

土木学会平成 19 年度全国大会
研究討論会 研-05 資料

ローカル・ソイルの土砂災害ハザードマップ —火山土とマサ土を主として—

座長 稲垣 秀輝 (株)環境地質
話題提供者 草野慎一 広島県
森脇武夫 呉工業高等専門学校
鈴木 素之 山口大学
村上ひとみ 山口大学
安養寺 信夫 (財)砂防・地すべり技術センター
北村 良介 鹿児島大学

日時 平成 19 年 9 月 13 日 (水) 10:50~12:20
場所 広島大学 東広島キャンパス
総合科学部 L102

地盤工学委員会
火山工学・斜面工学研究小委員会

ローカル・ソイルの土砂災害ハザードマップ—火山土とマサ土を主として—

目 次

1. 土砂災害の減災に向けた土砂新法の活用 草野慎一 1
2. 斜面土砂災害の危険度評価のための雨量指標 森脇武夫 3
3. 芸予地震時の斜面土砂災害の特徴 鈴木 素之 5
4. 地震時の斜面土砂災害 村上ひとみ 7
5. 火山地域の土砂災害 安養寺 信夫 9
6. シラス台地での斜面土砂災害の特徴 北村 良介 11

趣旨

(株)環境地質 代表取締役 稲垣秀輝

火山工学研究小委員会では、雲仙普賢岳の火山災害を契機として種々の研究に着手し、火山土の土砂災害の研究を進め、いろいろな火山でのハザードマップづくりの研究を行ってきた。最近では富士山の噴火を対象としたハザードマップの事例研究もまとめている。また、斜面工学研究小委員会では、豪雨時や地震時の斜面災害を研究しており、最近では中越地震時の旧山古志村の斜面災害について総合的にまとめ報告書を作成した。わが国の斜面災害は、特殊な地質条件に左右され危険度評価や対策をより困難にしている。本研究討論会ではこれらの研究成果をもとに、国内に広く分布する火山土とマサ土に焦点をあてて土砂災害危険度、基準雨量とそれらに基づくハザードマップのあり方を討論する。

1. 土砂災害の減災に向けた「土砂災害防止法」の活用

広島県 土木部砂防室 草野 慎一

土砂災害防止法は、土砂災害の恐れのある区域における警戒避難体制整備や、土地利用規制等を行う事を目的として制定されて法律である。本稿ではこれらの区域指定が、土砂災害の減災にどのように活用されているか、また更なる活用促進のためにどのような検討が必要かについて述べる。

1. 土砂災害警戒区域等の指定の現状

広島県における、年度別の区域指定の数と、平成18年度末の指定状況（市町村別）をそれぞれ表-1、表-2に示す。区域指定は、過去の災害の発生状況や、土砂災害の危険箇所の分布等を勘案しながら進めているが、結果的には県南部での指定が先行している傾向にある。総数については、県内の土砂災害危険箇所が約32,000箇所ある中で、平成18年度末の指定が2,863箇所（約9%）であり、今後一層の指定増が必要である。また、総数の問題ではないが、市町の土砂災害に対する防災体制整備の観点から、未指定の10市町における指定促進も重要な課題であると考えている。

年度	箇所数
平成14年度	13
平成15年度	113
平成16年度	698
平成17年度	1,047
平成18年度	992
累計	2,863

表-1 年度別指定実績

市町名	箇所数	市町名	箇所数
広島市	644 (568)	東広島市	189 (171)
呉市	253 (224)	廿日市市	270 (247)
竹原市	182 (168)	安芸高田市	8 (7)
尾道市	208 (189)	江田島市	64 (57)
福山市	324 (307)	安芸太田町	290 (273)
三次市	95 (91)	世羅町	98 (88)
庄原市	238 (224)	(11市2町)	2863 (2614)

表-2 H18末の市町別の指定数 ()内は特別警戒区域

2. 警戒避難体制整備への活用

図-1は、当県におけるハザードマップの作成状況であり、13の市町が警戒区域等の指定を受けているが、それを反映したハザードマップを作成しているのは現時点では3市だけである（図-2）。その理由として、市町がハザードマップを作る際には、土砂災害以外の災害現象（特に、豪雨に起因する洪水、高潮）も一緒に記載しなければならないため、幾つかの種類のデータが集まるまで作成を待つという傾向がある様である。各種災害現象の区域調査を、できるだけ進捗調整しながら実施する必要がある。

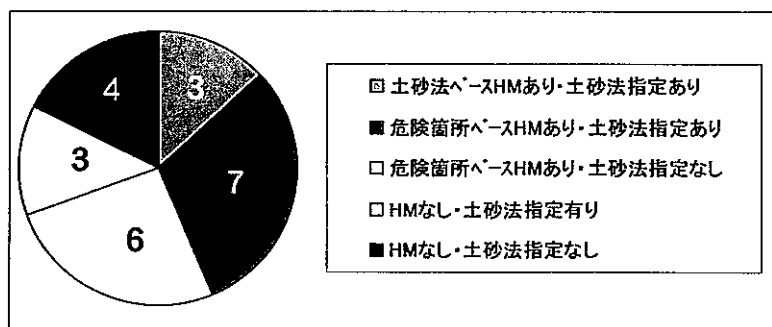


図-1 広島県内の市町村別ハザードマップ（HM）の作成状況 図-2 東広島市における土砂災害警戒区域を記載したハザードマップ

また、ハザードマップの活用については周知段階の問題もある。行政だけで作成したハザードマップは、どうしても「押しつけ的」な物となってしまう、活用の度合いが落ちる。その対策として、ハザードマップの作成過程そのものに住民に加わってもらう「手作り」型の手法があり、広島市安佐南区の伴地区自主防災連合会が作成しているものがその代表例であるが、最近では三次市が、ハザードマップの作成過程を住民に体験してもらう机上訓練を実施し、住民からの評価は非常に高かったようである（写真-1）。しかし、このような「手作り手法」は効果が高い反面、時間と手間が掛かり早期の広範囲の作成は困難である。ハザードマップの作成

方法について、複数の災害現象を含めた有る程度の標準化が必要な段階に
来ていると思われる。またハザードマップ以外で、警戒区域等の指定が活
用される事例として、各市町が作成される「地域防災計画」にこれら区域
についての記載がなされる事が上げられる。図-3に、広島市の地域防災
計画の該当箇所を示す。現在県内市町のうち、約半数において何らかの記
載がなされているが、今後もその継続推進が必要である。



写真-1 三次市での訓練の様子

3. 建物構造補強・土地利用規制への活用

(1) 既存家屋の構造補強

表-2に示すとおり県内で既に2,614箇所の特設警戒区域の指定
がなされている。そのうち、御自宅等が特別警戒区域内に有るかど
うかの問い合わせはあっても、実際に家屋補強を行い、その建築確
認がなされたという事例は未だない。家屋補強の義務は、既存家屋
を改築する際にのみ発生するものである事と、仮に改築するにして
も特別警戒区域に掛からない範囲に位置を調整して改築すれば補強
は要しない等、対応方法も有ることから、現在までの所、該当事例
が上がってきていないのではないかと推察している。

第5 警戒避難体制に基づく避難計画（道路交通規制、消防用危険要路、各区域に於ける
浸水想定区域及び土砂災害警戒区域等）については、当該区域ごとに定められた警戒避難体
制に基づき適切に対応する。

区 分	警戒避難に関する内容	執行的処	取 扱 法 則 (地保法令第5条)
浸水想定区域	1 浸水予想の浸水方法 2 浸水想定 3 その他浸水の発生を防止する 為の確保を要するに必要事項	水防計画に 定めること による。	浸水想定区域に おける警戒避難 体制 【水防条例等】
土砂災害警戒 区域	1 土砂災害に關する情報の収集及び 伝達 2 警戒区域の指定及び伝達 3 避難区域の指定及び伝達 4 移動その他の土砂災害を防止する 為に必要な事項	水防計画に 定めること による。	浸水想定区域に おける警戒避難 体制 【土砂災害警戒区域に おける警戒避難 体制に関する条例 等】

図-3 広島市の地域防災計画の抜粋

(2) 土地利用規制

土地の開発規制についても、まだ正式な開発許可申請が上がってきた事例はない。しかし、その前段となる
相談は散見されつつある。相談の結果、正式な開発許可申請が上がってくるか、あるいは特別警戒区域を避ける
形で開発計画が作成されるかは開発者の判断によるが、いずれにしても特別警戒区域内に宅地が造成される
事は抑制できる。今後は、このような事前相談の数が増えるよう、開発業者への周知が重要であると考えてい
る。なお、土砂災害防止法に基づく区域指定結果は、指定後速やかに広島県のホームページ上に公開している。

4. 平常時の啓蒙活動への活用

区域指定後の効果ではないが、区域指定を行う過程で実施する住民説明会が、平常時の啓蒙活動として非常
に有効であるとの認識がある。これは、この説明会は一般的な啓蒙活動と比べて、参加者の生命や家屋が、直
接土砂災害の危機にあるという説明を聞かされるために関心度が上がるためと推察される。この段階で警戒避
難体制の必要性を理解してもらえれば、その後の体制整備を円滑に進める事ができる。

上記のように、きめ細かい住民説明会は、土砂災害防止法の最終目標の一つである、警戒避難体制整備に有
効であるため簡略化をすべきでないという考え方もあるが、他方で説明する行政側の体制の限界があり、余り
に多数の説明会は実施困難である。そして、説明会を効率化（多くの人数を集めて、少ない回数で実施する）
を進めないと、1. で記載した今後の指定数の急増は難しい。啓蒙効果を保ちつつ、説明会の効率を上げる事
が必要だと考えている。

5. 今後必要な技術的検討

土砂災害防止法による区域指定は、「災害が起こった場合の影響範囲」を示すのみで、ある斜面や溪流にお
ける災害の発生確率やランク分けの情報は含まれていない。しかし、リスクマネジメントの検討には、発生確
率は不可欠な要素であると思われる。斜面等の危険度判定研究は、現在も数多くなされているが、その中から
土砂災害防止法で指定している斜面や溪流の、災害発生危険度を評価できる手法の実用化が望まれる。

キーワード 土砂災害防止法、警戒避難体制、土地利用規制、住民説明

参考文献等

- ・河川 2007-5月号 土砂災害危険地域における住民主導型の警戒避難体制の確立（群馬大・片田教授）
- ・「広島県防災 WEB」 <http://www.bousai.pref.hiroshima.jp/hdis/index.jsp>

2. 斜面土砂災害の危険度評価のための雨量指標

森脇 武夫¹

¹正会員—呉工業高等専門学校教授—環境都市工学科 (〒737-8506-広島県呉市阿賀南2-2-11)

moriwaki@kure-nct.ac.jp.

Key Words : slope failure disaster, rainfall index, risk evaluation, granite slope, effect of earthquake

1. はじめに

降雨による斜面災害の危険度を評価するために様々な機関および研究者によっていろいろな雨量指標が提案され、警戒・避難に利用されている。例えば、土砂災害に対する警戒・避難に用いられることの多い国土交通省の提言案では、横軸に半減期72時間の長期実効雨量、縦軸に半減期1.5時間の短期実効雨量を取り、この図上に避難の準備を行うための警戒基準雨量線、避難を終えるための避難基準雨量線、および土砂災害が発生する土石流発生危険基準線を引いて災害発生の危険度評価を行っている。この方法は、雨量観測点付近の危険度の時間的な変化を表すには適しているが、災害発生の危険度を2つの物理量で表しているため、危険度の空間的分布やその時間的な移動を地図上に表すことができない。そこで、累積雨量と降雨強度の2つの物理量を1つの物理量で表し、これによって斜面崩壊の危険度評価を行うために提案されている方法およびその適用性を紹介する。さらに、この指標を用いて、強い地震動を受けた地域における斜面崩壊発生雨量の変化について検討した結果を紹介する。

2. 雨量指標 R' の定義と適用性¹⁾

雨量指標 R' は、式(1)、(2)および図-1に示すように、座標上に示された長期実効雨量 R_L と短期実効雨量 r_s の2つの値を、原点を遠点に設けた楕円弧の長径を用いて1つの値で表現したものである。

$$R_{fs} = \sqrt{(R_L - R_w)^2 + a^2(r_s - r_w)^2} \dots\dots\dots(1)$$

$$R' = R_{fs0} - R_{fs} \dots\dots\dots(2)$$

ここに、
 R_L : 長期実効雨量 (mm)
 r_s : 短期実効雨量 (mm)
 R_L : 座標上の横軸基準点
 r_s : 座標上の縦軸基準点

a : 重み係数
 R_{fs0} : $R_L=0, r_s=0$ のときの R_{fs} 値

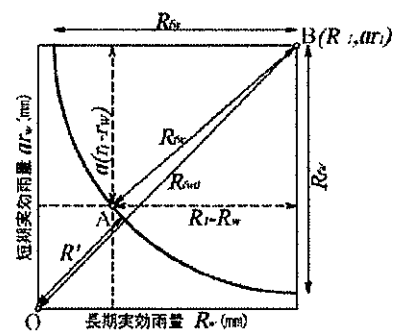
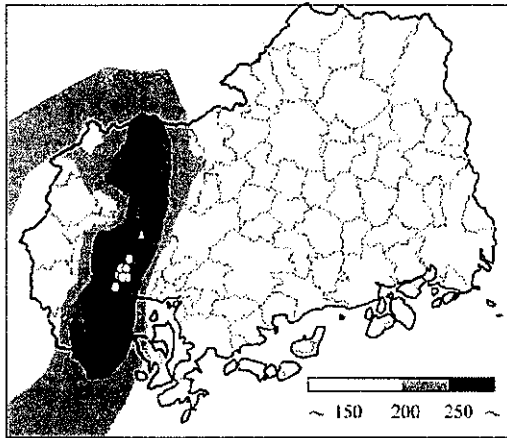


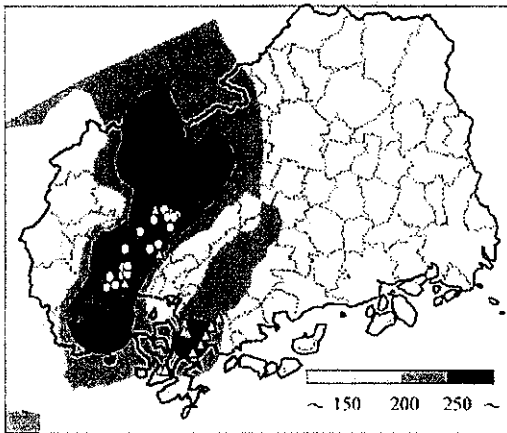
図-1 R_w と R' の定義

- 雨量指標 R' の特徴としては、以下の点が挙げられる。
- ① 公表されている時間雨量データを用いて、リアルタイムに近い形で危険度を知ることができる。
 - ② 危険度を1つの値の大小で表現するため、直感的に危険を判断することができる。
 - ③ 観測地点ごとの R' 値を用いてコンターマップを描くことにより、危険度の空間的分布を視覚的に表現することができる。
 - ④ 単純な式で、係数も比較的少ないため、地域ごとの特性を反映させることも容易である。

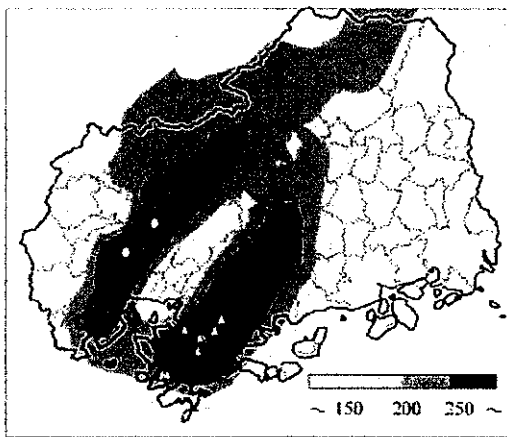
図-2に1999年6月29日の広島災害における雨量指標 R' の等値線図を示す。図中には発生時間帯が分かる土石流やがけ崩れ災害箇所を時間帯別に記載しているが、時間帯により危険度の高い(R' が大きい)エリアが推移する様子がよく分かる。このエリアと災害発生地点がよく一致しており、 R' 指標で良好に危険度を評価することが可能であるといえる。これ以外にもいくつかの事例を分析し、広島周辺のまさ土地帯では、係数 $R_L=450\text{mm}$ 、 $r_s=150\text{mm}$ 、 $a=3$ を用いたときに、土石流、山地崩壊、がけ崩れが起り始める R' の下限値はそれぞれ250mm、175mm、125mmであることが分かっている。



(a) 1999.6.29 14:00~15:00



(b) 1999.6.29 15:00~16:00



(c) 1999.6.29 16:00~17:00

○：表示時間内に発生した土石流災害
 △：表示時間内に発生したがけ崩れ災害
 図-2 R' の地域分布図と崩壊地点の関係

3. 地震被災による基準雨量の変化²⁾

強い地震動を受けるとそれまでより少ない降雨で斜面崩壊が起こることが知られており、大きな地震後は基準雨量を低下させている場合がある。しかし、どの程度基

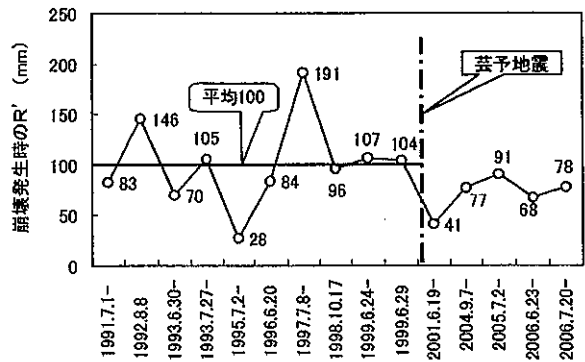


図-3 斜面崩壊発生時の R' の時間的変化

準雨量を低下させたら良いかについては明確な基準がなく、経験に頼っている。そこで、2001年3月24日に芸予地震によって石積み擁壁を中心に多くの斜面崩壊が起こるとともに、地震によってダメージを受けた斜面がその後の降雨で崩壊した広島県呉市において、2001年芸予地震の前後で斜面崩壊をもたらす降雨特性がどのように変化したかを検討した事例を紹介する。

図-3は、1991年以降に一連の降雨によって10箇所以上の被害が報告された土砂災害において、斜面崩壊が発生し始めた時刻の R' の値を示したものである。なお、呉市では1991年以降の16年間で、上記のような災害は15件、崩壊箇所が1,358箇所にも上っており、毎年のように降雨による斜面災害が繰り返されている。図-3より、芸予地震前の斜面崩壊が発生するときの R' の平均値は約100mmであったが、芸予地震直後には41mmまで減少し、極めて小さな降雨で崩壊が発生していることがわかる。その後、斜面崩壊が発生する R' の値は増加し、2004年からは $R'=70\sim 90\text{mm}$ でほぼ一定となっているが、地震以前の R' の値より若干小さく、依然として地震の影響は残っていると思われる。

また、呉市における被害形態としては、芸予地震前後を通して崖くずれが全体の約80%を占め、芸予地震の影響は現れていない。一方、斜面崩壊が起こった場所としては、芸予地震までは土砂崖が約75%以上と大部分を占めていたが、芸予地震後は約45%へと減少し、変わって石崖が地震前の約15%から約35%へと増加し、芸予地震によって被害の起こる場所が変化していた。これは、芸予地震によって斜面はダメージを受け、図は省略するが、その影響は3~4年程度残るが、5年程度経過すると以前の傾向に戻っていることを示している。

参考文献

- 1) 森脇, 中井: 降雨による斜面災害の危険度評価のための雨量指標, 地盤と建設, Vol.23, No.1, pp. 19-30, 2005.
- 2) 森脇, 渡辺, 古川, 中井: 呉市の豪雨斜面災害に及ぼす強い地震動の影響, 平成19年度土木学会年次学術講演会概要集, 2007 (印刷中).

3. 芸予地震時の斜面土砂災害の特徴

(1) 地震および地震被害の概要

芸予地震は平成13年3月24日に安芸灘で発生した。地震の規模はM6.7、震源の深さは46kmであった。広島県賀茂郡河内町(現 東広島市河内町)などで震度6弱を、中国、四国、九州地方の広範囲にわたり震度5強から震度4を記録した。この地震による被害は死者2名、負傷者288名、住家全壊70棟、住家半壊774棟、一部破損49,223棟にのぼり¹⁾、被害の状況は各方面から多数報告されている²⁾。以下では、山口県東部(岩国市、周防大島町など112箇所)での被害調査結果³⁾をもとに芸予地震時に見られた斜面土砂災害の特徴について記述する。また、平成17年台風14号の被害調査結果⁴⁾をもとに本地震がその後の豪雨による斜面崩壊に与えた影響について記述する。

(2) 代表的な崩壊事例

図-1に著者らが現地調査した山口県東部における芸予地震の崩壊発生地点(図中の△印)を示す。斜面崩壊は岩国市および大島郡東和町(現 周防大島町)を中心に発生し、その最も西側は平郡島に位置し、それは震央から距離68kmの地点に当たる。斜面崩壊の総件数は112件であり、その内訳は表層崩壊14件(12.5%)、岩盤崩落47件(42.0%)、表層崩壊・岩盤崩落4件(3.5%)および落石47件(42.0%)であった。花崗岩斜面の表層崩壊の一例を図-2に示しているが、崖の頭部での表層崩壊が目立っていた。尾根部において風化した表土層が地震動により崩落したものとみられる。県道60号線を通行

山口大学工学部 正会員 鈴木素之
止めにした岩盤崩落の一例を図-3に示す。対策工の落石防止網工が破損していた。その他、表層崩壊・岩盤崩落の複合型の崩壊や落石が多数発生した。

(3) 崩壊の特徴と対策工の効果

崩壊形態の特徴として岩盤崩落および落石が極めて多く発生していた点が挙げられる。この傾向は平成12年(2000年)鳥取県西部地震の時⁵⁾と類似している。また、樹木の根(太さ2~14cm)が張り出した既存の節理面に沿って岩盤崩落が発生していた。節理面が存在すると、その面でのせん断強度は小さいことは言うまでもないが、根により節理面が広げられた結果、地震動に対して岩盤が不安定な状態になっていたものと考えられる。なお、鳥取県西部地震の際にも同様の原因による岩盤崩落が発生していた。

斜面走向の頻度分布(65件)を図-4に示す。斜面走向はN60°E~N89°Eのものが17件で最も多く、次いでEW~N61°Wのものが12件となっている。これは崩壊斜面の地形および卓越した地震波の伝播方向が反映された結果と考えられる。また、崩壊形態別の崩壊規模(幅、長さ、厚さ)の頻度分布を図-5に示す。崩壊規模については最大の頻度は幅4.9m以下で40件、長さ4.9m以下で45件、厚さ0.4m以下で32件である。岩盤崩落ならびに表層崩壊については、共に頻度の最も大きいものは幅4.9m、長さ4.9m以下、厚さ0.4m以下であった。

斜面对策工として擁壁工(6件)、落石防止柵工(3件)が施工されていたが、圧倒的に多かったのは落石防止網

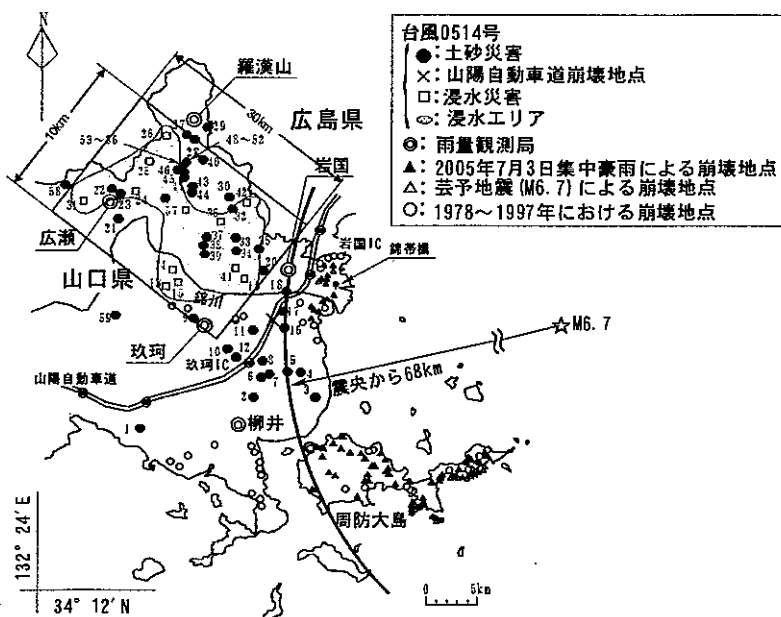


図-1 山口県東部における芸予地震時の崩壊発生地点⁴⁾



図-2 岩国市錦見での花崗岩斜面の表層崩壊³⁾



図-3 旧東和町油宇での大規模な岩盤崩落³⁾

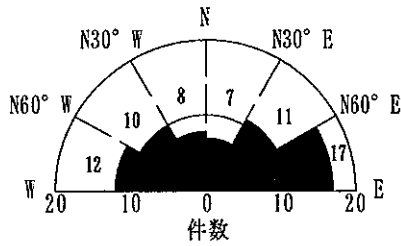


図-4 崩壊した斜面の走向の頻度分布³⁾

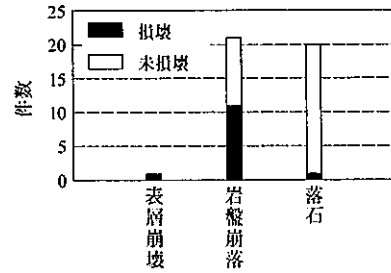


図-6 崩壊形態別に見た落石防止網工の損壊の有無³⁾

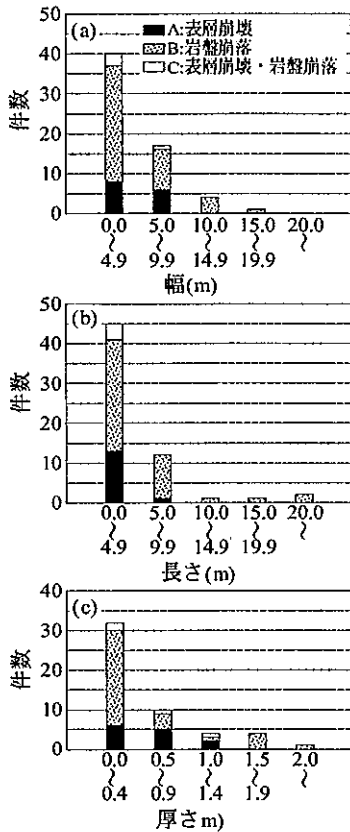


図-5 崩壊形態別の崩壊の幅、長さ、厚さの頻度分布³⁾

工(42件)である。図-6に落石防止網工を施した斜面に着目し、崩壊形態別の損壊の有無について調べた結果を示す。損壊は13件であるのに対して、未損壊は29件である。落石防止網工は落石に対しては20件中1件が破損、図-3に示すような岩盤崩落に対しては21件中11件が破損していた。しかし、落石防止網工が破損した場合においても、落石防止網によって道路内に落石が飛び出すのを最小限に抑えていたことから、この地震に限れば落石防止網工はある程度効果的であったといえる。

(4) 芸予地震がその後の斜面崩壊に与えた影響

芸予地震の発生以後、山口県東部では平成17年(2005年)台風14号により甚大な土砂災害に見舞われた。最初に示した図-1には台風14号による土砂災害発生地点(59箇所)、本台風に約2ヶ月先立つ7月3日の集中豪雨に

よる崩壊発生地点、1978年～1997年までの梅雨期の崩壊地点³⁾を併記している。同図より、芸予地震で崩壊した地点は震央から68km圏内にあり、台風14号における崩壊地点は芸予地震で崩壊した地点と隔離しており、地震の影響を受けていない地域において崩壊が多発した。2005年7月3日の集中豪雨における崩壊地点は周防大島に限定的に分布しており、芸予地震の崩壊地点分布とほぼ重なる。これより、地震により脆弱化した斜面が集中豪雨時により多く崩壊したものと考えられる。

(5) まとめ

平成13年(2001年)芸予地震において発生した斜面土砂災害の特徴は次のようである。① 芸予地震による山口県内の斜面崩壊は震央から68kmの圏内で発生していた。② 岩盤崩落および落石が著しく多く発生した。③ 樹木の根によって間隔が押し広げられた節理面に沿って岩盤崩落が数多く発生していた。④ 岩盤崩落の規模は幅4.9m以下、長さ4.9m以下、厚さ0.4m以下であり、比較的規模の小さいものが多かった。⑤ 周防大島においては、地震により脆弱化した斜面がその後の集中豪雨により多く崩壊したと見られる。

参考文献

- 1) 内閣府：平成13年(2001年)芸予地震について、<http://www.bousai.go.jp/kinkyu/akinada/akinada0919.pdf>, 2003.
- 2) 例えば、地盤工学会芸予地震災害緊急調査団：平成13年芸予地震災害緊急調査速報、土と基礎、Vol.49, No.6, pp.35-38, 2001.
- 3) 山本哲朗、寺山崇、河内義文：2000年鳥取県西部地震(M7.3)および2001年芸予地震(M6.7)の際に発生した岩盤崩落・落石の調査とその特徴、地すべり、Vol.39, No.1, pp.87-94, 2002.
- 4) Sebara, Y., Suzuki, M., Yamamoto, T., Terayama, T., Tomokiyo, T. and Kochi, Y.: Slope disasters caused by Typhoon No. 14 of 2005 in Yamaguchi Prefecture, *Soils and Foundations*, Vol.46, No.6, pp.817-830, 2006.
- 5) Yamamoto, T., Suzuki, M., Matsumoto, N. and Sebara, Y.: Characteristics of slopes consisting of cretaceous granite which failed during rainfall in Yamaguchi prefecture, Japan, *Proc. of International Symposium on Slope Stability Engineering, IS-SHIKOKU'99*, pp.515-520, 1999.

4. 地震時の土砂災害

—2004年新潟県中越地震の人的被害と救急・救助活動—

村上 ひとみ¹

¹—山口大学准教授—大学院理工学研究科環境共生系専攻(〒755-8611宇部市常盤台2-16-1)

E-mail: hitomim@yamaguchi-u.ac.jp

本研究では2004年新潟県中越地震では、地震前の台風0423号による豪雨により土砂災害と家屋地盤被害が増加したと推定される。ここでは人的被害として、死傷の原因・分布、救急救助活動の経緯を分析した。死亡した46名の原因として家屋の倒壊や土砂災害に加えて地震時の疾患や避難生活や復旧活動における震災関連死が多かった。消防搬送事案では落下物、転倒物が多く、自分の転倒、熱傷がこれに次ぐこと、高齢者が多いことがわかる。消防による救助は43件あり、エレベータ閉じ込め、家屋閉じ込め、土砂災害からなる。小千谷地域消防本部は孤立した山古志村・震度7の川口町を管轄しており、消防無線の故障など通信の遮断、道路寸断、人員不足など対策が非常に困難であった。

Key Words : human casualty, emergency response, search and rescue, medical transportation, communication, the 2004 Niigata Chuetsu earthquake

1. はじめに

2007年7月16日、新潟県中越沖地震が発生し、柏崎市、刈羽村等を中心に多くの住宅被害・土砂災害が発生し、死者9名、行方不明1名、重軽傷者1090名、全壊343棟となっている(新潟県報告7月17日現在)。同じ中越地域では2004年地震につぐ地震災害発生となり、その被害と対応が注目される。2つの地震を表1に比較する。

2004年新潟県中越地震(M=6.8)は新潟県小千谷市、川口町、山古志村、長岡市、十日町市他に甚大な被害をもたらした。地震直前には台風0423号による大雨により、10月19日19時から21日10時までの信濃川中流域の流域平均雨量は125mmに達し、10月21日18時には小千谷水位観測点で47.90mに達し、危険水位の47.14mを超えていた(信濃川洪水予報第5号)。このことも影響して、地滑りや土砂崩れにより道路、河川、鉄道が激甚な被害を受けて交通が寸断されるとともに、斜面崩壊、よう壁の被災、液状化等により、住宅の被害も甚大であった。新潟県の被害として全壊家屋2,826棟、大規模半壊家屋1,993棟、半壊家屋10,870棟が、また、人的被害は死者46名、重傷631名、軽傷4,162名が報告されている(2005.04.15新潟県まとめ)。

本稿では人的被害の原因、分布と消防の救急救助活動について報告し、交通、情報伝達などライフライン機能被災の影響と救急・救助活動についての課題をまとめる。なお、詳細は文献1を参照されたい。

表-1 2つの地震比較

地震	2004年新潟県中越	2007年新潟県中越沖
日付	10月23日(土)	7月16日(月、祝)
時刻	17h56m	10h13m
M	6.8	6.8
深さ	13km	17km
震度	7 6強	7 6強
震源地	川口町 小千谷市、小国町、 山古志村	柏崎市西山町、刈羽村 長岡市小国町 長野県飯綱町
余震	極めて多い	普通程度
人的被害 死亡	46名(当日30名)	9名
負傷	4793名	1090名
避難人数(最大)	約10万人	11,348人
被災地人口	約35万人	約10万人

2004年新潟県中越地震の死者(46人)

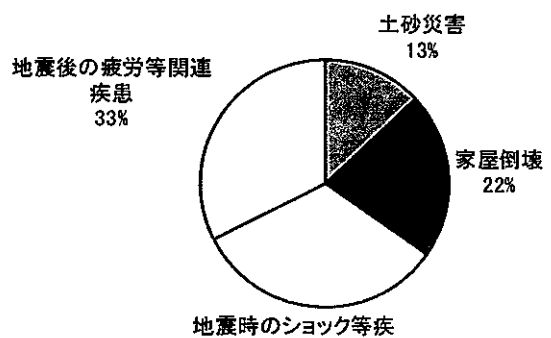


図-1 2004年新潟県中越地震の死者原因

2. 人的被害

この地震による死者46名の原因分布(図1)(新潟県報告、2005.04.19現在)をみると、家屋の倒壊22%対

して、地震時のショック等疾患、地震後の疲労等による疾患など関連死の事例も多い。死者の年齢分布は65歳以上が48%を占め、高齢者の割合が高い。

3. 消防本部の緊急活動状況と救急・救助

(1) 管轄区域とその被災・対応

消防本部の管轄を図2に示す。火災は9件報告されているが、延焼したものはない。

長岡市消防本部は人口規模も本部の規模も大きく、家屋被害が他地域に比べて中程度であったことから、対応は比較的落ち着いていた。

小千谷地域消防本部が管轄する小千谷市、川口町、山古志村は被害が激甚であった。川口町は家屋の全壊、半壊が多数を占める状況で倒壊家屋も多数発生した上、崖崩れや道路・橋梁等の被害により外部との交通が遮断されて孤立状態となり、防災行政無線やもほとんど使えない状態であった。山古志村も、地滑り・土砂災害により村が孤立し、外部との連絡が途絶え、全村民の外部緊急避難を要した。小千谷地域消防本部は地震直後から、消防無線が交信不可能となり、川口署や山古志出張所、出動中の救急車や消防車との連絡がとれなくなった。午後8時頃、新潟県共通波に変更して、消防本部から車両や支署に通信をいれたが、周波数の変更は車両が本部に戻って初めて知る状況であった。その間、川口署は支援が無く孤立の状態被害の把握や近隣の救助や救急に精一杯の非常に困難な状態になった。

十日町消防本部は被害は比較的中庸であったが、北の川口・長岡方面、北西の柏崎方面、東の六日町方面に向かう国・県道が通行止めになり、かろうじて南の長野県方面へ通じていたが、救急搬送にも大きな迂回を強いられた。幸い火災が無かったが、救急病院建物被災による転送の需要、地震負傷や疾病患者の搬送需要が増大し、搬送先が遠いことで困難が生じた。

消防本部管轄区域の平均震度に対して、搬送件数と、負傷者数を消防職員数で割った比を緊急対応の繁忙度と考え、両者の関係をプロットする(図3)。震度が大きく被害も激しい小千谷地域消防本部の繁忙度が高く、十日町地域と魚沼市消防本部がこれに次ぐ。

(2) 救助活動

各消防本部の活動記録に基づき、閉じ込めとして、

①家屋倒壊による閉じ込め、②エレベータによる閉じ込め、③ 家屋や車が土砂崩れなどで埋まったの3種がある。消防の出動事案43件、通報から閉じ込めと推定されるもの17件、合計60件の閉じ込めがあった。小千谷地域消防本部の救助事案15件により合計、生存救出が13名、死亡が3名となった。主要な救助現場は地震発生から180分(3時間、23日午後9時頃)までに活動を開始しており、

15件中14件が900分後(15時間、24日午前9時)までに救助が開始されていた。

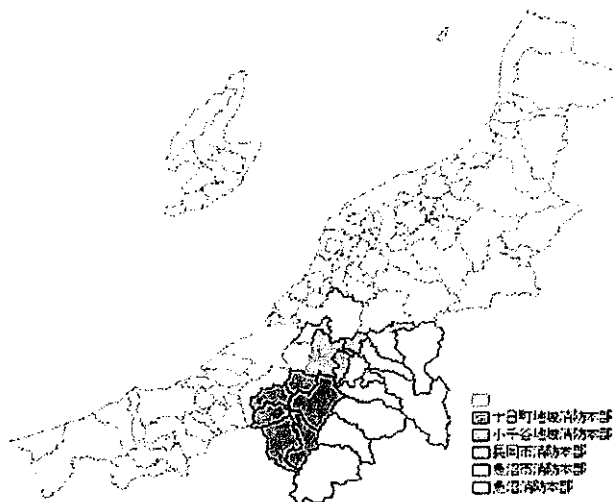


図2 消防本部の管轄地域

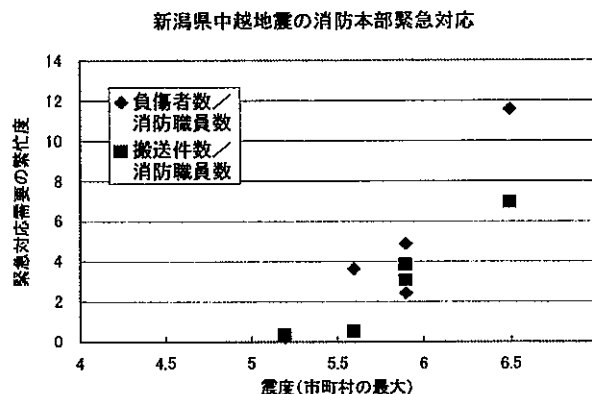


図3 消防管轄区域の平均震度と緊急対応の繁忙度

4. まとめ

新潟県中越地震では、死亡の原因として、直接には家屋の倒壊や土砂災害が35%を占めるが、地震時の疾患や震災関連死の割合も高い。小千谷消防本部は家屋倒壊が多発した上に、道路や通信が途絶し、非常に困難な状況に陥った。土砂災害は家屋被害、人的被害の原因となり、さらに緊急活動に大きな障害を与えた。今後はハザードマップの整備と周知をはかり、住民・自治体を含めて集落の孤立防止対策、地震時の緊急対策を事前に協議して備えることが重要である。

参考文献

1) 村上ひとみ：2004年新潟県中越地震における人間被害と救急・救助活動の実態、地震時救命ライフラインの機能維持と人的被災軽減に関する研究、科研報告書、代表高田至郎、pp.15-30, 2006.

5. 火山地域の土砂災害とハザードマップ

(財)砂防・地すべり技術センター 正会員 安養寺信夫

1. はじめに

日本はその地質、地形、気候条件などから土砂災害の頻発地であるが、今まで培われてきた経験から、土砂災害の発生原因である土石流、斜面崩壊、地すべりなどは地質的素因に関係していることが認識されている。火山地域とは火山ならびに火山麓を指し、一般に火山噴出物とその風化土壌に覆われた固結層と未固結層が複雑に堆積した地質が特徴的である。さらに、火山噴火に伴う表層水文条件など、土砂生産環境が容易に変化することから、他の地質山地とは異なる特殊性がある。本論ではこのような火山地域の特徴を踏まえた土砂災害とその対策手法、今後の課題を示して討論の材料としたい。

2. 火山噴火と土砂移動現象

活火山では噴火に伴って様々な土砂移動現象が発生する。また土砂移動現象の発生要因となる、火山灰の降下堆積、マグマ上昇にともなう地盤変動や火山ガスによる森林破壊も発生する。

通常の土砂移動現象は、固体粒子である土砂石とそれに作用する水に重力が運動エネルギーを与えて生じる。火山噴火が引き起こす現象の多様性の一因は、これに熱と気体加わることにある(図1)。地殻構成物である岩石は熱によって溶融し、水を過熱して気化させる。溶融岩石(マグマ)がそのまま地表に出現して溶融状態を保ったまま流動するのが溶岩流である。マグマ内部に封入されたガス(そ

の殆どは水蒸気)が急速に発泡すると、スコリアや軽石となって放出される。細粒成分は火山灰として風によって遠方まで運搬される。噴出時の状況によって大量の軽石・スコリア・火山灰が斜面上に降下し、固気混相流として流動するのが火砕流である。山腹斜面に積雪や氷河が存在すると、火砕流などの熱によってそれらが急速に融解され、噴出物や土石、樹木などを巻き込んで火山泥流となる。山体崩壊はマグマ貫入による山体膨張、熱水変成によるすべり層形成などの要因が複雑に関係して火山体の一部が崩落する。さらに、火山灰堆積や森林破壊は、降雨に起因する土砂移動現象の発生条件を変化させる。

3. 火山地域の土砂災害の特徴

火山体は形成過程の異なる材料によって構成されており、きわめて不均一な地盤条件にある。この性状が火山地域の土砂災害の発生条件などの特徴を複雑にしている。このような特徴は非活火山地域における土砂災害にも現れている。鹿児島県針原川や水俣市集川の深層崩壊・土石流災害は古い火山体の風化崩積土層で発生した。

雲仙普賢岳や桜島において経験したように、噴火直後から土石流などの土砂移動現象の発生頻度が高くなる。その理由は火山灰などの細粒物が地表を覆うことにより、透水係数が低下して表面流が発生しやすくなり、少量の降雨によって侵食が生じるからである。近年の噴火災害でも時間雨量 5mm 程度でも土石流が発生した事例がある。この状態は、噴火活動鎮静化後も徐々に発生頻度が低下するもののしばらく継続する。噴出物の性状や量にもよるが、鎮静後 2~10 年程度の事例が多い。土石流は火山体の斜面のみならず、降灰に影響された非火山山地においても発生する。1707 年の富士山宝永噴火後の丹沢山地などからの相次ぐ土砂流出や、桜島大正噴火後 3 年以上にわたる大隅半島の溪流における土石流や洪水氾濫の頻発などの事例がある。

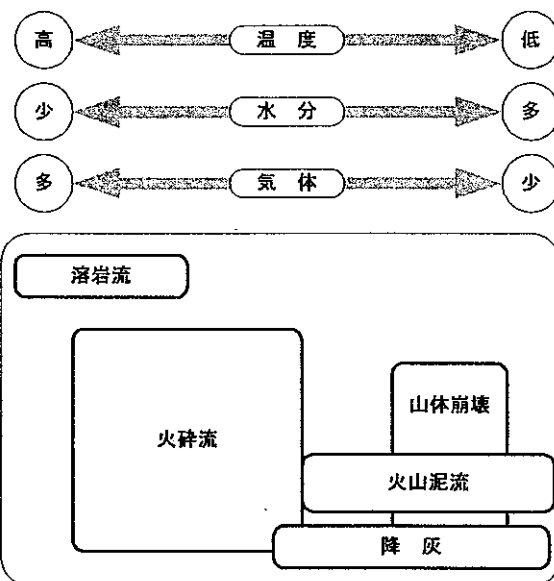


図1 噴火と土砂移動現象の概念的分類

キーワード 火山地域、土砂災害、噴火災害、土石流

連絡先 〒102-0074 東京都千代田区九段南 4-8-21 山脇ビル TEL 03-5276-3273, nobanyoji@stc.or.jp

4. 火山地域のハザードマップ

一般に火山ハザードマップは、噴火に伴う危険現象を表示している。噴火時の危険性は当然であるが、噴火後も土砂災害が生じることから、その危険性を示すことも重要である。国内で公表された火山ハザードマップのうち、降灰分布範囲と土石流の発生溪流を組み合わせて表示した事例がある。ただし、降灰範囲は噴火時の風向に影響されるため、示し方に工夫が必要である。

また噴火後の時間経過によって、溪流の土砂生産環境も回復してくるため、土砂災害の危険範囲の変化を表すハザードマップも求められることがある。2000年三宅島噴火では、泥流発生状況を調査しながら、帰島に向けた島内作業時と島民帰島時にハザードマップを作成した(図2)。

このようなきめ細かな対応を実行するためには、土砂生産・流出状況を追跡調査しながら、条件変化を把握する必要がある。さらに避難解除などの社会的要因を考慮した土砂災害ハザードマップの見直しが重要である。

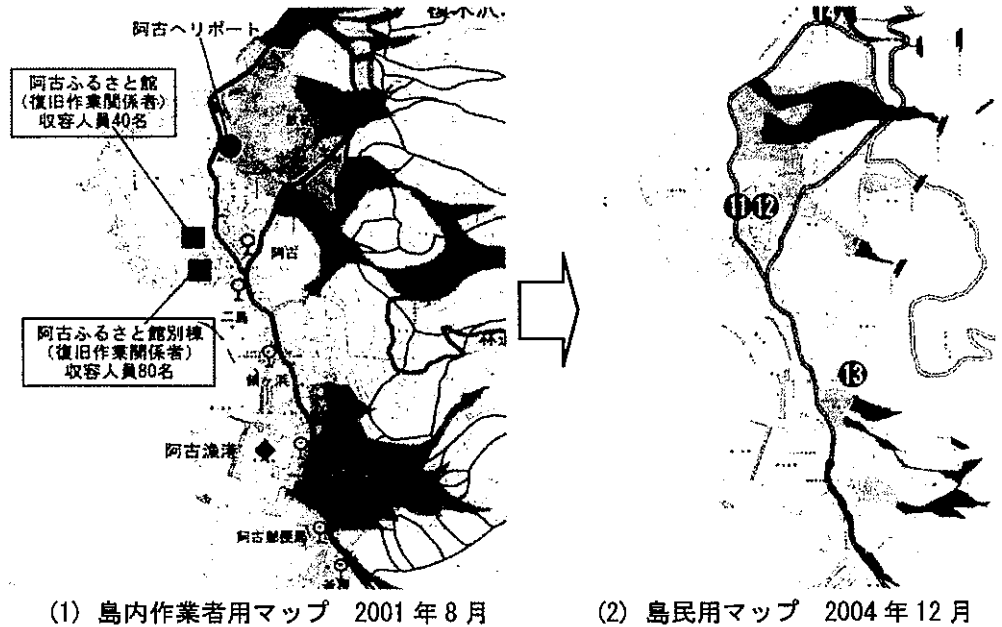


図2 三宅島2000年噴火後の二次泥流ハザードマップの変遷

5. 土砂災害対策へ向けた課題

火山地域の土砂災害は、噴火活動によって大きく影響される。火砕流堆積物や噴火に伴う地盤変動は、新たな土砂生産環境をつくり出す。また火山灰は広域に降下し、非火山地域においても土砂生産を活性化させる。その結果、それまで想定していた土石流などの規模や発生頻度が変化する。そのため、準備されていた土砂災害ハザードマップの見直しとともに、土砂災害対策の警戒避難体制に与える影響を考慮する必要がある。とくに、降雨時の避難指標となる土砂災害発生基準雨量は条件変化に対応して適宜見直す必要がある(表1)。

以上のように、火山地域の土砂災害ハザードマップは、噴火活動の影響を反映させて修正するとともに、ハザードマップの活用に応じた対応を付加することが、二次災害の軽減につながる。

火山地域の複雑な地盤特性と噴火による土砂生産環境の変化に対応するためには、状況変化の把握と適切なハード・ソフト両面からの対応が重要課題である。

文献

- ・ 安養寺信夫：火山ハザードマップの現状と課題，土木学会誌叢書5 火山噴火に備えて，2003年6月，丸善，pp146-152
- ・ 下川悦郎・地頭蘭隆・原口勝則：大正三年桜島大噴火が火山周辺域の侵食に及ぼした影響，平成元年度砂防学会研究発表会概要集，1989年5月，pp47-50
- ・ 井上公夫 他：史料にもとづく宝永四年(1707年)富士山噴火後の土砂災害の実態，地球惑星関連学会2002年合同大会，2002年5月

表1 三宅2000年噴火後の泥流発生基準雨量の変遷

時期	土石流発生期順雨量(委員会)	
	発生基準	警戒避難基準
2000年9月	60分10mm又は連続30mm	連続10mm超，又は大雨警報発令時
2002年11月	60分25mm又は連続150mm	土石流発生基準雨量が予想される場合

6. 南九州における最近の土砂災害の特徴

北村良介

正会員 鹿児島大学教授 工学部海洋土木工学科 (〒890-0065 鹿児島市郡元 1-21-40)
E-mail:kitamura@oce.kagoshima-u.ac.jp

1. まえがき

05年9月、東九州(宮崎県、鹿児島県、大分県等)は台風14号に伴う豪雨に見舞われ、鹿児島県では大隅半島の垂水市を中心として土砂災害が発生した。06年7月の梅雨前線の活発化に伴う豪雨により川内川上・中流域、米ノ津川流域で洪水災害・土砂災害が発生した。

本稿ではこれらの土砂災害を事例として、最近の南九州しらす地帯における最近の土砂災害の特徴を紹介する。

2. 05年台風14号災害、

図-1は総降水量分布図(4日0時から6日24時まで)を示している。大隅半島では、降り始めからの総降水量が肝付前田で956mm、鹿屋で837mm、垂水市高峠では638mm、垂水市垂桜では936mmとなった。

(1) 垂水市中浜地区の災害

中浜地区で土石流が発生した。本地区は始良カルデラの外輪にあたり、急斜面が続く地形となっている。国道220号沿いには旧国鉄大隅線がある。土石流は観音川支流源頭部付近で発生した。写真-1に崩壊箇所を示す。崩壊要因としては、基岩もしくはローム層が不透水層となり、降下軽石(ぼら)層との間でパイピングが発生したものと考えられる。

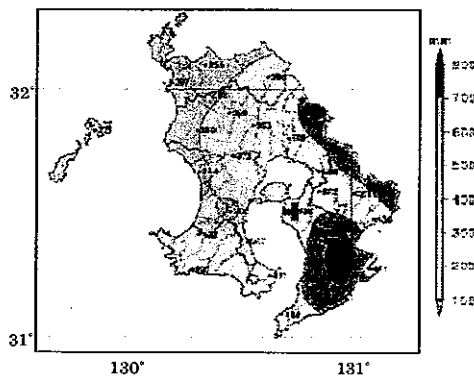


図-1 総降水量分布図

(2) 垂水市新城小谷地区の災害

新城小谷地区では、6日9時36分、松崎川に流れ

込む溪流(小谷川水系)の上流部で崩壊が発生し、土石流となって谷沿いを流下した。土石流の最下部は松崎川沿いに走る市道に達し、幅約35mとなった。

源頭部の崩壊は2箇所とも同じ標高に位置し、地質は四万十層の風化砂岩、まさ土、ロームからなっていた(写真-2参照)。

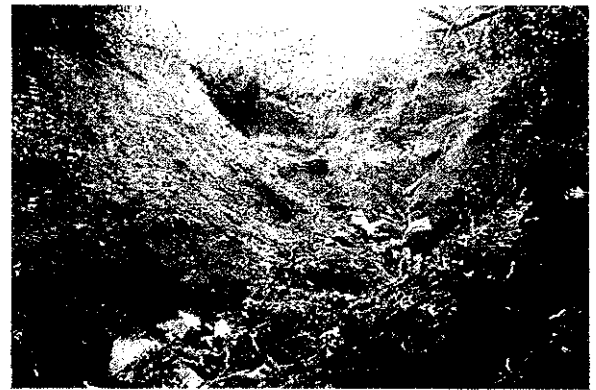


写真-1 源頭部(観音川支流)



写真-2 源頭部(新城小谷地区)

(3) 新御堂地区の災害

新御堂地区では、6日13時14分、県道71号沿いの斜面が崩壊し(写真-3)、土石流となって流下した。土石流は、溪流下流域の住家等3棟を直撃した。



写真-3 源頭部(新御堂地区)

3. 06年北薩豪雨災害

図-2は鹿児島県における平成18年7月18日1:00から23日12:00までの総雨量分布図を示している。前線が最も南下した22日朝の内から夕方にかけて激しい雨が連続して降った。

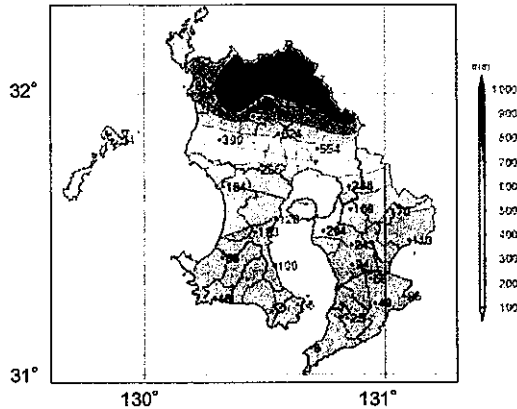


図-2 総雨量分布図

川内川や米ノ津川流域で多く発生した浸水害の要因として、図-2に示すようにそれぞれの河川の上流域で長時間にわたり断続的に降った大雨により、河川水が増加したものと考えられる。

写真-4は、さつま町永野での被災状況を示している。山から流出した雨水により田畑や道路が洗掘され、崩壊している。緩い谷地形となっており、道路上及び圃場を川のように流れた雨水が交差点に集中し、しらすが侵食されたものと考えられる。

写真-5は、川内川河口から21.4km地点(薩摩川内市東郷町)での被災状況を示している。川内川本川から越流した外水と樋脇川に流入することができなかった内水が災害を発生させたと考えられる。内水の流路が川内川の川裏法面を通過していたため、法尻部が近接する道路面とともに大きく侵食されており、併せて川裏法面が内水の急激な低下(24時間で2m低下程度、rapid drawdown)によってすべり破壊を起こしている。

写真-6は、菱刈町荒田地区での被災状況を示している。川内川本川の水位が上昇し、本川へ流入することができなかった内水が災害を発生させたと考えられる。また、盛土された道路の下には、農業用水路が横断しており、許容排水量を大きく上回っていたため、このような災害を発生させたと考えられる。

写真-7は、さつま町鶴田での被災状況を示している。広域農道となっており、崩壊は、腰掛け(椅子)型の斜面崩壊形態となっている。今回の降雨斜面崩壊が多数発生している。

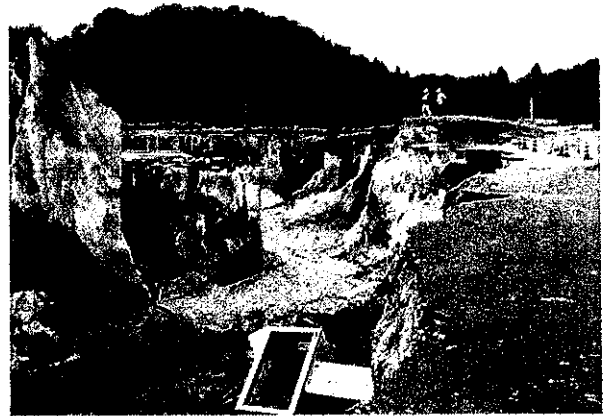


写真-4 道路侵食(さつま町永野)



写真-5 川裏法面崩壊部(薩摩川内市東郷町)



写真-6 道路欠損(菱刈町荒田)

4. Capillary Barrierの発生と斜面崩壊

不飽和土にはサクションという物理量が存在し、含水量に依存して変化する。このような特性を保水特性という。また、透水係数は含水量に依存して変



写真-7 道路法面崩壊全景（さつま町鶴田）

化する。このような特性を透水特性という。保水特性と透水特性をあわせて、ここでは浸透特性と称することにする。図-3は浸透特性を示した模式図である。粒径分布や間隙比が異なる二つの不飽和土層に雨水が浸透していき、浸潤線が土層境界に到達するとCapillary Barrierが発生し、浸潤線はしばらく停滞する。その間に土層境界上部では飽和状態に近くなり、あたかも地下水が上昇したかのような状況（擬似地下水上昇）が出現する。このようにして降雨に伴う斜面崩壊が生じているものと考えられる。地下水の上昇が原因とされた過去の斜面崩壊の多くは、層状斜面でのCapillary Barrierの発生に伴う擬似地下水の上昇によるものではないかと推測される。このことは地盤技術者がCapillary Barrierに注目し、土層構成を考慮したCapillary Barrierの発生メカニズムを理解し、定量的に評価する必要があることを意味している。

ていることである。地球温暖化による異常気象のためかと考えられる。局所的に集中して数日間継続して降雨が続くようになっている。このような降雨パターンになると土砂災害が発生している。今後も異常気象に起因する豪雨が予想される。したがって、本稿で紹介した土砂災害を防止・軽減するためには道路、河川堤防、切土・盛土斜面等の設計基準の見直し、既存の社会基盤施設の点検・補強の技術開発が必要である。

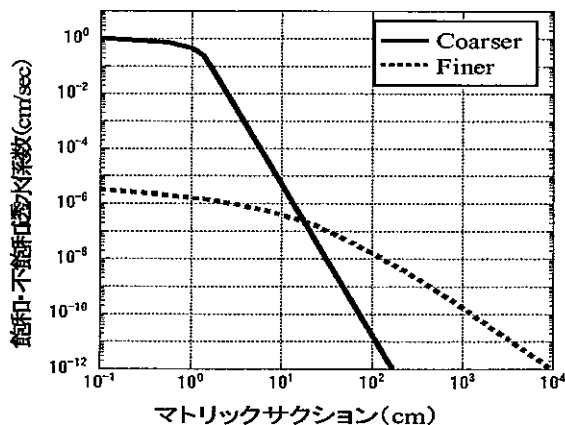


図-3 サクション-不飽和・和透水係数の関係

5. あとがき

05年9月および06年7月に鹿児島県で発生した集中豪雨に伴う土砂災害の概要について述べた。土砂災害の最大の原因は降雨が従来のパターンと異なっ

