関係しているものは前二者より一歩時代を遡った北但層群豊岡、八鹿累層に集中していることが判った。

4.2 南兵庫地区の地すべりと地質

南兵庫地区とは北神戸地区及び淡路島地区を合わせたものを言う。南兵庫地区の地すべりと地質及び地質構造との関係を調べるために、地質図上に地形図より拾い出した地すべり地を記入した。(Fig. 4) (a, b) この図を基にして Table 3 と同じ要領で基礎となる表を作成し、それを整理したものが、Table 7 である。

この表を見ると、全体としては神戸層群の吉川累層下部 (K_3) に最も多くの地すべりが存在し、次いで和泉層群上部亜層群 (灘累層) (C_5)、神戸層群吉川累層上部 (K_4)、大阪層群淡路累層 (O_1) となっている。これらの4つの亜層群又は累層で全体の89%を占めている。

only は神戸層群吉川累層上・下部が25カ所中23カ所を占めているのに対し、断層が関係しているものは全部で12カ所存在しているが、この内10カ所は淡路島南部に分布する和泉層群 (C_5 , C_4) により占められており、この地帯の地塊の複雑さを物語っている。一方火成岩類の関係している地すべりは4カ所しか無く、内2カ所は大阪層群淡路累層内のもので、他は神戸層群有野累層と吉川累層下部となっている。又淡路島の火成岩は殆んど領家花崗岩 (rG) であり、これと断層の両者が堆積岩に作用して地すべり地形を形成していると思われるものが6カ所も存在する。

次に各堆積岩ごとにその堆積岩と地質構造との関係を見ると次の如くなる。

淡路島地区では和泉層群中部亜層群下部 (C_4) では地すべりは2カ所しか存在せず、いずれも堆積岩中で1カ所は断層が関係している。

和泉層群上部亜層群 (灘累層) (C_5) は9カ所の地すべりが存在し、全て断層と関係を持っている。

上記2つの地層は淡路島南部海岸地区に分布し、非常に多くの断層により寸断されている所である。

神戸層群屋累層 (K_1) には2カ所地すべりが存在し、いずれも領家花崗岩と断層の両者に関係を持っている。

淡路中央部・北部に広く分布する大阪層群淡路累層 (O_1) には7カ所地すべりが存在し、only の1カ所を除いてはいずれも領家花崗岩又は領家花崗岩と断層に関係を持っているものである。

つまり淡路島に存在する地すべり20カ所の内北部中央部のものは領家花崗岩及びそれと断層に關係しており、南部海岸地帯のものは殆んど全てが断層に關係していることになる。すなわち全体の90%が何等かの型で地質構造の影響を受けて地すべり地形が形成されていることを物語っている。この点を当地区の地すべりの特徴の一つに上げてしかるべきであると考えらる。

なお、淡路島北部・中央部の大阪層群、神戸層群中に見られる地すべりに関係している領家花崗岩につい

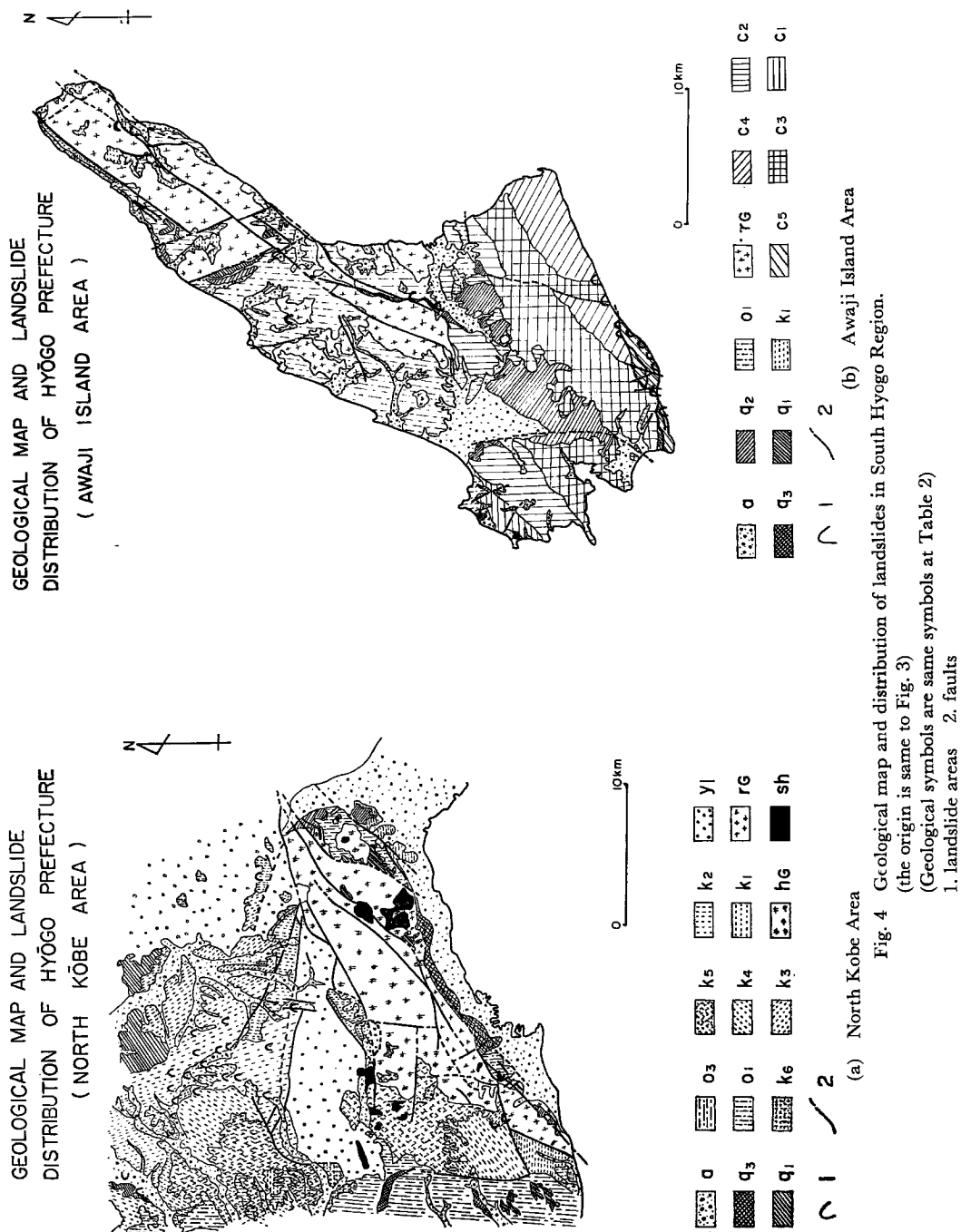


Table 7 Number of landslides with every geological condition. (South Hyogo Region)

	total	%	only	%	A	%	B	%	A + B	%
C ₄	2	4.3	1	4.0	1	8.3	0	0.0	0	0.0
C ₅	9	19.1	0	0.0	9	75.0	0	0.0	0	0.0
K ₁	2	4.3	0	0.0	0	0.0	0	0.0	2	33.3
K ₂	1	2.1	0	0.0	0	0.0	1	25.0	0	0.0
K ₃	19	40.6	16	64.0	2	16.7	1	25.0	0	0.0
K ₄	7	14.8	7	28.0	0	0.0	0	0.0	0	0.0
O ₁	7	14.8	1	4.0	0	0.0	2	50.0	4	66.7
total	47	100.0	25	100.0	12	100.0	4	100.0	6	100.0
%	100		53		26		8		13	

A...fault, B...volcanic rocks

A+B...fault+volcanic rocks

ては北兵庫地区の北但層群、照来層群に関係するキャップブロックと同様な作用をしていると考えることも出来る⁴⁾。つまり淡路島の場合、領家花崗岩の上に大阪層群、神戸層群が載っているが、一応背後に花崗岩がひかえている場合は、これより堆積岩類に地下水が供給されて、風化を促進させて地すべりを発生させると考えるものである。

一方北神戸地区では、新第三紀中新世の神戸層群のみに地すべりが存在しており、その数 27 カ所である。神戸層群有野累層 (K₂) には 1 カ所地すべりは存在し、有馬層群の凝灰岩層に関係している。

神戸層群吉川累層下部層 (K₃) には 19 カ所の地すべりが存在し、この内 16 カ所は only に属している。断層に関係あるもの 2 カ所、火成岩類に関係しているもの 1 カ所となっている。

神戸層群吉川累層上部層 (K₄) には 7 カ所地すべりが存在し、全て only となっている。

つまり北神戸地区の地すべりは全て神戸層群中に存在し、特に吉川累層上下部に全体の 96% が存在している。しかも淡路島の地すべりとは対象的に火成岩類や断層等の影響を受けているものは全体の 11% しか無く、後は全て堆積岩中のみに存在している。この点が北神戸地区に分布する地すべりの特徴として上げられてよいと考える。

5. 地すべり地の地形因子と地質について

地質及び地質構造が地すべりの地形的因子（ここでは主として地すべり地の面積と平均傾斜とを取り上げた）にどのような影響を与えているかを検討する目的で五万分の一、二万五千分の一の地形図上に表わされた地すべり地形と地質図を基にしてこれらの関係を調べた。

5.1 地すべり地の平均傾斜と地質

地すべり地の平均傾斜は五万分の一又は二万五千分の一の地形図上に地すべり区域を書き込み、それを基にして、地すべり上端部と下端部の標高差を読み取り、それを地形図上の地すべり地形の長さで除して求めた。又各地すべり地の地形図（三千分の一～千分の一）がある所ではその地形図を参考にして平均傾斜を求めた。このようにして求めた平均傾斜と地質及び地質構造との関係を Tables 8, 9 に示した。

Table 8 は北兵庫地区のものである。これを見ると、地層が新しくなると共に地すべり地の平均傾斜がゆるくなる傾向があることを示している。又地質構造との関係は、同一地層内では only より断層が関係しているものの方が平均傾斜は小さくなり、断層が関係しているものよりは火成岩類が関係しているものの方が平均傾斜は小さくなっていることが示されている。

Table 9 は南兵庫地区のものである。この表でも概ね Table 8 と同じ傾向が見い出される。

Table 8 Average inclination of landslide with every geology and geological condition. (North Hyogo Region)

	only	A	B	average
Pm	—	—	18.0	18.0
m ₁	18.0	18.9	—	18.0
m ₂	21.7	18.9	14.3	20.0
m ₃	17.2	17.9	16.3	17.0
m ₄	14.0	—	18.0	17.7
tm	21.0	21.0	16.9	17.1
q ₁	—	—	16.6	16.6
a	—	—	17.2	17.2
vol.	17.7	—	—	17.7
average	18.4	18.2	17.2	17.7

A…fault, B…volcanic rocks

Table 9 Average inclination of landslide with every geology and geological condition. (South Hyogo Region)

	only	A	B	A + B	average
C ₄	40.4	25.0	—	—	32.8
C ₅	—	31.2	—	—	31.2
K ₁	—	—	—	11.5	11.5
K ₂	—	—	16.0	—	16.5
K ₃	11.0	24.0	10.0	—	11.7
K ₄	13.7	—	—	—	13.7
O ₁	9.0	—	3.0	6.8	6.5
average	12.9	30.0	9.7	8.4	15.9

A…fault, B…volcanic rocks

A+B…fault+volcanic rocks

これら2つの表から次のことが言える。つまり地質年代が古いほど地すべり地の平均傾斜は急になり、地質年代が新しくなるに従って、地質の固結度が弱まるためかその平均傾斜は小さくなる傾向を示している。特に和泉層群では平均傾斜30°以上と相当な急勾配を示しているのに対し、大阪層群淡路累層のような若い地層に存在する地すべり地は平均傾斜6.5°と緩やかになる。

地質構造が地すべり地の平均傾斜に与える影響は、only—断層—火成岩類—断層+火成岩類の順に平均傾斜は小さくなっている。この理由としては断層及び堆積岩類の上にキャップブロックの形で載っている火成岩類が地下水の供給源となり、堆積岩類の風化作用を促進させているために斜面形態が不安定化し、地層本来の安定傾斜角を保てなくなり緩傾斜になると考えるのが妥当のように思われる。このような推論に立って両表を見ると、断層よりはキャップブロックの方が、キャップブロックよりは両者が組み合わされたものの方が地すべり斜面の緩傾斜化により多くの役割りを演じていると考えたくなるような数字が示される。

5.2 地すべり地の面積と地質

五万分の一、二万五千分の一の地形図に記入された地すべり地の面積を1mm方眼紙を用いて読み取り、その地すべり地の面積とした。現地の地すべり地形図（三千分の一～千分の一）がある所では、その地形図

を利用して面積を算出した。なおここに求めた地すべり地の面積は地すべりを起こした又は起こしている地域のみの面積であるため、行政的に指定された地すべり地域の面積とは大部異なっている所もある。

Tables 10, 11 は上述の方法により求められた地すべり面積を基にして作成されたものである。

Table 10 は北兵庫地区のものである。これを見ると一般に地質年代が若くなるに従って、地すべり面積は大きくなる傾向が見られる。つまり舞鶴層群では平均面積 27.9 ha 程度であるものが、照来層群中部層になるとそれは 41.3 ha と広いものになる。これは前述した地すべり地の平均傾斜角の場合と同様に地層の固結度に関係しているのではないかと推定される。一方同一地層内の地すべり面積と地質構造との関係を見ると、一部矛盾している所もあるが一般的傾向として、only よりは断層が関係しているもの、断層が関係しているものよりは火成岩類が関係しているものの方が地すべり面積は大きくなるようである。全体の平均面積にはこの点がはっきり表われている。この理由はやはり地すべり地の平均傾斜と地質構造の関係と同じく、地すべり土塊に供給される地下水の割合に大きく関係しているものと推定される。

Table 11 は南兵庫地区のものである。これを見ると、Table 10 と同様な傾向が見られる。一方地質構造との関係を見ると only の項目で神戸層群吉川累層 (K_3, K_4) において大きな面積を示している点を除けば、やはり Table 10 と同様に断層—火成岩類—断層+火成岩類の順に地すべり面積は大きくなっている。吉川

Table 10 Area of landslide with every geology and geological condition. (North Hyogo Region)

	only	A	B	average
Pm	—	—	27.9	27.9
m ₁	22.0	—	—	22.0
m ₂	20.5	29.5	29.5	24.6
m ₃	27.4	32.6	17.5	27.5
m ₄	10.0	—	36.7	35.4
tm	21.3	39.0	41.9	41.3
q ₁	—	—	20.9	20.9
a	—	—	47.9	47.9
vol.	40.5	—	—	40.5
average	30.5	31.5	41.7	37.3

A…fault, B…volcanic rocks

Table 11 Area of landslide with every geology and geological condition. (South Hyogo Region)

	only	A	B	A + B	average
C ₄	4.7	7.8	—	—	6.3
C ₅	—	11.8	—	—	11.8
K ₁	—	—	—	19.0	19.0
K ₂	—	—	23.0	—	23.0
K ₃	29.7	1.3	24.0	—	26.4
K ₄	38.8	—	—	—	38.8
O ₁	4.0	—	30.0	36.9	30.3
average	30.2	9.7	26.8	30.9	24.8

A…fault, B…volcanic rocks

A+B…fault+volcanic rocks

累層の上下部内の地すべりが大きな面積を有しているのは一つには小さな浅いすべり面を持つ地すべり地が数多く集合して大きな一つの地すべり地形を形成しているためではないかと考えられる。

以上2つの表をまとめると、地すべり地の平均傾斜と地質及び地質構造との関係と同様に、地質及び地質構造が地すべり面積に対し、大きな影響を与えていることが判明した。つまり地質年代が新しい地層ほどその面積は大きくなる傾向がある。和泉層群では6~11 haであるものが、北但・照来層群及び神戸層群の地層になると平均30~40 haもの面積を有するようになっている。又地質構造との関係についても断層・火成岩類・断層・火成岩類の順に面積が大きくなる傾向が見られ、北兵庫地区の地すべりより南兵庫地区のそれの方が、この傾向は顕著である。

5.3 地すべり地と標高

地すべり地の存在する標高について検討する目的で、地形図上に記入された地すべり地の上部部と末端部の標高を読み取り、その中間標高を地すべり地の存在標高と見なして地すべり地の存在標高を求めた。(Fig. 5)

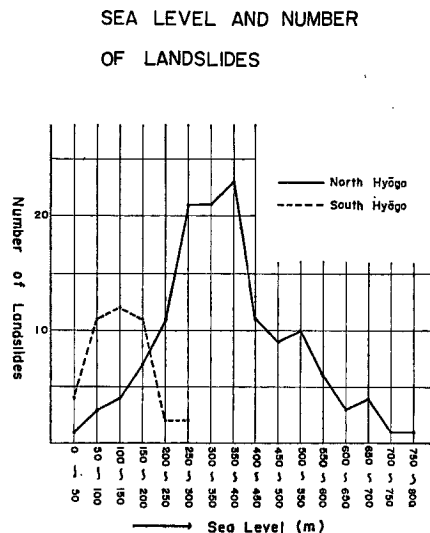


Fig. 5 Above the sea level and number of landslides.

この図によると北兵庫地区の地すべり地の78%が標高200~550 mの間に存在し、特に250~450 mの間に全体の48%が集中している。これは矢田川支流の湯舟川、矢田川及び岸田川流域のこの標高付近が丁度火成岩類と堆積岩類との境目付近に当るため、いわゆるキャップロック型の地すべりがこの標高付近に集中的に発生しているためと考えられる。

一方南兵庫地区の地すべりの標高については、標高50~200 mの間に全体の81%もの地すべり地が存在している。これをもう少し詳しく検討すると、北神戸地区の地すべり地は大部分標高100~200 mに存在するのに対し、淡路島では標高50~100 mに多くの地すべり地が存在する。これは前者は北神戸地区の神戸層群の分布する丘陵地帯に相当する標高に当り、後者は淡路島中央、北部の大阪層群の分布する標高並びに、同島南部海岸沿いの和泉層群の急斜面の存在する標高に相当しているためと考えられる。

6. ま と め

兵庫県下に分布する地すべり地について、地質・地形的な面からその特徴を検討した結果次の点が明らかになった。

1) 地質的特徴

北兵庫地区

- ④ 地すべり地は北但層群八鹿, 豊岡, 村岡層群及び照来層群中部層に集中的に存在する。
- ⑤ 北但層群八鹿, 豊岡累層に存在する地すべりは火成岩類の影響を受けず, 多くはその累層内及びその累層に断層が関係して発生している。
- ⑥ 北但層群村岡累層及び照来層群中部層に存在する地すべり地は殆んどが鉢伏火山岩類, 照来層群上部火山岩類に關係しており, 典型的なキャップロック型地すべり地形を形成している。

南兵庫地区

- ④ 北神戸地区の地すべり地はその大部分が神戸層群吉川累層上・下部層に存在し, 断層, 火成岩類等に関係しているものは殆んど見られない。
- ⑤ 淡路島北部・中央部地区の地すべり地は大阪層群淡路累層及び神戸層群岩屋累層に存在しており, いづれも領家花崗岩及び領家花崗岩と断層に關係している。
- ⑥ 淡路島南部海岸地区の地すべりは全て和泉層群上部亜層群(灘累層)に存在し, 全て複雑に入り混んだ断層に影響されている。

2) 地形的特徴

- ④ 地すべり地の平均傾斜は地質年代が新しくなるに従って緩くなる傾向がある。特に南兵庫地区の場合その傾向が著しい。
- ⑤ 同一地質年代の地層内の地すべり地では, 断層や火成岩類又はその両者が關係して来るに従って, その平均傾斜は緩くなる傾向がある。
- ⑥ 地すべり地の面積についても地質年代が新しくなるに従ってその面積が大きくなる傾向が見られる。南兵庫地区の場合その傾向が強い。
- ⑦ 同一地質年代の地層内の地すべり地では, 断層や火成岩類又はその両者が關係して来るに従って, その面積は大きくなる傾向がある。
- ⑧ 地すべりの存在標高は, 地すべり地形の形成されやすい地質又は關係する地質構造の存在する標高に大きく左右される。

以上兵庫県下の地すべり地の地質・地形的特徴について検討した結果, 一概に第三紀層型地すべりと言われるものの中にも特に地すべりの発生しやすい地層が存在すること, 各地層により単独で地すべり地形を形成するもの, 何等かの地質構造が関係すると地すべり地形を形成しやすくなるもの等種々の性質が存在することが判明した。又地質及び地質構造の地すべり地形の各因子に与える影響は非常に大きなものがあることも判明した。そこで筆者は, 各地質及び地質構造に關係する地すべり地の中から適当なものを選定し, 各地質的, 地形的特徴の相異が地すべりの移動機構並びに, 諸地すべり調査結果にどのような形で現われているかを今後さらに研究して行く予定である。

謝 辞

本研究を行なうに当りましては山口真一教授の適切な御指導を数多く得ましたことをここに記し心より謝意を表します。

現地の資料収集・調査観測に当りましては兵庫県砂防課課長を始め, 地すべり担当係長並びに渡辺技師に大変お世話になりますと共に, 耕地課の高浜技師にも大変お世話になりました。快い御協力に対しまして謝意を表します。

最後に面倒な図表作製に当り常に手を煩わしました当部門の倉内洋子, 新祥子の両氏に謝意を表します。

参 考 文 献

- 1) 竹内篤雄: 電気探査より見た高知県下の破砕帯型地すべり地について, 地すべり, vol 6, No 4,

昭 45. 11, pp. 19-30.

- 2) 竹内篤雄：破碎帯型地すべり地における電気探査の有意性について，京都大学防災研究所年報，第 13 号 A，昭 45. 3, pp. 478-498.
- 3) 兵庫県地質図作製委員会：兵庫県地質図説明書，昭. 37. 3.
- 4) 農林省農地局計画部：地すべり防止事業報告書，昭 40. 6, p. 12.