

## 福岡県西方沖地震における花崗岩斜面の崩壊

### Granite slope landslides caused by 2005 Fukuoka-Ken Seiho-Oki Earthquake

矢野 健二\*, 長谷川怜思\*\*, 東谷 謙\*\*\*  
日本応用地質学会九州支部地震ワーキンググループ\*\*\*\*  
Kenji YANO, Satoshi HASEGAWA, Ken HIGASHIDANI  
and Earthquake Working Group of JSEG Kyushu Branch

#### Abstract

The 2005 Fukuoka-Ken Seiho-Oki Earthquake occurred on 20th March 2005. Houses, roads and harbor equipment were damaged due to many landslides induced by the earthquake at the Genkai and Shika islands near the hypocenter. In this study we compare the characteristics of the earthquake-induced landslides in the Genkai and Shika island with another landslide that also occurred in Fukuoka but genetically induced by heavy rains in July 2003. The geology of two locations is similar, in which they have the same granite bedrock (Mesozoic).

From our study, we recognize several important aspects that differentiating these two types of landslide generation. These include the original generation part of the landslide, the weathering level of the failed slope, the scale of landslide, and the moving distance of colluvial deposits. The landslide induced by heavy rain in year 2003 was characterized by generally the small scale of landslide, the deep weathering level of the failed slope, and a far movement of associated colluvial deposits. On the other hand, the landslide induced by earthquake in the Genkai and Shika island in March 2005 was exceptionally large in scale, but the moving of colluvial deposits was limited, and locations of landslide are not necessarily associated with a deep weathering zone. Therefore geological features are the primary generation factor of March 2005 landslide, and the direction of the earthquake vibration is the same as the direction of slope inclination.

As a slope landslide is easily causing huge loss of materials and life, the characteristics of landslides on natural slopes due to earthquakes should be further investigated as part of the earthquake disaster prevention program.

**Keywords :** 2005 Fukuoka-Ken Seiho-Oki Earthquake, Shika island, Genkai island, landslide

**キーワード :** 福岡県西方沖地震, 志賀島, 玄界島, 斜面崩壊

#### 1. はじめに

2005年3月20日に発生した福岡県西方沖地震では、震源に近い玄界島、志賀島で斜面崩壊が多発し、住宅や道

路、港湾施設で多くの被害が生じた。

日本応用地質学会九州支部地震ワーキンググループでは福岡県西方沖地震による斜面崩壊を記録するために2005年5月～12月にかけて、志賀島及び玄界島においてカルテ方式による調査を行った。その結果を整理し、2003年7月に福岡県北部の三郡山塊で発生した豪雨による山腹崩壊・土石流災害での花崗岩斜面の崩壊形態と比較し、地質構造や地震動との関係を考察する。また、志賀島で発生した大規模な斜面崩壊の要因について考察する。

\* 株式会社ジオテック技術士事務所 Geological Technology Research Co.,Ltd

\*\* 八千代エンジニアリング株式会社  
YACHIYO ENGINEERING Co.,Ltd

\*\*\* サンコーコンサルタント株式会社  
SANCOH CONSULTANTS Co.,Ltd

\*\*\*\* 日本応用地質学会九州支部 JSEG Kyushu Branch

なお、本稿は日本応用地質学会平成17年研究発表会にて発表した研究発表論文を修正加筆しとりまとめたものである。

## 2. 志賀島・玄界島の概要

### 2.1 志賀島

#### 1) 地形概要

志賀島は博多湾の北西に位置し、余震域の南東端にあたる。島は長径約3.5km、短径約2kmの北北西—南南東方向に長い楕円形を示す。その大部分は緩傾斜を示す標高50~150mの小起伏山地~丘陵地である。一方東側海岸のみは海食崖よりなり、急斜面が連続する。低地は島の北西側、南東側の狭い範囲にのみ分布する。

#### 2) 地質概要

島の大部分は深成岩類により構成されている。深成岩類は中生代白亜紀の中~粗粒の志賀島花崗閃緑岩を主体とし斑レイ岩、閃緑岩およびトータル岩を伴う。これらの深成岩類を覆って、島の北西側や南東側では第四紀の砂層が分布する<sup>1)</sup>。

### 2.2 玄界島

#### 1) 地形概要

玄界島は福岡市北西方の玄界灘に位置し、本震の震央からみて南東約10kmにあたる。島の形状は長径約3km、最大幅約2kmの北北西—南南東方向に長い楕円形を示す。島の南側斜面は比較的緩やかであり、集落が形成されている。一方、北側斜面は海岸付近から標高200mの頂上付近まで海食崖よりなり、急斜面が連続する。頂上付近はほぼ平坦な斜面となっている。

#### 2) 地質概要

島の大部分は白亜紀の花崗閃緑岩と新第三紀の玄武岩より構成される。標高130~140m付近よりも低い位置には花崗閃緑岩が分布しており、それよりも高い頂上付近には花崗閃緑岩を覆って玄武岩が分布する<sup>1)</sup>。

## 3. 地震の概要

福岡県西方沖地震は2005年3月20日午前10時53分頃、福岡市の北西約40km、深さ9kmを震源として発生した。地震の震央は33.9°N、130.2°Eで、地震の規模はマグニチュードM=7.0、モーメントマグニチュードMw=6.4~6.6である<sup>2)</sup>。

また、本震発生後も余震が続き、4月20日にはM5.8の最大余震が発生している(図-1)。余震分布は福岡市東区の志賀島から玄界島の北東約20km付近まで、N55°~60°W方向に約30km伸びており、深さは18km以浅である。

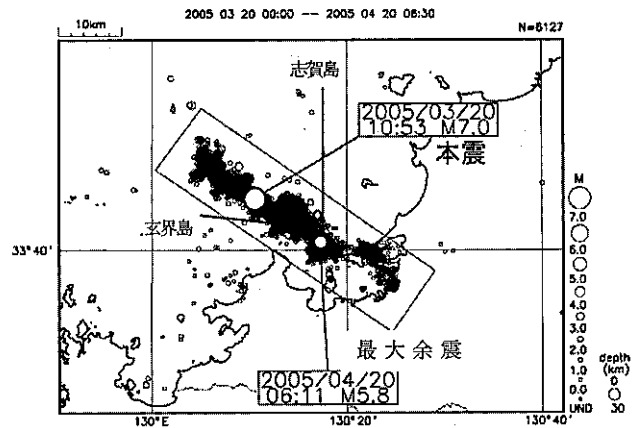


図-1 本震発生後の余震分布(気象庁<sup>2)</sup>)

## 4. 調査方法

斜面崩壊の特徴を把握・記録することを目的に、志賀島、玄界島でカルテ方式の調査を実施した。玄界島では玄武岩の分布地域でも崩壊が多発しているが、ここでは花崗岩類からなる三郡山塊で2003年7月19日の豪雨時に発生した斜面崩壊との比較を行うことを目的としたため、調査は花崗岩斜面で生じた崩壊を対象とした。

カルテには崩壊発生の要因として考えられる項目を挙げ、現地調査ではこれらの項目について記録するとともに

表-1 花崗岩の風化分帯

風化分帯	野外での特徴	対比
マサB	全般に風化が進み、長石及び有色鉱物は粘土化した状態にある。いわゆる粘土質マサで、軽く握ると塊となる。岩組織は認めにくい。ハンマーのピックが容易に数cm貫入する。	DL
マサA	全般に風化が進むが、粘土~シルト分はマサBに比べて少ない。いわゆる砂質マサで、軽く手で握っても塊とはならない。岩組織は不明瞭で、ハンマーの軽打で容易に砂状に崩れる。	DM
風化花崗岩B	風化が進んでいるが、マサA、Bに比べてかなり固結した状態で岩組織や節理は明瞭である。いわゆる鬼マサ状で、粘土分はほとんどなく、ハンマーで軽打すると砂状に分解し、岩塊とはならない。ピックはほとんど貫入しない。	DH
風化花崗岩A	長石や有色鉱物は風化しているが、岩組織は明瞭である。節理面もはっきりし、岩盤としての性質が強い。岩片は硬く割れ目が多くても、ハンマーの軽打で粉碎できない。	CL
花崗岩	有色鉱物の周辺に弱い風化が認められるが、全般に概ね新鮮な岩盤である。ハンマーの中程度の打撃では容易に割れない。	CM以上

に、写真撮影、スケッチ、崩壊状況の記載を行った。  
 なお、風化帯については木宮<sup>2)</sup>、土質工学会<sup>4)</sup>の文献を参考に、以下の基準を用いた。

5. 斜面崩壊の特徴

5.1 志賀島・玄界島の崩壊地の一般性状

志賀島では南東部に大規模崩壊が1カ所ある他はいずれも崩壊土量500m<sup>3</sup>未満の小規模の崩壊である。玄界島では北半部に崩壊が多い傾向が見える他、標高の高い玄武岩斜面にも崩壊が多く見られる。

志賀島及び玄界島において、地震により生じた花崗岩斜面の崩壊地28箇所の崩壊諸量は以下の通りである。

1) 崩壊深度と崩壊土量

崩壊深度は1.5m未満の崩壊が全28例中18箇所、3m未満のものを含めると28箇所中25例となり、浅い崩壊が主体である(図-2)。

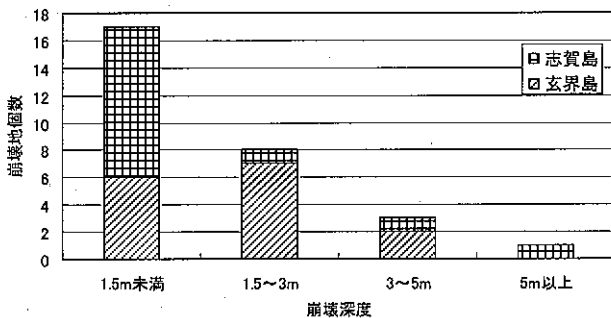


図-2 崩壊深度の分布

崩壊深度3m以上は玄界島の2例、志賀島の1例であるが、これも崩壊深度は3mであるため、崩壊深度が3mをこえるものは志賀島の大規模崩壊地の1例だけである。なお、崩壊規模が大きい志賀島の1例については7章で詳細に述べる。

崩壊土量については、図-3に示す。崩壊土量は500m<sup>3</sup>未満のものが28例中24箇所、100m<sup>3</sup>未満の極小規模のに限れば18箇所を占める。1,000m<sup>3</sup>を超えるものは、志賀島の大規模崩壊地以外には見られない。

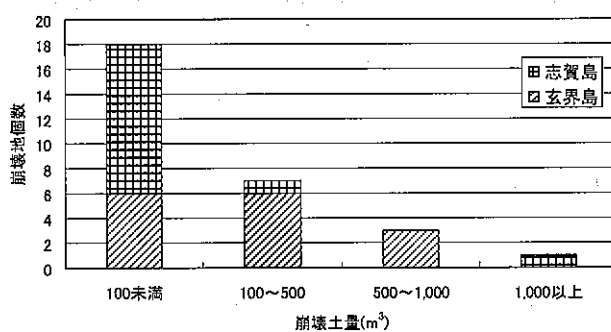


図-3 崩壊土量の頻度分布

両地区の比較では、志賀島の方がより小規模のものが多。これは志賀島の崩壊のほとんどが小起伏山地内の斜面裾部で発生したものであることに起因している。

2) 遷急線・遷緩線との位置関係

玄界島では、海岸線付近のトップリング崩壊を除けば、全ての崩壊が遷急線直下ないし下方斜面で発生している。

志賀島の崩壊は全て遷急線直下ないし下方斜面で発生している。

3) 斜面走向方向

崩壊斜面の走向方向は図-4に示したとおりであり、志賀島では概ねNE方向が多く、大規模崩壊地はNNW方向を示す。一方玄界島ではNW~NNW方向が卓越している。ただ、全体としては系統性はみられない。

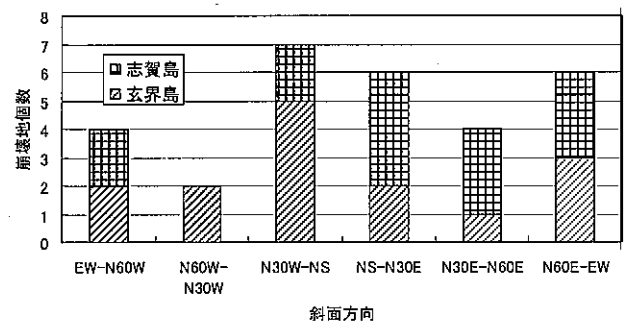


図-4 崩壊斜面の走向方向

4) 崩壊地の地盤

崩壊地の地質条件では崩壊がどのような地層で、どのような風化条件で発生したか、また地質構造的な要因があるのかどうか重要となる。今回は花崗岩が分布する斜面の崩壊を対象としているため、風化状態に着目し、崩壊地の地盤を表-1の区分で分類し、図-5に示した。

マサB、マサA、風化花崗岩Bでの崩壊は厚さ数m程度の強風化層が地震の震動を受けることでバランスを崩し表層崩壊に至ったものである。一方、風化花崗岩Aや花崗岩(新鮮岩盤)で崩壊している事例では、志賀島での1例を除き、分離面によりブロック化した岩塊がトップリング崩壊したものである。志賀島の1例では、背面

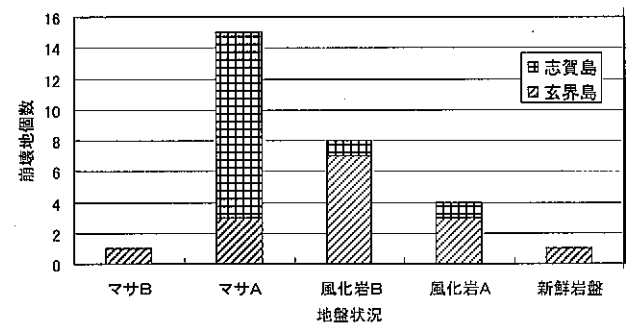


図-5 崩壊地の地盤状況

に存在する高角度の亀裂が崩壊に強く関与している（7章に詳述する）。いずれも地質構造的要因が強いものである。志賀島ではマサAや風化花崗岩Bでの崩壊が圧倒的に多い。玄界島ではマサB、マサA、風化花崗岩Bでの崩壊が多いが、風化花崗岩Aや花崗岩（新鮮岩盤）での崩壊事例もある。両地区での違いについて、志賀島は東海岸を除き、島の大半が小起伏山地～丘陵地で、玄界島に比べ花崗岩の風化層の厚い斜面が広く分布することが考えられる。

5) 湧水

28箇所の崩壊地では湧水は全く見られなかった。また、掃流の発生もなく、崩積土は概ね滑落崖直下に堆積している。つまり、極めてドライな状態で崩壊を生じているといえる。

5.2 地震による崩壊地の特徴

志賀島・玄界島に見られる地震による崩壊地の特徴は以下のとおりである。

- ①崩壊深度3m未満、崩壊土量500m<sup>3</sup>未満の、小規模の崩壊が多い
- ②遷急線下方斜面での崩壊である。
- ③風化層（マサAや風化花崗岩B）の崩壊が主体であるが、比較的硬質の岩盤部でもトップリングによる崩壊が発生している。
- ④湧水痕跡は見られず、ドライな状態で崩壊している（移動距離は短い）。

なお、以下の点については、志賀島と玄界島とで異なった傾向を示している。

- ①志賀島では特に崩壊土量100m<sup>3</sup>未満の、小規模の崩壊が多い。
- ②両地区ともに風化層（マサAや風化花崗岩B）の崩壊がほとんどであるが、志賀島で特にその傾向は強い。玄界島では地質構造に起因する崩壊も発生している。

6 降雨時の斜面崩壊との相違点

花崗岩からなる三郡山塊で2003年7月19日の豪雨時に発生した山腹崩壊・土石流災害について、崩壊の特徴が次のようにまとめられている<sup>9)</sup>。

- ①崩壊はマサ化の厚くなる山腹で発生したものが大半で、地形的には遷急線付近やその上方斜面にあたり、湧水痕跡が明瞭なものが多い。時に土石流に移行している。
- ②ほとんどの崩壊は風化花崗岩BとマサBの境界付近で発生しており、小規模で浅い崩壊が大半である（マサAは未発達である）。崩壊深度1.5m以下が79/

90例、崩壊土量400m<sup>3</sup>以下が74/84例を占める。

- ③1,000m<sup>3</sup>以上の崩壊土量を示すものは5/84例に過ぎず、14,000m<sup>3</sup>の一例を除くと他は3,000m<sup>3</sup>以下である。しかし、これらは断層や変質帯などの弱面が絡んだ地質構造的背景を伴った風化岩崩壊で、マサの崩壊とは明らかに異なる。

以上が豪雨時の三郡山塊の花崗岩斜面における崩壊の特徴であり、地震時における志賀島・玄界島の花崗岩斜面の崩壊特性とはいくつかの点で異同が見られる。表-2にこれらを整理する。

表-2 豪雨時と地震時の花崗岩斜面崩壊形態の比較

項目	豪雨時	地震時
発生箇所	遷急線付近やその上方斜面	遷急線より下方斜面
崩壊規模	共に小規模崩壊が多い	
崩壊形態	マサの崩壊	マサの崩壊主体、新鮮な硬質岩盤でも崩壊
移動距離	湧水痕跡有り、時に土石流に移行	湧水痕跡なく、崩積土は滑落崖直下に堆積

- ①発生箇所  
豪雨時の斜面崩壊は遷急線付近やその上方斜面で発生しているが、地震による崩壊では遷急線より下方斜面での崩壊が主体である。
- ②規模  
崩壊深1.5m未満、崩壊土量500m<sup>3</sup>未満の小規模な崩壊地が多い点は共通する。
- ③崩壊形態  
地震による崩壊の場合、マサの崩壊だけでなく、新鮮な硬質岩盤でも崩壊を生じている。これは節理等の不連続面を介したトップリング型の崩壊であり、豪雨時の花崗岩斜面では見られない崩壊である。
- ④移動距離  
地震時の崩壊では湧水痕跡は見られず、ドライな状態で崩壊が発生したと考えられる。このため、土石流を誘発することはなく、崩積土は滑落崖直下に堆積している。

7. 志賀島大規模崩壊と地形・地質構造、地震動との関係

志賀島の崩壊土量100,000m<sup>3</sup>を超える崩壊地の特性を記載すると共に、崩壊の要因について考察する。

7.1 崩壊の特徴

崩壊地の平面図を図-6に、模式断面図を図-7に示す。斜面走向はN10°～N20°Wで、いくつかの小ブロックに分かれるが、全体で幅約350m、高さ約80mに及ぶ。崩壊頂部では高さ約10mの滑落崖を形成し、滑落崖より下方の斜面勾配は約35°～40°で、崩積土塊が堆積して

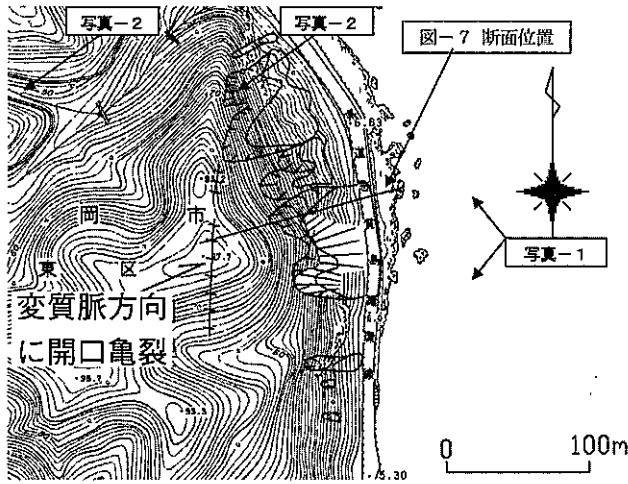


図-6 志賀島大規模崩壊地位置図

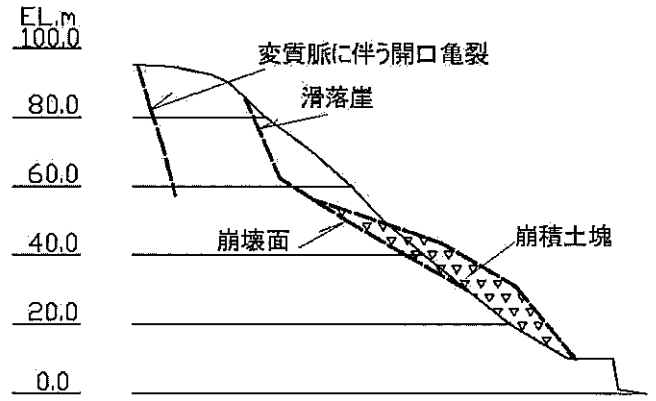


図-7 志賀島大規模崩壊地模式断面図 (H/V=1.0)

### 7.2 志賀島大規模崩壊地周辺の地形的特徴

志賀島は図-9 (a) のように東側で地形勾配がきつく、中央部から西側にかけてなだらかな地形を示す。これを地形断面図で見ると、図-9 (c) のように東西で非対称な斜面を呈しており、東側では急斜面が連続するのに対し、西側は比較的なだらかな斜面からなる。その中でも大規模崩壊地は急勾配で標高も高い東側に位置している。傾斜方向区分を示した図-9 (b) においては、今回の崩壊地が比較的連続した面を持つ東傾斜の斜面であることが明らかとなった。

### 7.3 崩壊地と地震動との関係

地震の震源地は志賀島・玄界島から見て北西方向に当たる。図-10は志賀島での擦痕や墓石倒壊方向を示したものであり、これを見ると、卓越する揺れの方向は概ねNE-SW方向であることが解る。

玄界島での電柱・石碑の移動方向も類似した傾向が見られており<sup>6)</sup>、これらの方向はSH波の振動方向に一致している。

大規模崩壊が発生した斜面は東～東北東方向に開放された斜面であることから、この斜面はSH波の振動をほぼ直交する方向に受けたと考えられる。

大規模崩壊は、東～北東に開放された急勾配の斜面にあり、同様の勾配、高さ、面積、方向を有する斜面は当該地域の他にはない。さらに斜面傾斜方向に直行する分離面が卓越しており、それが崩壊を生じやすい地質的素因になっている。それに加えて、当該地域が地震による表面波の振動を強く受ける斜面方向を持っていたことは、斜面方向が崩壊の素因であったと考えられる。

### 8. まとめ

福岡県西方沖地震における花崗岩斜面の崩壊について調査を行い、さらに2003年に福岡で発生した豪雨による斜面崩壊事例との比較から、地震時の花崗岩斜面の崩壊

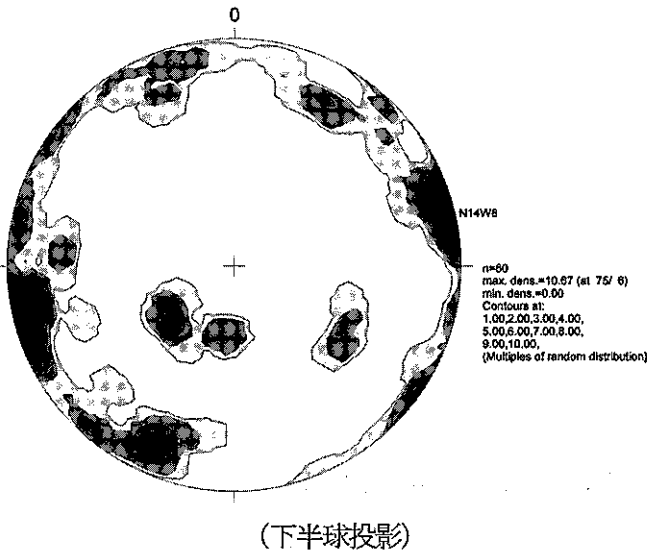
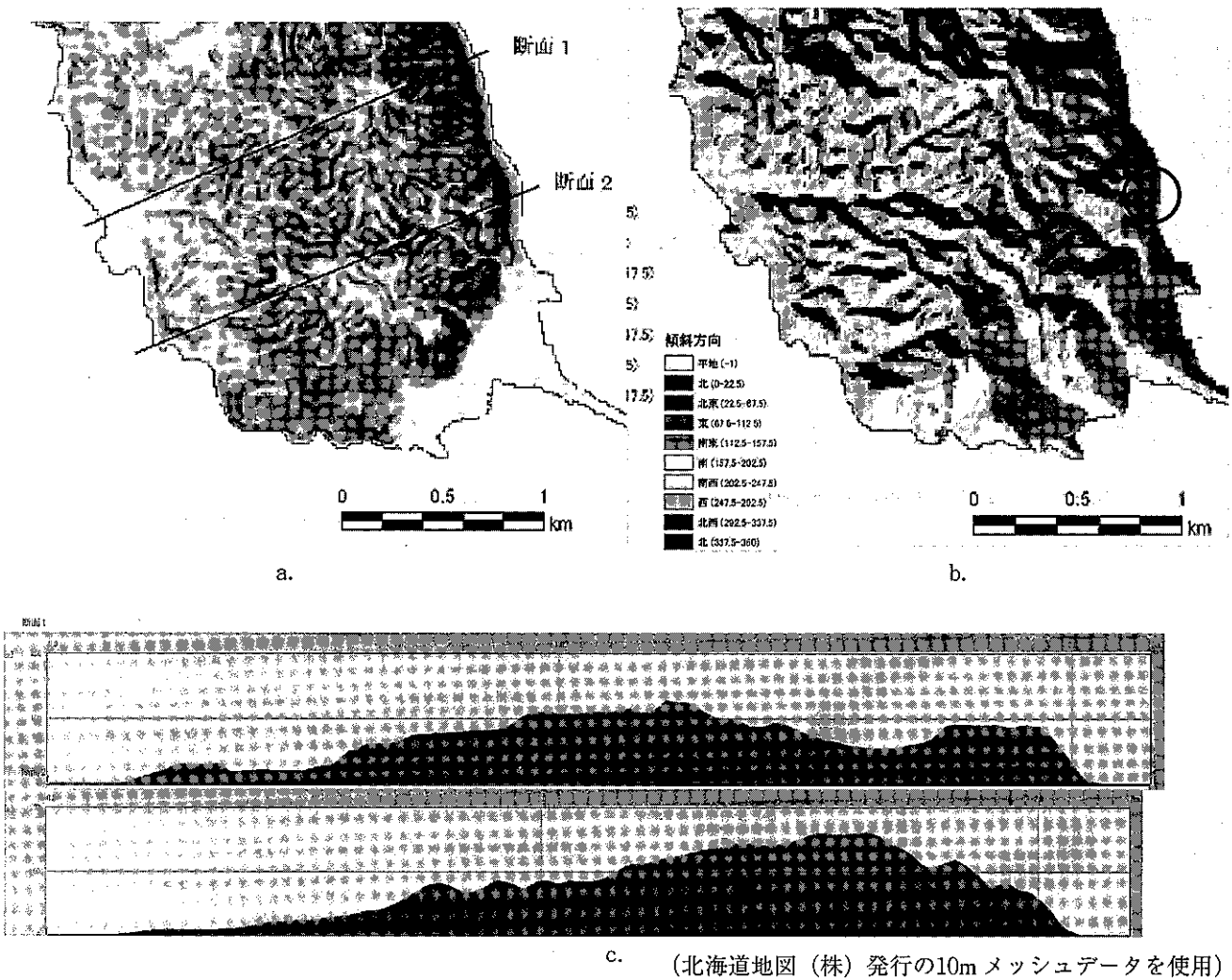


図-8 志賀島海岸露頭での分離面方向分布

いる。崩壊深度は約10m、崩壊土量はおおよそ105,000m<sup>3</sup>程度と見積もられる。滑落崖は、走向N0°～10°Eで海側に70°～80°傾斜し、変質粘土が付着した節理面に規制されており、風化花崗岩Bが露出している。滑落崖は遷急線直下に生じているが、その延長は開口亀裂として、尾根を横断して連続している。このことは、特定の分離面を背面として崩壊が生じていることを示している。崩壊物はほとんどが風化花崗岩B～風化花崗岩Aを主体とするが、一部新鮮な岩片も混じる。

崩壊地周辺地域で測定した花崗岩の分離面の方向を図-8に示す。ここで見られる分離面は節理面であり、一部は変質脈である。卓越する走向方向は概ねNNW-SSEで、高角度傾斜を示す。この走向方向は概ね斜面の傾斜方向と直交している。滑落崖を規制している変質鉱物脈もこの系統のものであり、このような分離面の存在が、崩壊の素因としてあることを示している。



c. (北海道地図(株)発行の10mメッシュデータを使用)

図-9 地形区分および断面図 a. 傾斜角 (傾斜が急なほど濃色) b. 傾斜方向 (丸印が崩壊地斜面) c. 断面図

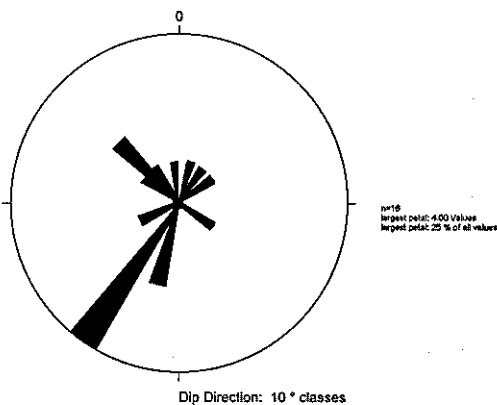


図-10 石碑・墓石の転倒・擦痕方向

特性について整理すると共に、志賀島における大規模崩壊発生の要因を考察した。以下にその結果を整理する。

1) 志賀島と玄界島での花崗岩斜面の崩壊特性

志賀島および玄界島で地震により発生した花崗岩斜面の崩壊は、以下の異同があることが明らかとなった。

- ・両地区ともに遷急線より下方斜面で発生し、崩壊深1.5m未滿、崩壊土量500m<sup>3</sup>未滿の小規模な崩壊が多

い。志賀島では特にこの傾向が強く、大半が100m<sup>3</sup>未滿の崩壊である。

- ・両地区ともに風化岩での崩壊が主体だが、玄界島では新鮮～弱風化岩盤でもトップリング型の崩壊が生じている。
- ・両地区とも湧水痕跡がなく、ドライな状態で崩壊しており、崩積土の移動距離は短い。

2) 地震と豪雨での花崗岩斜面崩壊特性の違い

発生箇所は地震時の崩壊が遷急線より下方斜面であるのに対し、豪雨時の崩壊は遷急線付近がそれより上方斜面で発生している。崩壊深1.5m未滿、崩壊土量500m<sup>3</sup>未滿の小規模な崩壊が多いのは共通している。風化岩での崩壊が主体であるのも共通しているが、地震時の崩壊は新鮮～弱風化岩盤でもトップリング型の崩壊が生じている。地震時の崩壊は湧水痕跡がなく、ドライな状態で崩壊しており、崩積土の移動距離が短い点は、豪雨時の崩壊と全く異なっている。

3) 志賀島大規模崩壊の特性

志賀島の大規模崩壊地付近では斜面傾斜方向に直交

する分離面が卓越する。さらに大規模崩壊地の斜面方向はSH波の振動方向と概ね直交しており、両者が相まって大規模な崩壊に至ったと考えられる。

兵庫県南部地震以降、地震と活断層との関係が一般市民にも広く認識されるようになり、防災意識も高まってきた。それを受けて構造物の耐震性や臨海部の液状化対策といった点は注目されてきている。今回の地震でも臨海部で液状化による被害が生じており、被害状況の詳細な調査を行うことで、今後の防災対策に寄与することが重要である。

一方で、地震時の自然斜面の崩壊については余り着目されていない感がある。志賀島の大規模崩壊地では島を周回する県道が崩壊土砂で埋まり通行できない状態が続いている。また、新潟県中越地震においても地震による地すべりの発生で道路が寸断され、早期の救援、復旧、復興へ向けての活動に大きな支障となっている。今回の福岡県西方沖地震では斜面崩壊による人的被害は幸いにして生じていないが、過去の地震では甚大な人的・物的被害をもたらした崩壊がしばしば発生している。このため、地震防災という観点から、地震による自然斜面の崩壊特性を調査・整理し、防災対策の一助とすることが重要である。

## 謝 辞

本論文をまとめるにあたり、佐賀大学の岩尾雄四郎教授、国際航業(株)の古閑美津久氏から空中写真を提供して頂いた。玄界島および志賀島の現地調査に際しては福岡県および福岡市の各関係機関に協力頂いた。ここに記して、お礼申し上げます。

## 引用文献

- 1) 唐木田芳文・富山幸臣・下山正一・千々和一豊 (1994): 福岡地域の地質。地域地質研究報告 (5万分の1地質図幅), 地質調査所, 192p.
- 2) 気象庁 (2005): 2005年4月20日06時11分頃の福岡県西方沖地震について, 気象庁報道発表資料.
- 3) 木宮一邦 (1975): 花崗岩類の物理風化指標としての引張強度, 地質学雑誌, 第81巻, 第6号, pp. 349-364.
- 4) 土質工学会 (1979): 風化花崗岩とマサ土の工学的性質とその応用, 土質基礎工学ライブラリー 16.
- 5) 日本応用地質学会九州支部土砂災害ワーキンググループ (2004): 平成15年7月九州豪雨災害特集-水俣・三郡山塊-, GET九州日本応用地質学会九州支部会報No25, pp. 14-40.
- 6) 正野英憲・石川昌信・加藤靖郎・日本応用地質学会九州支部地震ワーキンググループ (2005): 玄界島における福岡県西方沖地震で生じた法面構造物変状の特徴, 日本応用地質学会平成17年度研究発表会講演論文集, pp. 375-378.
- 7) 矢野健二・長谷川裕思・東谷謙・日本応用地質学会九州支部地震ワーキンググループ (2005): 福岡県西方沖地震における花崗岩斜面崩壊の特徴, 日本応用地質学会平成17年度研究発表会講演論文集, pp. 379-382.

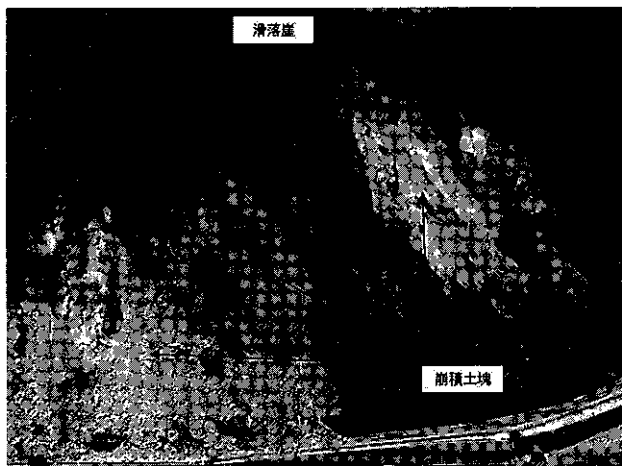


写真-1 志賀島の大規模崩壊地全景

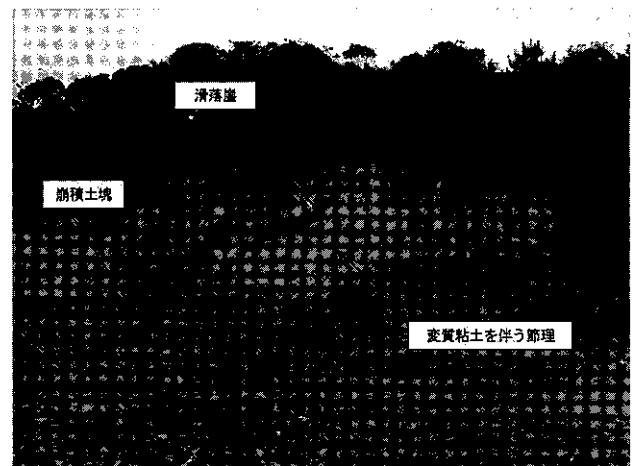


写真-2 大規模崩壊地頂部の滑落崖