

2009 年 7 月山口豪雨災害調査報告書
(速報版)

平成 21 年 9 月

社団法人土木学会
地盤工学委員会
斜面工学研究小委員会

1. はじめに

平成21年7月21日からの活発な梅雨前線の影響により、中四国・九州地方で大雨となり（平成21年7月中国・九州北部豪雨）、山口県内各地で大規模な土砂災害や浸水害が発生し、17名の尊い命が奪われた。家屋の損壊や浸水、道路の損傷など、住民の生活や経済活動に大きな打撃を与えた。特に山口県防府市では家屋浸水や斜面崩壊によって多くの人的被害を伴う災害に見舞われた。

今回の災害で亡くなられた方に謹んで哀悼の意を表するとともに、被災地の一日も早い復旧をお祈りいたします。

土木学会水工学委員会では、防府土砂災害調査団（団長：羽田野袈裟義、山口大学教授）を結成し、現地調査団を派遣した。地盤工学委員会・斜面工学研究小委員会は水工学委員会と合同で現地調査を行った。7月31日は水工学委員会と斜面工学研究小委員会の合同で現地調査を行い、8月1日～2日の2日間は、斜面工学研究小委員会で現地調査を行った。3日間の現地調査について速報版としてまとめた。図-1.1に、8月1日～2日の2日間のルートマップ（GPSの軌跡）を示した。

斜面工学研究小委員会の参加者は以下のとおりである。

後藤聡（山梨大学）、	稲垣秀輝（環境地質）	上野将司（応用地質）
小川紀一郎（アジア航測）	櫻井正明（山地防災研究所）	佐々木寧（埼玉大学）
鈴木素之（山口大学）	中村洋介（立正大学）	西川直志（東建ジオテック）
平田文（日特建設）	以上10名	



図-1.1 現地調査のルートマップ（背景の画像：グーグル）

赤線が8月1～2日移動した動線

2. 山口豪雨災害の概要

(1) 災害を引起した豪雨の概要

今回の豪雨の発生は、中国地方に停滞する梅雨前線に向かって湿った空気が流れこみ、前線の活動が活発になったためと考えられる。山口県内には気象庁、山口県、国土交通省の雨量観測点がおおよそ160箇所設置されている。7月20日および21日の2日間累計雨量については、山口（気象庁）では294mm、防府（気象庁）では331.5mmであった。また、山口（気象庁）では最大時間雨量74.5mm、防府（気象庁）では最大時間雨量63.5mmを記録した。土石流が発生した時刻は、国道262号の下右田においては21日11:40頃、真尾のライフケア高砂においては21日12:30頃と推定される。下右田に近い観測点の防府（国土交通省）では、10分間雨量として8:00前後に18mm、11:40頃に12~13mmを記録している。一方、ライフケア高砂に近い真尾（国土交通省）では、10分間雨量として、8:00前後に18mm、12:00前後に16mmを記録している。また、時間雨量と累積雨量の時間変化に注目すると、防府、真尾ともに、雨が降り始める21日6:00前後まで約15時間降雨がなかった。すなわち、21日朝方から、土石流が発生する昼頃までに、21日0:00から災害発生時までの累積雨量として、山口（気象庁）で268.5mm、防府（気象庁）で228.5mmを記録し、いずれの観測点でも、その間に10分間雨量で10mmを超える雨の降り方のピークが7~9回あった。今回の豪雨は、短期間に集中的に降ったものであるといえる。

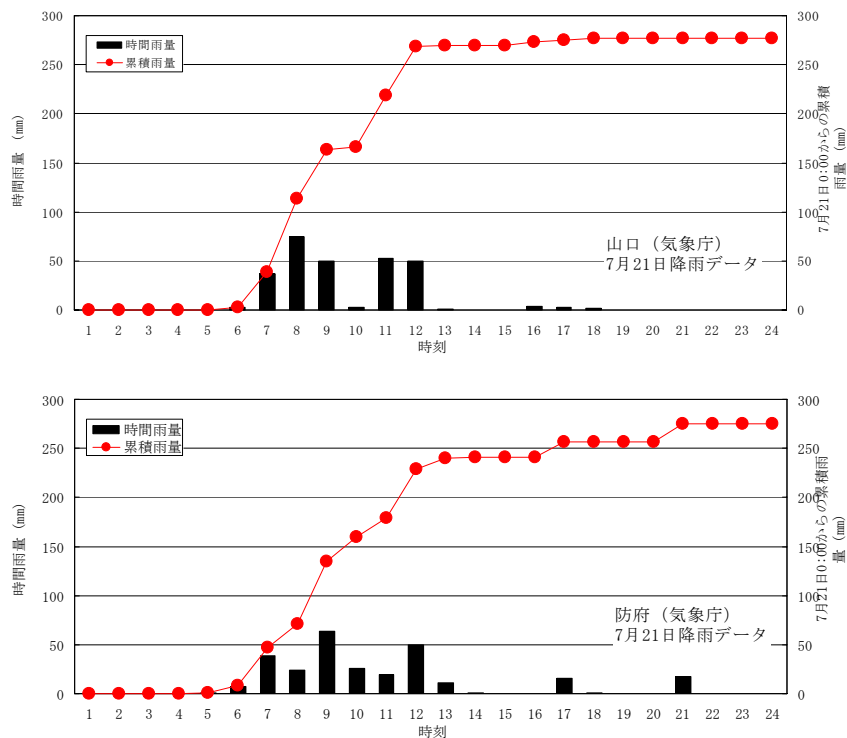


図-1.1 7月21日午前0時からの時間雨量および累積雨量の時間変化（データ：気象庁）

(2) 土砂災害の概要

今回の災害では、山腹崩壊や土石流被害が多く発生した。被災地は国道 262 号沿いの西の勝坂付近から東の奈美付近(主に防府市)まで東西南北約 7km 程の範囲に集中している。防府市での被害が大きく、報道もそちらに集まったが、その北側に隣接する山口市側でも山腹崩壊や土石流被害が多数発生しており、道路の通行止めや民家への被害が出ている(写真-2.2.1)。

新聞報道などによると、山口県内の死亡者は「ライフケア高砂」の 7 名を含む 17 名で、14 名が防府市での被災者である。また、家屋被害は全壊 30 棟、半壊 48 棟、床上浸水 651 棟、床下浸水 3368 棟である。このうち防府市では全壊 22 棟、半壊 40 棟、床上浸水 53 棟、床下浸水 526 棟と、被害の集中が分かる。なお、山口市でも市内中央を流れる榎野川(ふしのがわ)沿いに多くの浸水が発生し、川沿いの浄水場が水没したため、市内の半分近くに当たる約 3 万 5 千戸が断水した。これにより約 10 万人に影響が出たが、断水の復旧には 1 週間程かかっている。また、4 万戸以上で停電になった。

道路では県道を中心に 52 箇所で行き止まり規制がかかり、約 40 箇所では全面通行止めになった。中国自動車道の山口ジャンクションと徳地ジャンクション間も一時通行止めとなった。また、JR 山陽本線や山口線なども一部区域で運転を見合わせている。

山腹崩壊や土石流被害はまだ正確な状況が発表されていないが、100 程の溪流を対象に緊急点検が実施され、そのうち 49 箇所で行き止まりの恐れがあるとされている。これに対しては土石流センサーや雨量計の設置準備が進められている状況である。

3. 被災地の地形・地質の特徴

(1) 佐波川流域の地形発達史

山口市周辺には北東－南西走向の断層が発達し、その一部の断層は活断層（大原湖断層）として現在も活動していることが指摘されている（中田・今泉編、2002、金折 2003 など）。今回の集中豪雨によって著しい被害を被った防府市周辺においても、大原湖断層に並行して走る北東－南西走向の左横ずれ断層（図 1）の存在が指摘されている（山口地学会、1995）。

ところで、中田・今泉編（2002）によれば、大原湖断層は右横ずれ断層であることが指摘されている。中国地方では鮮新世前期までは南北圧縮応力場が作用していたが、その後のプレートの動きの変化によって東西圧縮応力場に転換したことが知られており（伊藤・荒戸、1999）、この現象は鮮新世前期以降の応力場の転換によって断層のずれの方向が変わったことを示唆している（金折、2003）。

したがって、今回の集中豪雨にて数多くの斜面災害が発生した佐波川流域の地形発達史を概略すると以下のようになる。

- ①鮮新世前期以前・・・南北圧縮応力場のもとで左横ずれを伴う断層運動が活発に繰り返される。断層運動に伴って破碎された物質（主として風化した花崗岩）が浸食され運ばれることによって、現在の佐波川と佐波川沿いの谷の原型ができる。
- ②鮮新世前期以降・・・プレートの動きの変化によって東西圧縮応力場に転換し、佐波川流域の断層の活断層としての動きはなくなる。ただし、佐波川に沿う北東－南西走向の谷地形は残存するため、佐波川に向かっての花崗岩斜面（北西傾斜、南東傾斜）の高角化は進行する。
- ③現在・・・②の花崗岩斜面の高角化はさらに進行し、今回の災害のように一定の水準を越える降雨が発生した場合などには、花崗岩斜面上に堆積している岩塊（主としてマサ状の風化花崗岩）が押し流され、斜面災害が発生する。

引用文献

- 伊藤康人・荒戸裕之（1999）：九州西方－山陰・北陸海域 日本海南部における鮮新世以降の応力場変遷. 地質ニュース, 541, 25-31.
- 金折裕司（2003）：平成 14 年度原子力安全基盤調査研究（原子力安全基盤調査研究「地質断層の再活動性と地震テクトニクスに関する研究」）に関する報告書. 72p.
- 中田 高・今泉俊文編（2002）：活断層詳細デジタルマップ. 東京大学出版会, 60p.
- 西村祐二郎・今岡照喜・宇多村譲・亀谷敦編（1995）：新編山口県地質図（15 万分の 1）山口地学会
- 水野清秀・下川浩一・佃 栄吉・小松原 琢・新見 健・井上 基・木下博久・松山紀香・金折裕司（2003）：山口県大原湖断層帯の活動性に関する地質調査（序報）, 活断層・古地震研究報告, No. 3, p. 175-184, 2003.

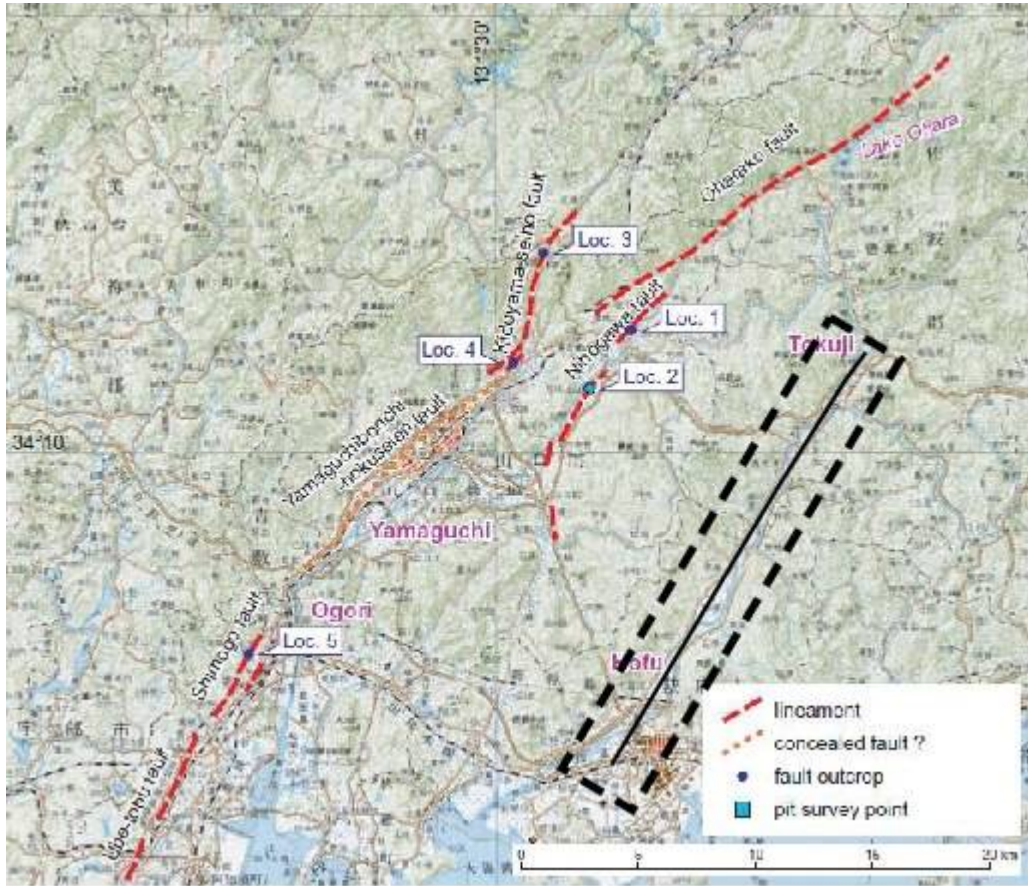


図 3.1 山口市～防府市周辺の地形図

水野ほか（2003）に加筆。破線内の断層は佐波川流域を走る地質断層。

(2) 佐波川流域の地質

今回の土石流の被災地は、防府市北側の標高 300~400m 程度の山地であり、佐波川の両岸とその支流の剣川の両岸の地域にあたる。主な地質は、図-3.2 に示したとおり、深層までマサ状に風化した花崗岩であり、一般的にも豪雨に弱い岩質である。また、風化の残留核が玉石状に斜面や尾根に分布し、トアといわれる景観を呈している。これらの玉石状の岩塊が土石流内にとりこまれ、土砂災害を大きくした可能性は高い。この花崗岩内には、アプライト・ヒン岩・ペグマタイトの岩脈が認められる。これらの岩脈は風化に強いため、溪床などに堅岩として露出することが多い。山地の尾根付近には、一部三郡変成岩がルーペンダント状に分布し、土石流の礫中にもこれらの岩石が混入している。

図-3.3 には、被災地を中心とした地域のリニアメントと扇状地そして今回の土石流面を記載した。リニアメントは一般に地質的な弱線を示すことが多く、ここでも図-3.2 に示された佐波川沿いの断層などを示すものと考えられる。ちなみにこの佐波川沿いの断層は地質図から解釈すると左横ずれ西側上りのセンスをもっている。佐波川や剣川のような主流路は、これらのリニアメント沿いに流れている。花崗岩には一般的に節理が発達しており、小溪流の流路はこれらの節理方向に沿っていることが多い。

さて、これらのリニアメント沿いに扇状地が広く分布している。これは、花崗岩はマサ化し侵食に弱いだけでなく、これらの断層が花崗岩の劣化をより促進している可能性が高く、よく多くの土砂を溪流沿いに流出しているものと考ええる。

特にこの扇状地面は、新旧の堆積面をもっており、中には古い土石流堆も認められる。また、扇状地内のガリには古い土石流堆積物が何層も認められることから、古い時代から何回も土石流が発生し、その流路を変えながらこの扇状地を作ってきたことをうかがわせる。

今回発生した土石流もこれらの扇状地に沿って、あるいは折り重なるように流下しており、本地域の扇状地が土砂災害を受けやすいことを示したことになる。さらに、今回発生した土石流は、その発生地点が谷頭の 0 次谷の表層崩壊をきっかけにしたものが多く、溪床の不安定な土砂がそれに押し出されるように流下したもので、予想を超えるような規模の土石流ではなく、本地域で通常起こり得る範囲での規模といえる。

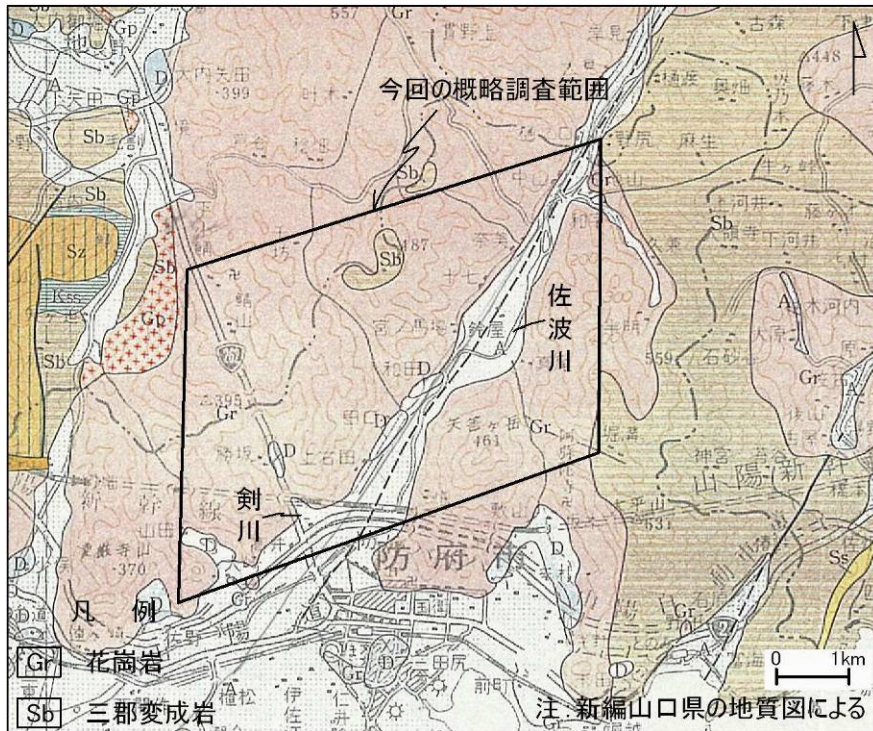


図-3.2 調査地の地質図

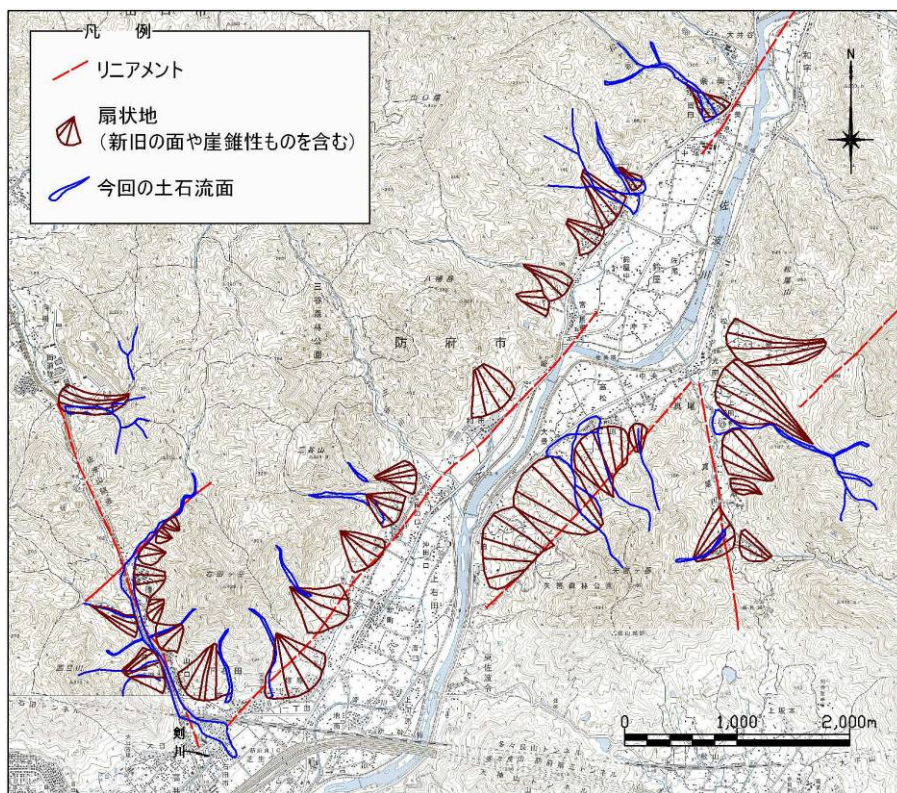


図-3.3 リニアメントと扇状地そして今回の土石流面

4. 被災地の植生の特徴

(1) 植生の変化

被災地の中心となった防府市佐波川の沿線地域一帯は、瀬戸内地方特有の花崗岩地帯であり、斜面上部では、侵食をまぬがれた岩塊が岩峰を形成し、斜面下部には崩壊・土石流により運搬された堆積物が分布しているところが多い。

多くの斜面は、植生によって覆われているが、土壌層の発達が悪く、密度の低い中・低木林が成立していることから、少なくとも明治期までは、人為的な干渉により森林が衰退したはげ山、ないしは燃料を採取する薪炭林（アカマツ林等）であったと見られる。

はげ山の時代には、表面侵食等による土砂の生産が活発であり、常水は少ないが、洪水時のピーク流量は大きいことから、斜面下部や谷に多量の風化物が集積しやすい。はげ山については、マツやヤマモモが見られることから、他の瀬戸内地方と同様に、明治末期以降、はげ山復旧が試みられたと見られる。

(2) 現存植生

一般に、花崗岩地の植生は、乾燥した酸性土壌を指標するアカマツ林が代表的であり、群落分類上ではネズミサシーアカマツ群集やコバノミツバツツジーアカマツ群集に属する樹林である。しかし、佐波川左岸を中心とした地域は昭和40年代後半からマツクイムシ被害と、山火事の影響などを受け続け、きわめて貧相な樹林となっている。当時のアカマツの故損木が多数残っているが、アカマツ優占林は現在ほとんどない。

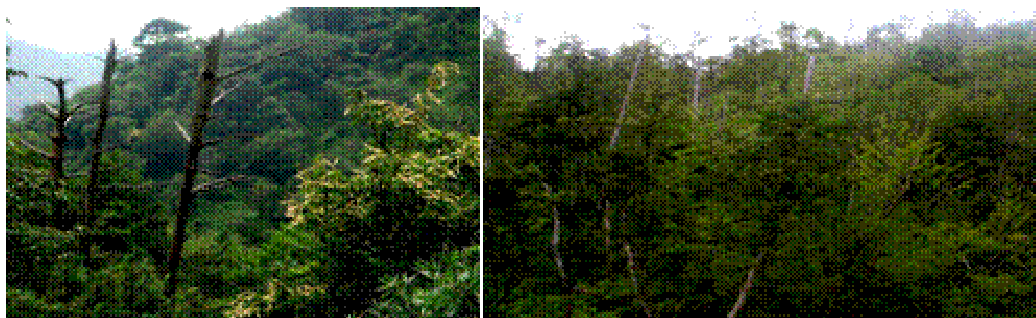


写真-4.1 アカマツの故損木が残る二次林

一方、佐波川右岸の剣川沿い、右田ヶ岳や西目山周辺では、ヒサカキ、ヤマモモの低木林あるいはウラジロ科のウラジロ *Gleichenia japonica* やコシダ *Dicranopteris linearis* の羊歯植物が密生する草原にまで植生は劣化している。ウラジロやコシダはマット状の密生群落を形成し、樹木の侵入が難しく、わずかにアカマツ低木やヒサカキ、ヤマモモ、ソヨゴが低木状に散生する程度である。ウラジロやコシダの密生群落は、同時に深さ1m程度の密な根茎層を形成しており、通常の降雨では崩落しないとみられる。



写真-4.2 ウラジロ *Gleichenia japonica*

写真-4.3 コシダ *Dicranopteris linearis*

また、斜面の中下部にかけては、アカマツに代わって夏緑広葉樹のコナラ、クリ、ネジキ、リョウブ、コシアブラが混生する若い夏緑広葉樹林が見られる。

さらに、斜面脚部では常緑広葉樹林のシイモチーシリブカガシ群集の若い再生林となっており、その主要構成木はアラカシ、コジイ、シリブカガシ、ホソバタブ、ヤマモモ、モッコク、ヤブツバキ、クロキなどである。人為的な構成林としては、ヒノキ、スギの人工林、マダケ、モウソウチクの竹林が多くなっている。

5. 被災地における現地調査

平成21年7月21日に山口県防府市を中心に発生した豪雨災害について、7月31日から8月2日に、主要な被災地の現地調査を実施した（表-5.1, 図-5.1 参照）。なお、現地調査にあたっては、アジア航測株式会社等の撮影した空中写真、斜め写真を参考とした。

被災地は、いずれも防府市街地周辺に広がる花崗岩の丘陵地帯であり（写-5.1）、集中豪雨により崩壊が多発し、崩壊土砂の一部は土石流等となって流下して谷出口周辺に位置する人家・道路が被災し、14名（4箇所）の方が亡くなった。

現地調査をおこなった被災地の概要は次の通りである。

①真尾・奈美地区

防府市街地北方に位置する丘陵地帯であり、佐波川右岸及び左岸の支谷に土石流等が発生した。佐波川左岸の真尾（a）では、真尾川支流上田南川から土石流が発生し扇状地に建設されていた特別養護老人ホーム「ライフケア高砂」（入所者90人）が被災して7名が死亡した（写-5.2）。近くの石原（b）では、矢筈ヶ岳北斜面の2箇所から土石流が発生し扇状地内の住宅が被災し2名が死亡した。また、佐波川右岸の奈美（c）では、松ヶ谷川から土砂流が発生し下流の住宅地が被災し、1名が死亡した。近くの十七（d）でも、小沢から土砂流が流下して山際の住宅地が被災している。

②国道262号沿い地区

防府市と山口市を結ぶ国道262号線沿いの丘陵地帯であり、各支谷に土石流等が発生した。下右田（e）では、西側の西目山東斜面、東側の右田ヶ岳西斜面の小沢から土石流が発生し、人家や国道を通行中の通行車両が被災して4名が死亡した。流出土砂はそのまま坂道となっている国道を流下して下流に多量の土砂を排出した。新聞の報道によれば、午前中に土砂が流出し、さらに正午ごろに大きな土砂流出があったとされる。勝坂（f）上流の剣川でも多量の土砂が流出して、谷出口の人家や橋梁が被災した。また、トンネルを挟んで山口市側の峠下（g）でも、問田川上流で土石流等が発生している。

③その他

防府西高等学校グラウンド横（h）でも、裏山が崩壊して、道路を越えてグラウンドに土砂が流入した。



写真-5.1 花崗岩の丘陵地と山際の集落 写真-5.2 土砂が流入した老人ホーム

表-5.1 現地調査を行った災害地

区分	記号	所在地	人的被害 (死者数)	調査日		
				7/31	8/1	8/2
真尾・奈美地区	真尾	A 山口県防府市 大字真尾	7	○	○	
	石原	B 山口県防府市 大字真尾字石原	2		○	
	奈美	C 山口県防府市 大字奈美	1		○	
	十七	D 山口県防府市 大字鈴屋			○	
国道262号線沿 い地区	下右田	E 山口県防府市 大字下右田・高井	4	○		○
	勝坂	F 山口県防府市 大字下右田字勝		○		○
	峠下	G 山口県山口市 大字下小鯖				○
その他	H 防府西高等学校 グラウンド横	H 山口県防府市 大字台道字上代				○

表-5.2 人的被害（死者）の年齢区分（消防庁の資料による）

区分	男										女										合計			
	10	20	30	40	50	60	70	80	90	超	計	10	20	30	40	50	60	70	80	90		超	計	
真尾						1		1	1		3								1	2	1		4	7
石原							1				1								1				1	2
奈美						1					1												0	1
下右田							1				1							1		2			3	4
計	0	0	0	0	0	2	2	1	1	0	6	0	0	0	0	0	0	1	2	4	1	0	8	14

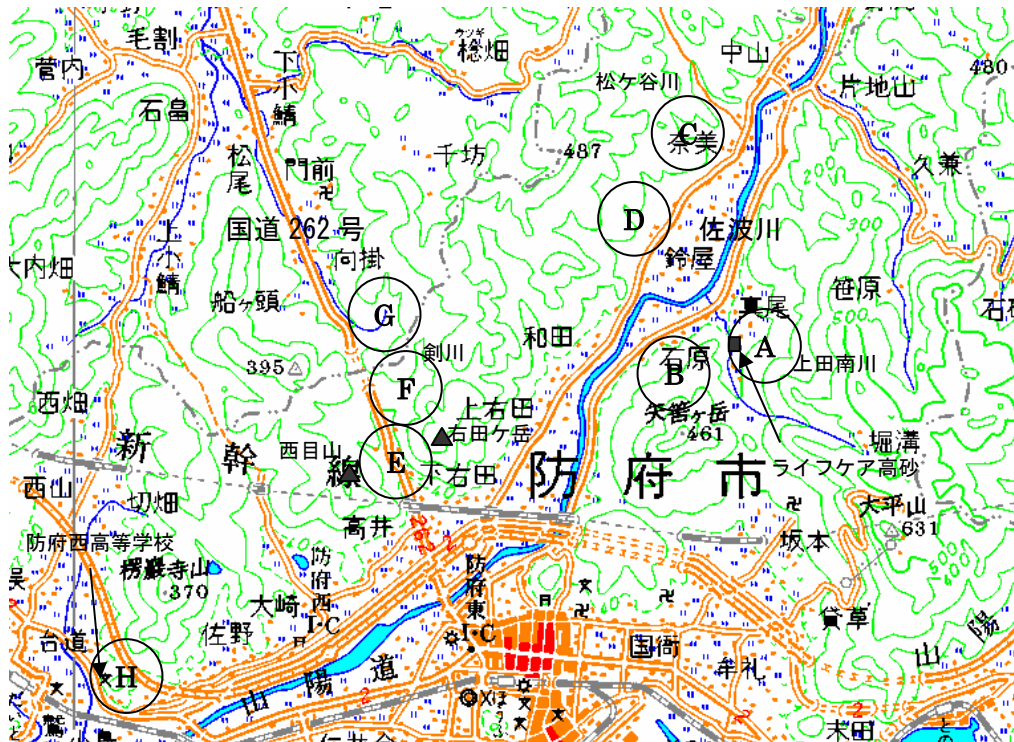


図-5.1 位置図

本図は、国土地理院発行の数値地図 200000（地図画像）を使用した。

(1) 真尾・奈美地区

a) 真尾

防府市大字真尾字上田。上田南川の標高約 350m の表層崩壊発生箇所まで現地踏査した。土石流により特別養護老人ホーム「ライフケア高砂」が被災し、建物内で 7 名が犠牲になった。上田南川は標高 200m 付近から上流域で樹枝状に多くの支流に分岐するが、土石流は標高 300~400m の各支流の源流域において少なくとも 4 箇所が発生した。老人ホームは上田南川の扇状地末端付近に位置し標高は約 45m、土石流発生地点からの距離は 1.5~2.0km である。

上田南川によって形成された扇状地の南側と北側には大規模な斜面崩壊によって形成された崖錐地形が存在し、複合扇状地のような山麓斜面を形成する。地質は広く分布する花崗岩と局所的に分布する結晶片岩、およびひん岩等の岩脈類であり、花崗岩は深部までまさ状に風化が進んでいる。また溪床付近に分布する新鮮な花崗岩には水平に近い節理が発達し、薄く剥がれやすい状況にある。扇状地は頂部の標高約 150m であり、上流域からの崩壊や土石流によって供給された花崗岩の巨礫を主体とし、一部に結晶片岩礫を含む礫層からなる。扇状地堆積物の露頭の一部ではクサリ礫が含まれるため、中位段丘形成時期に対比される 10 万年オーダー前の堆積物と考えられ、古い時代から崩壊や土石流による堆積が行われてきたことがうかがわれる。

植生は山頂部から山腹にかけては、アカマツの立ち枯れや故損木が目立つ再生二次林で、コナラ、クリ、ネジキ、リョウブの夏緑広葉樹とアラカシ、シリブガシの常緑広葉樹が混じる樹高 10m 以下の亜高木林である。上田南川の左岸、北向き斜面ではマダケ林が山腹まで拡がり、スギの植栽林も多い。右岸の南向き斜面では、広葉樹の雑木林とヒノキの人工林が多くなっている。

土石流の発生源は確認した箇所では傾斜約 30 度の溪流の源頭部で、幅 10~15m、崩壊深 1~2m の小規模な表層崩壊であり、まさ状風化帯にあたる。他の崩壊箇所も被災後の空中写真により同様の規模であることがわかる。土石流の流下部では標高 125m 付近の昭和 51 年建設の鋼製スクリーンタイプの治山ダムを破壊しており、この上流域の溪床では堆積物や両岸の表土が削剥されて新鮮な岩盤が露出する。これより下流域では岩盤の露出は左岸の一部に限られ、溪床勾配は 5° 以下となって径 1~4m の花崗岩礫を主体にする土石流堆積物が流木とともに点々と堆積する。浸食された溪岸には過去の土石流堆積物が露出し、この一部の再移動も認められる。山腹にスギ、ヒノキの植栽林があり、これらの大径木の流木が目立っており、沢の合流ごとに流木の量が増大していた。しかし V 字型の谷で、沢巾も狭く、多くの流木は流路屈曲部の水衝部で集積し、砂礫と共に留まっていた。大型竹類マダケやモウソウダケは、なぎ倒されるものの根茎層ごと残存する例が見られた。

土石流は上田南川の流路を忠実に流下しており、標高 90m 付近の扇状地内の屈曲部でも比高数 m の扇状地面に乗り上げて直進することなく特別養護老人ホームに向かって流下してしまった。流路の途中と沢出口付近で多くの流木と巨礫が集積し、留まり、特別養護老人

ホーム内には主に大量の砂と水が流入している。



写真-5a.1 特別養護老人ホームの被災状況



写真-5a.2 なぎ倒されるが流出しにくいマダケ林



写真-5a.3 住宅と施設の直前で留まった流木と巨石



写真-5a.4 流路に集積した流木



写真-5a.5 鋼製スクリーンタイプの治山ダム被災状況



写真-5a.6 治山ダム直上流の滝
滝から上流は岩盤が露出



写真-5a.7 岩盤が露出する土石流の流下部



写真-5a.8 表層崩壊発生箇所と土石流の流下部

b) 石原

防府市大字真尾字石原および大景。矢筈ヶ岳（460.9m）の北斜面に流れを發する2溪流で発生した土石流について、標高 100m 付近までの延長約 500m 区間を現地踏査した。2溪流の標高 200~300m で発生した表層崩壊は土石流となってそれぞれの溪流を北西に流下し、斜面末端（標高 20~30m）に位置する石原および大景集落に達して2名が犠牲となり家屋が被災した。

矢筈ヶ岳の地質は花崗岩を主体とし、北西の山麓緩斜面は大規模な斜面崩壊で形成された傾斜 5° 以下の崖錐斜面である。崖錐斜面は末端の石原・大景付近で段丘化しており、花崗岩の巨礫を多く含む崩壊堆積物からなる。土石流の発生した2溪流はこの崖錐斜面を浸食している。

植生は若い再生二次林が占めコナラ、クリ、リョウブ、ヤマハゼの夏緑広葉樹とアラカシ、シリブガシ、ホソバタブ、クロキの常緑広葉樹が混在している。土石流によって川幅が大きく広げられているが、そこにあつた大量の立木が流木となつたと思われる。この場合は、流木の一部は水衝部で堆積しているが、川幅が大きく広げられており、多くは集積、留まることなく巨礫とともに石原、大景集落まで達している。

石原集落に被害を与えた土石流は流下距離約 1km、標高 100m 付近から上流域では溪床に新鮮な花崗岩の露出するのを確認した。崖錐斜面では土石流が広がって左岸側に乗り上げたこともあつてこの下流で一部の土石流が右岸の大歳神社へと分流して被害を与えた。土石流の堆積物は花崗岩の径 1~4m の巨礫や流木を主体とし、本体は斜面末端部で家屋数個、および農地等に被害を与えた。

大景集落に被害を与えた土石流も流下距離約 1km であり、石原集落の土石流と同じ崖錐斜面を流下している。このため同様な規模・形態を示し、斜面末端部での主な被害も家屋数個と似通っている。

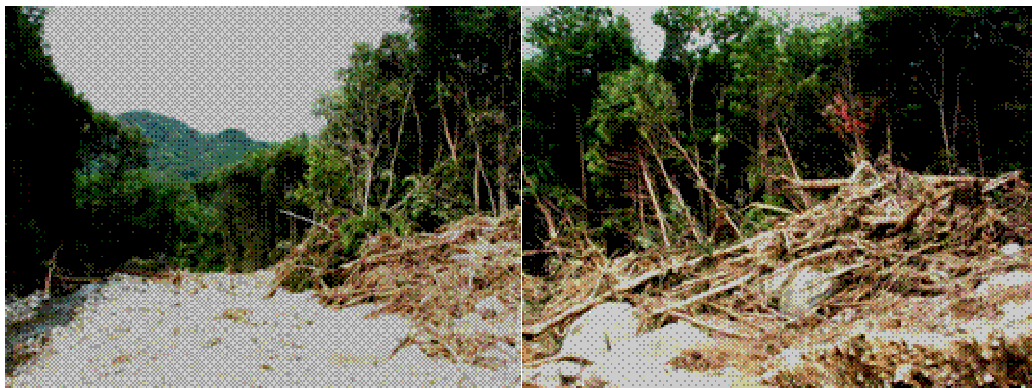


写真-5b.1 流路に集積した流木



写真-5b.2 集落まで到達した流木と巨石（上：石原、下：大景）



写真-5b.3 佐波川対岸からの矢筈ヶ岳と石原の土石流



写真-5b.4 大景集落を襲った土石流
土石流は幅広く流下した。



写真-5b.5 石原集落を襲った土石流の流下部
後方は発生源の表層崩壊

c) 奈美

奈美集落を貫流する松ヶ谷川は、佐波川右岸の丘陵地を侵食している谷であるが、本流の縦断勾配は平衡状態に達して入口からゆるい勾配が続いている。古くから土砂が排出していたとみられ、谷入口付近は、流出土砂により平底谷となり、佐波川本流の河岸段丘上に小規模な扇状地を形成している。

集落は、扇状地上に発達しているが、近年、耕作地として使われていた谷内にも住宅地が進出してきている。流路は、護岸工等が整備されているものの、線形はそのまま平底谷から扇状地を蛇行しながら流下している。

今回の豪雨により、流域に表層崩壊が複数発生し、土砂流となって流下した。流出土砂は、一部は既設ダムに捕捉されたが、集落まで到達して流路の屈曲部や橋を閉塞し、流路からあふれ出して広い範囲に拡散した。このために、多くの建物に土砂が進入し堆積したほか、死者1名の被害が出た。

地元への聞き取りによると、上流の既設ダム（鋼製スクリーンダム、昭和54年度施工治山ダム）は、災害前は背面が空いていた状態であったが、多量の流出土砂や流木を抑止し満砂していることから、災害の軽減に寄与したと考えられる。

松ヶ谷川流域は、アカマツの故損木が残る再生二次林で、コナラ、クリ、ネジキ、リョウブの夏緑広葉樹とアラカシ、クロキの常緑広葉樹が混じる亜高木林が占める。土砂流が流下したために、沢沿いの多数の樹木がなぎ倒されたり、流出して流木となった。流木は小径木が多いが、一部が集落まで到達した。



写真-5c.1 扇状地の流路の状況

写真-5c.2 流路の閉塞により道路を流れる流水



写真-5c.3 住宅地内の流路を閉塞させた土砂 写真-5c.4 住宅地に堆積した流木



写真-5c.5 支流との合流点付近の状況 写真-5c.6 流木・土砂を捕捉した既設ダム



写真-5c.7 松ヶ谷川と奈美集落 (アジア航測撮影)

d) 十七（じゅうひち）

十七集落は、背後の丘陵地に発達する2つの谷が、佐波川本流の河岸段丘上に形成した扇状地を中心に発達している。2つの谷の流路は、合流することなく、それぞれ曲流しながら、宅地・耕地の間を流れて佐波川本流に達している。谷出口付近には、流路の侵食防止のために古い石積ダムなどが設置されており、下流の流路も周辺が護岸天端より低く天井川に近い形態を持っていることから、古くから土砂流出が盛んであったことがうかがえる。

今回の豪雨により、南側の谷に土砂流が発生し、出口付近で流木等が流路を閉塞したために、土砂流は、並走する北側の谷沿いに流下し、流路からあふれ出して周辺の宅地・耕地に広がったために、流出した細粒土砂は、宅地及び道路に堆積した。

地元への聞き取りによると、豪雨のたびに土砂流出はあったものの、70歳代の住民も初めての規模であるとのことであった。また、150年ほど前に、隣接した谷から流出したとされる大石があるとのことであった。こうした聞き取り内容から判断すると、今回の災害は、約100年に1回程度の規模と推定される。



写真-5d.1 土砂流の流下した南側の谷



写真-5d.2 南側の谷の流路の閉塞



写真-5d.3 南側の谷の下流に設置されたダム



写真-5d.4 北側の谷の上流



写真-5d.5 北側の谷の堆積土砂



写真-5d.6 流出土砂が堆積した耕地



写真-5d.7 災害直後の十七集落（アジア航測撮影）

(2) 国道 262 号沿い地区

e) 下右田（しもみぎた）

防府市大字下右田・高井。下右田地区の各支谷で土石流が多発したが、国道 262 号沿いの下右田地区において、国道に対して西側に位置する西目山の東向き斜面と東側に位置する右田ヶ岳の西向き斜面で、土石流が発生し、国道付近に大量の土砂が排出された。発生時刻は 7 月 21 日 11 時 40 頃と推定され、谷の出口に位置する人家および自動車が被災し、4 名の方が死亡した。また、救助にあっていた消防隊員も土石流の二次災害にあった。流出土砂は大量の水とともに、国道に沿って市街地方向へ流下し、市街地では大量の土砂が堆積して、大きな被害を出した。国道東側の右田ヶ岳西向き斜面での土石流は、小沢上流の山腹斜面の凹状地から発生したと推定される（写真-5e.1）。沢出口には、過去の土石流堆積物からなる土石流錐が形成されていたと見られるが、道路の建設により末端が切り取られて、土石流堆積物が露出した切土面は、プレキャスト法枠工が施工されていた。沢を流下してきた土石流は、法枠工を侵食して国道に到達した。本調査団は、崩壊源頭部まで行くことはできず、源頭部付近の詳細は不明であるが、道路から流路に沿って上がって 200m 付近まで踏査した。今回の土石流では旧土石流堆積物層はたいして掘られておらず、削剥された厚さは 1m 程度であると推定される（写真-5e.2）。また、過去の土石流堆積物にはクサリ礫がみられ、10～100 万年前から土石流が発生したいたことをうかがわせる。下流から約 200m まで上がると、新鮮な花崗岩の基岩が露出するようになり、土砂はほとんど流下した状態であった（写真-5e.3）。

一方、国道西側の西目山東向き斜面では、尾根付近で崩壊が発生し、土石流となって流下している（写真-5e.4）。本調査団は崩壊源頭部まで踏査したが、崩壊源頭部の幅は約 10～20m（写真-5e.5）、その直下の部分で幅約 30m であった（写真-5e.6）。崩壊部の勾配は 20～30 度、崩壊深さは 1～2m であり、尾根付近の風化層が崩壊した。植生については、後述のように、ウラジロやコシダが優勢で、表層部の根の付き方は悪く、表層土の厚さは薄い。また、この現場では、シーティング・ジョイントを有す花崗岩が明瞭に観察された（写真-5e.7）。節理の間隔は広がっており、崩壊後においても依然として不安定な岩塊である。防災施設としては、崩壊地直下に山腹工（土留工 1 基）が施工されていたほか、隣接した沢の出口に治山ダム 1 基が設置されていたが、土石流が沢を削りながら小尾根を乗り越えて流下したために治山ダムの袖が破損した（写真-5e.8, 9）。



写真-5e.1 (左) 国道東側斜面(右田ヶ岳)で発生した土石流とプレキャスト法砕工
(右) 西目山から右田ヶ岳を眺望 (破線内に源頭部)



写真-5e.2 下流の土石流堆積物

写真-5e.3 新鮮な花崗岩の基岩



図-5e.4 国道西側斜面での土石流



図-5e.5 崩壊源頭部の状況

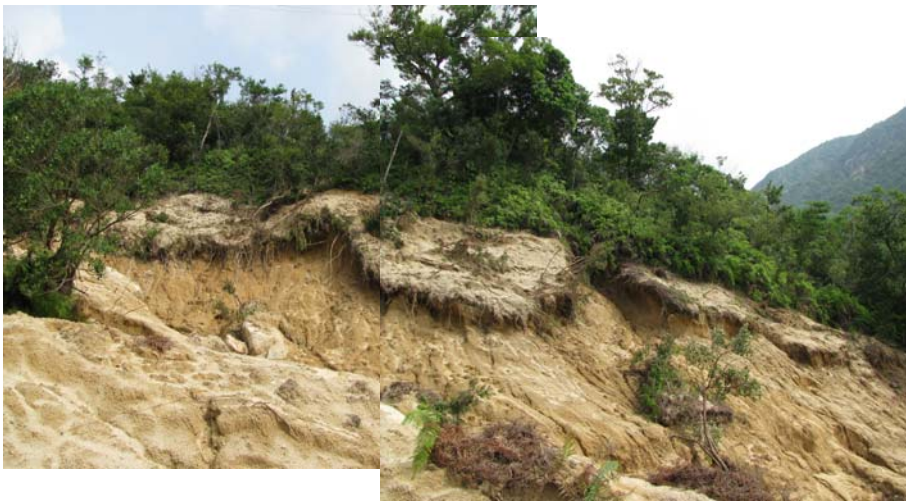


図-5e.6 源頭部直下の状況（ウラジロが優勢で、表層土は薄い）



図-5e.7 シーティング・ジョイントの入った花崗岩



図-5e.8 中流域の状況（奥に山腹工がみえる） 図-5e.9 下流側の治山ダム

国道 262 号沿い山地の植生は、他の地域と比較してとくに貧相で、花崗岩の岩峰右田ヶ岳の岩峰下ではほとんど樹林はなく、羊歯植物ウラジロ科のコシダとウラジロが密生、わずかにアカマツ、ヒサカキ、ヤマモモ、ソヨゴなどが散生するに過ぎない。国道 262 号を挟んだ西目山側ではとくにウラジロの密生が目立ち、いずれの崩壊もこれらの羊歯植物の植生域で発生している。ここでの土石流は、国道 262 号に直下する形で発生しており、流木と土石が国道を直撃、多くの土石と流木が国道の道路上を流下している。国道沿いの街路樹モミジバフウの立木も剪断されている。

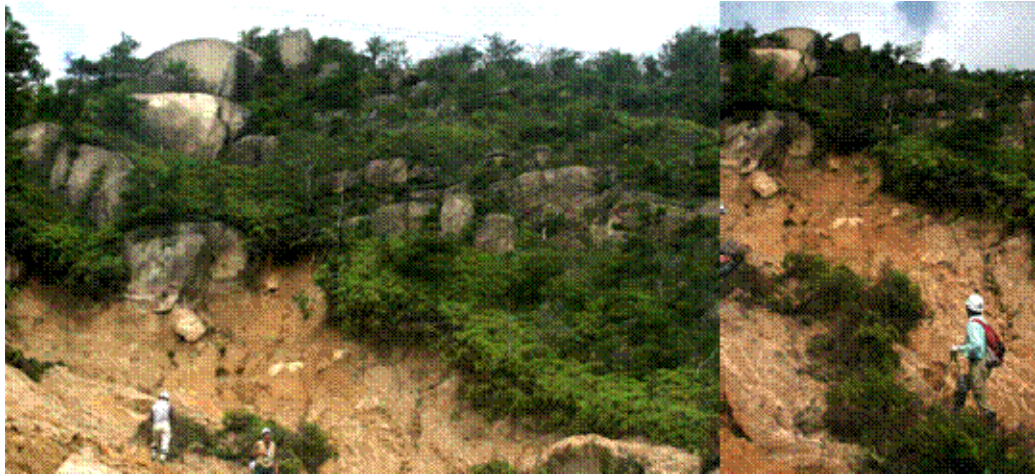


写真-5e.10 西目山側でのウラジロの密生群落



写真-5e.11 右田ヶ岳の岩峰下のコシダ密生群落

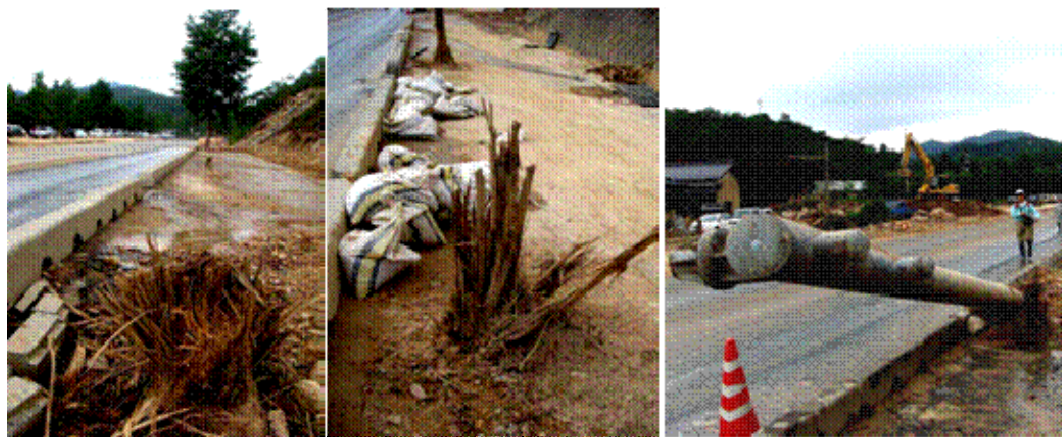


写真-5e.12 国道 262 号街路樹モミジバフウの剪断と標識塔の倒壊

f) 勝坂

勝坂集落上流の剣川では、上勝坂橋から剣川下流側の砂防堰堤まで現地調査した。この地域では、崩壊が広域かつ多数発生したのが特徴である。航空空写真の解析によれば、180ヵ所以上の崩壊地があるようであり、他の地域と比べて、土砂流出量は多いものと推定される。流出した土砂はマサ土が主体であり、土砂流となって、下流側に広がり、住宅・道路・橋梁に大きな被害を与えた。地形としては「やせ尾根」といわれ、地表面に平行に発達した節理を有す花崗岩が尾根部に露出しており、不安定な状態にあったと考えられる。地山の状況として、過去に山火事があったこと、マツ枯れの被害があったとの報告があり、シダ類や低灌木が多く、表層部の根付きは良くなく、荒廃した状況にあったと推察される。また、溪流沿いに砂防施設が設置されており、上流側の崩壊による流出土砂を効果的に補足していた点は注目される。



写真-5f.1 土砂や流木が家屋に流入した状況



写真-5f.2 自動車の下にマサ土が堆積した状況



写真-5f.3 床版が浮き上がった上勝坂橋



写真-5f.4 下流側の土石や流木が堆積した状況



写真-5f.5 下流の砂防えん堤の状況

下流側の砂防堰堤では、その周囲で発生した表層崩壊や土石流による土砂・巨礫・流木を効果的に補足していた。

g) 峠下 (たおした)

本流域はふし野川水系問田川上流で、このうち峠下集落上流の支流と本流の中流域まで現地調査した。この地域は剣川と尾根で接しており、集中豪雨が激しかった地域と考えられ、合わせて山火事のため植生も貧弱だったため、多くの表層崩壊が発生した。航空写真の解析によれば、20カ所以上の崩壊地があるようである。本流域全体が花崗岩地域であるため、流出した土砂はマサ土が主体であり、土砂流となって、下流側に広がり、住宅・道路に被害を与えた。地形としては比較的急峻で、花崗岩の風化土層は不安定な状態にあったと考えられる。本流域の植生はアカマツの枯損木が残る再生二次林で、コナラ、クリ、コシアブラ、リョウブの夏緑広葉樹とアラカシ、コジイ、シリブカガシ、クロキの常緑広葉樹が混じる亜高木林が占める。しかし、過去に山火事があったこと、マツ枯れの被害があったとの報告があり、シダ類や低灌木が多く、表層部の根付きは良くなく、貧弱な状況にあったと推察される。本流域では20箇所以上の表層崩壊が発生し、その一部は土石流化して下流に大量の土砂と流木を流出させた。表層崩壊は0次谷といわれる凹型斜面の尾根の下部で発生するものが多く、地盤は大量の雨水を含んで流動化するため、そのまま土石流となって下流河道の溪床ならびに溪岸部を侵食しながら土石流化したものが多い。このため、本流域での流木の発生は、生育地盤の流失で倒伏、崩落したもので10mを超える大木が根系付きのまま多数流出している。また、発生した土石流の多くは高さが3~5m程度であり、流速も10m/s近くまであったと思われる。流木を伴った土石流は非常に破壊力が大きく極めて危険な現象である。このような山地災害を未然に防ぐため、本溪流には本流を中心に治山施設が合わせて6基設置されており、このうち5基が未満砂であったため、上流で発生した崩壊や土石流による流出土砂を効果的に捕捉していた。このような良かった点は注目されるが、一方で最下流の支流では施設が整備されてなかったため、この支流から流出した土砂が本流を閉塞し、両方の土砂が氾濫した。



写真-5g.1 流出した土砂・流木の堆積状況
問田川上流域から流出した土砂と流木が峠下地区に氾濫して堆積した。流出した土砂は細粒成分が多く、流木は広葉樹が多いようである。道路の手すり
が土砂流出のため破損しているのがわかる。



写真-5g.2 支流の表層崩壊の状況

支流中流右岸斜面で発生した崩壊は幅10m、長さ100m、深さ1m程度で、雨水を十分に含んでいた。地盤は流動化して一気に下流へ流下した。表層崩壊の発生した位置は尾根直下で、パイプの痕跡は不明瞭であるが、花崗岩地域の豪雨時に発生する典型的な表層崩壊と考えられる。



写真-5g.3 支流表層崩壊対岸の状況

写真2で発生した崩壊土砂が対岸の約16m高さまで泥飛沫（どろしぶき）を上げて乗り上げた痕跡



写真-5g.5 支流と本流の合流点

支流から流出した大量の土砂と流木により本流との合流点が閉塞し、下流に土砂と流木が氾濫堆積した。



写真-5g.4 支流を流下した土石流痕跡

支流上流域では表層崩壊が数箇所発生しており、それによって生産された土砂が下流溪床溪岸を強く侵食しながら土石流化して流出した。樹木の流下痕跡等から推定した土石流の高さは3m程度であり、この下流の合流点で対岸に乗り上げていた。



写真-5g.6 本流治山ダムの土砂堆積状況

本流の治山ダムは平成5年に完成した。本ダムと副ダムとの間にも流木の堆積が見られ、それより下流にはとくに土砂の流下痕跡が見られないことから、この治山ダムが有効に機能したと考えられる。本流域には本流上流に4基、支流に2基の治山ダムがあり、そのほとんどが堆砂率30%以下の未満砂だったため、本流域の方が支流域よりずっと表層崩壊の発生面積が大きく、流出土砂量も大きかったにもかかわらず、下流への土砂流出は少なくて済んだ。本治山ダムの堆砂域には本流から流出した巨礫と流木からなる土石流堆積物と支流からの細粒土砂の掃流状堆積物が大量に堆積していた。

(3) その他

h) 防府西高等学校グラウンド横

この被災箇所は、他の箇所からは位置的に離れており、勝坂から南西方向に約 5km の地点である。本箇所では高等学校裏の山腹が崩壊して、学校のグラウンドまで土砂や流木が流入した（写真-5h.1）。他の被災が 21 日の正午前後であったのに対して、本箇所では朝の 9 時頃に崩壊したとのことであった。ちょうど夏休み中ということもあり、人的被害はなかった。なお、流入土砂はグラウンドのおよそ半分を埋め、堆積面積は約 3800m² で、堆積厚さは最大で 1m ほどとのことである。

崩壊部の幅は 15m 程で、崩壊層の厚さは 2m 程と推定される。滑落崖にはパイピング跡もみられた。なお、グラウンドの上の道路の被災幅は 40m 程であり、下流で幅が広がっている。

地質的には他の被災地と同じく広島花崗岩の分布地域であり、尾根近くには硬質な花崗岩が露頭するが、高角度の節理面で分離し、倒れ込んでいるものも多い（写真-5h.2）。崩壊はこのような露岩の直下から発生しており、崩壊層の中には巨礫が多く混入している。ただし、土砂や巨礫が崩壊斜面の途中で止まっているものがあり、今後の降雨により再崩落する可能性がある。崩壊層は巨礫を混じえるマサ土で、地形図を見ると古い崩壊地形をなしているため、過去の崩壊で堆積した崖錐性堆積物と判断される。花崗岩の巨礫を多く含むのは尾根付近に分布する花崗岩が崩壊発生時などに崩落し、崖錐の中に取り込まれるためと考えられる。崩壊が比較的早い時間に発生していることなどからも、短時間の強度の集中豪雨で崖錐性堆積物が飽和し、パイピングを引き金に崩壊したと推定される。



写真-5h.1 学校グラウンドまで進入した土砂および流木



写真-5h.2 尾根近くに露頭する硬質花崗岩



写真-5h. 3 崩壊部の状況



写真-5h. 4 崩壊箇所を上方から望む



図-5h. 1 崩壊箇所周辺の地形図

6. 土石流のハード対策の効果と課題

今回の豪雨災害の特徴の一つとして、既存の治山ダムならびに砂防えん堤が有効に機能したことが挙げられる。一部には、上田南川の治山ダムの破壊のように、巨礫を含んだ土石流の直撃を考慮した施設ではなかったことから、被災を受けたものもみられたが、災害地域に存在する多くの治山ダムや砂防えん堤が流出した土砂を食い止めて、下流の被害の低減に大きな役割を果たした。今回、我々が現地調査を行った場所に限ってみても、奈美、勝坂、峠下における治山ダムや砂防えん堤の上流側には大量の土砂と流木が堆積し、下流への土砂流出を抑止している。また、流出した土砂そのものの量が多いところでは、施設では止めきれなかった細粒土砂が流下しているほか、ダム下流においても、洪水流の侵食により土砂が生産され、下流で氾濫している。しかし、巨礫はおおむね施設で停止したので、巨礫の衝撃力による家屋の倒壊をまぬがれている。

一方、今回の豪雨災害では、下流河川の流路断面が比較的小さく、河川法線も屈曲していたため、上流から流出した大量の土砂の堆積により流路断面が閉塞したり、流木が橋梁やボックス等に詰まり、大量の土砂を含んだ洪水流があふれて氾濫したところが多くみられた。降水量が少ない小流域では、普段はほとんど流水が見られないことからわずれがちになるが、山地溪流の流末処理に留意することの大切さを再認識させられたことが教訓といえる。流末処理は、土地利用の問題ともからむことから困難な課題ではあるが、今後の復旧・復興に当たっては、十分考慮しておく必要がある。



写真-6.1 奈美

松ヶ谷川中流に位置する鋼製スクリーン形式の治山ダムで、災害前は未満砂であった。上流から流出した大量の土砂と流木の流下を左岸袖部が侵食されながらも食い止めた。このため、下流域で流出土砂の氾濫被害は避けられなかったが、流出した土砂の粒径が細粒化したため、家屋の倒壊は免れた。



写真-6.2 勝坂

剣川上流に昭和30年度に設置された不透過型重力コンクリート式の砂防えん堤。今回の災害前も満砂状態だったが、左岸側の袖を越えて流木が流出したがその他は良く耐え、大量の土砂と流木を堆砂域に堆積させた。このため、下流域で流出土砂の氾濫被害は避けられなかったが、流出した土砂の粒径を細粒かしたため、土石流の家屋直撃は免れ、被害は最小限で済んだと考えられる。



写真-6.3 峠下

問田川上流に平成5年度に設置された不透過型重力コンクリート式の治山ダム。写真は治山ダム堆砂域の堆積状況であるが、本流から流出した巨礫と流木からなる土石流堆積物と支流からの細粒土砂の掃流状堆積物が大量に堆積していた。本ダムと副ダムとの間にも流木の堆積が見られ、それより下流にはとくに土砂の流下痕跡が見られないことから、本治山ダムが有効に機能したと考えら



写真-6.4 真尾

上田南川の中流の滝直下に設置されていた鋼製スクリーン形式の治山ダム。未満砂の状態であったことから、巨礫と流木を大量に含んだ土石流の直撃をまともに受けて、中央の鋼製部分は、1スパンを残して倒壊した。本治山ダムは昭和51年度に設置されたもので、土石流の直撃を想定した施設ではなかった。



写真-6.5 下右田

国道262号線の西側斜面から土石流を流出させた谷には治山ダムが設置されており、左岸側の袖部が破損したが、本体の破壊は免れた。この土石流は、治山ダムを設置した溪流ではなく、左岸側に隣接した溪流の源頭部に斜面崩壊が発生し、溪流を侵食しながら流下した土砂が、低い尾根を越えて袖部に衝突したもので想定外の現象といえる。



写真-6.6 勝坂

剣川上流域には数基の既設砂防えん堤があり、大量の巨礫と流木を停止させたが、流出した土砂がそれ以上に多く、大量の細粒土砂と流木が勝坂地区まで流下した。勝坂地区の河川の河道断面は洪水流量に対して極めて小さく、流出してきた大量の細粒土砂が河床に堆積した上に、流木が国道262号線の橋梁に詰まり、動水圧により橋梁の床版が上昇するとともに細粒土砂を伴った洪水があふれ出し、周囲に氾濫被害が広がった。しかし、土石流による家屋直撃は免れ、被害は最小限で済んだと考えられる。

7. 土石流のソフト対策の現状と課題

今回発生した土石流は、ハード対策である治山ダムや砂防えん堤で停止しり、勢力が軽減されたものが多かった。しかし、土石流の規模が防災施設の容量や強度レベルを越えて、下流に流下してしまったものや防災施設を破壊したものも見られた。今後とも、これらのハード対策を適材適所に作ることは必要である。しかし、本地域に存在する土石流跡である扇状地があまりにも多いのを見ても、すべての溪流に十分な防災施設を整備することは多額の費用と長い時間を要することから、ハード対策のみで、早期の安全水準を確保することは難しい。このため、物的被害の減災と人的被害をなくするソフト対策が重要といえる。

現状のソフト対策の事例としては、大雨により土砂災害の危険度が高まった市町村を特定し、都道府県砂防部局と気象台が共同で発表する防災情報として土砂災害警戒情報がある。山口県でも今回の豪雨により土砂災害警戒情報が発表されたが、7月21日7時40分には、土砂災害警戒情報第1号が発表され、山口市や防府市を含めた3市3町が警戒対象地域に指定された。その後、警戒対象地域が拡大・縮小したものの、7月22日8時15分の解除まで合計10回の土砂災害警戒情報が発表された。このように土砂災害の発生する危険性の高い時には、近くの斜面や溪流の様子に注意して、土砂災害の予兆現象を把握することや危険と判断される場合は安全な時に安全な場所へ安全なルートで非難することが大切である。

被災調査の中で、扇状地に古くから住んでいる住民に聞いた話では、今回は土砂の流入を防ぎきれなかったが、大きな雨が降ると、近所と連絡しあって、土のうを積んだりしていたそうである。「前回の雨のときは〇〇だった」、「昔の話では〇〇から大きな石が流れ出してきた」など、大雨が降ると危ない土地であることを認識しており、積み重ねられた情報も持っている。一方、扇状地の奥の沢沿いに新しい家を建てているところも多く、そこでの住民はこんな土石流が起こるとは思っていなかったと話している。つまり、我々防災技術者にとっては、マサ土分布地域は土砂災害に弱い、特に、その中の扇状地は土石流によって作られた土地であるので被害を受けやすいということは常識といえる。しかし、市民の認識や意識にはばらつきがあり、防災知識が広く知られているとはいえない現状にある。

たびたびおこる土砂災害を減災していくためには、行政による情報伝達手段の整備を進めるとともに、防災知識を広く市民に伝え、技術者と行政、市民がうまく連携できる減災システムを作ることが今後の課題といえる。

8. おわりに

今回の現地調査でも土石流災害の悲惨さを改めて痛感しました。今回の災害で亡くなられた方々のご冥福をお祈りいたします。ここでは、同様の災害をくりかえさないために、調査結果をもとに、以下のような課題について速報的に問題提起します。

(ハード施設について)

① 砂防えん堤や治山ダムが土石流災害を軽減していること

砂防えん堤や治山ダムが土石流災害を軽減している場所をいくつか確認した。防災施設は、日頃、その機能が分かりにくい施設であることから、災害発生時に、その効果や限界について検証しておく必要がある。

② 災害発生ポテンシャルに留意した施設配置計画の整備に留意すること

今回多くの方が被災された老人ホームは扇状地に位置し、土石流災害のポテンシャルが高い地域であった。老人ホームや保育施設、公共施設、その他多数の人が集まる施設等の企画・計画・設計に際しては、火災・地震などと同様に土砂災害に関しても高い安全水準を確保する必要があることから、地形・地質面の立地環境に留意し、必要に応じて、防災上の対策を考慮することが重要である。

(ソフト対策について)

③ 土砂災害新法の基本理念を徹底すること

「行政の知らせる努力」と「住民の知る努力」の両者の努力により土砂災害を軽減するのが土砂災害新法の基本方針であり、この基本方針の確認と積極的な取り組みが望まれる。

④ 土砂災害警戒情報について検討すること

地域の土砂災害警戒情報の伝達状況について検証し、必要に応じて改善策を検討する必要がある。

⑤ 災害時要援護者に対するそなえを再認識すること

今回の災害では、災害時要援護者と言われる方々が施設内で亡くなった。また、災害による犠牲者は、すべて60歳以上の方々である。防災関係者の中で災害時要援護者の問題が取り上げられて久しいが、過去の土砂災害を教訓にして、災害時要援護者の避難体制について具体的な検討と啓蒙が必要である。

⑥ 防災教育を積極的に推進すること

国内には、土砂災害が発生する危険性が高い場所が極めて多いのが現状である。行政と住民は災害が起きることを常にイメージして、事前に非難訓練等を実施する必要があるが、日常はその危険が認識しにくいことから、実際の災害現場を見ることを含めた防災意識の向上に取り組むことが望ましい。また、小学生や中学生の頃から、生活するための基礎知識として、防災地形や防災地質等に関する地学教育や土砂災害に関する防災教育が必要である。