

# 讃岐平野北部の屋島と五剣山周辺の 地形と岩石に関する予察的研究

Rock-Landform Relations in Yashima and  
Goken-zan, Kagawa Prefecture

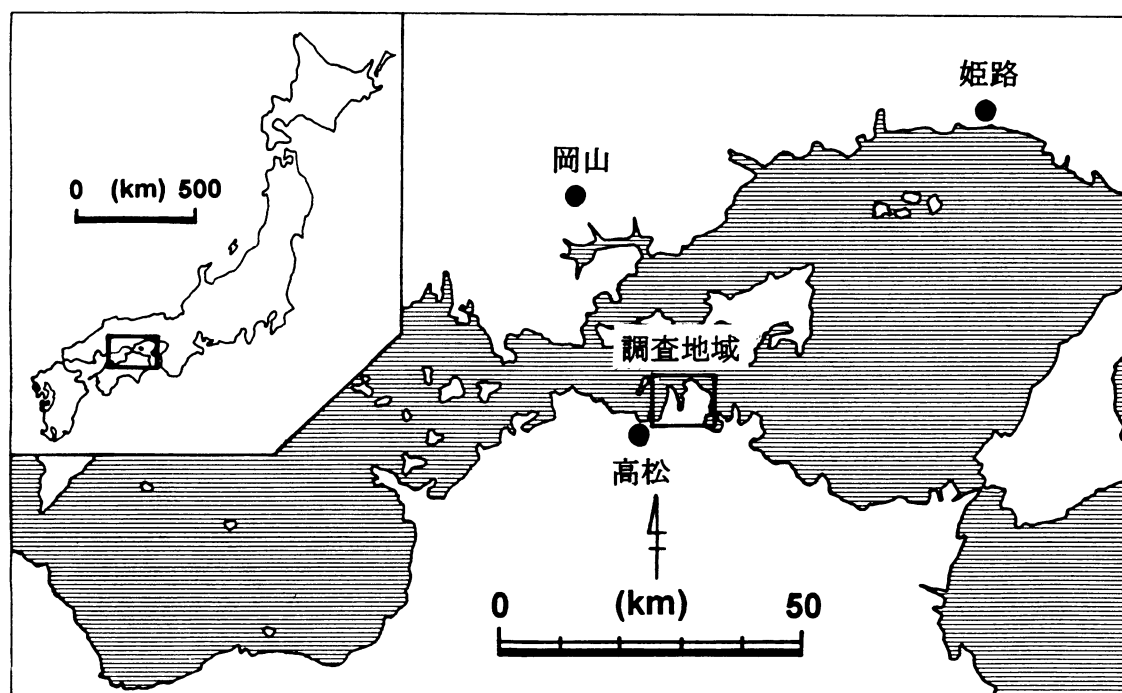
国方 亮\*・松倉 公憲\*\*

Ryo KUNIKATA and Yukinori MATSUKURA

## I はじめに

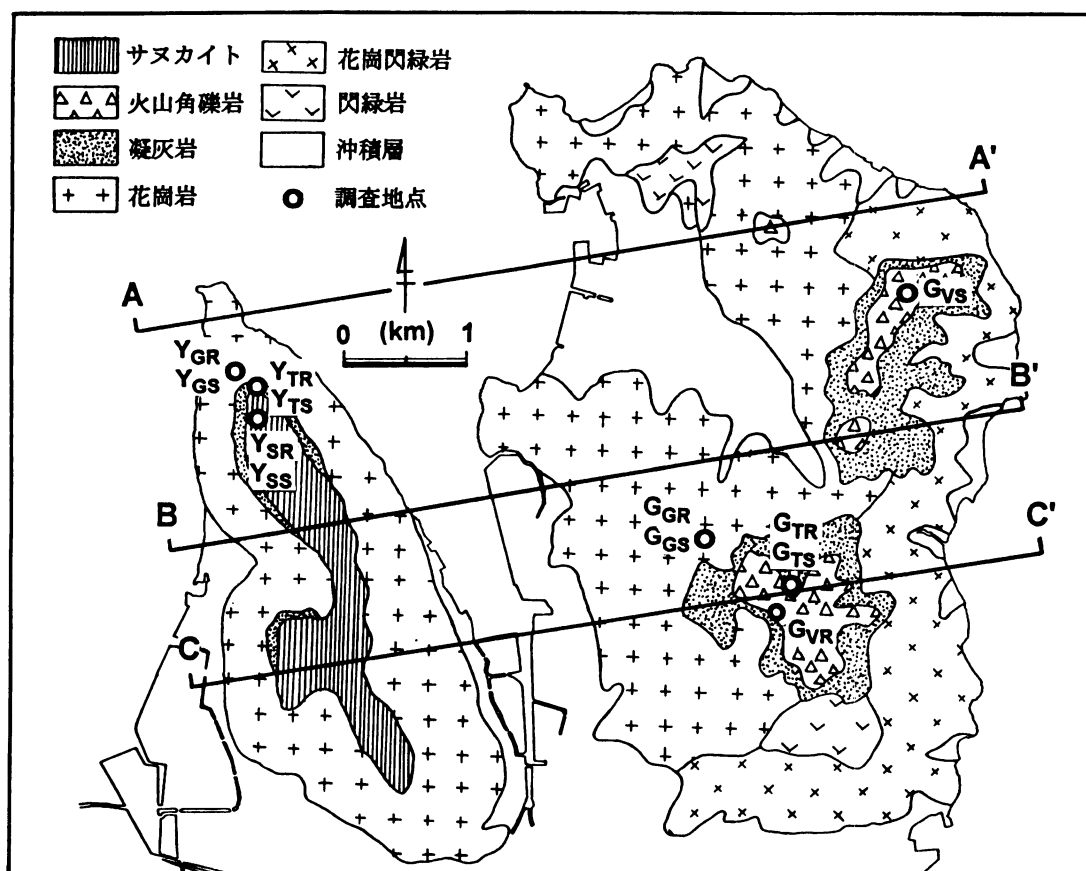
香川県・讃岐平野の北部に位置する屋島は、山頂部に広い平坦面を有する「メサ状地形」を呈している。

また、その東側に位置する五剣山（八栗山）の山頂は屏風状に切り立った「ビュート状地形」を呈している。後述するように、このような両者の地形の差異は、構成岩石の差異を反映したものであり、



第1図 調査地域の位置

\* 筑波大学第一学群自然科学類 \*\* 筑波大学地球科学系



第2図 調査地域の地質および調査地点。

佐藤 (1932) の7万5千分の1地質図「高松」を使用。

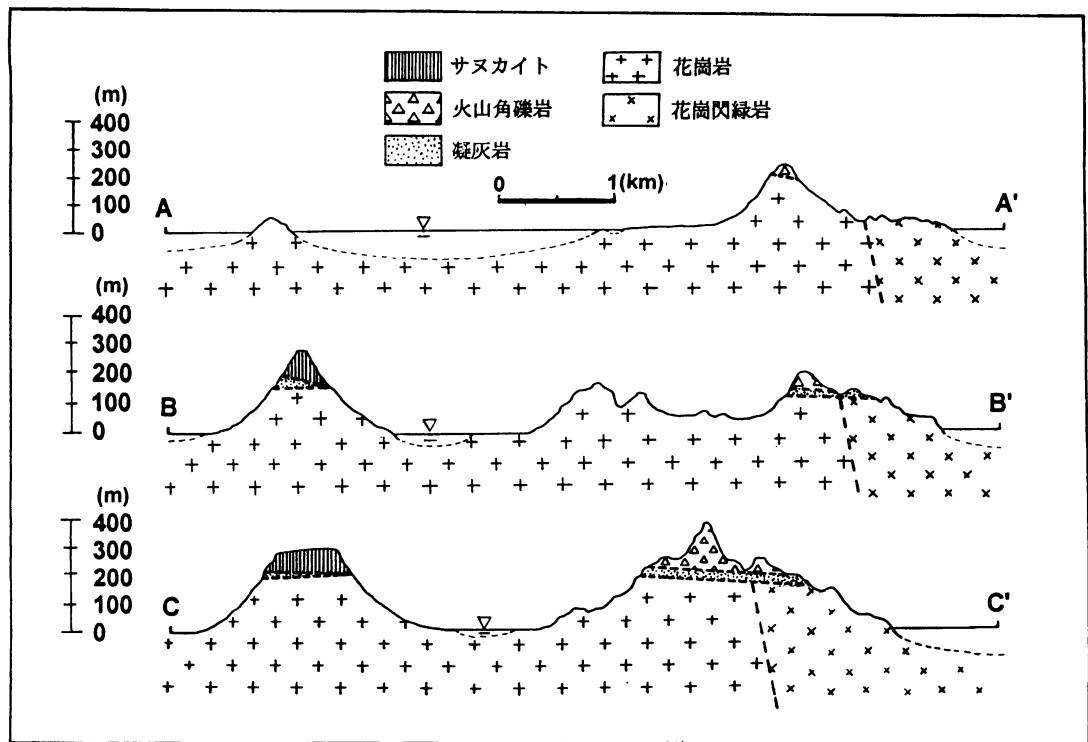
いわばロックコントロール地形である。

筆者らはここ数年、このようなロックコントロール地形を対象に、岩石の性質と侵食地形との関係を地形材料学的な立場から追求してきた (たとえば、松倉・下川, 1992; Matsukura and Nasuno, 1992; 佐藤・松倉, 1993)。しかし、研究事例が少なく、岩石物性の定量的データの少ないこともあり、一般的な結論を導くまでには至っていない。このような現状では、地形と岩石物性の定量的データを蓄積することも意味がある。そこで、本研究においては、屋島と五剣山の両地域をとりあげ、上記の研究と同様のアプローチにより、地形の差異と岩石物性の差異との関係についての調査を行い、若干の考察を試みる。

## II 岩石 (地質) と地形との対応関係

屋島 (標高 292m) と五剣山 (標高 366m) は、讃岐平野の北東部に位置する (第1図)。両地域はともに瀬戸内海に突き出た半島となっており、小さな湾をはさんで隣接している。

屋島は、山頂部が広い平坦面をもつメサ状地形を呈している。平坦面の外縁は比高が約 30m ほどのほぼ垂直な急崖になっている。崖下の周囲は、比高 200-250m の山麓斜面によって取り囲まれている。山麓斜面の上部はやや急傾斜 (35°) であるが、下部は比較的緩傾斜 (15°) であり、上部、下部ともに平滑で、開析する谷は数えるほどしか発達していない。北嶺の遊鶴亭付近の山麓 (第2図中の Y<sub>GS</sub> 地



第3図 地形・地質断面図.

断面の位置については第2図参照.

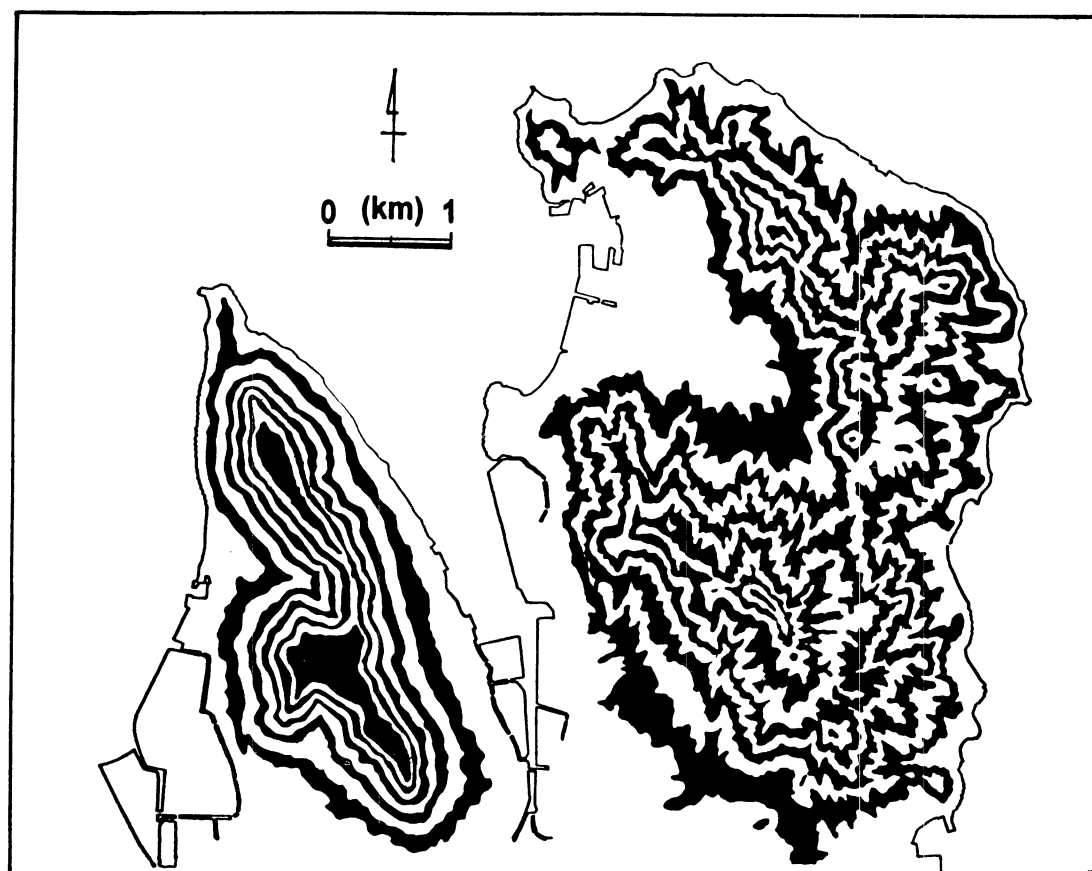
点の南側)には、幅15m、長さ100mほどの崩壊跡地がみられた。また、山麓斜面の一部は、キャップブロックの縁辺部からの崩落によるものと思われる安山岩の角礫(10-20cm程度のものが多い)によって薄く被覆されている。

一方、五剣山の地域は、屋島の山頂のような平坦面はみられない。この地域で最も高度の高い五剣山の頂部は比高80mほどの、屏風状に切り立った急崖となっており、峨峨たる山容を呈している。その周囲には、高度200-250mほどのいくつかの山体が分布する。五剣山の北西に分布する女体山(第2図中のG<sub>GR</sub>およびG<sub>GS</sub>地点付近)では、花崗岩の石切り場になっているため、人工的につくられた急崖地形が数多く認められるが、それ以外の山体では、比較的緩やかな勾配の斜面から形成され、それらは数多くの谷によって開析されている。

調査対象地域の地質図を第2図に示した。この地

域を含めて、広く讃岐平野の基盤をなしているのは、中生代白亜紀の花崗岩、花崗閃緑岩などの深成岩類(領家花崗岩類)である(河野・植田, 1966; 沓掛ほか, 1979)。その基盤の上に、中期中新世の瀬戸内火山活動で噴出した凝灰岩(厚さは20m)、火山角礫岩(厚さは最大で100m)、安山岩(厚さは約50-100m)などがのっている。特に、屋島の山頂に分布する安山岩は讃岐質安山岩(サヌカイト; 以後サヌカイトと略称する)と呼ばれているものである。

前述したような地形の特徴は、それを構成する岩質(地質)と極めて密接な関係をもっているようである。第3図の地形・地質断面図によっても明らかのように、屋島の平坦面と縁辺の垂直な急崖はサヌカイトで構成されており、五剣山の山頂付近は火山角礫岩よりなっている。両地域の山麓斜面はともに、深成岩類から構成されている。すなわち、両地域ともに、花崗岩類の上に火山岩類がキャップロックと



第4図 ゼブラマップ

2万5千分の1地形図「高松北部」「五剣山」より作成。

してのっていることになるが、そのキャップロックの主要な部分が、屋島地域ではサヌカイトであり、五剣山地域では火山角礫岩となっていることになる。

### Ⅲ 地形図上解析

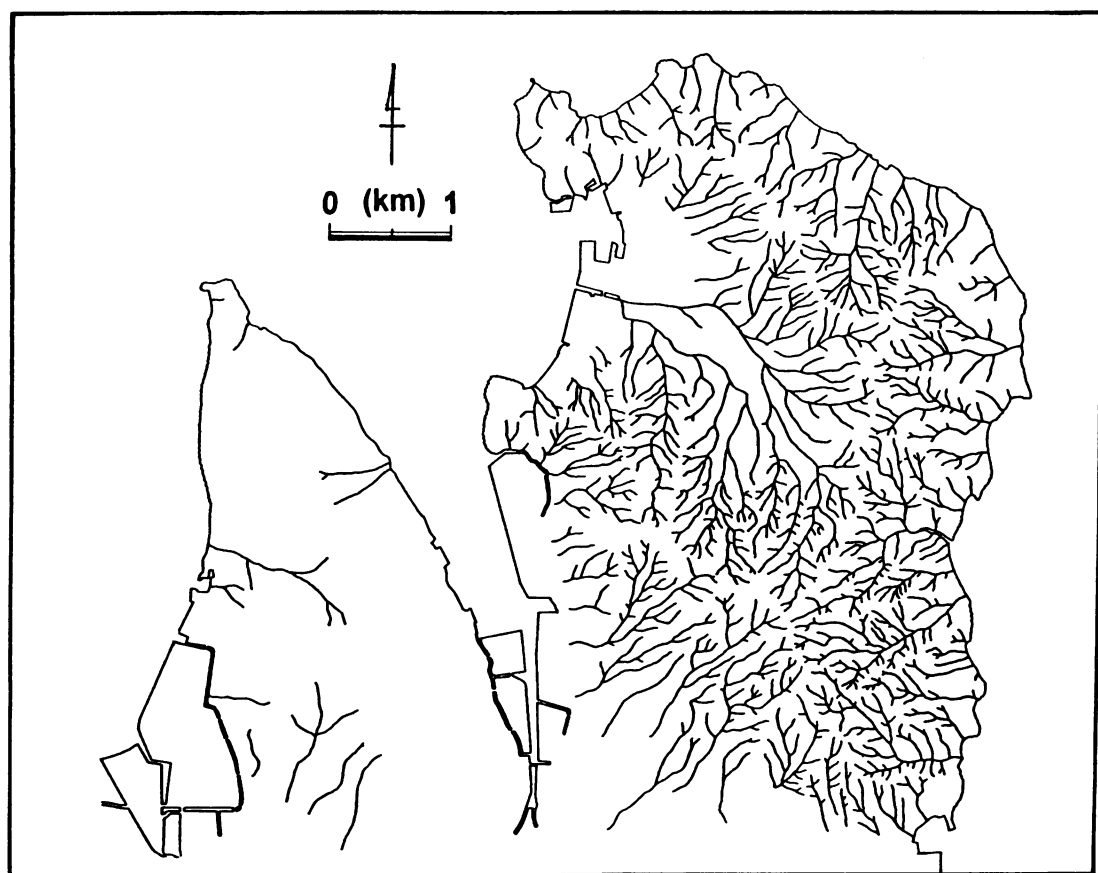
地形と岩石（地質）との関係を、より視覚的にあるいは定量的に把握するために、ゼブラマップ（第4図）、および水系図（第5図）を作成した。

ゼブラマップより、(1) 屋島の山頂が平坦であること、(2) 屋島の山麓斜面が平滑であること、(3) 五剣山の周辺地域は多数の谷によって開析されていること、などが読みとれる。(3) で指摘したことは、水系図によっても明らかである。この水系図をもと

第1表 両地域の各地形解析値

	〔屋島〕			〔五剣山〕		
	サヌカイト 地域	凝灰岩 地域	花崗岩 地域	火山角礫岩 地域	凝灰岩 地域	花崗岩類 地域
流域面積 (km <sup>2</sup> )	1.43	0.25	4.89	1.13	1.75	12.6
水系密度 (km/km <sup>2</sup> )	0.26	0.49	1.28	8.14	12.0	10.0
水系頻度 (本/km <sup>2</sup> )	5.6	11.8	4.1	107	131	89.7

に、水系密度、水系頻度の計測を行った。ここでは、岩質（地質）との対応をみるために、流域を同一の地質ごとに区分して、それぞれの値を求めた。屋島地域については、サヌカイト、凝灰岩、花崗岩の流



第5図 水系図

2万5千分の1地形図より作成。

域に区分し、五剣山地域は、火山角礫岩、凝灰岩、花崗岩類（花崗岩、花崗閃緑岩、閃緑岩の流域の水系の発達にはそれほどの違いがなかったので、これらは一括して扱った）の流域に区分した。計測結果は、第1表に示した。

屋島地域においては、サヌカイト地域の水系密度（水系頻度）は  $0.26\text{km}/\text{km}^2$  ( $5.6\text{本}/\text{km}^2$ )、凝灰岩地域で  $0.49\text{km}/\text{km}^2$  ( $11.8\text{本}/\text{km}^2$ )、花崗岩地域のそれは  $1.28\text{km}/\text{km}^2$  ( $4.1\text{本}/\text{km}^2$ ) であり、いずれも小さい値である。一方、五剣山地域においては、火山角礫岩地域で  $8.14\text{km}/\text{km}^2$  ( $107\text{本}/\text{km}^2$ )、凝灰岩地域で  $12.0\text{km}/\text{km}^2$  ( $131\text{本}/\text{km}^2$ )、花崗岩類地域で  $10.0\text{km}/\text{km}^2$  ( $89.7\text{本}/\text{km}^2$ ) といずれも  $10\text{km}/\text{km}^2$  前後の大きな値となっている。

#### IV 岩石・土層の物性調査とその結果

現地調査や室内実験を行い、それぞれの地域を構成する岩石および風化土層の物性を明らかにすることを試みた。岩石（岩盤）についての調査は岩石の新鮮な状態の物性を知るために、土層についての調査は岩石が風化した状態の物性を知るためのものである。調査地点は第2図の地質図上に記号で示した。記号の意味は、屋島での調査地点を  $Y_{ij}$ 、五剣山での調査地点を  $G_{ij}$  で表すことにする。添字の  $i$  は岩石名を表し、 $j$  はその状態を表す。 $i$  に相当する岩石の略称をそれぞれ  $s$  : サヌカイト、 $v$  : 火山角礫岩、 $r$  : 凝灰岩、 $g$  : 花崗岩とする。 $j$  に相当するものとしては  $r$  : 新鮮な岩石、 $s$  : 風化土層の

2種類とする。したがって、例えば  $Y_{SR}$  は、「屋島」の「サヌカイト」の「新鮮な岩石」の調査地点を表すことになる。

## 1. 岩石（岩盤）の物性

### 1) 露頭状況および岩盤のシュミットロックハンマー反発値

屋島のキャップロックであるサヌカイトの露頭では、岩盤の露出が目立った。岩盤には横方向の細かい節理（3～5 cmの厚さ）が入り、板状節理が良く発達をしていた。この岩盤の強度をシュミットロックハンマーを用いて計測した。計測の方法は、まず岩盤表面の一点で10回計測を行い、その平均値を一点における反発強度とした。このような計測を同一岩盤表面の数ヶ所で行い、求められた反発強度を平均したものを、その岩盤の平均強度（R値）とした。

$Y_{SR}$  周辺や屋島南嶺の露出岩盤で計測を行った結果、55.5 %というR値が得られた。

五剣山周辺地域のキャップロックである火山角礫岩（角礫は3～5 cm程度のサヌカイトからなっている）の露頭でも、岩盤の露出が目立った。岩盤表面は、マトリックスの部分が侵食を受け、角礫部分が突出をしていることが多い（写真1）。 $G_{VR}$  でのR値は42.1 %であった。

凝灰岩と花崗岩については、屋島、五剣山ともに風化土層が発達しており、比較的新鮮な岩盤が見られたのは、凝灰岩は $Y_{TR}$ にみられる人工的に掘られた洞窟、花崗岩は $G_{GR}$ 付近にある小さな沢の河床部分など、一部の地点に限られた。それぞれの地点で計測を行ったところ、凝灰岩のR値は32.0 %、花崗岩は70.0 %となった。両地域に分布する凝灰岩は中期中新世に起こった一連の火山活動によって噴出したもの（巽・石坂, 1978）であることから、屋島と五剣山の凝灰岩は、類似の物性を持っていると考えられる。また両地域の花崗類岩についても、中生代白亜紀に形成された同一の岩体で形成されていることから、比較的均質な物性を持っているものと考えられる。そこで凝灰岩、花崗岩の新鮮な岩石の物性については、 $Y_{TR}$  および  $G_{GR}$  で得られた値を、両地域に共通するものとして扱うことにする。

第2表 岩石物性一覧表

	サヌカイト ( $Y_{SR}$ )	火山角礫岩 ( $G_{VR}$ )	凝灰岩 ( $G_{TR}$ )	花崗岩 ( $G_{GR}$ )
〈物理的性質〉				
かさ密度 $\rho_d$ ( $g/cm^3$ )	2.61	—	1.91 (1.66～2.24)	2.62
真密度 $\rho_s$ ( $g/cm^3$ )	2.73	—	2.62	2.73
間隙率 $n$ (%)	4.7	—	25.6 (14.5～36.6)	4.2
〈力学的性質〉				
シュミットロック ハンマー反発値 R値 (%)	55.5	42.1	32.0	70.0
一軸圧縮強度 ( $kgf/cm^2$ )	乾 4.651 湿 3.470	—	乾 716 湿 36	乾 2.820 湿 1.710
圧裂引張強度 ( $kgf/cm^2$ )	乾 273 湿 233	—	乾 29.4 湿 8.3	乾 156 湿 124
〈鉱物組成〉				
	石英	—	石英	石英
	カリ長石	—	カリ長石	カリ長石
	斜長石	—	斜長石	斜長石
	スメクタイト	—	スメクタイト	黒雲母 カオリナイト

### 2) 新鮮な岩石の諸物性

野外で採取した新鮮な岩石試料を用いて室内試験を行い、詳しい岩石の物性を調べた。試験結果は第2表にまとめた。試験には、サヌカイトは $Y_{SR}$ で、凝灰岩と花崗岩は、それぞれ $G_{TR}$ と $G_{GR}$ で採取した試料を使用した。なお火山角礫岩は現地で適当な試料が得られず、試験は行えなかった。

岩石の物理的性質である真密度（ $\rho_s$ ）、かさ密度（ $\rho_d$ ）、間隙率（ $n$ ）を測定した結果、真密度はどの岩石も2.6～2.7  $g/cm^3$ 程度であった。かさ密度はサヌカイトと花崗岩が2.6  $g/cm^3$ 前後であったのに対し、凝灰岩では1.66～2.24  $g/cm^3$ という値を得た。間隙率については、サヌカイトは4.7 %、花崗岩は4.2 %であった。凝灰岩は14.5～36.6 %と幅のある値が得られた。サヌカイトや花崗岩と比べて凝灰岩は間隙がかなり多い。

次に、一軸圧縮試験と圧裂引張試験を行い、各岩石の強度を測定した。一軸圧縮試験には直径約1.9cm、高さ4.8cmの円柱状試料を、圧裂引張試験には直径1.9cm、高さ約1.5cmの円柱状試料をそ

第3表 岩石および風化土の化学組成

	サヌカイト (Y <sub>SR</sub> )	凝灰岩 (G <sub>TR</sub> )	花崗岩 (G <sub>GR</sub> )	サヌカイト 風化土 (Y <sub>SS</sub> )	凝灰岩 風化土 (Y <sub>TS</sub> )	花崗岩風化土 (Y <sub>GS</sub> )	(G <sub>GS</sub> )
SiO <sub>2</sub>	60.34	68.72	72.30	66.44	63.88	71.20	69.13
TiO <sub>2</sub>	1.00	0.57	0.40	1.83	0.98	0.49	0.59
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	17.00	15.25	14.43	16.91	19.70	15.03	19.56
FeO	7.71	4.51	2.93	9.57	8.04	3.79	4.31
MnO	0.11	0.08	0.06	0.62	0.05	0.08	0.05
MgO	2.75	0.96	0.62	0.93	1.22	0.65	0.99
CaO	5.89	3.70	2.64	0.93	2.42	2.32	0.99
Na <sub>2</sub> O	3.86	3.51	3.83	1.27	2.12	3.21	1.57
K <sub>2</sub> O	1.22	2.58	2.70	1.42	1.55	3.15	2.80
P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	0.12	0.12	0.09	0.06	0.03	0.10	0.01
Total (%)	100.00	100.00	100.00	99.98	99.99	100.02	100.00
珪バン比 (SiO <sub>2</sub> /Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> )	3.55	4.51	5.00	3.93	4.15	4.74	3.53

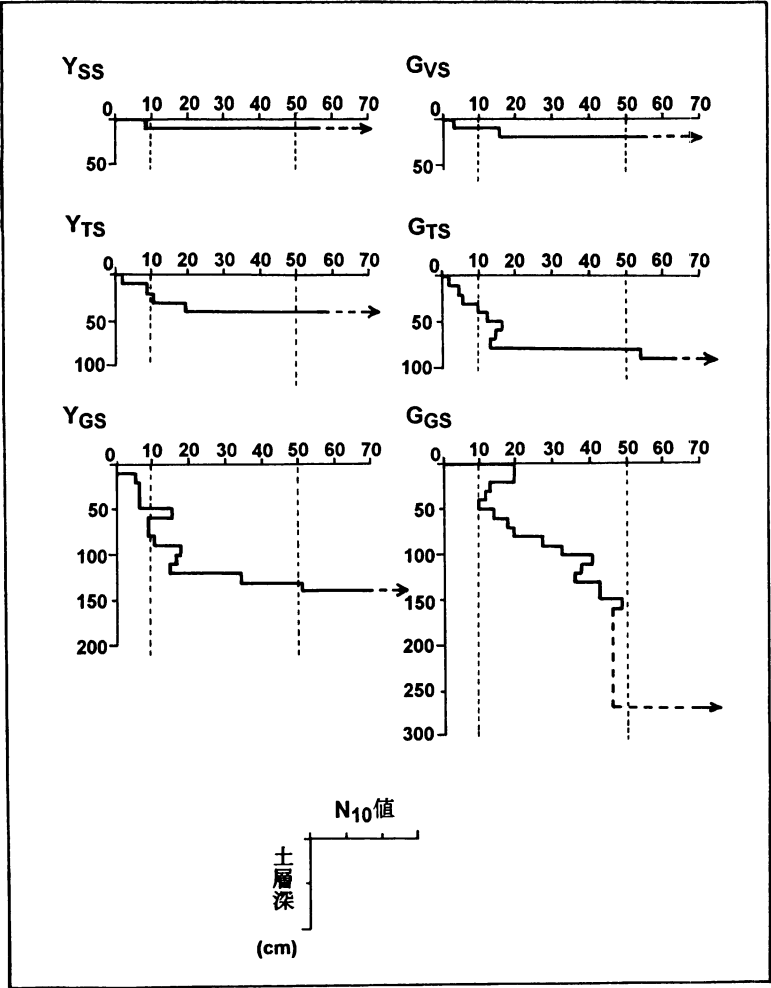
第4表 土層物性一覧表

	〔屋島〕			〔五剣山〕		
	サヌカイト 風化土層 (Y <sub>SS</sub> )	凝灰岩 風化土層 (Y <sub>TS</sub> )	花崗岩 風化土層 (Y <sub>GS</sub> )	火山角礫岩 風化土層 (G <sub>VS</sub> )	凝灰岩 風化土層 (G <sub>TS</sub> )	花崗岩類 風化土層 (G <sub>GS</sub> )
〈土層構造〉						
風化土層厚 (cm)	10	40	130	20	80	270
軟弱層: N <sub>10</sub> <10	10	20	80	10	30	50
漸移層: 10≤N <sub>10</sub> <50	0	20	50	10	50	220
〈浸透能〉						
透水係数 (×10 <sup>-3</sup> cm/sec)	6.2	4.0	4.4	1.4	1.9	0.4
〈粒度組成〉						
礫分 (%)	53	7	0	—	6	4
4.76~ (mm)						
細礫分 (%)	11	18	2	—	18	5
2.00~4.76 (mm)						
粗砂分 (%)	4	36	65	—	29	36
0.42~2.00 (mm)						
細砂分 (%)	16	26	28	—	33	54
0.074~0.42 (mm)						
シルト分 (%)	13	7	5	—	10	1
0.005~0.074 (mm)						
粘土分 (%)	2	6	0	—	4	0
~0.005 (mm)						
Total (%)	99	100	100	—	100	100
〈鉱物組成〉						
石英	石英	石英	石英	—	石英	石英
カリ長石	カリ長石	カリ長石	カリ長石	—	カリ長石	カリ長石
斜長石	斜長石	斜長石	斜長石	—	斜長石	斜長石
カオリナイト	カオリナイト	カオリナイト	黒雲母	—	黒雲母	黒雲母
		スメクタイト	クロライト	—	カオリナイト	カオリナイト
		イライト			スメクタイト	

れぞれ使用した。供試体は24時間炉乾燥させた乾燥状態のものと、炉乾燥後3日間水に浸して水分を十分に吸収させた湿潤状態のものをつくり、それぞれの状態での強度を測定した。各岩石ごとに4～5ヶの供試体を用いて試験を行った結果、一軸圧縮強度の平均値は、サヌカイトが乾燥状態で4,651 kgf/cm<sup>2</sup>、湿潤状態で3,470 kgf/cm<sup>2</sup>であった。花崗岩は乾燥状態で2,820 kgf/cm<sup>2</sup>、湿潤状態で1,710 kgf/cm<sup>2</sup>であった。凝灰岩は乾燥状態で716 kgf/cm<sup>2</sup>、湿潤状態では36 kgf/cm<sup>2</sup>と強度が著しく低下した。圧裂引張強度も、サヌカイト、花崗岩の強度が大きく、凝灰岩は小さい、という同様の傾向

を示した。

鉱物学的性質としてX線回折による岩石の鉱物組成を調べた。サヌカイトには石英、カリ長石、斜長石、ス멕タイトが、凝灰岩には石英、カリ長石、斜長石、ス멕タイトが、そして花崗岩には石英、カリ長石、斜長石、黒雲母、カオリナイトが含まれていた。また蛍光X線解析を行い、岩石の化学組成を調べた。その結果は第3表に示した。蛍光X線解析の結果を用いて、SiO<sub>2</sub>とAl<sub>2</sub>O<sub>3</sub>の重量百分率の比をとった珪バン比（SiO<sub>2</sub>/Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>）を求めると、サヌカイトは3.55、凝灰岩は4.51、花崗岩は5.00となった。



第6図 貫入試験の結果



## 2. 風化土層の構造およびその物性

### 1) 土層構造

各岩域の風化土層の構造を明らかにするために、貫入試験を行った。試験には土研式簡易貫入試験器を使用した。N<sub>10</sub> 値による土層の区分方法は飯田・奥西 (1979) に従い、N<sub>10</sub> < 10 の層を軟弱層、10 ≤ N<sub>10</sub> < 50 の層を漸移層、N<sub>10</sub> ≥ 50 の層を基岩層とした。さらに本研究では、N<sub>10</sub> < 50 の層 (軟弱層と漸移層をあわせて) を風化土層と呼ぶことにする。貫入試験の結果は第 6 図および第 4 表に示した。

サヌカイトの分布する Y<sub>SS</sub> 地点での風化土層の厚さは約 10cm と非常に薄い。火山角礫岩地域の G<sub>VS</sub> 地点においても、その風化土層厚は約 20cm (軟弱層 10cm, 漸移層 10cm) と非常に薄い。次に、屋島と五剣山の凝灰岩地域の風化土層厚を比較すると、屋島 (Y<sub>TS</sub>) では約 40cm (軟弱層 20cm, 漸移層 20cm) であるのに対し、五剣山 (G<sub>TS</sub>) では、その 2 倍の厚さの約 80cm (軟弱層 30cm, 漸移層 50cm) の風化土層が発達している。同じように花崗岩地域の風化土層厚を比較すると、屋島 (Y<sub>GS</sub>) では約 130cm であるのに対し、五剣山 (G<sub>GS</sub>) では約 270cm と、屋島の約 2 倍の厚さにまで風化土層が発達しているという違いが見られた。また Y<sub>GS</sub> と G<sub>GS</sub> の土層構造を比べると、Y<sub>GS</sub> では軟弱層の方が厚く発達し、N<sub>10</sub> 値が 10 前後の比較的軟らかい土層が基岩近くまで発達している。それに対して、G<sub>GS</sub> では Y<sub>GS</sub> の土層構造とは逆に、軟弱層よりも漸移層の占める割合が多い、という違いがみられた。

貫入試験の結果をまとめると、以下ようになる。

(1) サヌカイト地域と火山角礫岩地域では風化土層厚が 10cm あるいは 20cm と、他の岩石の風化土層と比較して薄い。(2) 屋島と五剣山の凝灰岩地域と花崗岩類地域を比較すると、五剣山地域の方が約 2 倍厚く風化土層が発達している。

### 2) 浸透能

各風化土層の透水性を知るため、現地で浸透能試験を行った。試験は佐藤・松倉 (1993) と同じ方法で行った。結果は第 4 表にまとめた。屋島においては、サヌカイト風化土層 (測定地点は Y<sub>SS</sub>; 第 2 図参照) で  $6.2 \times 10^{-3}$  cm/sec, 凝灰岩風化土層 (Y<sub>TS</sub>)

で  $4.0 \times 10^{-3}$  cm/sec, 花崗岩風化土層 (Y<sub>GS</sub>) で  $4.4 \times 10^{-3}$  cm/sec という透水係数が得られた。五剣山では火山角礫岩風化土層 (G<sub>VS</sub>) で  $1.4 \times 10^{-3}$  cm/sec, 凝灰岩風化土層 (G<sub>TS</sub>) で  $1.9 \times 10^{-3}$  cm/sec, 花崗岩風化土層 (G<sub>GS</sub>) で  $4.0 \times 10^{-4}$  cm/sec という値が得られた。いずれの岩石においても、屋島の風化土層の方が五剣山のそれに比べて若干、透水性が良いことが分かった。

### 3) 粒度組成

各岩域で風化土層 (サヌカイト風化土層の試料は 0 ~ 10cm の深さから採取し、他の風化土層の試料はいずれも深さ 50cm 程度のところから採取した) の土粒子の粒度分布を調べた。粒度試験はフルイ分けと比重浮ヒヨウによる粒度測定を併用して行った。結果は第 4 表にまとめた。

サヌカイト風化土 (試料の採取地点は Y<sub>SS</sub>) は、粒径が 4.76mm 以上の礫分が全体の 53 % を占めている。礫の大部分は角礫であり、最大で 5 cm 程度のもものも含まれている。屋島 (Y<sub>TS</sub>) と五剣山 (G<sub>TS</sub>) の凝灰岩風化土の粒径 0.42mm 以下の細粒分の重量百分率を比較すると、屋島では全体の 39 % であるのに対し、五剣山では 47 % を占めていた。花崗岩風化土についても同様の比較を行うと、屋島 (Y<sub>GS</sub>) では 33 %, 五剣山 (G<sub>GS</sub>) では 45 % となり、凝灰岩風化土と同様に、五剣山の方が屋島に比べて細粒分が多い。

### 4) 土層の鉱物組成および化学組成

新鮮な岩石試料と同様に、風化土についても X 線回折と蛍光 X 線解析を行った。用いた試料は粒度組成を調べたものと同一のものである。その結果はそれぞれ第 4 表および第 3 表に示した。鉱物組成については、いずれの岩石においても、新鮮な岩石の結果と比較してカオリナイトの回折ピークの増大がみられる。また、風化土の珪バン比は、サヌカイトにおいては 3.93, 屋島の凝灰岩 (Y<sub>TS</sub>) においては 4.15, 花崗岩においては屋島 (Y<sub>GS</sub>) で 4.74, 五剣山 (G<sub>GS</sub>) で 3.53 となった。

#### Ⅳ 考察およびまとめ

##### 1. キャップロックにおける地形形成プロセス

屋島の山頂部を覆うサヌカイトは、強度試験の結果から分かるように、非常に強度の大きい岩石である。一般に強度の大きい岩石は水の侵食作用に対して強い抵抗性を持っていると言われていたが、屋島のサヌカイトも同様に、侵食を受けにくいと考えることができる。また貫入試験を行った結果、サヌカイト地域では風化土層がほとんど発達していない。他の岩石の風化土層厚と比較してみても、サヌカイトの風化速度は遅い、と考えることができる。したがって、サヌカイトが風化を受けにくく、風化土層が発達しにくいいため、屋島の山頂部は侵食を受けることなく平坦な地形を保持していると考えられる。

それに対して、五剣山の山頂部を覆う火山角礫岩については、岩石試料が採取できず、その物性を知ることではできなかった。そこで、この岩域の地形については現地での露頭の観察をもとに考察を行う。



写真1 五剣山の山頂部 (Gvr 地点; 第2図参照)  
にみられる火山角礫岩の露頭。  
全体の礫の大きさは約 100×60cm

写真1は五剣山に見られる火山角礫岩の露頭である。この岩石は安山岩の角礫と細粒なマトリックスで構成されている。写真からマトリックス部分が侵食され角礫部分が突出しているのが分かる。これは侵食に対する抵抗力の小さいマトリックス部分が、抵抗力の大きい角礫部分よりも強く侵食を受けたためであると考えられる。松倉・下川 (1992) は、妙義山を構成する凝灰角礫岩にみられる同様の侵食作用が、岩石全体の強度を低下させ、同岩域において

深い谷が刻まれ、起伏の激しい地形が形成される要因であると述べている。五剣山の火山角礫岩がこの凝灰角礫岩と同じ挙動をするとすれば (両者は類似した岩相をしているので)、五剣山の火山角礫岩地域の谷が発達した地形は、このような岩質の侵食特性が反映したものだと考えることができる。

##### 2. 山麓の地形および地形形成プロセス

Ⅲで行った地形解析の結果は、屋島の山麓斜面はほぼ平滑で、開析する谷の数が少ないのに対して、五剣山地域の山麓斜面は多数の谷で開析されていることを示している。物性試験を行ったところ、屋島と五剣山の山麓地域に共通して分布する凝灰岩、花崗岩の風化土の土層構造やその物性には、両地域で大きな違いがみられた。(1) 貫入試験の結果、五剣山地域の風化土層は屋島のそれの約2倍も厚く発達している。(2) 風化土の粒度組成においては、凝灰岩、花崗岩の風化土の両者ともに、五剣山の方が屋島よりも細かい土粒子で構成されている。(3) 珪パン比が風化進行度の示標 (値が小さいほど風化が進んでいる) に用いられることから、各々の岩石試料や風化土の珪パン比を比べてみたところ、花崗岩については、屋島の風化土で4.74、五剣山の風化土では3.53という値となった (新鮮な花崗岩試料の珪パン比は5.00である)。これらのことを総合して考えると、五剣山地域においては凝灰岩・花崗岩ともに、屋島のそれらより風化がよく進んでいると解釈できる。両地域の山麓斜面の谷の開析程度の差異と、この風化進行度の差異とは、以下のように密接に関係しているものと考えられる。

屋島の花崗岩と凝灰岩の土層構造を詳細にみると、屋島の花崗岩風化土層では  $N_{10}$  値が10前後の軟弱な層が1m近く発達しており (凝灰岩の風化土層でも同様の傾向が見られる)、漸移層は薄く基岩との境界が明瞭である。このような土層構造は、表層崩壊が起こる斜面に一般にみられるものである (例えば、田中・沖村, 1976; 飯田・奥西, 1979; Matsukura and Tanaka 1983)。さらに、屋島北嶺の花崗岩斜面で崩壊跡地が観察されていることを考え合わせると、屋島山麓の斜面形成には表層崩壊が関与していると考えることができる。山麓部の凝

灰岩や花崗岩の地域で、表層崩壊による斜面後退がキャップロック下部まで進むと、下方の支えを無くした山頂部のサヌカイト層の外縁部分がトップリングなどにより崩落することになる。このような崩落物質が、花崗岩斜面を薄く被覆したり（現実に山麓上部の斜面上ではサヌカイトの岩屑が散見される）、谷を埋めたりして、現在見られるような平滑な斜面を形成しているのであろう。またサヌカイトの岩屑が斜面表層を覆うことによって、山麓斜面の花崗岩や凝灰岩の風化を起こりにくくさせていると考えられる。

一方、五剣山の山麓斜面を構成する花崗岩類と凝灰岩の地域では、風化土層が厚く発達しており、風化作用が深層にまで及んでいる。また、その土層構造をみると、花崗岩類地域では、軟弱層が薄く、漸移層は厚く発達している（たとえば、G<sub>GS</sub> 地点）。この軟弱層が薄い理由として、軟弱層の部分が流水による侵食によって徐々に取り除かれていることが考えられる。五剣山の山麓斜面では、谷密度が大きく水流による侵食作用が卓越しており、表層に軟弱層が発達しても侵食によって剥ぎ取られる。しかし、その下位には漸移層が厚く発達しているため、この漸移層が地表面に現れると、侵食を受けやすい軟弱な土層が比較的速やかに形成されるのであろう。五剣山の山麓部では、このような風化・侵食が繰り返された結果、起伏の激しい地形が形成されていると考えられる。

### 3. まとめ

屋島と五剣山の地形で大きく異なっている点は、水系図やゼブラマップで表されるように、五剣山地域では谷が多く、屋島では谷がほとんどみられないということである。この異なる地形の形成に、両地域のキャップロックの風化・侵食に対する抵抗性の違いが影響していると解釈した。いくつかの岩石物性を計測したとはいえ、本研究ではデータの不足があったり、計測結果の全てを解釈に生かすことができず（例えば、浸透能の調査結果など）、定性的な一つの解釈を示したにすぎない。両地域のキャップロック（サヌカイトと火山角礫岩）の風化・侵食に対する抵抗性に関する、より定量的な研究をするこ

とが、今後の課題である。

### 謝 辞

現地調査にあたっては、戸田真夏技官（現、立正大学・助手）、大学院の廣瀬 孝、学群学生の酒井裕晃、寺田憲一、中野彰夫の皆様から献身的な協力を頂きました。さらに農林水産省熱帯農業研究センターの八田珠郎博士には、X線回折および蛍光X線解析の際、たいへん御世話になりました。以上の方々 に心より感謝致します。本研究の一部には、文部省科学研究費補助金（一般B、課題番号:05452340）を使用した。

### 文 献

- 飯田智之・奥西一夫（1979）：風化表層土の崩壊による斜面発達について。地理評，**52**，426－438。
- 杵掛俊夫・端山好和・本間弘次・政岡邦夫・宮川邦彦・仲井 豊・山田哲雄・吉田 勝（1979）：小豆島および讃岐東部の領家帯。地質学論集，**17**，47－68。
- 河野義礼・植田良夫（1966）：本邦産火成岩の K-Ar dating（V）—西南日本の花こう岩類—。岩鉱，**56**，191－211。
- 佐藤源郎（1932）：7万5千分の1地質図幅「高松」および同説明書。地質調査所，1－56。
- 佐藤宏昭・松倉公憲（1993）：南房総・鋸山の地形と岩石物性。筑波大学水理実験センター報告，**18**，105－115。
- 巽 好幸・石坂恭一（1978）：香川県屋島産 Sanukitoid の K-Ar 年代—瀬戸内火山岩類の年代測定，その2—。岩鉱，**73**，355－358。
- 田中 茂・沖村 孝（1976）：自然斜面の土層構造と山崩れ深さの関係について。第13回自然災害シンポジウム講演集，237－238。
- 松倉公憲・下川健司（1992）：妙義山・朝日岳南斜面の地形と岩石物性。筑波大学水理実験センター報告，**16**，107－118。
- Matsukura, Y. and Nasuno, I. (1992): Rock-landform relations in Nantai-san area, northwestern part of Ibaraki Prefecture, *Ann. Rep. Inst. Geosci.*

*Univ. Tsukuba*, **18**, 33–38.

Matsukura, Y. and Tanaka, Y. (1983) : Stability  
analysis for soil slips of two grass-slopes in

southern Abukuma Mountains, Japan. *Trans.*  
*Japan. Geomorph. Union*, **4**, 229–239.