タイ王国ナコンシタマラート県ピブン郡の1988年の崩壊災害

Some Geomorphological Characteristics of the Slope Failures caused by
Heavy Rain Storm in the Southern Part of Thailand in 1988

大 倉 博* 田 中 耕 平* 古 谷 尊 彦**
Hiroshi OHKURA Kouhei TANAKA Takahiko FURUYA

Abstract

The writers have an interest in the slope failures in Thailand which consist of the natural features contrast in a striking way with Japan, and researched them on Nakhon Si Thammarat in the southern part of Thailand. The results are as follows.

- 1) The slope failures caused by a heavy rain storm in Thailand show a tendency to be controlled by the topographical features ; zero or first order stream, front of erosion, function of watershed and others.
- 2) Surface soil of a surveyed area includes two types : deep weathering red soil and shallow weak weathering whitish soil. The slope failures occurred in both types.
- 3) The slope failure materials are rich in Kaolinite on the basis of results of an X-ray diffraction analysis.

1. はじめに

筆者らは気候風土の異なる日本とタイ王国の崩壊現象がどのように異なるか、という点に関心を持ち、1988年11月タイ王国南部で発生した崩壊災害を調査した。この災害の主な原因は、熱帯性低気圧の通過に伴ってもたらされた豪雨による洪水、崩壊、土石流によっている。

調査地域はマレー半島のタイ王国領のピブン郡に当たる(図-1)。気候は赤道季節風帯に属し¹⁾、植生区分からみれば熱帯多雨林と雨緑林帯からなる²⁾。土壌は赤黄色土・ラドゾルが分布する³⁾。

調査はリモートセンシング画像の解析と現地踏査、および採取した土壌試料の室内分析である。現地踏査による試料採集は資源や微生物の含有等による検閲など、多少の制約があった。災害状況に関しては現地で聞き取り調査も実施した。

なおこの研究を実施するに当たって、タイ王国国家研究評議会リモートセンシング部の方々にお世話になった。研究費の一部は科学技術庁科学技術振興調整費の一部を使用した。

2. 1988年11月災害の概要

マレーシアの東方の南シナ海で発生した熱帯性低気圧は、成長しながら11月19日から23日にかけて、北西方向に移動し、タイ南部からアンダマン海に抜けた。その後この熱帯性低気圧はサイクロンへと発達し、ベンガル湾を

図-1 1988年11月19日から23日までの降水量(mm)と調査地域 The Meteorological Department of Thailand⁴⁾をもとに加筆作成。

* 科学技術庁防災科学技術研究所

** 千葉大学教養部

襲った。この熱帯性低気圧にともない多量の雨がタイ南部にもたらされた(図-1)。その結果、タイ南部の14の県で洪水が発生し、そのうちナコン・シ・タマラート(Nakhon Si Thammarat)県の山地地帯で被害が最も大きく、この地域の三つの村が壊滅的な被害をこうむった。死者371名、経済的損失は65億バーツ(約400億円)に達し、その原因の大部分は崩壊・土石流によっている⁴⁾。

このときの状況は壊滅的な被害を受けた三つの村の一つ、ワットクラトゥンヌア(Wat Kra Thun Nua)の小学校の先生マニト・ポーシャーテン氏の説明によれば以下のものであった。「今回の災害では洪水・土石流が3回、部落を襲った。まず11月21日の昼に先行降雨があったが、それはたいした量ではなかった。同日の夜半に強い雨が降った。22日午前3時頃に第1回目の洪水が襲ってきた。これは水だけで土砂は含まれていなかった。午前6時頃、雨が強いにもかかわらず、川の水がとまった。第2回目の洪水は午前7時頃に襲ってきた。やはり水だけで土砂は含まれていなかった。この第2波により部落の一部の家が流され、その住民は避難した。しかし、部落の中心部にはまだ水がきていなかった。午前8時頃水位はややさがり出した。この頃山の方で音がきこえた。同日午前11時頃、山の方でまたすごい音が連続して聞こえた。しかし、雨のため何が起きたのかは見えなかった。雨足はあいかわらず強かった。第3波は、午後2時頃襲ってきた。これには砂と木と泥が多量に混じっていた。今までで水位が一番高くなり、部落の中心部まで水がきた。部落の中心部の人々は木の上や家の上に逃げたが、逃げられなかった80人余が死亡した。午後3時頃から水位が

下がり出し、23日の朝までかかって水は引いていった」彼によれば14年前に洪水があったが、たいした被害は出なかった。また過去の災害の伝承もないが、井戸の掘さく時などに地下6m以深から埋積された古い家の残骸、生活用具などが出てくるとのことであった。

3. 被害地周辺の地形・地質・植生

被災地はタイ南部マレー半島中部のタイ湾側にあたり、スラタニ(Surat Thani)市とナコン・シ・タマラート(Nakhon Si Thammarat)市の間の山地地帯である。この地域の標高は最高高度1835mを示し、千数百mの山々が点在している。東側はタイ湾に接し、海沿いには沖積低地が南北に伸びている。西側は南から北へ流れるタピ(Tapi)川の沖積低地がひろがっている。

調査地域は被害のひどかった三つの村を南側に含め、図-1のように設定した。調査地域内の北側ほぼ中央に1366mの山峰が位置し、東、南、西の各方向に高度をさげる。このため調査地域の南側と西側には沖積扇状地が発達する。被害のひどかった三つの村はこの扇状地上に位置している。

調査地域の山地部は主に花崗岩からなり、地質図⁵⁾によれば、両雲母花崗岩、斑状花崗岩、角閃石花崗岩とペグマタイト岩脈からなる。それぞれの分布は示されず、一括して花崗岩として表示されている。また、その花崗岩の上にルーフペンダントとして、シルル紀から石炭紀にかけての変成を受けた堆積岩が分布しているが、その分布域は狭くかぎられた地域である(図-2)。

植生は熱帯林とゴムのプランテーションがほとんどで、裸地や植生が疎らな地域も見られる。

図-2
調査地域の地質図
タイ王国発行の地質図⁵⁾
をもとに作成。

写真-1 SPOTマルチスペクトラル(XS)画像、パス-ローウ263-333、取得日1989年2月9日、
赤：緑：青＝バンド3：バンド2：バンド1(この配色では植生が赤く発色する)。

4. 崩壊地の分布

写真-1にSPOT画像による崩壊地の分布を示す。SPOT画像はマルチスペクトラル、パースロウ263-333, 取得日1989年2月9日である。

この画像によれば崩壊の発生頻度が場所によって大きく異なっている。調査地域内の山地部の西部に、南北方向に極端に崩壊の発生頻度の少ない地域が存在する。また調査地域北部の最高点1,366m付近とその南西側にかけて、崩壊地の分布の少ない場所が存在する。この地域より北側は薄い雲がかかり、画像があまり鮮明でなくなるが、かなりの崩壊発生頻度を示す。調査地域の西端も一部に雲があり、情報は十分ではないが、雲の間にかなりの崩壊地が認められる。

5. 崩壊地の調査

3箇所の崩壊地の現地踏査と錫の露天堀の跡地、ならびに道路沿いの切り通しでの露頭調査をおこなった。調査した崩壊地の位置を図-2に示す。第1の崩壊地のスケッチを図-3に示した。この崩壊では、上部で厚く堆積している赤色土層が中段の遷急線付近までに徐々に薄くなり下部では、露岩が出ている。この例では、すべり面は風化基岩の中にあり、すべり面上に一部土壌が残っている場所もあるが、多くは風化基岩が露出する。

第2の崩壊地は、第1の崩壊地とほとんど同じであるが、すべり面が赤色土層内にあるもので、崩壊地内に風化基岩がほとんどなく、全体として厚い赤色土が分布しているものである。遷急線の位置が第1の崩壊に比べてかなり低い位置にある。

第1ならびに第2の崩壊が赤色土の分布で赤く見えたのに比べ、第3の崩壊は外見上、色が白く見えるのが特長である。この崩壊地には、赤色土が分布せず、急斜面を未成熟な土壌層が薄く被っている。また、この他にも、白く見える崩壊地は傾斜の急な斜面に分布している。

これらの崩壊地でピットを掘削し、また、錫の露天堀の跡地と切り通しでは露頭面を数10cm掘って柱状図と試料採取をおこなった。その柱状図を図-4に示す。採取した試料については、全岩と粘土のX線回折分析を実施した。結果は表-1, 表-2のように整理した。

6. 考 察

1) 崩壊の発生頻度について

スポット衛星画像には崩壊地の分布に偏在性が認められた。その理由を考えるため、調査地域のリニアメント・水系、高度分布の各図を作成した(図-5, 図-6)。

以下それぞれの特徴について述べる。図-5中AからBにかけて示されているリニアメントはその規模、直線

図-3 崩壊地のスケッチ

図-4 土層柱状図

性、鮮明度から断層の存在が推定される。その方向性はNW-SEで、他のリニアメントの大半の傾向も同様の方向である。またそれにほぼ直交するNE-SW系のリニアメントも明瞭に認められる。それら以外に、南北ないしN85W方向のリニアメントが若干認められる。ただし南北系のリニアメントは調査地域の西側に偏在する。

図-5に示される水系の特徴は以下ようになる。水系はリニアメントの影響を受け、そのパターンは大略上記リニアメントに示される3方向が卓越する。調査地域内のいくつかで水系の希薄な部分がありこの希薄な地域について1/5万の地図のコンターパターンと画像を参考にしてその地域を抽出して図-6に示した。

写真-1のスポット画像の崩壊地とこの水系を比較すると、崩壊が極端に少ない場所と水系の希薄な地域が良一致を示している。

表－1 採取試料の全岩のX線回折分析の結果

+++：著しく富む ++：富む +：やや富む -：存在する ?：存在が疑わしい

試料番号	石英	長石	雲母	カリアイト	試料番号	石英	長石	雲母	カリアイト
01071289- 1	+++	+	-	?	01091289- 80	+++		-	
01071289- 2	+++	+	-	-	01091289-100	+		-	
01071289- 3	+++	+++	-		01091289-120	++		-	
					01091289-130	++		-	
01091289- 0	+++	?	-	-	01091289-150	++		-	
01091289- 20	+++	?	-	-	01091289-170	++		-	
01091289- 40	+++	?	-	-	01091289-190				
01091289- 60	+++	?	-	-					
01091289- 80	+++	?	+	-	02091289- 10	+++	++	-	?
02081289- 20	+++	?	-	-	03091289 ラライト	+++	-	+	
02081289- 40	+++	?	-	-	03091289- 2				
02081289- 60	+++	?	-	+	04091289- 20	+++	-	-	
02081289- 80	+++	?	-	-	04091289- 50	++	?	-	
02081289-100	+++	?	-	-	04091289- 80	++	-	+	
02081289-120	+++	?	-	-	04091289-120	++	-	+	
					04091289-160	++	-	+	
01091289- 20	++		-		04091289-200	+	-	+	
01091289- 40	+++		-		04091289-240	++	?	-	
01091289- 60	++		-						
					05091289	+++	++	?	

表－2 採取試料の粘土のX線回折分析の結果

+++：著しく富む ++：富む +：やや富む -：存在する ?：存在が疑わしい

試料番号	カリアイト	伊利石	モンモリロナイト	試料番号	カリアイト	伊利石	モンモリロナイト
01071289- 1	++	+		01091289- 80	+++		?
01071289- 2	++	+	+	01091289-100	+++		?
01071289- 3	+	-	?	01091289-120	+++		?
				01091289-130	+++		?
01091289- 0	+++	+		01091289-150	+++		
01091289- 20	+++	+		01091289-170	+++		
01091289- 40	+++	+		01091289-190	+++		
01091289- 60	+++	+					
01091289- 80	+++	+		02091289- 10	+++	++	
02081289- 20	+++	+		03091289 ラライト			
02081289- 40	++	+		03091289- 2			
02081289- 60	+++	+		04091289- 20	+++	+	
02081289- 80	+++	+		04091289- 50	+++		
02081289-100	+++	+		04091289- 80	++	+	
02081289-120	+++	+		04091289-120	++	+	
				04091289-160	++	-	
01091289- 20	+++		-	04091289-200	++	-	
01091289- 40	+++		-	04091289-240	++	-	
01091289- 60	+++		-				
				05091289	+	++	

等高線は標高、500m、800m、1,000m、1,200mを描いた。図－6中C、Dで示した場所は標高800mの等高線が尾根状に南東に伸び、この部分を地質図と対照すると変成を受けた堆積岩がルーフベンド状に分布する場所とほぼ一致する。その位置で標高800mの等高線が半島状にはり出すことは、周囲の岩石に較べて、その部分がやや侵食に対し抵抗性が高いことを示す。同様に水系の希薄な地域では、等高線図から見て各地域とも標高が高いことがわかる。すなわち、崩壊の少ない場所は開析谷の分布の希薄な地域で、かつ周囲に較べ、標高が高い傾向にある。この解釈として、次の三つの可能性が考えられる。

第1の可能性は、この地域の地質はまったく同じ種類の花崗岩であるが、水系の希薄な地域に古い前輪廻の地形面が残存しているという予想である。これは空白域が高度的に高い場所に存在し、水系の発達が悪きをも説明するのに好都合である。一般に古い前輪廻の地形面は平坦で厚い残積土に覆われ、水系の発達が悪く、相対的に高い高度にある。そして、この平坦部分では侵食のポテンシャルが小さく崩壊の発生が少ないのが一般的である。日本におけるこのような例としては1982年の松坂市西部の崩壊や1983年、1988年の浜田地区の崩壊があげられる。

第2の可能性は、この地域が熱帯地域特有の風化侵食のメカニズムを有し、岩石の風化侵食に対する抵抗の差

が標高差となって表現されている可能性である。水系の希薄地域となった場所は地質図上で同じ花崗岩と表現されていても貫入時期が異なり、岩相の異なる花崗岩が分布している可能性があり、その岩質の差が崩壊発生頻度の差として生じるという考えである。日本における同様の例としては小原村災害があげられる。これは1972年に梅雨末期の豪雨が愛知・岐阜の県境の花崗岩地帯をおそい、多くの死者、行方不明者を出した。この崩壊災害は同一地域に分布する花崗岩でありながら岩相が異なり、

崩壊を多発発生させた花崗岩と、崩壊をほとんど発生させなかった花崗岩とに別れた例である。

第3の可能性は、まだ見出されていない堆積岩のルーペンダントの存在である。

これらの解釈のうちもっとも可能性が高いのは、等高線のパターンの相違から考えられる岩相の差である。古い岩相の部分は侵蝕に対して強いため、結果として古い地形面が残り、上部に厚い残積土を残していると考えられる。いずれにしても、精密な地質の調査が必要である。

図-5 リニアメントと水系

図-6 水系の希薄な地域

2) 崩壊物質について

粘土のX線回折分析によれば崩壊地1から3までの崩壊物質は肉眼的には異なるにもかかわらず、定性分析結果はほとんどかわらない。“いわゆるラテライト風化”特有のカオリナイトが圧倒的であり、副成分鉱物としてイライト等が認められるだけで、定性的には大きな変化はない。しかし、全岩のX線回折分析では、崩壊地1と3の未成熟土からはカリ長石が明瞭に認められ、風化が十分進んでいないことが示された。このため、崩壊はカリ長石が消滅し、カオリナイトが形成された赤色土の所ばかりでなく、風化が十分進んでいない未成熟土のところでも発生している。このことは、崩壊の発生が土層の種類に支配されているのではなく、斜面の遷急線、0次谷、一次谷等による集水機構など地形的位置に支配されていることを示している。

崩壊地3の表土層厚はわずか30cmたらずであった。一般に遷急線より下の急傾斜部では未成熟土の崩壊が多くなる。急傾斜地では、“いわゆるラテライト”，が生成される以前に崩壊が発生して表土層が削り取られている。このため崩壊面が白く見える崩壊地ではすべり面深度が浅く、赤く見える崩壊では、すべり面深度が深い傾向にある。

まとめ

1. 一般に崩壊の発生は降雨、地形、地質条件、植生等の複合現象であるが、崩壊の発生をもっとも強く支配している因子は降雨で、次いで地形・地質条件、植生の順であると筆者らは考えている。今回のピブン郡の調査では、植生に対する研究は十分ではなかったが、

植生条件よりも一般に崩壊の発生に影響が大きいと言われている地形・地質条件に有為の差がある可能性を指摘した。即ち、地質図上で同じ花崗岩とされている場所でも、地形・地質的分析を詳細に行えば、条件が異なっており、それが崩壊の発生頻度に影響を与えていると考えられた。

2. 崩壊は赤色土の分布域でも、まだ赤色土が形成されていない白っぽい未成熟土の地域でも発生している。しかし、白っぽい崩壊地は小流域の下流端や扇状地に面した山裾に多い傾向があり、今後、地形的な特性とこれら両者の崩壊地の分布特性を精密に比較する必要がある。
3. 温帯の日本における崩壊の特長と熱帯のタイの崩壊のそれはあまり変わらず、現象として大差ないことを示した。しかし、表土層の差、林相の違い、乾季雨季の影響など熱帯地域特有の地域的条件があり、さらに精細な調査を行っていく必要がある。

参考文献

- 1) Alissow B. P. (1954) : Die Klimate der Erde, Berlin.
- 2) 吉岡邦二 (1973) : 植物地理学, 生態学講座12, 共立出版.
- 3) 松井健 (1988) : 土壌地理学序説, 築地書館.
- 4) The Meteorological Department Bangkok, Thailand (1989) : THAILAND Country Report on Natural Disasters in Thailand during 1988 and 1989, Presented at The JICA Follow-up Team on Meteorology Group Training Course (Bangkok.3-10 December 1989).
- 5) Geological Survey Division (1976) : Geological map of Thailand 1 : 250,000 ; Changwat Nakhon Si Thammarat (NC47-15) , Geological Survey Division, Department of Mineral Resources, Thailand.

(原稿受理日 平成3年3月30日)