

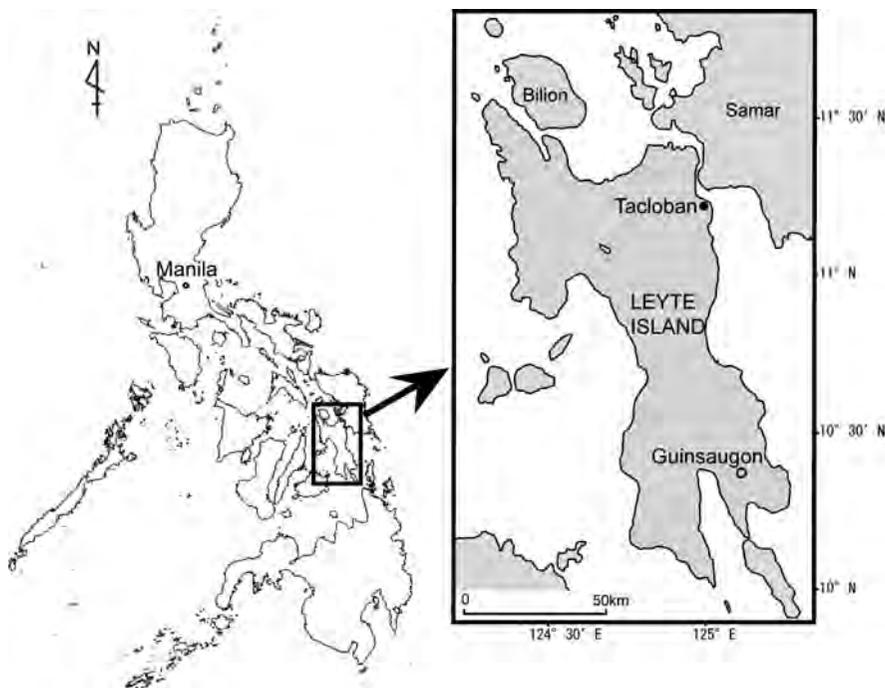
# フィリピン共和国レイテ島地すべり再調査

地下まゆみ<sup>1)</sup>・上野 宏共<sup>1)</sup>・坂本 尚史<sup>1)</sup>

## 1. はじめに

2006年2月17日に大規模な地すべりが発生し、フィリピン共和国南レイテ州セントバーナード市 (Municipality St. Bernard) ギンサウゴン村 (Barangay Guinsaugon) が全滅するほどの被害が生じた (第1図)。NDCC (The National Disaster Coordinating Council) によると、2007年3月現在、死者154名、行方不明者968名と報告されている。発生から1年後、セントバーナード市南約1kmにある Barangay Magbagakay に合計330世帯の住居が完成し、被災者は新しい生活を始めている。一方、危険区域に指定されている

旧ギンサウゴン村周辺には、別の村が隣接しており、今もなお多くの住民が生活をしている。加えて、Himbungao川の対岸にはYMCAおよびロータリーの援助により仮設住宅が建てられている (写真1)。しかし、地すべりが発生した斜面側の麓には村や学校があり、これらが再び被災しないという保証はない。実際、2006年に発生した同じ場所にて、2007年1月5日に地すべりが発生し土石流が表層を再び覆った。幸いなことに、人的被害はなかったが、新しく建設していた教会が土砂に埋まるなどの物的被害が生じた。2007年の崩壊後は、再度、日本のAMDA (The Association of Medical Doctor of Asia) により写真2に示すような



第1図 フィリピン共和国レイテ島セントバーナード市ギンサウゴン村位置図。

1) 千葉科学大学 危機管理学部 環境安全システム学科

キーワード：レイテ島・地すべり・スメクタイト・熱水変質・フィリピン断層



写真1 崩壊地からHimbungao川の対岸にある仮設住宅 (2007年3月).



写真2 地すべり崩壊地末端部に建設された新教会の建物 (2007年3月).

教会が建設中である。

2006年2月17日に発生した地すべりに関する報告や研究は、Dimalanta *et al.* (2006), 桜井ほか(2006), 諏訪(2006), 新井場(2007), 牧野ほか(2007), Catane *et al.* (2007)がある。これらを総合すれば、地すべりが発生した要因には、①フィリピン断層の存在、②地震による影響、③ラ・ニーニャ現象に関連した豪雨などがある。上野・地下(2006)およびUeno *et al.* (2008)では、これら要因に加えて熱水変質作用および粘土鉱物の存在を指摘している。被災から約1年後の2007年3月6日～3月11日の約1週間、被災現場を再び調査する機会を得たので、2006年の被災直後の調査やその室内実験データをあわせて地すべりの要因について報告する。

## 2. 地すべりの誘引

2006年に引き続き、約1年後の2007年1月5日に同じ場所にて、2次的な地すべりが発生した。崩壊前の2006年12月末から雨量が多く地すべりが発生する可能性があったため、当日は、事前に非難命令が出された。フィリピンでは、州および市に警察と消防の下部組織があり、救急は市の業務となる(新井場, 2007)。2007年に再発生した地すべりの際は、セントバーナード市の市長が避難命令を出し、対応がとられたとのことである。そのため、人的被害はなく物的被害のみに抑えられた。崩壊は、標高460m付近の北側斜面より発生した。崩壊土砂は、2006年に堆積した土砂の上を流れ、下流域に押し寄せた(口絵写真1, 3お

よび4)。そのため、崩壊地内にただひとつの新たな建物だった教会は流出し、2006年崩壊後、標高約296mの地点に残っていた「トゥルク」という1本の立木も無惨にも土砂によって倒されてしまった。

2006年3月と2007年3月の崩壊域の全景を口絵写真4に示す。これに見られるように、2007年には植生が回復している箇所もあるが、上部の崩壊域は地肌がむき出しになったままである。両写真の中央部付近を比較すると、土砂量に違いが認められる。写真中央付近には、2006年も含め過去に崩壊した土砂が約20mの厚さで堆積していたが、それらが2007年にはすべて押し流されている。斜面勾配が $10^{\circ}$ 以下になる標高150m付近においても、写真3に見られるような巨大岩塊が見られ、崩壊のすさまじさが実感される。また、下流側では、2006年に流出した土砂と2007年に新しく流出した土砂の境界は明瞭で、下部にある2006年の土砂は酸化され、褐色に変色している。2007年の流出土砂は、2006年の崩壊によってできた多数の流れ山の間をぬぐうように堆積している(写真4)。崩壊地北端の標高約70m地点には2006年の地すべりにより、堰止め湖ができていた。2007年1月の2次地すべりの崩壊土砂によりその面積はさらに大きくなっている(口絵写真3)。また、道路が切断されているのがこの写真からも分かる。

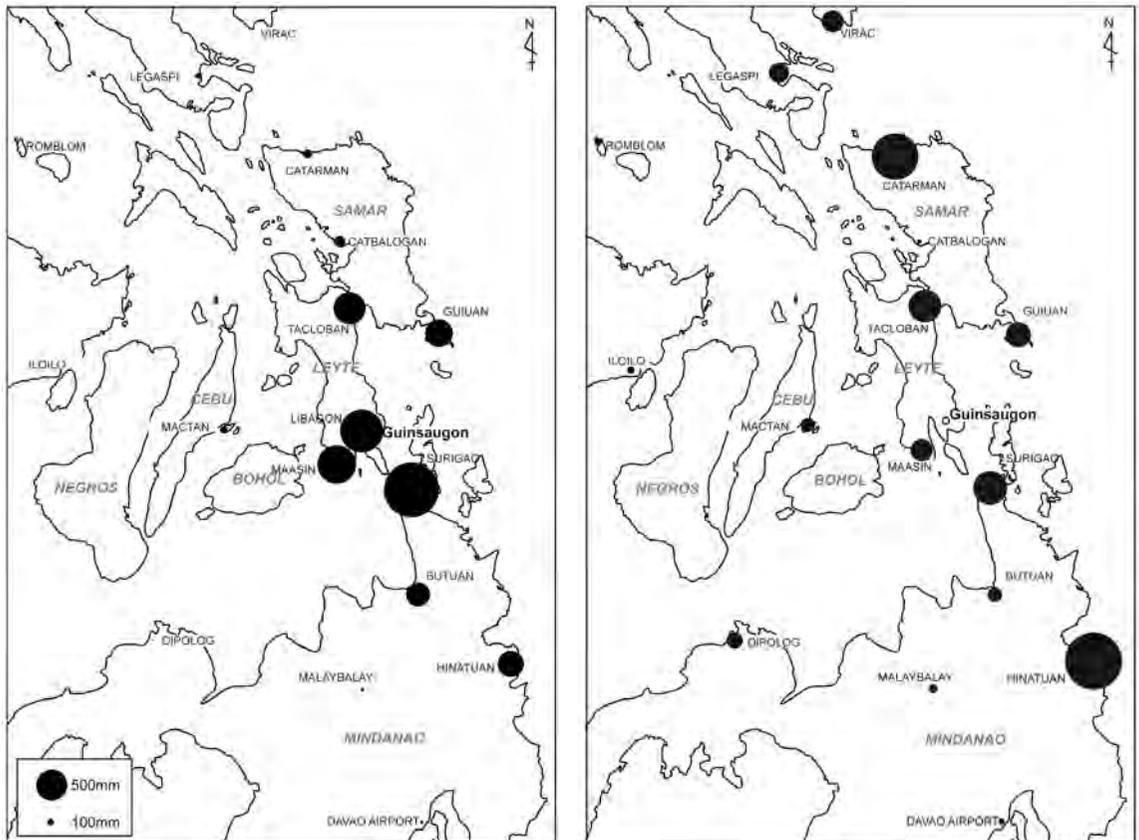
2006年の大規模な地すべりが発生した誘引として挙げられているのが、先にも述べたが、ラ・ニーニャ現象に関連した豪雨である。第2図に2006年および2007年に崩壊が発生した時期のレイテ島周辺の積算雨量を示す。第2図左側は2006年2月9日～2月20日、



写真3 2007年1月の地すべり崩積土上の巨大岩塊。

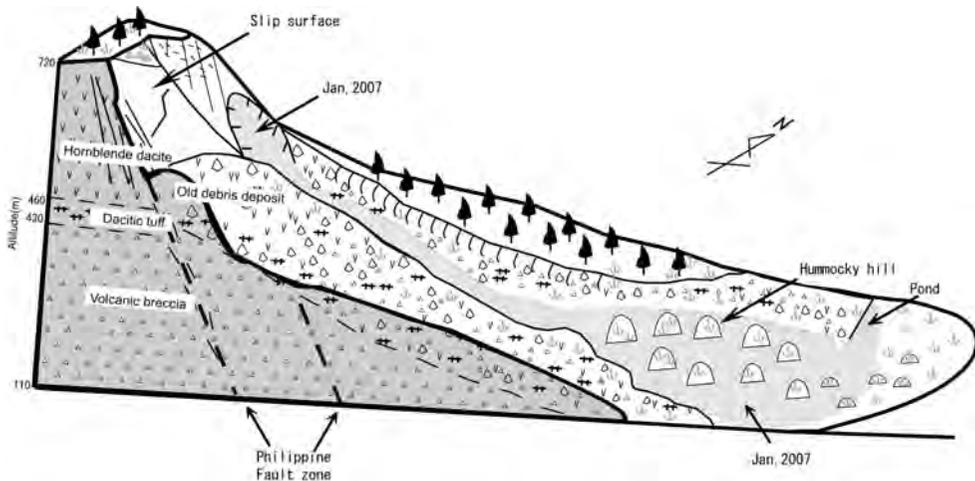


写真4 崩壊域の土砂および流山。



第2図 レイテ島周辺の積算雨量。

左は2006年2月9日～2月20日、右は2006年12月25日～2007年1月9日の積算データ。



第3図 ギンサウゴン地すべり地域の模式図。  
冠頂から尖端までは約4km。

右側は2006年12月25日～2007年1月9日のデータである。最も被害が大きかったギンサウゴン村に一番近い観測点LIBAGON- OTICONの2007年度の観測データには欠落があるため、今回は表記していない。両年の積算データより、東側のサマル島、レイテ島、ミンダナオ島北東部周辺の降水量は多く、ボホール島、セブ島より西側地域は少ないことが読み取れる。レイテ島は10月から2月までは雨期に入るが、2回の地すべり発生当時の雨量は例年より非常に多い。レイテ島において、2006年の積算雨量と比較すると、2007年の地すべり発生当時の雨量は少し減少するが、崩壊域には植生が発達せず、不安定な土砂が存在したため、2次的な地すべりが発生したと考えられる。桜井ほか(2006)では、短期間の調査中、降雨によって転石を含む泥流タイプの土石流が発生した体験が述べられており、2006年の地すべり発生後もなお斜面は不安定であったことが示されている。

また、両年とも地すべりが発生する2～3日前は天候が回復していたことが特徴として挙げられる。日本では、地すべりや斜面崩壊の発生は、降雨中であることが多い。しかし、この地域では、降雨量が多かった数日後に地すべりが発生した。おそらく、この発生までの期間に降雨が斜面の節理や亀裂からすべり面まで浸透し、斜面が不安定となり地すべりの発生につながったと考える。

斜面中心にある谷では渓床を流れる流量が非常

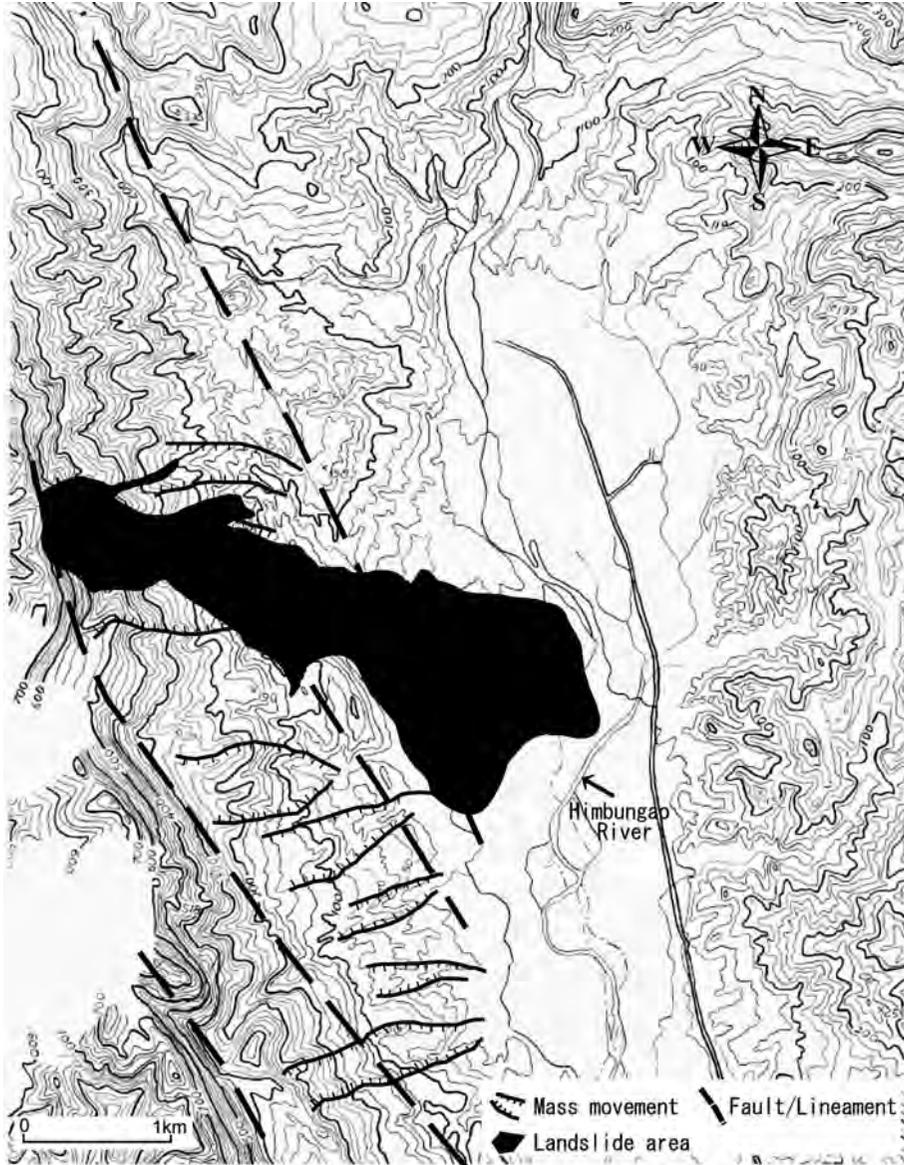
に多い。現地調査中は調査期間以前から天候は曇りないし晴れで降水量が少ないにも関わらず、谷を流れる水量は多く、流速も速かった。標高約250m付近から上部の山腹には流水跡や谷地形が見られないことから谷の先端部は同標高付近に位置しており、発達した節理等を浸透した雨水が集水し、崩壊地の谷部では常に水が豊富であると思われる。

Ueno *et al.* (2008)でも指摘したように、この地域は何度も地すべりを繰り返しており、2006年にはかつての崩積土に生えたヤシ林をも含めて大規模に崩壊した。これまでに我々が確認したものだけでも、同場所における地すべりが2005年12月17日・2006年2月17日・2007年1月5日の3回あった。このような現象は井村ほか(2004)でも報告されている。2007年の地すべりでは規模は比較的小さく表層の堆積物が流れたに過ぎないが、今後も深層部からの大規模な地すべりが同じ地域で発生する可能性があると言える。

### 3. 被災地域の地形・地質概要(地すべりの素因)

#### 3.1 フィリピン断層

この地域の地質については、上野・地下(2006)で詳しく述べられている。ギンサウゴン村の位置していた場所には沖積層が分布していたが、崩壊した西側の山は新第三紀中新世の火山性複合岩体からなり、第3図に示すように下位から火山角礫岩、デイ



第4図 ギンサウゴン地すべり地区、旧崩壊箇所および断層。

サイト質凝灰岩、角閃石デイサイトからなる。

被災地である南レイテ州セントバーナード市ギンサウゴン村(海拔36m)は、最高峰805mのカンアバグ山の麓に位置していた。崩壊は、カンアバグ山を含む南北に延びる尾根の東斜面にて発生した(第4図)。この東斜面では分岐したフィリピン断層が認められ、標高が高くなるにつれ急峻となる。また、尾根の東斜面は崩壊跡や古い崩積土が多くの箇所を確認でき、これまでに何度かの地すべりが繰り返し発生してい

たことを示している。

フィリピン断層は、北はルソン島からレイテ島を経てミンダナオ島まで延びるNNW-SSE走向の左横ずれ断層である。ギンサウゴン村から南約20km、Cabalian湾の西側の地域は、口絵写真6に示すようにヤシ林が広がっているが、斜面には対岸の道路から確認できるほどの円弧状の地割れが発生している。この割れ目の方向はNW-SE方向であり、フィリピン断層の走向と一致する。この円弧状割れ目について、



写真5 崩壊の壁に現れた断層破碎帯標高206m(2007年3月).



写真6 崩壊地南300mの山中で見られる根曲り。曲がった古い幹がクリーブしていることを物語っている。若木は真っ直ぐ。地面中央から右下にかけて地割れ跡が認められる。

2006年と2007年の変位量を目視で確認すると、割れ目の幅、円弧状の連なりは著しく進行している。この地域のように、年間約3mmも移動するといわれているフィリピン断層周辺では、大小はあるが地すべりがおそらく頻発していると考えられる。

ギンサウゴン周辺を地形図および空中写真より判読すると、斜面中腹部にはフィリピン断層に伴うリニアメントおよび過去の滑落崖が認められる(第4図)。写真5に示すように、断層と崩壊斜面中腹の交点および崩壊源のすべり面付近では、断層破碎帯が確認された。これら破碎帯の走向は、それぞれN20°W, N30°Wであり、フィリピン断層の走向とよく一致する。頂上付近のすべり面の走向も同方向である。また、崩壊斜面より南300m付近では、過去の地割れ跡が確認され、老年の樹木の根曲りが顕著であった(写真6)。フィリピン断層の存在は、本地すべりの原因を考える上で無視できない。

### 3.2 熱水変質作用

本崩壊地の地質は下位より火山角礫岩、デイサイト質凝灰岩、角閃石デイサイトからなる(第3図)。崩壊地中腹よりも上部では岩石の露出が良く、垂直な亀裂が非常に多い。また、それらの亀裂の拡大が引き金となり崩壊する可能性の高い場所が多数認めら

れ、崩壊地付近は非常に不安定である(Ueno *et al.* 2003)。

過去の崩積土が厚く堆積していることも崩壊の素因に関係していると考えられる。崩積土と火山角礫岩などの岩盤の境界付近には湧水の跡が認められる。2006年にもすべり面上にて湧水が観察されている。このような湧水跡は、標高約500mに位置するすべり面および約350mより下流の岩盤との境界部に見られる。湧水部の多くは黄色～赤褐色に変色していることが多く、湧水の原温は直接測れなかったが、現地の案内人の話では、これらの湧水は「Hot Spring」であるという(口絵写真2)。

フィリピンには地熱地帯が多数存在しており、地熱発電が盛んである。レイテ島南部においても地熱地帯がある。地すべりが発生したギンサウゴン村からさほど離れていない地域、Himbungao川の対岸に位置するCabagawan村付近においても地熱地帯が確認されている。

### 3.3 粘土鉱物の生成

変質火山岩中では、スメクタイトやハロイサイトとい

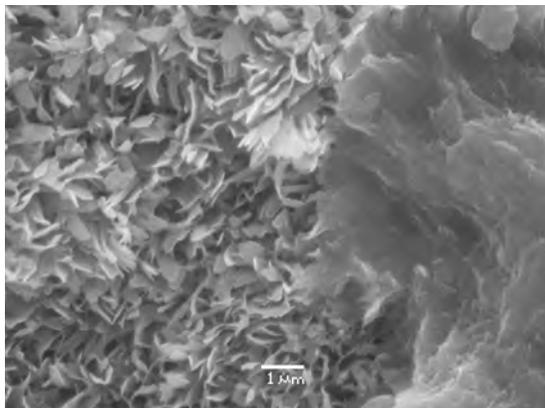
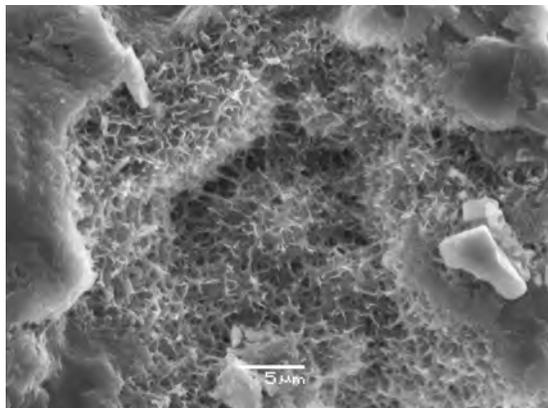


写真7 スメクタイトの走査型電子顕微鏡写真。

った粘土鉱物が産出することが知られている。いずれの粘土鉱物も熱水変質作用や風化変質作用で生成し、どちらの作用で生成したかに関しては、その産状や共生鉱物により決定される。スメクタイトやハロイサイトは、水を含むと著しい膨潤性を示す特徴があるため、地すべりの素因として指摘されている粘土鉱物である。田中(1996)は、地すべり粘土の生成について研究することは地すべり予測につながると述べている。また、地下・北川(2003)では、スメクタイトを含む粘土細脈の走向と斜面の走向の関係を示し、崩壊危険箇所をの指標として提案している。

本調査地では、角閃石デイサイトの変質岩中および黄色～赤褐色に変色した変質部にスメクタイトの生成をXRD分析、SEM観察により確認した。しかし、変質部にはスメクタイト以外の他の粘土鉱物は認められなかった。表層を覆う赤褐色化した土壌部では、スメクタイトの他にカオリン鉱物が認められた。

写真7は、調査地から採取した変質岩中のスメクタイトの走査型電子顕微鏡写真である。鉱物粒子の割れ目や空隙にスメクタイトの生成が観察された。スメクタイトは、低温の中性的ないしアルカリ性環境で生成し、特に低温の熱水変質帯には普遍的に産出する粘土鉱物である(吉村, 2001)。先に示したような熱水変質作用によりスメクタイトが生成した可能性が考えられる。

#### 4. 考察

2006年2月17日にギンサウゴン村を襲った地すべ

2008年7月号

りは、多くの人的物的被害をもたらした歴史的に大きな土砂災害となった。その後も不安定な斜面では、激しい降雨を誘引とした二次的な地すべりが発生している。2006年および2007年に発生した地すべりにおいて、発生前の積算雨量は100mmを超え、最大雨量を観測した2～3日後に地すべりが発生している。このことから、本地すべりの発生には、地形・地質的要因が大きく関係している可能性がある。激しい降雨の際、地盤に浸透するよりも表層を流れる表流水が多く、表層部のみが崩壊することが考えられる。しかし、調査地域では、フィリピン断層に関係した亀裂が発達しており、厚い透水層が存在している。透水層から浸透した水がすべり面で飽和し、斜面を不安定にしたと考える。すべり面の不透水層の形成には、スメクタイトの存在が挙げられる。スメクタイトを含む熱水変質部は、すべり面だけでなく亀裂が発達する岩石と亀裂の見られない岩盤の境界付近に認められた。つまり、スメクタイトが地下深部に不透水層を形成していたため、表層崩壊でなく多数の被害をもたらす大きな地すべりとなったと考えられる。このような地形・地質的要因は、今回地すべりが発生したギンサウゴン村周辺だけでなく、レイテ島を縦断するフィリピン断層の破碎帯に沿って位置する地域には多数存在することが推測される。

地すべり発生直後の2006年3月の現地調査とその一年後の2007年3月の同一地域の再調査により、当地域が以前から何回も地すべりを繰り返していたことを見極めることができた。

謝辞：フィリピンでの現地調査を実施するにあたり、宮林正恭千葉科学大学副学長に発案頂き、東京女学館大学国際教養学部の小浪博英教授、在フィリピン日本大使館坂井康一二等書記官、JICAフィリピン事務所松浦正三所長に貴重な情報を提供頂きました。千葉科学大学危機管理学部山根省三講師に当時の気象情報に関して、詳しく教示頂きました。フィリピン現地会社Pasco-Certeza Co.の出口一郎アドバイザーには、各種手配にとどまらず現地調査ならびに地図作成の技を発揮していただきました。同社のAlbert T. Tanching マネージャーにも調査期間中は大変お世話になりました。フィリピン共和国エネルギー省次官Dr. Gmillermo B. Balceには各種資料を提供していただきました。これらの方々にお礼申し上げます。本調査には千葉科学大学教育研究経費を使用しました。平野敏右千葉科学大学学長をはじめ関係各位に謝意を表します。

#### 文 献

- 新井場公德編(2007)：フィリピン・レイテ島地すべり災害における救援活動の実態と応援技術の性能調査報告書，消防研究センター・国土技術政策総合研究所・国土地理院。
- Catane, S. G., Cabria, H. B., Tomarong Jr, C. P., Saturay Jr, R. M., Zarco, M. A. H. and Pioquinto, W. C. (2007) : Catastrophic rockslide-debris avalanche at St. Bernard, Southern Leyte, Philippines, *Landslide*, 4, 85-90.
- Dimalanta, C. B., Tamayo, R. A., Yumul, G. P., Payat, B. D., Ramos, E.G. L. and Ramos, N. T. (2006) : Geology of southern Leyte : Contribution to the understanding of the St. Bernard landslide, southern leyte, Presented at the Conference on the February 17, 2006 St. Bernard Landslide and Related Phenomena, held at University of the Philippines, Diliman, April 17, 2006.
- 井村隆介・岩松 暉・上野宏共(2004)：2003年7月20日に菱刈町で発生した斜面災害，*鹿児島県地学会誌*, No.89, 1-7.
- 地下まゆみ・北川隆司(2003)：花崗岩の自然斜面の崩壊予知に関する研究-粘土細脈に注目して，平成14年度深田研究助成報告書，1-18.
- 牧野雅彦・Mandanas, A, Catane, S. G. (2007)：レイテ島ギンサウゴン大規模斜面崩壊合同調査，*地質ニュース*, no.630, 56-61.
- 桜井 亘・徳永良雄・Felizardo, J. C. (2006)：フィリピン共和国南レイテ州で発生した大規模深層崩壊災害について，*砂防学会誌*, 58, 39-43.
- 諏訪 浩(2006)：フィリピン・レイテ島で2006年2月17日に起きた地すべり災害，*自然災害科学*, 25, 83-97.
- 田中耕平(1996)：崩壊・地すべりと地すべり粘土，中村三郎編，*地すべり研究の発展と未来*，大明堂，105-110.
- Ueno, H., Kitazono, S. and Takeda, T. (2003) : Opaque mineralogy in the alteration zones of ore deposits, In Eliopoulos (Ed.) *Mineral Exploration and Sustainable Developments*, 1035-1038, Mill press (Rotterdam).
- 上野宏共・地下まゆみ(2006)：フィリピン共和国レイテ島地すべりと地質，*地質ニュース*, no.622, 41-48.
- Ueno, H., Jige, M., Sakamoto, T., Balce, G. R. and Deguchi, I. (2008) : Geology and clay mineralogy of the landslide area in Guinsaugon, southern Leyte Island, Philippines., *University Bulletin of Chiba Institute of Science*, No.1, 135-146.
- 吉村尚久(2001)：粘土鉱物と変質作用，*地学団体研究会(東京)*。

JIGE Mayumi, UENO Hiroto and SAKAMOTO Takabumi (2008) : Resurvey after one year on the landslide area in southern Leyte Island, Philippines.

<受付：2008年3月24日>