

Ⅳ フィールドワーク研究報告⑤

レイテ島・ギンサウゴン村の大規模山体崩壊 – 岩屑なだれ災害調査の概要

吉倉紳一^{1), 2)}・村井政徳^{1), 3)}・Eddie L. Listanco⁴⁾・諸岡慶昇¹⁾

要 旨

2006年2月17日にフィリピンの南レイテ州セントバーナード町のギンサウゴン村で発生した地すべりに関する調査を、2007年11月26日から12月3日まで実施し成功裡に終えた。この地すべりはおそらくフィリピンの歴史上もっとも壊滅的なものであり、1,000人以上の村民が亡くなり、一村が完全に地図上から消え去った。地すべりは北西から南東方向に走る長さ1,200 kmに達する左横ずれ断層であるフィリピン断層帯のレイテ活動域に位置するカンアバグ山の高700 mの尾根から始まった。ハンモック地形や岩屑なだれ堆積物の存在から、この地すべりの初期に激しい降雨と地震が引き金となって、大規模山体崩壊が発生したと考えられる。崩壊部は乾燥した岩屑なだれとして移動し、その途上、水に飽和した泥、あるいは水田や川の水を巻き込み、水に飽和した岩屑流や泥流に移化した。この崩壊によって生じた泥が、はるか遠方生えている地上高2 mに達するココナツの樹幹に付着しているのが見出された。

古い地すべり堆積物からなる小さな丘が、カンアバグ山を含む山脈東麓に位置するフィリピン断層に平行して配列している。地すべり地域においてフィリピン断層に平行して流れるヒンプガオ川は過去の地すべりによる押し出しによって数カ所で屈曲している。これらはこの地域で大規模地すべりが繰り返し発生したことを示唆している。山体斜面のはらみだし、線状凹地、クリーブによるココナツの木の根曲がりなど、大規模山体崩壊の初期段階を示す現象が認められる。これらは次の大規模山体崩壊が発生する場所を予測する良い指標となる。予測にはより詳しい調査が必要である。

キーワード：ギンサウゴン、フィリピン断層、大規模山体崩壊、岩屑なだれ、岩屑流、泥流

はじめに

平成18年2月17日にフィリピンのビサヤ地方レイテ島で発生した地すべりは、麓に広がるギンサウゴン (Guinsaugon) 村を瞬時に呑み込み、千余命の犠牲者を出す大きな惨事を引き起こした。多くの村民とともに、とりわけ小学校の学童と教師が生き埋めとなったこの災害は、この村の所在地である町名に因み「セントバーナードの悲劇」として世界に大きく報道された。この大規模地すべりの現地調査はこれまで日本を含め複数なされ、断続的に結果が広報されているが、事前の豪雨に加え、小規模な地震が発生し引き金になったとする見方もあり、今後の対策と併せて原因

の究明が現在も継続されている (たとえば、桜井・徳永, 2006; 諏訪, 2006; 上野・地下, 2006)。一連の報告が伝えるところでは、現地の被災状況は平成16年に四国で多発した地すべり災害と、降雨条件、地質構造、崩壊跡地の状況などいくつかの共通点が認められる。また、新潟県中越地震を契機に豪雨・地震複合斜面災害研究の必要性が改めて認識されたが、今回のレイテ島のケースは大雨と重なる小規模地震の複合災害事例として、その原因と対策を自ら検証する必要性を示唆している。

こうした状況を念頭に申請した学長裁量経費が受理され、その支援下で平成18年11月26日から12月3日にかけて現地調査を実施した。小論では現地調査の結果に基づき、この地すべりの地質学的・地形学的素因や、地すべりの性格と運動像などについて述べる。なお、一般にギンサウゴン村“地すべり”と称されるが、後述するように、それはむしろ大規模山体崩壊・岩屑なだれとよぶべきものであるが、便宜上“地すべり”の語を用いることとする。

2007年12月25日受領; 2007年12月30日受理

1) 高知大学大学院黒潮圏海洋科学研究科
〒783-8502 高知県南国市物部乙200

2) 高知大学理学部
〒780-8520 高知市曙町2丁目5-1

3) 中国開発調査株式会社
〒733-0882 広島市西区庚午中2-13-24

4) National Institute of Geological Sciences, University of the Philippines

* 連絡責任者 e-mail address: morooka@cc.kochi-u.ac.jp

1. フィリピンの地形と地質造構

1.1 大地形と地質造構の枠組み

フィリピンは大小合わせて7,104の島々からなり、それらは北のルソン島から南のミンダナオ島にかけて北北西から南南東につながる島列と、パラワンやスルー諸島のように南西から北東方向につながる島列をなしている。

この2つの対照的な島列の方向は、それら島列形成の地質過程の違いを反映したものである。すなわち、前者は東側の東ルソン・トラフーフィリピン海溝からのフィリピン海の沈み込み、および西側のマニラ海溝－ネグロス海溝からの南シナ海の沈み込みによって形成された島弧－海溝系（フィリピン変動帯）をなしている。これに対し、後者はパラワン微小大陸のフィリピン変動帯への衝突と、スルー海のスルー海溝への沈み込みによって形成されたものである（図1）。

約4百万年前に始まったフィリピン海のフィリピン海溝への北西方向の斜め沈み込みにより、フィリピン変動帯東部には島弧に平行する左横ずれのフィリピン断層が形成された。同断層の変移量は約2 cm/年とさ

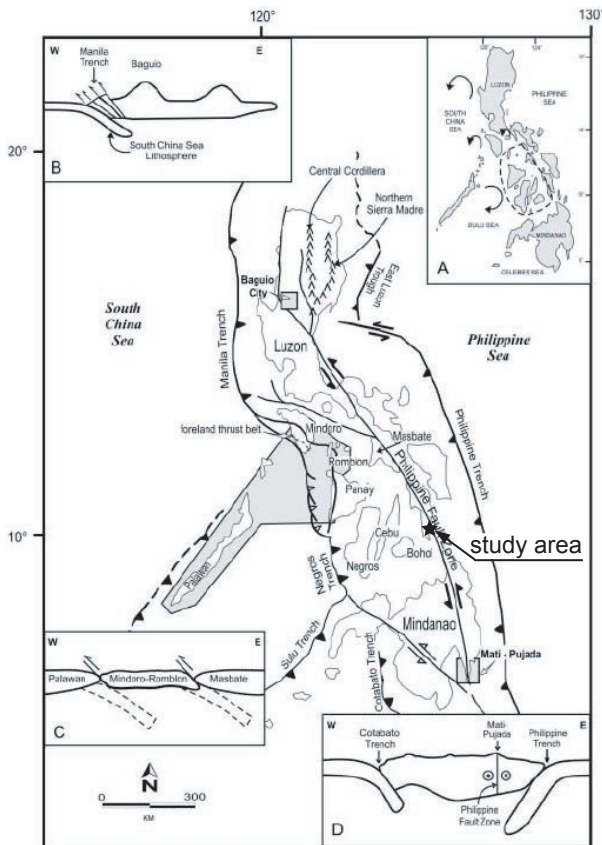


図1 フィリピンの造構枠組み (Yumul Jr. et al., 2003に加筆)

れている。レイテ島はフィリピン変動帯に位置し、そのほぼ中央部を北西から南東にかけてフィリピン断層が走っている。

1.2 地すべり発生地域の地形と地質

同国南レイテ州のセントバーナード町ギンサウゴン村で発生した地すべりは、標高805mのカニアバッグ山東斜面の標高720m地点を冠頂とし、最大流下速度120~130m/秒で、標高20m地点までの約4.1kmを流れ下った（図2）。推定総崩壊土量は2000万m³（東京ドーム16杯分）、地すべり総面積は3.2km²、死者行方不

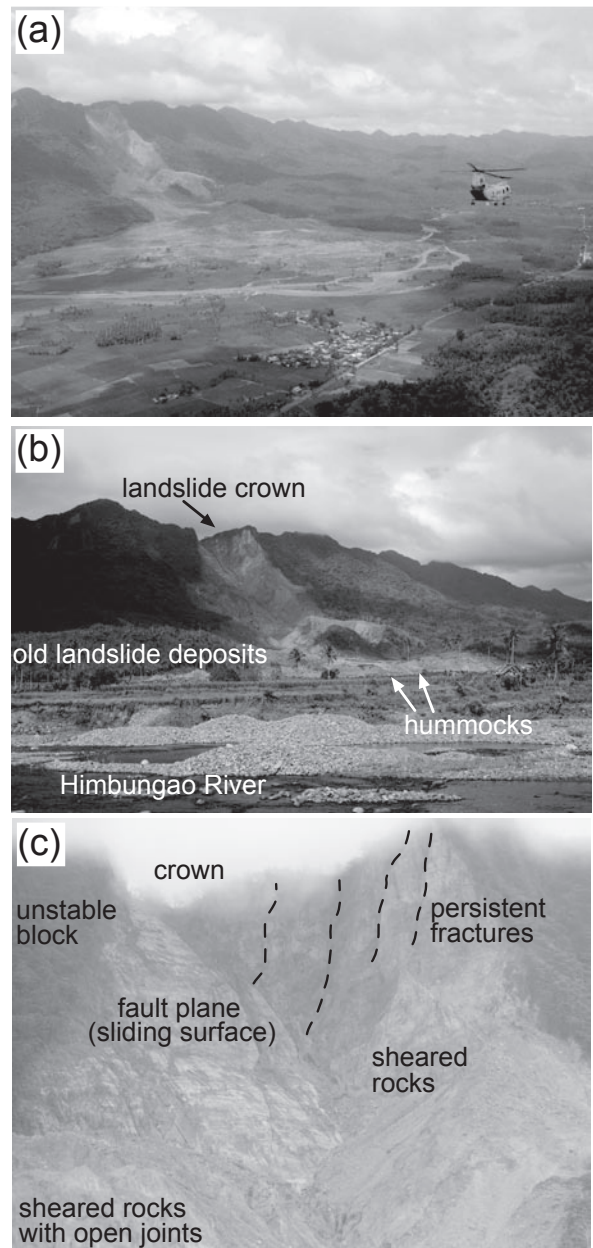


図2 (a)ギンサウゴン地すべりの斜め空撮（米国海軍撮影）
(b)地すべり末端堆積域から撮影した地すべり発生域
(c)地すべり発生域のクローズアップ写真

明者は1000人を越え（町統計では1,041人）、フィリピンの歴史上、最も壊滅的な地すべりとなった（Catane et al., 2006）。

今回の地すべりは、レイテ島を北西から南東に縦断する脊梁山脈の南端東斜面で発生した。この山脈の東側にはフィリピン断層による明瞭なりニアメントが存在する（図3）。ギンサウゴン村は、ほぼこのりニア

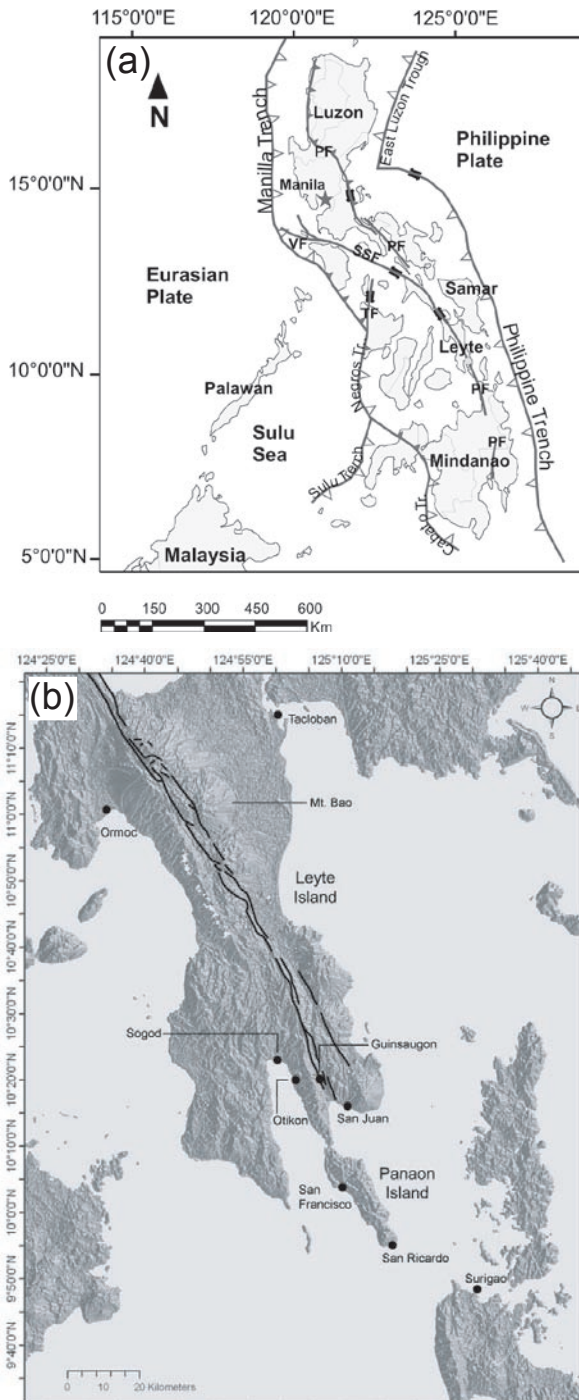


図3 (a)フィリピン島群におけるフィリピン断層ほか主要な断層（Barrier et al., 1991を改変）
 (b)レイテ島の陰影起伏図 黒線でフィリピン断層を示す。（Evans, 2007）

メント上に位置している。地すべり発生地域に隣接する山脈には、フィリピン断層から派生する断層群が作るケルンコルーケルンバットが認められる。また、同山脈の東麓にはフィリピン断層による三角末端面や、過去の地すべり堆積物によると推定される微高地が形成されている。

フィリピン断層に平行するヒンブンガオ川には、過去の地すべり土塊の押し出しによる屈曲が見られる。地すべり発生以前に作成された地形図にも鋸歯状の等高線によって示される東に張り出した特徴的な微地形や、線状凹地の存在が認められ、かなりの頻度で繰り返されているようである。地すべりが発生した山脈は南～南西に傾斜する新第三紀中新世の火山岩や火山性碎屑岩からなる。

地すべり堆積物を構成する岩塊の大部分は凝灰質の砂岩や礫岩、および、角閃石斑晶に富むデイサイトが占める。

2. 現地の被災状況

2.1 地すべり堆積物

地すべり堆積域の中流から下流には、山体崩壊による岩屑なだれに特有の流れ山や、直径2 mに達する巨大な角礫状岩塊があり、基質の乏しい堆積物が分布している（図4）。流れ山は下流に向かって、その大き

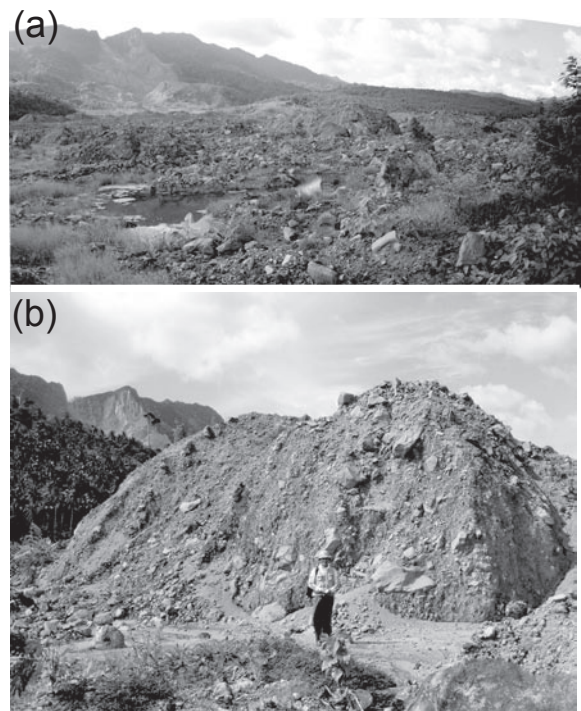


図4 (a)地すべり堆積にみられる流れ山地形
 (b)巨大な流れ山の断面

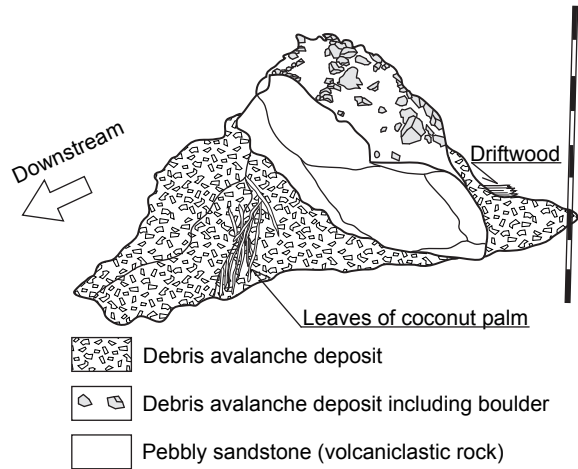


図5 代表的な流れ山の写真 (左) とそのスケッチ (右)

さを減ずる傾向が認められる。また、地すべり堆積域の末端の立木には、災害発生後9ヶ月をへた今も地面から2m余の位置に泥が付着しており、末端域では水や泥の含有率が高い泥流状態にあったことがわかる。また、下流には下位に土石流堆積物、中位に岩塊、上位に土石流～岩屑なだれ堆積物があり、下流方向に緩傾斜、上流側に急傾斜する覆瓦状構造をなす高さ2～3mの小山が存在する。(図5)

中位の岩塊とその上位の堆積物は、岩屑なだれが停止した際、その中に含まれていた重いブロックが惰性でより進行し、そこに後続のより小さくて軽い岩塊や土砂が乗り上げて生じたものと考えられる。下位の堆積物は、山体崩壊に先行し土石流化した過去の地すべり堆積物であろう。

2.2 ヤシの樹幹に残された流下痕跡

ヤシの樹幹には、村井ほか(2006)で報告されたのと同様の、①礫の突き刺さり、②引きちぎれによるささくれの傾き、③樹皮の剥げ落ち、④擦痕、⑤流下物(主としてヤシの葉)の巻き付きなどの流下痕跡が残っている(図6)。ヤシの樹幹に突き刺さった礫の直径は1～2cmのものが多く、まれに10cmを越えるものもある。礫が突き刺さった高さは最大で38mに達する。図7にヤシ樹幹への礫の突き刺さり方向と高さの測定結果を示したが、礫は西～北西方向から突き刺さったものが卓越し、他の流下痕跡が示す方向もこれに調和的である。

2.3 地すべりの発生要因

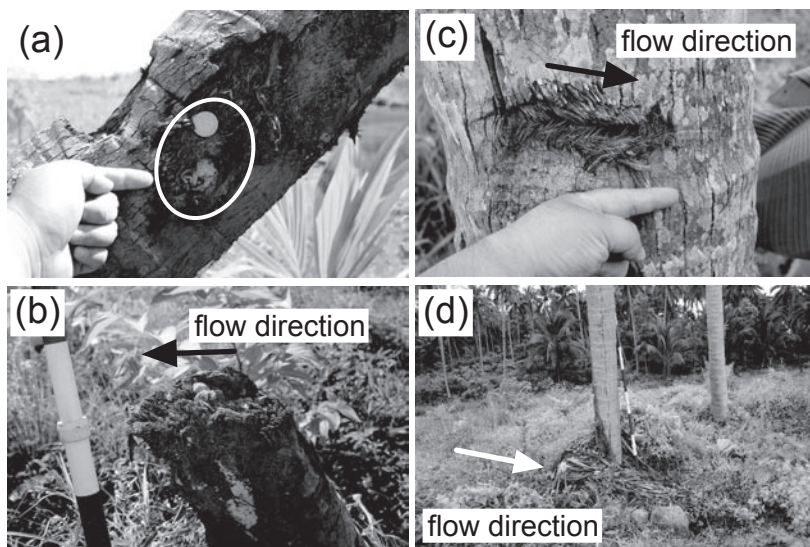


図6 ヤシの樹幹に残された流下痕跡 (a)礫の突き刺さり (b)引きちぎれによるささくれの傾き (c)礫の通過による擦痕 (d)流下物の巻き付き

地すべりの発生要因には素因と誘因がある。素因は岩質的素因と構造的素因に分けられる。ギンサウゴン村地すべりは2月の平均降雨量の26倍に達する降雨や、地すべり発生とほぼ同時に起きた地震が誘因となったとされている(Catane et al. 2006)。

岩質的素因としては火山岩の変質とフィリピン断層、およびその派生断層による岩石の破碎が考えられる。一帯では、脊梁山脈の西側に分布する火山性碎屑岩や火山岩に見られる割れ目に沿う高温酸化によると考えられる赤色化(変質)が観察される。ここではこの赤色化した割れ目に沿って岩盤の崩

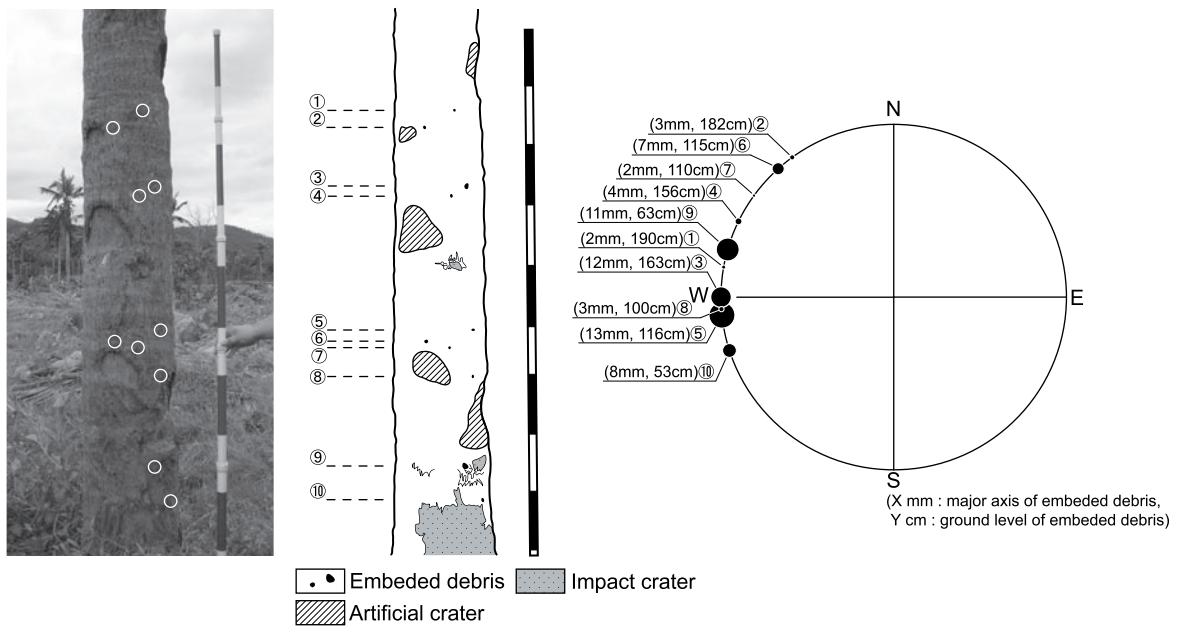


図7 ヤシ樹幹への礫の突き刺さり方向と高さを示す写真とスケッチ

壊が進行しており、割れ目には鏡肌や状線が認められる。上野・地下（2006）は、ギンサウゴン地すべり崩落崖の表面から採取した粘土に、膨潤性粘土鉱物であるスメクタイトが含まれることを明らかにするとともに、スメクタイトが熱水変質作用の産物である可能性を指摘している。構造的素因としてはフィリピン断層による断層破碎帯の存在と、“受け盤的構造”があげられる。

3. 地すべりの性格と今後の課題

3.1 地すべりの運動量

ギンサウゴン村地すべりは、その総崩壊土量、発生要因、運動像、流れ山の存在などから、大規模山体崩壊とそれともなう岩屑なだれというべきものである。この大規模山体崩壊－岩屑なだれの発生と運動像は以下のように考えられる。

(1)過去の地すべり堆積物の流動

多量の降雨による地下水位の上昇で、過去の地すべり堆積物の脚部と舌部の崩土が滑動して土石流（砂礫型土石流）が発生した。

(2)大規模山体崩壊と岩屑なだれの発生

断層によってブロック化した凝灰質砂岩－礫岩や角閃石デイサイトが、(1)によって支えを失い断層面に沿って滑落し山体が崩壊した。これらブロックの衝突・破壊・粉碎によって岩屑なだれが発生した。

(3)土石流の泥流化

もともと水に富んでいた(1)の土石流は、川や水田を通過する際、さらに水と泥を取り込み泥流化（泥流型土石流）した。

3.2 地形的特徴の示唆

ギンサウゴン村地すべり発生地付近には、過去の大規模山体崩壊による堆積物を作る微高地（流れ山による小丘を含む）や、過去の地すべり土塊の押し出しによると考えられる河川の屈曲がみられる。したがって、この地域では過去に大規模山体崩壊-岩屑なだれが繰り返し発生したものと推定される。先に述べた岩質的素因や構造的素因が存在すれば、豪雨、あるいは地震のような誘因によって比較的容易に大規模山体崩壊が起こるのである。

今回のギンサウゴン村地すべりの冠頂部付近には、鋸歯状の等高線によって示される東に張り出した特徴的な微地形が存在したことがわかる。これは、大規模山体崩壊の地形的特徴である「はらみだし」の可能性がある。同様の地形はより南の地域にも認められる。また、そこには明瞭な線状凹地が存在する。さらに、東山麓の過去の地すべり堆積物の上に開かれたココナツ畑のココナツには根曲がり現象が認められる。この線状凹地や根曲がりは、岩盤の緩慢な移動であるクリープ現象の存在を示唆している。このように本地域には大規模山体崩壊の素因となる地形的特徴が認められる。今後、航空写真や現地調査によって、このよう

な地形を抽出し、大規模山体崩壊が発生する場所を予測し、減災対策に生かすことが求められる。

3.3 わが国への教訓

図8に、今回調査を行ったギンサウゴン村と、平成16年に台風10号と15号に起因しそれぞれ発生した2つの岩屑なだれと土石流事例の特徴を比較整理した(村井,2007)。1つが徳島県那賀町阿津江(横山ほか,2006)で、2つが高知県土佐郡大川村である(村井ほか,2006)。いずれも崩壊に起因して発生した災害であり、従来言われていたような河川流の侵食による渓床堆積物の流動化に起因したようには見えない。このことは単に降雨の監視だけでは地すべりの発生が予測しがたいことを示唆しており、崩壊発生の予測が必要になることを教示している。そのためには崩壊発生の地形・地質条件の把握が必要であり、さらに阿津江や嶺北地方で発生した地すべりがそうであったように、地中のパイプ孔の分布や形態も問題にしなければならない。今後、それらを地質ごとに整理することによって、これらの地すべりの中期予測と防災に役立てることができると考える。

台風10号で大規模な土石流を発生させた徳島県那賀町阿津江の地名「アツ」と「エ」は、共に災害地名である。地名からも過去の災害履歴を知ることができる。高知県で良く耳にする「潰(ツエ)」のつく地名も災害地名である。フィリピンでもタクロバンからギンサウゴン村へ向かう途中のアガスアガス(Agas-agas)という地名の一角で地すべりが発生していた。アガスアガスはビサヤ語で「水がどうどうと音を立て湧き出る様子」を表した擬音語であり、災害地名と思える語義を持っている。また、阿津江山頂にみられるカラ池(線状凹地)や旧土石流堆積物の存在は、過去から現在に至るまで当地で地すべりが繰り返し発生してきたことを示唆する重要な証拠であり、既に述べたとおりギンサウゴン村の背後にある地すべり山頂部に

も同様の地形がみられた。

このことは、現在居住している所で一世代程度の期間で何もなかったからといって安心はできないことを伝えているようでもある。通常の降雨では増水しないような谷であっても、豪雨時には災害発生に備えて行動をとるように心がけるべきである。高知県大川村の加茂次郎山鈴ヶ谷の谷出口に居住されていた某夫妻は、事前に鈴ヶ谷の異変に気がつき避難され難を逃れることができたと言われている。また長野県南木曾町に築かれた伊勢小屋沢水害記念碑「悲しめる乙女像-蛇ぬけの碑-」には、個々人が兆候を捉えて土石流から身を守る術が後世への教えとして刻まれている。防災へ向けた科学的究明と対策の一方で、同じような教訓を基に作られた各県の防災パンフレットに目を通し、一般市民もいま一度土石流に対する知識を思い起こすことが大事であることを教えている。

おわりに

今回の調査では、廃墟と化したギンサウゴン村の被災当日の様子やその後の復旧活動について、町役場や難を逃れた学校の教員、村役らと面談調査を行った。村が所在するセントバーナード町は1954年に、当時のマグサイサイ大統領下の町村合併で30村から構成される行政村の1つとして再編された。地すべり当時のこの村の総面積は442haで、321世帯1,830人の人口を抱える水稲とココナツを主作物とする純農村であった。村はその70%強の土地が埋没し、犠牲者は村民の55%に及ぶ。現在は、比国政府や国連、赤十字社の支援で仮収容施設が町内4ヶ所に設置され、440世帯947人がそこで復興を待つ生活を続けている。平成18年11月には日本の支援でうち100世帯の収容施設が建設され、ギンサウゴン村と隣接する数村の被災者用に供されていた。村で聞き取った被災の実情は悲惨きわまりないが、この「セントバーナードの悲劇」を教訓に、今後も起こりうる彼我の災害に備え、原因の究明と防災の方途及び復興の様子に引き続き注目したい。

引用文献

Aurelio, M.A. 2000. Shear partitioning in the Philippines: Constraints from Philippine Fault and global positioning system data. *The Island Arc*, 9, pp.584-597.

Catane, S.G., Cabira, 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,

| | フィリピン・レイテ島 ギンサウゴン村 | 徳島県那賀町阿津江 | 高知県大川村 |
|------|--|---|---|
| 地質 | 凝灰質砂岩～礫岩 角閃石ダイサイト (基盤岩→岩屑) | 黒瀬川帯 破砕された緑色岩 (基盤岩→岩屑) | 三波川帯 結晶片岩 (岩屑) |
| 規模 | 大規模 ($2 \times 10^7 \text{ m}^3$) | 大規模 ($1 \sim 2 \times 10^6 \text{ m}^3$) | 中規模 ($10^3 \sim 10^4 \text{ m}^3$) |
| 移動速度 | 非常に速い 100～140km/hr. | 非常に速い 72～180km/hr. | 速い 54～69km/hr. |
| 発生素因 | フィリピン断層に沿う 急傾斜の断層と 破砕帯の存在 | 地下で直交する断層 | パイプ孔からの 地下水の吐出 |
| 運動形態 | 基盤岩の破砕流動 | 緑色岩(基盤岩)の 破砕流動 | 凝集力を欠いた 岩屑の再移動 |

図8 ギンサウゴン村と平成16年四国で発生した地すべりの特徴

southern Leyte, Philippines. Landslides, 4, pp.85-90.

Yumul Jr., G.P., Dimalanta, C.B., Tamayo Jr., R.A. and Maury, R.C. 2003. Collision, subduction and accretion events in the Philippines: A synthesis. The Island Arc, 12, pp.77-91

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, 622, pp.41-48.

桜井 亘・徳永良雄. 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. 新砂防砂防学会誌. 263 : 58-6. 39-43.

横山俊治・村井政徳・中屋志郎・西山賢一・大岡和俊・中野 浩. 2006. 2004年台風10号豪雨で発生した徳島県那賀郡阿津江の破碎帯地すべりと山津波. 地質学雑誌. 112 (補遺). pp.137-151.

村井政徳. 2007. 二つの対照的な流動型地すべりの素因と運動像 : 古第三系神戸層群と四国黒瀬川帯および三波川帯の例を比較して. 高知大学大学院黒潮圏海洋科学研究科 (学位論文), pp.1-133.

Large-scale Landslide Caused by Debris Avalanche at Guinsaugon Village in Southern Leyte, Philippines : Report of On-Site Field Investigation

Shin-ichi Yoshikura^{1) 2)}・Masanori Murai^{1) 3)}・Eddie L. Listanco⁴⁾ and Yoshinori Morooka¹⁾

1) Graduate School of Kuroshio Science, Kochi University, Monobe-otsu, Nankoku-shi, Kochi 783-8502

2) Faculty of Science, Kochi University, Akebono-cho 2-5-1, Kochi 780-8520, Japan

3) Chugoku Development Survey Co., Ltd., Kougonaka 2-13-24, Nishiku, Hiroshima 733-0822, Japan

4) National Institute of Geological Sciences, University of the Philippines

Abstract : Field survey on a landslide, which occurred at Village of Guinsaugon in St. Bernard, Southern Leyte, Philippines on 17 February 2006, was successfully carried out during 26 November to 3 December 2007. The landslide is perhaps the most destructive single one in Philippine history that killed more than a thousand of its residents and erased one whole village from the map.

The landslide started from the crown area at the

700 m ridge of Mt. Can-abag located in the active Leyte segment of the 1,200 km long northwest-southeast trending major left-lateral strike-slip Philippine Fault Zone. There are several lines of evidence showing the occurrence of the catastrophic sector collapse at the beginning of the landslide triggered by heavy rain fall and earthquake such as hummocky topography and debris-avalanche deposit. The collapsed sector moved as a dry debris-avalanche and transformed into water saturated debris-flow and mud-flow by mixing up soils saturated with water and water in the rice fields and rivers. Sediment originating from this collapse event has been recognized in far distant area by splattered mud adhered coconut palm tree trunk up to 2m high from the ground level.

There are small hills aligned parallel to the Philippine Fault Zone at the eastern foot of the mountain chain including the Mt. Can-abag probably consisting of the old landslide deposits. The Himbungao River runs parallel to the Philippine Fault Zone in the landslide area was bended at some points by the ancient landslide. These suggest that the catastrophic landslides occurred repeatedly in this area. There are some indicators of the early stage of the catastrophic sector collapse such as bulging of the mountain slope, linear depression at the ridgeline and bending of the coconut palm tree by landcreep at the foot of the mountains. These are good indicators to predict the site of occurrence of the catastrophic sector collapse in the future. The more detailed investigation is required for the prediction.

Key word : Guinsaugon, Philippine Fault Zone, Catastrophic sector collapse, Debris-avalanche, Debris-flow, mud-flow