

インドネシア東部ジャワ州ジェンベル 県で発生した地すべり及び泥流災害

伊藤 驍*・Edi P. UTOMO**・Gatot M. SOEDRADJAT***

A study on Jember landslide and mudflow disasters in East Java, Indonesia

Takeshi ITO*, Edi P. UTOMO**
and Gatot M. SOEDRADJAT***

Abstract

Continuous rain increasing in its intensity during the period since December 25, 2005 until January 1, 2006 in the Jember Regency of the East Java Province, Indonesia has caused several huge landslides in the upstream area of the Bedadung watershed. The heavy rainfall in the upstream area caused severe flooding and mudflows downstream along a stretch of 20 km along the upstream rivers. The event took a toll of 98 human lives, destroyed hundreds of hectares of rice fields, and caused damage to hundreds of houses, particularly hit being the Manggis and the Glengseran villages. The railroad and National Road No.2 near Rambipuji city were also severely damaged causing a temporary breakdown of the transportation and lifeline systems along these arteries due to the landslides with flooding and mudflows. The significance of the occurrence of this huge natural disaster in the Jember Regency provides an opportunity to study such phenomena to anticipate the occurrence of such events in the future in Indonesia, and to prepare for the mitigation of their disastrous impacts.

The authors have investigated the disaster-stricken areas, and the results of their study are elaborated upon in the present paper.

キーワード：豪雨，東部ジャワ州ジェンベル県，地すべり及び泥流災害，災害防止技術

Key words : heavy rainfall, Jember Regency-East Java, landslide and mudflow disasters, disaster prevention technology

* 秋田大学
Akita University
** インドネシア国立科学研究所
Indonesian Institute of Sciences

*** インドネシア鉱物エネルギー省
Ministry of Mineral & Energy, Indonesia

本報告に対する討論は平成21年8月末日まで受け付ける。

1. まえがき

2005年12月25日から降り始めた雨は東南アジア一帯を襲い、2006年1月初頭まで降り続いた。このためインドネシアのジャワ島では至る所で水害や地すべり及び泥流災害が発生し、特にジャワ島東部のジェンベル県（Jember Regency）では県都ジェンベル市が一時孤立するなどの災害が発生した。ジェンベル県の地すべり及び泥流災害は、インド洋に注ぐベダドン川（Bedadung river）上流の渓流部における地すべりに端を発する。災害はまず、連続降雨によって発生した地すべりによって溪流が堰き止められ、堰き止められた水は豪雨によって一気に噴き出し泥流と化し、20 km 下流域の広範囲にわたって被害をもたらした。比較的降雨も地すべりも少ない東部ジャワ州（East Java Province）での災害であったが、今回は高峰で囲まれた谷地形の中で地すべりと泥流災害が併発したもので、100名近い死者を出す大災害となった。

これによって東部ジャワ州の大動脈ジャワ鉄道や国道2号線が寸断され、物資の輸送が一時途絶えた他、ベダドン川流域の通信機能及びライフラインに大きな打撃を与えた。

著者らは早急に現地入りし災害状況を調査した。しかし、地すべりが発生した上流部は二次災害の危険が伴うので復旧工事や災害調査が行き届かず、未だ調査が手つかずのところが多い。これまでジェンベル県の災害についてまとめた調査報告書¹⁾は筆者ら以外に無く、またその後も組織的な調査隊は入っていない。

本災害は、被害規模や災害の性格など今後インドネシアの地すべり及び泥流災害対策を考える上で様々な問題点を投げかけているので重要な意味を持つ。即ちインドネシアでは近年地すべりおよび泥流災害が合併して起こり、この種の併発災害がますます増加傾向にある。しかも自然災害はもとより人的災害の性格を併せ持つ複合型災害の性格が強くなり、したがって、これら災害発生の問題点を整理しておくことは、今後の調査研究を行う上で重要であり、本報告は今後の参考になると思われる。

本報告では、これまでの調査結果から、東部

ジャワ州ジェンベル県中山間地において地すべりに端を発して生じた災害が泥流災害と化し、20 km 下流部にも甚大な被害をもたらした災害の特徴を解明できたので、ここに緊急にとりまとめた内容を報告する。

2. 災害概況と地形

図1に調査研究地点の位置を示す。ジャワ火山連峰の東端に位置するこの地域には高峰が連なる。その中で、今回の災害は特に高峰として際立つアルゴプロ山（Gunung Argopuro: 3,088m）の南側斜面に集中した。周辺にはさらに2,000mを超す幾つかの高峰が北に伸び一つの山塊を成す。一方この東側にジャワ島東端部を代表する3,332mのラウン山（Gunung Raung）とこれに連なる2,000m級の高峰が北東に伸びこれも一つの山塊を成す。この両者の間に挟まれるように形成された谷地形にジェンベル市がある。この谷地形は北東に伸び、これに沿ってジャワ鉄道や国道が走る。

主な災害は、図2に示す東部ジャワ州ジェンベル市から西方約11 kmの図中に調査地域として示したランビプジ（Rambipuji）を流れるベダドン川流域（Bedadung watershed）で発生した。

このうち主な災害の位置関係を図3に示す。災害は図3に示すデノヨ川（Dinoyo river）沿いとさらにその上流のパンティ（Panti village）に合流するクラタカン川（Klantakan river）とプチイ川（Putih river）、その上流側のマンガス川（Manggis river）沿いに集中した。

この地方の都市及び集落は、アルゴプロ山とさらにその東にそびえ立つラウン山に挟まれた谷地形に立地し、人口密度が高く集約農業が発達している。特に災害をうけた地域は、アルゴプロ山の南側斜面の高標高地から樹枝状に流れる小河川上流部の谷地形や扇状地状の地形に集中していた。このため人的被害はこうした地形で多く、特にマンガス（Manggis village）は地すべりの多い谷あい立地していたため、地すべり災害で多くの人命と家屋を失った。そして下流側のスチ（Suci village）、ケミリ（Kemiri village）、グレンセラン（Glengseran village）、パンティ等では一部地すべ

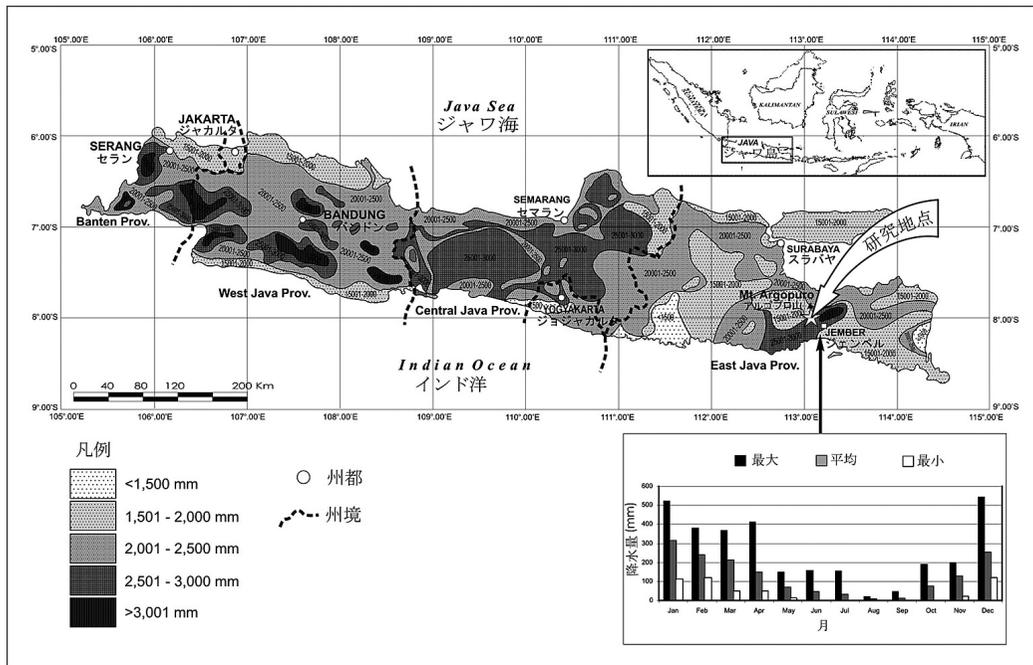


図1 ジャワ島 (Java Island, Indonesia) の年間平均降水量の分布とジェンベル (Jember City : 図2 参照) の月別降水量 (インドネシア農水省1985-2005年の統計原図を描き直す)

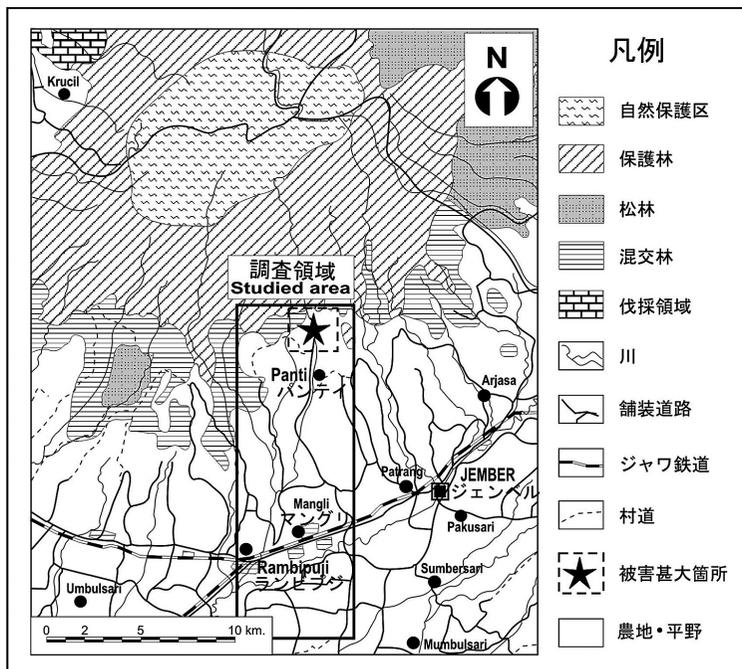


図2 ジェンベル県 (Jember Regency) ランビプジ (Rambipuji) 付近の土地利用図

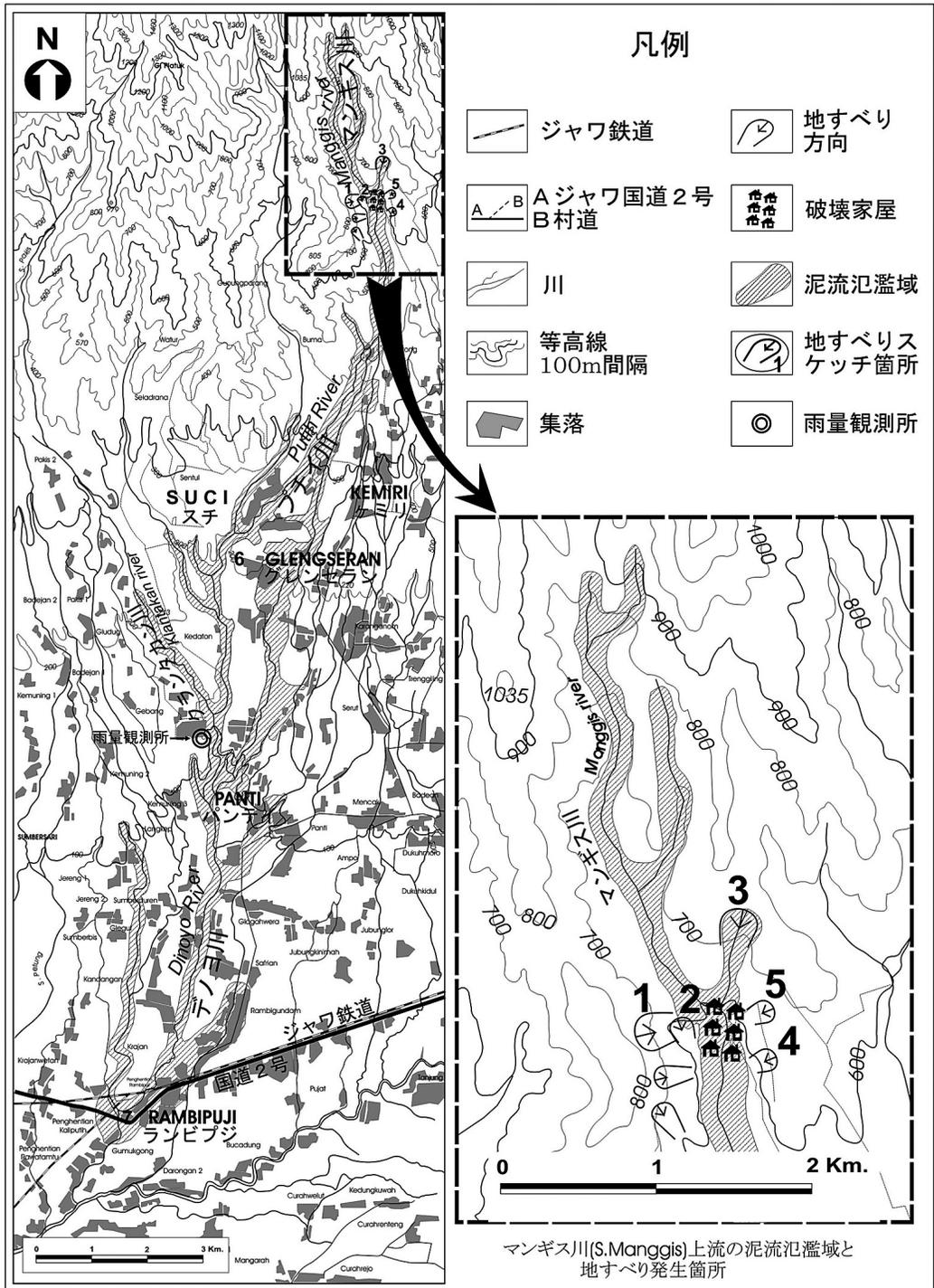


図3 ジェンベル県の主な地すべりと泥流被害領域及び付近の地形図

りの発生と併せ、泥石流が一気に襲来したため、泥石流氾濫による被害が顕著となった。この災害によってベダドン川流水域全体で98名の人命が失われる事となった。

以上のように、人的被害及び家屋被害が同時に発生したのは地すべりを原因とする上流のマンギス、グレンセランに多く、一方、泥石流氾濫に伴う家屋及び耕作地の流失被害は、扇状地上に位置するケミリ、パンチ及びデノヨ川沿いの集落、さらにデノヨ川がベダドン川に合流するランビブジ等で多く発生した。

流失した橋は全部で6箇所、破壊された砂防ダムは9箇所、全壊家屋は数百棟、流失した田畑は数百haに及ぶ。中山間地で発生したこれら詳細な災害統計は未だ整理されていない。

以上からこれまでの調査で判った災害の特徴を整理すると、

- ① 災害は東部ジャワ州ジェンベル県のアルゴプロ山南麓ベダドン川流水域上流で発生し、河川沿いの集落を飲み込み、20km下流の広範囲に広がった。これによって多くの家屋が破壊され、98名の人命と膨大な耕作地が失われた。
- ② この災害は標高700m前後の多雨域における谷地形の地すべりに端を発し、これが溪流を堰き止め、連続降雨量が大きく雨量強度も大きかったため溜まった水は一気に激流と化し、土砂と共に氾濫し平坦部に流下した。したがって、地すべり及び泥石流災害という合併型災害の様相を呈したのが特徴である。
- ③ 小河川の上部部の斜面勾配の大きいところでは主に地すべり災害が発生した。したがって、上部部の人命災害の多くは地すべりによる。
- ④ 土地開発の進んだ河川合流部や勾配の緩い扇状地上では泥石流災害が多く発生した。従って家屋及び耕作地の流失被害の大半はこのような地形上で発生した。

3. 降水量の分布と災害発生時の降雨状況

インドネシアの気候は雨季と乾季に分かれる。雨季は概ね12月から4月まで続くが、この期間に河川氾濫や地すべり及び泥石流災害が多く発生す

る。特にジャワ島には火山性の起伏に富んだ多数の谷間が存在し、そこがプランテーションに利用され、年々高標高地に居住域が拡大している。このような土地利用と重なって表層土は未圧密の火山性堆積物で覆われているため、雨季になると小河川の上・中流域では地すべり等地盤災害が目立つ。一方、下流や平坦地では洪水（現地語でバンジール：Banjir）が多く発生する。これが雨季毎に繰り返されている。

図1に示したように、ジャワ島は東に雨が少なく西に多く、地すべりの頻度も雨の量に対応する²⁾。しかも東西に走るジャワ火山連峰の南側、すなわちインド洋に面したところは火山性堆積物が厚く堆積しているため、地すべり及び泥石流災害が併発し易い。近年、これらの災害は東部ジャワ州でも増加傾向にある³⁾。

年間平均降水量が3,000mmを超す多雨域は西ジャワ州（West Java Province）やバンテン州（Banten Province）に多く見られる。地すべり及び泥石流災害は、ジャワ島では2,000mmを超す領域で多いことが知られている⁴⁾これら災害頻度と年間降水量の関係を調べてみると、ジャワ島では2,100mm以上でこの相関が高いことが判明している⁵⁾。今回の災害調査対象地域は、雨が相対的に少ない東部ジャワ州の中でも特異な多雨域に当たる。その年間平均降水量は図1によれば2,501~3,000mmとなっている。図1の右下に示すジェンベル市の月別降水量をみると、明らかに12月から4月の雨季にかけて降水量が多い。今回の災害は雨季の初期に発生したもので、最近の大型地すべり災害は雨季の初期に発生する傾向が見られることと一致する⁶⁾。

さらに降水量のみならず地質学的にも第三紀層および第四紀層の堆積層で地すべりが発生するという共通点がある⁵⁾ので、ジャワ島はわが国の砂防技術導入の適合性が高い所と言える。

ところで図4は、クラタカン（位置は図3参照）で観測された日降水量¹⁾の変化を示している。ベダドン川流水域では2005年12月25日から急に雨足が速まり、降り始めた雨は連続して降り止まず徐々に増え続けた。そして2006年1月1日にはつ

いに日降水量178mmを記録し、この短期間における累積降水量は実に600mmを超える記録となった。このため、かつてない大規模な地すべり及び泥流災害を招くこととなった。

この日クラタカンから北東約5kmの山間部のマンガス集落では、図3の右側に示すように、少なくとも7箇所以上の地すべりが発生した。マンガスはクラタカン（標高約100m）よりも標高が高く、700m前後の狭い谷地形に位置している。したがって、図4に示すクラタカンの降雨よりもさらに上回る多量の降雨があったことは容易に想像できる。

このように連続的に降り続いた雨は、図4に示す8日間だけでも年間平均降水量の1/4を越す。このような記録的連続降雨が年末年始に集中した。わが国でも連続降水量が5日間で300mmを越すと先ず地盤災害は免れないといわれる。ではなぜここに強雨域が存在し、地すべりをもたらしたのか？その理由を考察すると次のようである。

- ① 被災地は3,000mを越す高峰が幾つかそびえ立ち、南向きの谷地形に存在すること。
- ② 南のインド洋から吹きつける湿った大気が高峰に挟まれた谷地形に停留しやすいこと。
- ③ 北側の高峰を超えて南に吹き下ろす寒冷な大気が、インド洋から入ってくる湿って暖かい大気とこの谷地形で接触し、温度差が大きい等のため、気象擾乱を引き起こし、ダウンバースト性の強雨が発生したと考えられること。

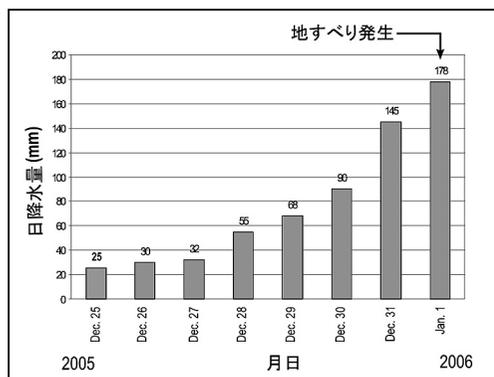


図4 地すべり発生に至るクラタカン(Klantakan; 図3参照)での日降水量の変化

- ④ ダウンバースト性の気象擾乱はここでは12月から4月の間に多く発生し、特に初期に多量の雨を降らせていること。
- ⑤ プランテーションが進み山腹には地すべりに強いとされる根が深い巨木が無く、表層土が脆く雨水が浸透し易く流れ易くなっていること。等々が重なったため、地すべり及び泥流災害が併発したものと考えられる。

以上のような気象現象による雲の動きは、当時の気象衛星画像によっても確認できる⁷⁾。

4. 地すべり及び泥流災害発生に関する考察

図3に主な災害地点を示したが、大きな災害箇所については図中に番号を付した。

ところで図5は、上記災害箇所のうちマンガスで発生した地すべり地点1～5(図3参照)の崩壊断面及び崩壊土の堆積状況をスケッチによって示したものである。この1～5の地点における地すべり規模は総括すると、幅50～150m、長さ100～200m、地すべり面の深さ5～10m、冠頭部の滑落崖の高さは5～10m程度となっている。

ここでは今回の災害の主な地点における災害発生機構について考察する。

まず、地すべりが発生した災害地域は谷地形を成し、その上部は45°以上の急斜面を成す。居住域の谷の深さは標高20～40m程度で、斜面の中腹部で15～20°程度で、テラス状の地形には集落が形成され、地域住民はココア、コーヒー等の換金作物を栽培している。この付近の河川は溪流を成すが、雨季には激流となって洗掘が著しい。谷の低地面は緩やかな勾配で波状の起伏地形を成すため主に田畑に開発され、標高が高くなるにつれ段々畑や棚田等の耕作地が多い。したがって、異なった地形に基づいた異なった災害形態が見られたので、以下にこれらの相違事例をスケッチによって説明する。

4.1 地形に基づく災害発生機構

まず、マンガスの地すべり及び泥流災害発生過程における地形的概観について述べる。

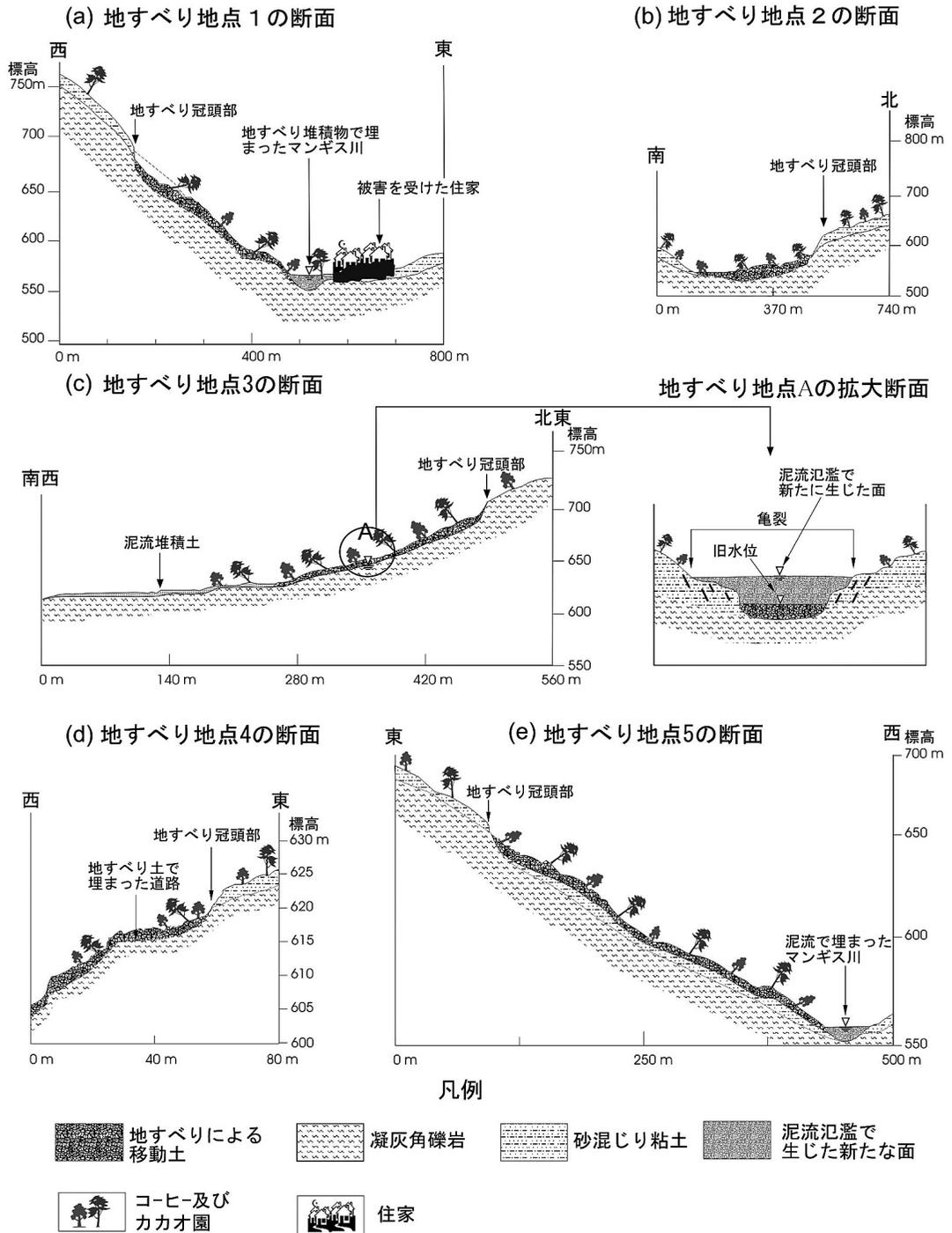


図5 マンギス (S. Manggis) の地すべり (図3参照) に示される各番号箇所 の崩壊断面及び泥流土の堆積状況のスケッチ

図5 (a) は標高700m付近で発生した地すべりの断面である。移動土塊はマンギス川を埋め、土砂ダムを形成した。溪流は深いV字谷を成すため、河川流水はたちまち堰き止められた土を溢流し、鉄砲水 (flash flood) となって流下した。(b) の場合、以前の地すべり土が再滑動したもので、地すべり崩壊土は河道とほぼ平行して移動したため河川を堰き止めなかったが、(c) では河川を溢流させ、水位は3 m以上も上昇した。(d)、(e) では耕作地で大きな斜面崩壊を起こし、いずれも河川を埋め川の流れを変えた。これらの地すべりはいずれも標高700m前後の中山間地で発生している。これより災害発生日点の特徴を整理すると次のようになる。

- ① コーヒー及びココアのプランテーションが700m以上の高標高地に広がるなど農業による土地利用が高標高化し、大木が伐採された。
- ② 高標高のテラス状の地形に居住域が開発され、地下水はあるが水田ではなくプランテーション等の農耕地 (以下 dry field と呼ぶ) の上部斜面から地すべりが発生した。
- ③ 発生した地すべりの形態は主に2つの種類がある。一つは斜面を直下する樹枝状タイプであり、もう一つはスプーン型の崩壊である。
- ④ 樹枝状崩壊は強い雨と斜面勾配が大きいためガリー浸食を伴う。スプーン型の崩壊はすべり面があまり深くなく、勾配も15~20°と緩く、冠頭部には溶岩や大きな火山礫等の岩塊が存在し、大量の流動土砂を伴う。これは dry field 付近に多く見うけられた。
- ⑤ プランテーションが進んだ所の地表は風化した未圧密の火山性堆積土で覆われ、雨水が浸透し易い状態にあった。

特に注目すべき点は、沢の上流には過去の地すべりによって堰き止められたと考えられる小さな沼が点在していたことであった。年間を通じて水枯れが無く、地下水の供給源になっていたものと考えられる。

次に図6は、マンギス川の下流に当たる (a) キミリ、(b) グレンセラン、及び鉄道や国道が遮断された (c) ランビズジ付近の災害状況をスケッチ

によって示している。

アルゴプロ山の南麓に静脈状に流れる小河川はV字谷を形成し、谷口には扇状地を形成した。そこに田畑が開発されているが、(a) では今回泥流災害が著しく、多くの住家と耕作地が失われた。また、キミリ付近を流れるプチ川は泥流による洗掘が激しく、河床を大きく変えた。

写真1はこの様子を示す。この写真によれば沢がV字形に浸食を受けた状況が見てとれる。

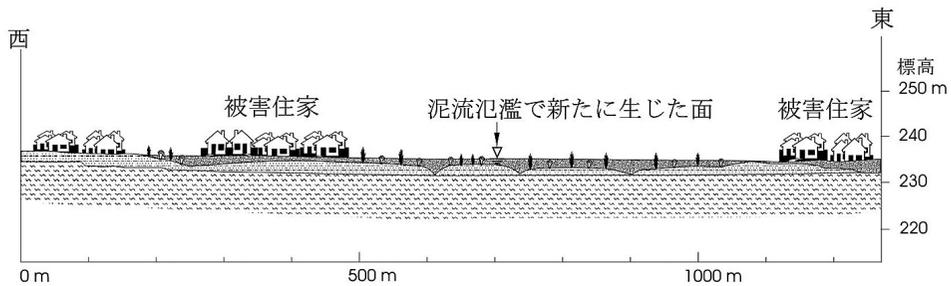
一方、(b) のグレンセランではプランテーションによるココアやコーヒー園が地すべりによって被害を受けた。斜面を活動した土砂は泥流化して流勢を加速させた。泥流は河川だけでなく、道路にもあふれ、写真2のように、土砂は人家の間の道路を流下した。その流跡痕を見ると、1 m以上



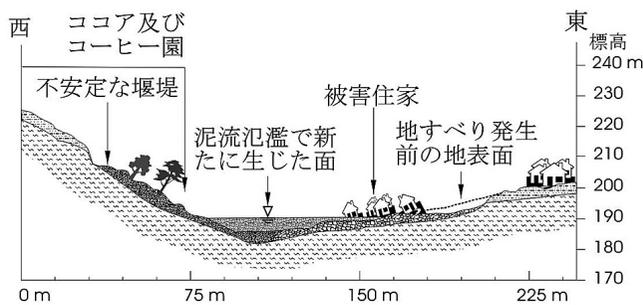
写真1 泥流によるプチ川 (S. Putih) の旧河床の洗掘状況



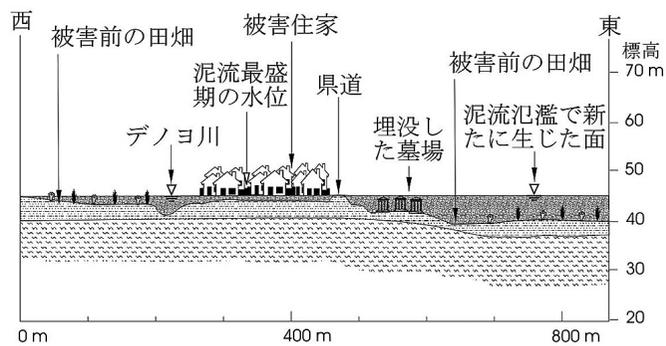
写真2 グレンセラン (Glengseran; 図3の6の地点) 集落における泥流痕跡



(a) キミリ(Kemiri village)における住家及び田畑の被害甚大区域



(b) グレンセラン(Glengseran village)における住家及び田畑の被害甚大区域 (写真2参照)



(c) ランビプジ橋(Rambipuji bridge)付近の泥流氾濫被害状況

凡例



図6 地すべり及び泥流氾濫による被害顕著点での災害状況のスケッチ

の高さまで土砂流が到達していたことがわかる。

さらに下流部の平坦地 (c) ランピプジでは泥流によって遊水池のような巨大な堰止め湖が形成され、幹線道路が埋没した。

以上から、ベダドン川流水域の災害形態を上、中、下流域で整理すると、

- ① 上流部の中山間地では地すべり発生に伴う崩壊土砂が河川を堰き止め、対岸までの距離が小さいV字谷を成すため一旦土砂ダムを形成するが、強い降雨による河川増水ですぐに溢流し、泥流となって流下した。上流部では土砂の崩壊作用と運搬作用が顕著に現れた。
- ② 上・中流域での地すべりは概ねプランテーションによるココアやコーヒー園の斜面で発生した。これによって多くの人命が失われた。ここでは土砂の洗掘作用と運積作用が共に顕著で地形を大きく変えている。
- ③ 中・下流部では水勢が増し加速した泥流が家屋及び耕作地を流失させた。
- ④ 下流部では泥流は集水し巨大な堰止め湖を形成して耕作地を冠水させ、幹線道路を遮断し、物資の輸送を途絶させ、さらに地域のライフライン全般に甚大な影響を及ぼした。ここでは土砂の沈積作用が顕著となった他、ゴミ流木等のストリームダストの貯留場と化した。
- ⑤ 上・中・下流域全般にわたって被災地域は経済が停滞して日常生活が麻痺し、疫病が蔓延した。

4.2 地質的要因と地すべり発生機構

地すべり発生機構を考える場合、言うまでもなく地震を除けば、気象環境と地形・地質環境が主要因となる。ここでは主に地すべり発生地点の地質学的特徴について述べる。

災害地域はアルゴプロ山やラウン山の噴火活動によって生じた新第三紀の火山角礫岩や凝灰角礫岩を基盤としている。所々に安山岩質の溶岩流が見られ、山腹斜面の表層には風化の進んだ火山灰土が堆積している。これが風化し砂混じり粘土となったものや多孔質の土砂として堆積したものが混じっているため、プランテーション等の農耕地

に適している。表層土の厚さは2～15m程度であるが、未圧密であるため雨水が浸透し易い。斜面の植生は根の浅い植物が大半であるため、前記したように地すべりに強いとされる根の深い大木はなく、土は雨に流されやすい脆弱な強度となっている。また、不透水性の溶岩流の上にこうした透水性多孔質表層土が存在する場合、地すべりが起こりやすい斜面となるが、現地はその典型であった。さらに基盤の凝灰角礫岩と表層土との境界面が風化して粘土化している等、これも滑り易い斜面を形成する要因となっていた。

災害地域の山腹には、こうした地すべりを起こしやすい地質的条件が存在するため、雨季毎に地すべりが繰り返されてきたことが推察される。すなわち地域住民の報告によれば、川の上流には地すべりによる小さな土砂ダムが点在し、大雨の時に突如崩壊して洪水をもたらしているという。大雨でなくとも上流の沼沢地の存在は、地すべりを起こす水瓶的役目を果たしていたのではないかと考えられる。

5. 災害減災のための対策技術

災害発生地域の状況を視察すると、主に次の2つの視点から防災対策の必要性が推挙できる。

5.1 ソフト的対策

- ① 現地の住民にどこが危険であるか(例えば上流に土砂ダムが形成されているとか地盤のキレツや落石箇所等以前に発生した所があるとか樹木が傾斜している等)を周知させる。
- ② 災害危険箇所に関するハザードマップを作る。
- ③ 土地利用のための土地区分を明確にし、土地利用のルールを厳正に守らせる。
- ④ 地すべりや洪水の危険箇所には家を建てさせない指導をする。
- ⑤ 地すべりや泥流災害はなぜ起きるのか等、基本的な防災教育を施す。
- ⑥ 地域防災のためのコミュニティー作りを促す。

5.2 ハード的対策

- ① Dry fieldの中に災害を防ぐ大木(マホガニー、

アレン, パニヤンツリー, チークウッド, ククイの木等)の植生技術を導入する。これらは20年位で換金木に成長する。

- ② 斜面の危険箇所には緊急対策を施す。
- ③ 危険箇所をモニタリングし, 雨量等観測網や警報システムを整備する。
- ④ 危険箇所にある集落は住宅等移動対策をとる。
- ⑤ 上流部の中山間地の災害では重機を入れず人命救助等の緊急対策が後手にまわる。このため中山間地における災害対策を検討する。

等々が目下の緊急課題として指摘できよう。しかし現地では未だ防災技術や復旧対策技術が不十分なため, 災害が野放しで手つかず状態のところが多くみうけられる。

今後の対策として, 中山間地をはじめ緊急災害時の対応を如何に迅速に効率的に行うかを過去の教訓に学び実践していく必要がある。

6. まとめ

以上, インドネシア東部ジャワ州ジェンベル県で発生した地すべり及び泥流災害に関し, これまでの調査結果について述べた。

この災害の特徴をまとめると以下のようである。

- ① 災害発生地域は, 3,000mを超す高峰に囲まれた大きな谷地形に存在し, ダウンバースト性の気象擾乱が発生し易い場所であった。
- ② 災害は, 雨季初期における強い雨が途切れなく連続し, 結局8日間連続で600mm以上の記録的豪雨があった所で発生した。
- ③ この雨で地すべり及び泥流災害が併発し, ベダドン川流域に集中して98名の人命を失った。
- ④ 地すべりは, 小河川上流部にあるV字谷の斜面標高700m前後の所で多く発生した。この地すべりは, プランテーションが進み大木が伐採され, dry fieldとなった斜面上位から発生している場合が多かった。
- ⑤ 地すべり斜面の表層は未圧密で殆どが多孔質の火山性堆積土で覆われ, 雨水が浸透し易い土であった。地すべりは, さらにこの表層土

と基盤との境界面が粘土化して弱面が存在した所や, 表層土が溶岩流の上に載った所で多かつた。

- ⑥ 地すべり災害は主に河川の上流域で, 泥流災害は中流域の扇状地上で顕著となり, ここでは特に家屋や耕作地が多く流失した。下流部には泥流湖が形成され, 水田や耕作地を冠水し, さらに交通機関が遮断された。このため, 地域経済が麻痺し陸の孤島化現象が生じた。
- ⑦ 地すべり崩壊土を運んだ泥流は, 地すべり及び泥流災害の合併型災害として現れた。合併型災害は流下過程で洗掘能力が大きく, 著しく地形を変えた。
- ⑧ 今回の地すべり及び泥流災害は, 農耕地の高標高化が進んだことが要因になった可能性が高い。
- ⑨ この種の合併型災害はインドネシアの土砂災害の典型と言えるものであり, 今後また同様の災害が発生する可能性が高い。

以上のように, 近年インドネシアでは地すべりに端を発し, 泥流災害となる併発災害が多くなった。これらは自然災害か人為的災害かの判定が困難な複合型災害とも言えるものである。人口密度がますます高まりつつあるジャワ島では今回のような災害と類似した災害が再び起こる可能性はかなり高いといわれる。いずれにしてもこうした災害を防ぎ, 災害を減らす方向の取り組み方を如何に推進するかが大きな課題である。特に緊急時の人命救助については優先して考えなければならないが, 中山間地での災害対策が極めて手薄になっている。これは日本も対岸の火事とばかりは見えていられぬ深刻な問題であり, 優れた技術力を持っている国がこうした地域に経験を活かし, さらに技術協力を行って援助していくことが一層待望される。

参考文献

- 1) Gatot, M.S.: Tanggap darurat bencana gerakan tanah dan banjir bandang di Sumberdaya Mineral, Republik Indonesia. (In Indonesian), 27p, 2006.

- 2) Utomo, E.P. and Ito, T.: Landslide hazard assessment on Java Island, Indonesia (in contribution to Landslides, Journal of the International Consortium on Landslides, 2008)
- 3) Surono: Landslide mitigation in Indonesia, case study: Landslide occurrence in 2003-2006 period, Proceedings of International Symposium on Geotechnical Hazards: Prevention, Mitigation and Engineering Response, pp.337-383, 2006.
- 4) 伊藤 驍・Utomo, E.P.: インドネシア・ジャワ島における地すべりについて, 第26回日本自然災害学会学術講演会講演概要集, 日本自然災害学会, pp.71-72, 2007.
- 5) Ito, T. and Utomo, E.P.: A study on meteorological variations in winter of snowy regions in Japan, Int'l symposium and workshop on current problem in groundwater management and related water resources issues, pp.1-13, 2007.
- 6) Utomo, E.P.・Gatot, M.S.・伊藤 驍：ジャワ島中部カラニアニャールで発生した地すべりについて, 地すべり, Vol. 44, No. 6 (182), pp. 75-77, 2008.
- 7) Additional Information of Jember landslide cited from http://www.who.int/hac/crises/idn/sitreps/indonesia_jember_sitrep3_5jan2006.pdf, pp.1~6, 2006.

(投稿受理：平成20年4月9日

訂正稿受理：平成20年10月15日)