

山口県の地質・地盤と斜面崩壊について

Geology and slope failure in Yamaguchi prefecture

五十嵐 武* (Takeshi Igarashi)

判野 充昌** (Michiaki Hanno)

村田 秀一*** (Hidekazu Murata)

松田 博**** (Hiroshi Matsuda)

キーワードズ：降雨 / 残積土 / 地すべり / 地盤 / 斜面崩壊 / 地質学 / 風化 (IGC : B - 11)

1. はじめに

山口県においては、毎年台風期あるいは梅雨期の集中豪雨により多くの地すべり、崖崩れなどの地盤災害が発生し尊い人命、家屋、道路等に重大な被害を与えている。また、近年の都市化現象に伴い開発が進むにつれて、被害の様相や規模も拡大してきている。

特に山口県の地質は複雑であり、地質の脆弱地域に斜面災害その他の地盤災害が集中する傾向がある。そこで、ここでは県内の各地域の地質・地盤特性と斜面災害との関連、および第三紀層が分布している油谷半島での地すべり特性について整理を行ったので報告する。

2. 山口県の地質の概要

山口県の地質は多種でしかも構造が複雑であるが、研究が次々に行われたため、わが国でもその地質はもっとも明らかにされた地域の一つである。山口県の地質構造を大きく分けると周防地域、長門西部地域、阿武地域に三分することができる。山口県の地質図の概要を図-1に示す。周防地域には、大部分が古生代の三郡変成岩類と領家変成岩類とが広く分布している。三郡変成岩類は片状の剝離性によって特徴づけられる結晶片岩(黒色片岩、緑色片岩、砂質片岩、石英片岩)よりなるものでその分布はおよそ二つの地帯に分けられる。

その一つは、宇部市本山岬にはじまって、小郡町の北西方から山口市周辺に割合大きく固まり、さらに東方都濃郡・徳山市周辺、玖珂郡北部に広く分布し、広島県との県境付近で白亜紀花崗岩に隣接している。三郡変成岩類の東方末武川にはぼ沿う構造線(末武川構造線)で三郡変成岩に接している領家変成岩類は主として熱変成の影響を著しくこうむった変成岩類であって、縞状片麻岩や片麻状花崗閃緑岩の存在で特徴づけられている。領家変成岩類は西南日本中央構造線の北側に沿って長野県南部から愛知県近畿中央部をへて瀬戸内地方に連なる大きな変成帯をつくっているものであるが、山口県下では柳井市、光市、大島郡一帯に主に分布している。また領家変成岩類の分布する一帯の北側には領家変成の影響をまぬがれた古生層が分布する。岩国市の西方錦川流域の古生層がこれであるが、この地方では所々花崗岩が頭を出し、この熱の作用で熱変成岩(ホルンフェルス等)に変わっている所も多い。

長門西部地域では、古生代、中生代、新生代の地層が広く分布し複雑な地質構造を成している。非変成古生代層は比較的分布が広く、美祿郡秋吉台を中心に阿武川流域、山口市北方等に広く分布する。於福、秋吉台を中心とする古生代の石灰岩地域は秋芳造山運動による逆転地層で有名であり、本邦で最も広大な石灰岩地帯で、観光地としてはもちろん、セメント原料供給地域として甚だ重要である。中生代の岩層は、主として長門地域に発達しているが、これを分けると、三疊紀の津布田層群、植生層群、ジュラ紀の豊浦層群、豊西層群及び関門層群になりいずれも砂岩、頁岩、れき岩、凝灰岩よりなり一部炭層をはさんでいる。

* 山口県土木建築部砂防課 砂防課長

** 山口県土木建築部砂防課 傾斜地保全係長

*** 山口大学工学部建設工学科 教授

**** 山口大学工学部土木工学科 助教授

新生代の第三系は山陰側では、須佐付近、油谷湾沿岸地域、及び下関付近、山陽側では宇部地域、山間部では西市盆地等に発達しており、古生代や中生代にくらべるとその分布は大変狭く散在的である。

このうち最も広く分布している油谷湾沿岸地域は、菱海層郡上に不整合関係をもって、油谷湾層群が分布している。これは、礫岩、砂岩、頁岩よりなり、地殻変動等に褶曲作用等を激しく受けて地層は脆弱化しており地すべり等が非常に多い。この地方はこれを覆って洪積層の玄武岩が広く台地をなして分布している。

阿武地域は古生代の秋吉石灰岩、中生代の花崗岩、新生代の第3紀、第4紀が小地帯にそれぞれ分布しているが、主として中生代の火成岩（流紋岩及び石英斑岩）が広大な範囲に分布している。阿武地域のものは粗粒の石英・長石類の斑晶を含む塊状の岩石で周囲の古生層、中生層を貫いている。

以上のような、内海側に広く分布している花崗岩類は、風化し易く、また、三郡変成岩は剝離性に富み、節理も良く発達している。油谷湾一帯に分布する第3紀層は褶曲作用を強く受け、岩石が脆弱であり、阿武地方の石英斑岩は風化により礫状化し急峻な山腹を覆っている。このような地質は降雨に際し崩壊、或は地すべりを発生し易い素因を有しているといえる。

3. 山口県の崖崩れ災害の特性について

山口県内には、ある物理的要素の一定基準に基づいて調査した崖崩れ危険箇所が2883箇所（昭和61年調査）分布している。

昭和53年より昭和61年の間、図-2に示すような県内において発生した崖崩れ495箇所を次の地質特性により3地域に分け、崖崩れと降雨との関係についてまとめた。

I. 山口県東部

この地域の地質は主に花崗岩の風土化（まさ土）であり、土質的には、粘着力の小さい砂質状を呈する。

II. 山口県西部

この地域の地質は複雑であり、県中央部の結晶片岩、日本海側に分布する第3紀層地帯及び流紋岩の風

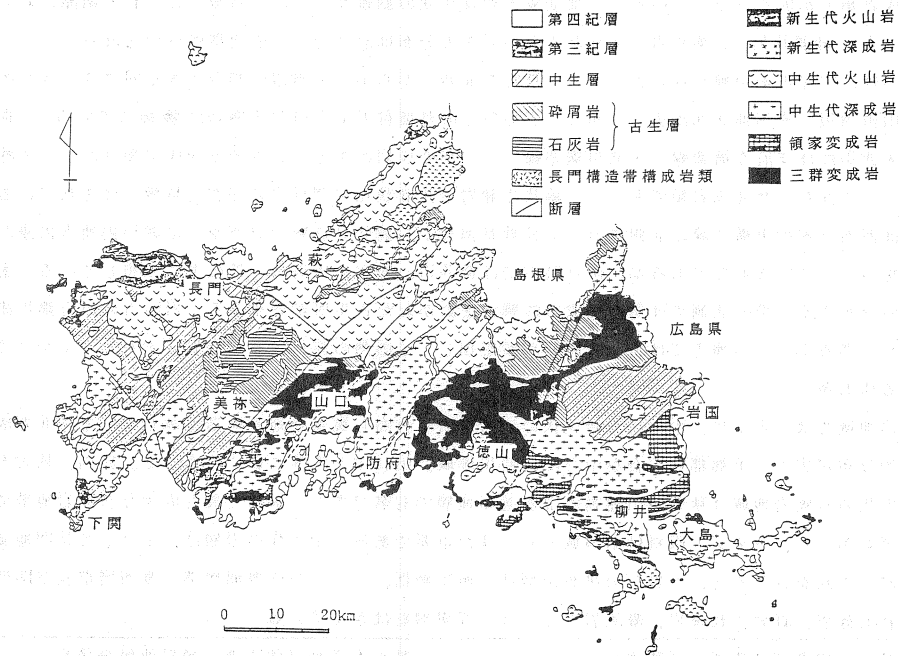


図-1 山口県の地質図

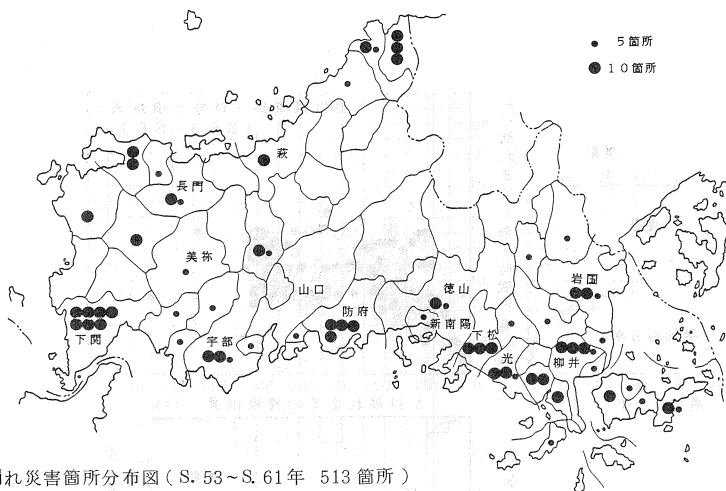


図-2 かけ崩れ災害箇所分布図(S. 53~S. 61年 513箇所)

化地帯があり、土質的にも粘性土から砂質土まで変化に富んでいる。

Ⅲ. 下関地域

下関周辺の地質は中生代の関門層群に属し基岩は頁岩、砂岩、凝灰岩等を主体に、これに貫入したと思われる礫層が広く分布している。いずれも風化が著しく粘性に富み赤土化している。

3.1 崖崩れ発生までの連続雨量と、崖崩れまでの最大時間雨量について

ここでは崖崩れが発生しているにもかかわらず降雨量が小さい場合があり最低値が決めがたいため、全体の5%以下の事例は除外することにした。

各ブロックについての連続雨量と発生事例、崖崩れまでの最大時間雨量と発生事例の累加百分率を求め、それぞれ図-3から5の縦軸と横軸に対応させて示した。累加百分率5%未満を崖崩れ発生の限界値と仮定すれば、それぞれのブロックにおける崖崩れまでの連続雨量と最大時間雨量は表-1のようにまとめられる。

3.2 連続雨量と最大時間雨量の組合せによる評価について

3.1と同様の考え方で発生事例のうち95%を区分する境界線(C. L.)を図-3から5上に描き、両指標の組合せによる崩壊発生の降雨領域を示した。

表-2は所定の連続雨量に対する最大時間雨量を図から読み取ったものである。山口県東部においては、最大時間雨量に敏感であり、降雨に対する地盤の抵抗性は一番弱いことが判る。県西部においては降雨との相関はどちらかといえば最大時間雨量よりも連続雨量の多少が崖崩れ発生の因子に関係すると考えられる。下関市内においては、連続雨量に比例して崖崩れ発生件数が増える傾向を示している。このことは、土質的に粘性が高いロー

表-1 連続雨量と最大時間雨量の関係

	連続雨量 (mm)	最大時間雨量 (mm)
県東部(特殊土壌地域)	100	15
県西部(下関市を除く)	100	20
下関市	100	15

表-2 連続雨量と最大時間雨量の組み合わせ

		連続雨量 (mm)			
		100	200	300	400
最 大 連 続 時 間 雨 量 (mm/h)	県東部	20	14	8	3
	県西部	25	19	14	8
	下関市	24	18	13	7.5

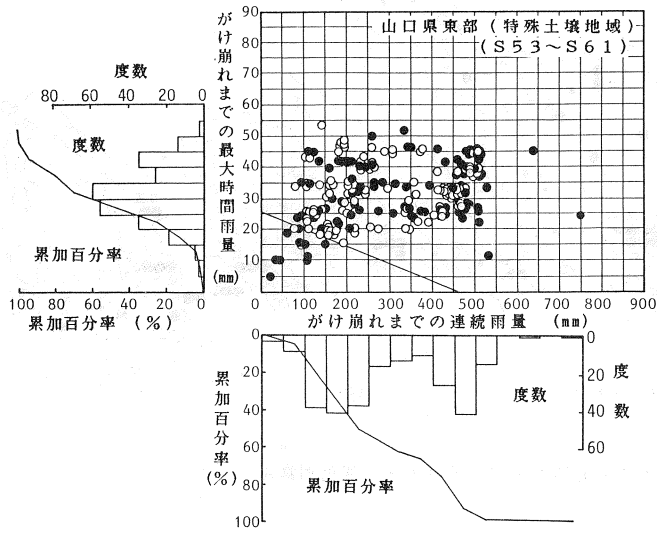


図-3 かけ崩れ発生までの連続雨量と最大時間雨量の相関図（県東部、261箇所）

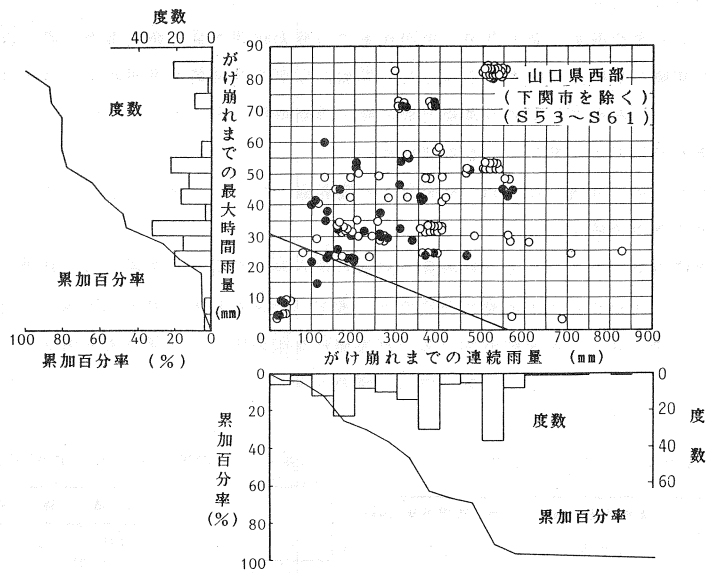


図-4 かけ崩れ発生までの連続雨量と最大時間雨量の相関図（県西部、166箇所）

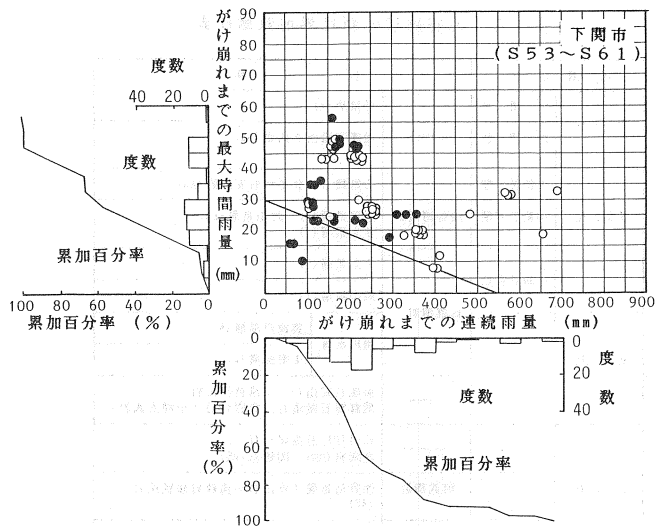


図-5 かけ崩れ発生までの連続雨量と最大時間雨量の相関図(下関市、70箇所)

ム質であることが裏付けられる。この様な傾向からして降雨に対する地盤の抵抗性は、県西部、下関市、県東部の順で大きいことが示唆される。

4. 油谷半島の地質、地形の概要

油谷地域の地質は図-6に示すように、流紋岩、凝灰岩を主体とする白亜系、古第三紀に噴出した安山岩及びその後新第三紀に入って堆積した砂岩、頁岩を主とする互層状の地層(第三紀層)が当地域の基盤を成している。この基盤を被覆する形で、第四紀洪積世に噴出した玄武岩類が広く露出している。基盤を成す第三紀は、全体としてみると東北東~西南西方向に褶曲軸をもって、ゆるく波曲しており、これが北西~南東方向の多数の断層群によってブロック化されている。

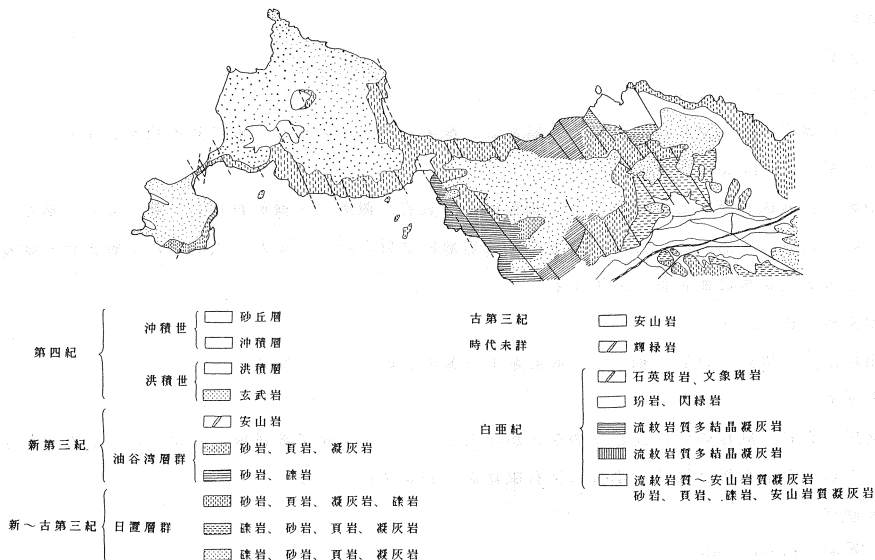


図-6 油谷地域地質図

表-3 油谷周辺の新世界地質層序表

地質年代		名称	
第四紀	沖積世	——	沖積層(A)
	洪積世	——	礫石粗面玄武岩(Ba)
新第三紀	中新世中期	——	古銅輝石・普通輝石安山岩(Aa)
	中新世中期	油谷湾層群	川尻累層(K) 角山累層(Aa) 伊上累層(I)
	中新世古期	——	人丸累層(H) 峠山累層(T)
古第三紀	——	日置層群	黄波戸部層(K) 境川累層 十楽部層(J)
		——	礫石安山(Aa) (津貫安山岩) 紫蘇輝石礫石玄武岩(Ba) (今岬玄武岩)
白亜紀	——	——	玢岩(P)、石英斑岩(P') 花崗岩(GM)、閃綠岩(DM)
	——	阿武層群	熊野岳累層(安山岩～流紋岩類凝灰岩) (AK)
	——	関門層群	下関垂層群(Sh) 脇野垂層群(W)

また洪積世の玄武岩類の基底面の海拔高度は北～西に行くにしたがって徐々に低下し西北端の川尻岬では遂に海面下に没している。以上述べた層序関係を示すと表-3のようになる。

次に各地層の厚さおよび特徴を示す。

(1) 紫蘇輝石・かんらん石・玄武岩(今岬玄武岩)約50m

熔岩が主で火山角礫岩を伴う紫蘇輝石・かんらん石・玄武岩である。

(2) かんらん石安山岩(今岬安山岩)約230m

火山砕屑岩類および熔岩からなる。含紫蘇輝石ビジョン輝石、普通輝石、かんらん石安山岩およびかんらん石安山岩(OJI 1961)であり、これらは地域差による可能性が大きい。火山砕屑岩には水流層理が認められる。

(3) 日置層群

(イ) 境川累層

・十楽部層 約18から260m

大～中礫岩、中～細粒砂岩、黒色頁岩および凝灰質頁岩からなり一般に紫赤色を呈する。

・黄波戸部層 約200m

中礫岩、凝灰質細礫岩、粗粒砂岩、細粒砂岩～頁岩、凝灰岩～凝灰質頁岩、礫～砂岩互層などからなる。特牛地域の本層は肥中砂岩層と荒田凝灰岩層に2分される。また、当層中には野田化石植物群と呼ばれる古第三紀型の植物群を産出する。

(ロ) 峠山累層 約500m

粗粒砂岩、灰黒色頁岩、細～中粒砂岩および凝灰質砂岩等からなる。

(ハ) 人丸累層

灰黒色頁岩、細粒砂岩、頁岩互層などからなり中～下部層準で波漣痕が発達する。また、最下部層では、大坊化石植物群と呼ばれる台島化石植物群が発見されている。

(4) 油谷湾層群

(イ) 伊上累層 約80～425m

伊上累層は、さらに7層に分類され、紫赤色凝灰質砂岩、大～中礫岩、細礫岩、粗～細粒砂岩および

角礫岩などからなる。

(4) 角山累層 約 300 m

大～中礫岩、砂岩、頁岩および砂岩・頁岩互層などからなり、頁岩中に貝化石を産出する。

(5) 川尻累層

砂岩、頁岩および砂岩・頁岩互層からなり、藻類石灰岩レンズを挟む。

(6) 安山岩類

古銅輝石普通輝石安山岩などの安山岩類の岩脈が各所で発見され、また、津黄では流紋岩岩脈が認められる。

(7) 向津具礫層およびかんらん石玄武岩

向津具礫層は層高 5 m で向津具地域および島戸などに分布する。かんらん石玄武岩は層高 150 m で熔岩と火山礫凝灰岩～火山角礫岩からなる。

油谷地域の基盤を成している第三紀層は、油谷湾層群のうち川尻累層と呼ばれ、半島の頂部は玄武岩で覆われている。この第三紀層は主として海拔 150 m 以下のところに分布し掛淵川を隔てた南側では海拔 100 m 程度の丘陵を形成し、その南には、流紋岩や玢岩からなる山地がある。

一方地形の特徴を見ると、油谷半島の北岸は海食によって高い断崖となっているのに対し、南壁の海岸線は屈曲に富み複雑な地形を形成している。

また玄武岩が露出している所では平坦な溶岩台地が形成され、油谷湾沿いの高度 100 m 以下では第三紀層を基盤岩とする 10° 前後の非常に緩い斜面を形成し溶岩台地状丘陵と緩斜面の境界付近に馬蹄形状の凹地形が各所で認められる。

また緩斜面には棚田が発達し、海岸線には地すべりの舌端部と考えられるせり出しがみられる。

油谷湾沿いの久津、白木、道手、久原の各集落は共通してこのような地すべり地形上に立地する（図-7）。

また日本海側において馬蹄形状の稜線を滑落崖とする下方域での地すべり活動が顕著であり、青村、後畑、津黄といった各集落において地すべりが発生している（図-8）。このように油谷地域の地すべりは湾北岸の半島地区の第三紀層中に集中して発生しており、まれには古第三紀の安山岩中にも存在する（津黄地区）がこれに反して湾の南側の第三紀層中には全くみられない。湾をささむ南と北の地域で特に第三紀層の岩質に差があるわけではないので、図-9 の模式地質断面図にみられるように油谷半島では第三紀を覆っている玄武岩の存在が地す



図-7 久原～小田地区 地質平面図

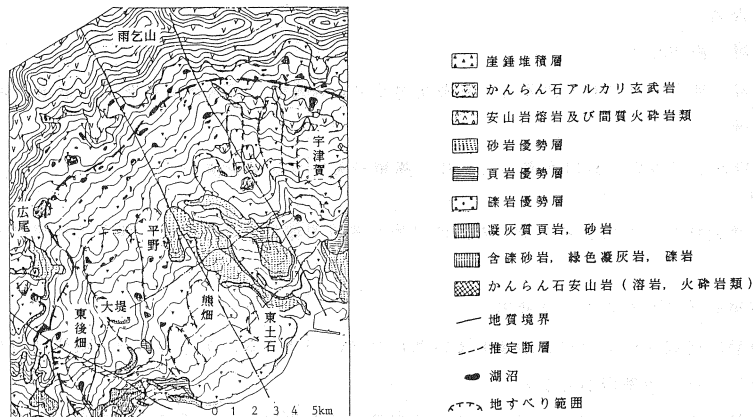
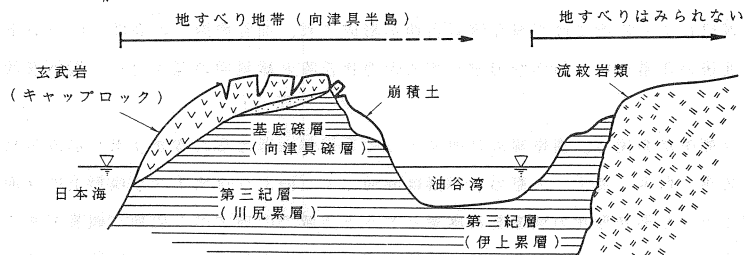


図-8 青村～津黄地区 地質平面図



川尻累層は第四紀玄武岩によって不整合におおわれている。 伊上累層は白亜紀流紋岩類を不整合におおう。

図-9 油谷湾地域模式地質断面図

べりの発生に重要な役割を果しているものと考えられる。

5. 油谷半島の地すべりの機構

油谷地区の地すべりは、いわゆる“第三紀層地すべり”に属し、このタイプの地すべりは、主として日本海側の丘陵山地に分布するもので、わが国における地すべりの大部分を占めている。そして当地域の地すべり型は、長崎県北松浦郡を模式地域として分布するいわゆる“北松型地すべり”に類似している。北松型地すべりの特徴は、キャップロックとして比重の大きい(比重約2.83)玄武岩が固結度の低い基盤層(中新統第三紀層)の上に乗って、基盤に対する荷重になっていることである。さらにこの玄武岩は、第四紀の洪積世に噴出したもので、固結するにしがたって体積が縮少して裂け目が生じ、その裂け目に沿って雨水が侵入し易くなっている。そのため侵入した地下水により、第三紀層中の頁岩等が風化して、いわゆる“地すべり粘土”が形成され、これをすべり面として、玄武岩と第三紀層との境界付近に滑落崖を生じ、崩積土と第三紀層との境界又は、第三紀層中に地すべり現象をおこしている。

・第三紀層地すべり：グリーンタフ地域である裏日本全域及び北西九州夾炭新第三紀(北松型)、その他の第三紀の分布する地区で発生する地すべり

・北松型地すべり：第三紀層地すべりに含まれ、主に長崎、佐賀県の一部で発生する地すべり

6. 地すべりの範囲および移動ブロックの区分

油谷半島全域について地すべりの範囲及び移動ブロックの区分について調査を実施した。調査方法は空中写真および地形図による判読により半島全域の地すべりの範囲及び地すべりブロック区分を行い、かつ現地踏査を実施したものである。

その結果、油谷半島内の地すべりブロック（一部崩壊地、並びに玄武岩流の跡も含む。）は図-10に示すように約700～800前後の地すべりブロックに大別されるものと考えられ、その分布状態は、当半島を構成する地質と深い関係を有しているものと考察される。

すなわち、当半島内の地すべりブロックは、主に第三紀層の分布する県道沿いに集中して分布しており、他方玄武岩の分布する半島中央部には、第三紀層の分布する地区と比較すると地すべりの集中度は非常に少ない傾向が認められる。

当地区の地すべりは、地質の見地から「第三紀層地すべり」に属しており、一方、玄武岩と深い関係を有することからは「北松型地すべり」に非常に類似している。すなわち、当地区の地すべりは、第三紀層地すべりに属するが、さらに構成地質から分類すると、第三紀層の地すべりブロック、玄武岩中の地すべりブロックに2大別される。

第三紀層中の地すべりブロックはその集中度が著しく高くその形状は魚鱗状を呈しており、また、各種構造線に規制された大規模な地すべり地も認められる。一方玄武岩中の地すべりは、半島中央部の玄武岩分布地域に認められ、第三紀層の地すべりブロックに比して規模やその集中度も小さい傾向が認められる。

7. 地すべり地形形状の検討

油谷半島全域について、地すべり地の地形形状の検討を実施した。調査の方法は「踏査、写真解析による地すべり調査」^{13,2)}によって行い、半島全域に分布する地すべり地を空中写真、地形図により判読し、さらに現地踏査にて確認し下記に示す3種に大別した。

- (1) 沢型（谷型）すべり（崩積土すべり）
- (2) 山型（尾根すべり）すべり（岩すべり）
- (3) 混合型すべり（沢型か山型か明確に判定できないものまたは両方の型を有するもの）

その結果、今回実施した調査結果では、図-10に示す総地すべりブロック数は638箇所と非常に多数の地す

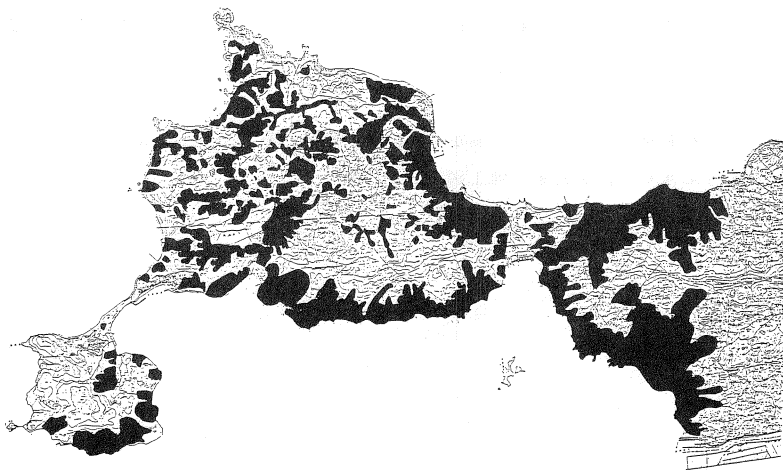


図-10 油谷地域における地すべりブロック

表-4 地形形状による分類

油谷半島地すべりブロック		
地すべり地形形状	ヶ所	%
沢型すべり	404ヶ所	62%
山型すべり	102ヶ所	16%
混合型すべり	132ヶ所	22%
地表踏査及び空中写真判読による。		

べり地が存在している。また、沢型、山型ならびに混合型の各地すべり地形形状による分類（表-4）では、(1)沢型すべり404箇所、(2)山型すべりが102箇所、(3)混合型すべりが132箇所に分類され、これら各地すべり地形形状の比率は、(1)沢型すべり62%、(2)山型すべり16%、(3)混合型すべり22%と圧倒的に沢型すべりが多く認められる。

8. まとめ

山口県の地質・地盤特性と土砂災害の関係を降雨特性に着目して検討するとともに、油谷地域の地すべり特性について検討した。得られたことを要約すると以下のようである。

- (1) 花崗岩系風化土からなる山口県東部の崖崩れは、最大時間雨量に敏感であり、降雨に対する地盤の抵抗性は一番弱い。
- (2) 県中央部の結晶片岩、日本海側の第三紀地層および流紋岩の風化地帯からなる山口県西部においては、最大時間雨量よりも連続雨量の大小が、崖崩れ災害発生の因子となっている。
- (3) 関門層群からなる下関市内においては、連続雨量に比例して斜面崩壊発生件数が増える傾向にある。
- (4) 油谷地域の地すべりは、第三紀の地すべりに属するが、構成地質によると第三紀層の地すべりブロックと玄武岩中の地すべりブロックに大別される。
- (5) 油谷地域の地すべりを地形・形状による分類で示すと、沢型地すべり62%、山型地すべり16%、混合型地すべり22%となり、沢型地すべりが圧倒的である。

謝辞 本報告は、山口地区土質工学セミナーによる成果に加筆したものである。有益な御意見をいただいた同セミナーのメンバーの方々、および図面の整書で協力を受けた山口大学工学部山本修三技官に深謝の意を表する。

参考文献

- 1) 藤原明敏：地すべり機構解明のための地質判定について、地すべり、Vol.18、No.2、1971.
- 2) 藤原明敏：地すべりの解析と防止対策、理工図書、1979.