

(公益社団法人) 土木学会・(公益社団法人) 地盤工学会
平成 26 年広島豪雨災害合同緊急調査団
調査報告書



平成 26 年 10 月

公益社団法人 土木学会・土木学会中国支部

公益社団法人 地盤工学会

(公益社団法人) 土木学会・(公益社団法人) 地盤工学会
平成 26 年広島豪雨災害合同緊急調査団・調査報告書 目次

1. はじめに：災害の概要.....	1
2. 調査団の概要.....	8
3. 調査報告.....	16
3. 1 気象状況.....	16
3. 2 河川災害.....	33
3. 3 土石流と斜面崩壊.....	52
3. 3. 1 大林・三入・桐原地区.....	52
3. 3. 2 可部東地区.....	61
3. 3. 3 八木八丁目・八木六丁目.....	75
3. 3. 4 八木ヶ丘団地.....	98
3. 3. 5 阿武の里団地.....	106
3. 3. 5. 1 土石流溪流調査.....	106
3. 3. 5. 2 土石流による被害状況.....	126
3. 3. 6 八木三丁目.....	138
3. 3. 7 緑井七丁目・八丁目.....	150
3. 3. 8 その他地区.....	185
3. 3. 8. 1 山本八丁目.....	185
3. 3. 8. 2 可部高校グラウンド法面.....	193
3. 4 治山・砂防堰堤等の効果.....	194
3. 5 土砂災害警戒情報と避難基準雨量に関する検討.....	211
3. 6 警戒区域，特別警戒区域の指定のための調査における想定土量と 今回の災害で発生した土量の比較と考察.....	228
3. 7 計画的視点.....	233
3. 7. 1 豪雨災害を受けた地区の人口統計.....	233
3. 7. 2 公共施設の被災状況.....	234
3. 7. 3 豪雨災害を受けた地区の開発の歴史的経緯.....	235
3. 7. 4 土砂災害発生地区の人口集積地区と土砂災害危険区域.....	238
3. 7. 5 交通機関への影響と復旧.....	242
3. 7. 6 被災者向けの住宅確保.....	244
3. 7. 7 安全・安心な集約型都市に向けて.....	245

4. 過去の災害との比較	248
4. 1 6. 29災害との比較	248
4. 1. 1 広島県内で起こった過去の豪雨災害	248
4. 1. 2 6.29 災害の概要	249
4. 1. 3 降雨特性の比較	252
4. 1. 4 土砂災害の特徴	255
4. 1. 5 崩壊斜面の土層構造と土質工学的特性	259
4. 1. 6 雨量指標 R'による斜面災害危険度の比較	262
4. 1. 7 復旧と対策	266
4. 1. 8 まとめ	269
4. 2 2009年山口防府土石流災害との比較	271
4. 3 2010年庄原災害との比較	285
5. まとめ	293
謝辞	296
改訂履歴	296

1. はじめに：災害の概要

平成 26 年、日本には台風第 12 号と台風第 11 号が相次いで接近するとともに、前線が日本付近に停滞して、暖かく非常に湿った空気の流れ込みが継続した。これらの影響で日本各地では大雨が観測され、平成 26 年 7 月 30 日から各地で発生した豪雨は、気象庁により平成 26 年 8 月豪雨と命名された。

広島県広島市では、8 月 19 日夜から 20 日明け方にかけて猛烈な雨となり、1 時間降水量、3 時間降水量、24 時間降水量の値が観測史上 1 位の値を更新した。

この豪雨は、広島市安佐北区・安佐南区で数多くの土石流を引き起こし、死者 74 名に及ぶ、大きな災害をもたらした。9 月 19 日現在、広島県から発表されている被害状況を表 1-1 と表 1-2 に示す。

8 月 20 日午前 4 時 30 分時点では、土砂災害警戒情報が、広島市、大竹市、廿日市市、安芸高田市、北広島町の 4 市 1 町に出されていた。また、午前 4 時 15 分に広島市可部、三入、三入東、可部南、大林（各学区の一部）に、午前 4 時 30 分に梅林、八木、緑井、山本（各学区）に、浸水、土砂災害のおそれがあるとして、避難勧告が出された。八木四丁目 42、43、48、49、50 については、午前 7 時 58 分に避難指示が出された。避難勧告の範囲は被災状況の判明とともに広がり、避難勧告の対象者は午後 7 時の段階で、安佐北区 43,169 世帯 100,872 人、安佐南区：23,782 世帯、58,228 人、および安芸高田市 1 世帯 3 人に及んだ。また、被害は長期化し、災害からほぼ 1 か月が経過した 9 月 19 日時点でも、避難勧告対象者は安佐南区で 918 世帯 2,335 人に及んだ。

被害の多くは、土石流および斜面崩壊によりもたらされた。図 1-1 に国土地理院が航空写真から判読した土砂の流出範囲を示す。安佐南区の阿武山から放射状に土石流が発生しているほか、北東の安佐北区にかけて、土石流の発生範囲が分布している。

これらの土石流の被害は広範囲に及び、例えば JR 芸備線では三次～広島間を 8 月 21 日まで、JR 可部線では緑井～可部間を 8 月 31 日まで運転を見合わせる事となった。

土石流で発生した災害廃棄物等の処理量及び総事業費は、平成 26 年 9 月 3 日時点の広島市の見込みで 50 万 m³、100 億円に及んでいる。これらの廃棄物の処理は、図 1-2 に示す工程表で処理されていく予定である。また、9 月 5 日に、国・広島県・広島市は応急復旧の進捗状況及び今後の計画（ロードマップ）を公表した。応急復旧のイメージを図 1-3 に示す。また、いくつかの砂防ダム・治山ダムが満杯状態にあることを受け、応急復旧工事として除石が行われる（図 1-4）。さらに、図 1-5 および図 1-6 に示すような復旧事業が応急復旧に続いて実施される見込みである。

本報告は、(公益社団法人)土木学会および(公益社団法人)地盤工学会が災害直後に派遣した緊急合同調査団の調査報告である。本災害が社会に及ぼす影響は大きく、調査研究は継続中であるが、緊急調査団の活動として、ひとまず調査結果を取りまとめたものである。今後の調査研究の進展や災害の軽減に役立つ資料となることが期待されている。

表 1-1 人的被害の概要（平成 26 年 9 月 19 日時点）

市町名	死亡	行方不明	重傷	軽傷	計	備考
広島市安佐南区山本八丁目	2				2	土砂崩れ
広島市安佐南区緑井七丁目	10		1	3	14	土砂崩れ
広島市安佐南区緑井八丁目	4		3	4	11	土砂崩れ
広島市安佐南区八木三丁目	41		1	10	52	土砂崩れ
広島市安佐南区八木四丁目	9			4	13	土砂崩れ
広島市安佐南区八木六丁目				1	1	土砂崩れ
広島市安佐南区八木八丁目	2			4	6	土砂崩れ
広島市安佐北区三入四丁目				1	1	土砂崩れ
広島市安佐北区三入南二丁目	1				1	土砂崩れ
広島市安佐北区可部三丁目				1	1	土砂崩れ
広島市安佐北区可部東二丁目	1		1	1	3	土砂崩れ
広島市安佐北区可部東六丁目	3		1	6	10	土砂崩れ
広島市安佐北区可部町大字桐原	1			1	2	土砂崩れ
広島市安佐北区大林三丁目			1		1	土砂崩れ
計	74	0	8	36	118	

表 1-2 住家被害の概要（平成 26 年 9 月 19 日時点）

市町名	全壊	半壊	一部損壊	床上浸水	床下浸水	計
広島市安佐南区	100	84	92	968	2,035	3,279
広島市安佐北区	32	38	72	330	758	1,230
広島市西区	1		7	2	18	28
広島市中区			1			1
広島市安芸区			1			1
広島市佐伯区			1			1
安芸高田市				1	14	15
三次市			1			1
福山市					3	3
計	133	122	175	1,301	2,828	4,559

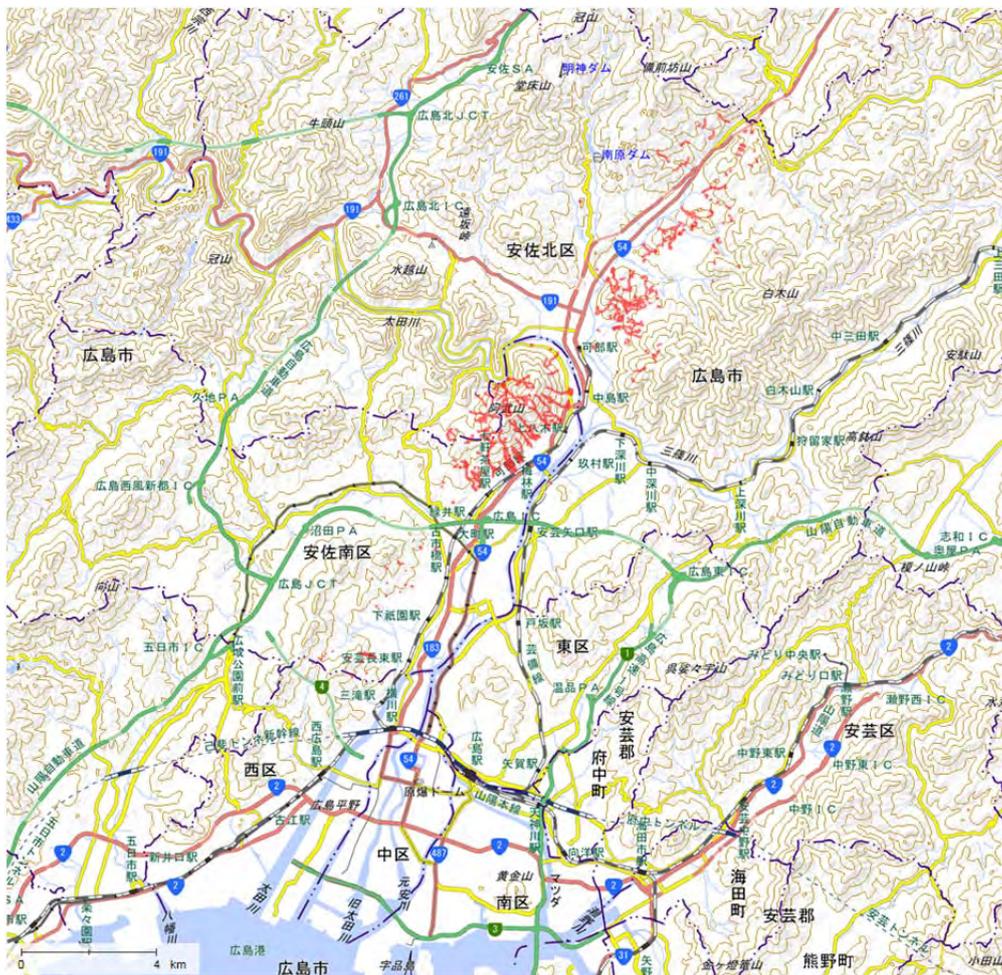


図 1-1 航空写真からの判読による土砂流出発生位置（国土地理院公表資料²⁾）

8.20土砂災害 応急復旧工事(除石)

平成26年9月4日現在



除石状況

砂防ダム・治山ダムのある溪流名	復旧工事内容	状況	砂防ダム・治山ダムのある溪流名	復旧工事内容	状況
1 ひやまがわ ひやまがわしせん 松山川及び松山川支川	除石	準備中	7 とげ えほい 桐原 恵穂屋	除石	準備中
2 したのたにがわ 下の谷川	除石	着手済	8 しもまちや どのい 下町屋 土居	除石	着手済
3 あなごうがわ 穴郷川	除石	準備中	9 しもまちや だいち 下町屋 大地	本復旧時に除石	準備中
4 うえはらがわ 上原川(下流側のダム)	除石	着手済	10 えんがたき 通ヶ滝	本復旧時に除石	準備中
5 うえはら ひがしやま 上原 東山	除石	準備中	11 やすかわしせん 安川支川75	除石	着手済
6 とげ てらがわ 桐原 寺側	除石	着手済			

除石: 11溪流のうち5溪流で着手済

※準備中: 進入路の確保等について検討中のダム

図 1-4 応急復旧工事(除石)の概要⁴⁾

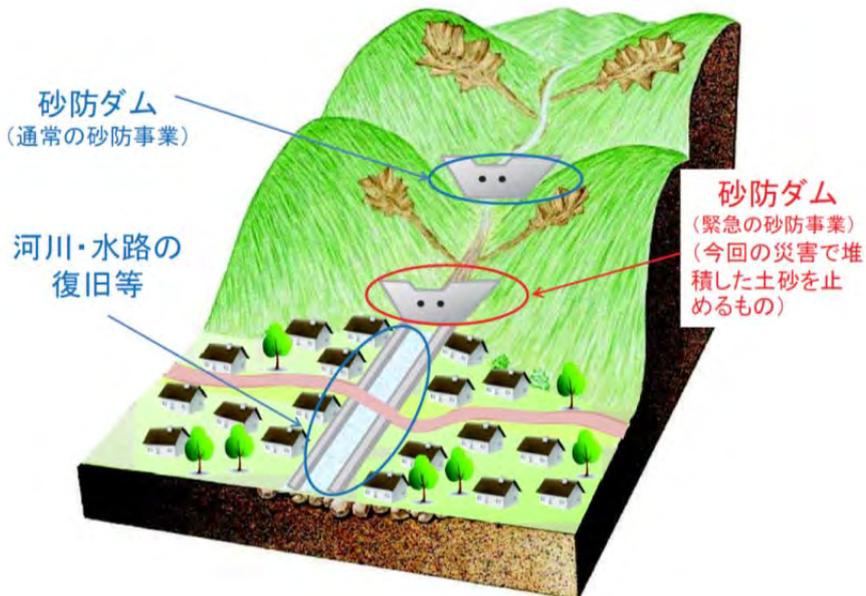


図 1-5 8.20土砂災害にかかる復旧事業のイメージ⁴⁾

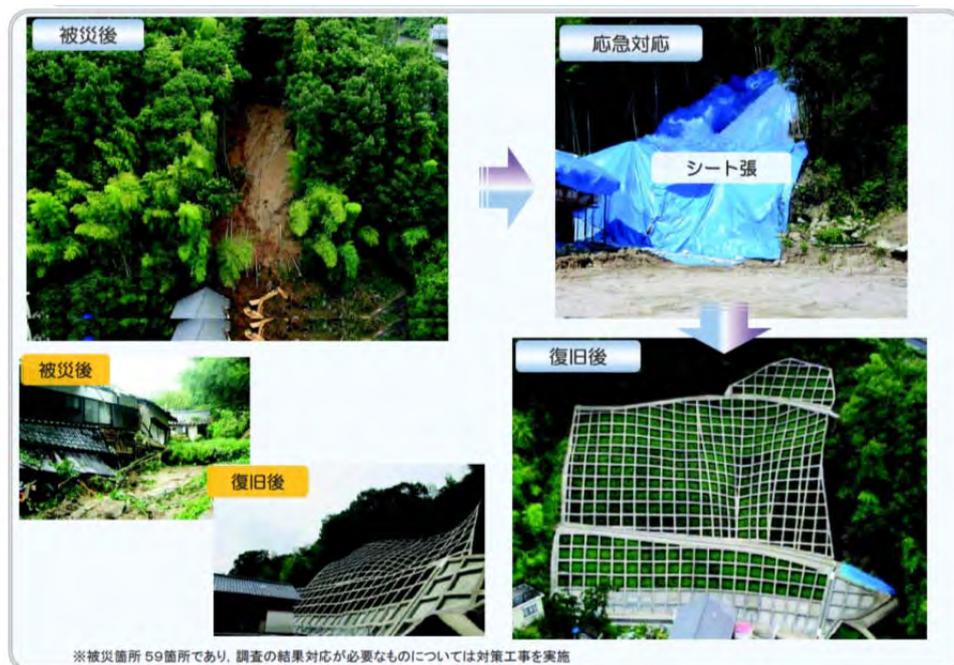


図 1-6 8.20 土砂災害にかかる急傾斜地崩壊対策事業のイメージ⁴⁾

最後に、本報告の執筆担当を表 1-3 に示す。また、調査団の構成や活動概要は 2 章に詳述する。

引用文献

- 1) http://www.jma.go.jp/jma/press/1408/22a/20140822_gouumeimei.html
(Accessed: September 26, 2014)
- 2) <http://portal.cyberjapan.jp/site/mapuse4/> (Accessed: September 26, 2014)
- 3) <http://www.city.hiroshima.lg.jp/www/contents/0000000000000/1409959607135/activessqr/common/other/540abe21017.pdf> (Accessed: September 26, 2014)
- 4) <http://www.pref.hiroshima.lg.jp/soshiki/95/oukyuufukkyuu.html>
(Accessed: September 26, 2014)

表 1-3 本報告の執筆者

	氏名	所属（専門）	執筆担当
団長	土田孝	広島大学（地盤工学）	3.3.2, 3.5, 3.6, 4.3, 5章
団員・幹事	一井康二	広島大学（地盤工学）	1章, 2章, 3.3.7, 3.3.8.2
団員	田中健路	広島工業大学（気象学）	3.1
団員	河原能久	広島大学（河川工学）	3.2
団員	山本春行	広島大学（地盤工学）	3.3.1, 3.3.2
団員	熊本直樹	広島工業大学 （地盤工学）	3.3.2, 3.3.3, 3.3.4
団員	加納誠二	呉高専（地盤工学）	3.3.4, 3.3.5, 3.3.6
団員	森脇武夫	呉高専（地盤工学）	3.3.5, 3.3.6, 3.3.7, 3.3.8.1, 3.6, 4.1
団員	鈴木素之	山口大学（地盤工学）	3.3.5, 4.2
団員	片山直樹	㈱日本海技術コンサルタンツ （斜面災害・地質）	3.3.5
団員	中井真司	復建調査設計（株） （砂防学・応用地質学）	3.3.6, 4.1
協力者	若井明彦	群馬大学（地盤工学）	3.3.7
団員	松田 博	山口大学（地盤工学）	3.4
団員	原 弘行	山口大学（地盤工学）	3.4
団員	藤原章正	広島大学（計画学）	3.7
団員	塚井誠人	広島大学（計画学）	3.7
協力者	渡邊一成	福山市立大学（都市計画）	3.7
団員	兵動正幸	山口大学（地盤工学）	4.2
団員	中田幸男	山口大学（地盤工学）	4.2
団員	吉本憲正	山口大学（地盤工学）	4.2
協力者	下野宗彦	西日本高速道路エンジニアリング中国（株）（斜面 防災）	4.2

2. 調査団の概要

土木学会中国支部では、土木学会中国支部緊急災害調査対応規則を設け、中国地域において重大なる災害が発生した場合における、土木学会中国支部の緊急対応に関する事項を定めている。図 2-1 に、規則に定められた緊急対応フローを示す。緊急性のある重大災害の場合、事前に設けられている緊急災害調査対応委員会の委員が発議し、委員会の議論を経て、調査団が派遣される。

本災害においては、災害の重大さに鑑み、広島地域の緊急災害調査対応委員会の委員である一井広島大学准教授より 8 月 20 日午後 14:15 に、土田広島大学教授を団長とする調査団の派遣の発議がなされた。また、事務手続きの進捗とは別に、8 月 20 日午後には、後に調査団に名を連ねるメンバーが被災地入りして調査を開始しており、8 月 22 日には土木学会中国支部の HP に最初の調査速報（8 月 21 日の調査内容）が掲載された。

8 月 22 日に調査団の派遣、土田広島大学教授の調査団長就任、調査団員の選任は調査団長に一任されることが決定した。なお、調査団員については、事務手続きを待たず、現地入りした調査の状況に応じ、中国支部の大学および高専の教員については随時、調査団員として保険加入等の手続きを進めることとした。結果的に、8 月 22 日の調査からは、調査団員の保険加入の手続きが間に合うこととなった。調査状況については、調査団員候補全員に、調査日程等の中国支部事務局への連絡を依頼し、調査状況の把握に努めた。

土石流による災害が顕著であることから、調査団は発議当初より、地盤工学会との合同調査団とする方向が示された。地盤工学会では、災害連絡会議で議論がなされ、8 月 22 日に合同調査団として発足することの承認がなされた。また、地盤工学会からの調査団員については、中国支部を中心に選定し、必要に応じて追加していくことが確認された。

土木学会本部においても、水工学委員会・地盤工学委員会斜面工学小委員会も調査に参加する議論がなされており、土木学会本部・土木学会中国支部の合同調査団として発足することが決定した。したがって、土木学会と地盤工学会の合同、というだけではなく、土木学会本部と支部の合同調査団という位置づけになる。調査団員によっては、土木学会の調査団員かつ地盤工学会の両方から派遣された調査団員となる。ちなみに、土木学会本部・支部・地盤工学会の 3 者に属している調査団員も存在した。他の合同調査団における調査団員の位置づけが今回と同様であるかはよくわからないが、今後の参考までに示すと、今回は複数の所属を持つ調査団員はそのすべてに属しているものとして扱い、費用負担等は、それぞれの所属での事務処理等が合同調査団サイドでは把握できないため、それぞれの調査団員が個々に判断して処理するものとした。

8 月 22 日には、磯部土木学会長が調査を実施して記者会見を開く方向性が示され、日程調整の結果、8 月 27 日に調査及び記者会見を開催することが同日中に決定した。

8 月 27 日に記者会見を開催することが決定すると、調査団員の選出等の事務手続きと、各調査団員による調査が並行して精力的に進められた。8 月 23 日には、調査団の名称を「土

木学会・地盤工学会「平成26年広島豪雨災害合同緊急調査団」とすることが決まった。8月24日には、調査団長及び地盤工学分野の調査団員が広島大学において会合を行い、調査結果の情報交換を行った。8月25日には、記者会見に関するプレス投げ込み資料を作成し、広島県庁の記者クラブに投げ込みを行った。また、今後の参考までに記述すると、記者クラブの当該月の幹事会社に、記者会見の案内の周知のご協力も頂いた。

8月27日は、可部北地区および八木地区の現場調査を行った後、広島YMCA国際文化センターにおいて、調査団発足に関する記者会見を行った。現場調査の様子を図2-2と図2-3に、記者会見の様子を図2-4に示す。発災後1週間という非常に短い期間ではあったが、単なる調査団発足のアナウンスだけではなく、精力的に実施した調査結果や過去の6.29災害との比較など、学術的な情報を多く含む記者会見となった。また、調査の様子や記者会見で示された見解は、土木学会の活動として多くのテレビや新聞で報道された。

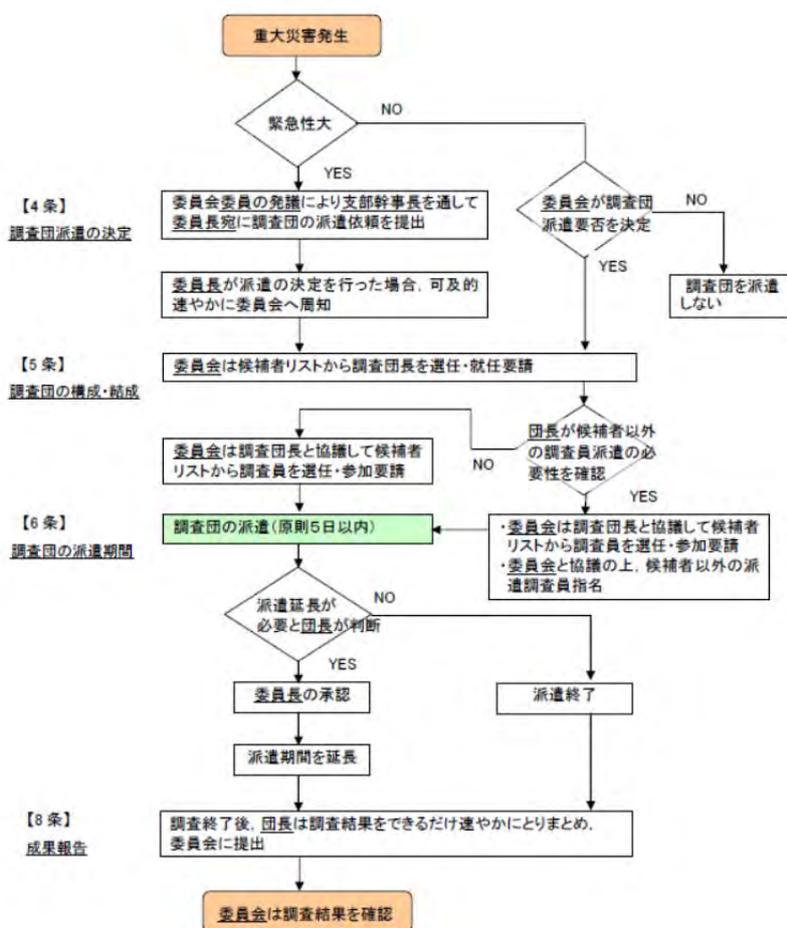


図 2-1 土木学会中国支部緊急災害調査対応規則における災害対応フロー



図 2-2 現地調査（8月27日）の様子



図 2-3 現地調査で住民の方と情報交換する磯部土木学会会長



図 2-4 記者会見で調査報告に聞き入るマスコミ

調査団の調査速報は、土木学会中国支部のウェブサイト

(<http://www.jsce.or.jp/branch/chugoku/disaster2014/disaster.html>)

地盤工学会のウェブサイト

(https://www.jiban.or.jp/index.php?option=com_content&view=article&id=1643:2011tohoku&catid=52:2008-09-15-02-30-46&Itemid=29)

および土木学会本部のウェブサイト (<http://committees.jsce.or.jp/report/node/72>) に随時掲載された。しかしながら、3箇所のウェブサイトに同時に共通した情報を掲載することは難しく、全ての情報がそれぞれのウェブサイトに掲載されていた訳ではない。今後の課題である。

もっとも頻繁に更新された土木学会中国支部のウェブサイトに掲載された調査速報の一覧(9月10日まで)を、時系列では逆順となるが、表 2-1 に示す。最大で1日1600件を超す閲覧があり、調査活動は非常に注目されていた。住民の方の閲覧もあり、八木の里団地上部の砂防ダムの被災について情報の修正につながるご意見が寄せられる(砂防ダムの袖部が被災と報告していたが、実際には本体も被災していた)など、ウェブサイトでの速報が非常によく機能した。

緊急調査団であるので、1か月程度をめぐりに調査報告を取りまとめることとし、10月8日に調査報告会を開催することとなった。また、調査報告は、学会のウェブサイトなどで公表する予定である。表 2-1 に、9月27日時点での調査団員の構成を示す。

表 2-1 土木学会中国支部での災害調査速報の掲載履歴

- ・全国大会 2014 での豪雨災害報告：September 10, 2014
土木学会全国大会での報告会の PPT など
- ・平成 26 年 8 月豪雨災害時の 治山・砂防堰堤の状況と効果：September 8, 2014
- ・国交省 X-BAND レーダーデータ：September 8, 2014
降雨状況の分析結果, 8/20 00 時～05 時までの 1 分毎の雨量強度分布など
- ・広島県と広島地方気象台による土砂災害警戒情報と広島市消防局による土砂災害警戒避難基準雨量検証について：September 7, 2014
- ・可部東六丁目 20_28-新建団地上部の例：August 24 - September 7, 2014
団地最上部の建設中の RC 構造物が土石流をブロックした例
- ・阿武の里団地の土石流現場：September 2, 2014
- ・砂防ダム機能の検証：September 1, 2014
- ・無人ヘリコプターによる被害状況の空撮（賛助会員：ルーチェサーチ提供）：August 31, 2014
- ・八木 3 丁目：August 31, 2014
- ・8 月 27 日記者会見資料：August 27, 2014
- ・平成 11 年 6. 29 災害との比較：August 26, 2014
- ・観測雨量の概要：August 25, 2014
- ・無人ヘリコプターによる八木および柳瀬の被害状況（賛助会員：ルーチェサーチ提供）：August 25, 2014
- ・可部東周辺：August 24, 2014
- ・太田川周辺：August 23-24, 2014
- ・広島市安佐南区八木, 緑井, 山本, 安佐北区可部東 付近：August 22-23, 2014
- ・広島県発表 50 地点の土石流箇所：August 22, 2014
- ・広島県で指定されていた土砂災害危険箇所（土砂災害ポータル広島）（と災害調査報告）：August 21, 2014
- ・これまでの緊急災害調査報告書
平成 25 年 7 月山口・島根豪雨災害調査報告書, 団長：羽田野袈裟義（山口大学）
平成 25 年 8 月島根県西部豪雨災害調査報告書, 団長：河原能久（広島大学）

表 2-1 (公益社団法人) 土木学会・(公益社団法人) 地盤工学会
平成 26 年広島豪雨災害合同緊急調査団・調査団名簿

	氏名	所属	備考
団長	土田 孝	広島大学大学院工学研究院・教授 (地盤工学)	土木学会 地盤工学会
団員	河原 能久	広島大学大学院工学研究院・教授 (河川工学)	土木学会(**)
	藤原 章正	広島大学大学院国際協力研究科・教授 (計画学)	土木学会
	一井 康二 (幹事)	広島大学大学院工学研究院・准教授 (地盤工学)	土木学会 地盤工学会
	張 峻屹	広島大学大学院国際協力研究科・教授 (計画学)	土木学会
	塚井 誠人	広島大学大学院工学研究院・准教授 (計画学)	土木学会
	布施 正暁	広島大学大学院工学研究院・准教授 (計画学)	土木学会
	力石 真	広島大学大学院工学研究院・特任准教授 (計画学)	土木学会
	Athapaththu A.M.R.G	広島大学大学院工学研究院・特任助教 (地盤工学)	土木学会 地盤工学会
	山本 春行	広島大学大学院国際協力研究科・教授 (地盤工学)	地盤工学会
	瀬谷 創	広島大学大学院国際協力研究科・助教 (計画学)	土木学会
	熊本 直樹	広島工業大学工学部都市デザイン工学科・教授 (地盤工学)	土木学会 地盤工学会
	田中 健路	広島工業大学環境学部地球環境学科・准教授 (気象学)	土木学会(**)
	森脇 武夫	呉工業高等専門学校環境都市工学分野・教授 (地盤工学)	土木学会 地盤工学会
	加納 誠二	呉工業高等専門学校環境都市工学分野・教授 (地盤工学)	土木学会 地盤工学会
	兵動 正幸	山口大学大学院理工学研究科・教授 (地盤工学)	地盤工学会
松田 博	山口大学大学院理工学研究科・教授 (地盤工学)	地盤工学会	
中田 幸男	山口大学大学院理工学研究科・教授 (地盤工学)	地盤工学会	

表 2-1 (つづき) 平成 26 年広島豪雨災害合同緊急調査団・調査団名簿 (つづき)

	氏名	所属	所属学会
団員	鈴木 素之	山口大学大学院理工学研究科・准教授 (地盤工学)	土木学会(*) 地盤工学会
	Azizul Moqsud	山口大学大学院理工学研究科・准教授 (地盤工学)	地盤工学会
	吉本 憲正	山口大学大学院理工学研究科・助教 (地盤工学)	地盤工学会
	原 弘行	山口大学大学院理工学研究科・助教 (地盤工学)	地盤工学会
	西垣 誠	岡山大学大学院環境生命科学研究科・教授 (地盤工学)	地盤工学会
	竹下 祐二	岡山大学大学院環境生命科学研究科・教授 (地盤工学)	地盤工学会
	西村 伸一	岡山大学大学院環境生命科学研究科・教授 (地盤工学)	地盤工学会
	西山 哲	岡山大学大学院環境生命科学研究科・教授 (地盤工学)	土木学会 地盤工学会
	小松 満	岡山大学大学院環境生命科学研究科・准教授 (地盤工学)	地盤工学会
	柴田 俊文	岡山大学大学院環境生命科学研究科・講師 (地盤工学)	地盤工学会
	珠玖 隆行	岡山大学大学院環境生命科学研究科・助教 (地盤工学)	地盤工学会
	金 秉洙	岡山大学大学院環境生命科学研究科・助教 (地盤工学)	地盤工学会
	竹林 洋史	京都大学防災研究所・准教授 (河川工学)	土木学会(**)
	黒川 岳司	呉工業高等専門学校環境都市工学分野・准教授 (水工学)	土木学会(**)
	吉田 圭介	岡山大学大学院環境生命科学研究科・准教授 (水工学)	土木学会(**)
	永野 博之	八千代エンジニアリング㈱・主任 (河川工学)	土木学会(**)
	椿 涼太	広島大学大学院工学研究院・助教 (水工学)	土木学会(**)
	西川 直志	㈱イシンコンサルタント・技術部長 (斜面防災)	土木学会(*)
	伊藤 和也	労働安全衛生総合研究所・主任研究員 (地盤工学)	土木学会(*)

表 2-1 (つづき) 平成 26 年広島豪雨災害合同緊急調査団・調査団名簿 (つづき)

	氏 名	所 属	備 考
団員	稲垣 秀輝	株式会社環境地質・代表取締役 (応用地質学)	土木学会(*)
	大野 博之	株式会社環境地質・技術部部长 (災害廃棄物)	土木学会(*)
	ハスパートル	アジア航測(株) 社会基盤システム開発センター・技術部長 (応用地質学)	土木学会(*)
	櫻井 正明	(株)山地防災研究所・代表 (山地防災)	土木学会(*)
	竹内 裕希子	熊本大学大学院自然科学研究科・准教授 (地理学)	土木学会(*)
	後藤 聡	山梨大学大学院医学工学総合研究部・准教授 (地盤工学)	土木学会(*)
	片山 直樹	(株)日本海技術コンサルタンツ・調査部次長 (斜面災害・地質)	土木学会(*)
	中井 真司	復建調査設計(株)・防災部 砂防技術課 課長 (砂防学・応用地質学)	地盤工学会

(*)土木学会/地盤工学委員会/斜面工学研究小委員会からの派遣

(**)土木学会/水工学委員会/からの派遣

3. 調査報告

3. 1 降雨状況と気象場の特徴

本節では、広島市安佐北区および安佐南区を中心に発生した局地的大雨に関して、降雨特性および降雨の原因となったと見られる気象場の特徴について、その概略を述べる。

(1) 天気図による概況

広島県内の降雨が強くなり始めた8月19日21時の地上天気図(気象庁提供)を図-3-1-1に示す。九州から四国の南海上は太平洋高気圧の西縁部に位置し、南西風が卓越する場となっていた。日本海上空から東シナ海にかけて、寒冷前線および停滞前線が南西に向かって延びており、太平洋高気圧の辺縁部の湿った空気が前線に対してほぼ平行に流れ込み、海面付近の下層では、湿った空気の流れが維持しやすい状況であったと考えられる。

同時刻の高層天気図(図-3-1-2)によると、対流圏中層の500hPa面(約5,900m)付近までは、中四国地方から南西諸島にかけて太平洋高気圧の北西縁に位置していた。これに加えて、500hPa面より上層では、中国北部から中国南東岸付近まで南北に長い気圧の谷が形成し、チベット高原の北側を流れる偏西風が大きく南に蛇行し、南西諸島から西日本の上空では停滞前線の南東側での南西風場となっていた。

以上のように、西日本上空では下層から上層まで南西風場が卓越し、停滞前線の南側で湿った空気が流れ込みやすく、広域的に見て大雨が発生しやすい場であったと考えられる。

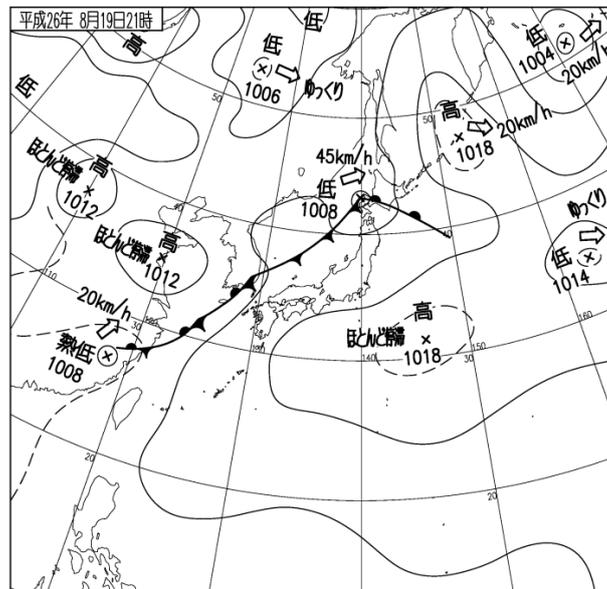


図 3-1-1 地上天気図 (8月19日21時) (気象庁提供)

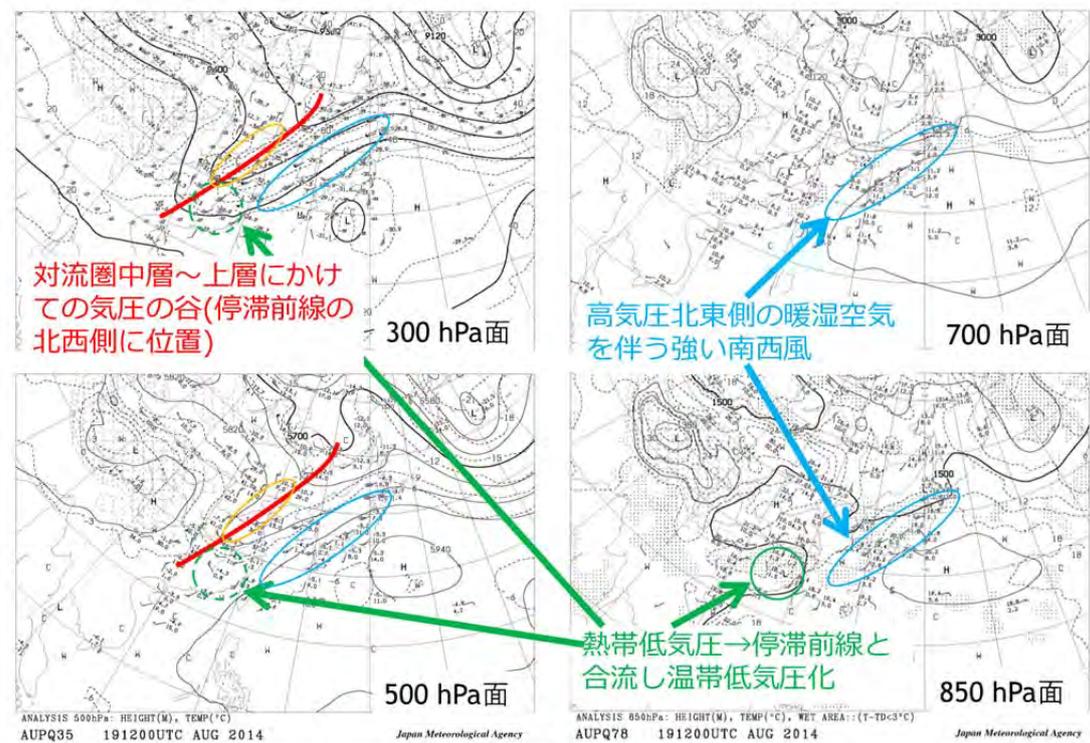


図 3-1-2 8 月 19 日の高層天気図（気象庁提供）

(2) 降雨状況

広島県内の雨量観測点における 8 月 19 日 0 時～8 月 20 日 24 時までの積算雨量の分布を図 3-1-3 に示す。積算雨量 100mm 以上の地点のリストを表 3-1-1 に示す。100mm 以上の積算雨量を記録したのは、廿日市市、広島県佐伯区・西区・安佐南区・安佐北区、安芸高田市の 34 ヶ所であり、南西から北東にかけて長軸幅約 60km、短軸幅約 10km の細長い帯

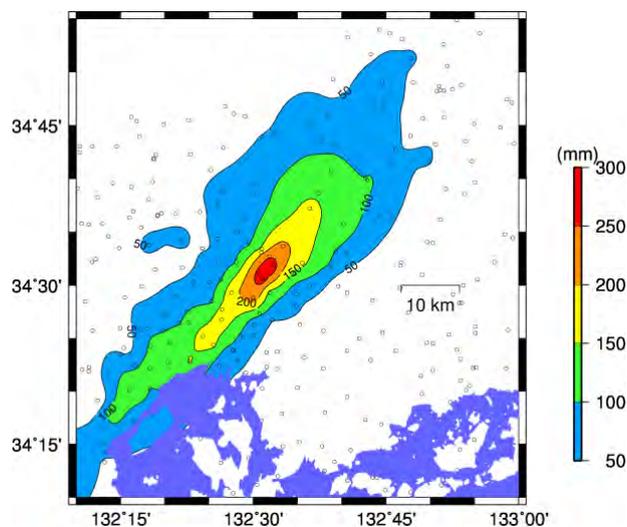


図-3-1-3 8 月 19 日～20 日の広島県内の雨量計で観測された総雨量の分布

表 3-1-1 広島県内で 8 月 19 日～20 日の 2 日間累積雨量が 100mm 以上を超えた観測点

観測局名	市区町	総雨量 (mm)	最大10分値雨量 (mm)及び起時		最大60分雨量(mm)及 び起時		最大3時間雨量(mm) 及び起時	
馬の口	廿日市市	138	21	8/20 1:20	92	8/20 2:40	111	8/20 2:30
矢草(国)	廿日市市	133	21	8/20 1:20	90	8/20 1:50	111	8/20 3:40
原	廿日市市	120	18	8/20 1:20	67	8/20 1:50	86	8/20 3:50
後畑	廿日市市	105	12	8/19 19:40	66	8/19 20:20	84	8/20 2:40
廿日市支所	廿日市市	112	12	8/19 19:40	46	8/19 20:20	75	8/19 22:30
井口台	広島市西区	153	15	8/20 2:20	47	8/20 2:50	74	8/19 22:30
己斐	広島市西区	159	20	8/20 3:20	58	8/20 3:20	104	8/20 3:40
奥畑	広島市安佐南区	100	14	8/20 1:10	52	8/20 1:50	68	8/20 2:50
祇園山本	広島市安佐南区	175	13	8/20 3:00	56	8/20 3:20	109	8/20 3:50
相田(国)	広島市安佐南区	165	13	8/20 2:10	56	8/20 2:30	112	8/20 3:50
毘沙門台(国)	広島市安佐南区	187	14	8/20 3:40	58	8/20 2:30	141	8/20 4:00
高瀬(国)	広島市安佐南区	233	21	8/20 3:30	107	8/20 3:40	187	8/20 3:50
勝木	広島市安佐北区	100	12	8/20 1:40	47	8/20 2:10	67	8/20 4:10
南原(国)	広島市安佐北区	187	20	8/20 2:40	72	8/20 2:40	156	8/20 4:20
堂免橋	広島市安佐北区	152	14	8/20 1:50	56	8/20 2:30	119	8/20 4:20
上原	広島市安佐北区	287	30	8/20 3:50	130	8/20 3:50	237	8/20 4:20
大林(国)	広島市安佐北区	218	25	8/20 4:00	96	8/20 4:00	182	8/20 4:30
安佐北区役所	広島市安佐北区	264	24	8/20 3:40	103	8/20 3:40	219	8/20 4:20
高陽	広島市安佐北区	114	11	8/20 2:40	40	8/20 2:40	56	8/20 3:50
三入(気)	広島市安佐北区	257	21.5	8/20 3:20	101	8/20 4:00	217.5	8/20 4:30
三入東	広島市安佐北区	284	27	8/20 3:40	121	8/20 4:00	239	8/20 4:20
深川(国)	広島市安佐北区	130	14	8/20 2:40	52	8/20 2:50	90	8/20 4:30
白木山	広島市安佐北区	128	14	8/20 4:00	45	8/20 2:50	91	8/20 4:30
市川(国)	広島市安佐北区	167	16	8/20 4:10	52	8/20 2:50	114	8/20 4:40
井原	広島市安佐北区	128	16	8/20 4:20	43	8/20 3:20	92	8/20 4:50
五日市観音	広島市佐伯区	104	11	8/20 1:50	48	8/20 2:00	63	8/20 3:40
彩が丘	広島市佐伯区	114	14	8/20 2:00	56	8/20 2:00	80	8/20 3:50
梶毛ダム	広島市佐伯区	114	15	8/20 2:10	54	8/20 2:10	84	8/20 4:00
五月が丘	広島市佐伯区	169	12	8/19 22:30	54	8/20 2:20	90	8/20 3:30
八千代町	安芸高田市	164	15	8/20 2:50	65	8/20 2:50	144	8/20 4:40
土師(国)	安芸高田市	144	13	8/20 2:00	62	8/20 2:50	126	8/20 4:40
多治比	安芸高田市	116	13	8/20 3:00	47	8/20 3:00	95	8/20 4:50
吉田町	安芸高田市	100	11	8/20 4:50	32	8/20 3:10	81	8/20 5:00
吉田(国)	安芸高田市	111	10	8/20 2:20	40	8/20 3:10	95	8/20 5:00

※最大値が複数の起時で現れているときには、期間内で最初に記録した時刻を示している。

状に分布している。このうち、積算雨量 200mm を超えたのは、安佐南区高瀬（国交省）、安佐北区上原、大林（国交省）、安佐北区役所、三入（気象庁アメダス）、三入東の 6 地点であった。10 分雨量 20mm 以上(120mm/時相当)を記録したのは廿日市市馬の口をはじめとする 10 地点で、安佐北区上原では 8/20 3:40～3:50 の最大 10 分間雨量 30mm を記録した。100mm を超える 60 分(1 時間)雨量を記録したのは、安佐南区高瀬をはじめとする 5 地点であり、表 3-1-1 に掲載されている他の地点でも 1 時間に 50mm 前後の激しい雨が降った。3 時間雨量 200mm を超えた地点は、安佐北区上原、安佐北区役所、三入（気象庁アメダス）、三入東の 4 地点で、大林（国交省）および高瀬（国交省）では 180mm を超える 3 時間雨量を記録した。10 分量、60 分雨量、3 時間雨量いずれも、殆どの地点では 8/20 1:00～5:00 の間に記録したが、廿日市市や広島市西区の一部では、8/19 19:00～23:00 の間に記録した。

地上雨量計の毎時雨量から作成した降雨分布を図-3-1-4 に示す。8 月 19 日 19～20 時の

降り始めでは、大竹から広島市佐伯区の広島湾西部沿岸域を中心に1時間20~30mmの降雨を観測し、その後、22時までにかけて広島平野を中心に1時間10~40mm程度の雨量を観測した。8月19日23時から8月20日0時の時間帯にかけて、平野部での降雨は収まり、県西部の一部の山間部で1時間10mm程度の雨量を観測する程度にとどまった。8月20日0時以降に、細長い帯状の雨域が作られ、1時~4時までほとんど広島平野のほぼ西端に沿って停滞し、安佐北区から安佐南区にかけて3時~4時の1時間雨量が100mmを超えた。4時を過ぎて降雨域が次第に縮小し、一連の大雨が終息した。最も雨が強かった8月20日午前1時30分~4時30分までの3時間雨量(図-3-1-5)は、安佐北区三入をはじめとする4ヶ所で200mmを超え、2日間の大雨のうち多いところで80%以上の雨がこの3時間に集中的降ったと見られる。

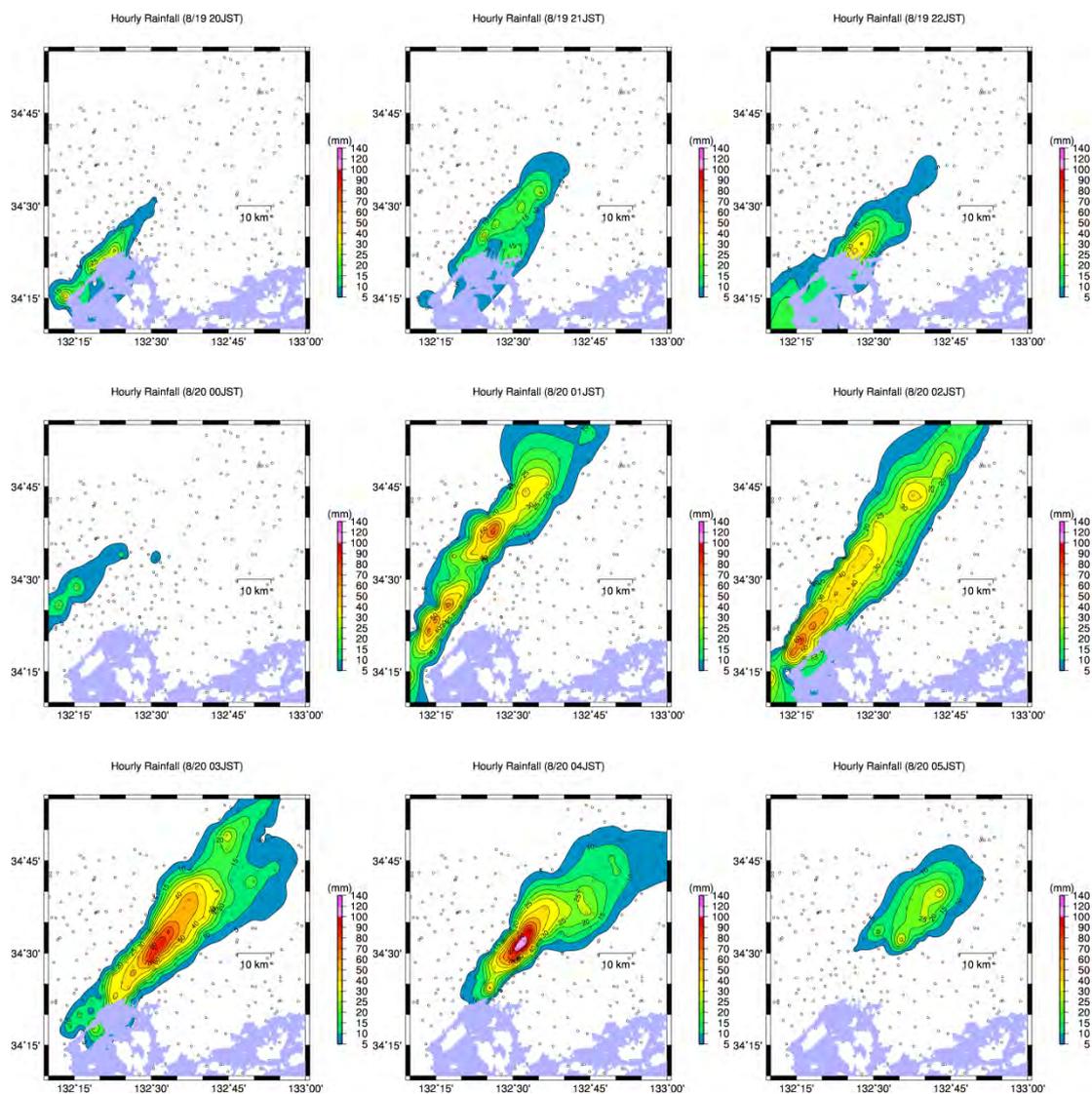


図-3-1-4 広島県内の毎時雨量分布の変化(8/19 19:00~8/20 5:00)

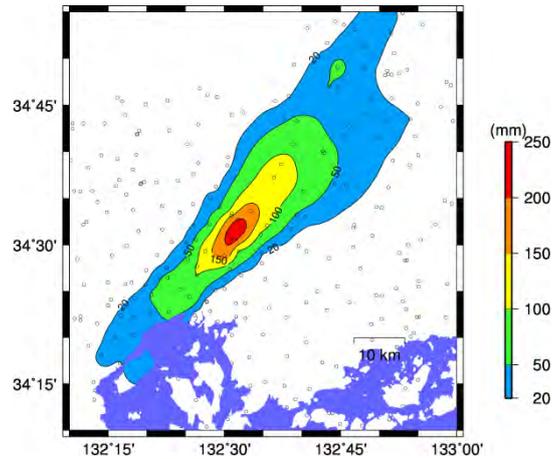


図 3-1-5 8 月 20 日 1 時 30 分～4 時 30 分までの 3 時間雨量の分布

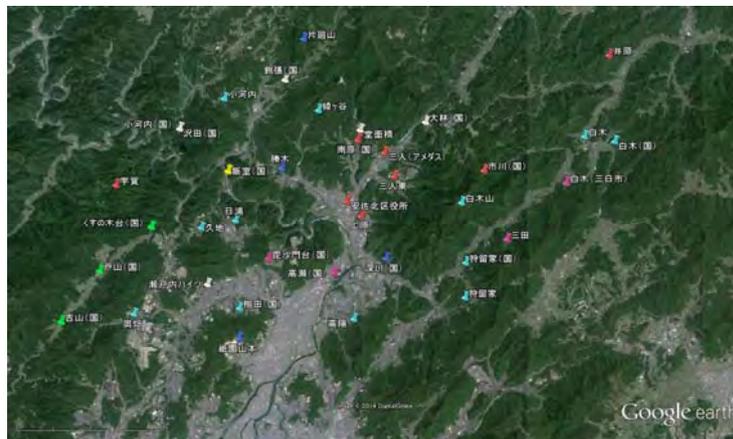


図 3-1-6 広島市安佐北区・安佐南区の雨量観測局の位置

今回特に強雨域が集中した広島市安佐北区および安佐南区の雨量観測局のうち、毘沙門台、高瀬、三入、三入東、上原の 5ヶ所の 10 分雨量と実効雨量(半減期 1.5 時間, 72 時間)の時間変化を図 3-1-7 に示す。5ヶ所の観測所いずれにおいても、19 日 20 時～21 時, 22 時～23 時の時間帯で 1 時間に 10 mm～30 mm 程度のやや強い雨が観測された後に、20 日 1 時 30～4 時 30 分の間に 10 分雨量 15～30mm の猛烈な雨が降り続けた。図 3-1-7 の 5ヶ所のうち、毘沙門台を除いて、半減期 1.5 時間実効雨量の最大値が 150mm を超え、半減期 72 時間実効雨量の最大値が 250mm を超えた。

気象庁アメダス三入観測所の雨量観測値から再現期間(Fair 式を用いた方法¹⁾)を算定したところ、最大 1 時間雨量 101.0mm, 3 時間雨量 217.0mm, 6 時間雨量 219.5mm に対してそれぞれ、160 年, 328 年, 125 年となった。

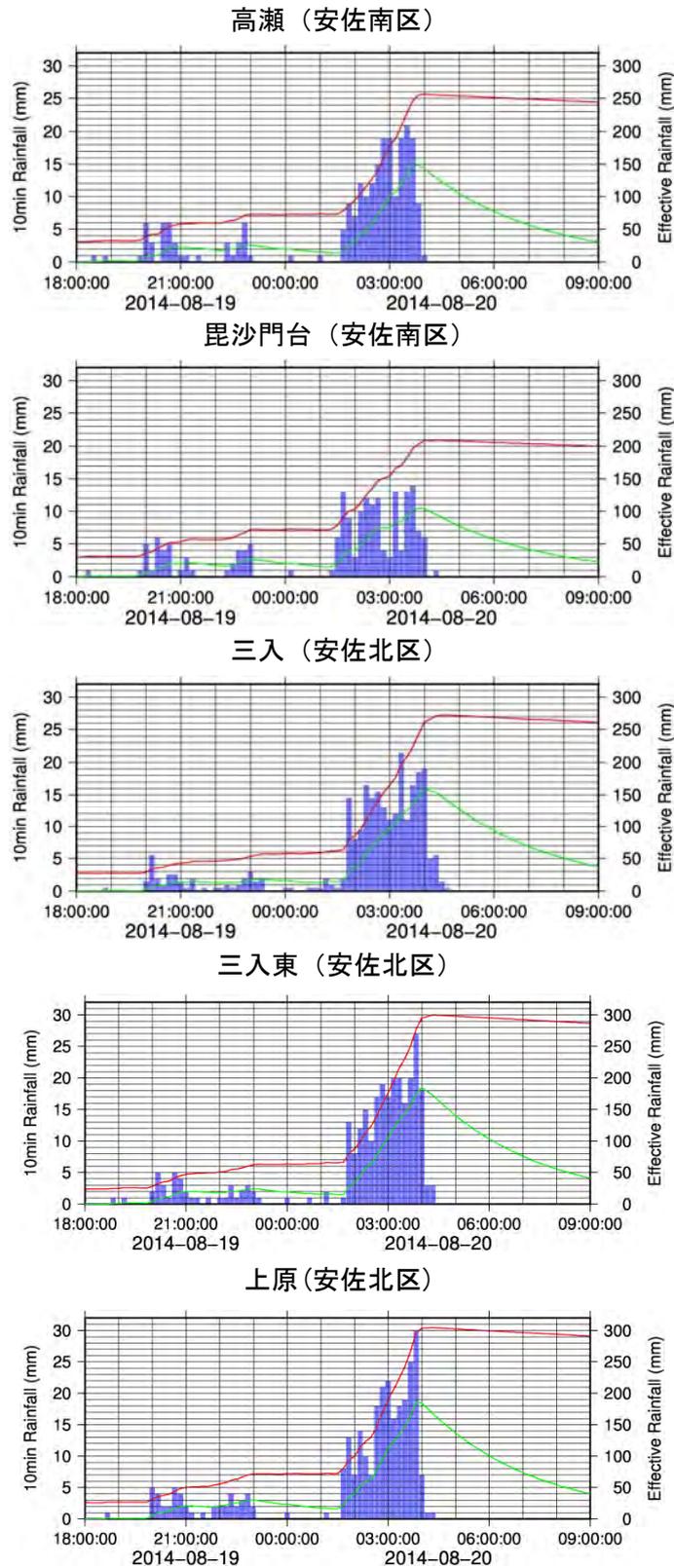


図 3-1-7 各地点の雨量の時間変化 (棒グラフ : 10 分値雨量 (左目盛), 赤 : 72 時間半減期実効雨量, 緑 : 1.5 時間半減期実効雨量)

(3) 線状降水帯の特徴

気象庁レーダー全国合成 GPV データ (気象庁提供) を用いて、広島県南西部を中心とした降雨強度分布を示したものを図-3-1-8 に示す。8月19日19時頃に山口県南東部の玖珂上空に発生した降水セルが、一連の線状降水帯の発達の原因となった。最初に形成された降水帯を Line A とすると、Line A の10km南側の柳井市上空に降水セルが8月19日19時過ぎに発生し、Line A に南側に並行して線状降水帯 Line B が徐々に発達した。同日20時までは、先行して発達した Line A の方が Line B よりも降雨が強かった。その後、Line B の発達に伴い Line A において降水帯南側からの下層水蒸気の供給が減少したため、Line A は南西側での子雲の形成が抑えられ、線状の構造が崩れ、残された降水セルが Line B の北西側で合流し、最終的には1本の線状降水帯 Line B' として19日23時過ぎまで持続したと考えられる。

19日23時30分頃には、Line B' の衰退とともに、Line B' の南西側に新たな線状降水帯 (Line C) が形成し、発達しはじめる。その後に、Line C の約15km南側に降水セル (Cell D) の発生とともに、降水帯 Line D が形成・発達しはじめる。Line C は降水帯全体が北東方向に移動しながら発達し、Line C の南西端と発達中の Line D が接近・合流し、最終的には長軸方向の長さが100kmを超える1本の長い線状降水系となった (Line D')。Line D' は風上側の南西端側から徐々に縮退するが、降水帯中心部に位置する広島市安佐南区から安佐北区にかけての区域では、降雨強度が100~160mmの雨域が20日4時過ぎまで断続的に発生した。20日4時を過ぎると、Line D' の線状構造が崩れ始めるが、Line D' の南東側で発達した雨雲と共に団塊状の降水セルを形成し、その後に北東進しながら徐々に衰退していった。

以上より、19日19時から23時にかけての2本の線状降水帯と19日23時30分から20日4時過ぎにかけての2本の線状降水帯、計4本の線状降水帯が局地的大雨をもたらした。特に後者の線状降水帯によって、3時間降水量200mmを超える記録的大雨が生じた。1つの線状降水帯に対して、そのすぐ南側(10~15km)で新たな線状降水帯が作られ、1対の降水帯ができる。このうち、北側の降水帯の風上側からの水蒸気供給が南側の降水帯によって阻まれ、北側の降水帯では風上側での子雲の形成が困難となり、風下側に移動しながら発達する降水セルとその南側にある降水帯の風下側の先端部とが合流し、統合された1本の降水帯として発達し、その後徐々に減衰していく。Line A, B では Line A が衰退しながら合流し1本の降水帯 Line B' が出来上がったが、Line C, D では両者が同程度に発達しながら、Line C が Line D の風下側に移動するような形で合流した。この合流過程の違いについては、今後更なる解明が求められる。

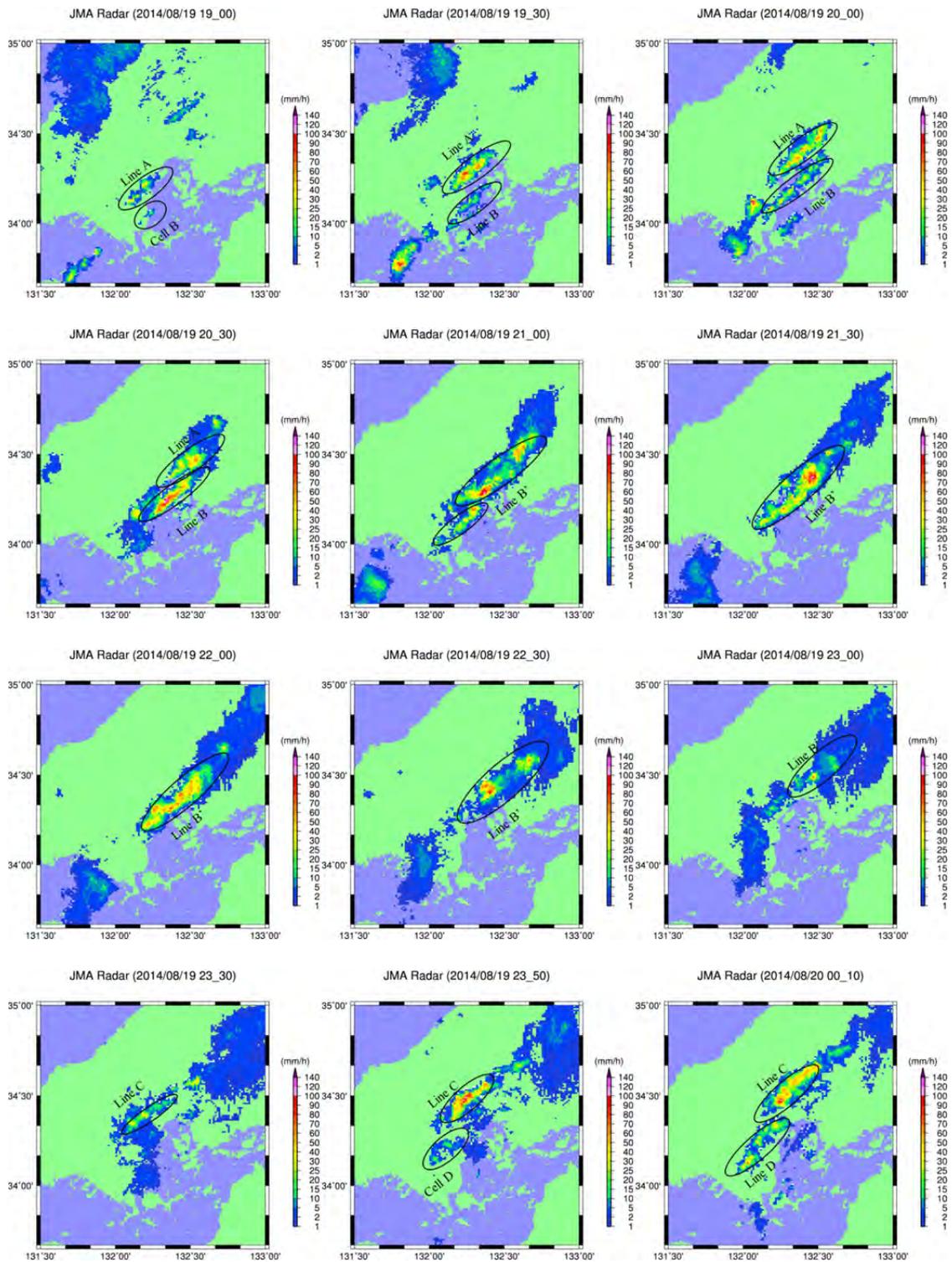


図 3-1-8 気象庁 C-BAND レーダーで観測された降水系の時間変化

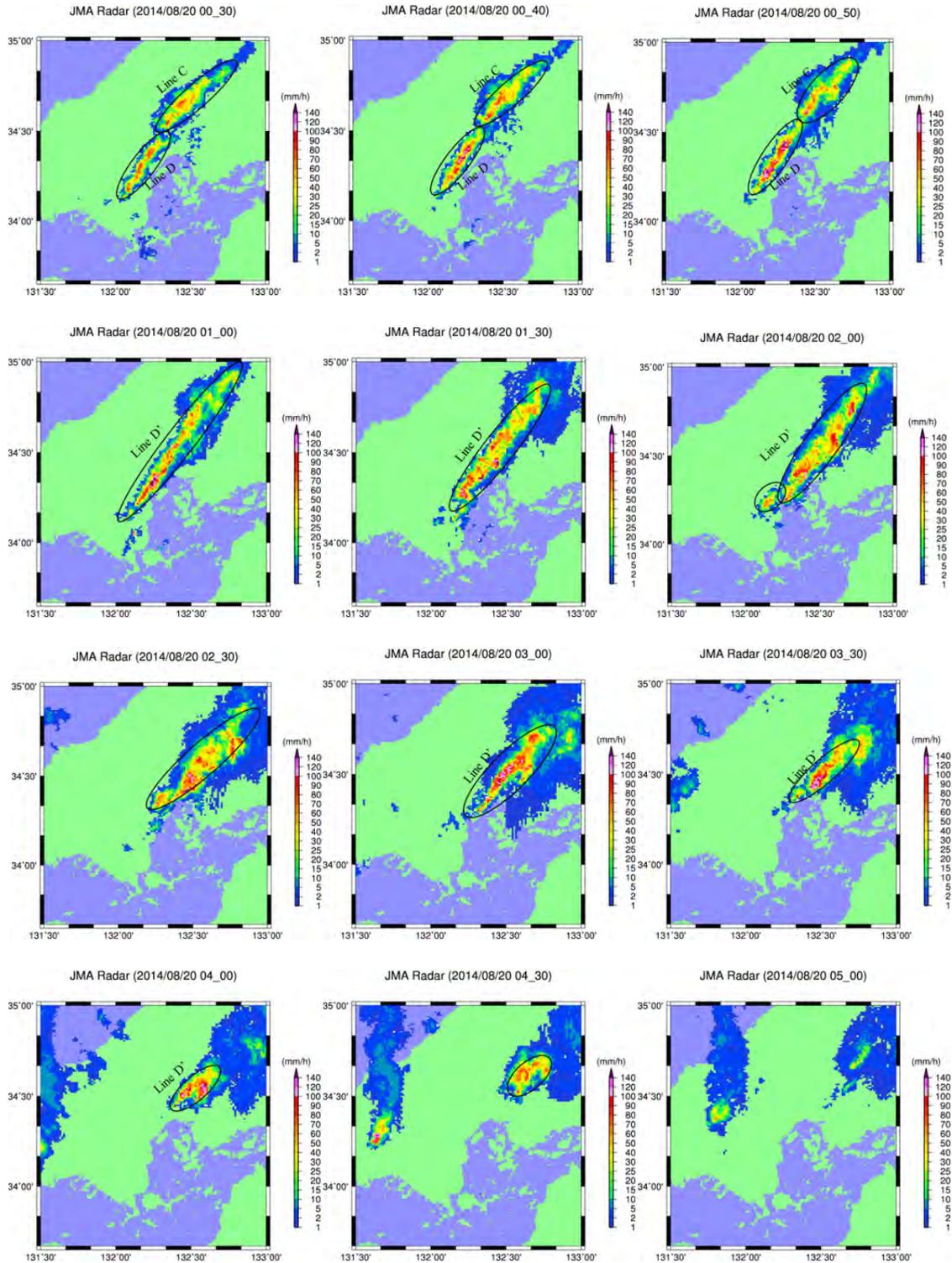


図 3-1-8 気象庁 C-BAND レーダーで観測された降水系の時間変化(つづき)

(4) 線状降水帯に関する気象場の特徴

気象庁提供の数値予報 GPV(メソ解析データ)の初期値より算出した、大気下層(950hPa 面)の相当温位と水平風の分布を図 3-1-9 に示す。左上の 8/19 09UTC(日本時間 8/19 18 時)を見ると、15m/s を超える強い南南西風が豊後水道を通過し、広島から瀬戸内海沿岸へと吹いている様子が現れている。これとは別に、九州山地の北側を通り、周防灘へと抜ける強い南西風が吹いており、両者が山口南東部にかけて収束し、19 日の 19:00 頃に発生し

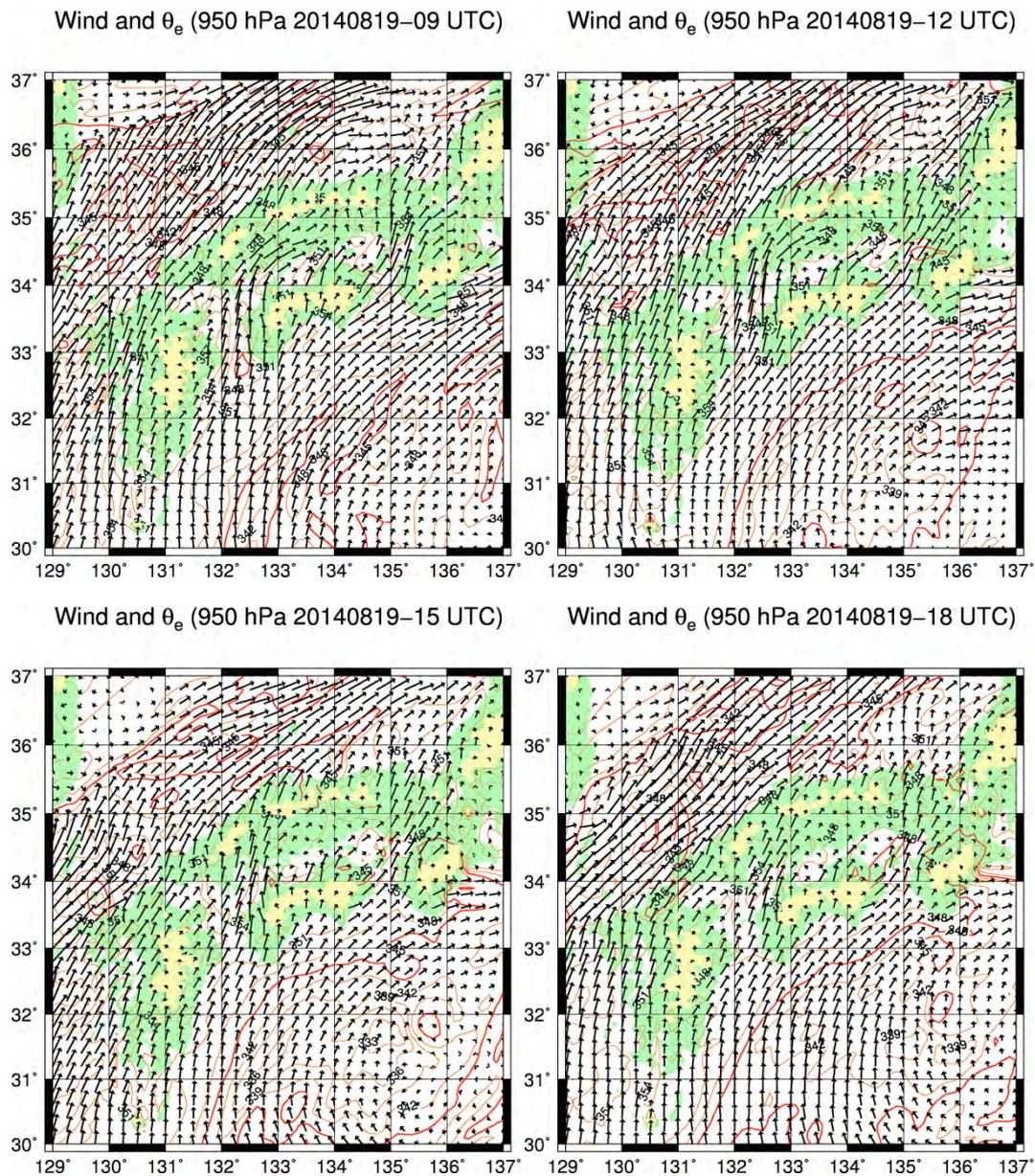


図 3-1-9 気象庁数値予報 GPV (メソ解析モデル) による 950hPa 等圧面での風速と相当温位の分布(陸地の黄色域は山地部分で地上気圧が 950hPa 未満の領域を表す)

た線状降水帯の発生点と良く対応している。8/19 12UTC(日本時間 21 時)以降は、九州北部側からの南西風が弱まり、豊後水道側からの下層の湿った空気が降水系の維持に重要な役割を担ったと思われる。相当温位は西日本の太平洋岸から瀬戸内海内部にかけて 345K を超え、特に、豊後水道北端から広島湾にかけて、相当温位が 350K を超える領域も見られた。上空 3km 付近(700hPa 面)について同様の分布を取ると(図 3-1-10)、広島県西部は全般的に南西風場が卓越しているのに加え、8/19 18UTC(日本時間 8/20 3:00)では広島県付近で南西から北東に向かう風の収束線が現れている。

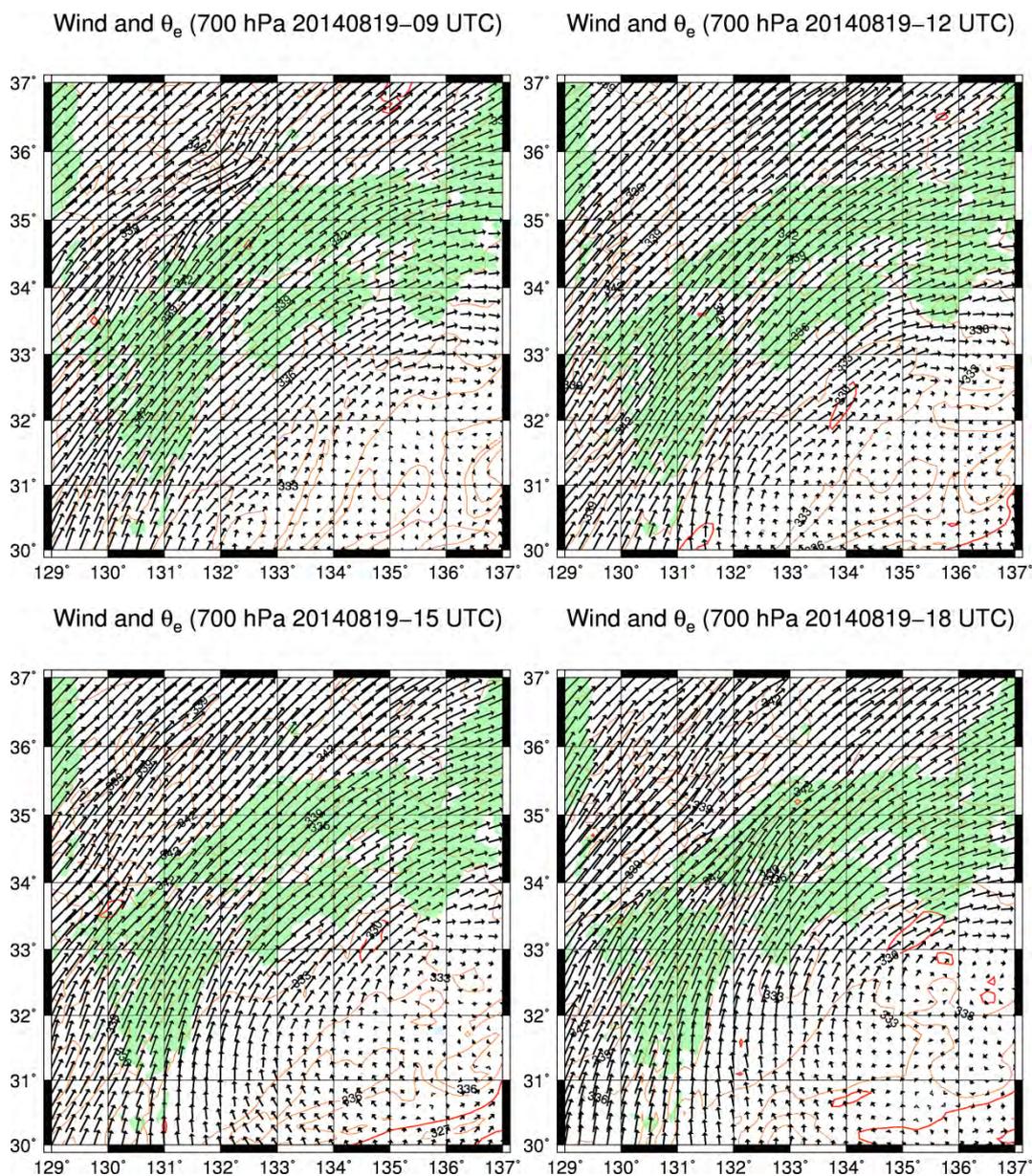


図 3-1-10 気象庁数値予報 GPV (メソ解析モデル) による 700hPa 等圧面での風速と相当温位の分布

発達中の線状降水帯を形成する雲について、静止気象衛星観測によって捉えられたものを図 3-1-11 に示す。上段の図は 8 月 19 日 15:30UTC (日本時間 8 月 20 日 0:30) の赤外第 1 チャンネルの輝度分布を、下段の図は上段の図に気象庁数値予報 GPV データのうち、975hPa 面, 700hPa 面, 300hPa 面の風速ベクトルと 975hPa 面の相対湿度を重ねたものである。上段の図で丸で囲んでいる部分が、Line C および Line D を構成する雲域で、南西端に向かって尖っている様子が現れている。この雲に向かって、東経 132 度付近を中心とする下層の強い湿った南風が吹き込んでおり、雲域の南西側で雲内部からの冷氣外出に伴う発散風とぶ

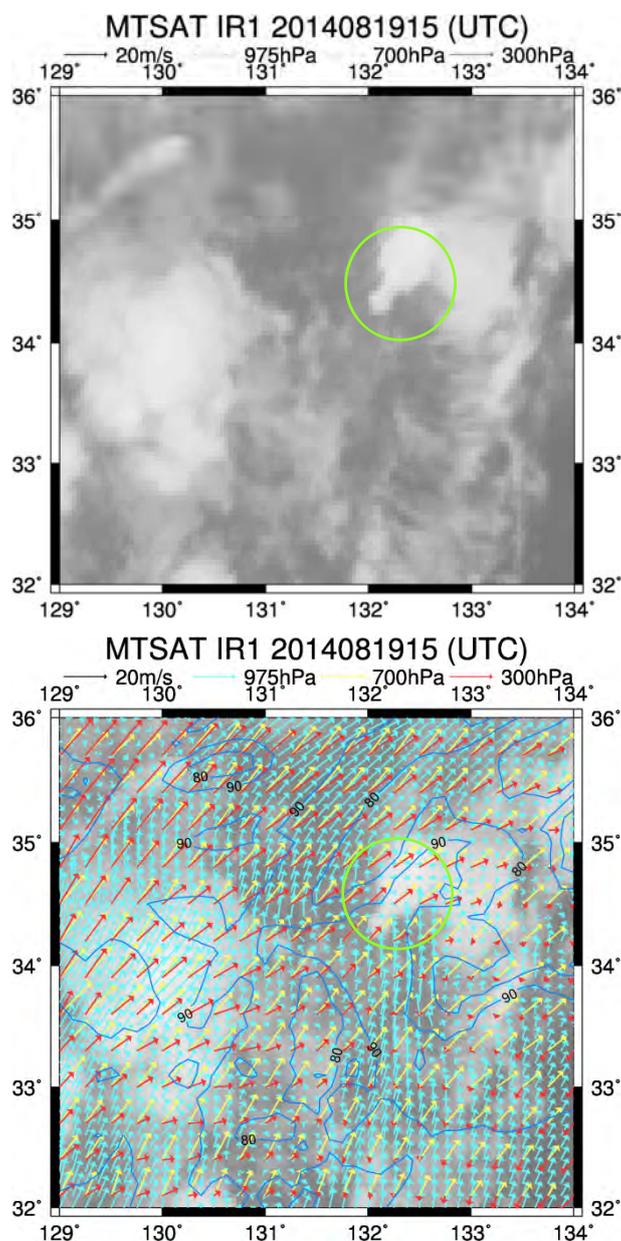


図 3-1-11 静止気象衛星(MTSAT)の赤外画像(九州・中国西部域を抽出)下段は上段の画像に気象庁数値予報 GPV の上空の風(ベクトル)と湿度(青色等値線)を重ねたもの

つかり，風の収束線が形成される．風の収束線の南側から暖かい湿った空気が上昇し，降水帯を形成する雲列の内部に水蒸気を供給し，対流活動の活発化に大きく寄与していると見られる．

線状降水系の発達に伴う冷気外出流と見られる気象要素の変動が広島地方気象台でも観測されている．図-3-1-12 は広島地方気象台における 1 分毎の海面更正気圧，気温と露点温度，風向風速を示している．8 月 19 日 21:00 頃に，Line B の接近に伴う気温の降下，全振幅 0.5hPa 程度の気圧微変動が発生した．また，8 月 20 日 1:30 から 2:00 にかけても気温の低下とそれに対応する気圧偽変動が見られる．2 回目の冷気外出流の進入に伴い，風向が南寄りの風から北寄りの風に急変し，降水帯が過ぎ去った 7:00 以降になると再び南風場に戻った．

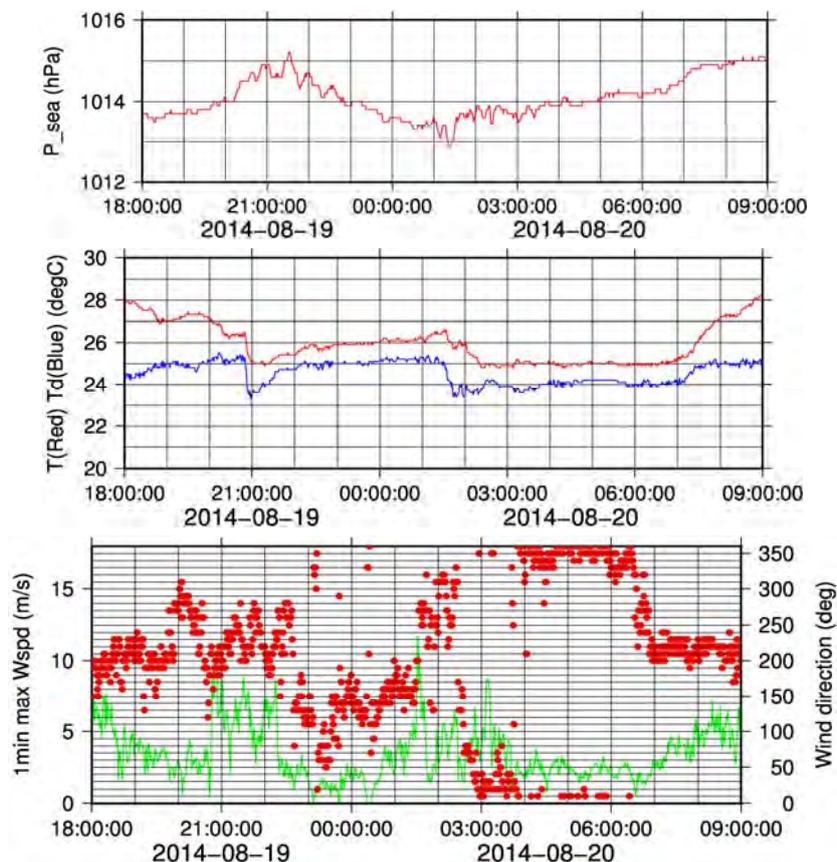


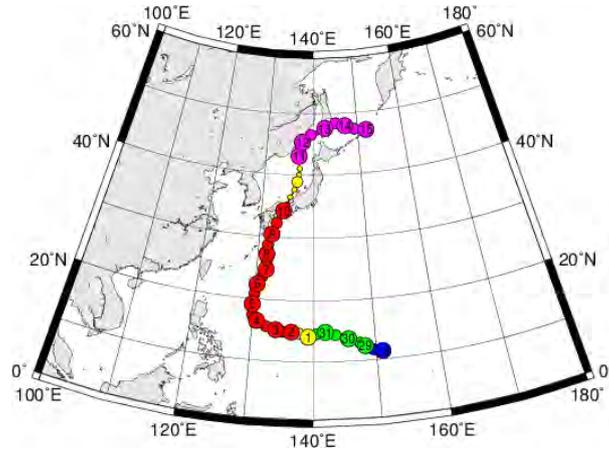
図 3-1-12 広島地方気象台で観測された海面気圧（上），気温（赤実線）と露点温度（青実線）（中），風向風速（下）（風向：赤点，右目盛，風速：緑実線，左目盛）

今回の線状降水系の形成に関しては、バックビルディング型の可能性が指摘されてきている。バックビルディング型は、下層風と中層風が同じ向きである程度の風の鉛直シアが生じているときに、個々の対流セルが風下側に流れるのと共に、風上側に向かって発散した冷気外出流と下層の暖かい湿った空気が収束することで、風上側で湿った空気の上昇流が生じて新たな対流セルが発生し、降水帯全体として非常にゆっくりと移動するという性質を持つ^{2), 3)}。今回の降水系では、それぞれの降水帯は初期から中期の段階ではバックビルディング形成により、降水帯が細長い形状に発達したと推察されるが、特に、8月20日0時~4時にかけて発達した Line D については、**図 3-1-11**に見られるような降水帯の側面（南側）からの海面付近の湿った空気の供給を視野に入れる必要がある。

また、今回の豪雨に関しては、現象そのものは局地的なものであるが、降水因子の供給源と考えられる西日本の南海上の海水温の変化にも注目する必要がある。**図 3-1-13**は、台風11号の進路（国立情報学研究所・デジタル台風より）および、NCEP 全球リアルタイム海面水温解析データより得られる海面水温偏差を示したものである。台風11号の上陸・通過直後から8月15日頃までは、九州の南方海上で海面温度が平年よりも1℃以上低い状態が続いたが、8月20日には九州の南海上では平年よりも1.0~2.0℃高い正偏差域へと変化している。

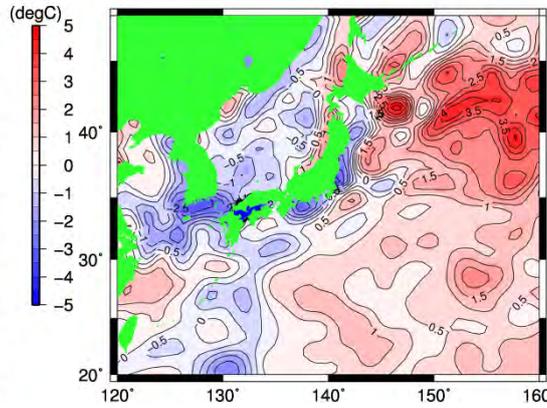
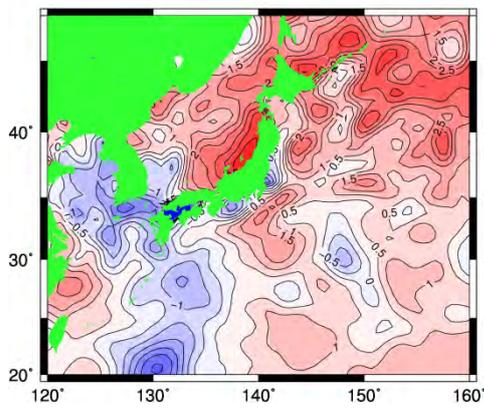
下層の太平洋高気圧辺縁部の挙動（**図 3-1-14**）を見ると、台風通過後の8月13日から8月16日、8月19日にかけて、925hPa 等圧面高度が増大し、高気圧の張り出しが強くなっている様子が現れている。8月16日と8月19日を比べると、緑等値線で示している8月16日の等高度線は、四国南岸から東海沖にかけて等値線が込んでおり、太平洋岸を流れる湿った空気の一部が紀伊半島に分流し、近畿地方への水蒸気供給に寄与した可能性が考えられる。8/19 12:00UTC(同日日本時間 21:00)を示す青高度線に着目すると、780m~820mの等高度線間隔が狭く、この領域に沿って縁辺流が発達したものと考えられる。豊後水道を經由して広島湾に流れ込んだとされる湿った空気は、九州東部から四国沿岸を結ぶ 820m 等高度線とよく対応し、湿った空気の帯状の流れの南縁側に位置する。

8月16日から19日の海面温度の変化量と925hPa 等圧面高度の変化量とを重ねあわせると（**図 3-1-15**）、九州東部から四国にかけて60m以上高度が上昇した領域が見られ、九州南岸から関東沖にかけて海面水温が1.0℃以上上昇している。台風通過後の海面水温の回復、下層の太平洋高気圧の再発達、太平洋高気圧の辺縁に沿った水蒸気の北上域が西側へと移動する過程の中で、広島地域に大量の水蒸気が供給されやすい条件が整って大雨の発生につながった可能性が考えられる。



SST Anom. 20140810

SST Anom. 20140815



SST Anom. 20140820

SST Change between 0810 and 0820

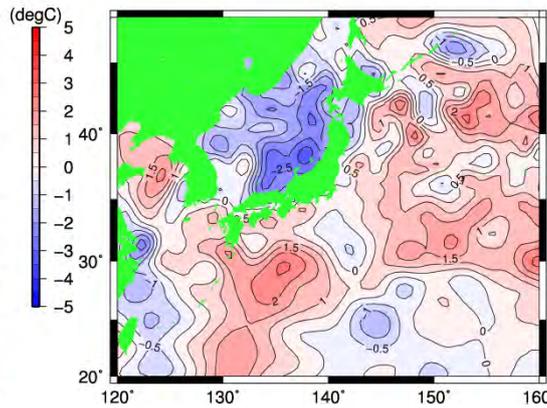
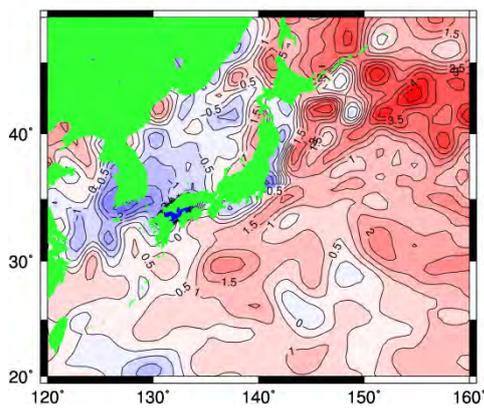


図 3-1-13 台風 1411 号の進路(国立情報学研究所, デジタル台風より)および日本近海の海面水温の変化。(8/10, 8/15, 8/20 のスナップショットおよび 8/10~8/20 の間の海水温上昇度)

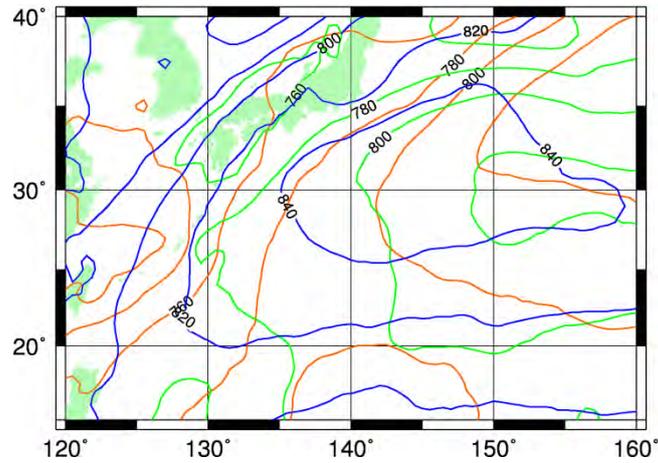


図 3-1-14 下層の太平洋高気圧 (925hPa 等圧面) の張り出しの変化。

橙等値線: 8/13 00:00 (UTC), 緑等値線: 8/16 00:00 (UTC), 青等値線: 8/19 12:00 (UTC)

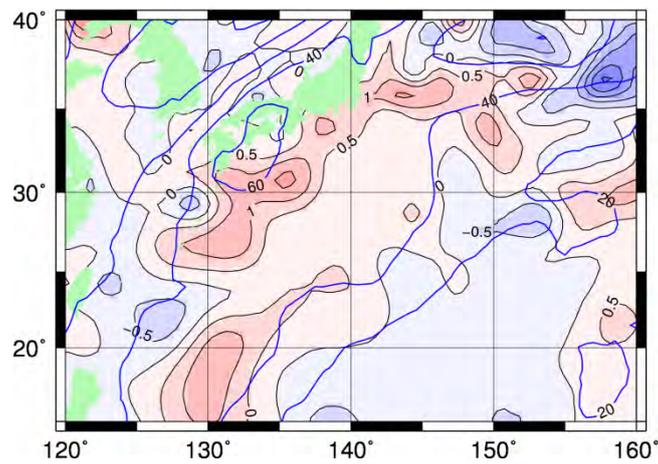


図 3-1-15 925hPa 等圧面高度の変化量と海面水温の変化量の分布

8/19 12:00 (UTC) から 8/16 00:00 (UTC) の値を差し引いたもの

(5) まとめ

本調査報告時点でのまとめは以下の通りである。

- ・太平洋高気圧と（停滞）前線の間に暖湿空気が流れ込み、大雨が発生しやすい環境場が形成された。広島は湿った空気の帯の南縁側に位置していた。
- ・台風 1411 号通過以降、台風の進路に対応する西日本の南海上の低海水温状態となった。その後の太平洋高気圧の再張り出しと海面水温の回復により、上空数 100m の太平洋高気圧の縁辺流に伴う強風域が西寄りに移動し、瀬戸内海西部への湿潤空気に流入しやすい条件に適合した。
- ・2 本 1 対の線状降水帯が 8 月 19 日 19 時頃、8 月 19 日 23 時 30 分頃にそれぞれ発生（少なくとも 4 本の線状降水帯が形成）。北側の降水帯が先に発達し、南側の降水帯の発達と共に北側の降水帯が合流（マージ）し、1 本の降水帯を形成した。
- ・8 月 19 日 19 時頃の線状降水帯は山口県玖珂と柳井上空で発生。豊後水道から回り込んだ下層の空気と九州北部・国東半島西側から回り込んだ下層の湿った空気が南西―北東方向の収束線を形成。この収束線が一連の降水帯の形成に寄与したと考えられる。
- ・降水帯の発生点付近と上空との間で風の鉛直シアが発達し、バックビルディング形成が進行。8 月 19 日 23 時 30 以降に発達した線状降水帯では、降水帯の南側からの下層風の収束も考慮する必要がある。（バックアンドサイドビルディング型への遷移）2 本の降水帯が合流した後に、3 時間雨量 200mm を超える記録的な大雨が安佐北区・安佐南区で発生。
- ・三入観測所の雨量観測値を基に再現期間を試算すると、1 時間雨量、3 時間雨量、6 時間雨量それぞれに対して、160 年、328 年、125 年となった。

謝辞) 本調査にあたり、広島地方気象台より地上気象観測 1 分値資料をご提供賜りました。国土交通省中国整備局より、X-BAND レーダー観測データをご提供賜りました。静止気象衛星(MTSAT)データは気象庁、ウェザーニュース、東大地震研・生産研竹内研究室で受信し、千葉大学環境リモートセンシング研究センターで処理、公開されたものを利用いたしました。

参考文献

- 1) 吉谷純一，深見和彦：気候変動と流量計画支援に関する調査，平成 14 年度土木研究所成果報告書，I-11，pp. 73-88，2002 年
- 2) 荒木健太郎：雲の中で何が起きているのか 一雲をつかもうとしている話，ベレ出版，pp. 229-233，2014 年
- 3) 栗原佳代子，金森恒雄，瀬古弘：2003 年 7 月 18 日に広島県で発生した線状降水帯 一気象庁非静力学モデルで解析した気流構造と地形や中層乾燥気塊の効果一，天気，vol. 56，No. 8，pp. 613-626，2009 年

3. 2 河川災害

(1) 災害の概要と調査地点

今回の集中豪雨は流域面積の小さい太田川支川を中心に護岸の破壊や溢水による洪水氾濫等が発生させた。不幸中の幸いにも、集中豪雨に先行する降雨量が少なかったため河川の水位が低い状況で豪雨を迎えることとなった。また、集中豪雨の継続時間が短く、洪水の立ち上がりは急であったが、洪水の継続時間も短かった。一方、左右岸の斜面で派生した土石流が河川に流れ込み、堤防を破壊し河道を部分的に閉塞させるなどの被害は多発した。

調査は豪雨の発生した太田川水系の下流部を中心に行った。図 3-2-1 に示すように、平成 26 年 8 月 22 日に太田川の国管理区間における被害を、9 月 9 日に太田川の県管理区間での被害を調査した。なお、土石流災害の発生地区を流れる八木用水について最後に触れる。



図 3-2-1 調査した河川と位置

<http://www.city.hiroshima.lg.jp/www/contents/0000000000000/1309509857965/index.html> に加筆.

(2) 水位ハイドログラフ

3. 1 で説明されたように、太田川本川の下流部と根谷川（太田川の支川）の広い範囲、三篠川（太田川の支川）の一部の範囲が豪雨に見舞われた。豪雨に対応して河川の水位も上昇した。図 3-2-2 に根谷川の下流部に位置する上原橋と新川橋、および太田川本川の玖

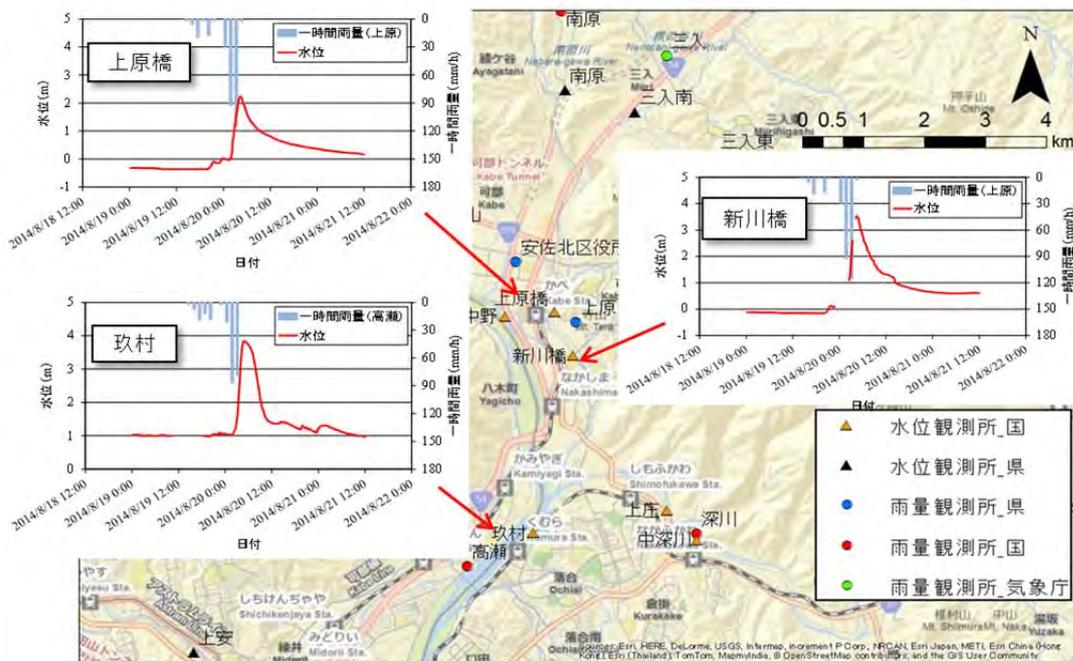


図 3-2-2 根谷川下流部と太田川本川での降雨と水位変化

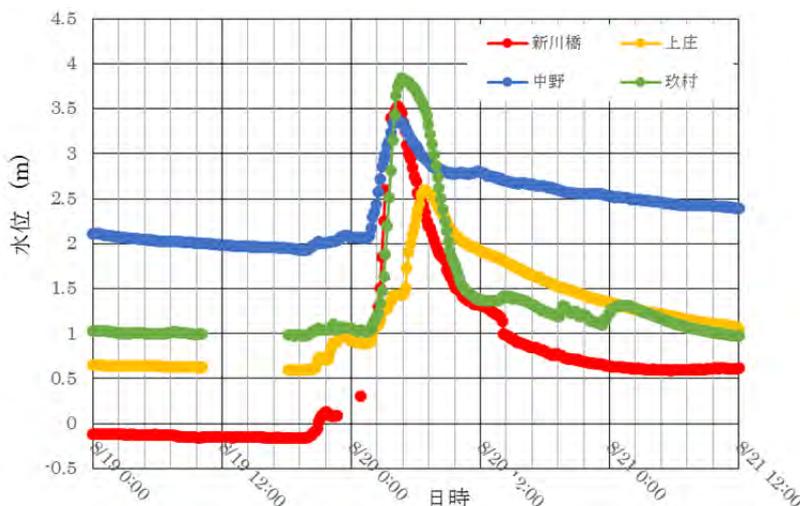


図 3-2-3 根谷川，三篠川，太田川本川での水位変化

村地点での水位を示す（なお，見やすくするために水位の原点をずらしてある）．水位の上昇は急激である．上原橋と新川橋でのピークの発生時刻はほぼ同じ（4:10～4:20）であるが，玖村でのピークは 30 分程度遅れている．新川橋地点で水位データが連続していないのは，落雷によりデータの欠測が生じたためである．

図 3-2-3 に玖村（太田川本川，三篠川，根谷川の合流直下の地点）と中野（図 3-2-2 参照，太田川本川），上庄（図 3-2-2 参照，三篠川），新川橋（根谷川）での水位ハイドログラフを示す．この図より，太田川本川の水位上昇は大きくないこと，中野と新川橋でのピ

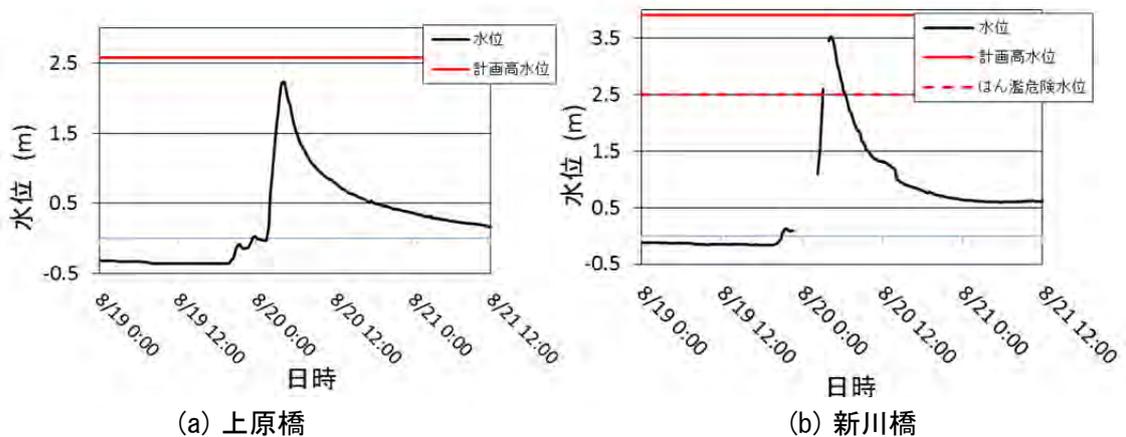


図 3-2-4 水位ハイドログラフと計画高水位との関係

ークの時刻がほぼ重なること、三篠川のピークは新川橋でのピークより遅れること、玖村でのピークの期間は三篠川の影響を受けたためか他の地点より長くなっていることがわかる。

図 3-2-4 に根谷川の上原橋と新川橋における水位ハイドログラフを示す。どちらの地点においても水位のピークは計画高水位まであと 30-40cm まで迫った。

(3) 太田川本川

図 3-2-5 は土石流災害が多発した阿武山とその周囲を流れる太田川本川を示している。山の斜面に見える筋状の赤色は土石流の発生箇所を表している。また、図中の①、②は以降で説明する河川災害の調査地点である。

阿武山の北側の地点①において、人家こそないが、大規模な土石流が発生している。図 3-2-6



図 3-2-5 太田川本川での調査箇所



図 3-2-6 地点①での土石流の河道内への流入

は、土石流が堰を乗り越え、太田川に流入している状況を示している。河道内に堆積した土砂量は限られているが、土石流が流下する沢が発達しており、本格的な土石流対策が必要である。

図 3-2-5 の地点②においても土石流が堤防を破壊して高水敷に流入した。図 3-2-7 に示すように、土石流は右岸の太田川発電所を襲った後、太田川に大量の土砂を流入させた。



図 3-2-7 地点②での土石流の河道内への流入

(4) 三篠川

三篠川右岸 1 K100 付近では、右岸斜面で発生した土石流が樋管を詰まらせたため、流速の大きな流れが堤防に向かった。堤防前面部（堤内地側）では局所的に洗掘が発生し（土地の所有者に対するヒアリングによると 2m 程度の深さ）、堤防前面には水が溜まり、やが



(a) 三篠川での調査箇所

(b) 堤防前面での洗掘

(c) 堤防の押し出し

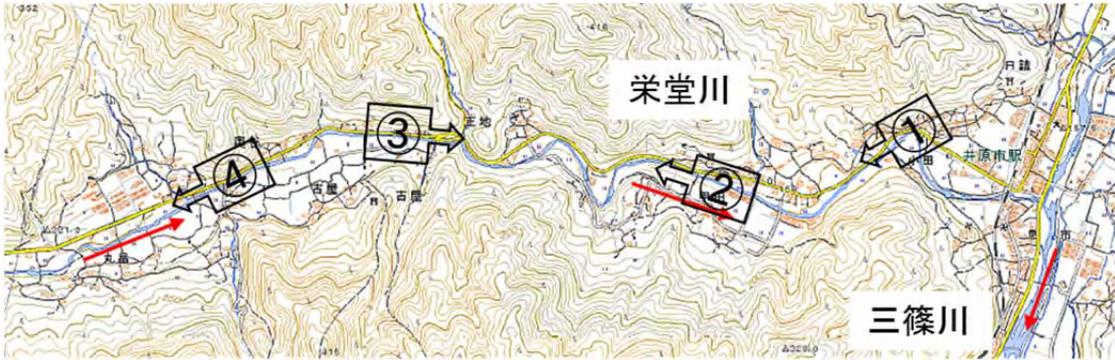
図 3-2-8 三篠川右岸 1 K100 付近での堤防の破損

てコンクリートに割れ目が入るとともに、堤防の上部半分が河川側に押し出されるように変形した。

図 3-2-9 は三篠川の支川である栄堂川下流部での調査地点と被害を示している。地点①、③、④では洪水が溢水し、道路上にも氾濫した痕跡が残っていた。また、護岸の破壊も多数認められた。

栄堂川中流部での被害状況を図 3-2-10 (b) ~ (e) に示す。護岸の破壊、特に、空石積みの護岸から石が抜けるような被害が目立った。河川沿いには水田が広がっているが、水田がやや高い箇所に位置するためか、稲が倒伏するような被害は認められなかった。

豪雨によって河道の疎通能力を超えるような洪水が発生し、水田や道路上に溢れた。ある地元住民は道路を超えて畑地まで冠水した経験ははじめてであったと話されていた。



(a) 調査地点の位置



(b) 地点①での溢水の痕跡



(c) 地点②での護岸の破壊

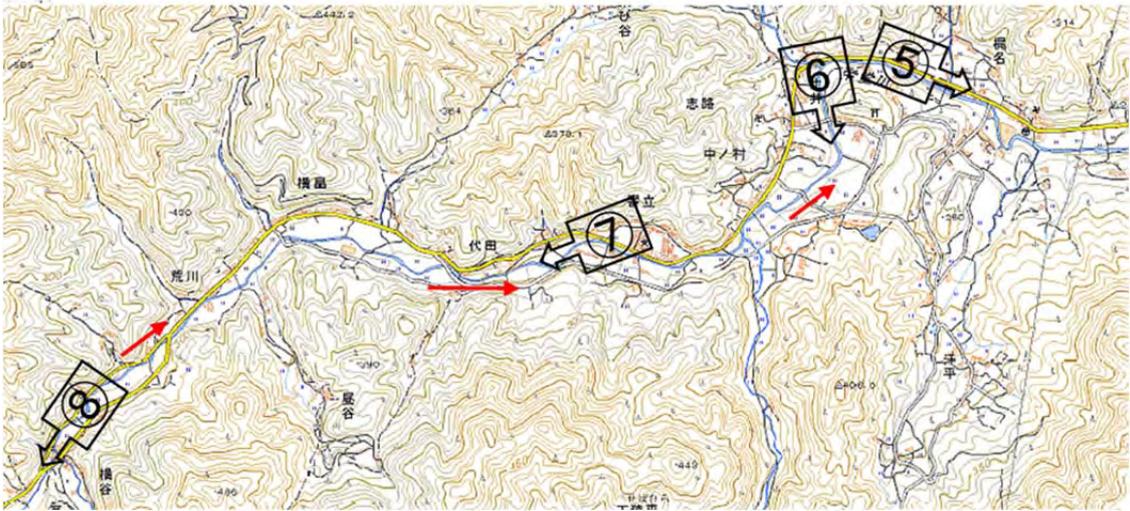


(d) 地点③での護岸の破壊と溢水



(e) 地点④での護岸の破壊と溢水

図 3-2-9 栄堂川下流部での調査地点



(a) 調査地点の位置



(b) 地点⑤での護岸の破壊と溢水



(c) 地点⑥での護岸の破壊



(d) 地点⑦での護岸の破壊

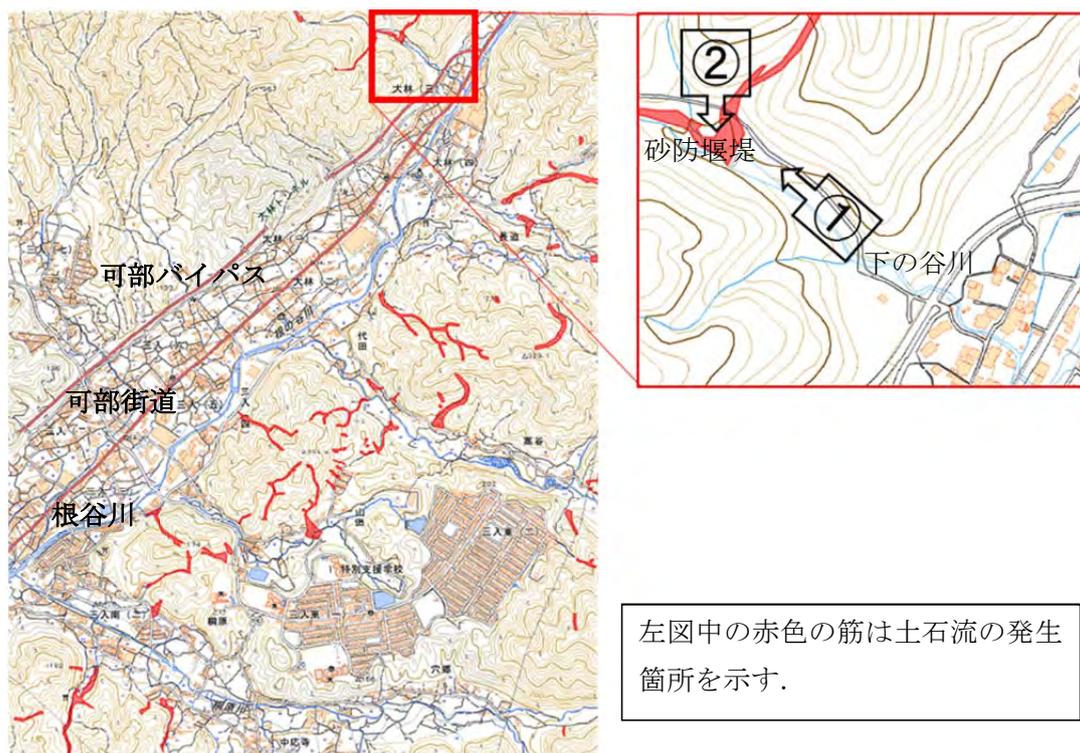


(e) 地点⑧での護岸の破壊

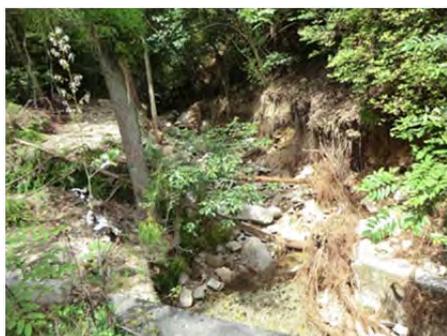
図 3-2-10 栄堂川中流部での調査地点

(5) 根谷川

根谷川流域は今回の豪雨が集中した地域であり、その支川には土石流が発生したものが多。河川の河床勾配が急であるとともに、その両側に広がる急な傾斜地に人家が連なっている。そのため、右岸の沢から流れ出した流水や泥流は住宅地を貫いて根谷川に向かって流れ込む。図 3-2-11 に示す安佐北区大林三丁目の下の谷川には砂防堰堤が整備されている。昭和 63 年に建設されたこの砂防堰堤には既に 2/3 程度土砂が堆積しており、過去の経験に基づいて除石を県に依頼した。しかし、まだ容量に余裕があるとのことであった。今回の



(a) 下の谷川の位置



(b) 地点①での状況



(c) 地点②の砂防堰堤での除石作業

図 3-2-11 下の谷川（可部バイパスより上流部）での調査地点

豪雨によって発生した土石流は砂防堰堤を埋め、流れと土砂、流木を下流の住宅地に運んだ。図 3-2-11 (b)は砂防堰堤へ向かう途中の川の状況であるが、沢には倒木が目立ち、容易に流木化する状況にあった。図 3-2-11 (c)は砂防堰堤から土砂を運び出している状況を示している。この砂防堰堤の上流には砂防堰堤が建設されているが、すでに土砂で満杯になっているとのことであった。可部バイパスを横切ると、下の谷川は住宅地の中を流れる。図 3-2-12 (b)は8月20日朝に撮影された写真である。ほぼ同一の地点で我々の調査時に撮影した写真が図 3-2-12 (c)である。両者を見比べると、流木が河川に詰まって流れをせき



(a) 調査地点の位置



(b) 地点③の状況

(撮影：NHK 金沢隆大氏)



(c) 地点③の状況



(d) 地点④の状況



(e) 可部街道の状況 (撮影：NHK 金沢隆大氏)

図 3-2-12 下の谷川（可部バイパスより下流部）での被災状況

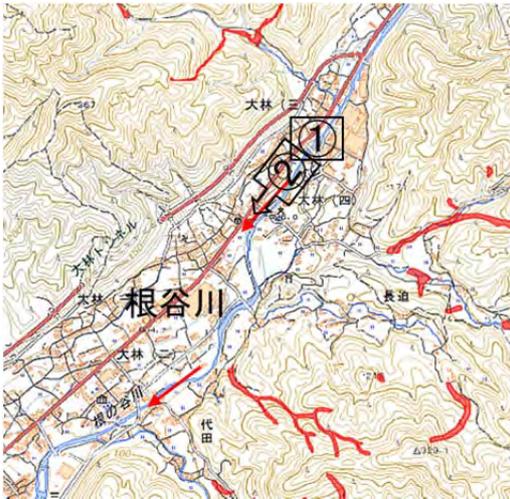
止めたこと、道路上を川の瀬のように流水や土砂が流れたことがわかる。また、土砂を含んだ高速な流れは直線的に進み、左岸からも溢水して家屋を貫通した。さらに、その流れはその背後の家に順次流れ込み、周辺一帯に甚大な被害を与えた（図 3-2-12 (d)）。氾濫した泥流はさらに流下し、可部街道に拡がった（図 3-2-12 (e)）。なお、最前方の家の住民は異常な音に目覚め、隣人に避難を促したため、人的被害をゼロにすることができたとのことであった。

大林四丁目の大杉橋と中河原橋の周辺では、図 3-2-13 に示すように、堰の上下流で護岸が破壊された。8月20日に国土地理院が撮影した空中写真（図 3-2-13(e)）を見ると、堰の下流の左岸に沿って被災している状況や、写真の右端の広島市立大林小学校の前面の側岸が大きく浸食されていることが確認される。急流な河川ではあるが、この堰の上下流において大規模な側岸浸食が発生した機構についてはさらに検討が必要である。

桐原川は根谷川に左岸から合流する支川である。その沿川には住宅地が形成されているが、中流部から上流部にかけては多くの水田が営まれている。図 3-2-14 に示すように、護岸の破壊や溢水による氾濫の発生（地点②，④，⑤）、堰周辺での護岸の被災（地点①，③）が確認された。ここでも栄堂川と同様に、水田がやや高い土地で行われているためか、稲の倒伏のような被害は認められなかった。

根谷川は可部三丁目の上市井堰周辺で大きく被災した。すなわち、右岸（外岸側）の護岸の破壊、側岸浸食、その周辺からの濁水の堤内地への氾濫、および左岸側からの土石流の河道への流入が発生した。図 3-2-15 (b) の空中写真は堰の上流側右岸から濁水が浸入し、道路に沿って下流部に拡がったことを示唆している。一方、写真の右上では、拡幅の工事を進めている区間に土石流が流入したことが鮮明に捉えられている。図 3-2-15 (c) は護岸が 100m 程度の区間に渡って破壊され、側岸が浸食された状況を示している。図 3-2-15 (d) は橋梁部に残された洪水痕跡を示すが、この橋梁部では水位が上昇したことが確認された。

太田川河川事務所は、堰の上流部の右岸から4時頃溢水を開始したと伝えている。この時刻は、下流の上原橋での水位のピーク時刻（4:10-4:20）と比較すると、堰地点でのピーク時にほぼ対応する。そのため、今回の豪雨により、堤防高さを決める際に想定した流量よりも大きな洪水が発生し、洪水のピークの期間に溢水が発生したと推測される。今後、国土交通省の上原橋での推定流量を用いて、堰の周辺の水位や流速の解析を行うことによって溢水の機構は明確になると考えられる。



(a) 調査地点



(b) 堰の上流部：護岸の破壊と側岸浸食



(c) 堰の下流部：護岸の破壊と側岸浸食



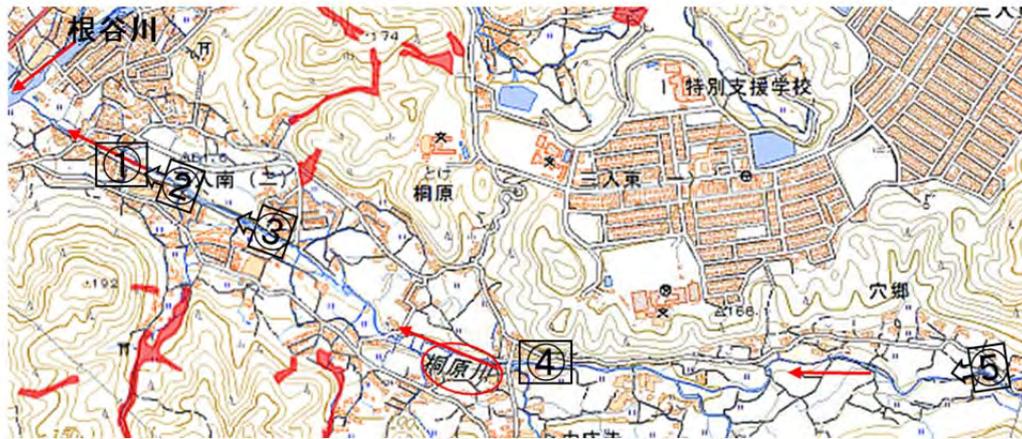
(d) 堰の下流部：護岸の破壊と側岸浸食



(e) 堰周辺の流れ (8月20日撮影)

出典：http://saigai.gsi.go.jp/1/h26_0816game/hiroshima/naname/qv/5D5A0269.JPG

図 3-2-13 根谷川の大杉橋 (地点①) 周辺での被災状況



(a) 調査地点 (赤色の筋は土石流の発生箇所)



(b) 地点①での護岸の破壊



(c) 地点②での護岸の破壊と溢水



(d) 地点③での護岸の破壊

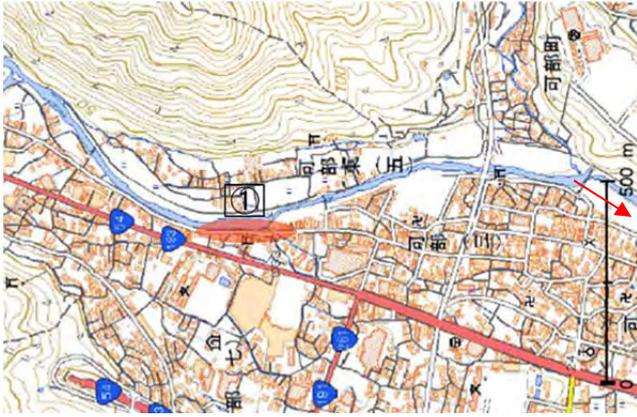


(e) 地点④での護岸の破壊



(f) 地点⑤での護岸の破壊

図 3-2-14 桐原川の被災状況



(a) 調査地点 (赤色：護岸の破壊)



(b) 空中写真 (上市井堰周辺と土石流の河道内への流入)

出典： http://saigai.gsi.go.jp/1/h26_0816ame/hiroshima/naname/qv/5D5A0285.JPG



(c) 地点①での護岸の破壊



(d) 下流の橋梁に残る洪水痕跡

図 3-2-15 根谷川の被災状況

(6) 山本川

山本川は広島市安佐南区の南部を西から東に流れた後、南下して太田川放水路に注ぐ県管理の河川である。山本川では、大正15年9月11日の豪雨により発生した土石流によって24名の死者が出たという記録がある。また、この流域では多数の住宅地が建設されている。

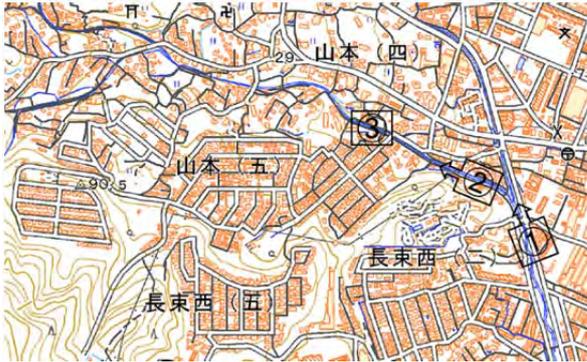
図3-2-16に山本川下流部の被災状況の概要を示す。図3-2-16(b)の空中写真(8月20日撮影)より、写真の右下に見える直線的な河道(山本川)に大量の土砂が堆積したことを確認することができる。広島県に依れば、地点①では、土砂の堆積が進み、溢水が発生したとのことであった。9月9日には図3-2-16(c)のように土砂の撤去が進められていた。上流に向かって進むと、地点②の先においても重機による土砂の撤去が行われていた。今回の洪水では上流部で相当の土砂が生産され、下流に運搬されたことがわかる。地点③では護岸の上部において浸食が認められた。継続時間こそ限られていたが、護岸の上方にまで水位が到達するような出水が発生したことが確認された。

図3-2-17は、さらに上流に進み、中流部の被災状況を調べた結果の一部である。地点④は2つの水路の合流点に位置する。図(b)の左の写真で、手前から流れて右に曲がる流路の流量が今回は特に多かった。合流点には水路に降りる狭い階段があったが、そのスペースから護岸の背面に水が入り、土砂が流されて護岸が滑り落ちた。さらに上流の地点⑤付近では破壊された護岸が点在していた。地点⑥では左の写真の左側からの流路に大量の水と土砂が流れたが、その一部が直進するように、公園の一部に乗り上げた。乗り上げた流れに有していた土砂は公園やその下流の畑などに堆積した。一方、水は公園を通り抜け、高低差にしたがって堤内地を流下した。図3-2-17(e)は地点⑥の下流部での被災状況を示しているが、畑を通過した流れが落下し、護岸の背面で浸食を受けた。

山本川の中流部には小さい水路のような区間が続いているが、河床勾配は大きい。短時間の集中豪雨がピーク流量の大きな洪水を発生させ、射流状態で流下したことを推測させた。溢水した水は急傾斜の堤内地を流れ、護岸を背面から浸食させた。

(7) 八木用水

今回土石流により甚大な被害を被った広島市安佐南区の八木地区や緑井地区には、江戸時代に開削された八木用水が流れている。この用水路は幅が2m程度で、元来太田川の水を運ぶ農業用水路であるが、現在は地域の雨水の排水路ともなっている。図3-2-18に今回の土石流の発生箇所と八木用水で多量の土砂が堆積した区間を重ねて示している。なお、航空写真から判読すると、少なくとも図中の青線で示す範囲まで泥流は広がったと考えられる。また、図3-2-19は八木用水が土砂によって閉塞している状況を示している。最後の写真は八木用水を越えて、土砂が水田やビニールハウス周辺に堆積した状況を示している。これらの図より明らかなように、八木用水は土石流がもたらした土砂を捕捉する機能を果たし、泥流の拡大を抑える機能を果たした。この土砂は国交省により一旦撤去さ



(a) 調査地点



(b) 空中写真

出典 : http://saigai.gsi.go.jp/1/h26_0816game/hiroshima/naname/qv/5D5A0387.JPG



(c) 地点①での土砂堆積

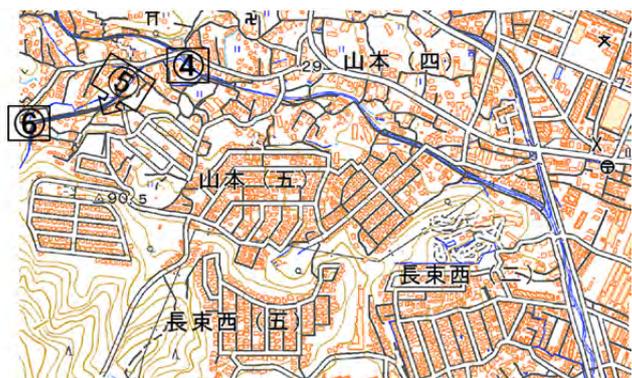


(d) 地点②での土砂堆積



(e) 地点③での護岸の損傷

図 3-2-16 山本川下流部の被災状況



(a) 調査地点



(b) 地点④での護岸の被災



(c) 地点⑤での護岸の破壊



(d) 地点⑥での護岸の破損



(e) 護岸の背面での洗掘

図 3-2-17 山本川中流部の被災状況



図 3-2-18 八木用水で多量の土砂堆積が確認された区間



図 3-2-19 八木用水での土砂堆積状況（8月23日撮影）

れたが、被災地から供給された細粒分が再度堆積しており、浚渫がもう一度必要となっている。

(8) まとめ

今回の短時間集中豪雨に対する河川の応答は次のようにまとめられる。

- 1) 太田川本川や三篠川のように流域面積が比較的大きな河川では、降雨域が流域の一部に限られるため、短時間集中豪雨が水位変化に及ぼす影響は限定的であった。さらに、今回、先行降雨が少なかったため、水位の上昇はさらに抑えられた。
- 2) 流域面積の小さい支川では、河道の洪水疎通能力が小さいため、短時間集中豪雨に対応して水位や流速は急激に増加したと推定される。護岸の損傷・流失や溢水の痕跡が多数の地点で確認された。ただし、根谷川以外の中小河川の水位データは得られていない。
- 3) 被災した中小河川の多くは堀込河道であり、水位の高く溢水の発生する時間が限られていた。また、流域内に水田等のような湛水した地域が存在した。これらが甚大な被害が発生する事態を避けることのできた要因であろうと推測される。
- 4) 土石流や流木が市街地へ流入した場合には、被害を質的にも量的にも深刻化させた。その一方、的確な避難情報により人命が救われた例があった。
- 5) 開発された堤内地が急な地形勾配を有する場合には、堤内地での氾濫水の挙動を予め検討しておくことが必要である。河道内とは流向、流速が異なり、大きな被害を生む可能性を有している。
- 6) 土石流が堤防を破壊して河道内流入し、流水断面積を減ずる事態が発生した。また、土石流が樋門・樋管の機能を失わせ、氾濫を引き起こし事例が発生した。土砂災害の危険性がある地域に位置する河川構造物に対しては、被害の軽減対策を検討することが必要である。

なお、今回の報告内容は調査した結果であり、定量的な検討を行ったものではない。今後、以下の項目について水工学の立場から検討する予定である。

- 1) 根谷川の流出解析
- 2) 急勾配河川の堰周辺の流れの解析
- 3) 土石流解析（2地区を予定）
- 4) 砂を大量に含む氾濫流の市街地での挙動（八木地区を予定）

参考文献

- 1) 太田川河川事務所：http://www.cgr.mlit.go.jp/oitagawa/topics/news/pdf/20140820press_hisai-joho_1.pdf
- 2) 太田川河川事務所：http://www.cgr.mlit.go.jp/oitagawa/topics/news/pdf/20140820press_

hanran-joho_1.pdf

- 3) 国土地理院：平成 26 年(2014 年)8 月豪雨による被害状況に関する情報,
<http://www.gsi.go.jp/BOUSAI/h26-0816heavyrain-index.html>_
- 4) 国土地理院地図(電子国土 Web) : http://portal.cyberjapan.jp/site/mapuse4/?lat=34.502263&lon=132.511915&z=13&did=std&tab=3&lkey1=hisai1408ooame_hiroshima2&lopa1=1&lkey2=20140828dol&lopa2=1#lat=34.50226&lon=132.51192&z=13&did=std&tab=3&lkey1=hisai1408ooame_hiroshima2&lopa1=1&lkey2=20140828dol&lopa2=1&zoom=13&layers=BTT
TT

3. 3 土石流と斜面崩壊

3. 3. 1 大林・三入・桐原地区

(1) 概要

豪雨域の北端に位置する大林・三入・桐原地区では、住戸の密集状況や地形状況が緑井・八木地区とは異なるので、人的被害等は比較的少ないものの、周辺の山地ならびに根ノ谷川の多くの支川溪流内で土石流や斜面崩壊が発生しており、特に大林地区を中心とした溪流から根ノ谷川に向けて流れ出た大量の土砂や残積土は今後の河川管理に多大な影響を及ぼすものと考えられる。図 3-1-1-1 は、本地域における土石流や斜面崩壊の発生箇所の大凡の範囲を示しており、根ノ谷川の東側であることが分かる。また、本地域における土石流や斜面崩壊厚さは、表層 2~3m の規模であり、崩落した土石に巨岩を含んでいるものはほとんど無い。なお、大林・三入・桐原の行政境界は複雑に入り組んでおり、以下の区分は便宜的に行ったものであるため、必ずしも実際の行政区分とは一致していないことに注意されたい。

(2) 大林地区の被害状況

図 3-3-1-1 に示す No. OMT-001 の地区には、北から登尾、長迫、代田の 3 溪流に沿って

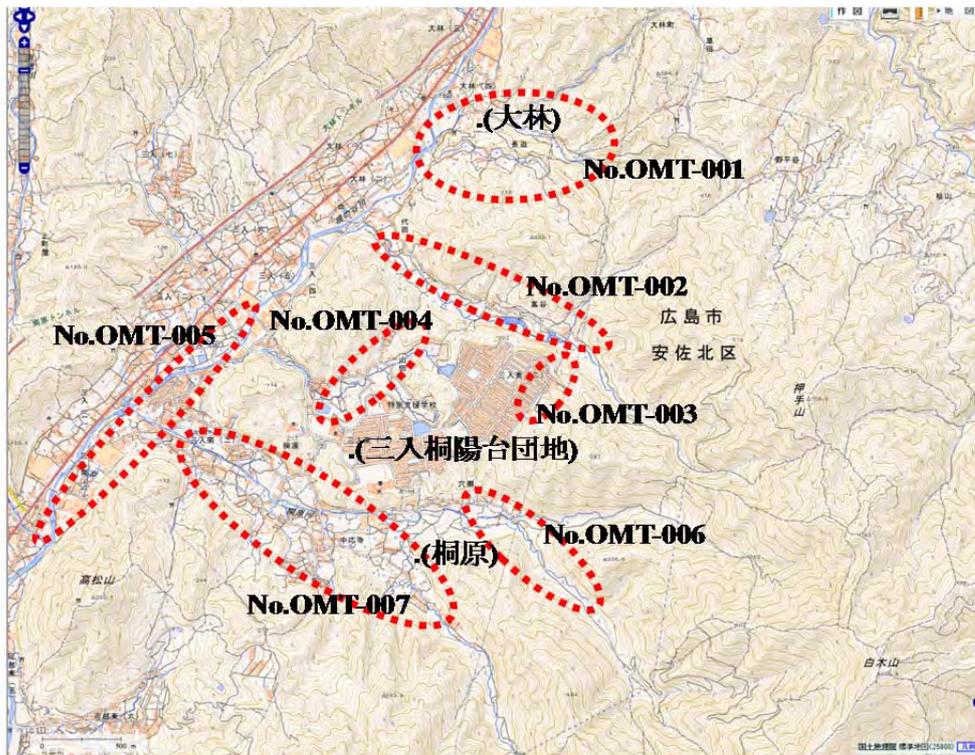


図 3-3-1-1 大林・三入・桐原地域における土石流や斜面崩壊の発生箇所
(国土地理院・電子地図に上書き)

住居地が点存しており、**図 3-3-1-2** の写真に示すように各所で斜面崩壊や小規模の土石流が発生しているものの、家屋への直接的な被害は一部を除き少ない。ただし、周辺の山地から流出した土砂は、田畑を埋め溪流河川から根ノ谷川東岸まで達して流れ込み、その周辺に大量に残積していることが分かる。

また、高谷川の流域(No. OMT-002)でも**図 3-3-1-3** の写真に示すように各所で斜面崩壊や小規模の土石流が発生しており、河川に流れ込んだ土砂が根ノ谷川東岸まで達している様子が分かる。

(3) 三入地区の被害状況

三入は中央の巨大な桐陽台団地から根ノ谷川東岸までの地区であるが、**図 3-3-1-1** に示す No. OMT-003, No. OMT-004, No. OMT-005 の地域に土砂災害が発生している。桐陽台団地の北東部(No. OMT-003)周辺山地内でも小規模な土石流や斜面崩壊が発生しているももの、幸いにして小型の治山堰堤により流下がブロックされ家屋への直接被害には至っていないが、背面から崩壊土砂の土圧を受け、前方へ押し出された家屋もある。一方、山田地域ならびに梢台団地(No. OMT-004)においては、周辺山地の各所に土石流や斜面崩壊が発生し、家屋や田畑に深刻な被害を及ぼしている。

No. OMT-005 では、桐原川から流下した堆積土砂以外に、高松山西斜面における土石流や斜面崩壊跡が目立つが、山裾の緩斜面がほとんど無い場合には流れ落ちた直下に土石流が留まっているものもある。ただし、根ノ谷川に近い小規模な斜面崩壊土砂も含めてほとんどが直接河川に流出した様子が伺える。

(4) 桐原地区の被害状況

No. OMT-006 における穴郷川(桐原川の上流)溪流山地から大量の土砂が流出しているが、穴郷川砂防ダムがこれらを完全にブロックしておりほぼ満砂の状態であった。したがって、これより下流域の土石流による直接被害は無いものの、周辺山地における斜面崩壊による被害跡は散見される。なお、写真に見られるように放置間伐材等が流下土砂内に大量に混じっている。

桐原川ならびにその上流河川である中応寺川流域の No. OMT-007 では、周辺山地のほぼ全域に亘って様々な規模の土石流や斜面崩壊が発生している。また、本地域には、桐原台団地や桐山団地等の比較的規模の小さい住宅団地が散在しており、これらは山裾近くに造成されているため団地内への土石の流入により家屋等への被害も見られる。中応寺川上流域では写真に示すように周辺山地から大量の土砂が流下しており、これ以上の調査進入が阻まれたが、溪流内への堆積物ほとんどが礫分であり土砂は雨水により洗い流されている。また、以前発生したことが推測される大量の土石流堆積物も在る。桐原台団地ならびに桐山団地東地域では、団地上部や側面山地からの土砂が流入しており、家屋に被害を及ぼしている。一方、桐山団地西地域においては、団地上部や西側面山地においてかなり大規模な土石流が数カ所発生しているが、直下の空き地や流れ下る方向が幸いし家屋への被害はほとんど無い。

桐山伊組地域の山裾に在る住宅団地背後にも土石流が発生しているが、途中の砂防ダム(満砂状態)により流下が完全にブロックされており、団地内へはわずかな土砂流入跡が見られる程度で、砂防ダムがうまく機能した好例であろう。三入南二丁目-19 では、比較的大規模な斜面崩壊が発生しており、直下の家屋への被害はもとより崩落土砂は前面の道路を飛び越えて田畑まで広く堆積していた。なお、本斜面崩壊箇所の側方からの写真を見ると、かなり厚さで崩れ残った土砂が張り付いていることが分かり、さらに雨水による大きな浸食跡もみられることより危険な状態である。三入南二丁目-37, 38 では、高松山北端東斜面の谷筋を下った土石流と南の一山を越えると可部東六丁目の新建団地に至る前面の溪流内の土石流があった。ただし、前面溪流の下流部には緩やかな勾配の棚田が在り、そこが流下土砂の堆積場となったこと、ならびに溪流出口部の溜め池で流下土砂が停止したことにより、かなり大規模な土石流にも係わらず直下の住宅団地内の家屋への直接的被害は生じていない。

(5) まとめ

- ・本地区内の各所で様々な規模の土石流や斜面崩壊が多数発生し家屋や田畑等への深刻な被害を及ぼしているものも在るが、崩壊厚さは表層 2~3m までの規模であり、崩落した土石に緑井・八木地区で見られるような巨岩を含んでいるものはほとんど無い。これは、地形・地質的な要因や降雨条件によるものと考えられるが、今後の詳細な調査検討が必要である。
- ・根ノ谷川の支流河川溪流沿い発達した多くの住宅地背後の山地から大量の土砂が流下しており、残積土砂は今後の降雨時の土砂災害や関係河川の管理に多大な影響を及ぼすものと考えられる。
- ・山地から流下した土砂に放置間伐材や腐朽木材等が大量に混ざっているものもあり、これらの管理と土砂の流下挙動に及ぼす影響等についての検討が必要である。
- ・適切に計画されていた砂防ならびに治山堰堤は有効に機能し、土砂災害の拡大を阻止しているが、多数散在する小規模住宅団地背後山地斜面への配置、あるいは合理的な交替措置の策定が限られた予算の中で必要となる。

(a) 登尾地域



(b) 長迫地域



(c) 代田地域



(d) 溪流下流域への
土砂堆積状況



図 3-3-1-2 大林地区 (No. OMT-001) における土石流や斜面崩壊



(a) 上流域



(b) 中流域



(c) 下流域

図 3-3-1-3 高谷川流域 (No. OMT-002) における土石流や斜面崩壊



図 3-3-1-4 三入地区 (No. OMT-003) における土石流や斜面崩壊



図 3-3-1-5 三入地区 (No. OMT-004) における土石流や斜面崩壊



図 3-3-1-6 三入地区 (No. OMT-005) における土石流や斜面崩壊



図 3-3-1-7 桐原地区・穴郷川溪流地域 (No. OMT-006) における土石流や斜面崩壊

(a) 中応寺川
上流域



(b) 桐原台団地



(c) 桐山団地
東地域



(d) 桐山団地西地域



図 3-3-1-8 桐原地区 (No. OMT-007) における土石流や斜面崩壊-その 1



(a) 可部町桐原伊組地域



(b) 三入南
二丁目-19



(c) 三入南二丁目-37, 38

図 3-3-1-8 桐原地区 (No. OMT-007) における土石流や斜面崩壊-その 2

3. 3. 2 可部東地区

(1) 可部東地区の概要

可部東地区は図 3-3-2-1 に示すように、八木地区の北、根谷川の東側に位置する。この可部東地区では、可部東二丁目で死亡 1 名、重傷 1 名、軽傷 1 名の計 3 名、可部東六丁目
で死亡 3 名、重傷 1 名、軽傷 6 名の計 10 名、合計 13 名の人的被害が発生した。この地区
は崖崩れ及び土石流の危険箇所として指摘されており、「広島県土砂災害ポータル」の「土
砂災害危険箇所図」では図 3-3-2-2 に示すように公開されていた。同図では、可部東一丁
目から可部東六丁目まで土石流または崖崩れの危険箇所として表示されている。

可部東地区の地質を図 3-3-2-3 に示す。可部東地区の西側（地点④）の地質は広島花崗
岩であるが、可部東地区の東側（地点⑤）は後期白亜紀の高田流紋岩（9000～7000 万年前）
との境界部である。



図 3-3-2-1 可部東地区の位置（国土地理院地図に加筆）

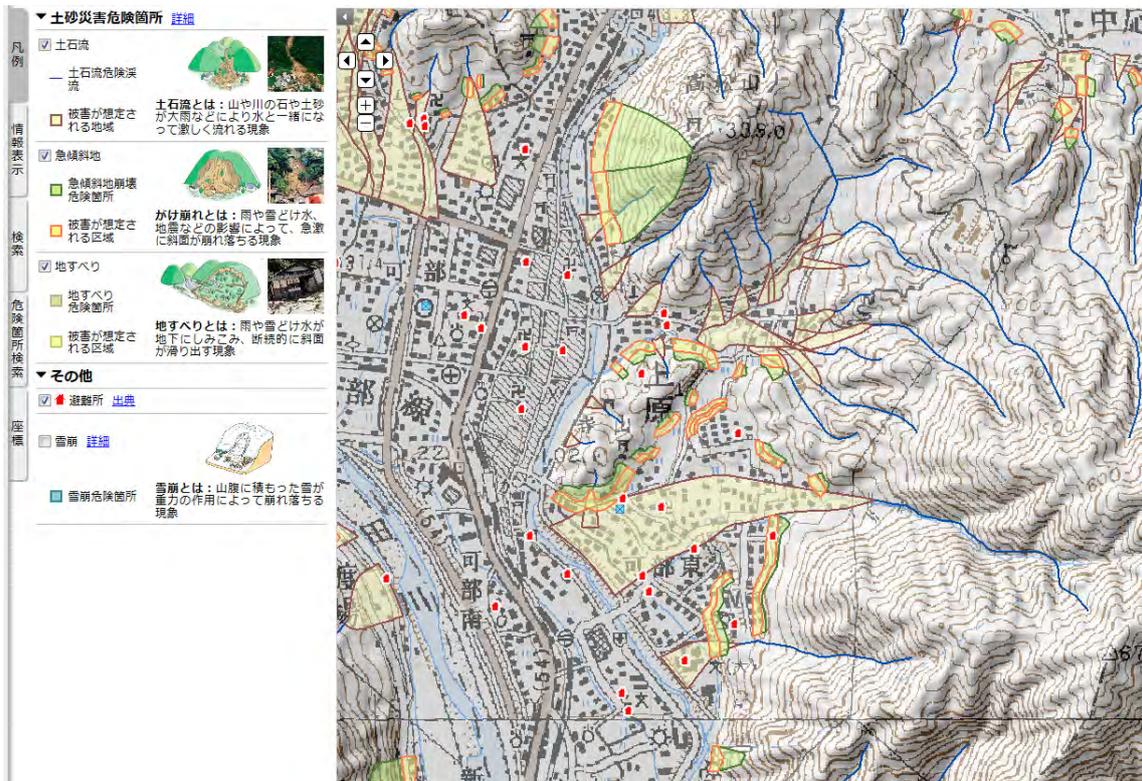


図 3-3-2-2 可部東地区の土砂災害危険箇所図
(広島県土砂災害ポータル, 土砂災害危険箇所図)

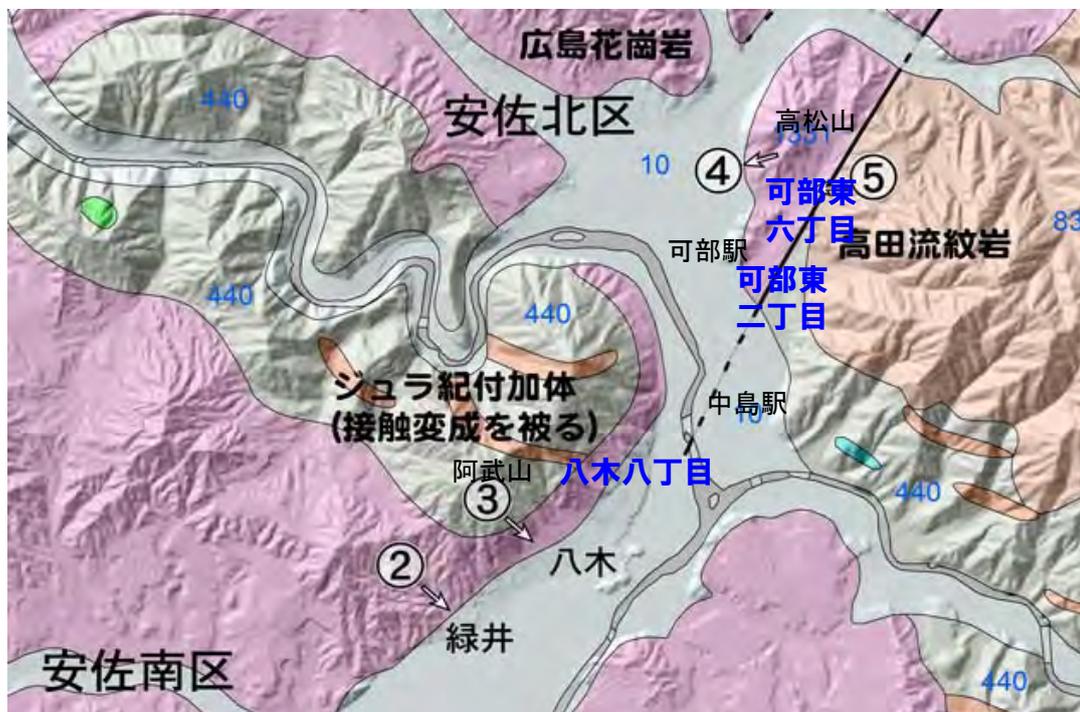


図 3-3-2-3 被災地区の地質 (産総研地質調査総合センターHP「平成 26 年 8 月 20 日に広島市で発生した土石流及び斜面崩壊の発生地に関する地質情報」の図 1 に加筆)

(2) 可部東地区の被災概要

前述のようにこの可部東地区では、可部東二丁目で死亡1名、重傷1名、軽傷1名の計3名、可部東六丁目で死亡3名、重傷1名、軽傷6名の計10名、合計13名の人的被害が発生した。

図3-3-2-4は、国土地理院が8月28, 30, 31日に撮影した垂直写真を用いて判読した土砂流出図である。可部東五丁目などでも土石流が発生しているが、可部東地区の土砂流出の大多数は可部六丁目で発生している。

図3-3-2-5は国土地理院が8月20日に撮影した可部六丁目の斜め画像である。パークゴルフ場に二つの土石流が流れ込んでいる。また住宅地にも土石流が流れ込んで、家屋に大きな被害を与えるとともに、犠牲者も発生した。

図3-3-2-6は広島県の土砂災害危険箇所図(図3-3-2-2)に国土地理院が作成した土砂流出図を重ね合わせたものである。想定した土石流危険溪流と実際の土砂流出箇所が一致している場所が多いが、大量の土砂が流出したパークゴルフ場の土石流に関しては想定されていない。



図 3-3-2-4 可部東地区の土砂流出図 (国土地理院作成図に加筆)



図 3-3-2-5 可部東地区の斜め画像（国土地理院 8月20日撮影）

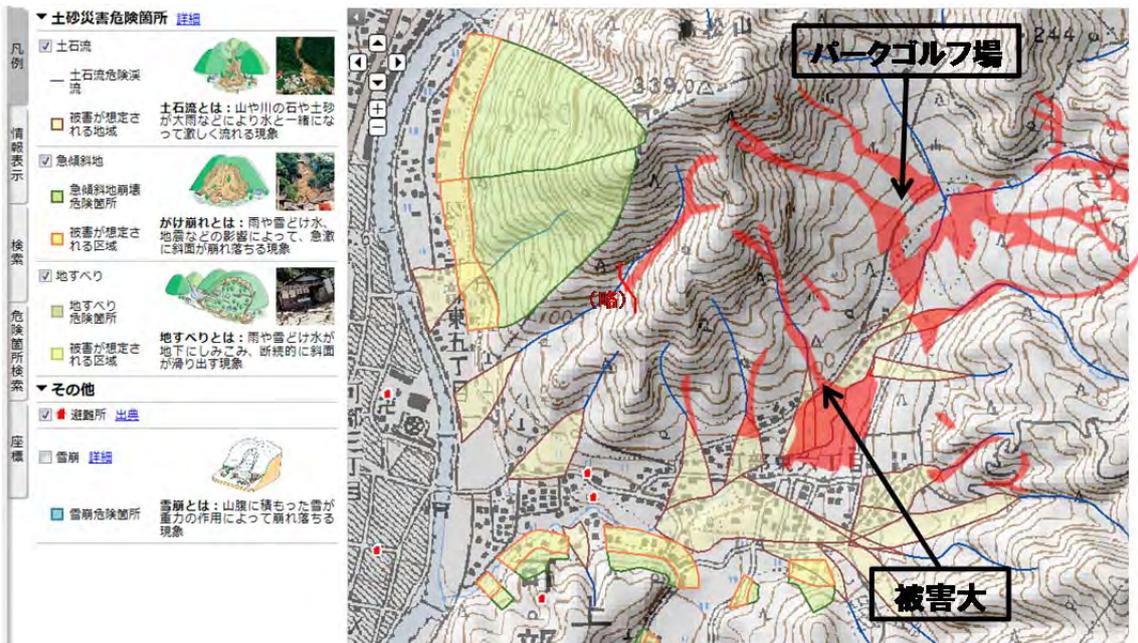


図 3-3-2-6 想定していた土砂災害危険箇所と土砂流出（広島県の土砂災害危険箇所図に国土地理院の土砂流出図を加筆）

(3) 可部東六丁目の調査 (8月24日に実施)

図 3-3-2-7 に可部東六丁目の土石流に関して行った踏査の経路を示す。

図 3-3-2-8 は可部市街地から図 3-3-2-7 の①に向かう途中の道路 (可部東五丁目) を、図 3-3-2-9 はその道路の横の草を撮影したものである。踏査は8月24日に行ったが、その時点では図 3-3-2-8 に示すように道路上の土砂は撤去されていた。図 3-3-2-9 では草が道路の外側へ向かって倒れている。以上から、流出してきた土砂や岩石が道路上を流れ、場所によっては道路から道路外へその土砂や岩石が流れ出た様子が窺える。

図 3-3-2-10 は図 3-3-2-8 に示す道路から山沿いの道 (踏査した道) への入り口である。このような比較的大きな道路にも流木があった。

山沿いの道を少し進むと (図 3-3-2-7 の①付近) の斜面に水や土砂が流出した形跡のある斜面があった (図 3-3-2-11)。中を覗くと図 3-3-2-12 のように、斜面は土砂や流水などで洗い流された痕跡があり、立ち木には木屑のようなものが多数引っかかって堰のようになっていた。この林の奥は図 3-3-2-13 に示すように多数の流木があった。木の種類は広葉樹である。



図 3-3-2-7 可部東六丁目踏査の経路 (国土地理院画像に加筆)



図 3-3-2-8 図 3-3-2-7 の①へ行く
途中の道路



図 3-3-2-9 道路の横の草
(草が道路の外側に向かって倒れている)



図 3-3-2-10 山沿いの道への入り口



図 3-3-2-11 溪流から道路に土砂が流出
した箇所（位置は①）



図 3-3-2-12 林内の様子



図 3-3-2-13 林の奥（出口）付近

図 3-3-2-14 及び図 3-3-2-15 に示すように、深さや幅などを計測しながら溪流を登り、幅約 5m、浸食深 0.8~1.4m の溪流断面を計測した。

斜面を約 300m 上ったところで源頭部を確認した (図 3-3-2-16 及び図 3-3-3-17)。表層が幅 15m 長さ 20m、深さ約 1.5m の規模で崩壊して約 30m 下の溪流に落下し、溪流に集められた水とともに土石流になったと推測される。図 3-3-2-18 に示すように、源頭部付近では、直径約 5cm の孔を複数個観察した。



図 3-3-2-14 溪流の深さ (位置は②付近)



図 3-3-2-15 溪流の幅計測 (位置は②付近)



図 3-3-2-16 源頭部 (位置は③)



図 3-3-2-17 源頭部 (位置は③)

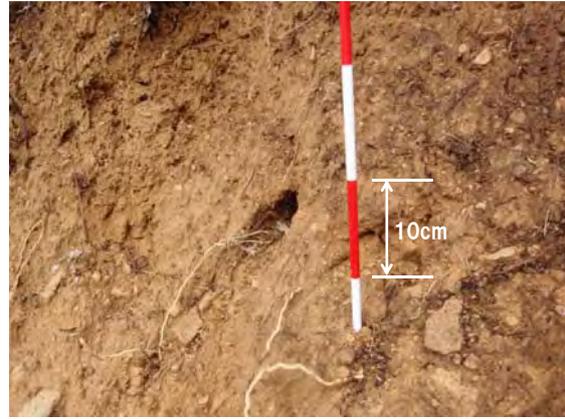


図 3-3-2-18 源頭部付近で観察された孔

図 3-3-2-19 及び図 3-3-2-20 は変形した道路を示したものである。これは図 3-3-2-7 の④付近で観測した。図 3-3-2-19 は舗装が陥没しており、図 3-3-2-20 に示すように舗装が浮き上がったと思える箇所もあった。浮き上がっていると思える箇所の様子は、地震時の液状化で浮き上がった舗装の様子に類似していた。これは舗装表層の下を水が流れ、路盤が洗掘されたりあるいは流れている水の圧力で表層が押し上げられたりしたものと考えられる。



図 3-3-2-19 変形した道路 (④付近)



図 3-3-2-20 変形した道路 (④付近)

被害が大きかった⑤位置では、新築中の家が土石流で移動して（図 3-3-2-21）、在来家屋に衝突していた（図 3-3-2-22）。図 3-3-2-23 は⑤位置の土石流で、その深さは約 1.3m である（図 3-3-2-24）。流出した土砂は花崗岩と典型的なまさ土であった。

この⑤位置には大量の土砂が流れてきて堆積しており、図 3-3-2-25 に示すように付近の家屋を埋めていた。また図 3-3-2-26 に示すように 2m 規模の巨岩も流れてきていた。この⑤位置に堆積している土砂は細粒分が多くて水を多量に含んでおり、泥濘状態であった。



図 3-3-2-21 土石流で新築中の家が移動（⑤）



図 3-3-2-22 在来家屋に衝突した新築中の家（⑤）



図 3-3-2-23 ⑤位置の土石流



図 3-3-2-24 ⑤位置の土石流の深さ



図 3-3-2-25 被害が大きかった⑤位置
大量の土砂が堆積している。



図 3-3-2-26 巨岩も流れてきていた
幅約 2m

⑤位置には直接の土石流だけでなく、後述のパークゴルフ場を襲った土石流の一部が道路沿いに流れてきて、被害を大きくした。つまりこの付近の家屋は2つの異なる方向から2回土石流に襲われている点で珍しい事例であると考えられる。図 3-3-2-27 は坂（道路）上から坂下を見たもので、土石流で移動した家が道路沿いに流れてきた土石流をせき止め、流木や土砂が堆積している様子を示したものである。堆積した流木の上には自動車も流れてきており、土石流や水の流れが激しかったことが窺える。図 3-3-2-28 でも1階の軒先付近に自動車も流されてきている。当然、水や土砂が家屋内にも流れ込んでいる。図 3-3-2-21～図 3-3-2-26 に堆積していた土砂は泥濘であったが、図 3-3-2-27 に見られる堆積土はサラサラした土、すなわちホームセンターで売っているような真砂であった。



図 3-3-2-27 移動した新築中の家にせき止められた道路沿いに流れてきた流木や土砂



図 3-3-2-28 堆積した道路沿い流下物

図 3-3-2-29 及び図 3-3-2-30 は図 3-3-2-27 の位置から坂上の様子である。これらの図に示すように、土砂、流木、枝類の他に、岩石もかなり道路沿いに流れていた。図 3-3-2-31 に示すように、道路に面した柱に高さ約 2m の泥流の痕跡があり、流出した土石流の高さは最大 2m 程度であったと推定される。

図 3-3-2-33 及び図 3-3-2-34 はアスファルト舗装された道路が陥没している状況である。この道路の上を最大 2m の高さで土石流が流下したと推定される。舗装の破壊の状況は、舗装（アスファルト層）の下にある路盤あるいは溪流堆積物層に大量の水が流入し、路盤部にアスファルト舗装面を下から押し上げる水圧が働いた可能性がある。



図 3-3-2-29 ⑤付近か坂上を望む



図 3-3-2-30 道路沿いの堆積物



図 3-3-2-31 道路沿いの泥流の痕跡 (⑥)



図 3-3-2-32 道路上に残留した流出土砂



図 3-3-2-33 道路の陥没（位置は⑥）



図 3-3-2-34 道路の陥没（位置は⑥）

図 3-3-2-35 はゴルフ場に土石流が流れ込んだ状況である。図 3-3-2-36 に示すように、土石流は溪流の出口から広範囲に広がっており、図 3-3-2-37 に示すようにクラブハウスの前に堆積していた。外側からみた範囲ではクラブハウスの施設自体に構造的な被害はないように思われるので、本地点の土石流はゴルフ場を拡がって速度が低下し、家屋等に及ぼす力は大きくなかったと考えられる。



図 3-3-2-35 土石流が流れ込んだパークゴルフ場（位置は⑦）



図 3-3-2-36 溪流の出口からの土石流の広がり（位置は⑦）



図 3-3-2-37 パークゴルフ場のクラブハウス手前に堆積した流出土砂

建築中の RC 建物が土石流をせき止め、結果として下流にあった木造住宅の被害を防止するかたちになった事例がみられた。RC 建物は長さ 30m、幅 15m であり、2 階部分までコンクリートの打設が終わったという状況であった。図 3-3-2-38 と図 3-3-2-39 のように土石流は RC 建物の上端と同じ高さまで堆積してせき止められており、この結果、背後の木造住宅は無事であった。RC 建物が無かった場合には、何らかの被害があったと推定される。



図 3-3-2-38 建築中の RC 建物が土石流をせき止めた事例（位置は⑧）



図 3-3-2-39 RC 建物の背後の木造住宅（位置は⑧）

(4) まとめ

- ・可部東地区では、可部東二丁目で死亡1名、重傷1名、軽傷1名の計3名、可部東六丁目で死亡3名、重傷1名、軽傷6名の計10名、合計13名の人的被害が発生した。
- ・可部東地区の西側(地点④)の地質は広島花崗岩であるが、可部東地区の東側(地点⑤)は後期白亜紀の高田流紋岩(9000~7000万年前)との境界部である。
- ・可部東地区の土砂流出の大多数は可部六丁目で発生していた。
- ・土砂災害危険箇所図で想定されていた土石流危険溪流と実際の土砂流出箇所を比較したところ、一致している場所が多いが、大量の土砂が流出したパークゴルフ場の土石流に関しては想定されていなかった。
- ・可部東六丁目の比較的規模の小さい溪流の断面を計測したところ、幅は約5m、深さは0.8m~1.4mであった。
- ・この溪流を約300m登ったところに源頭部があり、その源頭部は幅15m、長さ20m、深さ約1.5mの規模で崩壊していた。
- ・この源頭部付近には直径約5cmの穴が複数個あった。
- ・可部東六丁目の山沿いの道路を踏査したところ、アスファルト舗装が陥没したりあるいは逆に浮き上がったりしたものがあつた。浮き上がった舗装は絵地震時の液状化で浮き上がった舗装に類似していた。これは舗装の下を水が流れて洗掘したり、あるいは逆に水圧で押し上げたりしたものと考えられる。
- ・土石流が流れ込み、かつ道路沿いに別の場所の土石流が流れ込んで被害が甚大な住宅地があつた。ここに流れ込んだ土石流は高含水で、泥濘状態であつた。また2m規模の巨石も流れ込んでいた。
- ・道路沿いに流れ込んだ土石流は最大2m程度の深さで流れたものと推定された。
- ・土石流が流れた道路の舗装は大きく陥没している箇所があつた。舗装(アスファルト層)の下にある路盤あるいは溪流堆積物層に大量の水が流入した可能性がある。
- ・パークゴルフ場には二つの土石流が流れ込んでいたが、土石流は溪流の出口から広範囲に広がっていた。
- ・建築中のRC建物が土石流をせき止め、結果として下流にあつた木造住宅の被害を防止するかたちになった事例がみられた。

3. 3. 3 八木八丁目・八木六丁目

(1) 八木八丁目及び八木六丁目の概要

図 3-3-3-1 に示すように、八木八丁目及び八木六丁目は八木三丁目の県営緑ヶ丘住宅から東北に位置する、阿武山麓の地区である。この地区は崖崩れ及び土石流の危険箇所として指摘されており、「広島県土砂災害ポータル」の「土砂災害危険箇所図」では図 3-3-3-2 に示すように公開されていた。八木八丁目には 2 本の、八木六丁目には 4 本の土石流危険溪流が予想されている。

産総研地質調査総合センターの日本シームレス地質図及び 5 万分の 1 地質図を用いて、図 3-3-3-3 に被災地区周辺の地質を示す。緑井周辺の地質は花崗岩を主体としている。しかし、八木八丁目及び八木六丁目付近では阿武山の麓付近には花崗岩が分布しているが、全体的には堆積岩（泥岩、砂岩）を主体とする付加コンプレックスで、複雑に変形した地層である。



図 3-3-3-1 八木八丁目及び八木六丁目の位置（国土地理院地図に加筆）

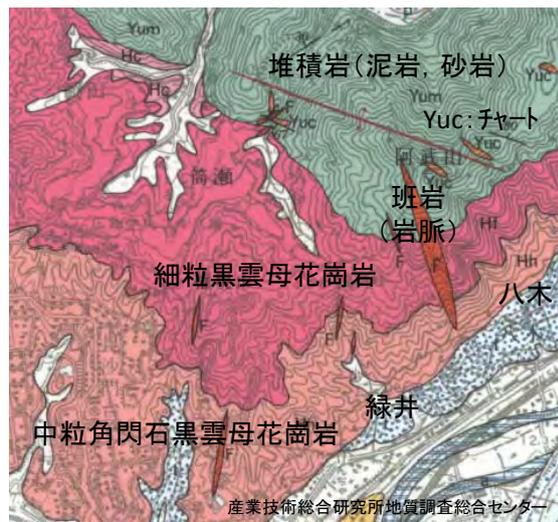


図 3-3-3-2 八木八丁目及び八木六丁目の土砂災害危険箇所図



(a) 日本シームレス地質図

(<https://gbank.gsj.jp/seamless/>)



(b) 5万分の1地質図

(<https://gbank.gsj.jp/geonavi/>)

図 3-3-3-3 被災地区の地質 (産総研地質調査総合センター)

(2) 八木八丁目及び八木六丁目の被災概要

八木八丁目及び八木六丁目の斜め画像図を図 3-3-3-4 に、垂直画像を図 3-3-3-5 に示す。八木八丁目では土石流が住宅地に流入し、死亡 2 名、軽傷 4 名の人的被害が発生している。八木六丁目では軽傷 1 名と人的被害は小さかったが、多くの民家に土砂が流れ込んでおり、住民の生活に与えた影響は他地区と同様に大きい。



図 3-3-3-4 八木八丁目及び八木六丁目（提供：いであ（株））



図 3-3-3-5 八木八丁目及び八木六丁目（国土地理院画像に加筆）

図 3-3-3-6 は、国土地理院が 8 月 28, 30, 31 日に撮影した垂直写真を用いて判読した土砂流出図である。以下では図 3-3-3-6 に黒丸で示している土石流に関する踏査結果を説明する。



図 3-3-3-6 八木八丁目及び八木六丁目（国土地理院画像に加筆）

(3) 八木八丁目土石流

図 3-3-3-7 に八木八丁目の土石流に関して行った踏査の経路を示す。八木八丁目 30～33 番の住宅地①を調査したあと、源頭部まで溪流を登った。また、図 3-3-3-8 に踏査した土石流を示す。図 3-3-3-8 に赤色で示している土石流は国土地理院が垂直写真から判読した土砂流出範囲で、源頭部の標高は約 390m である。しかし実際に踏査したらその先にまだ土砂が崩壊して流れた形跡があり、源頭部の標高は約 407m であった。踏査の結果、写真判読よりも長いと判断した部分を図 3-3-3-8 に緑色で表示している。

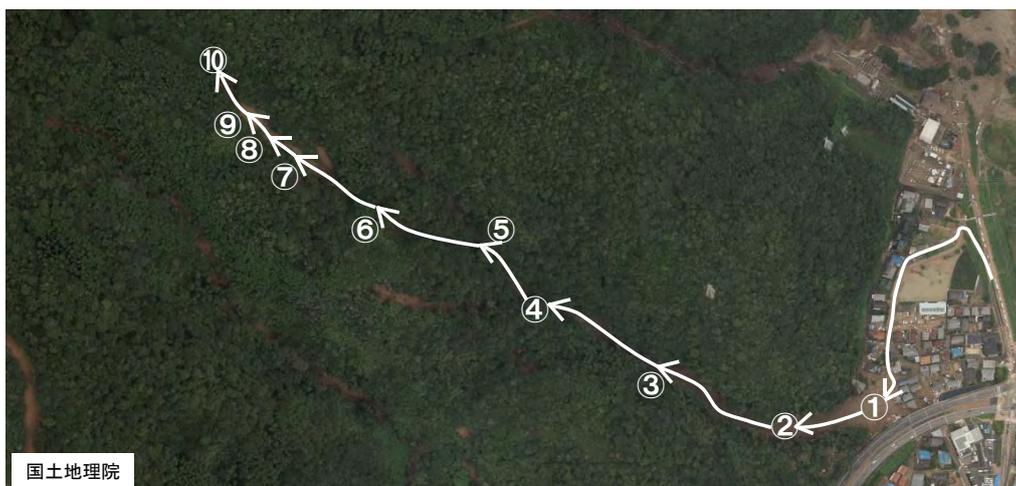


図 3-3-3-7 八木八丁目土石流溪流踏査の経路（国土地理院画像に加筆）

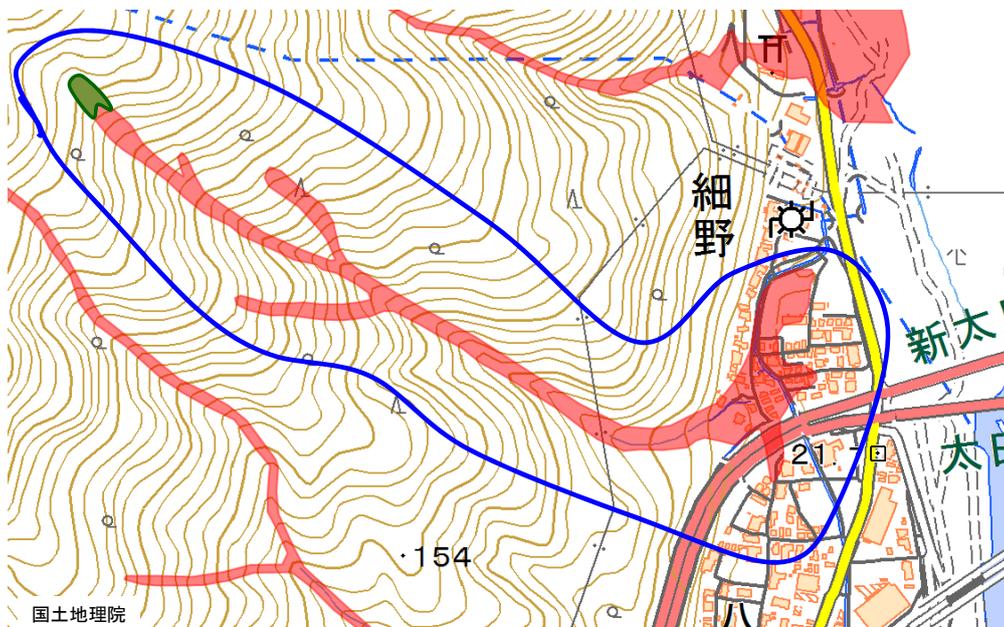


図 3-3-3-8 踏査した土石流（緑の部分は国土地理院画像に加筆）

八木八丁目の踏査を行ったのは9月18日であり、災害発生後約1ヶ月経過していた。図 3-3-3-7 に示す①に行く途中に畑があり、図 3-3-3-9 に示すように全面にひび割れが入っていた。これは細粒分を多く含む高含水の土砂が畑に流れ込み、約1ヶ月の間に天日乾燥してひび割れが入ったものと考えられる。



図 3-3-3-9 ひび割れが入った畑（9月18日撮影）

図 3-3-3-10 及び図 3-3-3-11 は、八木八丁目 30～33 番の住宅地の様子である（図 3-3-3-7 の①付近）。踏査した9月18日時点では住宅周りの土砂撤去作業中であり、他地区よりも復旧作業が遅れていた。

図 3-3-3-12 は溪流出口付近の様子である。図 3-3-3-12 から、9月18日時点では大型土のうを設置して谷筋からの水みちを確保する応急対策は完了しているが、住宅付近の土砂は撤去中であることが分かる。



復建調査設計(株)撮影



応急対策前（提供：復建調査設計（株））

9月18日撮影

図 3-3-3-10 住宅付近の様子<その1>



復建調査設計(株)撮影



応急対策前（提供：復建調査設計（株））

9月18日撮影

図 3-3-3-11 住宅付近の様子<その2>



復建調査設計(株)撮影



応急対策前（提供：復建調査設計（株））

9月18日撮影

図 3-3-3-12 溪流の出口付近

図 3-3-3-13 は溪流出口付近（図 3-3-3-7 の②付近）から上流を撮影したものである。この付近の溪流床の勾配は緩く、約 14 度である。右岸には土石流で運ばれた比較的多数の倒木（針葉樹）が残っている。左岸は土石流で削られている。溪流床には岩石が堆積しているが、巨岩はなく、60cm 程度以下の大きさであった。

図 3-3-3-14 は右岸の流木を示したものである。図 3-3-3-15 は左岸の浸食状況を示したもので、浸食部の中央から下は基岩が露頭している。



図 3-3-3-13 溪流の出口付近（図 3-3-3-7 の②付近）



図 3-3-3-14 右岸の流木



図 3-3-3-15 左岸の浸食状況

図 3-3-3-7 に示す③付近の溪流及びさらに登って④に近づいた地点の溪流を図 3-3-3-16 に示す。③付近の溪流の勾配は 20 度～25 度程度であり，④に近づくと 30 度程度と勾配がきつくなる。溪流の形としては V 字型に浸食された場所が多く，溪流床は基岩が完全に露頭，又は露岩の上に 30cm～50cm 程度の岩石が転がっていた (図 3-3-3-17)。両岸は図 3-3-3-18 に示すように，上部が表土でその下は基岩が露頭するというケースが多い。露頭している岩の岩相は複雑であり，産総研の日本シームレス地質図には，「約 1 億 7600 万年前～1 億 4600 万年前に海溝で複雑に変形した地層(付加体)地質年代：中-後期ジュラ紀，岩相：メラランジュ基質(付加コンプレックス)」と書いてある。

図 3-3-3-19 に示すように，両岸の表土の厚さは 1.5m～2m 程度である。



図 3-3-3-7 の③付近



図 3-3-3-7 の④に近づいた地点

図 3-3-3-16 図 3-3-3-7 の③から④にかけての溪流の様子



図 3-3-3-17 完全に露頭した溪床



図 3-3-3-18 基岩の例



図 3-3-3-19 表土の厚さ

図 3-3-3-20 に右岸からの合流点（図 3-3-3-7 の④）を，図 3-3-3-21 に左岸からの合流点（図 3-3-3-7 の⑤）を示す．これらの合流点の標高は 170m～200m 程度と推測した．右岸からの合流点の少し下流側までは基岩が露頭した溪流床が多かったが，右岸からの合流点から上流側の溪流床は基岩の露頭はなく，岩石類を主体とした堆積物であった．図 3-3-3-20 及び図 3-3-3-21 では溪流床の角度が緩く見えるが，実際は 30 度程度とかなり急勾配である．



図 3-3-3-20 右岸からの合流点（図 3-3-3-7 の④）



図 3-3-3-21 左岸からの合流点 (図 3-3-3-7 の⑤)

右岸及び左岸からの合流点 (図 3-3-3-7 の④及び⑤) から上流は、図 3-3-3-22 に示すような溪流になる。すなわち、土石流で浸食され、溪流床には岩石類が堆積し、基岩の露頭はない。図 3-3-3-22 は図 3-3-3-7 に示す⑥付近の溪流である。右岸側には背丈 1.5m 程度の笹の群生が認められる。図 3-3-3-22 (図 3-3-3-7 に示す⑥) からさらに上流に行くと、図 3-3-3-23 に示すように溪流の幅が徐々に狭くなっていった。溪流の角度は約 30 度と急で、この勾配は図 3-3-3-7 に示す⑧付近まで続く。

溪流の両岸は浸食されていなくても図 3-3-3-24 に示すように水が流れた痕跡があり、落ち葉類がきれいに洗い流されていた。また図 3-3-3-25 に示すように、斜面には小規模の崩壊も見られた。

前述のとおり、溪流の平均角度は約 30 度であるが、図 3-3-3-26 に示すように局部的には 2m 規模の段差があった。

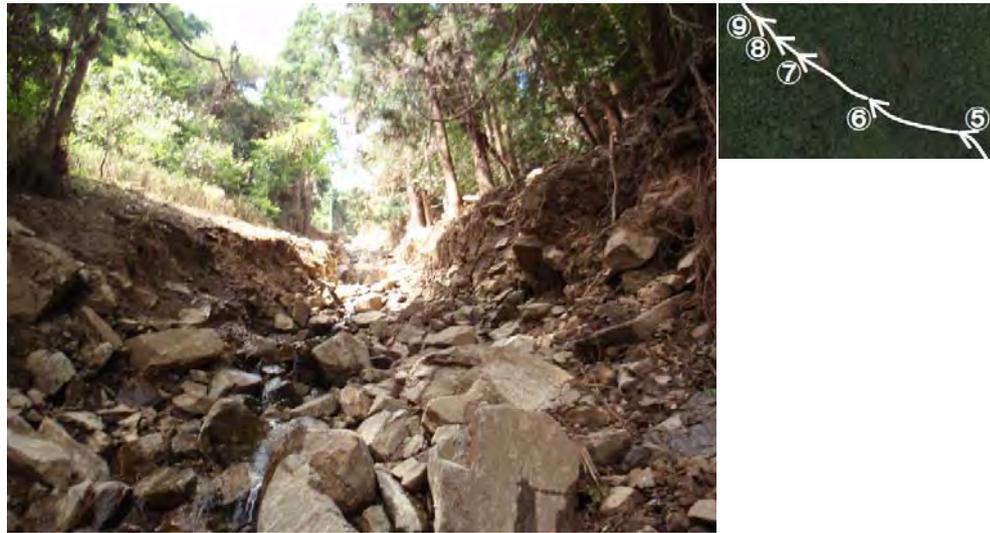


図 3-3-3-22 左岸からの合流点の上流 (図 3-3-3-7 の⑥)



図 3-3-3-23 図 3-3-3-22 のさらに上流



図 3-3-3-24 溪流の左岸



図 3-3-3-25 溪流右岸の小規模崩壊



図 3-3-3-26 溪流の段差

図 3-3-3-22 の上流の溪流幅は図 3-3-27 に示すように 2m～3m 程度に狭くなり，深さも約 2m である．さらにその上流に溪流端があり，その規模は幅約 3m，高さ約 2m である．この溪流端の標高は約 390m である．壁はほぼ垂直に立っており，粘っこい土の中に岩石類が入っていた．図 3-3-3-30 に示すように，この溪流上流端の壁から水が滲出しており，ここから頂上側での流水はなかった．

図 3-3-3-28 に示すように，溪流上流端の壁上部に幅，深さともに約 20cm の小さな溝が上にあった．



図 3-3-3-27 上流端近く（図 3-3-3-7 の⑦付近）の溪流



図 3-3-3-28 溪流の上流端（図 3-3-3-7 の⑧）



図 3-3-3-29 溪流上流端の高さ



図 3-3-3-30 溪流上流端からの水の滲出

溪流上流端のさらに上流（図 3-3-3-7 の⑨）には図 3-3-3-31 に示すように茎だけになった笹の原が広がり、その茎だけの笹の原の中に幅、深さともに約 20cm の溝があった。この溝は土石流あるいは流水が浸食してできたものと思われる。この茎だけの笹の原の勾配は約 25 度で、溪流上端（図 3-3-3-7 の⑧）までの約 30 度よりもやや緩い。図 3-3-3-32 に示すように、茎だけの笹の原の端部（右岸側）には葉がついた笹の群生があり、この部分には土石流は流れなかったものと考えられる。図 3-3-3-31 に示すように、茎だけの笹の原の奥には根がついた広葉樹が移動してきて、少し傾斜していた。



図 3-3-3-31 土石流等が流れて茎だけになった笹の原



図 3-3-3-32 流れから外れて葉が残った笹と流れのために茎だけになった笹

茎だけの笹の原の上流に、**図 3-3-3-33**～**図 3-3-3-35** に示すように斜面崩壊場所があった。この地点の標高は 407m 程度と推測される。崩壊した土砂はこの付近には堆積していなかったため、土石流となって笹の原を流れ、溪流を流下していったものと考えられる。

崩壊の規模は幅約 4.5m、高さ約 3.5m である。土には粘り気があり、壁はほぼ垂直に立っていた。慎重に探したが、他地区の源頭部で見られた「穴」はここにはなかった。岩石や土は花崗岩や真砂ではなく、明らかに堆積岩系であった。



図 3-3-3-33 最上流の崩壊場所



図 3-3-3-34 最上流の崩壊場所



図 3-3-3-35 最上流の崩壊場所



図 3-3-3-36 最上流の崩壊場所から
下流側を眺めたところ

(3) 八木六丁目

被災直後に国土地理院が撮影した八木六丁目の斜め画像を図 3-3-3-37 に示す。また、図 3-3-3-38 に国土地理院が垂直写真を用いて判読した土砂流出図を示す。

八木六丁目の調査は、被災翌日の 8 月 21 日と約 1 ヶ月後の 2 回実施した。おのおのの踏査経路を図 3-3-3-39 及び図 3-3-3-40 に示す。

図 3-3-3-37 及び図 3-3-3-38 から八木六丁目の被害が軽微であるかのように誤解しがちであるが、実際には住民の生活に多大なる影響を与えていた。



図 3-3-3-37 八木六丁目の被災状況（平成 26 年 8 月 20 日，国土地理院撮影）



図 3-3-3-38 八木六丁目の被災状況（国土地理院画像に加筆）

8月21日は被災直後であったために土砂で埋まったままの道路が多くて立ち入ることができる場所が少なかったので、**図 3-3-3-39**に示すように道路沿いのみの踏査となった。9月18日の踏査では、多くの場所の調査をしようとしたが、復旧工事のために立ち入り禁止になっている場所があり、結果的に八木六丁目については民家の被災状況が主な調査対象となった。9月18日の時点では八木八丁目の私有地は土砂撤去作業中であったが、八木六丁目の土砂撤去作業は完了していた。

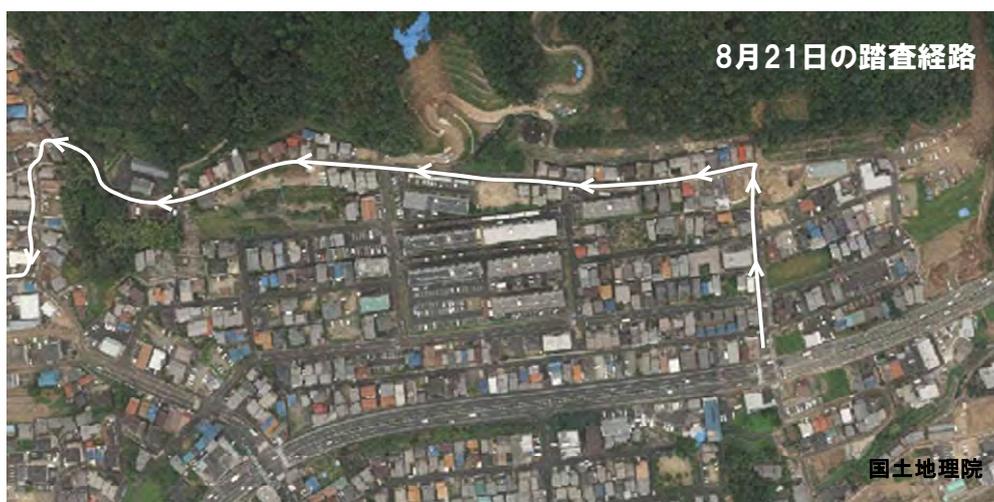


図 3-3-3-39 八木六丁目の踏査経路<8月21日> (国土地理院画像に加筆)



図 3-3-3-40 八木六丁目の踏査経路<9月18日> (国土地理院画像に加筆)

八木六丁目に直接流れ込んだ土砂は図 3-3-3-38 に示す土石流と崖崩れである。8月21日の踏査では、土石流の近くには全く近寄ることができなかった。9月18日は図 3-3-3-41 に示すように、既に応急対策が完了していた。源頭部の調査を試みたが、図 3-3-3-42 に示すように、倒木や流出してきた土砂がそのままの状態になっていて、しかも土砂は高含水比でぬかるんでおり、源頭部に近づくことができなかった。この溪流には源頭部が二つあり、図 3-3-3-42 は南側の源頭部である。障害が多くて近づくことができなかったが、遠目には源頭部は真砂土の色をしていた。図 3-3-3-43 は北側の源頭部である。途中がきわめて軟弱でこの源頭部にも近づくことができなかったが、真砂土のような印象をうけた。図 3-3-3-44 は溪流内の土である。溪流の出口に近いところでは一部基岩が露頭しており、それは堆積岩にチャートが入っていた。その基岩の上に高含水の土が堆積しており、図 3-3-3-44 のように黒っぽい色の土もあり、その上に真砂土が流れ込んできているようであった。



図 3-3-3-41 八木六丁目の土石流出口
応急対策済み



図 3-3-3-42 土石流南側源頭部
近寄ることができなかった



図 3-3-3-43 土石流北側源頭部



図 3-3-3-44 溪流内の土

図 3-3-3-45 は、土石流出口部の坂道である。被災翌日の 8 月 21 日は多数の流木が堆積しているが、9 月 18 日にはきれいに片付けられて、ゴミ収集用の BOX が新たに設置されている。

この坂道を流下した土石流は、坂道の下方にある公園に大量に流入した。その状況を図 3-3-3-46 に示す。8 月 21 日の写真を見ると、トイレが完全に埋没していることが分かる。



8 月 21 日

9 月 18 日

図 3-3-3-45 土石流出口部の坂道



8 月 21 日

9 月 18 日

図 3-3-3-46 土石流が流入した公園

図 3-3-3-47 は、斜面に最も近い住宅（赤枠で囲んだ住宅）を斜面側から撮影したものである。8月21日にはこの場所に立ち入ることができなかった。これらの住宅は国土地理院の土砂流出図では赤く塗りつぶされていないが、実際には家屋内に土砂や岩石が流れ込んで9月18日の時点では居住者はいなかった。

図 3-3-3-48 は同じく斜面に最も近い住宅を、住宅を挟んで斜面と反対側の道路から撮影したものである。土石流図の赤い色が塗られた住宅ではないが、実際には住宅内に土砂や流木などが流れ込んで、被害甚大である。また8月21日の時点では、右側の住宅の階段部から大量の水が出てきている。



図 3-3-3-47 斜面に最も近い住宅の被災状況（斜面側から撮影。9月18日）



8月21日撮影



9月18日撮影

図 3-3-3-48 斜面に最も近い住宅の被災状況（斜面反対側から撮影）

図 3-3-3-48 は斜面沿いの道路より一つ下流側の道路から斜面に向かって撮影した写真であるが、ほぼ同じ位置から 180 度向きを変えて下流側を撮影したものが、図 3-3-3-49 である。坂道下の自動車及び住宅の 1 階が、岩石を主体とする流出物で埋まっている。土粒子は洗い流されて岩石を主体とする流出物が残ったものと考えられる。9 月 18 日にはきれいに片付けられていた。



8 月 21 日撮影



9 月 18 日撮影

図 3-3-3-49 斜面から離れた住宅の被災状況

図 3-3-3-41～図 3-3-3-49 で取り上げた地区の南西部にも土砂流出が発生した場所がある。図 3-3-3-50 に国土地理院が作成した土砂流出図を、図 3-3-3-51 にその場所の斜め画像を示す。ここでは 2 基の砂防堰堤を建設中であり、国土地理院の土砂流出図(図 3-3-3-50)では工事中の砂防堰堤付近の土石流は住宅地までは到達していない。現地を踏査したところ、崖崩れ(図 3-3-3-52)の土砂が工事用フェンスを壊して道路及び住宅地に流れ込んでいた。(図 3-3-3-52～図 3-3-3-54)

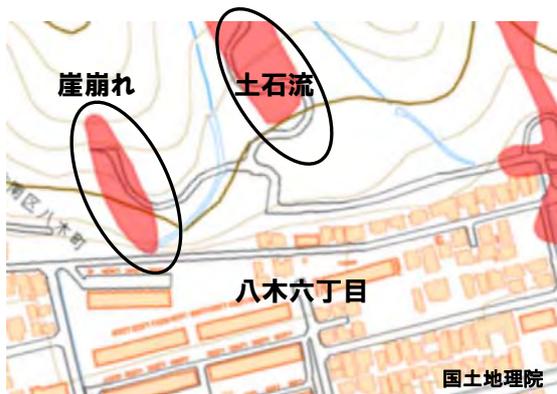


図 3-3-3-50 八木六丁目 20, 21 番



図 3-3-3-51 八木六丁目 20, 21 番の斜め画像 (提供: いであ(株))



図 3-3-3-52 崖崩れ (8月21日撮影)



図 3-3-3-53 崖崩れ付近の道路

以上のとおり, 航空機から撮影した画像を用いて判読された土砂流出範囲では八木六丁目の被害は小さいかのような印象を受けるが, 実際には山ぎわだけでなく山ぎわから離れた住宅にも水だけでなく土砂や岩石も流れ込み, 甚大な被害が発生していた. 他地区と同様に住民の生活は大きな影響を受けていた.



図 3-3-3-54 壊れたフェンス

(4) まとめ

八木八丁目

- ・ 標高 400m 付近から流れ出た土石流が、八木八丁目 3 番, 30 番, 31 番, 32 番, 33 番に流れ込み、住宅等に大きな被害を与えただけでなく、死亡 2 名、軽傷 4 名の人的被害が発生した。
- ・ この溪流の地質は全体的には堆積岩（泥岩, 砂岩）を主体とする付加コンプレックスで、複雑に変形した地層である。
- ・ 土石流の源頭部は幅約 4.5m, 高さ約 3.5m の規模である。源頭部の土は粘り気を有し、源頭部の壁はほぼ垂直に立っていた。またこの源頭部には他地区で見られたような穴はなかった。
- ・ 溪流の上部は、深さは約 2m で、幅は 2~3m 程度と狭い。この溪流には途中（標高 200m 付近と推測）で左岸及び右岸からの土石流の合流がある。
- ・ 溪流の上部から合流点付近までは溪流床には岩石類が堆積し、基岩は露頭していない。合流点から下流側の溪流床は基岩の露頭が多かった。また溪流の勾配は上流端から合流点付近までは約 30 度で、合流点から下流では勾配が緩くなり、出口付近は約 14 度であった。

八木六丁目

- ・ 国土地理院が写真から判読した土砂流出範囲では八木六丁目への流出は少ないとの印象を受けるが、実際に現地を踏査したら、山沿いの住宅全体に甚大なる影響を与えていることが分かった。
- ・ すなわち大量の水と一緒に土や岩石が屋内に大量に流れ込み、他地区と同様に住民の生活に大きな影響を与えていた。また、土粒子は下流側へ洗い流され、家屋内に大量の岩石類が貯まるという被害も発生していた。

3. 3. 4 八木四丁目八木ヶ丘団地

平成 26 年 8 月 20 日早朝に発生した広島県土砂災害により死者 9 名，負傷者 4 名が生じた広島市安佐南区八木四丁目の八木ヶ丘団地を襲った土石流の溪流調査を実施した。

調査は，団地直上付近から源頭部（流下水平距離は約 800m，高低差約 400m）まで踏査し（図 3-3-4-1 参照），途中数か所で斜面の断面等について巻尺とポールを用いた簡易測量を行った。

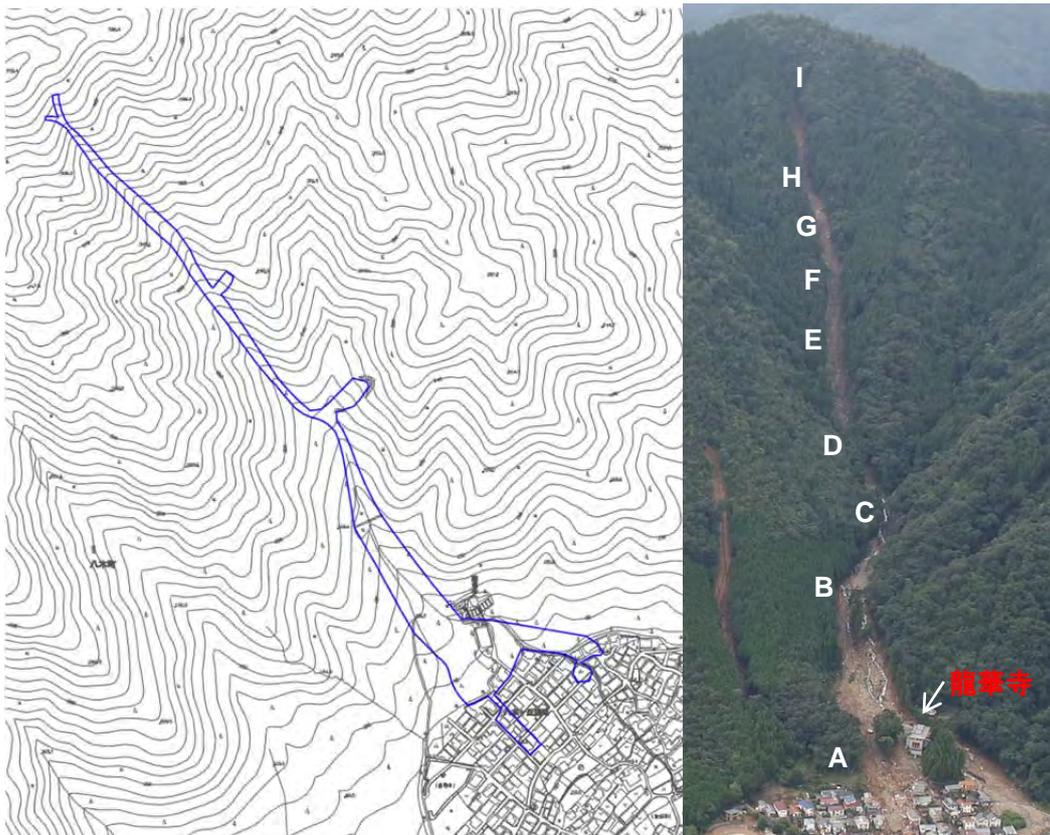


図 3-3-4-1 調査した溪流（国土地理院 8 月 20 日撮影写真を参考に作図及び加筆）

< 団地流入部付近（地点 A） >

団地最上部は幅約 100m 程度の土石流が広がっている（図 3-3-4-2）。また上部にあった龍華寺近くで土石流が二方向に分かれて流下している（図 3-3-4-3）。この土石流により，上部付近にあったと思われる住宅は著しく破壊されている（ただし災害後の救助活動によって人為的に破壊された可能性もある）。

龍華寺上流側には数十 cm から 1m 程度の大きさの岩石が堆積しており，勾配は 15 度程度であると思われる（図 3-3-4-4）。中には直径が 1m を超す岩石も見られた（図 3-3-4-5）。土石流発生後，土砂が堆積したと思われる部分も，その後の降雨や地下水により大きく削られた跡が見られている。また削られた側面には過去の土石流堆積物と思われる層も認め

られ (図 3-3-4-6), これまでにも土石流が発生したことが伺われる。



図 3-3-4-2 団地最上部から下流を臨む



図 3-3-4-3 土石流が直撃した龍華寺



図 3-3-4-4 龍華寺付近から上流を臨む



図 3-3-4-5 溪流に在った岩石

< 治山堰堤付近(地点 B) >

団地最上部から約 200m 程度上流側 (標高約 140m 付近) に高さ約 9m, 幅約 44m の治山堰堤 (図 3-3-4-7 参照) が設置されていたが, 図にハッチングして示す部分が (本体と袖部) が大きく破壊されていた (図 3-3-4-8). 森林保全課から提供いただいた資料によれば, この治山堰堤は昭和 47 年に築造された谷止工であった. 正確な測量結果でなく, あくまで推定値であるが, 幅 35m, 高さ 2.6m 程度であった. このことから大きなエネルギーを持った土石流が流下したことがわかる. また住民の証言によれば, 破損したコンクリート片が住宅地まで運ばれているとのことであった.

ダム上流側は数十 cm~1m 程度の礫で埋め尽くされている状況で (図 3-3-4-9), 堆積している礫の傾斜勾配は約 15 度ぐらいであった.



図 3-3-4-6 削れられた溪流側面

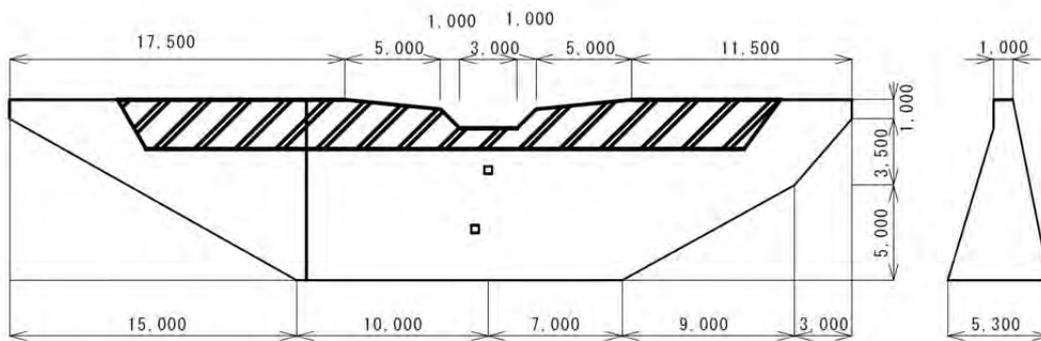


図 3-3-4-7 治山堰堤の形状 (広島県森林保全課の資料を基に作図, ハッチング部が破損)



図 3-3-4-8 被災した治山堰堤の様子



図 3-3-4-9 治山堰堤に堆積した礫

< 溪流分岐地点付近 (地点 C) >

合流部から約 20m 程度下流側で, 溪流の幅は約 9m, 深さ 2.2m 程度であった (図 3-3-4-10). 合流部では基岩が露出しており, 約 4m の深さがあり, 2m 程度の岩石も見られた (図 3-3-4-11).

左岸側から合流している土石流の様子は図 3-3-4-12 のようであった。この付近はチャートや砂岩などの堆積岩と火成岩（花崗岩など）の境界付近となっており，堆積岩と火成岩が接触している箇所も見られた（図 3-3-4-13）。また接触部付近では一部は熱変成を受けてホルンフェルス化し，また強い圧力を受けた不連続面も多く見られた（図 3-3-4-14）。

合流部上流側の本流は，幅 10m ぐらい，深さ 2.5m～4m ぐらいで削られており，側面には過去の土石流と思われる岩石と砂礫が混じった層が見られ，過去にも土石流が発生していたと思われる（図 3-3-4-15）。この付近では花崗岩（CH 級と思われる）が露出していた（図 3-3-4-16）。



図 3-3-4-10 溪流合流部より約 20m 程度
下流付近



図 3-3-4-11 溪流合流部付近



図 3-3-4-12 左岸側の土石流の様子



図 3-3-4-13 堆積岩と火成岩が接触している



図 3-3-4-14 力学作用を受けて
不連続になった岩盤



図 3-3-4-15 合流部上流側の様子



図 3-3-4-16 露出している花崗岩

< 溪流中間部（地点 D, E, F, G, H 付近） >

地点 D では基岩の上に土砂が堆積しているかたちであり、幅 8m、深さは 4m 程度であった（図 3-3-4-17）

地点 E では左岸側に幅 10m、高さ 10 程度の小規模な崩壊が生じており、基岩が露出している（図 3-3-4-18）。ここでの本流の幅は約 18m、高さ 3.8m 程度であった。斜面勾配は約 31 度ぐらいであった。

地点 D～E 間付近の左岸側方斜面内には、樹木の下に多くの岩石が点在し、もともとこの

辺りの地盤に多くの岩石が存在しており、それが土石流となって下流に流下したことが伺われる（図 3-3-4-19）。また側方斜面内の地表面では、地表面が洗われて土が露出し、流された落ち葉が澱み点にたまっているような地表流の痕跡が見られ（図 3-3-4-20）、これより、今回の災害では降雨強度が非常に強かったため、斜面内に浸透する前に地表面を溪流に向けて流れ落ちた雨水が多く、多くの降雨が溪流部に流れ込んだために、土石流が発生したと考えられる。

地点Fは地点Eより50m程度上流側で、幅15m、高さ1.9m程度であった。斜面勾配は約31度程度であった（図 3-3-4-21）。

地点Gでは岩盤が露出しており、溪流幅約17m、深さ3.2m程度、斜面勾配は約36°であった（図 3-3-4-22）。またこの付近での岩盤は流れ盤となっていた（図 3-3-4-23）。

地点Hでは、溪流幅約14m、深さ1.8m程度であった（図 3-3-4-24）。図の背後の岩盤は露出部分で高さが3m以上あり、全体に図 3-3-4-25 のように流れ盤になっていた。またこの付近では崩落した土砂と岩盤の境目付近には直径3cm程度のパイプフロー跡と思われる穴が開いていた（図 3-3-4-26、中央の赤丸の中）。



図 3-3-4-17 地点D付近の様子



図 3-3-4-18 左岸側に見られて小規模崩壊



図 3-3-4-19 側方斜面内の様子



図 3-3-4-20 側方斜面を高速に地表水が流下したと思われる



図 3-3-4-21 地点 F 付近の様子



図 3-3-4-22 地点 G 付近の様子



図 3-3-4-23 岩盤の様子（右が下流側）



図 3-3-4-24 地点 H 付近の様子



図 3-3-4-25 地点 H 付近の岩盤の様子



図 3-3-4-26 地点 H でみられたパイプフロー跡

<源頭部付近（地点 I）>

源頭部より 20～30m 程度下流の右岸側に小規模な土石流が見られた（図 3-3-4-27）。

源頭部は幅約 4m 程度で、深さ 1.8m 程度で、斜面勾配約 37° であった（図 3-3-4-28）。崩壊側面の地表面から数十 cm～1m 付近に直径 3cm 程度のパイプフロー跡と思われる穴が多く見られ、地下水の流出により地表面が押されたものと思われる（図 3-3-4-29）。



図 3-3-4-27 源頭部付近から下流を臨む



図 3-3-4-28 源頭部の様子



図 3-3-4-29 源頭部で見られたパイプフロー跡

3. 3. 5 阿武の里団地

3. 3. 5. 1 土石流の溪流調査

(1) 概要

平成26年8月20日の広島豪雨災害によって死者4名の人的被害を出した八木三丁目の郵政阿武の里団地（以下、阿武の里団地と記す）に流下した土石流の溪流調査を実施した。調査は平成26年8月31日に団地の直上から源頭部まで踏査し、途中の数か所で断面計測を行った。土石流の発生状況は図3-3-5-1に示すとおりであるが、踏査していないところなどは国土地理院の航空写真などから推定した。なお、図上での土石流の流下跡は縮尺を合わせて描いたものではなく、あくまでも流下状況を概略的に示したものである。



図3-3-5-1 八木三丁目 阿武の里団地に流下した土石流の流下状況

(2) 団地流入部付近 (地点A)

団地最上部には高さ 1.5m 程度の石積み擁壁があり，その上に 1m 程度の土砂法面があり，植林された山腹斜面へとつながっている (写真 3-3-5-1)．団地上部の坂道の勾配は 14° である (写真 3-3-5-2)．



写真 3-3-5-1 阿武の里団地最上部
(8/23 撮影)



写真 3-3-5-2 阿武の里団地の坂道
(8/23 撮影)

団地直上の土石流の流下幅は 40m で平均的な勾配は 15° である．流下跡は，元々あった薄い表土が洗い流され，その上に数 cm から 1m 程度の岩石が地山の上に多数堆積しているが (写真 3-3-5-3)，部分的には幅 2m 程度で深さが 1.0~2.0m 程度の溝ができています (写真 3-3-5-4)．岩石は，泥質や珪質の片岩などの変成岩が大半を占めており，花崗岩はほとんど認められなかった．また，表土の下にも同様な岩石が堆積しており，土石流の堆積地であったことがうかがえる．



写真 3-3-5-3 阿武の里団地上部の土石流流下状況



写真 3-3-5-4 土石流によって削り取られてできた溝 (底に過去の土石流堆積物が見られる)

(3) 下方の分岐部付近 (地点B)

団地上部から約 150m 程度上流の標高約 110m 付近で土石流は 2 つに分かれて (図 3-3-5-2 および写真 3-3-5-5), ①の東側のものは団地の東側へ流下し (写真 3-3-5-6), ②の西側のものが団地を直撃しており (写真 3-3-5-7), 団地を直撃した西側の土石流が東側より後で流れたと推測できる. 図 3-3-5-3 に示すようにこの地域の土石流の流下予想は東側が中心となっていることを考えると, 先に①の東側に土石流が流れ, その堆積物が後に続く②の土石流の流下を妨げて流路を西側に変えたと考えられるため, 被害が予想される地域についてはこの点を考慮して設定する必要があると思われる.

分岐部の幅は 28m で, 中央部に堆積している土石の厚さは約 1.5m であり, 右岸は 1.8m 程度表土がえぐりとられている (写真 3-3-5-8). その下には, 今回の土石流流下物と同様な堆積物が存在し, 過去にも土石流があったと推定できる. なお, 団地を直撃した西側の土石流が分岐した下流の狭窄部の流下幅は 15.5m である.



図 3-3-5-2 八木三丁目 阿武の里団地に流下した土石流の分岐・氾濫状況 (8月20日撮影の国土地理院の斜め写真に加筆)

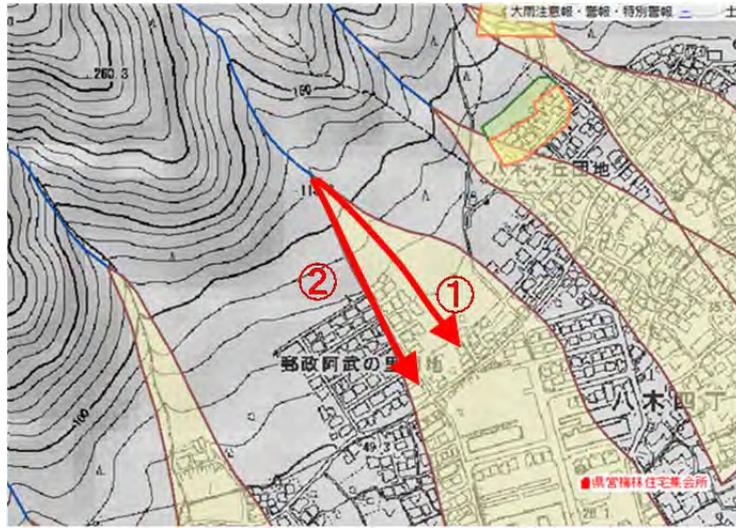


図 3-3-5-3 八木三丁目阿武の里団地の土石流危険溪流と被害が予想される地域（広島県、「土砂災害ポータルひろしま」の土砂災害危険個所に加筆）



写真 3-3-5-5 下方分岐部（中央部に土石が1.5m程度堆積）



写真 3-3-5-6 下方分岐部の西側（土石流センサーが設置されている）



写真 3-3-5-7 下方分岐部の東側（西側より前に流下している）



写真 3-3-5-8 下方分岐部左岸の状況

(4) 上方の分岐部 (地点C)

さらに150m程度上流の標高170m付近で、土石流は2つに分岐している(写真3-3-5-9, 写真3-3-5-10)。東側は幅10m, 深さ2~3mで(写真3-3-5-11), 西側は幅10m, 深さ6~7mで(写真3-3-5-12), 中央に幅6m程度の地山が長さ20m程度残っている。地山には粗石や巨石があり(写真3-3-5-13), これらが土石流下部では土石流として流下したもとのと思われる。



写真 3-3-5-9 上方分岐部の下端



写真 3-3-5-10 上方分岐部の上端



写真 3-3-5-11 上方分岐部の東側土石流



写真 3-3-5-12 上方分岐部の西側土石流(土石流センサーが設置)



写真 3-3-5-13 上方分岐部の中央部に残っている地山

(5) 上方分岐部の上流 (地点D)

分岐部の上流は幅 12m, 高さ 6~7m の崖状になっており, 滝のような水の流れがある (写真 3-3-5-14). この崖の上部の土石流の流下幅は 31m, 勾配は 20° で, 右岸は 2.8m 程度洗掘されている (写真 3-3-5-15). 右岸斜面の勾配は 32° で粗石が多数みられる.

河床には, 付加体起源のメラングジュと考えられる岩盤露頭 (写真 3-3-5-16) や高田流紋岩類の火砕岩 (写真 3-3-5-17) も見られた. なお, 左岸の基岩に卓越する節理面の走向・傾斜は, N25E68S である.



写真 3-3-5-14 上方分岐部の上流にある崖状部分



写真 3-3-5-15 上方分岐部上流の土石流流下状況



写真 3-3-5-16 付加体起源のメラングジュ



写真 3-3-5-17 高田流紋岩類の火砕岩

(6) 合流部① (地点E)

標高 250m 付近で西側斜面から土石流が合流している (写真 3-3-5-18). 合流部下部で土石流が最も狭い部分の幅は 11.5m で深さは 3m である.

西側の土石流は幅 4~5m, 厚さ 1~2m, 勾配 45° の表層斜面崩壊であり, 大きな石は見られなかった (写真 3-3-5-19). 東側の本流の土石流流は, 幅 13.5m, 深さ 4m 程度, 勾配 25° で, 左岸には基岩が露出し, その上に 1m 前後の風化堆積層があり, 右岸には 2~3m 程度の風化堆積層がある (写真 3-3-5-20).



写真 3-3-5-18 西側からの合流部①



写真 3-3-5-19 西側からの土石流



写真 3-3-5-20 東側（本流）の土石流

(7) 合流部②（地点F）

標高 300m 付近で東側支流から土石流が合流しており（写真 3-3-5-21）、東側支流の勾配は 40° で深さ 1~2m の表層堆積土層が流出している（写真 3-3-5-22）。

合流部下部での土石流の流下幅は 5m、深さ 1.5m、勾配 35° で、左岸に変質部が見られた（写真 3-3-5-23）。



写真 3-3-5-21 東側からの合流部②



写真 3-3-5-22 東側の土石流



写真 3-3-5-23 左岸に見られた変質部

(8) 合流部②の上流 (地点G)

標高 380m 付近の左岸には基岩の上に風化堆積土層である砂礫層が 1~2m 程度あり、基岩と堆積土層の境界からは、8月20日から11日経過した後も多量の湧水が流出していた(写真 3-3-5-24, 25)。さらに、その上流(緑色の苔の生えた岩のあるところ, 写真 3-3-5-26)の土石流の流下幅は 6.7m, 深さ 1.9m, 勾配 36° であった。



写真 3-3-5-24 基岩と堆積層の境界からの湧水



写真 3-3-5-25 基岩と堆積層の境界からの湧水



写真 3-3-5-26 土石流流下状況(大きな岩石は流されずに残っている)

(9) 源頭部 (地点H)

土石流の源頭部は標高 510m 付近にあり、源頭部上部の幅 3.6m、源頭部頂上から 30m 下方での幅 5.5m の馬蹄形をし、勾配は 40° である (写真 3-3-5-27)。崩壊は基岩上に厚さ 1m 前後で堆積している表層土が滑り落ちる表層崩壊であり (写真 3-3-5-28, 29)、表層土は粘土化している。基岩がV字形になっているところの底部には 10~50cm 程度の岩石が多数あり、上部から水が供給され易い構造となっている (写真 3-3-5-30)。また、崩壊部の底面や側面には水が流出したと思える孔がいくつか認められた (写真 3-3-5-31, 32)。



写真 3-3-5-27 源頭部の全景



写真 3-3-5-28 源頭部の上部



写真 3-3-5-29 源頭部の下流



写真 3-3-5-30 源頭部上部の東側



写真 3-3-5-31 源頭部に見られた孔状地形



写真 3-3-5-32 源頭部東側面に見られた孔

(10) 周辺斜面の状況

源頭部の東側の支流でも斜面崩壊が発生しているが、大きな土石流には発達していない(写真 3-3-5-33)。しかし、崩壊上部には 30cm 程度の段差が生じるすべりが生じていて、今後の雨や地震で崩壊し易い状態になっている(写真 3-3-5-34)。

土石流が流下した溪流の両岸斜面では、集水地形のところで地表水が流下した痕跡が多数認められ(写真 3-3-5-35)、部分的には洗掘によって表層土が流出している箇所も認められた(写真 3-3-5-36)。今回の降雨は時間雨量 100mm 以上で、地盤への浸透能力を超えたものであり、かなりの部分は地表水となって集水地形となる谷部に集まり、谷部に堆積していた土石を洗掘して土石流となった場合もあるのではないと考えられる。



写真 3-3-5-33 源頭部の東側の支流で見られた崩壊状況



写真 3-3-5-34 斜面崩壊上部の地山で見られた段差



写真 3-3-5-35 地表水の流下後



写真 3-3-5-36 地表水によって洗掘された斜面

(11) 土石流堆積物の特徴と周辺地質

当該溪流の土石流堆積物は、主に岩石により構成されている特徴が認められた。溪床に散在する岩石の特徴として、まずそのサイズが挙げられる。概ね、拳大から人頭大程度の

サイズに収まっており、数メートルの規模を示すような岩塊は少数であった（写真 3-3-5-37）。また、地表を覆う土石流堆積物が、主に岩石片よりなり粘土などの細粒分に乏しい特徴も認められた（写真 3-3-5-38）。



写真 3-3-5-37 下流域における土石流堆積物（主にこぶし大～人頭大）



写真 3-3-5-38 土石流堆積物の岩石の大きさ（メートル級はあまり見られない）

次に、地質の違いが挙げられる。本溪流より南西側の被災溪流においては、主に広島花崗岩の礫・岩塊が認められ、その風化土（＝マサ土）の泥流化や堆積が認められているが、本溪流においては全く趣を異にしている。

本溪流では、中流域（図 3-3-5-1 の D）付近から岩盤露頭を確認できたが、その地質としては、珪質片岩・泥質片岩やホルンフェルスなどが大半を占めており、一部の岩盤露頭や転石では層状チャート（写真 3-3-5-39）や他起源岩石を捕獲したメランジュ（写真 3-3-5-40）などが認められた。

これらの岩相から判断すると付加コンプレックスの一部と考えられ、既往地質図とも整合する（図 3-3-5-4）。



写真 3-3-5-39 白色部と炭質物による黒色部とが縞模様をなす層状チャート



写真 3-3-5-40 泥質岩や珪質岩が礫状に含まれているメランジュ露頭

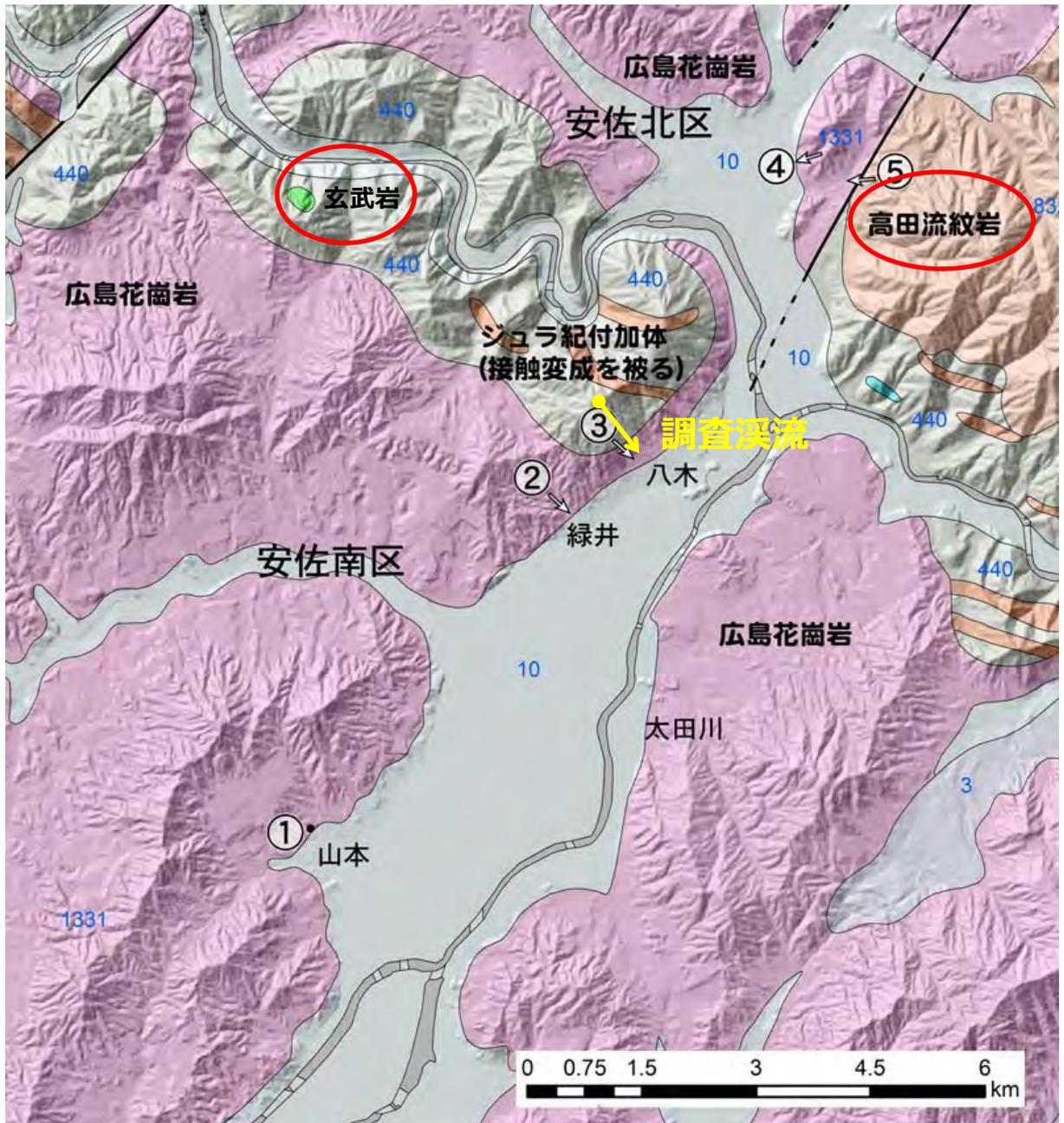


図 3-3-5-4 八木地区周辺の地質図

(引用：産総研地質調査総合センターHP「平成 26 年 8 月 20 日に広島市で発生した土石流及び斜面崩壊の発生地に関する地質情報」の図 1 に加筆)

また一部では、明瞭な石英斑晶と暗緑色呈する石基部を特徴的に有する高田流紋岩類の火砕岩(写真 3-3-5-41)や低変成の貫入岩と思われる玄武岩(写真 3-3-5-42)も認められた。

既往地質図には、これらの地質が阿武山周辺での分布は示されていないが、高田流紋岩

類については、本調査地から太田川を挟んで左岸側（東側）の山地で、付加コンプレックスの上位を覆うことが示されている。一方、玄武岩についても、太田川上流の右岸側（南側）において、付加コンプレックスの一部に玄武岩が局所的に存在することが示されている。

今回の土石流堆積物中に高田流紋岩類や玄武岩の地質が含まれることを考慮すると、阿武山周辺においてもこれらの地質が分布するものと判断される。

なお、今回の踏査では高田流紋岩類や玄武岩の露頭は確認していない。土石流堆積物中の岩石に占める割合としては、高田流紋岩類が1割弱程度、玄武岩が数%程度と思われ、確認できる露頭も少ないものと推察される。

また、溪流の谷筋に平行に発達する断層と思われる破碎質な部分が谷の軸に沿って連続的に認められ、今後は土石流との関係を検討する必要があると考えられる（写真 3-3-5-43）。



写真 3-3-5-41 高田流紋岩類の火砕岩（サンプリング後撮影）



写真 3-3-5-42 玄武岩（サンプリング後撮影）



写真 3-3-5-43 変質部（断層露頭）

（12）岩盤崩壊の可能性について

当該溪流の中流域より上部に分布する付加コンプレックスは、比較的節理が発達していることが露頭レベルで確認された（写真 3-3-5-44）。このことは土石流堆積物の岩石片が

比較的細かいことと整合する。

これらの節理の傾斜は、溪流の流下方向に対して、 60° 程度の高角の流れ盤をなすものが多く含まれ、一部で開口傾向にあることが確認された（写真 3-3-5-45）。

また、岩盤露頭の確認箇所において、その岩盤表面の状態や、周辺の地形勾配から推察される元の谷地形の位置を考慮すると、今回の土石流によりえぐり取られた岩盤深度は深い箇所では 5m 程度はあろうかと思われる（写真 3-3-5-46）。

このことは、土石流堆積物が広がる下流域において、土砂ではなく岩石を主体とした堆積物が認められることから想像できる。逆に言えば、堆積物の大半を岩石で占めるためには、相当量の岩盤崩壊が発生しなければ成立し得ないことと考えられる。

以上のことから、当該溪流における土石流は、上流域に分布する節理や開口亀裂が卓越した岩盤に、多量の地表水あるいは地下水が供給されたことが誘因となって、岩盤上面から 5m 程度深い部分まで崩壊した可能性が高く、そのことが土石流被害を拡大させた一つの要因ではないかと推察する（図 3-3-5-5）。



写真 3-3-5-44 高角流れ盤をなす節理が発達する露頭状況



写真 3-3-5-45 開口傾向にある節理



写真 3-3-5-46 土石流でえぐられた岩盤深度（推定）

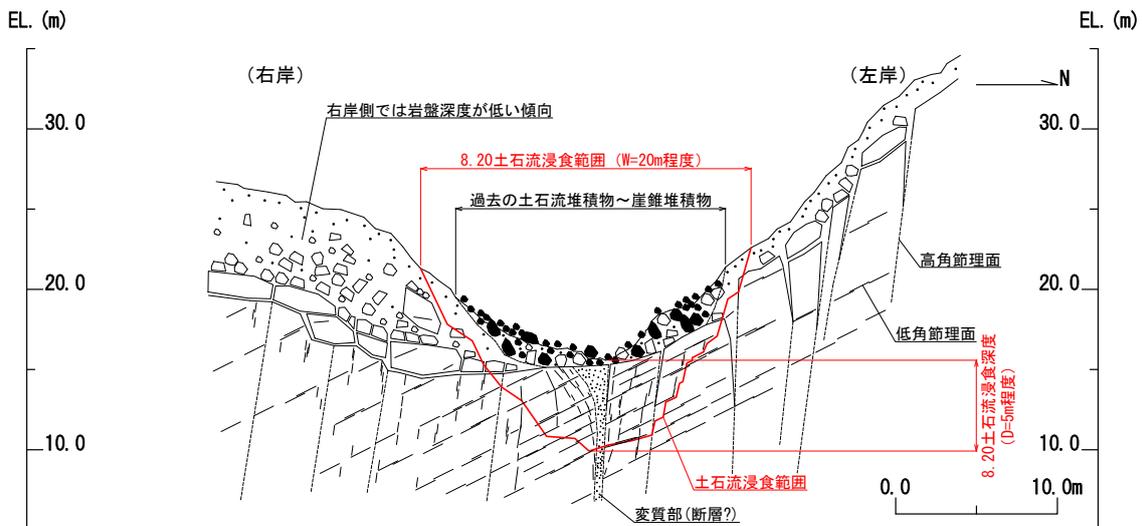


図 3-3-5-5 渓流横断方向の地質構造と土石流浸食範囲のイメージ図

(1 3) 土石流源頭部の土質特性

阿武の里団地裏で発生した土石流の崩壊源頭部において側方滑落部で土試料を採取した(写真 3-3-5-27, 28). 採取試料に対して土質試験を実施したので, その結果を以下に要約する.

①自然含水比測定

採取試料の自然含水比は 52.9 %であった.

②土粒子の密度試験, 液性限界・塑性限界試験, 土の粒度試験結果

土の物理試験の結果は以下のとおりである(表 3-3-5-1 および図 3-3-5-6).

表 3-3-5-1 土試料の物理特性

試料名	阿武の里団地裏溪流
土粒子の密度 ρ_s	2.694
液性限界 w_L (%)	48.4
塑性限界 w_p (%)	36.7
塑性指数 I_p	11.7
礫分 (%)	2.95
砂分 (%)	54.33
細粒分 (%)	42.72
土質分類	SF

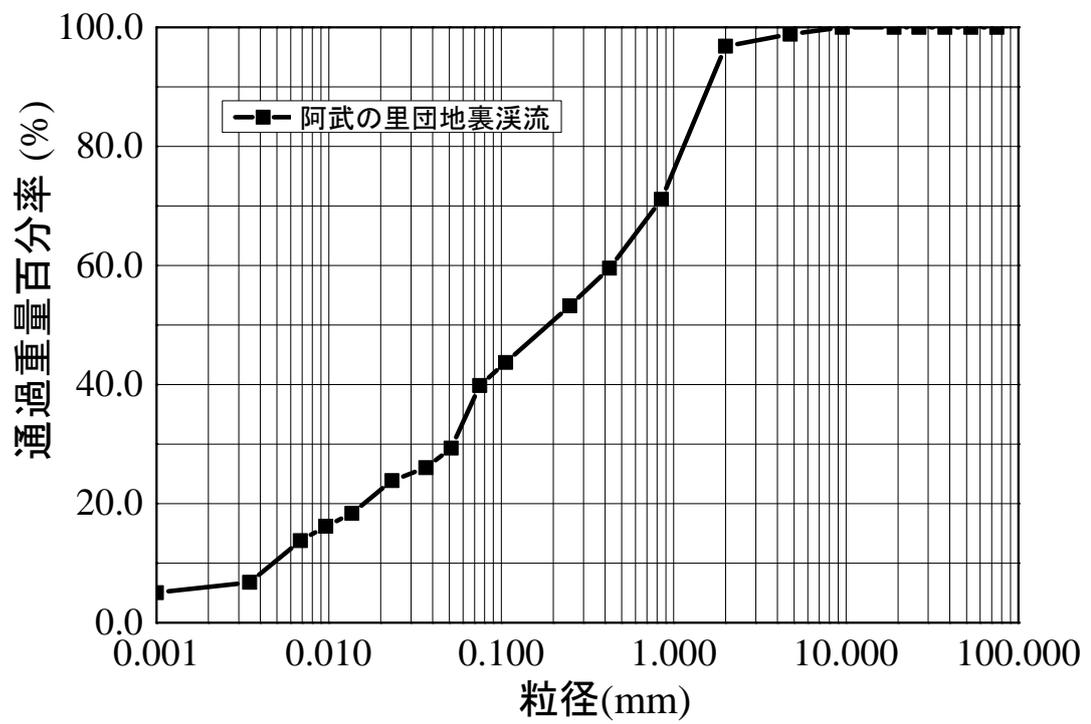


図 3-3-5-6 粒径加積曲線

また、X線回折分析の結果を図 3-3-5-7 に示しているが、鉱物組成としては石英、カオリナイト、イライト、バーミキュライトであった。

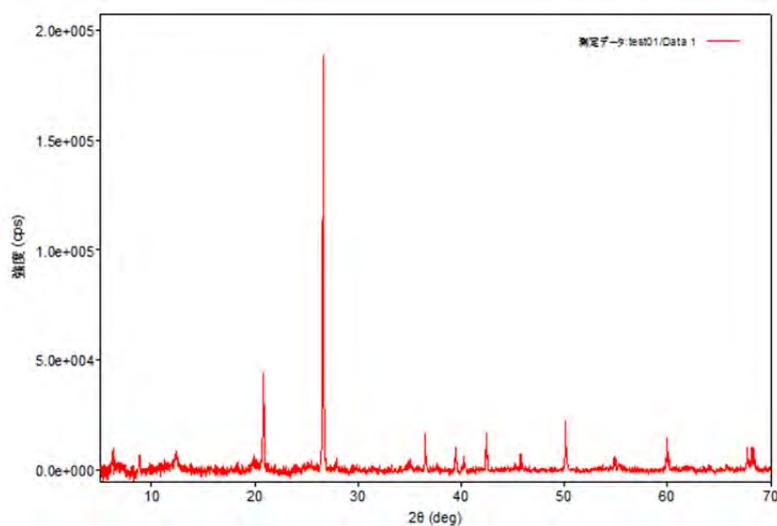


図 3-3-5-7 エックス線回折結果 (協力：長野高専・松下英次先生)

③圧密定圧一面せん断試験

せん断試験時の条件は以下の通りとした。

- ・ 圧密定圧（排水）条件
- ・ 圧密の打切り時間：30分間（3t法による t_e を超えた時間まで圧密）
- ・ せん断速度 0.02mm/min
- ・ 浸水条件（3時間浸水とした）
- ・ 拘束圧はすべり層厚が1mであったので、20, 40, 50, 80 kPaの4通りとした。

なお、原位置の湿潤密度は不明であったので、供試体の初期含水比は自然含水比とし、供試体は一定の突き固め方法で作成することとした。また、供試体は浸水、正規圧密状態とした。

表 3-3-5-2 供試体の初期状態（一面せん断試験）

試料名	試験番号	初期含水比 $w_0(\%)$	初期湿潤密度 $\rho_{00}(\text{g}/\text{cm}^3)$	初期乾燥密度 $\rho_{d0}(\text{g}/\text{cm}^3)$	水浸時間 (min)	圧密応力 $\sigma_c(\text{kPa})$	圧密時間 $t_c(\text{min})$	せん断速度 $\dot{\delta}(\text{mm}/\text{min})$
阿武の里団地裏溪流	1	52.9	1.730	1.131	180	20	30	0.02
	2		1.751	1.145		40		
	3		1.773	1.16		50		
	4		1.747	1.142		80		

表 3-3-5-3 一面せん断試験結果

試料名	試験番号	せん断応力最大時				試験終了後の含水比 $w_f(\%)$
		せん断強さ $\tau_f(\text{kPa})$	垂直応力 $\sigma_f(\text{kPa})$	間隙比 e_f	せん断変位 $\delta_f(\text{mm})$	
阿武の里団地裏溪流	1	27.5	11.0	1.295	5.94	48.9
	2	48.3	22.8	1.136	5.10	46.0
	3	57.5	45.5	1.055	3.59	42.6
	4	72.2	56.9	1.032	6.97	45.8

図 3-3-5-8 および図 3-3-5-9 にせん断試験の結果を示す。低圧領域においては、せん断応力は垂直応力の大きさに対して大きい値を示している。垂直応力が高くなるにしたがって、せん断応力と垂直応力の比率は低下している。せん断挙動は拘束圧の影響を受けているので、更なる検討が必要である。

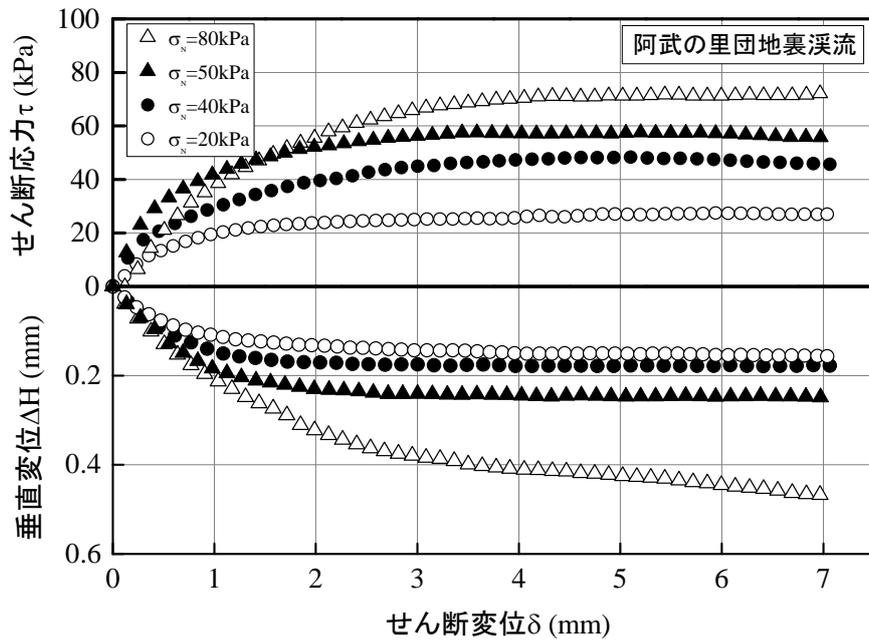


図 3-3-5-8 試料の圧密排水せん断挙動

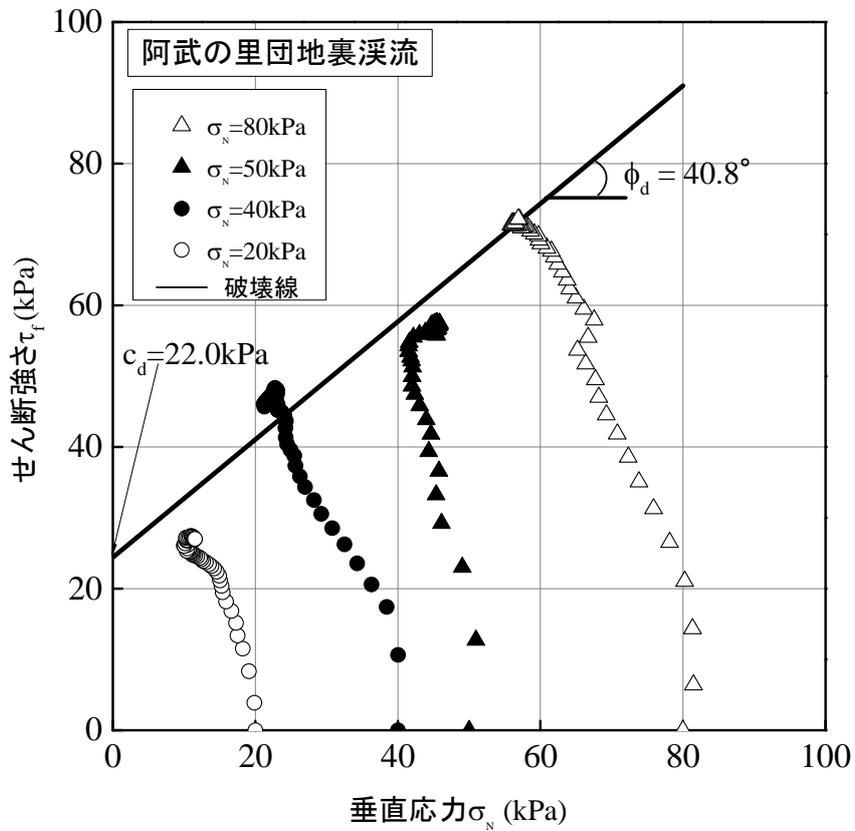


図 3-3-5-9 試料の応力経路と破壊強度線

強度定数としては、粘着力 $c_d=22.0\text{kPa}$ 、 $\phi_d=40.8^\circ$ が得られた。計測したすべり面の勾配が $35^\circ\sim 40^\circ$ であったので、常時においては、斜面は安定を保っていたと考えられる。すなわち、崩壊の要因としては降雨浸透によるすべり面と基岩の境界での間隙圧の上昇が考えられる。

④平面すべりの安定解析結果

無限長斜面に対する地表面に沿って流れる浸透流がある場合の安全率を次の式を用いて算定した。

$$F_s = \frac{c_d + (\gamma_{sat} - \gamma_w)H \cos^2 \beta \tan \phi_d}{\gamma_{sat} H \cos \beta \sin \beta}$$

ここに、勾配は 40° と仮定、湿潤単位体積重量は 18 kN/m^3 、飽和単位体積重量は 20 kN/m^3 （仮定）と概算した。

その結果、浸透流があるときの安全率は **2.76**であった。また、浸透流が無い場合は **3.51**であった。なお、浸水時間をさらに長くして粘着力が消失した場合すなわち c_d をゼロと仮定すると安全率は **0.53**となる。ただし、上記の結果は暫定であり、今後の更なる検討によって変わる可能性がある。

(14) 溪流調査のまとめ

- ①阿武山（標高 586.4m）の南東の頂上付近を源頭部する土石流が、安佐南区八木三丁目の阿武の里団地に流れ込み、多くの住宅に被害を与えるとともに、死者4名の人的被害を出した。
- ②土石流の源頭部は主なもので3つあり、途中で合流・分岐している。
- ③土石流は団地の上方約150mの地点で2つに分岐し、東側の土石流が先に流れ、その堆積物が後に続く土石流の流下を妨げて流路を西側に変えたと推測できるため、被害が予想される区域についてはこの点を考慮して設定する必要がある。
- ④本溪流の地質は、珪質や泥質の片岩やホルンフェルスなどを主体とする付加コンプレックスであるが、一部には高田流紋岩類や玄武岩も認められた。
- ⑤土石流の源頭部は標高510m付近にあり、源頭部上部の幅3.6m、源頭部頂上から30m下方での幅5.5mの馬蹄形をしていて、勾配は40°であった。
- ⑥源頭部の崩壊は、基岩上に厚さ1m前後で堆積している表層土が滑り落ちる表層崩壊であり、表層土は粘土化している。
- ⑦源頭部の基岩がV字形になっているところの底部には10~50cm程度の岩石が多数あり、上部から水が供給され易い構造となっている。また、崩壊部の底面や側面には水が流出したと思える孔がいくつか認められた。
- ⑧源頭部表層土の強度定数としては、粘着力 $c_a=22.0\text{kPa}$ 、 $\phi_a=40.8^\circ$ が得られた（いずれも暫定値）。計測したすべり面の勾配が35°~40°であったので、常時においては、斜面は安定を保っていたと考えられる。すなわち、崩壊の要因としては降雨浸透によるすべり面と基岩の境界での間隙圧の上昇が考えられる。
- ⑨標高380m付近の基岩上には風化堆積土層である砂礫層が1~2m程度あり、基岩と堆積土層の境界からは、8月20日から11日経過した後も多量の湧水が流出していた。
- ⑩当該溪流の谷筋に平行に発達する断層と思われる破碎質な部分が谷の軸に沿って連続的に認められ、今後は土石流との関係を検討する必要がある。
- ⑪当該溪流における土石流では、上流域に分布する節理や開口亀裂が卓越した岩盤に、多量の地表水あるいは地下水が供給されたことが誘因となって、岩盤上面から5m程度深い部分まで崩壊した可能性が高く、そのことが土石流被害を拡大させた一つの要因ではないかと考えられる。
- ⑫土石流が流下した溪流の両岸斜面では、集水地形のところで地表水が流下した痕跡が多数あり、部分的には洗掘によって表層土が流出している箇所も認められた。

3. 3. 5. 2 土石流による被害状況

平成26年8月22日から30日にかけて土石流によって被害を受けた阿武の里団地の被災状況を調査した結果を報告する。

(1) 被害概要

土石流は主なもので3つの溪流から発生し、団地の上流約150mの地点で2つに分岐し、第1波は東側に流下し、第2波以後は西側へ流下している(図3-3-5-1および図3-3-5-2)。

東側の土石流は団地の東側の住宅に流入するとともに、団地東側下部の住宅に大きな被害を及ぼした(写真3-3-5-47)。一方、西側の土石流は団地中央上部の住宅に甚大な被害を及ぼし、中央の坂道を流下して坂道の両側の住宅に大きな損傷を与えるとともに、横方向の路地を流れ、西側の住宅へも被害を及ぼし、西側の坂道を流下している(写真3-3-5-47~50)。また、写真には写っていないが、団地の西側からも土石流が流入し、西側上部の住宅に侵入するとともに、西側の坂道を流下し、団地下部の住宅に流入するとともに、横方向の道路を左右に流れている。



写真 3-3-5-47 東側と西側の土石流による被害状況(提供:ルーチェサーチ株)



写真 3-3-5-48 阿武の里団地に流入した土石流(提供:ルーチェサーチ株)



写真 3-3-5-49 西側の土石流による被害状況(提供:ルーチェサーチ株)



写真 3-3-5-50 上流から見た西側土石流による被害状況(提供:ルーチェサーチ株)

(2) 家屋の被害状況

土石流による家屋の被害状況をまとめたものを図 3-3-5-10 に示す。この図では、全壊した家屋を赤、1 階部分に土砂が大量に流入した家屋を黄、家屋の半分が損壊した家屋を緑、庭先などに土砂が流入した家屋を青で示してある (表 3-3-5-4)。また、人的被害の出た住宅を×印で示す。なお、図中の丸数字は被害状況の聞き取りを行った住宅の場所を示したものである。今回の調査では全ての住宅を訪問調査した訳ではなく、また外部から観察した結果も含むため、マーキングした住宅以外にも被害のある場合もあつたり、土砂の流入状況が実際と一致しない場合もあつたりすると思われる。

また、西側の土石流による住宅および道路の被害状況の詳細を表 3-3-5-5 に示す。

表 3-3-5-4 家屋被害の分類

マーク	被害状況
赤	全壊した家屋
黄	1 階部分に土砂が大量に流入した家屋
緑	家屋の半分が損壊した家屋
青	土砂が流入した家屋

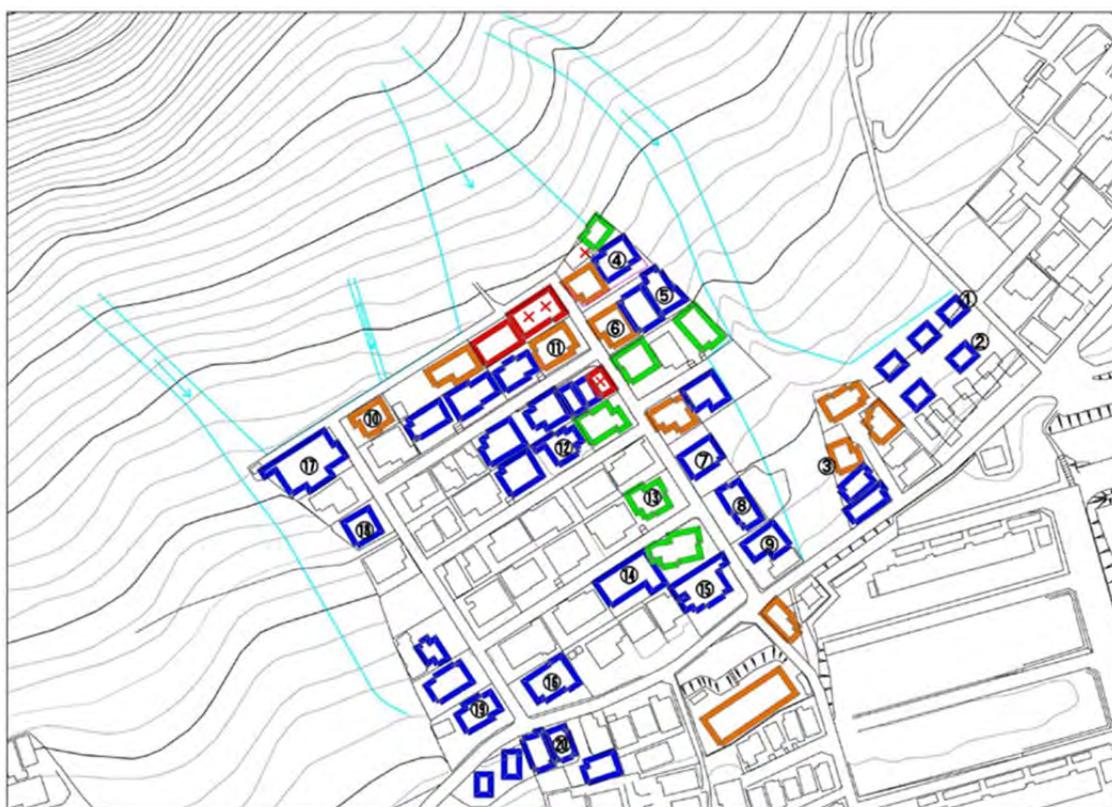


図 3-3-5-10 土石流による家屋の被害状況

表 3-3-5-5 西側の土石流による家屋の被害状況

(表中の左右は上流側から見た方向)

番	場所	被害	土砂堆積部	土砂深さ(m)	備考(左右は上側から見た方向)	
50	東側	最上段上側左	1階損壊	北部	3	
		最上段上側下	土砂侵入	北東部	0.5	
		最上段上側上	右側損壊	家屋中心部	3	
		2段目上側左	1階損壊	北西部	1.5	
		2段目上側中	土砂侵入	北部	0.25	
		2段目上側右	土砂侵入	北東部	0.2	
		2段目下側左	1階・右側半壊	北西部	1.3	
				南部の塀	1.0	
		2段目下側中	無し	南部の塀	0.2	
				南部の塀	0.2	
		2段目下側右	左側損壊	北東部	0.55	
				家屋基礎	-0.6	※基礎が削られていた
		3段目上側左	1階損壊	北西部	1.4	
				北部道路	1.1	
		3段目上側中	土砂侵入	北東部	0.3	
				北部道路	1.1	
		3段目中段左	土砂侵入	南西部	0.1	※道路から3~4m奥に家がある
3段目中段左	土砂侵入	西部	0.3			
3段目下側左	土砂侵入	西部	1.4			
		南部の塀	0.5			
49	中央	最上段上側右	全壊	北部道路	3.0	
		最上段上側中	全壊	北部道路	3.0	
		最上段上側中	全壊	北部道路	3.0	
		最上段上側中	全壊	北部道路	3.0	
		最上段上側中	1階損壊	北部道路	2.0	
		最上段上側左	1階損壊	北部道路	2.0	
		最上段下側左	無し			
		最上段下側中	土砂侵入	北部	1.0	※上側に家屋なし
		最上段下側中	土砂侵入	北部	0.6	
		最上段下側中	土砂侵入		1.0	
		最上段下側右	1階損壊	北東部	2.0	
		48	中央	2段目上側右	全壊	北部
2段目上側中	土砂侵入			北部	1.5	
2段目上側中	土砂侵入			北部	0.3	
				北の塀	0.3	
2段目上側中	土砂侵入			北部	0.2	
				北の塀	0.2	
2段目上側中	無し			北の塀	0.2	
				北の塀	0.2	
2段目上側中	無し			北の塀	0.2	
				北の塀	0.2	
2段目上側左	無し					
2段目下側左	無し			北の塀	0.2	
				北の塀	0.2	
2段目下側中	無し					
2段目下側中	土砂堆積			南の塀	0.05	
		土砂侵入	北東部	0.8		
2段目下側右	左側損壊	北東部	1.5	※左側に家屋なし		
47	中央	3段目上側中	無し			
		3段目上側中	無し			
		3段目上側中	無し			

		3段目上側中	無し			
		3段目上側中	無し			
		3段目上側右	無し			
		3段目下側右	無し			
		3段目下側中	無し			
		3段目下側中	無し			
		3段目下側中	無し			
		3段目下側右	左側半壊	北部	1.2	※上側に家屋なし
46	中央	4段目上側中	無し			
		4段目上側中	土砂堆積	北東の塀	0.5	
		4段目上側中	無し			
		4段目上側左	無し			
		4段目下側左	土砂侵入	西部	0.05	
		4段目下側中	無し			
		4段目下側中	無し			
		4段目下側中	無し			
		4段目下側中	無し			
		4段目下側右	土砂侵入	東部	0.2	
4段目上側右	1階・左側半壊	北東部	2.0			
45	西側	最上段上側左	土砂侵入	北西部	0.25	
		最上段上側右	土砂侵入	北部	0.6	
		最上段中段右	無し			
		最上段中段右	土砂侵入	東部	0.1	
		2段目上側右	無し			
		2段目下側右	無し			
		3段目上側右	土砂侵入	東部	0.1	
		3段目中段右	土砂侵入	東部	0.2	
		3段目下側右	土砂侵入		0.2	
			土砂堆積	南西の塀	0.8	
土砂堆積	南東の塀		1.4			
44	下側	5段目上側右	無し			
		5段目上側中	無し			
		5段目上側中	無し			
		5段目下側中	土砂侵入	北西部	0.2	※上側は出入り口
		5段目上側中	無し			
		5段目上側中	土砂侵入	北部	0.2	
		5段目上側中	土砂侵入	北部	0.5	
		5段目上側中	土砂侵入	北部	0.3	
		5段目上側中	土砂侵入	西部	0.2	

図 3-3-5-10 からわかるように、被害の大きかった家屋は団地最上部の上流側で土石流が最初に直撃した家屋（写真 3-3-5-51, 52）、団地内を土石流が流下した坂道の両側の家屋（写真 3-3-5-53, 54）、および坂道直下にある坂道を流下した土石流が直撃した家屋（写真 3-3-5-55）である。なお、坂道の両側にある住宅においては、坂道に接近して建てられた家屋の被害が大きく、坂道側に庭や駐車場を設けて道路から 3～4m 程度奥まったところにある家屋は土砂の流入等があったものの大きな被害は免れている（写真 3-3-5-56）。

また、団地最上部、坂道両側、坂道直下部の住宅以外では、団地上部および坂道から遠ざかるほど被害は急激に少なくなり、少量の土砂の流入程度で済み、人的被害の出る可能性が小さくなっている。このような点を考慮して、土石流に対する防災・減災対策を取る箇所や避難場所と避難経路を検討する必要がある。



写真 3-3-5-51 東側の土石流が直撃した家屋



写真 3-3-5-52 西側の土石流が直撃した家屋（右側の住宅で死者 2 名，左側の住宅の外で死者 1 名）



写真 3-3-5-53 団地中央の坂道の西側の家屋（死者 1 名）



写真 3-3-5-54 団地中央の坂道の東側の家屋（車が土砂で埋まっている）



写真 3-3-5-55 団地中央の坂道の直下の家屋



写真 3-3-5-56 団地中央の坂道の東側で被害の少なかった家屋

(3) 土砂の堆積状況

表 3-3-5-4 および撮影した写真から土石流による土砂の堆積状況をまとめたものを図 3-3-5-11 に示す。この図では、堆積土砂の高さが、1.0m 以上を赤、0.5m 以上で 1.0m 未満を黄、0.1m 以上で 0.5m 未満を緑、0.1m 未満を青で示してある (表 3-3-5-6)。

表 3-3-5-6 土砂堆積状況の分類

マーク	堆積土砂量
赤	1.0m 以上
黄	0.5m 以上 1.0m 未満
緑	0.1m 以上 0.5m 未満
青	0.1m 未満

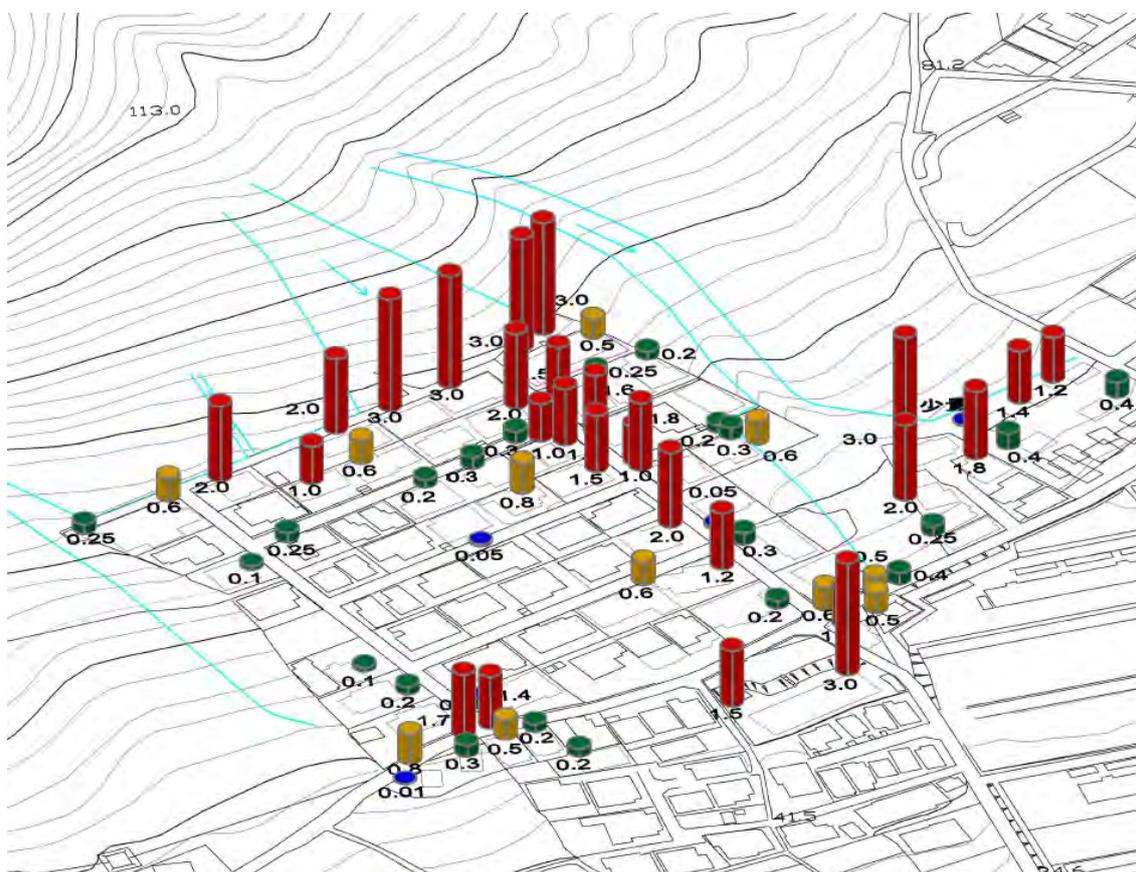


図 3-3-5-11 土石流土砂の堆積状況

家屋被害の状況と同様に、団地最上部の住宅と横方向の道路、坂道両側の住宅、坂道直下部の住宅と道路に大量の土砂が堆積している。

西側の土石流が直撃した団地最上部の住宅には2～3mの土砂が流入するとともに、上流側にある横方向の道路を西側に向かって流れ、道路の東側では2～3mの土砂と流木が堆積している（写真 3-3-5-57）。西側に向かう土石流は途中で流木によってせき止められ、空き地となっている宅地から西側と下部の住宅へ流下している（写真 3-3-5-58）。また、団地の西側からも別の土石流が流れ込み、最上段の住宅および上流側にある横方向の道路に土砂が0.25～0.6m程度流入・堆積するとともに、団地西側の坂道に合流して流下している（写真 3-3-5-59）。なお、最上段の下側の住宅は上側の住宅を通して土砂が0.6～1m程度流入している（写真 3-3-5-60）。



写真 3-3-5-57 団地中央部の最上部での土砂の堆積状況（写真の上方が東方向）



写真 3-3-5-58 団地最上部の道路（写真 3-3-5-57 の西側）



写真 3-3-5-59 団地の西側から流入した土石流によって堆積した土砂（団地西側の最上段の道路）



写真 3-3-5-60 団地最上段の下側の住宅への土砂の流入状況

西側の土石流の大部分が流下した団地中央の坂道の両側の住宅には大量の土砂と流木が流入し、1～2m 程度堆積している（写真 3-3-5-61, 62）。坂道から1軒内側に入った住宅は、1軒目が全壊した住宅の右隣りおよび右下隣りで土砂が1m 前後流入しているが（写真 3-3-5-63）、それ以外は0.2～0.3m 程度となっている。さらに坂道から内側および団地の下流側になると、横方向の道路に0.2～1m の土砂の堆積が見られる部分があるものの（写真 3-3-5-64）、住宅への土砂の流入量は0.1m 程度以下となり、急激に減少している。



写真 3-3-5-61 団地中央の坂道の西側の住宅に流入した大量の土砂と流木



写真 3-3-5-62 団地中央の坂道の東側の住宅に流入した土砂と流木（提供：藤本氏）



写真 3-3-5-63 屋内に侵入した土砂の痕跡



写真 3-3-5-64 横方向の道路に残る土砂堆積の痕跡

東側の土石流の流下域でも同様な状況となり、土石流が直撃した最上部の住宅には3m 程度の土砂が流入し（写真 3-3-5-65）、その下側の住宅には1～2m 程度の土砂が流入している（写真 3-3-5-66）。

また、団地下部においても、坂道の直下に住宅があり、土石流の流下の妨げとなっている部分には1.4～3m 程度土砂が堆積し（写真 3-3-5-67, 68）、下流への流下を妨げられた土砂は横方向の道路を東西に流れ、0.5～0.8m 程度堆積している（写真 3-3-5-69, 70）。



写真 3-3-5-65 東側の土石流が流入した最上部の家屋



写真 3-3-5-66 東側の土石流が流入した最上部の下の家屋



写真 3-3-5-67 団地中央の坂道の直下にあるアパートと住宅への土石流の流入状況（提供：ルーチェサーチ株）



写真 3-3-5-68 団地中央の坂道の直下にあるアパートの被災状況



写真 3-3-5-69 団地の西側の坂道下部での土砂の堆積状況（上側から撮影）



写真 3-3-5-70 団地の西側の坂道下部にある横方向道路の堆積状況（写真3-3-5-69の奥を西側から撮影）

(4) 土石流の流下状況

8月20日に土石流が発生し、それから10日後の8月30日に被害状況の現地調査を行った際に、住民から当時の様子などを聞き取りした結果を表3-3-5-7に示す。なお、聞き取りを行った場所は図3-3-5-10に示すとおりである。また、表中の時刻は比較的正確なものもあるが、あいまいな記憶に基づくものもあるので、多少の前後はあると思われる。

表 3-3-5-7 被害状況の聞き取り結果

場所	内容
①	<ul style="list-style-type: none"> ・2:00~2:30 道路が川のようになっていた ・3:00 ごろ 外に出たら、ひざ下までヘドロにつきり、車が浮きそうで、車での避難をあきらめた。その時に隣の車は流されていた ・3:00~3:30 ブロック塀が倒れた ・4人で1階で寝ていたが2階に避難して無事
②	<ul style="list-style-type: none"> ・土砂が10cm 程度侵入 ・4~5 年前に新築
③	<ul style="list-style-type: none"> ・2:30 ごろ ポコポコ音がして、土の匂いがした ・3:00 泥水が侵入し、車の窓ガラスが壊れて、車で避難できる状況ではなかった ・3:00 4人が2階へ避難 ・3:30 土石流が侵入し、50~55cm程度堆積
④	<ul style="list-style-type: none"> ・3:30 ごろ 右側(西側)を土石流が流下 ・2階に2人いて無事 ・1階に土砂が50cm 程度侵入
⑤	<ul style="list-style-type: none"> ・3:00 過ぎ 20~30cm 土砂が侵入(東側から) ・がれきはここ(玄関前)まで ・奥さんは1階、ご主人は2階にいて無事
⑥	<ul style="list-style-type: none"> ・3:00 ごろ 道路を水が2~3cm 位で流れていて、その後濁った。 ・避難しようと考えたが、奥さんが危ないというので留まった。 ・3:20~3:30 ごろ 土石流が来る。 ・雨域が来ることは分かっていたが、そのまま2階で寝ていた。 ・直前にカビのような匂いがした。 ・22年前に家を購入したが、当時は危険域であることは知らなかった。 ・現在は、ハザードマップで危険域であることは知っていた。
⑦	<ul style="list-style-type: none"> ・廊下、トイレ、台所、洋間に泥が5cm 程度侵入 ・庭の芝生が剥ぎ取られる ・道路から4~5m奥まって家があるので家自体の損傷はない
⑧	<ul style="list-style-type: none"> ・3:30 ごろ 土石流 ・犬が吠えていた ・土石流の前に1~2cm の水の流れがあった ・土砂が室内に30cm侵入 ・家の前に止めていた車の前のナンバープレートがはがされ、車が左(下流側)へ移動 ・奥さんは1階、ご主人と子供(年齢不明)1名は2階にいて無事 ・水道は翌日、電気は3日目に復旧 ・昭和44~45年に購入 ・山津波のことは知らなかった
⑨	<ul style="list-style-type: none"> ・2~4時ごろ 雨が強かった ・3:30 ごろ 玄関の戸をあけたら生木のおいがした ・玄関に60cm、ベランダに40cmの土砂(被害直後の写真提供) ・2人起きていた(場所は不明)、娘さんは2階にいて、全員無事 ・昭和36年に土地を購入、奥さんは昭和41年から住み、平成18年に改築
⑩	<ul style="list-style-type: none"> ・3:00~4:00 ピカドンと音がした。 ・2階で寝ていた
⑪	<ul style="list-style-type: none"> ・3:00 ごろ 1階から2階へ避難。その後、水が浸入
⑫	<ul style="list-style-type: none"> ・2:30~3:00 東隣の奥さんから変な匂いがすると連絡あり ・地階の掘り込み車庫へ避難。近所の6家族が集まった ・日頃から掘り込み車庫へ避難しようと話し合っていた ・自宅には泥水が侵入

⑬	<ul style="list-style-type: none"> ・3:00 過ぎ ドシャンガシャンと音がする ・1階で寝ていて、起きたら枕元まで水が来ていた ・塀を超えて西側の隣家の階段から下へ避難 ・玄関前に置いていた車が流され、⑭の住宅の前で止まる ・ブロック塀が流され、自宅前の電柱が倒れて下の家に当たる ・雨の音が非常に強かった
⑭	<ul style="list-style-type: none"> ・車庫のシャッターが破損して、土砂が2~3m内側に侵入して、50cm程度堆積 ・上流から車(⑬の車?)が流されて、車庫の前に止まり、それが土石を止めていた
⑮	<ul style="list-style-type: none"> ・ずっと起きていた ・2:00 過ぎ 変な匂いがし、猫がおびえていた。道路に水が流れていた(時間不明)。 ・3:00 頃 子供さんがディーリーストアへ行き、駅は水につかっていると連絡あり。 ・4:00 頃 がけ崩れが起こったと思った ・昔は八木8丁目にて、46年前にここに移る
⑯	<ul style="list-style-type: none"> ・土砂が床下5cm程度堆積
⑰	<ul style="list-style-type: none"> ・自宅前の道路と駐車場に東側と西側から土砂が流下。西側溪流からの土砂が多数
⑱	<ul style="list-style-type: none"> ・東側の横方向道路から土砂が侵入し、10cm堆積
⑲	<ul style="list-style-type: none"> ・家にいなかった ・防災無線による連絡なし
⑳	<ul style="list-style-type: none"> ・3:30 自宅前の道路標識が土砂で見えなくなっていた ・西側の道路から玄関に土砂が20cm位侵入

これらの証言の共通する部分および重要と思われる部分を総合すると以下の点が浮かび上がってくる。

- ①団地東側の溪流では、2:30 前後から大量の流水や泥水が流下し、3:00 過ぎから本格的な土石流が流下した。
- ②団地中央部では、3:00 頃から坂道を大量の水が流れ、3:30 頃から大規模な土石流が流下した。
- ③土石流の前には、土・生木・カビなど異常な匂いがした。また、犬や猫がおびえていた。
- ④土石流の直前には道路を大量の水・泥水が流れ、道路を通過して避難するのは困難な状況であった。
- ⑤道路を使つての避難が困難で、隣家との塀を越えて安全な方へ移動し、谷側地階の掘り込み車庫へ避難した(写真3-3-5-71)。
- ⑥屋外への避難をあきらめて、2階に避難して人的被害を免れた場合が多い。



写真 3-3-5-71 緊急避難した掘り込み車庫

(5) 被害状況のまとめ

- ①土石流は団地の上流で2つに分岐しており、初めは東側に流下し、その後は西側へ流下した。
- ②被害の大きかった住宅は、団地最上部の上流側で土石流が最初に直撃した住宅、団地内を土石流が流下した坂道の両側の住宅、および坂道直下にある坂道を流下した土石流が直撃した住宅である。
- ③坂道から内側および団地の下流側になると、横方向の道路に土砂の堆積が見られる部分があるものの、住宅への土砂の流入量は急激に減少している。
- ④土石流の前には、土・生木・カビなど異常な匂いがした。
- ⑤土石流の直前には道路を大量の水・泥水が流れ、道路を通過して避難所へ避難するのは困難な状況であった。
- ⑥道路を使っての避難が困難な場合は、2階に避難したり、隣家との塀を越えて安全な方へ移動し、谷側地階の掘り込み車庫へ避難すると最悪な事態を避けられる可能性が高く効果がある。ただし、日頃から避難する場所などについて近隣で話し合っておく必要がある。

3. 3. 6 八木三丁目

八木三丁目は今回の災害で最も大きな被害が発生した地区で、災害による死者 74 人のうち、41 名がこの地区の住民である。郵政阿武ノ里団地背後（3.3.5 参照）～光廣神社背後（写真 3.3.6-1）～県営緑丘住宅背後（写真 3.3.6-2）から複数の崩壊・土石流が発生している。郵政阿武ノ里団地背後については 3.3.5 にて詳述されているため、ここでは光廣神社付近の状況に簡単に触れたうえで、県営緑丘住宅背後からの土石流について詳述する。



写真 3.3.6-1 光廣神社背後の遠景



写真 3.3.6-2 県営緑丘住宅背後の遠景

光廣神社背後では 2 箇所から土砂が流出している。このうち、写真 3.3.6-1 の向かって右側で発生した土石流は、谷の出口付近の 3 軒の家屋を完全に流失させ（写真 3.3.6-3）、光廣神社の参道付近まで到達している（写真 3.3.6-4）。流出した土砂は、巨礫を多く含む花崗岩で、流動性が高く、かつ破壊力がある流体であったことが推察される。

一方、写真 3.3.6-1 の向かって左側は、凹状の斜面で発生した表層崩壊がそのまま流動化したもので、流下した土砂の多くは斜面下部の庭園で停止している。



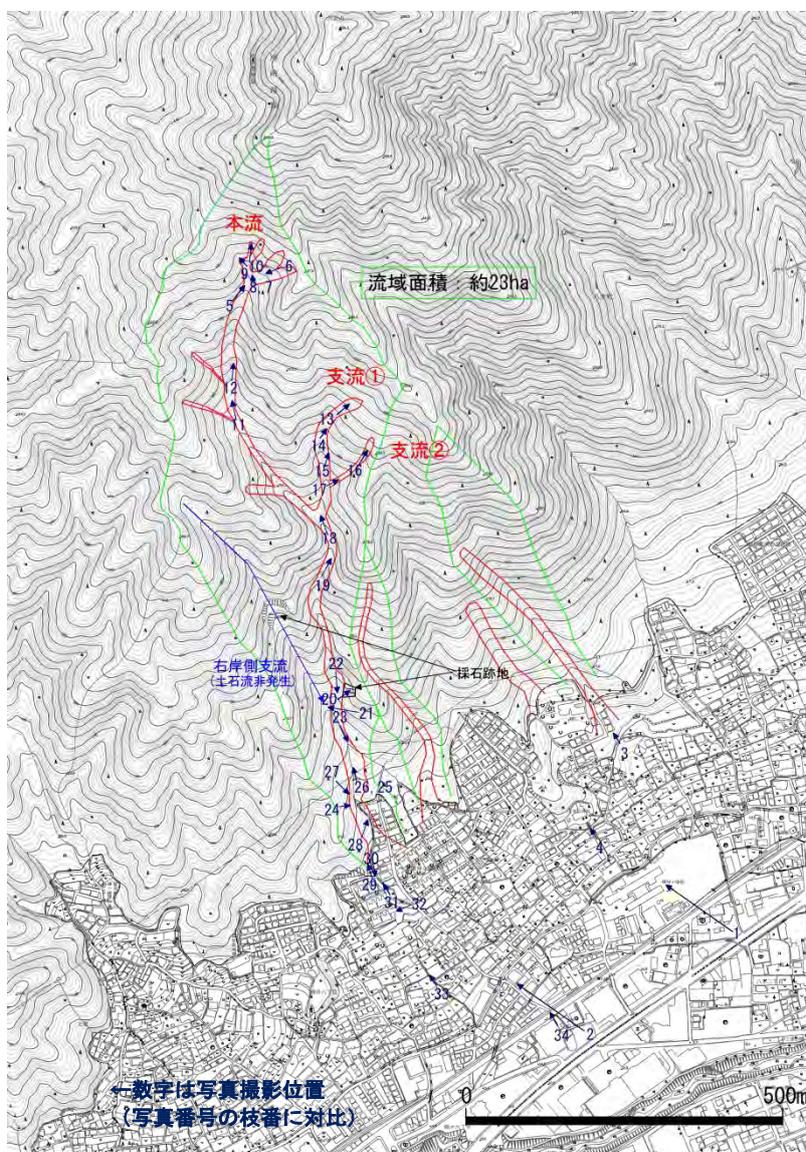
写真 3.3.6-3 土石流により家屋 3 軒が流失



写真 3.3.6-4 土砂は参道付近まで到達

(1) 県営緑丘住宅背後の土石流の概要

県営緑丘住宅背後では、大小2つの土石流が発生しているが、ここでは規模の大きな溪流を取り上げる。この溪流は、阿武山（標高586.4m）の南側斜面に位置する流域面積約23haの羽根型の流域を持つ。溪流は3つの1次谷が合流し、谷の出口付近は2次谷である。最も流路の長い谷（以下、本流と呼ぶ）は、標高415m付近に源頭部を持つ。標高60m程度の谷の出口（ここでは最上流の家屋の付近）までの流路長は980m程度で、平均勾配は約20°となる。標高95m付近で右岸側から合流する谷からは、目立った土砂流出は発生していないが、標高215m付近で左岸側から合流する1次谷（以下、支流①と呼ぶ）、および標高230m付近で左岸側から支流①に合流する0次谷（以下、支流②と呼ぶ）からは土石流が発生しており、顕著な発生源は大きく3つに分かれる（以上、図3.3.6-1参照）。



なお、被災直後には捜索活動のための規制線が張られ、下流域の氾濫状況に関しては十分な調査ができていない。このため、県営住宅より下流の氾濫については、国土地理院等により撮影された空中写真、およびルーチェサーチ株式会社により撮影された小型ヘリ画像をもとにした三次元解析結果を参考にした。



参考資料①：ルーチェサーチ株式会社による小型ヘリ画像(動画のキャプチャ)

<http://www.jsce.or.jp/branch/chugoku/disaster2014/disaster6-1.html>



参考資料②：ルーチェサーチ株式会社による三次元解析結果

(2) 土石流発生域～流下域の状況

流域の大部分は花崗岩からなり、一部に流紋岩や花崗斑岩が認められる。花崗岩はまさ土状に強風化した部分もあるが、流域内には硬質な岩体もあり、かつて採石がなされていた跡地が見られる。このことから、流域内からは流動化しやすいまさ土起源の砂質土と、非常に破壊力のある巨大な岩塊の両方が産出される環境にあった。

発生源は本流、支流①、支流②と大きく3つに分かれており、これらの3流域から繰り返し土石流が発生したものと考えられる。3溪流の発生源付近の状況は様々であり、いくつかの発生メカニズムが合わさって今回の土石流が発生したことが推察される。

本流の源頭部には、大小合わせ5つ程度の崩壊（最大規模で幅15m程度、斜長50m程度）があり、土石流の発生源の一つとなっている（写真3.3.6-5）。源頭部付近は非常に水が多い状態で、崩壊後10日経過した8月31日時点でも、大量の表流水があり、ぬかるんでいる状態であった（写真3.3.6-6）。また、この付近には阿武山の上部斜面から供給されたと考えられる、粘板岩礫等も含む崖錐堆積物の分布も見られた。崖錐堆積物はよく締まったものであるが、マトリックスに乏しい箇所もあり、伏流水の水ミチになっていたことが考えられる（写真3.3.6-7）。また、堆積物中には、常時地下水面下にあったものと考えられる酸化を受けていない灰色の砂質土が確認された（写真3.3.6-8）。

崩壊の中には、一般的な表層崩壊の他、緩勾配のまさ土斜面が崩壊したもの（写真3.3.6-9）、礫の多い崖錐堆積物が水と一緒に噴出したような形状をなしたもの（写真3.3.6-10）等、様々な原因によると考えられるものが見られた。

本流の標高350m付近より下流は土石流の流下区間となる。この区間では溪床のほぼ全ての堆積物に加え、まさ土状風化帯、および軟岩の一部が侵食により削り取られ、10～15mの幅で露岩している（写真3.3.6-11）。また、断層に沿って深くV字状に侵食を受けた箇所も認められた（写真3.3.6-12）。これらのことから、流下区間からも相当量の土砂が生産されたものと考えられる。

支流①の源頭部の崩壊は、幅20m、斜長40m規模のものであるが、深いところでは4～5m以上の深さに及び、幅に対して深さが大きいものであった（写真3.3.6-13）。崩壊面には硬質な礫や角張った基盤岩が分布しており、基盤岩状にパイプフロー跡が見られ、いわゆる円弧すべりのような形態で発生したものと異なる様子が見られた（写真3.3.6-14）。支流①においては、源頭部より下流域においても、水に押し出されるように地山の一部がえぐられた形跡が見られた（写真3.3.6-15）。

支流②の源頭部には幅8.5m×深さ1.8m規模の崩壊があり、ここから生産された土砂が急勾配の溪床侵食しながら、谷筋を流下した痕跡が見られた（写真3.3.6-16）。支流①との合流点付近には、支流①の土石流により運ばれたと考えられる流木が残っている（写真3.3.6-17）ことから、支流②の土石流は、支流①よりも先に発生した可能性が高いと考えられる。

3つの流域の合流点より下流側でも、土石流は勢いを保ち、溪床を15m前後の幅で大きく侵食しながら流下した状況が確認される（写真3.3.6-18, 19）。標高110～120m付近は、硬質な花崗岩からなる滝状の地形を呈しており、下流の左岸側には採石跡地がある。滝の下流左岸側には、高さ10m付近まで土石流の流下痕跡が残されている（写真3.3.6-20）ことから、土石流が勢いを保ったまま滝を流れ下ったものと考えられる。

この下流側（標高95m付近）で右岸側からの支流と合流する。この支流からは目立った土砂流出は発生していないが、顕著な流水痕が見られる（写真3.3.6-21）。

合流点の数10m下流側の、谷幅が広がり始め、溪床勾配が10°程度とやや緩くなる付近から土石流は氾濫・堆積を開始している（写真3.3.6-22）。

今回の災害では、2時間以上にわたって猛烈な雨が続き、この地域において過去最高の短時間降雨となったことが、土石流・崩壊発生の引き金になったことは言うまでもない。

一方で、今年は梅雨時期の6月～7月の梅雨から間を置かず、度重なる台風等で、8月に入ってから幾度もまとまった雨が降っている。近隣地区での8月初めからの累積雨量だけでも毘沙門台 274 mm, 高瀬 289mm, 上原 240mm, 安佐北区役所 236mm, 三入東 223mm, 深川 275mm に達しており、7月以前も含めると相当な雨量になる。このことを考慮すると、今回の災害においては、少なからず先行降雨の影響もあったものと考えられる。

特に、上流域での崩壊規模の大きさ、地下水に押し出されるような崩壊の発生等の一要因として、長期にわたる先行降雨の影響で、阿武山一帯の地盤が高含水状態になっていたことも考えられる。



写真 3.3.6-5 本流源頭部の崩壊. 大小合わせ, 5つ程度の崩壊が見られる.



写真 3.3.6-6 崩壊後10日経過した8月31日時点でもぬかるんでいる



写真 3.3.6-7 崖錐堆積物はよく締まっているが, マトリックスに乏しい箇所もある



写真 3.3.6-8 常時地下水面下にあったものと考えられる灰色の砂質土



写真 3.3.6-9 緩勾配のまさ土斜面の崩壊



写真 3.3.6-10 礫の多い崖錐堆積物が水と一緒に噴出したような崩壊



写真 3.3.6-11 堆積物,風化帯,軟岩が削られ, 溪床は 10~15m 幅で露岩する



写真 3.3.6-12 断層に沿って深くV字状に侵食を受けた谷



写真 3.3.6-13 支流①の源頭部の崩壊, 幅 20m で 4~5m 以上の深さに及ぶ



写真 3.3.6-14 基盤岩上面のパイプフローの痕跡



写真 3.3.6-15 水に押し出されるように地山の一部がえぐられた形跡



写真 3.3.6-16 支流②写真奥の減頭部から, 急勾配の溪床を一気に流下している



写真 3.3.6-17 支流②の出口には支流①の
土石流で運ばれた流木が残る



写真 3.3.6-18 本流と支流①の合流点の状況
完全に露岩している



写真 3.3.6-19 幅 15m 程度で完全に露岩して
いる



写真 3.3.6-20 滝下流の左岸側では高さ 10m
付近まで土石流痕が見られる



写真 3.3.6-21 右岸側の支流から土石流は出
ていないが流水痕がある



写真 3.3.6-22 滝の上流からの展望
写真奥が氾濫開始点①付近

(3) 氾濫・堆積域の状況

2時間以上にわたって猛烈な雨が降り続く中、土石流が繰り返し発生し、県営緑丘住宅より上流の家屋、県営緑丘住宅周辺、それより下流の住宅地に甚大な被害が発生したものと考えられる。土石流発生域は大きく3溪流に分かれており、少なくとも3回の土石流があったと考えられる。

谷の出口付近の状況を調査すると、土石流の氾濫・堆積の痕跡においても、少なくとも3回の流出を示す痕跡が確認された。ここでは、それぞれの氾濫が始まったと想定される地点を、上流側より氾濫開始点①、氾濫開始点②、氾濫開始点③と呼ぶ。

氾濫・堆積の模式図を図3.3.6-2、図3.3.6-3に示す。最上流の氾濫開始点①は、最初の家屋から130m程度上流に位置する標高85m程度の地点と考えられる(写真3.3.6-23)。この付近は、谷幅が広がり始め、溪床勾配が10°程度とやや緩くなる地点で、土石流の第1波が勢いを落とし、堆積を開始したものと考えられる。第1波は最上流部の家屋に差し掛かる付近で停止している(写真3.3.6-24)。

一般に土石流の堆積物は、図3.3.6-3の中のA-A'断面のイメージ図のように中央が盛り上がった断面形状で堆積することが多い。今回の土石流は、巨大な石礫が多かった影響もあり、土石流堆積物の中央付近は侵食されにくい物性であった可能性も考えられる。

第2波以降は、第1波による堆積物の右岸側を通して流下した痕跡が確認される。写真3.3.6-25、26を見ると、第1波の堆積物の右岸側には4mを超えるV字状の流路が形成されている。第1波による堆積物を右岸側に避けて流下した第2波は、第1波の堆積物の下端付近の氾濫開始点②から氾濫・堆積したものと考えられる(写真3.3.6-27)。このことは、第1波の激突により損壊した最上流部の家屋が、その後の土石流で流失していないことと調和的である。同様の現象は、第2波による堆積物についても起こっており、第2波の堆積物の右岸側にあったもとの水路より、さらに右岸側が3~4mの深さで大きく侵食されている(写真3.3.6-28)。

第3波以降の土石流は、この右岸側に刻まれた新たな流路を通して流下し、県営緑丘住宅9号棟の直上に位置する氾濫開始点③から氾濫を開始したものと考えられる(写真3.3.6-29、30)。氾濫開始点③下流側の住宅地は急な勾配であり、県営緑丘住宅7~9号棟の東側は道路や駐車場で、流れを妨げるものがなかったことから(写真3.3.6-31、32)、土石流は破壊力を持ったまま氾濫開始点③の250m程度下流の住宅地まで到達したものと考えられる(写真3.3.6-33)。土砂を含む流水は、JR可部線付近まで達している(写真3.3.6-34)。

今回の土石流は、2時間以上の長時間にわたって猛烈な雨が降り続いたため、多くの水を含んだ流動性の高い土石流が発生しただけでなく、各土石流の間の時間帯にも常に、土砂混入率が高く(比重が大きく)、強い侵食力を持った表流水が流れていたものと考えられる。このことが、早い時間帯に発生した土石流の側部に、深くV字状の谷地形が形成された一因になったものと考えられる。

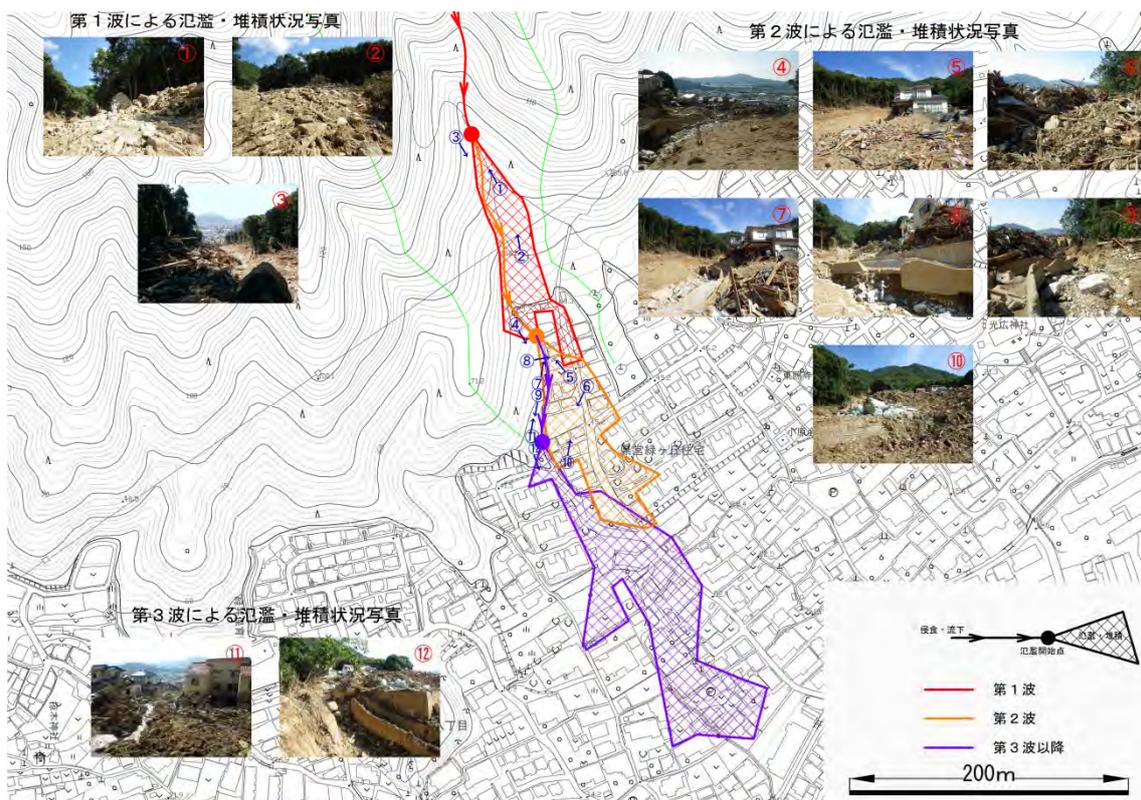


図 3.3.6-2 氾濫・堆積の模式図と写真

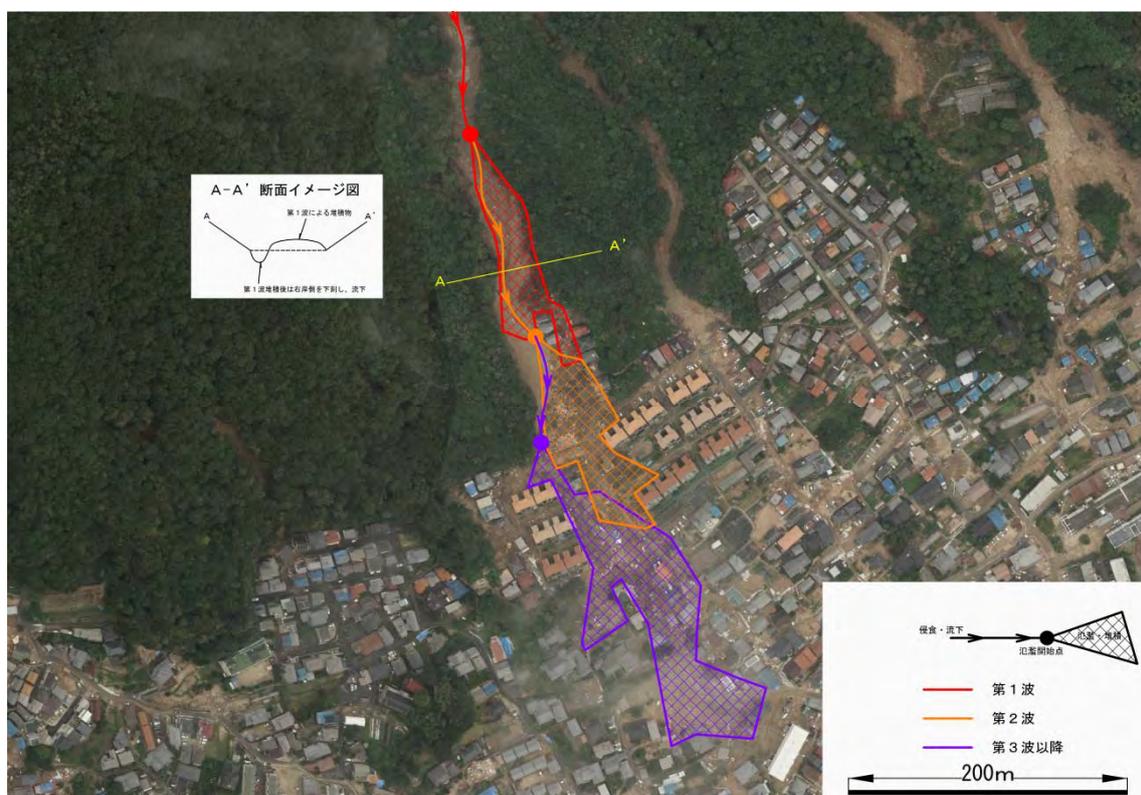


図 3.3.6-3 氾濫・堆積の模式図を国土地理院の空中写真に重ねたもの



写真 3.3.6-23 氾濫開始点①付近から下流
右岸側に第2波以降の痕跡あり



写真 3.3.6-24 第1波による堆積の下端
最上流の家屋が被災(流失なし)



写真 3.3.6-25 第1波の堆積物と考えられる
土石流堆積物



写真 3.3.6-26 写真 3.3.6-25 の右岸側の侵食
ポールは左写真に写るもの



写真 3.3.6-27 氾濫開始点②の第2波堆積物
第3波以降は右岸側を流下



写真 3.3.6-28 第2波の堆積物の右岸側侵食
水路天端より4m程度



写真 3.3.6-29 氾濫開始点③付近
県営緑丘住宅9号棟の上流



写真 3.3.6-30 氾濫開始点③から下流を展望
9号棟の東側に氾濫



写真 3.3.6-31 氾濫開始点③下流側の住宅地
は急な勾配となる



写真 3.3.6-32 7～9号棟の東側は道路や駐車
場となる



写真 3.3.6-33 破壊力を持ったまま氾濫開始
点③の250m程度下流まで到達



写真 3.3.6-34 土砂を含む流水は JR 可部線
付近まで達している

3. 3. 7 緑井七丁目・緑井八丁目

広島市安佐南区の緑井七丁目・緑井八丁目には、主に3つの土石流が発生した。図3-3-7-1に国土地理院が航空写真から判読した土石流の発生位置を示す。緑井七丁目の2つの土石流を便宜上、土石流Aおよび土石流Bと記述する。平成26年9月27時点で、これらの土石流による10名の死者が報告されている。緑井八丁目には1つの土石流が生じ、4名の方が亡くなった。

以下、各土石流ごとに詳述する。



図 3-3-7-1 緑井七丁目及び八丁目の土石流位置（国土地理院地図に加筆）

<緑井七丁目土石流A>

土石流の住宅地への出口より約100m上流に、幅約10m、高さ約5mの治山ダムがあり（図3-3-7-2）、それを乗り越えて土石流は、溪流河床の厚さ2~3mの堆積物や溪流兩岸の厚さ1m程度の主としてまさ土とみられる風化表層土をはぎ取りながら流下（図3-3-7-3~図3-3-7-5）している。なお、図3-3-7-4の土石流流下後に残された右岸と左岸の土石流の流下高さの違いと湾曲部の曲率半径から土石流の流速を想定すると、時速約40~60kmとなった（高低差1.5m、水路幅4.5mを仮定し、地図・図3-3-7-6から読み取った曲率半径40~80mを適用して、河川湾曲部の水位上昇の式を適用）。

住宅地に流入した流木を含む土石流は住宅を直撃し、住宅をほぼ全壊させている（図3-3-7-7~図3-3-7-9）。また、ほぼそのままの形で破損している家屋があることから（図3-3-7-8の右側）、衝撃的な力だけでなく、土石流の大きな流体圧がある程度継続していた

のではないかとと思われる。

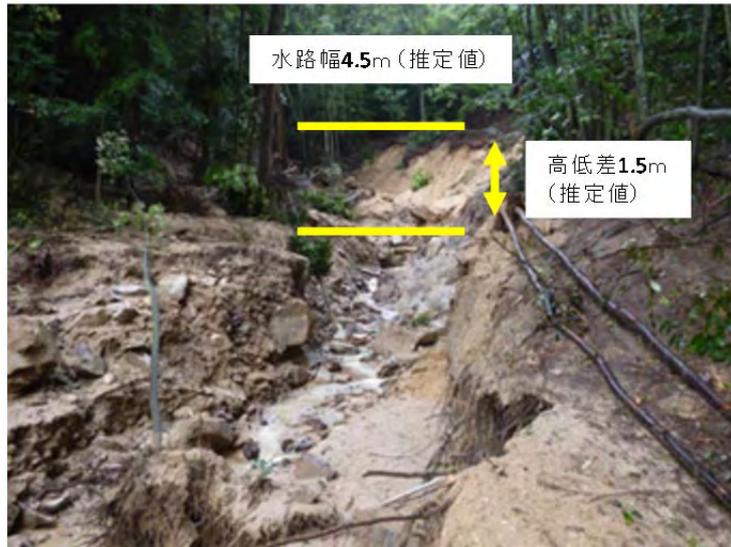
土石流はさらに下流に流下しているが、それほど大きな巨石はなく、流木が中心であり（図 3-3-7-10）、土石流は道路およびその横の側溝部分をえぐり取りながら、さらに流下している（図 3-3-7-11～図 3-3-7-12）。えぐり取られた部分の下部には過去の堆積物が見られ、以前にも土石流があったものと推定される（図 3-3-7-12）。さらにその下流の勾配の緩くなった住宅地には土砂（まさ土）が厚さ 50～80cm 程度堆積している（図 3-3-7-12～図 3-3-7-16）。



図 3-3-7-2 緑井七丁目の住宅地上流の治山ダム



図 3-3-7-3 緑井七丁目の住宅地上流の治山ダム直下



水路幅4.5m (推定値)

高低差1.5m
(推定値)

図 3-3-7-4 緑井七丁目の住宅地上流の治山ダム直下 (その2)



図 3-3-7-5 緑井七丁目の住宅地出口付近

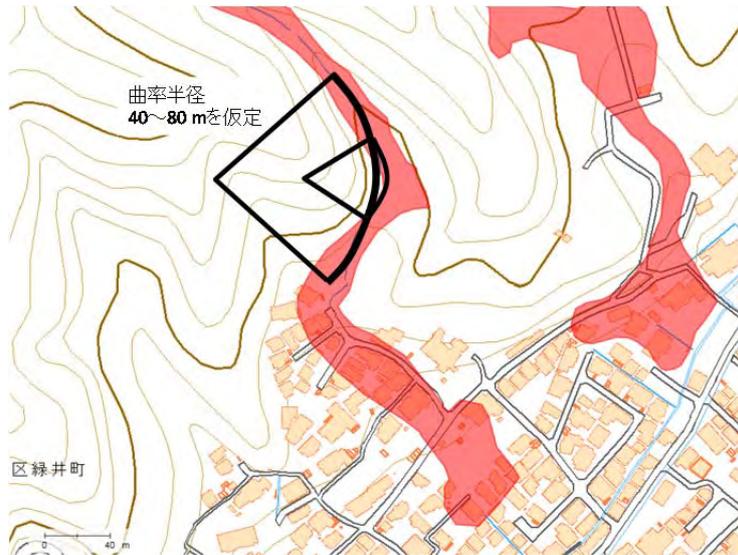


図 3-3-7-6 緑井七丁目の土石流 A の曲率の推定



図 3-3-7-7 緑井七丁目の住宅地の最上部付近（その 1）



図 3-3-7-8 緑井七丁目の住宅地の最上部付近（その 2）



図 3-3-7-9 緑井七丁目の住宅地の最上部付近（その 3）



図 3-3-7-10 緑井七丁目の住宅地の道路沿い（その 1）



図 3-3-7-11 緑井七丁目の住宅地の道路沿い（その 2）



図 3-3-7-12 緑井七丁目の住宅地の道路沿い（その 3）



図 3-3-7-13 緑井七丁目の住宅地の道路沿い（その 4）



図 3-3-7-14 緑井七丁目の土石流下流部（その1）



図 3-3-7-15 緑井七丁目の土石流下流部（その2）



図 3-3-7-16 緑井七丁目の土石流下流部（その 3）

この土石流の源頭部は、権現山につながる車道によりアクセスが可能である。図 3-3-7-17 に経路を示す。図中の A 点および B 点は、国土地理院の航空写真測量では把握できていない土砂崩れの位置である。これらの土砂崩れの位置では、図 3-3-7-18 のように崩壊範囲外の樹木に覆われているか、崩壊した土砂中の樹木がまだ健全で、航空写真では把握できなかったものと思われる。



図 3-3-7-17 緑井七丁目土石流 A の源頭部までの経路



図 3-3-7-18 航空写真で把握できない土砂崩れの例（B点）

図 3-3-7-19 に、緑井七丁目の土石流の上流部分（C点）を示す。かなり大規模な崩壊である。なお、名水を採取されている方がおり、従来でも水の流れる経路であった模様である。図 3-3-7-20 で、人のいる位置が名水の採取場所に該当する。土石流は、水の採取場所の横を流れ下っている。



図 3-3-7-19 緑井七丁目の土石流の上流部分（C点）



図 3-3-7-20 名水の採取と土石流（C点）

D点の手前では，土石流で電線が引っ張られ，電柱が折れている（図 3-3-7-21）．電線の強度は相当なものである．曲げ引張のクラックが等間隔に生じ，電柱は折れた（図 3-3-7-22）．



図 3-3-7-21 土石流で引っ張られた電柱（D点の手前）



図 3-3-7-22 電柱の根元の等間隔クラック（D点の手前）

D点では，大量の土砂が堆積しており，調査した9月1日時点でもまだ非常に泥濘化して足を取られる状態であった（図 3-3-7-23）。



図 3-3-7-23 大量に堆積し泥濘化した土砂（D点）

D点からE点に向かう途中では，木が生えたまま，道路に土塊として滑り落ちている。（図 3-3-7-24）。また，E点は，航空写真からの判読では源頭部より上に位置するが，実際は土石流が横断している（図 3-3-7-25）。写真でも樹木の影が認識できるように，樹木に覆われている状態では航空写真から源頭部を判別することは難しい。

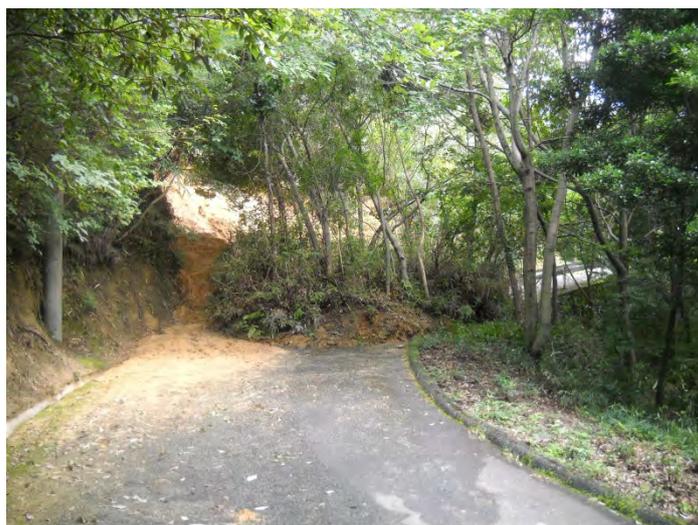


図 3-3-7-24 土塊としての滑落（D点とE点の間）



図 3-3-7-25 E点を横断する土石流

図 3-3-7-26 と図 3-3-7-27 は、緑井七丁目の源頭部の一つ（F点）．斜面が崩壊して、崩壊した土砂が道路を乗り越え、ガードレールを吹っ飛ばして、下方へと流れ落ちている．十分な道路幅があるか、ガードレールの強度が強ければ、土塊のサイズにもよるだろうが、土石流の拡大を防げたかもしれない．



図 3-3-7-26 緑井七丁目の土石流の源頭部 (の一つ) (F点)



図 3-3-7-27 ねじまがったガードレール (F点)

図 3-3-7-28～図 3-3-7-30 も、緑井七丁目の土石流の源頭部の一つ (G点)。航空写真からの判読より、奥深くまで源頭部は伸びていた。道路の直上が壊れ、一部が道路のガードレールを破壊して、すべりおちている。しかし、道路が土塊を少しは留めていたともいえる。また、下部の崩壊が浸食して、道路路盤下方をえぐりつつあるが、道路の影響で崩壊が抑制されているようにも思える。

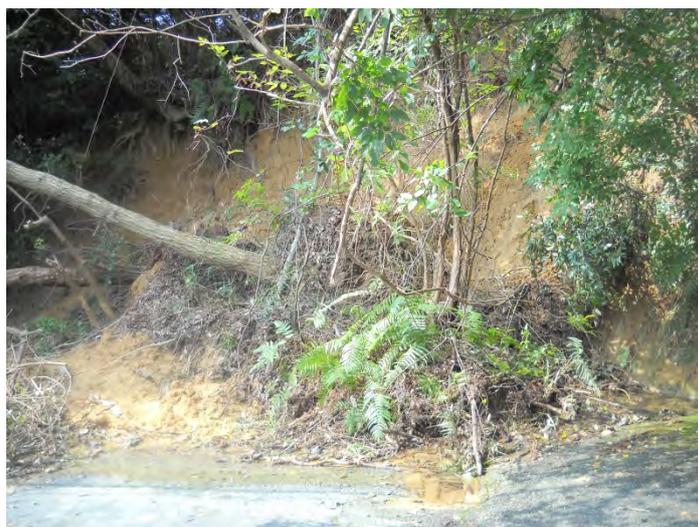


図 3-3-7-28 緑井七丁目の土石流の源頭部（の一つ）（G点）



図 3-3-7-29 道路を超えて土塊は下へ（G点）



図 3-3-7-30 道路の路面の下は深く浸食されている（G点）

なお，ここで示した緑井七丁目土石流Aについては，下流部は呉高専・森脇先生および加納先生の調査結果をもとに，上流部は群馬大学・若井先生とともに広島大学・一井が調査した結果をもとに，一井が記述した．下流部の土石流の流速は，森脇先生の調査結果コメントをもとに一井が算出した．ここに記して謝意を表す．

<緑井七丁目土石流B>

この土石流は，墓地および神社の境内を突き抜ける形で発生している．図 3-3-7-31 に，墓地に至る土石流の出口付近の様子を示す．巨石等は見受けられないが，かなり深くまで浸食され，特に左側は図 3-3-7-32 に示すように基岩が露頭している．

墓地の被災状況を図 3-3-7-33～図 3-3-7-34 に示す．多くの墓石が流出すると同時に，墓地自体には土砂（まさ土）が厚く堆積している．また，近傍の斜面では，土石流化していないものの，倒木が多く，多くの水が流れたような痕跡が見られた（図 3-3-7-35）．

土石流は，神社の境内に流木等を厚く堆積させた後（図 3-3-7-36），場所によっては深く地盤を洗掘し（図 3-3-7-37），外へ流れ出した．図 3-3-7-38～図 3-3-7-40 は家屋の被害の様子である．家屋背後には大量の土砂が堆積しており，土石流の規模の大きさがわかるが，家屋は倒壊していない．神社の境内を抜ける間に平坦な部分で土石流の勢いを低減できた可能性がある．また，図 3-3-7-40 は家屋内への土砂の流入の様子を示す．こちらも家屋は倒壊していない．なお，本地点の調査は9月14日であり，土砂撤去等が進捗した後であったため，必ずしも被災直後の様子を反映していない点があることには留意されたい．



図 3-3-7-31 緑井七丁目土石流Bの墓地への出口付近



図 3-3-7-32 基岩が表れて露頭している



図 3-3-7-33 墓地の被災状況



図 3-3-7-34 散乱した墓石と堆積した土砂



図 3-3-7-35 近傍斜面の倒木と流水の痕跡



図 3-3-7-36 神社の境内に堆積した流木



図 3-3-7-37 神社の境内の土石流の洗掘



図 3-3-7-38 家屋背後に堆積した大量の土砂（その1）



図 3-3-7-39 家屋背後に堆積した大量の土砂（その 2）



図 3-3-7-40 家屋内に流入した大量の土砂

<緑井八丁目>

緑井八丁目にも2段式の治山堰堤（堤体厚さにより砂防堰堤ではなく治山堰堤であると推測）がある（図 3-3-7-41）。しかし、図 3-3-7-42～図 3-3-7-43 に示すように、土石流により満杯になっていた。なお、調査は9月14日であり、堰堤にはピンク色のリボンがつけられたワイヤーセンサーが設置されている。また、直径 2m程度の巨石が堰堤内や、堰堤下流（図 3-3-7-44）に散見された。

この堰堤を下流側から観察すると、図 3-3-7-45～図 3-3-7-46 のように、基礎部が大きく洗掘されていることがわかる。まだ大きく安定性を喪失するような状況には至っていないものと思われるが、流下土砂の量や水量が相当なものであったことがよくわかる。



図 3-3-7-41 緑井八丁目の治山堰堤（2段式）



図 3-3-7-42 緑井八丁目の治山堰堤の上流側（その1）



図 3-3-7-43 緑井八丁目の治山堰堤の上流側（その2）



図 3-3-7-44 緑井八丁目の治山堰堤（下流側）



図 3-3-7-45 緑井八丁目の治山堰堤の下流側の洗掘（その 1）



図 3-3-7-46 緑井八丁目の治山堰堤の下流側の洗掘（その 2）

この治山堰堤の下流側には、図 3-3-7-47～図 3-3-7-48 に示すように古い石積みが見受けられる。いつ頃のものかは算定しかねるが、図 3-3-7-48 のように土砂崩れが発生しても石積みによって平坦になった地盤により土砂の勢いをそぎ、被害を抑制できている様子から、昔の砂防目的の石積みであった可能性なども考えられる。なお、阿武山の山頂には図 3-3-7-49 に示すように、当該地域に大蛇に関する伝説があったことを示す掲示がある。大蛇は古来より土石流の象徴であったことから、古来より土石流が発生していたこと、さらには、根拠は全くないが、大蛇を退治した伝説（図 3-3-7-50）はこのような石積み等により治山を行った事例に基づいているといった想像をすることもできる。



図 3-3-7-47 緑井八丁目の治山堰堤の下流側の石積み（その 1）



図 3-3-7-48 緑井八丁目の治山堰堤の下流側の石積み（その 2）



図 3-3-7-49 阿武山山頂の掲示

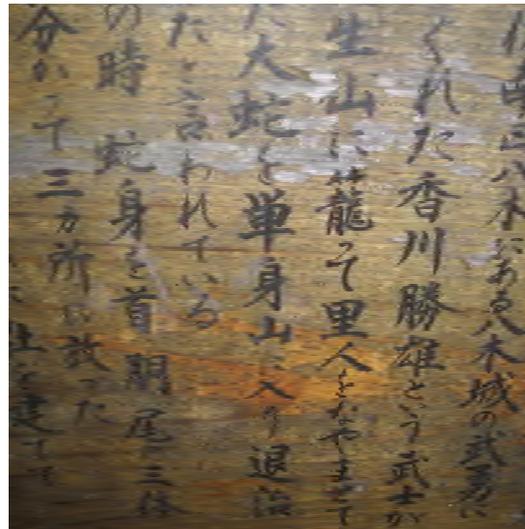


図 3-3-7-50 大蛇を単身山に入り退治した伝説

治山堰堤より下流には、堰堤を越流した土石流が流下した(図 3-3-7-51～図 3-3-7-52)。下流にはコンクリートの流路工が設置されていたが、土石流は流路工のわきを洗掘しながら流下し(図 3-3-7-53～図 3-3-7-54)、住宅地を襲った(図 3-3-7-55～図 3-3-7-59)。調査時点(9月19日)では、すでに多くのがれきが撤去され更地化(例えば図 3-3-7-55 や図 3-3-7-57 の左側)しているところもある。土嚢で安全な空間を確保したうえで、ボランティアが土砂の除去作業に加わっている(図 3-3-7-58)。写真の整理をしていて気付いたが、このボランティアたちはヘルメットをしていない。写真で見てわかるように、被災した住宅からの落下物の恐れもあるため、よく考えると非常に危険である。

この地域は傾斜がなだらかに続いているため、土石流の勢いが落ちない地形であったものと思われる。このため、溪流出口から離れていても木造住宅が完全に倒壊している(図

3-3-7-59) 場合があり, 図 3-3-7-39 や図 3-3-7-40 に見られたように土石流が非常に多く堆積していても家屋が倒壊しなかった場合とは, 様相がやや異なる.



図 3-3-7-51 治山堰堤より下流の状況



図 3-3-7-52 治山堰堤より下流を望む

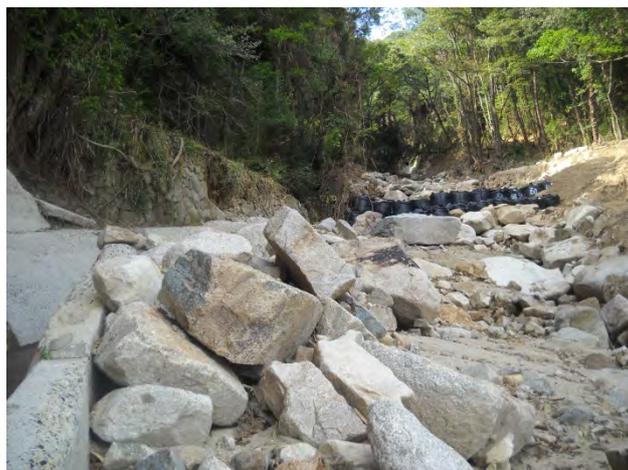


図 3-3-7-53 流路工（左端）の横をえぐるように土石流は流下



図 3-3-7-54 流路工（右端）の下端近くまで洗掘



図 3-3-7-55 住宅地の被災状況（9月14日時点）（その1）



図 3-3-7-56 住宅地の被災状況（9月14日時点）（その2）



図 3-3-7-57 住宅地の被災状況（9月14日時点）（その3）



図 3-3-7-58 住宅地の被災状況（9月14日時点）（その4）



図 3-3-7-59 住宅地の被災状況（9月14日時点）（その5）

当該地点の土石流の源頭部は、権現山に続く道から阿武山の登山道に入り、鳥越峠を少し超えた地点でアクセスが可能である（図 3-3-7-60）。また、鳥越峠から下山すると、土石流を横切る形になるものと推測される。



図 3-3-7-60 緑井八丁目の土石流の源頭部へのアクセス

図 3-3-7-61 と図 3-3-7-62 に源頭部の一つ (図 3-3-7-60 の H 点) を示す. 表面の浸食も大きく, 典型的なまさ土斜面に思われる. 源頭部は枝分かれしており, 数も多いので, 幅や深さは計測していない.



図 3-3-7-61 緑井八丁目の土石流の源頭部の一つ (H 点)



図 3-3-7-62 まさ土斜面ですべり面部の浸食が明瞭 (H 点)

図 3-3-7-63 には, 別の緑井八丁目の土石流の源頭部を示す (図 3-3-7-60 の I 点). 調査に同行した群馬大学の若井先生が試料のサンプリングを試みている. しかし, 軟弱層はすべて滑り落ちており, 写真の位置では十分にまさ化していない状態で, 結構固い. 実際のサンプリングは, 写真の左端の地点で, 木の根っこなどに守られたために崩落しなかった地点から採取した. 若井先生からの速報によると, 原位置において 50ml の採土円筒で採取した試料は下記の通り.

湿潤密度 (g/cm ³)	1.50
乾燥密度 (g/cm ³)	1.19
含水比 (%)	25.3



図 3-3-7-63 緑井八丁目の源頭部 (I 点) と試料採取

なお、当該土石流直上の尾根沿いの登山道を歩いていると、シカやイノシシが地面を穿り返したような穴が散見される。図 3-3-7-64 と図 3-3-7-65 はその 1 例。実際には、表層とその下の層の透水性の異なる境界部から被圧された水が山道に噴出したために穴ができたのではないかと推察される。図 3-3-7-66 は、別の地点における登山道脇の穴である。



図 3-3-7-64 山道脇の穴の発生状況 (若井先生の右手下)



図 3-3-7-65 被圧地下水の噴出によると思われる登山道脇の穴



図 3-3-7-66 地下水によると思われる登山道脇の穴

登山道では、破碎帯等がある場所でも明瞭に被圧地下水の影響と思われる斜面崩壊が見られた。図 3-3-7-67 と図 3-3-7-68 に 1 例を示す。基岩内の水の状況、つまり、花崗岩のクラック等に存在する地下水の水位等の把握が、今後の土石流発生メカニズムの推測等において重要であると思われる。

なお、ここで示した緑井八丁目の土石流については、下流部は 9 月 19 日に広島大学・一井が調査した結果、上流部は群馬大学・若井先生とともに広島大学・一井が 9 月 2 日に調査した結果をもとに、一井が記述した。ここに記して謝意を表す。



図 3-3-7-67 基岩の破碎帯からの被圧水の噴出によると思われる斜面崩壊



図 3-3-7-68 破碎帯からの崩壊が土石流へ

<まとめ>

緑井七丁目・八丁目の3本の土石流の調査結果を述べた。以下に、この3本の土石流において着目すべき知見等を略記する。

- ・緑井七丁目の土石流において、土石流流下後に残された右岸と左岸の土石流の流下高さの違いと湾曲部の曲率半径から土石流の流速を想定すると、時速約40～60 km となった。
- ・他の地点の土石流と同様、土石流がえぐり取った部分の下部には過去の堆積物が見られる場合があり、以前にも土石流があった地点が多いものと推定された。一方で、緑井七丁目の土石流Bのように、基岩が露出するまで堆積物が洗い流されている地点も存在する。

- ・崩壊範囲外の樹木に覆われているか、崩壊した土砂中の樹木がまだ健全で、航空写真では把握できない土砂流出地点が存在する。
- ・緑井七丁目の土石流Aは、名水の採取場所の横を流れ下っており、土石流の流下位置は常時の水の流下位置とは必ずしも一致しない。
- ・緑井七丁目の土石流Bでは、大量の土砂が家屋背後に堆積しても、家屋が倒壊していない例がある。一方で、緑井八丁目では溪流出口から離れた家屋でも倒壊している。家屋の位置の地面の傾斜や、家屋手前の平坦な位置の有無などに依存して家屋の被災形態が異なっているものと思われる。
- ・十分な道路幅があるか、ガードレールの強度が強ければ、土塊のサイズにもよるだろうが、道路上部の法面崩壊による土石流の発生を防げる可能性がある。
- ・道路下部の崩壊が浸食して、道路路盤下方をえぐりとしている事例がある。つまり、道路の影響で情報への進行性の崩壊が抑制される可能性がある。
- ・緑井八丁目の土石流では、上流の治山堰堤の基礎部が大きく洗掘されていた。
- ・緑井八丁目には、古い石積みの工作物があり、砂防目的で過去に設置されていたものである可能性がある。実際に、斜面崩壊の拡大を抑制していた。過去の大蛇伝説との関連性は不明。
- ・緑井八丁目では、流路工の脇を洗掘し、流路工の基礎がむき出しとなった。
- ・ボランティアの作業においてもヘルメットは安全のためにつけた方がよい。
- ・緑井八丁目の土石流の源頭部は、表面の浸食も大きく、典型的なまさ土斜面に思われる。原位置において50mlの採土円筒で採取した試料は、湿潤密度 $1.50 \text{ (g/cm}^3\text{)}$ 、乾燥密度 $1.19 \text{ (g/cm}^3\text{)}$ 、含水比 25.3 (%) であった。
- ・尾根沿いの登山道には、表層とその下の層の透水性の異なる境界部から被圧された水が山道に噴出したためにできたとおもわれる穴が散見された。また、破碎帯から流出する水によると思われる小規模な斜面崩壊も確認した。

3. 3. 8 その他の地区

3. 3. 8. 1 安佐南区山本八丁目

安佐南区山本八丁目 27 番で斜面崩壊（がけ崩れ）が起こり、下部の住宅に崩壊土砂が侵入し、死者 2 名の人的被害が発生した。被災地の位置を図 3. 3. 8. 1. 1 と図 3. 3. 8. 1. 2 に示す。被災地は、今回の豪雨によって大きな被害が出た八木地区から約 6km 南西に位置している。



図 3. 3. 8. 1. 1 被災地の位置（国土地理院・写真判読図に加筆）



図 3. 3. 8. 1. 2 被災住宅の位置（国土地理院・写真判読図に加筆）

写真 3.3.8.1.1 は被災後の 8 月 31 日に国土地理院によって撮影された垂直写真で、写真中央のブルーシートが崩壊した斜面であり、2 か所で崩壊が起こっている。

また、崩壊した斜面は図 3.3.8.1.3 に示すように、広島県によって急傾斜地崩壊危険箇所（I-1-328）に指定され、被災した住宅は被害が想定される区域の一部になっていた。



写真 3.3.8.1.1 被災地の垂直写真（国土地理院、垂直写真（8/31））

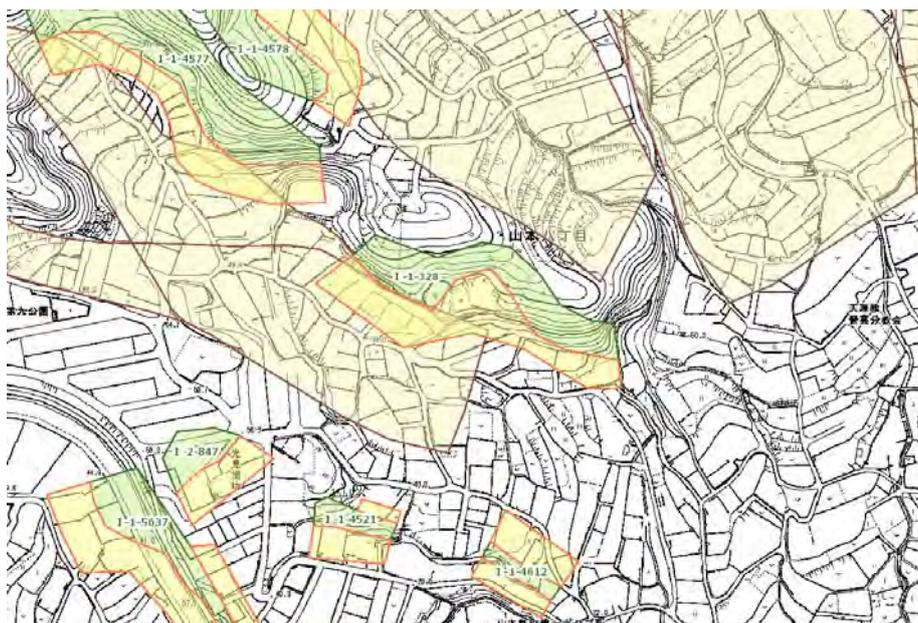


図 3.3.8.1.3 広島県「土砂災害ポータルひろしま」土砂災害危険箇所図

被災地近傍の祇園山本（県（砂防））で観測された降雨状況を図 3.3.8.1.4～図 3.3.8.1.7 に示す。図 3.3.8.1.4 は、災害が発生した 1 週間前からの降雨状況であり、8 月 16 日に時間雨量 10mm を超える強い降雨があったものの、8 月 12 日から 8 月 18 日の 1 週間の累積雨量は 58mm であり、直前の先行雨量としては大きなものではなかった。その後、8 月 19 日の 20 時から時間雨量 10mm を超える降雨があり、8 月 20 日の 2 時、3 時、4 時の時間雨量がそれぞれ 25mm、55mm、29mm となり、3 時間雨量は 109mm であった。なお、災害発生 1 週間の先行雨量は 58mm と大きなものではないが、図 3.3.8.1.5 に示すように 7 月 1 日からは時間雨量 10mm を超える降雨が度々あり、8 月 19 日までの累積雨量は 532mm で、長期的に見れば多くの先行雨量があったと言える。

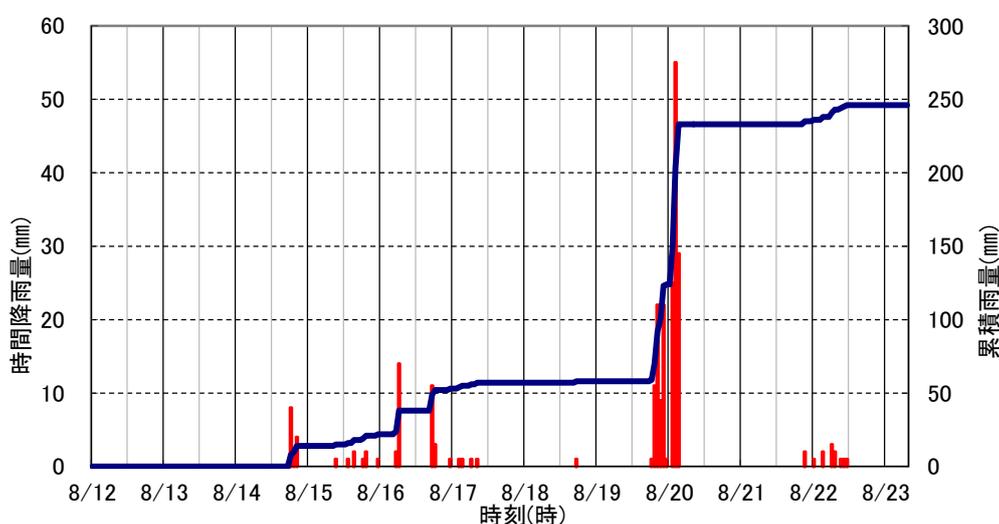


図 3.3.8.1.4 8 月 12 日からの降雨状況

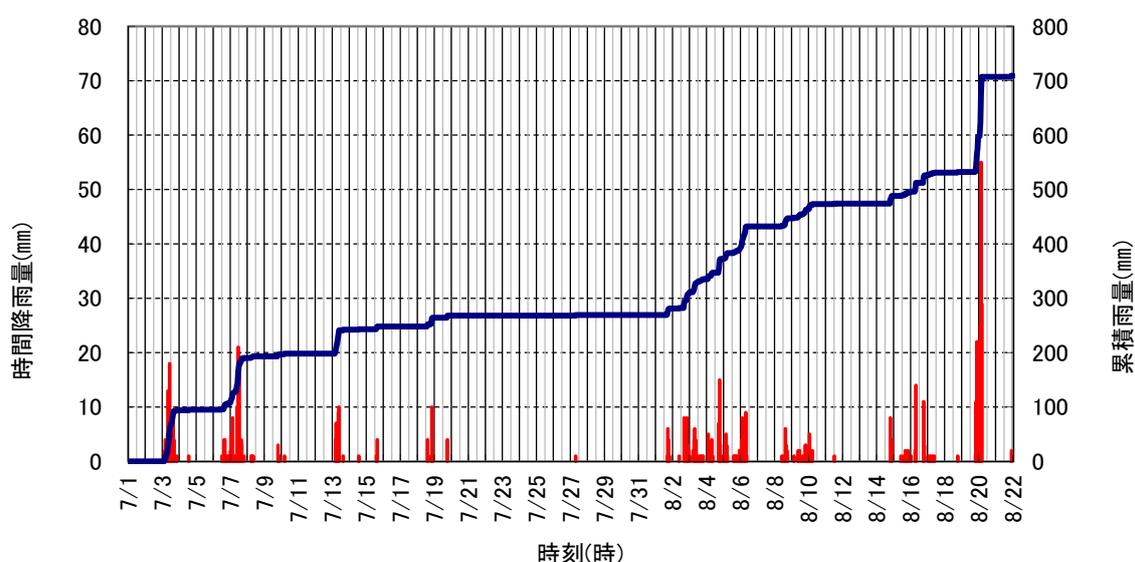


図 3.3.8.1.5 7 月 1 日からの降雨状況

斜面崩壊が発生した8月20日直前の降雨状況を図3.3.8.1.6と図3.3.8.1.7に示す。8月19日20時前から降り始めた雨は時間(60分間)雨量10~30mmの状態です。23時10分まで続き、この間の累積雨量は66mmとなった。その後、1時10分まで無降雨であったが、1時20分から再び降り始めて急激に強くなり、10分間雨量10mm前後の強い降雨が3時40分まで続き、8月19日からの累積雨量は175mmとなっている。この間の時間(60分)雨量は、2時10分に30mmを超え、3時10分には50mmを超えている。

新聞報道(中国新聞、8/24)によると、8月20日2時30分頃に裏山法面が幅2m、高さ1mにわたって崩れ、その後3時頃に人的被害の出た崩壊が起きたとされており、雨の強くなった時間と一致しており、この斜面崩壊の直接的誘因は時間雨量30~50mmを超える降雨であったことが分かる。

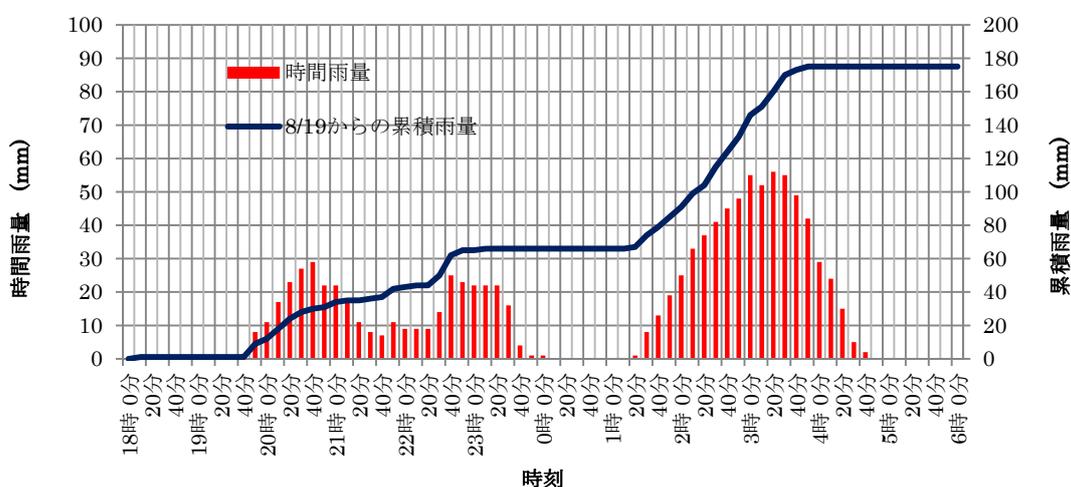


図3.3.8.1.6 8月19日~20日の降雨状況

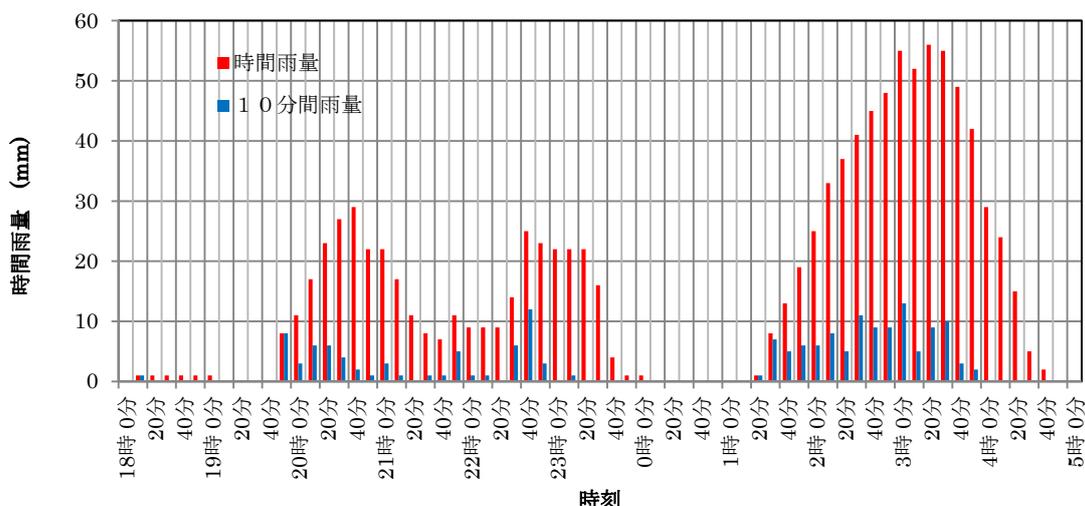


図3.3.8.1.7 8月19日~20日の降雨状況(10分間雨量を含む)

斜面崩壊は、大きく分けて 2 か所で発生し（写真 3.3.8.1.2）、西側では斜面上部にあった住宅跡地の法肩から崩れたものと、住宅跡地へ上がる坂道の下部から崩れたものの 2 つがある（写真 3.3.8.1.3）。



写真 3.3.8.1.2 山本八丁目の崩壊状況（東側から撮影）



写真 3.3.8.1.3 山本八丁目の崩壊状況（西側から撮影）*)

崩壊部の上部は現在荒地となっているが（写真 3.3.8.1.4）、2004 年に国土地理院によって撮影された簡易空中写真には家屋が写っており、比較的最近まで住宅として利用されていたことが分かる。また、この住宅跡地の周辺は竹林で囲まれ、住宅跡地には井戸も残っていることから（写真 3.3.8.1.5）、比較的地下水の豊富な場所であったと考えられる。



写真 3.3.8.1.4 被災地上部の住宅跡地



写真 3.3.8.1.5 被災地上部の住宅跡地にある井戸*)

上部住宅跡地の法肩からの崩壊は、幅 4~5m 程度、深さ 1m 程度、高さ 4~5m 程度で（写真 3.3.8.1.6）、下部にあった幅 1m 程度の坂道と 2~3m 程度の踊り場状の平坦面を超えて流下し（写真 3.3.8.1.7 および写真 3.3.8.1.8）、下部の住宅 1 階部分に侵入し（写真

3.3.8.1.9)、1階奥にいた2名が土砂に埋まり死亡した。崩壊部はまさ土斜面であり、風化が進み粘土化した表層土と風化のそれほど進んでいない部分の境界面をすべり面として崩壊しており（写真3.3.8.1.10）、すべり面から地下水の浸出が認められる（写真3.3.8.1.11）。



写真3.3.8.1.6 上部住宅跡地の法肩からの崩壊部*)



写真3.3.8.1.7 上部住宅跡地の法肩からの崩壊土砂の流下状況*)



写真3.3.8.1.8 住宅への流入状況（右側の住宅で死者2名）*)



写真3.3.8.1.9 被災家屋の状態（1階の奥側）*)



写真3.3.8.1.10 崩壊部の状況*)



写真3.3.8.1.11 崩壊面の状況*)

上部住宅跡へ上がる坂道の下部からの崩壊は、深さ 50cm 程度の表層崩壊であり（写真 3.3.8.1.3 および写真 3.3.8.1.12）、2～3m 程度の踊り場状の平坦面を超えて下部の住宅に流下しているが、家屋内にはほとんど侵入していない（写真 3.3.8.1.13）。崩壊部の底面には風化がそれほど進んでいない鬼まさが現れ（写真 3.3.8.1.14）、その上にある表層土には水を噴出したと思われる孔があり（写真 3.3.8.1.15）、この境界部分が地下水の流路となって崩壊が起こったと思われる。



写真 3.3.8.1.12 上部住宅跡へ上がる坂道の下部からの崩壊*)



写真 3.3.8.1.13 坂道下部から崩壊した土砂の流下状況*)



写真 3.3.8.1.14 坂道下部の崩壊部*)



写真 3.3.8.1.15 坂道下部の崩壊部に見られる地下水の噴出跡*)

東側の崩壊は（写真 3.3.8.1.2 の下部および写真 3.3.8.1.3 の右上）、高さ約 7～8m、幅約 3～4m、深さ約 50cm（写真 3.3.8.1.16）で、下部の住宅の一階外壁面に衝突するも家屋内に浸入せず（写真 3.3.8.1.17）、人的被害はなかった。

なお、西側崩壊部のさらに西側は法枠工や鉄筋挿入工などの対策が取られ（写真 3.3.8.1.18 の左上および写真 3.3.8.1.19）、西側崩壊部と東側崩壊部の間はブロック積み擁壁が設けられていた（写真-3.3.8.1.2 の中央部分）。



写真 3.3.8.1.16 東側の崩壊*)



写真 3.3.8.1.17 東側崩壊土砂の流下状況



写真 3.3.8.1.18 西側崩壊部の周辺



写真 3.3.8.1.19 崩壊部の西側の対策工*)

まとめ

- ・まさ土からなる急傾斜地が時間雨量 30mm を超える降雨によって崩壊した。
- ・崩壊地は地下水が集まりやすいところで、風化が進み粘土化した表層土と風化のそれほど進んでいない部分の境界面をすべり面として崩壊しており、すべり面から地下水の浸出が認められた。
- ・住宅 1 階に崩壊土砂が侵入して人的被害が出た。住宅の斜面側を強固な構造にしたり、緊急時には 2 階へ避難するようにすると、人的被害を軽減できる。

*) 崩壊直後の写真は、復建調査設計(株)の中井真司氏と大村拓志氏から提供していただいた。深く感謝いたします。

3. 3. 8. 2 可部高校グラウンド法面

可部高校のグラウンド法面で斜面崩壊（がけ崩れ）が観測されている。被災地の位置を図3.3.8.2.1に示す。被災地は、航空写真からの判読では、土砂流出が認識されていない。被災箇所の状況を図3.3.8.2.2に示す。大規模な崩壊ではないが、多くの土石流と異なり、人工的斜斜面の法面での崩壊であるため、ここに簡潔に報告しておく。



図 3. 3. 8. 2. 1 被災地の位置（国土地理院・写真判読図に加筆）



図 3. 3. 8. 2. 2 グランド法面の崩壊状況

3. 4 治山・砂防堰堤等の効果

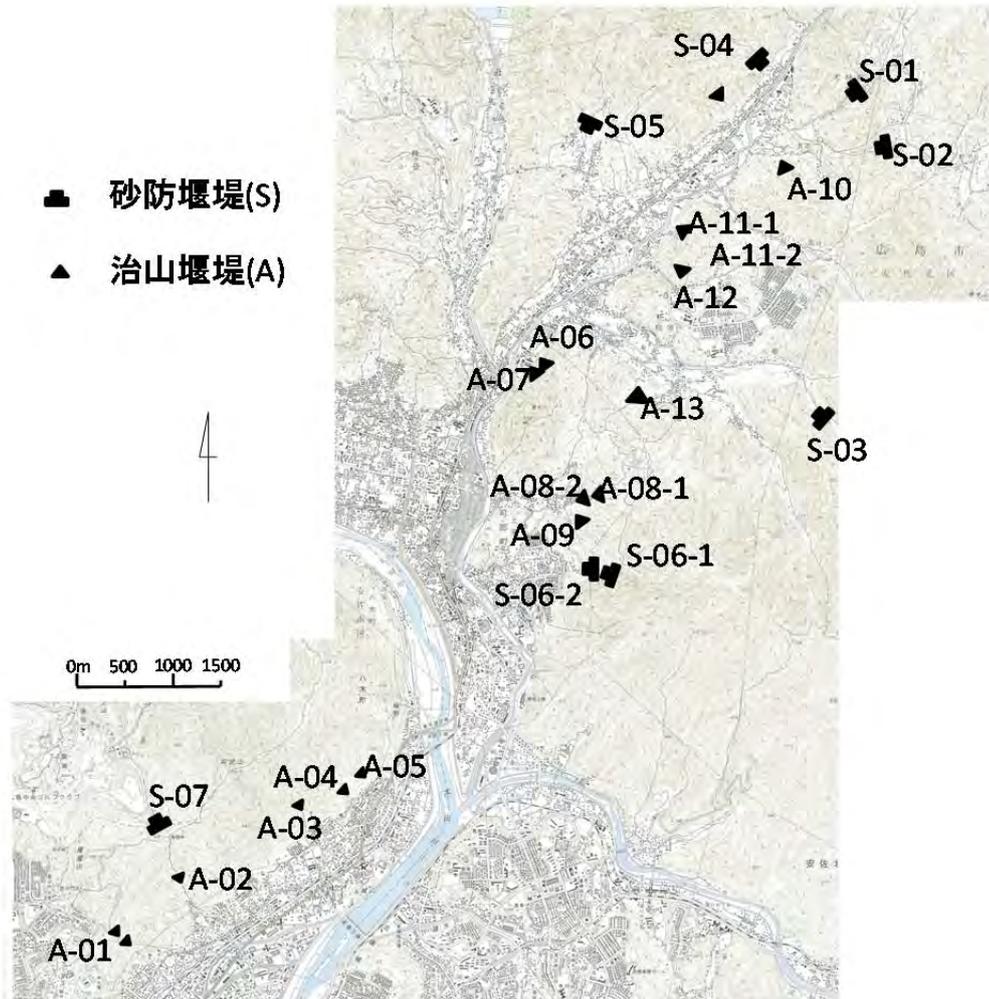


図 3-4-1 安佐南区、安佐北区の治山・砂防堰堤 (国土地理院地図に加筆)

平成 26 年 8 月 20 日の豪雨によって甚大な被害を被った安佐南区、安佐北区においては治山堰堤・砂防堰堤が多数設置されている。表 3-4-1 は、広島県土木局の所管する安佐北区の砂防堰堤の一覧を示したものであり、表 3-4-2 は、広島県農林水産局が所管する安佐北区及び安佐南区の治山堰堤の一覧であって、各堰堤の諸元及び設置年を示している。また、堰堤の設置個所を地図上に示したものが、図 3-4-1 であって、砂防堰堤は、7 溪流、治山堰堤は 13 溪流に設置されている。

ここでは、治山堰堤の内、6 溪流（安佐南区緑井上山(A-02)、安佐南区八木(A-03)、安佐北区可部町下町屋(A-06, A-07)、安佐北区可部町上原(A-08)、安佐北区可部町上原東山(A-09))の堰堤について、その状況と効果について報告する。

表 3-4-1 砂防堰堤（広島県土木局から提供）

番号	溪流名	所在地	堰堤諸元		竣工年
			高さ(m)	長さ(m)	
S-01	桧山川及び桧山川支流	安佐北区大林町	12.4	35.4	S59.11.1
S-02	登尾川	安佐北区大林町	5.9	37.5	S57.3.1
S-03	穴郷川	安佐北区可部町桐原	5.0	53.0	S33
S-04	下の谷川	安佐北区大林町	9.0	54.0	S63.1.1
S-05	山倉川	安佐北区可部町	4.8	24.7	
S-06-1	上原川(上流)	安佐北区可部町上原	6.5	56.0	
S-06-1	上原川(下流)	安佐北区可部町上原	14.5	145.0	S62.12
S-07	玖谷川	安佐北区安佐町玖谷	6.5	63.0	

注) 表中の堰堤諸元にある高さとは、堰堤底から越流部底までの高さを示す。

表 3-4-2 治山堰堤（広島県農林水産局から提供を受けた資料を基に整理）

番号	溪流名	所在地	堰堤諸元		竣工年
			高さ(m)	長さ(m)	
A-01	4基	安佐南区緑井	4.5	16.5	S46
A-02		安佐南区緑井八丁目	5.5	23.5	S63
A-03		安佐南区八木四丁目	8.0	44.0	S47
A-04		安佐南区八木大畠	4.0	23.5	S56
A-05		安佐南区八木横割	5.0	29.5	S60
A-06-1	(上流)	安佐北区可部町下町屋土居	7.0	26.0	H11
A-06-2	(下流)	安佐北区可部町下町屋土居	8.0	26.5	H11
A-07	4基	安佐北区可部町下町屋	2.5-3.0	9.0-20.0	S47
A-08-1	(上流)	安佐北区可部町上原	6.5	37.0	S51
A-08-2	(下流)	安佐北区可部町上原	5.0	28.5	S52
A-09		安佐北区可部町上原東山	7.0	40.5	S56
A-10	2基	安佐北区可部町	5.5-6.0	21.0	S44
A-11-1		安佐北区可部町下町屋	8.0	28.0	H11
A-11-2		安佐北区可部町下町屋	8.0	32.0	H13
A-12		安佐北区可部町桐原寺側	7.0	37.0	H8
A-13	4基	安佐北区可部町桐原	3.0-8.0	13.6-27.8	H11

注) 表中の堰堤諸元にある高さとは、堰堤底から越流部底までの高さを示す。

(1) 安佐南区緑井八丁目 (A-02)



写真 3-4-1 緑井八丁目の溪流に設置 (昭和 63 年度) された治山堰堤

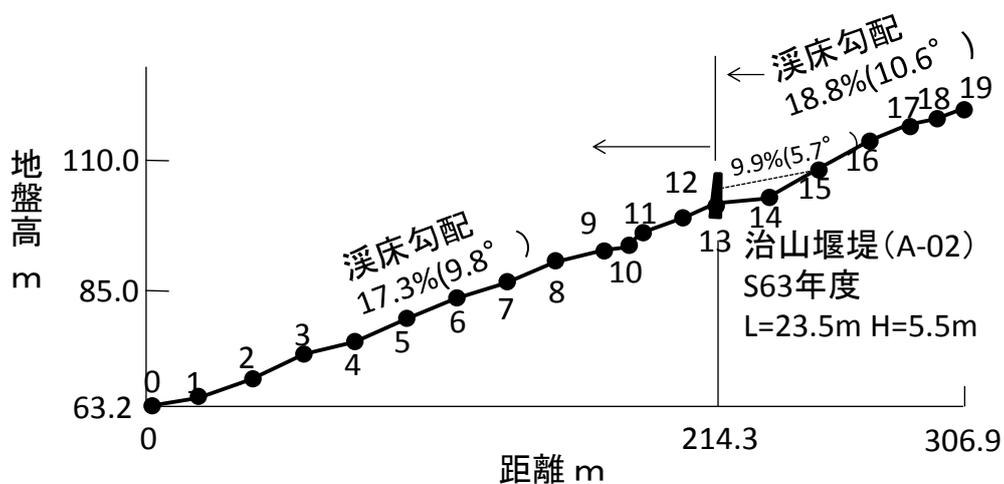


図 3-4-2 治山堰堤の上・下流の溪床勾配 (図中の番号<0-19>は図 3-4-3 の位置図の番号に対応) (治山台帳図に加筆)

写真 3-4-1 は、緑井八丁目の鳥越川に昭和 63 年度に設置された治山堰堤である。同堰堤は図 3-4-3 に示したように住宅域から約 210m の位置にあり、堤高 (堰堤底から堰堤最高部までの高さ) は 7.0m (図 3-4-4) である。堰堤の上流・下流側の溪床勾配を示したものが図 3-4-2 である。堰堤は満砂状態であって、治山台帳では堰堤背後の堆砂勾配は 5.7° に設定されている。また、施工時の堰堤下流側の平均溪床勾配は 17.3% (9.8°) である。写真 3-4-2 は堰堤直近の下流側の状況を示したものであるが、この度の土石流によって、河床は大きく洗掘され、緑井八丁目では写真 3-4-3 に示すように甚大な被害が生じた。

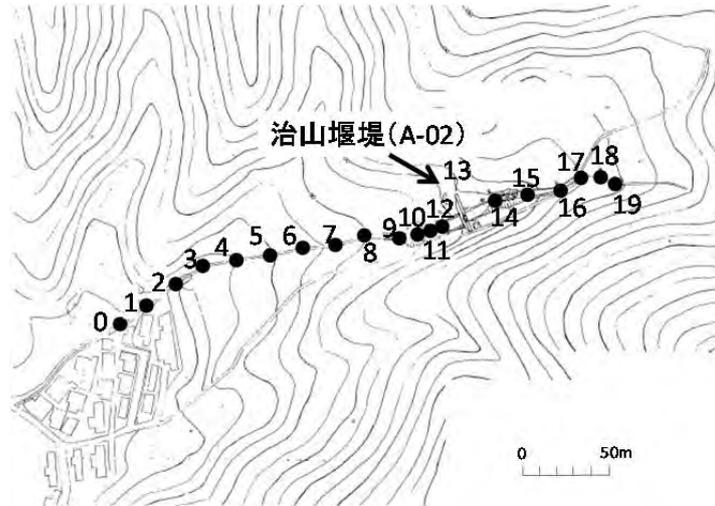


図 3-4-3 緑井八丁目の治山堰堤 (A-02) の位置図 (治山台帳図に加筆)

治山堰堤(A-02)
 S63年度
 L=23.5m H=5.5m

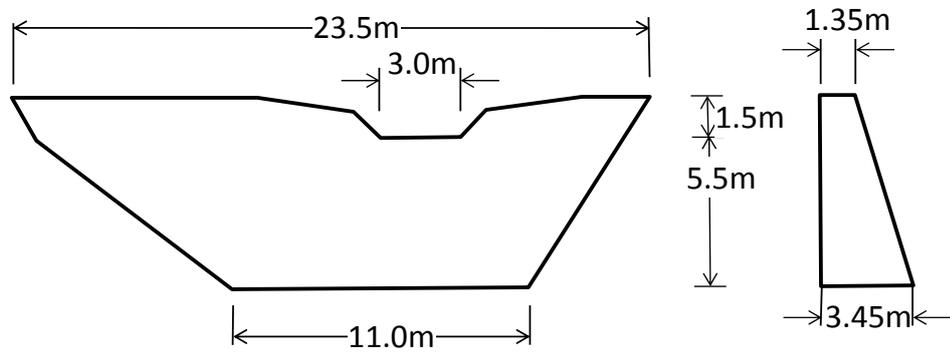


図 3-4-4 緑井八丁目の治山堰堤の概要 (治山台帳による)



写真 3-4-2 緑井八丁目の治山堰堤下流側の状況



写真 3-4-3 緑井八丁目の治山堰堤下流域での被災状況

(2) 安佐南区八木四丁目 (A-03)



写真 3-4-4 安佐南区八木四丁目の堰堤の損壊状況

安佐南区八木四丁目の八木ヶ丘団地から約 200m 上流に、幅 44m、堤高 9.5m の堰堤が昭和 47 年度に設置されている。写真 3-4-4 は堰堤正面の状況、写真 3-4-5 は堰堤背後の状況を示したものである。堰堤には、図 3-4-5 に示したように当初は幅 3.0m の水通しが設置されていたが、この度の土石流によって左右の袖部および堰堤本体も破損し、堰堤のほぼ全体にわたって堰堤底から 6.9m 以上の部分が流出しており、土石流による威力の大きさがわかる。一方、写真 3-4-6 は堰堤の下流側の状況を示したものであるが、岩塊が点在している一方で、溪流中央部の立木は倒木を免れている。

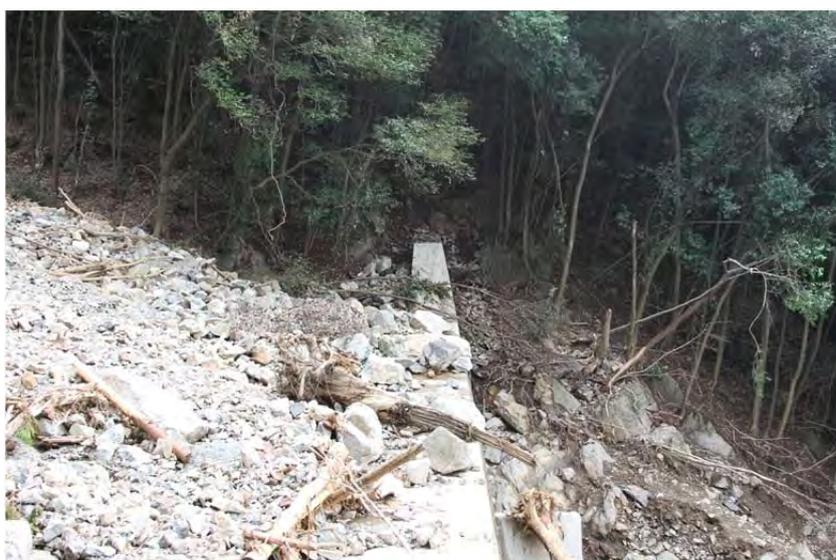


写真 3-4-5 安佐南区八木四丁目の堰堤の堆砂状況

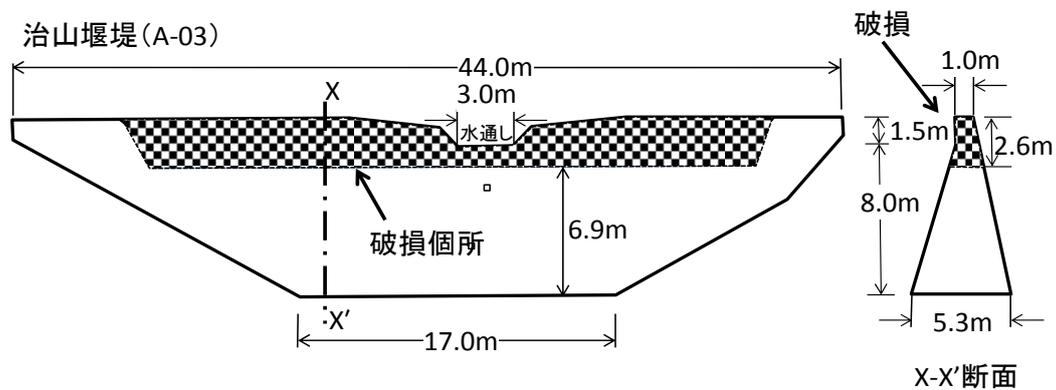


図 3-4-5 安佐南区八木四丁目の堰堤の破損状況（治山台帳図に加筆）



写真 3-4-6 安佐南区八木四丁目の堰堤下流側の状況

(3) 安佐北区可部町下町屋土居 (A-06-1,2)

安佐北区可部町下町屋土居では、図 3-4-6、図 3-4-7 に示した 2 基の治山堰堤が平成 11 年度に築造された。上・下流側堰堤の堤長はそれぞれ 26.5m、26.0m である。堰堤設置場所及び溪床勾配を示したものがそれぞれ図 3-4-8、図 3-4-9 である。2 基の堰堤間には 37m の距離があつて、2 基の堰堤の上流側の溪床勾配は約 29° であり、堰堤下流側の勾配は約 8° である。同堰堤は 1999 年の豪雨災害後に築造されたもので、今回の豪雨後の状況を示したものが写真 3-4-7 および写真 3-4-8 で、それぞれ下流側堰堤、上流側堰堤を示している。下流側堰堤の前部には流木の塊が残っている。下流側堰堤の下方の状況を示したものが、写真 3-4-9 であつて、巨石、岩塊はほとんど見られず、砂質土が広範囲に流出している。一方、写真 3-4-8 は下流側堰堤から上流側堰堤を望んだものであるが、下流側堰堤に若干

の流木がみられるが、堆砂は見られない。これに対して、上流側の堰堤は満砂の状態である。このことから、今回の豪雨によって、大量の土砂、木々の流出があったが、岩石等は上流側堰堤によって捕捉され、細粒土が大量の流水とともに下流側堰堤を越流するとともに、多くの木々を流出させた。その後は下流側堰堤下方の溪流勾配の減少によって、流速が減退し甚大な被害を免れたと考えられる。

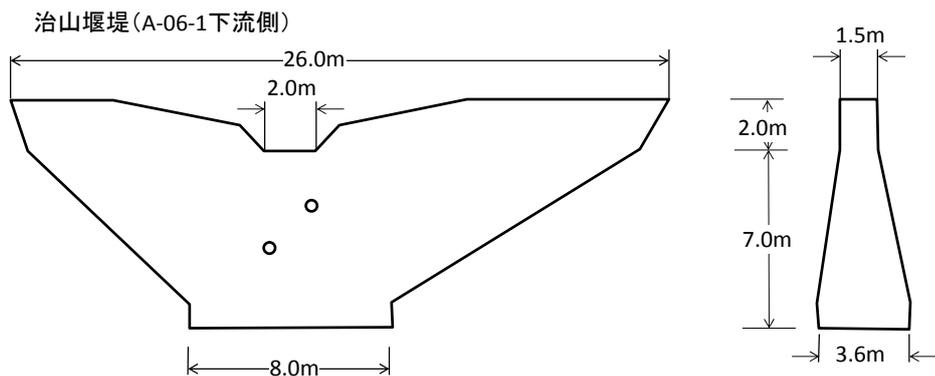


図 3-4-6 安佐北区可部町下町屋土居の治山堰堤（A-06-1 下流側）の概要
（治山台帳図に加筆）

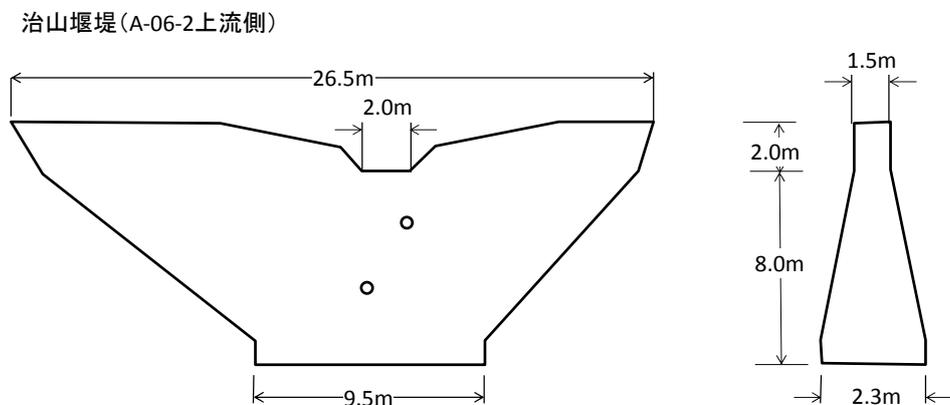


図 3-4-7 安佐北区可部町下町屋土居の治山堰堤（A-06-2 上流側）の概要
（治山台帳図に加筆）



図 3-4-8 安佐北区可部町下町屋土居の治山堰堤の位置図（治山台帳図に加筆）

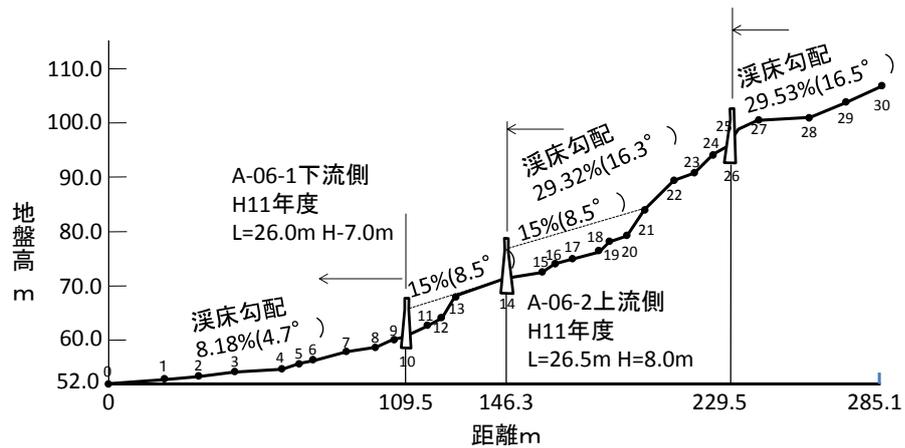


図 3-4-9 安佐北区可部町下町屋土居の治山堰堤設置溪流の溪床勾配（平成 11 年度）
（治山台帳図に加筆）



写真 3-4-7 安佐北区可部町下町屋土居の治山堰堤 (A-06-1 下流側) の前部の状況



写真 3-4-8 安佐北区可部町下町屋土居の治山堰堤 (A-06-2 上流側) の前部の状況



写真 3-4-9 安佐北区可部町下町屋土居の治山堰堤の下流域の状況

(4) 安佐北区可部町下町屋 (A-07)

安佐北区三入南 1 丁目 の企業敷地背後の高松山西側斜面において大規模土石流が発生した。山麓には図 3-4-10 に示したように昭和 47 年度に 4 基の土留め堰堤が設置されていた。図 3-4-10 は昭和 47 年当時の溪流の状況を示している。同図では溪流は高松山山腹に向かって左方向に湾曲していることがわかる。一方、写真 3-4-10 は豪雨後の状況を示したものであるが、今回の豪雨においては溪流が右方向に湾曲しており、明らかに新たな溪流

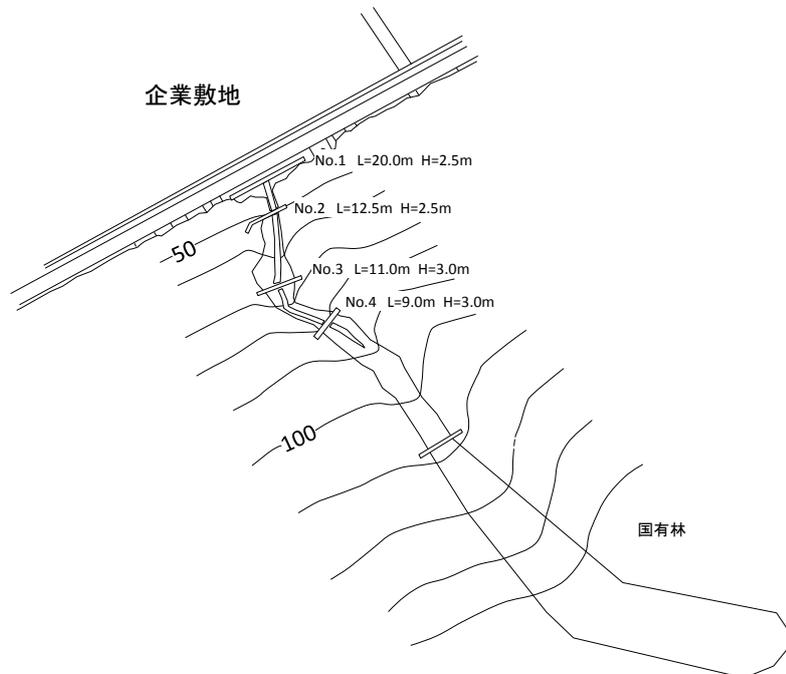


図 3-4-10 昭和 47 年度に設置された堰堤と当時の溪流崩壊箇所
(治山台帳図に加筆)

で土石流が生じたと考えられる。また、写真 3-4-10 では、堰堤が確認できるが、堰堤前面の埋戻し土は完全に流失しているのに対して、背面は満砂の状態であって、かろうじて倒壊を免れている。写真 3-4-10 には堰堤後部の状況も示しているが、大規模な溪流の洗掘が生じている。



写真 3-4-10 堰堤前面の埋戻し土も流出している

(5) 安佐北区可部町上原 (A-08)

安佐北区可部東六丁目においては、土石流によって新建団地内の多くの住宅が被災した。同住宅地区上流には治山堰堤が昭和 51 年に設置されている。治山堰堤 (A-08-1) の断面形状を示したものが図 3-4-11 である。堰堤上流側の状況を示したものが写真 3-4-11 であって、同堰堤は満砂状態であるが立木も見られ、この度の豪雨による土石流の確認はできない。一方、同堰堤から道路を隔てた斜面 (図 3-4-12 参照) において表層崩壊が生じた。写真 3-4-12 は表層崩壊の状況を示したものであって、斜面高さは約 25m, 斜面勾配は約 35° , 崩壊箇所下端の幅は約 18m である。同斜面の下端には道路があり、土石流の発生には至っていない。治山堰堤が設置された溪流では土石流の発生は見られなかったが、同溪流に隣接する北側の谷部 (図 3-4-12 参照) において大規模な土石流が発生し、下流域の多くの住宅で被害が生じた。溪流下端の状況を示したものが、写真 3-4-13 である。

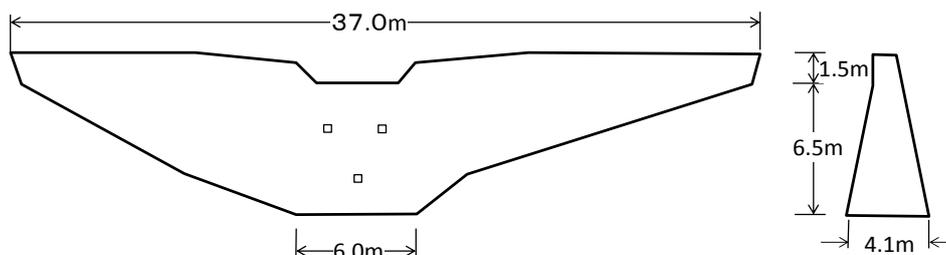


図 3-4-11 安佐北区可部町上原 (A-08) の堰堤の概要 (治山台帳図に加筆)



写真 3-4-11 安佐北区可部町上原 (A-08) の堰堤の堆砂の状況



写真 3-4-12 安佐北区可部町上原 (A-08) の堰堤背後の斜面で生じた表層崩壊

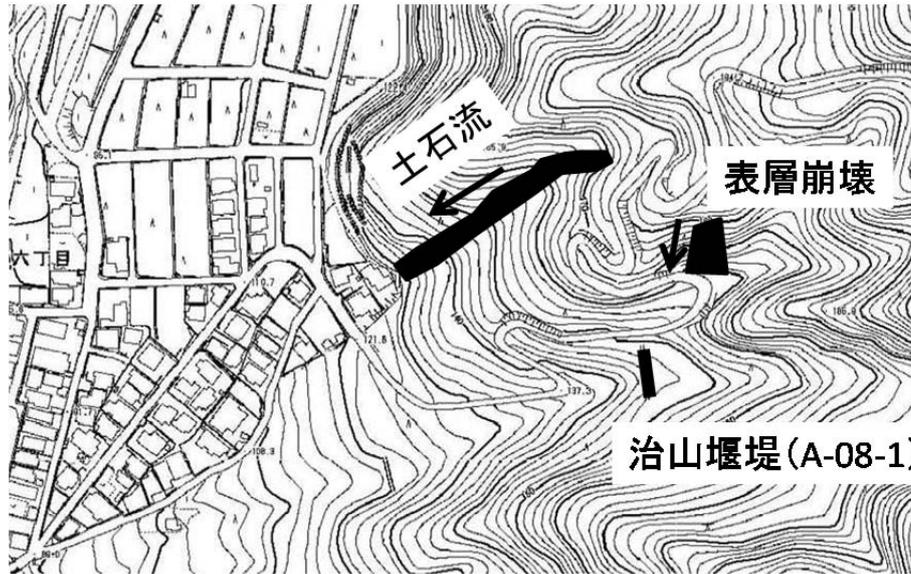


図 3-4-12 安佐北区可部町上原の堰堤 (A-08) と土石流発生箇所



写真 3-4-13 安佐北区可部町上原の堰堤設置溪流に隣接する谷部で土石流が発生した。

(6) 安佐北区可部町上原東山(A-09)

図 3-4-13 は安佐北区可部東六丁目の新建団地の東側の地図であって、昭和 56 年度に治山堰堤が設置されている。堰堤は図 3-4-14 に示したように堤高 9.5m、幅 40.5m である。同堰堤の上下流側の溪床勾配を示したものが図 3-4-15 であって、図中の起点 P と終点 O は図 3-4-13 に対応している。なお、図 3-4-15 は堰堤築造時の台帳から引用したもので、現在の状況を表すものではない。図 3-4-15 によれば、溪床勾配は堰堤の上流側では 12.7° 、下流側では 7.6° である。下流側から見た堰堤の状況を示したものが写真 3-4-14 で、堰堤は満砂状態にあり、堰堤の前部の埋戻し土も洗掘されている。また堰堤の下流側の状況を示したものが写真 3-4-15 であって、倒木、岩石が確認でき、多量の土砂、流木によって下流域

の住家，道路，河川が甚大な被害を被った。

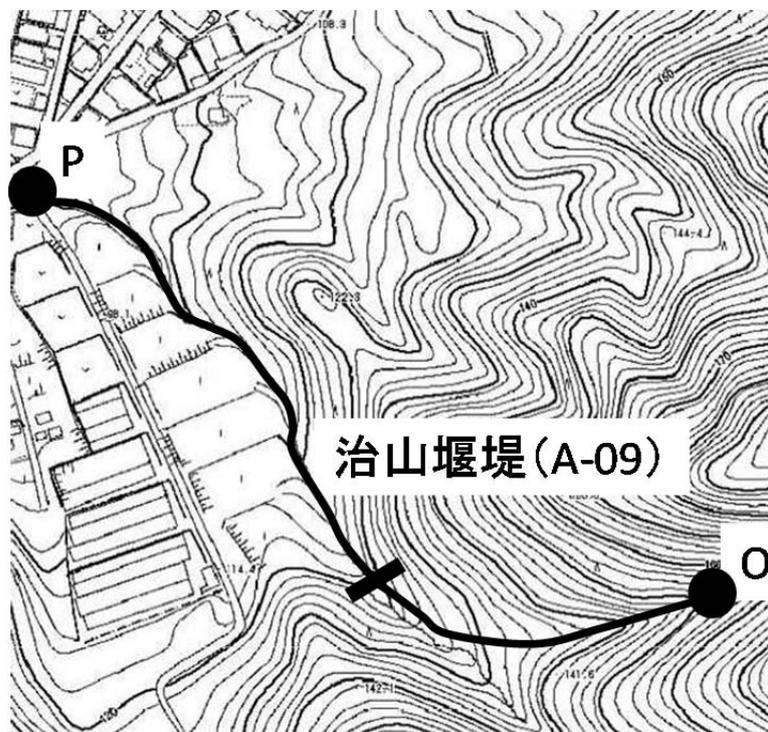


図 3-4-13 治山堰堤 (A-09) の位置

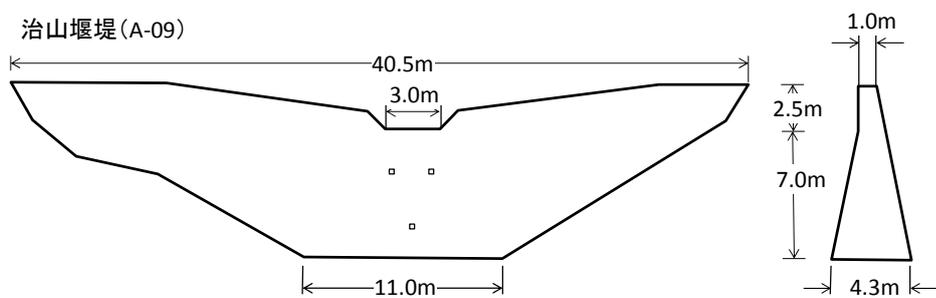


図 3-4-14 治山堰堤 (A-09) の概要 (治山台帳図に加筆)

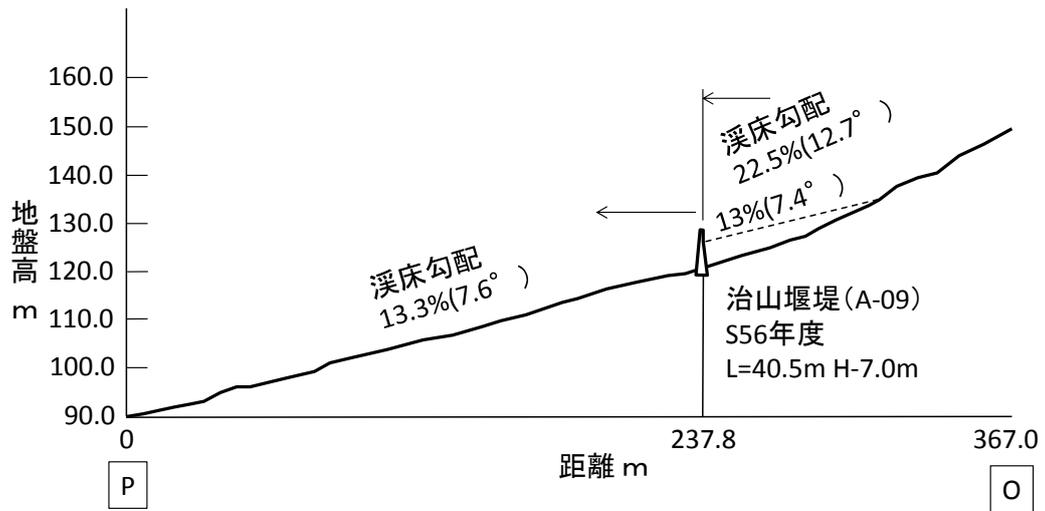


図 3-4-15 治山堰堤 (A-09) の上流下流側の溪床勾配 (治山台帳図に加筆)



写真 3-4-14 治山堰堤 (A-09) 前部の状況



写真 3-4-15 治山堰堤（A-09）の下流側の状況

（7）まとめ

安佐南区及び安佐北区において、被害の大きかった地域に設置されている砂防・治山堰堤の状況を調査した。砂防堰堤に関しては、その規模が比較的大きく、被害軽減に大きく貢献している。一方、治山堰堤は比較的規模が小さく、また、30年～50年前に築造された堰堤では溪床の下流域まで土石流が到達して甚大な被害が生じた。また、堰堤のある溪床に隣接する谷部で土石流が発生して被害が生じた例もみられ、溪床の状況も経年的に変化しており、特に土石流等が発生した場合は、溪流の再調査を行う等対応が必要である。

なお、本節をまとめるにあたっては、広島県農林水産局及び同土木局より貴重なデータの提供を頂いた。末筆ながら謝意を表します。

3. 5 土砂災害警戒情報と避難基準雨量に関する検討

(1) 観測雨量の概要

広島県では気象庁，国土交通省，広島県が設置した 410 箇所の雨量計のデータ（10 分間隔）が広島県の防災 Web に掲載されている．今回被害が大きかった地域に近い雨量計 6 点（三入東，安佐北区役所，上原，高瀬，毘沙門台，深川）の設置位置を図 3-5-1 に示す．



図 3-5-1 被災箇所と雨量計位置の関係

図 3-5-2(a)～(e)は三入東，安佐北区役所，上原，高瀬，毘沙門台，深川における一週間前から発生時までの時間雨量と累積雨量を示している．また表 3-5-1 は 5 箇所の 1 時間最大雨量（正時ごと）と 1 週間の累積雨量である．

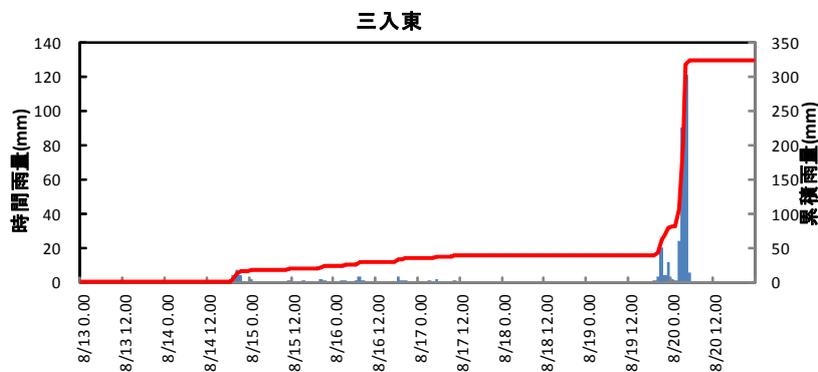


図 3-5-2(a) 三入東（広島県）

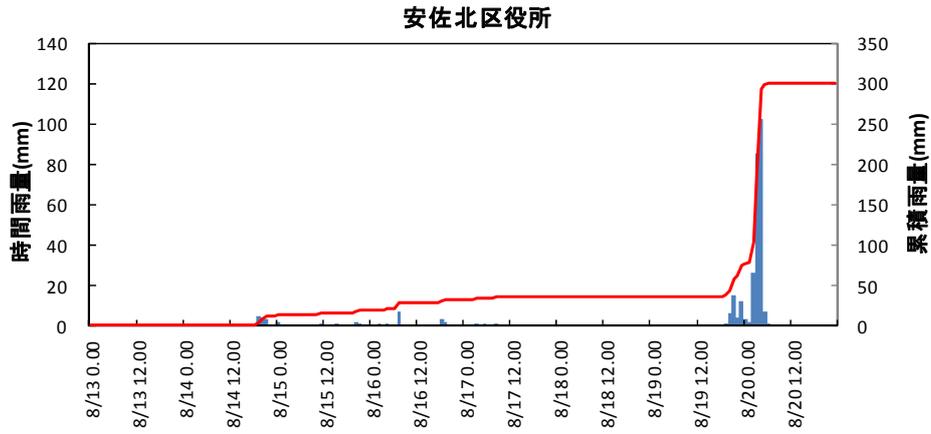


図 3-5-2 (b) 安佐北区役所 (広島県)

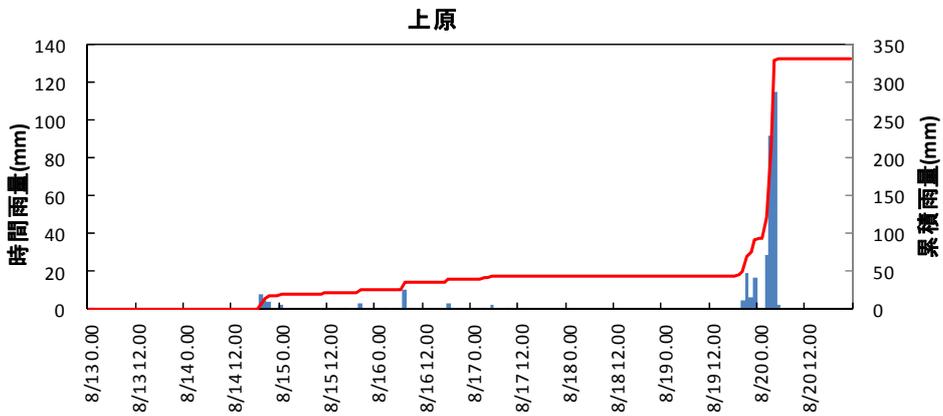


図 3-5-2 (c) 上原 (広島県)

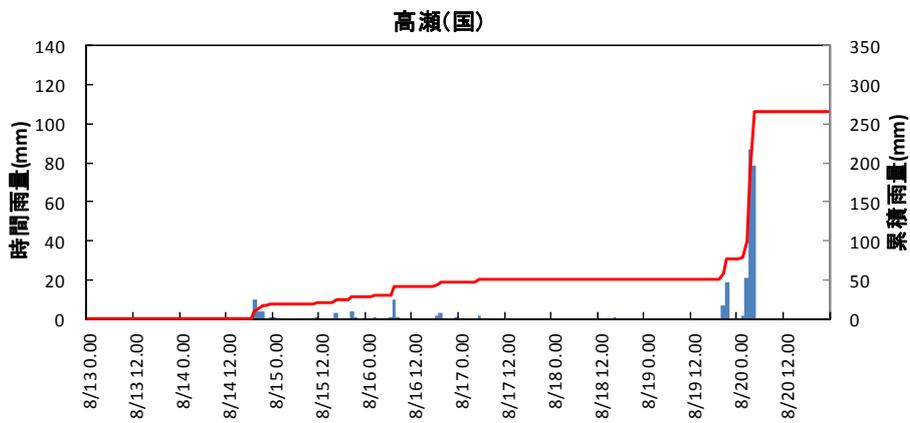


図 3-5-2 (d) 高瀬 (国土交通省)

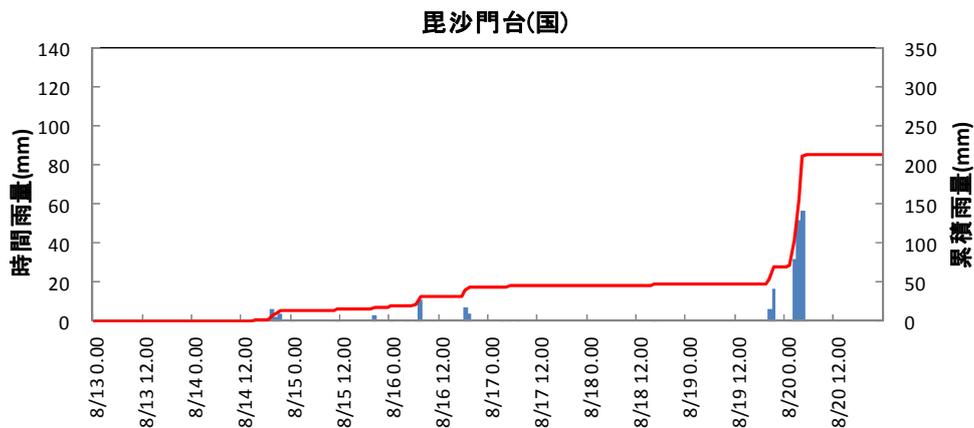


図 3-5-2(e) 毘沙門台（国土交通省）

表 3-5-1 各雨量観測地点の時間最大雨量と 1 時間累積雨量

雨量観測点	三入東	安佐北区役所	上原	高瀬	毘沙門台
時間最大雨量*(mm/h)	121	102	115	87	57
1 週間累積雨量(mm)	323	300	331	266	213

*正時ごとの時間最大雨量 (mm/h)

図が示すように、本災害の原因となる降雨が開始したのは 8 月 19 日の 19 時頃であり、21 時過ぎにはいったん小康状態になった。その後 20 日 1 時から時間 24mm から 37mm の強い雨が降り始め、2 時から 4 時にかけては一気に時間 80mm から 120mm の猛烈な雨が続いた。被災箇所ですり流が発生したのはいずれも 3 時半前後と推定される。

もっとも大きな雨量を観測したのは三入東、上原であり、いずれも被害が大きかった可部東 2 丁目、6 丁目に近接した雨量計である。今回最も被害が大きかった安佐南区八木、緑井の地区に近い雨量計は、国交省が管理する高瀬の雨量計であった。観測された雨量は 1 時間最大で 87mm/h、1 週間累積雨量で 266mm と三入東、安佐北区役所、上原など可部東地区の観測値よりも小さかった。なお、高瀬、毘沙門台、深川の 3 つの観測所では、8 月 19 日の 22 時と 23 時が欠測となっており、この間に上原では 23mm、安佐北区役所と三入東では 16mm の降雨を観測している。しかし、高瀬と三入東や上原では累積雨量で 57～65mm の違いがあり、欠測を考慮しても三入東や上原の方が多くの雨が降った可能性がある。

また、高瀬の雨量計は太田川の右岸に設置されており、山からやや距離があるので、土石流が発生した山腹では地形の影響を受け、より多くの雨量であった可能性がある。この点については気象庁の解析雨量などにより検討する必要があると考えられる。

(2) 防災情報の提供の状況

前述したように、本災害では、8月19日19時頃に雨が降り始め、小康状態を経て20日1時から再び強い雨が降り出し、2時から4時にかけて猛烈な雨となって、3時半前後に相次いで土石流が発生したものと考えられる。このような雨に対して、気象台、広島県、広島市による土砂災害に関する各種警報、避難勧告および避難指示の発令状況は以下のとおりであった。

- 19日 21時26分 広島気象台が大雨洪水警報発令。広島市消防局は防災行政無線等により、該当地域の住民に自主避難の呼びかけ（避難準備情報の伝達）。
- 19日 23時33分 洪水警報解除
- 20日 0時57分 洪水注意報
 - 1時15分 広島県と広島地方気象台が土砂災害警戒情報を発令（広島市、廿日市市）
 - 1時35分 土砂災害警戒情報（広島市、廿日市市に加えて大竹市、北広島町）
 - 3時40分 土砂災害警戒情報（広島市、廿日市市、大竹市、北広島町に加えて安芸高田市）
 - 4時15分 広島市が避難勧告（広島市可部、三入、三入東、可部南、大林）
 - 4時30分 広島市が避難勧告（梅林、八木、緑井、山本）

以上のように、19時頃から降り出した雨に対して、広島気象台は21時26分に大雨洪水警報を発令した。表3-5-2は豪雨災害に対する広島市の対応方針である。広島市消防局では大雨警報が発令されたため、表の第3段階における対応として、防災行政無線により該当地区の住民に対して自主防災組織を通じて自主避難の呼びかけを行った。表のように、「自主避難の呼びかけ」は避難準備情報に位置づけられるものである。

雨がいったん小康状態になったため、洪水警報は23時33分に解除された。ただし、大雨警報は継続されており、0時57分には洪水注意報が発令されている。

広島県と広島気象台は、20日1時15分、広島市と大竹市を対象として土砂災害警戒情報を発令した。土砂災害警戒情報は当該地域に土砂災害が発生する危険があることを意味するものであり、表3-5-2によると、第4段階の避難勧告の発令の判断となる防災情報である。しかし、広島市は避難勧告を発令せず、この後に急激に雨の強度が強まり3時30分前後に土砂災害が集中的に発生した。広島市が被災箇所を対象として避難勧告を発令したのは4時15分および4時30分であり、災害発生よりも45分～60分遅かった。

上記の経緯において、特に1時15分に土砂災害警戒情報が広島県・広島気象台から発令されているにもかかわらず災害発生の前に避難勧告がなかったことについて、広島市の対応の遅れが指摘されている。ここでは、土砂災害警戒情報が発令されるまでの経過を検証し、避難勧告の遅れについて検討する。

表 3-5-2 豪雨災害への広島市の対応方針

段階	状況	本市の対応	住民の行動
第1段階	【状況把握】 強い雨が降っている場合	気象情報の収集・把握に努める。	テレビ・ラジオ等を通じて気象情報に気をつける。
第2段階	【注意喚起】 気象台から大雨注意報が発表された場合	1 気象情報や各地の雨量・出水の状況等を収集・把握する。 2 土砂災害危険区域（過去に災害があった場所を含む。）の巡視にあたる。 3 防災行政無線等により、危険区域の住民に土砂災害に対する注意喚起を促す。	1 がけの斜面からの出水などいつもと違うところがないか周辺に気をつける。 2 テレビ・ラジオ等を通じて雨量等の情報に十分注意する。 3 避難の準備を確認する。（持っているものの整理、避難先の確認・確保、家族との連絡など）
第3段階	【自主避難】 1 気象台から大雨警報が発表された場合 2 警戒基準雨量を超えた場合 3 前兆現象など身の危険を感じた場合	1 防災行政無線等により、該当地域の住民に自主避難の呼びかけ（避難準備情報の伝達）を行う。 2 住民から異常通報があった地域や危険区域への巡視を強化する。 3 状況に応じて避難場所を開設する。	1 テレビ・ラジオ等を通じて、状況の推移を見守る。 2 災害時要援護者等特に避難行動に時間を要する者は、避難行動を開始する。 3 がけ崩れや河川の氾濫など異常な現象を発見したときは、区役所や消防署へ通報する。 4 あらかじめ決めておいた知人宅等に早めに自主避難する。
第4段階	【避難勧告】 1 気象台から大雨特別警報が発表された場合 2 避難基準雨量を超えた場合 3 広島地方気象台と広島県土木局砂防課から土砂災害警戒情報が発表された場合 4 巡視等によって危険であると判断した場合 5 土砂災害緊急情報が通知された場合	1 該当地域に、避難勧告を行う。 危険が迫っている場合には、避難指示を行うことがある。 約1分 約5秒 約1分 サイレン 休止 サイレン 2 避難場所を開設する。	1 サイレン等が聞こえたらテレビ・ラジオ等を通じて状況を確認する。 2 本市が開設した避難場所又はあらかじめ決めておいた知人宅等にすぐ避難する。
第5段階	【災害発生】 がけ崩れや土石流が発生した場合	1 救助が必要なときは、消防職員等が出動する。 2 避難場所を開設する。	1 遠くへの移動に危険が伴う場合は、とりあえず安全な場所へ避難し、状況が落ち着くのを待って、より安全な場所へ移動する。 2 人命に関わる緊急事態が発生した場合は、119番をはじめあらゆる手段を用い、区役所又は消防署へ連絡する。

(3) 土砂災害警戒情報の発令にいたる過程の検証

土砂災害警戒情報は、広島県と広島地方気象台が連携して発令する防災情報である。図 3-5-3 に、土砂災害警戒情報の判定方法を示す。横軸は長期的な雨量指標のひとつである土壌雨量指数をとり、縦軸に直近の時間雨量をとる。このグラフ上に、過去に土砂災害が発生した事例あるいは発生しなかった事例における土壌雨量指数と 1 時間雨量をプロットして分析することにより、土砂災害の発生を示す限界基準性 (CL 線) を求めることができる。広島県では、広島県内を 5km×5km のメッシュに分割し、それぞれのメッシュごとに過去の土砂災害の記録をもとに CL 線を決定している。さらに、各 5km メッシュの中は 1km メッシュで分割されており、土砂災害警戒情報の判定は以下のように行われている。

- 1) レーダー雨量の測定値をベースに地上で観測された雨量計 (気象庁が設置したものその他、広島県等が設置した雨量計も) のデータでキャリブレーションを行い、県内の各 1km メッシュにおける降雨量を計算で求める。これを解析雨量と称する。
- 2) 各 1km メッシュにおいて 1 時間後の降雨量予測値、2 時間後の降雨量予測値を計算する。1km メッシュごとにスネーク曲線を描き、実況及び 1 時間後、2 時間後に CL 線を越えるかどうかを判定する。それぞれの雨量で CL 線を明確に越えるメッシュでは土砂災害発生危険性がある。
- 3) 5km メッシュ内で CL 線を越える 1km メッシュがある場合、5km メッシュ全体を土砂災害の危険性があるとみなす。土砂災害の危険性があると判断されたメッシュがある場合、市町村の行政単位で土砂災害警戒情報を発令する。

以上のように、土砂災害警戒情報は気象台が計算した 1 時間後、2 時間後の雨量予測値を用いて土砂災害の危険性を予測する点に特徴がある。広島市が避難勧告の判定に用いる方法は、横軸に実測した長期実効雨量、縦軸に現在の時間雨量を用いており、基本的な考

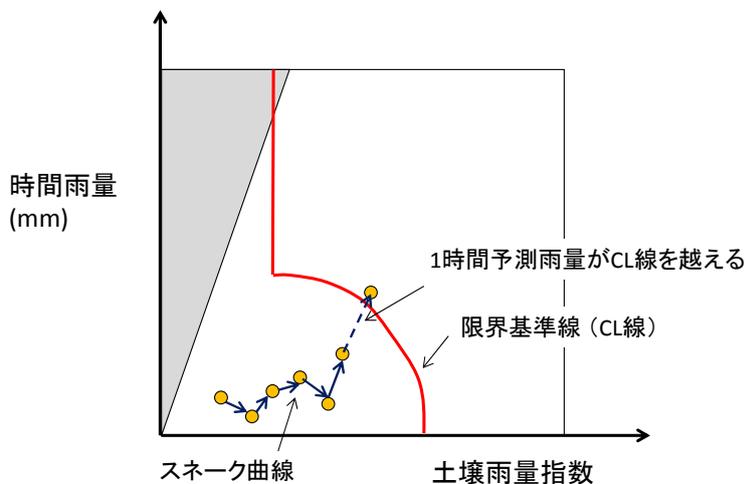


図 3-5-3 土砂災害警戒情報の判定方法

え方は同じであるが、実測した雨量を用いて判定する点が土砂災害警戒情報と異なっている。

図 3-5-4(a)は 8 月 20 日 0 時における 5km メッシュごとの判定図である。この図は広島県内を 5km メッシュで分割し、それぞれのメッシュ内にはさらに 1km があってそれぞれのメッシュごとに解析雨量（実況）と 1 時間後および 2 時間後の予想雨量を用いて、個々に判定が行われている。1 時間後、2 時間後に CL 線を越える 1km メッシュがあるときの 5km メッシュは赤く着色されるので、図は 20 日 0 時の段階で土砂災害の危険がある地域は無いことを示している。なお、解析雨量の計算には約 20 分を要するので、20 日 0 時における県内各地の降雨量分布と 1 時間、2 時間後の予測雨量とそれによる判定結果は 0 時 20 分に判明している。



図 3-5-4(a) 8 月 20 日 0 時の雨量に関する 5km メッシュごとの判定図

図 3-5-4(b)は、0 時 30 分の降雨による解析雨量（実況）と 1 時間後および 2 時間後の予想雨量を用いた判定結果である。図のように、この時間帯には広島県の西部で降雨があり、この降雨によって 3 つの 5km メッシュが 1 時間後（1 時 30 分）に CL 線を越えると予想され着色した。この結果は 0 時 50 分に判明したが、広島県砂防課と広島地方気象台は協議の結果、1 時 15 分に土砂災害警戒情報を発令した。なお、広島県と広島地方気象台によると、1km メッシュで判定が CL 線を越えると判定されても自動的に土砂災害警戒情報を発令するわけではなく、今後の気象変化の見通しなどを考慮し協議のうえ発令するかどうかを決めているということである。

このように 1 時 15 分に土砂災害警戒情報が広島市と廿日市市に発令されたが、図 3-5-4(b)からわかるように、広島市でこのときに対象となったのは佐伯区であり、今回被災した箇所とは 10km 程度離れている。この時点で避難勧告を出すとすれば佐伯区に出す

ことになり被災した安佐南区，安佐北区は対象にならないため，「1 時 15 分に土砂災害警戒情報が発令されているにもかかわらず，直ちに被災地に避難勧告がなかった」という批判は当てはまらないといえる。



図 3-5-4(b) 8 月 20 日 0 時 30 分の雨量に関する 5km メッシュごとの判定図

図 3-5-4(c) は，1 時 00 分における 5km メッシュごとの判定図である．この結果が示されたのは 1 時 20 分頃であるが，図のように 1 時間後（2 時）に基準値を超過する範囲が南西に広がった．この結果より，1 時 35 分に広島市，廿日市市に加えて大竹市，北広島



図 3-5-4(c) 8 月 20 日 1 時 00 分の雨量に関する 5km メッシュごとの判定図

町に土砂災害警戒情報が発令された。被災地周辺のメッシュは危険と判定されていない。

図 3-5-4(d) は、1 時 30 分における 5km メッシュごとの判定図である。この結果が示されたのは 1 時 50 分頃であり、図のように被災地のうち南西側（安佐南区）の範囲は 1 時間後（2 時 30 分）に基準値超過と判断されているが、北東側（安佐北区）は 2 時間後に基準値超過と予測されている。「1 時間後（2 時 30 分）に基準値超過」が土砂災害警戒情報に相当すると考えると、安佐北区の被災地域はこの段階でも土砂災害警戒情報（表 3-5-2 では避難勧告を含む第 4 段階）相当と判定されていない。図をみると、大竹市、廿日市市など県西部では実況（1 時 30 分）で基準値を超過するメッシュが表れており、廿日市市では図 3-5-4(b) の予測が当たっている。

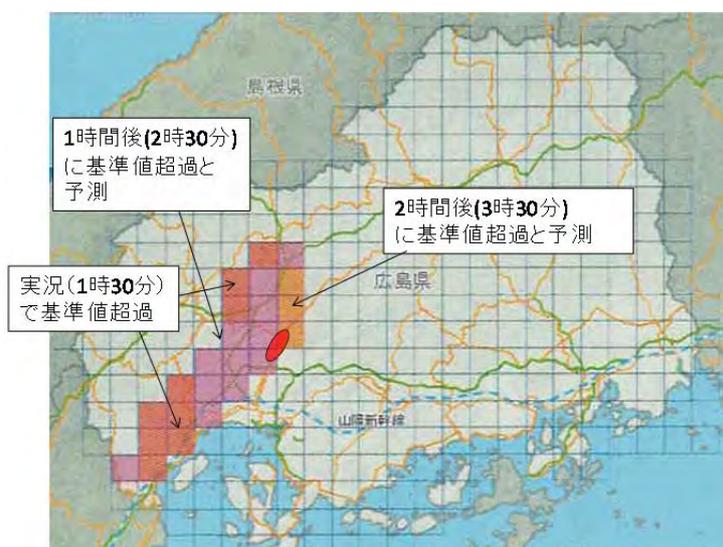


図 3-5-4(d) 8 月 20 日 1 時 30 分の雨量に関する 5km メッシュごとの判定図

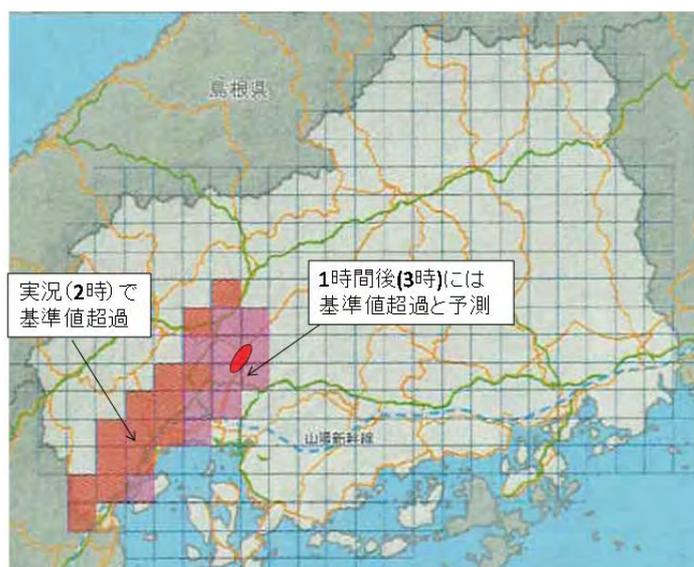


図 3-5-4(e) 8 月 20 日 2 時 00 分の雨量に関する 5km メッシュごとの判定図

図 3-5-4(e) は、2 時 00 分における 5km メッシュごとの判定図である。この結果が示されたのは 2 時 20 分頃であり、この時刻において被災地全体が土砂災害警戒情報（広島市の対応方針では避難勧告を含む第 4 段階）相当の危険度評価となったといえる。この時点で大竹市、廿日市市では実況（2 時 00 分）で基準値を超過するメッシュが拡大している。ただし、廿日市市、大竹市では結果的に被害は報告されなかった。

以上のように個別の 5km メッシュごとに検討すると、被災した安佐南区、安佐北区の双方が土砂災害警戒情報発令の危険度に到達したのは 2 時 00 分の降雨と予測雨量であり、こらがわかった時刻は 2 時 20 分であったといえることができる。1 時 00 分の降雨の例では判定結果がわかってから土砂災害警戒情報が発令されるまで 15 分かかっており、仮にこれを参考にすれば、被災箇所を含むメッシュの地域に判定にともなうアクションを起こすことができたのは 2 時 35 分くらいであったと考えられる（実際には土砂災害警戒情報は広島市全体を対象に発令されているのでそれ以上のアクションはない）。ただし、以上の結果は 5km メッシュ単位でみたときの判断であり、被災箇所における 1km メッシュにおいてこの時間に危険の判定ができていたかは、今後さらに検証する必要がある。

その後、2 時 30 分、3 時、3 時 30 分の雨量に関する判定結果を、それぞれ図 3-5-4(f)、図 3-5-4(g)、図 3-5-4(h) に示す。2 時 30 分では 1 時 30 分の雨量による予測通りに被災地を含む 5km メッシュの安佐南区側は実況で基準を超過している。一方、安佐北区のメッシュは 1 時間後に超過と判定されている。また、安芸高田市が 1 時間後（2 時）に基準値を超過と判定され、土砂災害警戒情報が発令されている。3 時になると被災地を中心とした横に 2～3 個の 5km メッシュにおいて実況雨量が基準を超過しており、3 時 30 分にはさらに範囲が拡大している。



図 3-5-4(f) 8 月 20 日 2 時 30 分の雨量に関する 5km メッシュごとの判定図



図 3-5-4(g) 8月20日3時00分の雨量に関する5kmメッシュごとの判定図

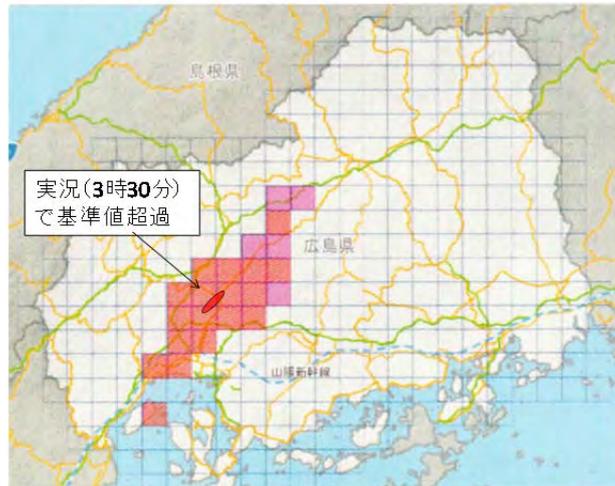


図 3-5-4(h) 8月20日3時30分の雨量に関する5kmメッシュごとの判定図

以上、5kmメッシュごとの危険度判定の推移および土砂災害警戒情報の発令状況を検討した結果をまとめると以下のようなになる。

- 1) 本災害では20日1時15分に広島市に土砂災害警戒情報が発令された。これは、広島市佐伯区の一部において、0時30分の雨量に関する県内の解析雨量および予測雨量において「1時間後（1時30分）に基準を超過」と判定されたためであり、この時刻では被災した安佐南区、安佐北区が危険であるという判断ではなかった。
- 2) 安佐北区、安佐南区の被災地域の危険度が土砂災害警戒情報（表 3-5-2 では避難勧告を含む第4段階）相当と判定されたのは、2時00分の降雨に関する解析雨量と予測雨量であり、これらがわかった時刻は2時20分であった。
- 3) 今回の雨では最大で27個の5kmメッシュの範囲で「1時間後（1時30分）に基準を超過」と判定され該当する市町（広島市、廿日市市、大竹市、北広島町、安芸高田

市) に土砂災害警戒警報が発令された。広島市安佐南区，安佐北区以外では目立った被害は発生しなかった。

(4) 広島市消防局における土砂災害警戒避難基準雨量を用いた危険度判定

広島市消防局は土砂災害警戒避難基準雨量を用いた危険度判定システムを採用している。本方法は、「土石流災害に関する警報の発令と避難の指示のための降雨量設定指針(案)による A 案を改善した矢野による手法である。(土砂災害警戒避難基準雨量の設定方法，国土交通省 国土技術政策総合研究所資料，No.5, 2001.)。

図 3-5-5 に，広島市における土砂災害警戒基準線 WL と避難基準線 EL の求め方を示す。図の横軸は土石流の発生 1 時間前の実効雨量(mm)であり，縦軸は土石流発生までの 1 時間に降った雨(mm)である。危険な領域を判定する CL 線は，過去の土砂災害の発生と雨量の関係からそれぞれの地域ごとに求められている。

実効雨量 R は次式を用いて計算する。

$$R=R_0 \times 0.5^{1/T} + r_1$$

ここに R_0 :1 時間前の実効雨量， T :半減期 (72 時間)， r_1 :直近の 1 時間雨量 である。

広島市では土石流発生 1 時間前の雨量として 5 年確率 1 時間雨量を雨量を用いている。図の A 点がこれを表しており，これより図のように避難基準雨量 R_1 が求められる。5 年確率 2 時間雨量を B とすると， R_1 から (A-B) を差し引いた雨量が土石流発生 2 時間前の実効雨量となるので，これを警戒基準雨量 R_2 とする。

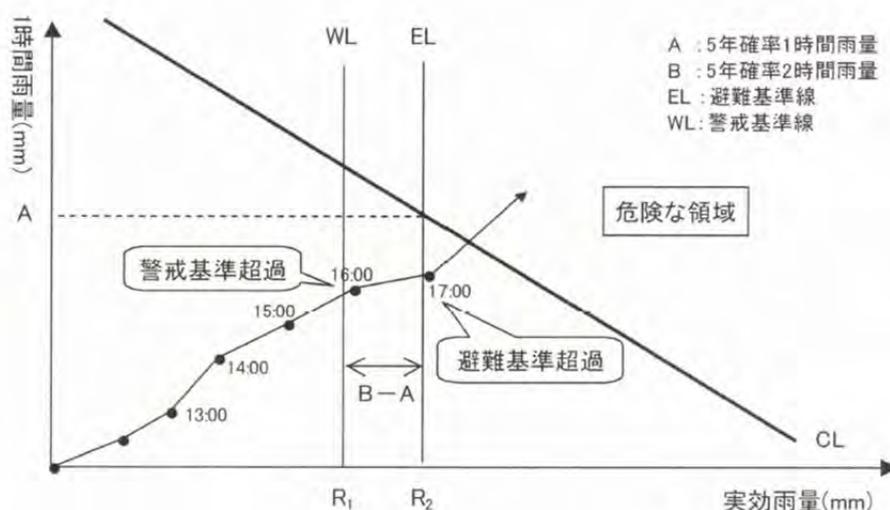


図 3-5-5 広島市消防局における土砂災害警戒基準線 (雨量)，避難基準線 (雨量)

広島市では市内を10の運用ブロックに分けて、それぞれについてCL線を設定し、避難基準雨量と警戒基準雨量を定めている。図3-5-6は安佐北区可部南部のブロックに適用した例である。5年確率1時間雨量が46mm、5年確率2時間雨量が66mmであるので、避難基準実効雨量と警戒基準実効雨量はそれぞれ160mm、140mmと求められる。

図3-5-7は10の運用ブロックと今回の災害で被災した箇所の避難基準雨量、警戒基準雨量を示している。図のように、安佐南区佐東では避難基準雨量160mm、警戒基準雨量

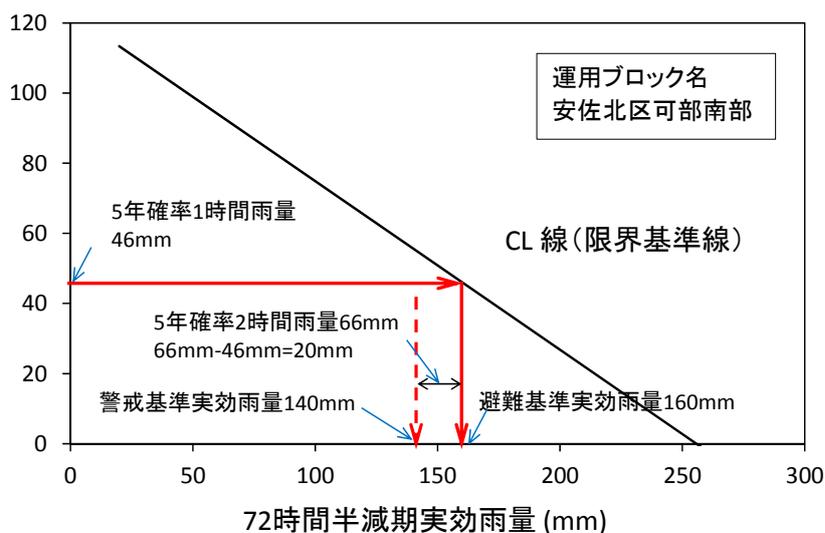


図 3-5-6 土砂災害警戒基準実効雨量と避難基準実効雨量の求め方

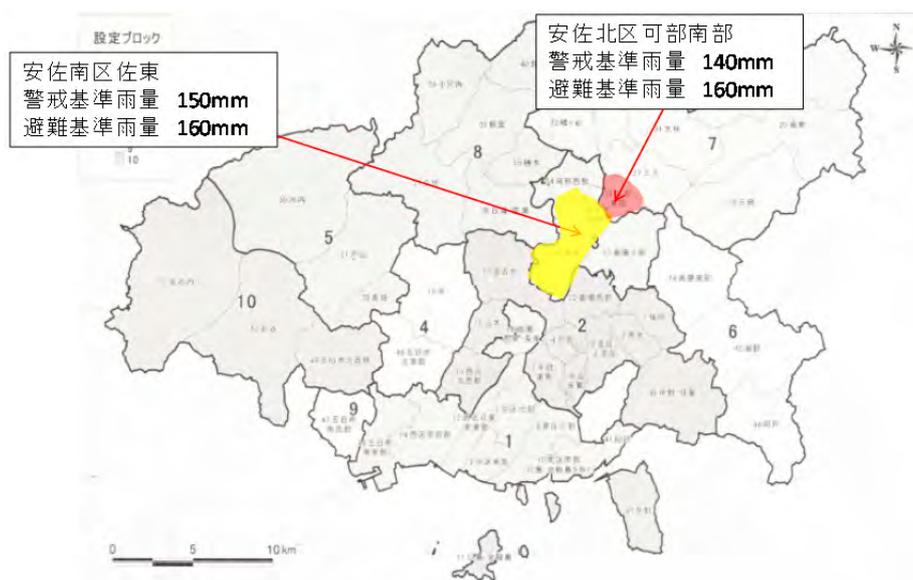


図 3-5-7 運用ブロックと被災箇所における避難基準雨量と警戒基準雨量

150mmであった。広島市では実効雨量の計算に用いる雨量として、各消防署等に設置した雨量計の雨量、あるいは広島県が設置した雨量計のデータを用いている。実効雨量の計算は毎正時ごとに実施し、表 3-5-2 の対応方針に示すように、警戒基準雨量に達したときに避難準備情報（第 3 段階、自主避難の呼びかけ）、避難基準雨量に達したときに避難勧告（第 4 段階）を出すとしている。

安佐北区の被災地である可部南部ブロックにおいて、広島市消防局の方法で実効雨量を計算しその推移を図 3-5-8 に示した。雨量は上原の雨量計（広島県）で観測した雨量を用い、毎正時ごとに計算している。図のように、2 時の段階で実効雨量は 99.5mm であり、警戒基準雨量を十分下回っている。しかし、3 時になると、実効雨量は 190.6mm と急上昇しており、すでに避難基準雨量を 30mm も突破している。これはこの 1 時間の雨量が 92.0mm という猛烈な雨であったためである。このため、3 時に実効雨量を計算したときにはすでに全く危険な状態になっており、4 時の段階で実効雨量は警戒基準雨量の 2 倍近くに達した。

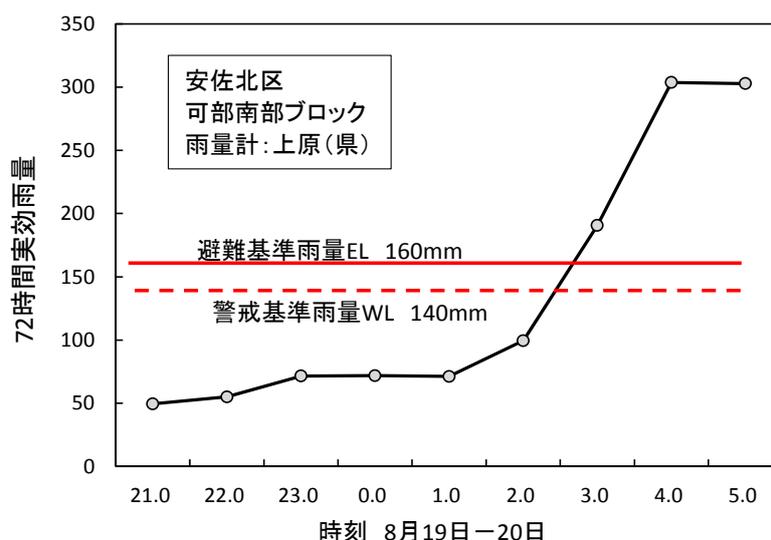


図 3-5-8 安佐北区可部南部ブロックにおける実効雨量の推移 (毎正時ごとに計算)

以上の経過をみると、今回の雨に対して広島市消防局の土砂災害危険度判定システムはほとんど機能しなかったといってよい。その原因は、雨が短時間に急激に強くなったことであるが、このような雨に対して毎正時ごとに実効雨量を計算していたのではとうてい間に合わなかったとも考えられる。雨量計のデータは 10 分ごとに計測されているので、10 分ごとに実効雨量を計算した場合について検討を行った。

図 3-5-9 にその結果を示すが、10 分ごとに実効雨量を計算すると、2 時 40 分に警戒基準雨量を、さらに 2 時 50 分に避難基準雨量を突破している。したがって、この方法では 2 時 50 分の段階で避難勧告（第 4 段階）を出すレベルの危険度であると判定できる。実際に

は図3-5-9をみると2時以降急激なスピードで実効雨量が増加していることがわかるので、その傾向から計算時間などを考慮しても2時20分頃には避難基準雨量にまもなく達すると予想できた可能性がある。その場合でも土石流が一斉に発生する約1時間前であり、避難所の開設準備などを考慮すると災害の前に避難勧告を出すことは困難だったと思われる。

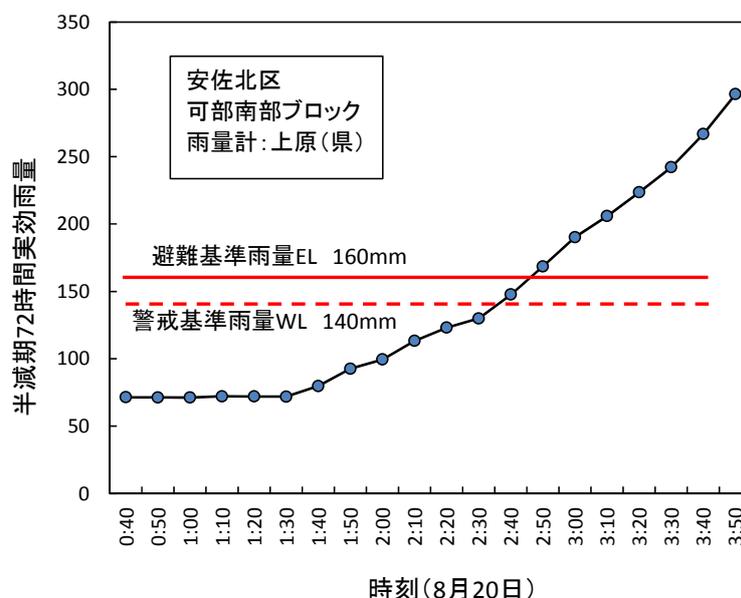


図3-5-9 安佐北区可部南部ブロックにおける実効雨量の推移 (10分ごとに計算)

広島市消防局が採用している方法は、雨量の観測値から警戒、避難の時期を予測する方法である。一方、土砂災害警戒情報の発令のための判定には1時間後および2時間後の雨量の予測値が用いられている。これらの予測値を用いて広島市の方法を用いたときの場合に、どの段階で土砂災害の危険度が予測できたかについて検討してみる。

図3-5-9に用いた上原の雨量計がある1kmメッシュにおいて広島地方气象台が計算した解析雨量と1時間後予測雨量を用いて安佐北区可部南部ブロックの限界基準線に関するスネーク曲線を描き図3-5-10に示した。スネーク曲線は1時間後予測雨量を縦軸に、横軸には各時間の解析雨量から計算した現在の72時間実効雨量をプロットすることで描くことができる。解析雨量と予測雨量は30分ごとに発表されるのでデータは30分単位である。図のように土砂災害が危険と判定されたのは3時00分の雨量による解析雨量と1時間予測雨量である。解析雨量と予測雨量の計算には約20分を要するので、危険と判定されるのは3時20分ということになる。この結果は、図3-5-9において観測雨量による危険度の判定よりも遅く、降雨量の予測値を用いた効果は表れていない。

このように今回の災害において、1時間後予測雨量を用いても土砂災害の危険予測判定時間が早くならなかった原因としては1時間後予測雨量の精度が十分でないことも関係していると考えられる。

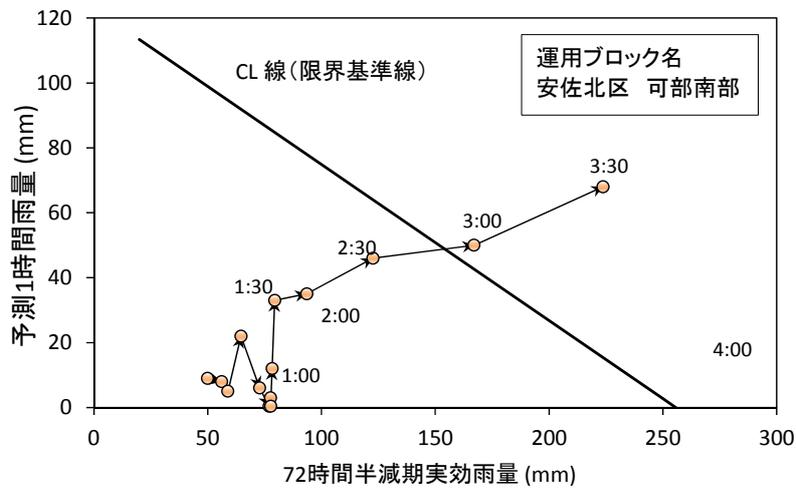


図 3-5-10 安佐北区可部南部ブロックにおける実効雨量の推移（10分ごとに計算）

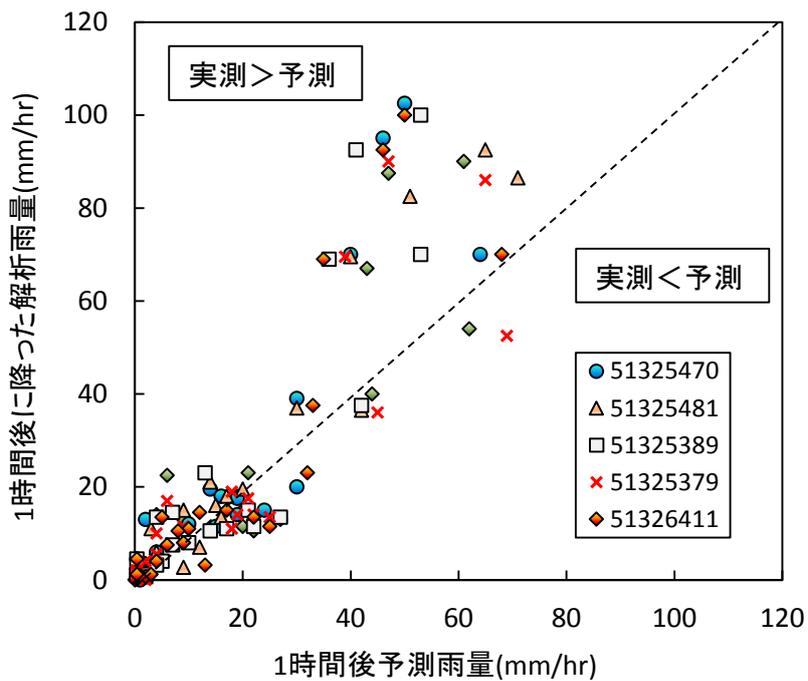


図 3-5-11 安佐南区、安佐北区の被災箇所付近の 1km メッシュにおける 1 時間後予測雨量と 1 時間後の実況による解析雨量の比較

図 3-5-11 は安佐南区と安佐北区の被災箇所付近の 1km メッシュにおける 1 時間後予測雨量と 1 時間後の実況による解析雨量の比較である。図をみると予測雨量が 40mm/hr 以下の時は予測雨量と実測雨量は平均的に合っているといえるが、降雨量が 40mm/hr を越えると、予測雨量と実況による解析雨量の一致度が低下し、実況で 80mm/

hr 以上の場合はほとんど予測できず、過小の予測となっている。したがって、今回の土砂災害では災害発生前の予測が、観測値を用いた方法でも、予測雨量を用いた方法でも非常に難しかったといえることができる。

(5) 土砂災害警戒情報と避難基準雨量に関するまとめ

今回の災害に関して広島県と広島地方気象台による土砂災害警戒情報、広島市消防局が用いている避難基準雨量による危険予測の適用性について検討を行った。検討結果をまとめると以下のようになる。

- 1) 土砂災害警戒情報が発令する過程を検討した結果、1時15分に広島市に発令された土砂災害警戒警報は佐伯区を対象としたものであることがわかった。被災地付近において土砂災害警戒発令相当の危険があると判定されたのは、2時00分の降雨に関する解析雨量と予測雨量であり、これらがわかった時刻は2時20分であった。
- 2) 広島市消防局では観測雨量から実効雨量を正時ごとに計算し、その値が避難基準雨量に到達することで避難勧告相当の状態（第4段階）と判定する方法を用いている。この方法では3時の段階で警戒基準雨量と避難基準雨量を大きく超えていることに気づくことになり、災害の発生に対応できなかったことがわかった。実効雨量の計算を10分ごとに行っていれば、2時半頃に危険の判断ができた可能性がある。
- 3) 気象台による1時間後予測雨量（短時間降水予測）を広島市消防局の方法に適用してみると、危険と判定されるのは3時:00分の雨量による解析雨量及び予測雨量であり、観測雨量を用いた方法からの向上はみられなかった。この原因としては解析雨量の計算に20分を要すること、降雨強度が80mm/hrを越える降雨を十分に予測できなかったことがあげられる。
- 4) 今回の災害のように、降雨強度80mm/hrを越える豪雨が集中的に発生した場合において、災害発生前に予測を行い避難勧告、避難指示といった防災情報を災害発生より少しでも早く発信する方法を今後検討する必要がある。

3. 6 警戒区域，特別警戒区域の指定のための調査における想定土量と今回の災害で発生した土量の比較と考察

(1) 警戒区域，特別警戒区域の指定のための調査結果

今回被災した緑井・八木地区は土砂災害警戒区域と特別警戒区域に指定されていなかったが，広島県による指定のための調査は終了していた．本災害の後に広島県は調査結果を公表している．その結果により，もっとも被害が大きかった八木3丁目県営緑ヶ丘住宅の上の溪流について，区域指定の予定を図3-6-1に示す．図のように，特別警戒区域（著しい危害のおそれがある土地，いわゆるレッドゾーン）は溪流の出口付近の長さ50mの範囲であり，今回被害が発生した地域は警戒区域（危害のおそれがある土地，いわゆるイエローゾーン）に含まれている．

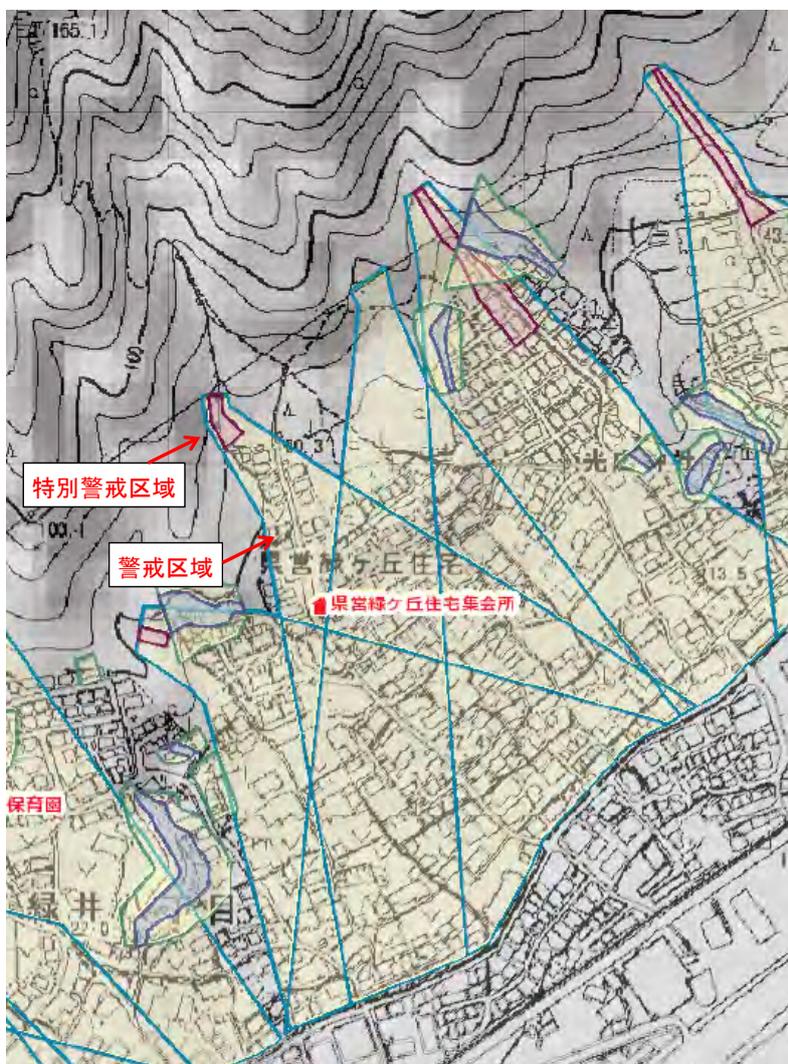


図3-6-1 八木3丁目県営緑ヶ丘住宅の上の溪流の区域指定予定
(広島県土砂災害ポータルより)

八木3丁目阿武の里団地, 八木4丁目八木が丘団地に被害をもたらした溪流の警戒区域, 特別警戒区域の指定予定を図3-6-2に示す. 図をみると二つの溪流で特別警戒区域の指定範囲には住宅は含まれていない. 今回の災害による住宅の被害は特別警戒区域の大きく越

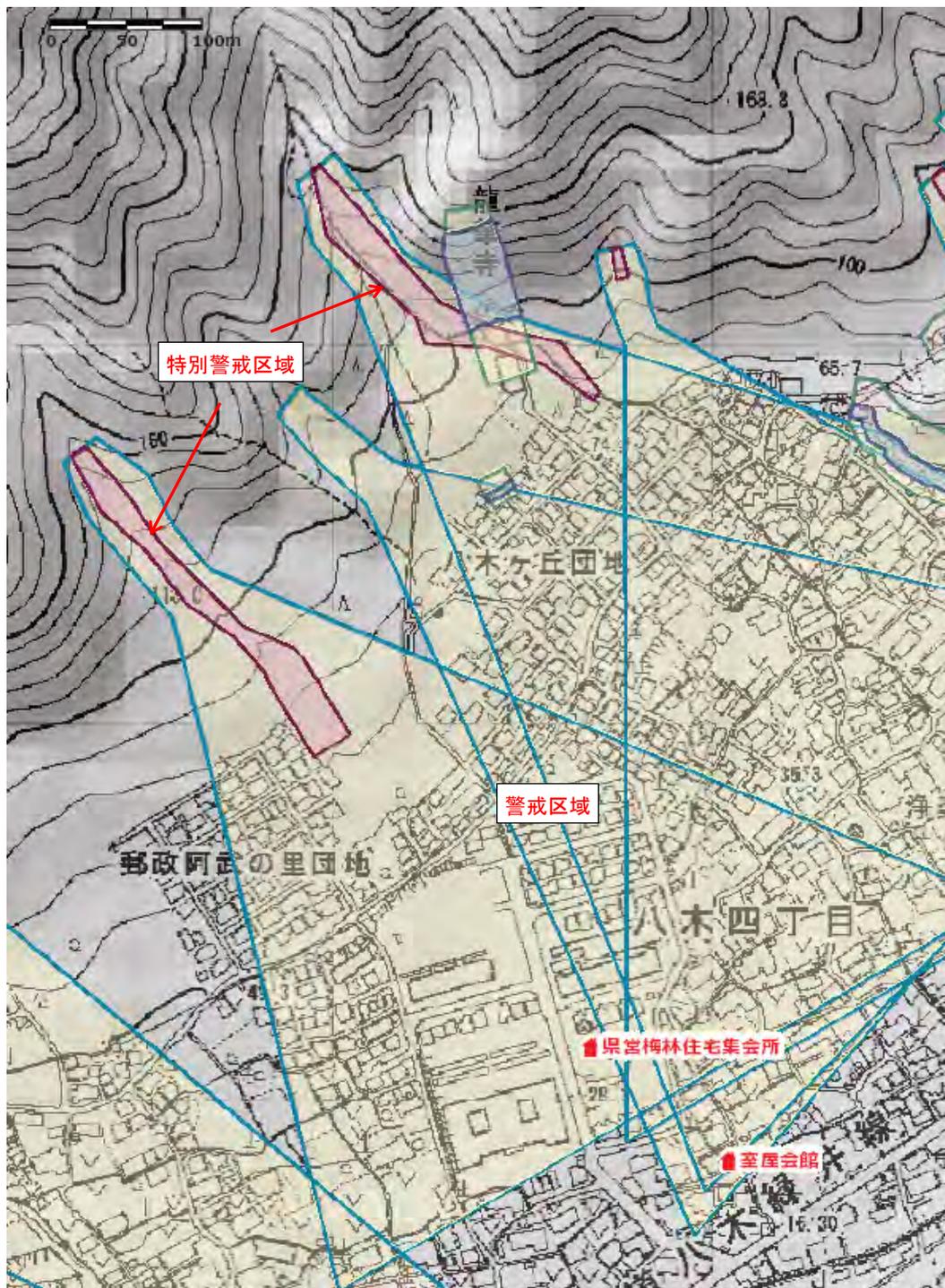


図 3-6-2 八木 3 丁目阿武の里団地, 八木 4 丁目八木が丘団地の上の溪流に関する区域指定予定 (広島県土砂災害ポータル)

えた外で発生しており、現在の調査方法では多くの人的被害など「著しい危害」が発生する区域を的確に表現できていないといえる。

図 3-6-3、図 3-6-4 は緑井 7 丁目と緑井 8 丁目の上の溪流の区域指定予定である。両地



図 3-6-3 緑井 7 丁目上の溪流に関する区域指定予定(広島県土砂災害ポータル)

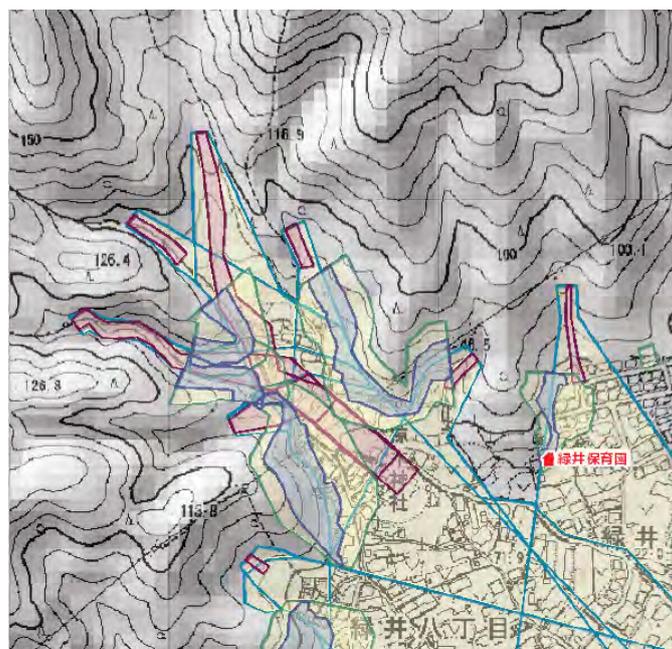


図 3-6-4 緑井 8 丁目上の溪流に関する区域指定予定(広島県土砂災害ポータル)

区では住宅の一部が特別警戒区域の指定予定となっており、被害はこれらの範囲を中心に発生している。

緑井・八木地区の各土石流危険渓流について、区域指定のための調査において想定している土砂発生土量と、今回の災害において発生した各渓流の土量を比較した結果を図3-6-5に示す。想定土量は広島県による各渓流の基礎調査調書のデータを、各渓流の流出土砂量は中国地方整備局によって調査されたデータ（暫定値）を使用している。

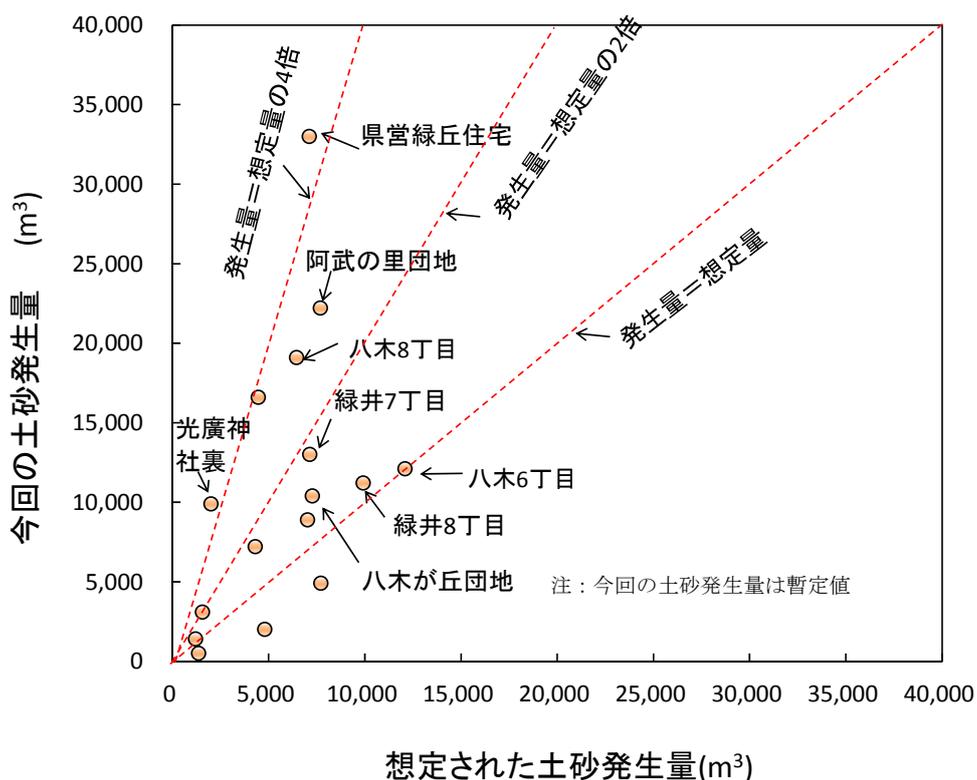


図3-6-5 基礎調査調書において想定された土砂発生量と今回の土砂発生量の比較

図をみると、緑井・八木地区の16の渓流のうち、12の渓流では調査時の想定土砂量を上回る土砂が土石流として流下していた。このうち阿武の里団地など5つの渓流が想定量の2倍以上、さらにその内の2つである県営緑ヶ丘住宅の上の渓流、光廣神社の裏の渓流では想定量の4倍を超えた巨礫を含む土砂が流出した。この大量の流出土砂が甚大な被害をもたらした主たる原因であるといえる。緑井7丁目、緑井8丁目、八木が丘団地の渓流でも人的被害が発生したが、発生量は想定発生量よりも大きいものの2倍以下であった。

渓流の基礎調査調書では、土砂発生量の見積りにおいて、浸食可能土砂量（渓流内に存在する不安定な土砂の量）と降雨によって決まる運搬可能土砂量を計算し、その少ない方の値を用いることとしている。図3-6-5の渓流では想定された土砂発生量はすべて浸食可

能土砂量から決まっている。また、溪流が分岐する場合、浸食可能土砂量が最大となる想定土石流流出区間1つを抽出して算出することになっており、複数の区間から繰り返し土石流が発生することは考慮されていない。以上の点から、想定発生量よりも実際の発生量が多かった理由としては以下のことが考えられる。

- 1) 県営緑ヶ丘住宅の上の溪流では土石流は3箇所の源頭部から少なくとも3回発生し、それぞれで多くの土砂が流出したと考えられる。阿武の里団地の上の溪流でも3箇所の源頭部から大きな土石流が少なくとも2回発生したと考えられる。このことが想定を上まわる土砂発生量になったと考えられる。なお、八木が丘団地では源頭部は1箇所であるが、想定土砂量と発生量の差は小さい。
- 2) 基礎調査では、溪流内に存在する不安定な「浸食可能土砂」として、溪流に堆積している土砂や強風化した土砂が計上されており、岩盤の浸食は想定されていない。しかし、県営緑ヶ丘住宅の上の溪流、阿武の里団地の上の溪流では、風化した土砂の下にある軟岩や亀裂に囲まれた硬質岩の一部が浸食されていることがわかっている。
- 3) 軟岩や硬岩の一部が浸食され土石流が拡大したことの原因として、時間80～100mm規模の雨が2時間以上継続したため、7月以降の雨の影響で山体に貯留されていた地下水(4.1.3参照)に加わる形で、急激に増加した岩盤内の地下水によって軟岩や亀裂に囲まれた硬質岩の一部が不安定化した可能性も考えられるが、このメカニズムを明らかにすることは今後の大きな課題である。

土砂災害の危険がある地域において特別警戒区域、警戒区域を指定し、特別警戒区域で開発行為や建築物の構造を規制するとともに、ハザードマップによる危険の周知と十分な警戒避難態勢をとることは、土砂災害防止法における主要な施策となっている。今回の災害において、緑井・八木地区の溪流では、溪流ごとの基礎調査調書で想定している土砂発生量よりもはるかに大きな土砂が土石流として流下した。この結果、「著しい危害のおそれがある土地」として指定されているレッドゾーンを大幅に超えた地域で人的被害を含む大きな被害が発生した。今後、警戒区域の指定のあり方について、検討する必要があると考えられる。

3. 7 計画的視点

3. 7. 1 豪雨災害を受けた地区の人口統計

平成 26 年 8 月豪雨で被災した地区(図 3-6-1)の発災時の人口および人口動態は表 3-7-1 のとおりである。広島市全人口 1,187,845 人の内 1.6%にあたる約 2 万人が居住する地区で豪雨災害が発生した。都心から約 15km の市北部郊外に位置する同地区の過去 10 年間の人口変化率は平均 0.9 ポイント増であるが、14.5 ポイント増加した安佐南区八木四丁目から 12.6 ポイント減少した安佐北区三入四丁目まで、地区によって人口動態が大きく異なる。高齢化率は平均で 25%、最大で 42%を示すなど、高齢化の進展が著しい地区である。この度の豪雨災害で最大の人的被害(死亡者数 41 名)を記録した安佐南区八木三丁目は、人口は 8%程度の減少、高齢化率は 25.6%の地区であった。



(a) 安佐南区緑井・八木地区

(b) 安佐北区可部東・三入・可部町桐原地区

図 3-7-1 広島市豪雨災害による主な被災地区 (出典：地図 国土地理院)

表 3-7-1 被災地区の人口および人口動態 (2014 年 8 月現在)

区丁目	人口(人)	世帯数(世帯)	人口変化率 (2005~14年)(%)	高齢化率 (2014年6月)(%)
安佐南区山本八丁目	1,038	416	6.6	28.1
安佐南区緑井七丁目	2,474	971	2.7	20.3
安佐南区緑井八丁目	1,700	732	5.9	25.5
安佐南区八木三丁目	2,388	1,030	-7.9	25.6
安佐南区八木四丁目	2,456	1,095	14.5	19.5
安佐南区八木六丁目	1,501	698	-10.2	29.0
安佐南区八木八丁目	968	421	-0.7	22.1
安佐北区三入四丁目	202	88	-12.6	33.5
安佐北区三入南二丁目	1,597	630	2.1	23.0
安佐北区可部三丁目	1,900	901	10.8	27.4
安佐北区可部東二丁目	1,048	467	7.2	25.5
安佐北区可部東六丁目	816	347	-1.7	30.5
安佐北区可部町大字桐原	1,292	538	-12.0	29.4
安佐北区大林三丁目	278	124	-12.0	42.3
合計	19,658	8,458	0.9	25.1

(出典：広島市統計¹⁾)

3. 7. 2 公共施設の被災状況

国土交通省中国地方整備局のとりまとめによると、この度の豪雨災害で被害を受けた公共施設の平成26年9月18日時点で確認できた被災状況は以下の通りである。

(1) 公営住宅

1) 県営緑丘住宅

- ・ 4～6号棟1階部分及び集会所に土砂崩れによる土砂が流入
- ・ 県営住宅敷地内で3名死亡（内入居者1名）、敷地外で入居者1名死亡

2) その他の被害

- ・ 県営住宅 2箇所、市営住宅 12箇所 全て復旧済み

3) 災害復旧事業の活用

- ・ 県営緑丘住宅のみ既設公営住宅復旧事業の活用予定あり

(2) 下水道

1) 被災箇所数 49箇所（内本復旧または応急復旧済み箇所 42箇所）

広島県 南区1(1)

広島市 西区2(1), 安佐南区37(31), 安佐北区9(9)

2) 未復旧箇所

- ・ 安佐南区八木, 緑井, 安佐北区可部東地区は継続調査中
堆積土砂のため調査に着手できない下水管路延長約2km
- ・ 応急復旧未済箇所（復旧作業中・検討中） 7箇所
7箇所の復旧予定（西区：1箇所, 安佐南区：6箇所）

3) 災害復旧事業の活用（公共土木施設災害復旧事業費）

- ・ 40箇所を活用する意向
- ・ 8月29日に災害報告書を提出済み

4) その他

- ・ 南北の雨水幹線は、通水していることを確認済み

(3) 都市公園

1) 広島市管理の17公園において被災有（佐伯区1, 西区1, 安佐南区10, 安佐北区5）

- ・ 佐伯区1公園, 安佐南区1公園は応急復旧済み

2) 災害復旧事業の活用（公共土木施設災害復旧事業費）

- ・ 4公園で活用する意向
- ・ 8月29日に災害報告書を提出済み

(4) 宅地内の堆積土砂排除

- ・ 広島市は、宅地内の堆積土砂排除について、国土交通省の堆積土砂排除事業は活用せず、環境省事業を申請済み

3. 7. 3 豪雨災害を受けた地区の開発の歴史的経緯

被災地区は1973年（昭和48年）に広島市に合併編入される前は、安佐郡祇園町、沼田町、佐東町、安古市町および可部町であった。特に人的被害の大きかった緑井・八木地区は旧佐東町に位置し、1965年（昭和40年）に広島都市計画区域に編入された。

佐東町史（1980）²⁾によれば、八木・緑井地区は、平安時代に編集された「和名類聚抄」にその名が登場するなど古代から人々が暮らす集落であった。縄文時代の遺跡や古墳を現在の航空写真に重ねあわせると、その多くが太田川の氾濫原である低地ではなく、傾斜地数多く分布しており、遺跡の分布を線で結ぶと現在の都市計画法の線引き線と奇妙に一致する。このことはこの度の被災地区に位置する傾斜地に古くから人家が存在したことがうかがわれる（写真3-7-1）。



写真3-7-1 安佐南区緑井・八木地区の現市街地と遺跡・古墳の分布（資料：広島市）

現代になり、1968年（昭和43年）の都市計画法の改正により、同地区においても1971年（昭和46年）、都市計画区域について無秩序な市街化を防止し計画的な市街化を図るために、区域区分（市街化区域と市街化調整区域の区分）いわゆる線引き制度が導入された（表3-7-2）。この間、1948年（昭和23年）3月から2009年（平成21年）4月にかけて5時点で撮影した航空写真から土地利用の変遷をみると（写真3-7-2）、市街化区域と市街化調整区域の境界線付近の平地および傾斜地に古くから住宅地が立地し、太田川河川周辺の低地の方向へ市街地開発が進んだことが読み取れる。



(a) 1948年(昭和23年)撮影



(b) 1962年(昭和37年)撮影



(c) 1972年(昭和47年)撮影



(d) 1981年(昭和56年)撮影



(e) 2009年(平成21年)撮影

写真 3-7-2 安佐南区緑井・八木地区の土地利用の変遷

表 3-7-2 旧佐東町の発展の歴史

年	佐東町（広島市）に関すること	備考
S27 (1952)		広島平和記念都市建設計画の決定
S30 (1955)	緑井村，八木村，川内村の合併により佐東町が誕生	
S39 (1964)		牛田新山宅地開発完了
S40 (1965)	広島都市計画区域に編入	
S43 (1968)		都市計画法の改正（線引き制度の導入）
S46 (1971)	区域区分（市街化区域，市街化調整区域）の設定	
S47 (1972)	町営八木別所土地区画整理事業が完了	西原第一土地区画整理事業の完了
S48 (1973)	広島市に合併編入	
S51 (1976)	中八木土地区画整理事業（組合）の完了	
S52 (1977)	緑井第一土地区画整理事業（組合）の完了	
S54 (1979)		第1回都市計画総合見直し
S55 (1980)	政令指定都市に移行（開発許可権限が県から移行）	
S62 (1987)		第2回都市計画総合見直し
H7 (1995)		第3回都市計画総合見直し
H16 (2004)		第4回都市計画総合見直し
H24 (2012)		第2次一括法の施行（区域区分の決定権限が県から移行）
H24 (2012)		第5回都市計画総合見直し

（資料：広島市都市整備局都市計画課）

3. 7. 4 土砂災害発生地区の人口集積地区と土砂災害危険区域

平成26年8月19日夜から20日未明にかけて発生した局所的な豪雨等により広島市において人的被害や住家被害が発生した。ここではインターネットで公表されている地理空間データにより市街地の形成状況と被災状況を分析した。本分析に用いた地理空間データは以下の通りである。

○土砂災害の発生状況

空中写真による土砂災害の写真判読図（国土地理院）³⁾

<http://www.gsi.go.jp/common/000095318.lzh>

○土砂災害危険箇所データ

土砂災害危険箇所（国交省／国土数値情報ダウンロードサービス）⁴⁾

<http://nlftp.mlit.go.jp/ksj/index.html>

○市街地の形成状況

人口集中地区(DID)の経年変化（国交省／国土数値情報ダウンロードサービス）⁴⁾

<http://nlftp.mlit.go.jp/ksj/index.html>

○町丁目境界、鉄道及び鉄道駅等の地理空間データ

国交省／国土数値情報ダウンロードサービス⁴⁾

<http://nlftp.mlit.go.jp/ksj/index.html>

○総務省統計局／地図で見る統計

<http://www.e-stat.go.jp/SG1/estat/toukeiChiri.do?method=init>

(1) 土砂流出範囲における市街地形成の状況

土砂流出範囲（**図 3-7-2**、赤色ハッチ部）は、可部・三入地区東側の斜面地、及び安佐南区の緑井・八木地区西側の斜面地で発生している。

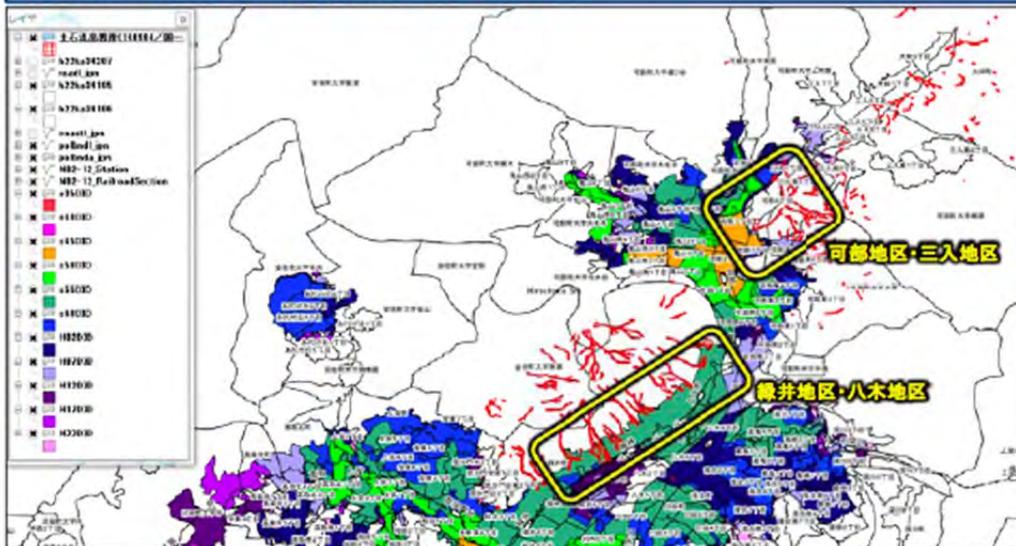
可部・三入地区は主として昭和40～45年に、緑井・八木地区は主として昭和55年に人口集中地区(DID)^{*}となっており、いずれも高度経済成長期に市街地が形成された地区である。今回の土砂災害は、これらDIDにまで土砂流出が達したことより甚大な被害に至った。

※ 人口集中地区(DID、Densely Inhabited District)：国勢調査で設定される統計上の地区で、市街地の規模・広がりを示す指標として使用される。人口密度4,000人/km²以上の基本単位区が互いに隣接して人口が5,000人以上となる地区や、空港・港湾・工業地帯・公園など都市的土地利用が認められる地区が設定されている。

1. 土砂災害発生地区と市街地の形成状況の関係

Ver.2
141005 福山市立大学

土砂災害の発生個所(赤色ハッチ部)は安佐南区から安佐北区にかけて広く発生しており、このうち、安佐南区の緑井地区・八木地区、安佐北区の可部地区・三入地区では市街地(人口集中地区:DID)にまで土砂災害が至っている。



【資料】総務省統計局/地図で見る統計、空中写真による土砂災害の写真判読図(国土地理院)、国交省/国土数値情報ダウンロードサービスにて公表されている地理空間データを用いて作成

2

図 3-7-2 土砂災害発生地区と市街地の形成状況の関係

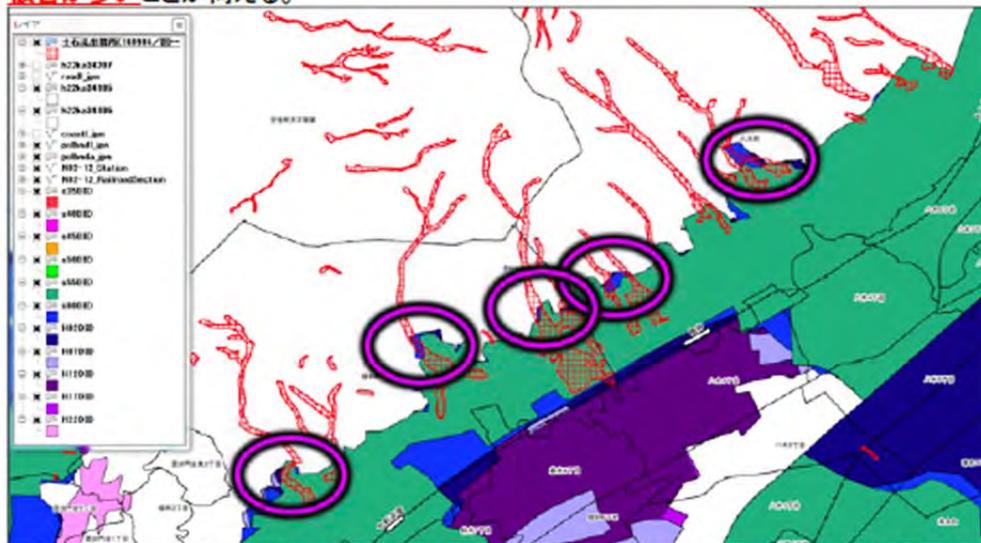
(2) 人口集中地区(市街地)の拡大

上記(1)で記したように、可部・三入地区、及び緑井・八木地区は高度経済成長期に市街地が形成されてきたが、広島市では高度経済成長期以降も引き続き人口が増加し続けたことに伴い、さらに斜面地側に市街地が小規模ながら虫食い状に拡大していった。

図 3-7-3 は、土砂流出範囲と DID を重ねた図を緑井・八木地区について拡大したものであるが、昭和 55 年国勢調査 DID (緑色) の山側に、平成時代に入った後に小さな DID が虫食い状に広がっている(青色)。今回の土砂流出は、この平成時代に入って DID となった地区の多くで発生していることがわかる(ピンク色の丸印部分)。

○安佐南区 緑井地区・八木地区の状況

JR可部線から山側の市街地部(人口集中地区: DID)は、主にs50~s55年に市街地が形成されたが、山沿いには、**その後新たに拡大していった地区が認められ、同地区での被害が多い**ことが伺える。



【資料】総務省統計局/地図で見る統計、空中写真による土砂災害の写真判読図(国土地理院)、国交省/国土数値情報ダウンロードサービスにて公表されている地理空間データを用いて作成

3

図 3-7-3 緑井・八木地区の被災地区と市街地形成状況

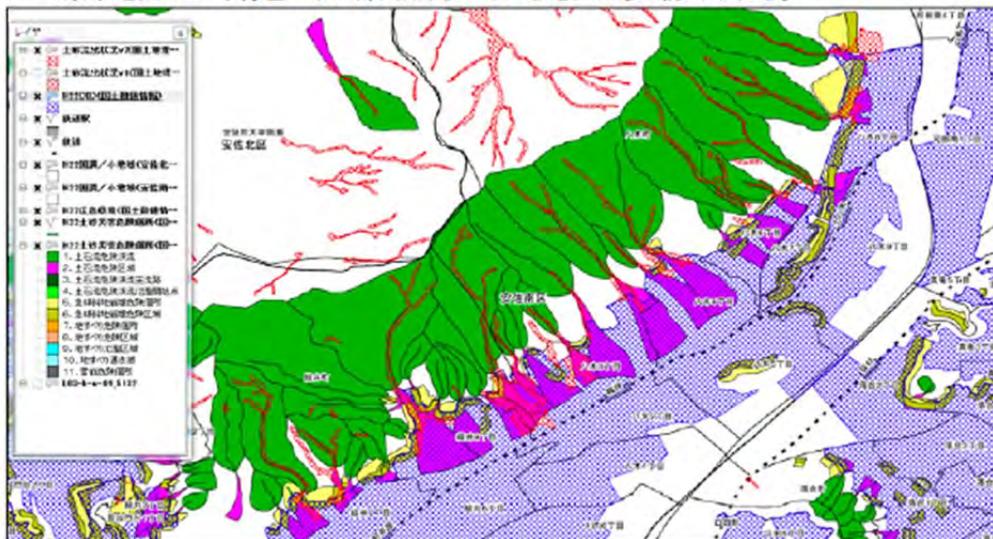
(3) 土砂流出範囲，人口集中地区（市街地）と土砂災害危険箇所との関係

上記（1）で示した，土砂流出範囲，人口集中地区（市街地）に，土砂災害危険箇所を重ね，緑井・八木地区について拡大したものが図 3-7-4 である。

土砂災害危険箇所は、「土砂災害警戒区域等における土砂災害防止対策の推進に関する法律（土砂災害防止法，平成 13 年 4 月施行）」の第 4 条に定められた基礎調査により明らかとなった土石流危険渓流・地すべり危険箇所・急傾斜地崩壊危険箇所を地図上に示したもので，同法では，この調査結果に基づき，「土砂災害警戒区域（通称：イエローゾーン）」や「土砂災害特別警戒区域（通称：レッドゾーン）」の指定を行うこととなっている。

○安佐南区 緑井地区・八木地区の状況

土砂災害の発生箇所(赤色ハッチ部)及び土砂災害危険地区(ピンク色部)で市街地(人口集中地区: DID、青色ハッチ部)と重なっている地区が多く認められる。



【資料】 総務省統計局/地図で見る統計、空中写真による土砂災害の写真判読図(国土地理院)、国交省/国土数値情報ダウンロードサービスにて公表されている地理空間データを用いて作成

図 3-7-4 緑井・八木地区の被災地区と土砂災害危険地区の関係

図 3-7-4 より、今回の豪雨による土砂流出範囲(赤色ハッチ部)は、土砂災害防止法第 4 条基礎調査の結果より示された土石流危険区域(ピンク色)とほぼ重なっていることより、土石流危険区域は、その危険性を適切に示していたことがわかる。

また、同図より、土石流危険区域(ピンク色)の大部分が平成 22 年国勢調査 DID(青色ハッチ部)と重なっているが、緑井・八木地区の人口集中地区(DID)は、前述のとおり、その大部分が昭和 55 年国勢調査 DID であり、土石流危険区域(ピンク色部)が基礎調査で示される前より市街地が形成されていたところである。このように、緑井・八木地区の市街地は、土石流危険区域が基礎調査に基づき示される前より形成されていたわけであるが、土石流危険区域と人口集中地区(DID)が重なっていたことは約 10 年前より明らかとなっていたのである。

3. 7. 5 交通機関への影響と復旧

被災地区がある安佐南区および安佐北区は、広島市都心から約10～20km北に位置する周囲を豊かな自然環境に囲まれた郊外住宅地である。国道54号線とJR可部線で都心に直結、サービス水準の高い路線バス網が供給されることから、都心への通勤・通学や業務交通の利便性が高く、昭和40年代から既成市街地をさらに高密度化する形で開発が進んだ。さらに、安佐南区緑井・八木地区は、新交通システムアストラムラインとJR可部線の結節点や山陽自動車道のインターチェンジへのアクセスが非常に便利であり、近年は業務施設や郊外型大型買物店舗が立地する北部郊外拠点地区を形成している。

豪雨は当該地区の交通へ大きな影響を及ぼした。

まず道路に関しては、災害発生の日平成26年8月20日未明から、国道54号線の広島市安佐南区八木6丁目交差点から安佐南区八木町区まで区間、および国道261号線の安佐北区大林の区間が通行止めとなった。しかし、迅速な復旧作業により21日00時30分にはともに通行できるようになった。その後は、全国各地から駆けつけた救援・支援車両と一般通過車両による混雑が続いた（写真3-7-3）が、災害復旧関連車両専用レーンなどの適切な渋滞車線規制（図3-7-5）が行われた結果、深刻な渋滞は回避できた。一方、細街路については啓開・復旧作業には時間がかかっている。傾斜地への物資搬入、重機車両の通行を担うための機能を早期に回復するための作業に傾注している。今後は砂防堰堤の工事道路などが必要となり、復興事業・防災事業にあわせた地区内の区画整理や道路網の見直しが求められる。



(a) 国道54号線



(b) 県道270号線



(c) 地区内細街路

写真3-7-3 災害を受けた地区の道路状況（平成26年8月23日（土）筆者撮影）



図 3-7-5 災害に適応した道路規制（資料：国土交通省中国整備局）

道路に比べて公共交通は代替手段に限りがあり，復旧までに時間を要した．路線バスに関しては，被災直後から関連する地域の路線バス（広島交通や広電バスなど）に運休や運行経路変更による遅延などの影響が出た．すべての路線が復旧したのは発災後 16 日ぶりの 9 月 5 日であった．

鉄道に関しては，JR 可部線（緑井～可部、総延長 6.7km）の計 15 カ所でのり面の崩壊や冠水、土砂の流入があり，8 月 21 日始発から終日運転が見合わされた．9 月 1 日に 12 日ぶりに運転を再開した．その間，約 1 日約 1 万 2000 人の通勤・通学者の足に影響が出た．8 月 24 日より緑井天満屋前～可部駅前が路線バスの代行運送が提供された．JR 芸備線（三次～広島、総延長 68.8km）で 8 月 21 日まで運転見合わせが行われたが、翌 22 日より運転が再開された．鉄道とバスの柔軟な連携により，同地域の交通への影響を最小限に留めることができた．

3. 7. 6 被災者向けの住宅確保

国土交通省中国地方整備局の中間的とりまとめによると、被災者向けの住宅確保の状況は以下の通りである。

(1) 公営住宅・その他公的住宅における受入

家屋が全壊または半壊など当面居住が困難な者を対象とし、入居期間は6ヶ月、無償で借用できる。

- ① 広島県営 (80戸, 追加23戸 計103戸), 広島市営 (80戸, 追加5戸 計85戸), その他公的住宅 (215戸, 追加23戸 計238戸) (合計426戸)
 - ・ 8月24日から募集, 抽選を行い, 入居者を決定 (9月17日現在, 426戸のうち148戸の入居及び入居者予定)
 - ・ 9月11日に公営住宅70戸, その他公的住宅219戸, 計289戸 (追加51戸を含む) を再募集する旨発表
 - ・ 9月15日受付, 応募32件, 16日に抽選を実施し, 19件入居者を決定. 応募のなかった住宅について9月18日~30日受付期間, 先着順で入居者を選定.
- ② 周辺県市町からの県市町営住宅等の提供申出について市が発表. 個別に順次申込.
 - ・ 9月17日現在194戸, うち2戸決定.

(2) 民間賃貸住宅の借り上げ等

① 民間賃貸住宅の借り上げ

- ・ 災害時協定を締結している3団体から空室リストの提示.
- ・ 9月2日 市が民間賃貸住宅を借り上げて, 6ヶ月無償で提供することを発表. (応募状況: 9月4・5日計 受付143件, 申込78件)
- ・ 市域全体で家庭用約2,800戸, 単身・2人用約3,100戸, 安佐南・北区両区で家族用約1,000戸, 単身・2人用約600戸という参考値も提示.
- ・ 市が9月11日に再度募集を行う旨発表. 9月14日に申込みを受付, 受付20件, うち申し込み12件. さらに, 協定3団体が指定する不動産仲介業者店舗で9月18日~30日まで随時受付, 斡旋を行う.

② 短期提供の申し出

- ・ 民間住宅等の無償・定額での提供の申出を広島市が公表 (9月17日現在367件, うち98件決定済み).
- ・ 市内の不動産会社が賃貸住宅100戸を3ヶ月間無償貸出 (現在71件決定済み).

(3) 応急仮設住宅の建設

- ・ 8月20日 広島県から (社) プレバブ建築協会に災害救助法の適用を連絡
- ・ 現時点では, 県・市とも, 新規建設は行わない方向で調整中.

(4) その他

- ・ 被災住宅及び建築物の復旧等に関する建築相談窓口の建築関係団体との共同設置 8月26日から9月17日現在：窓口相談件数180件，現地調査件数49件
- ・ 土砂災害と建築構造に係る知見を得るため，9月16日に国土技術政策総合研究所・建築研究所が県営緑丘住宅の現地調査を行った。

[参考]

避難者：41世帯，79人

全壊：133件，半壊：122件，一部損壊：174件，床上浸水：1,300件，床下浸水：2,811件 合計：4,540件

以上，広島市発表9月16日22時現在

3. 7. 7 安全・安心な集約型都市に向けて

平成26年8月広島豪雨災害は，以下に示すようないくつかの顕著な特徴がある。

- ① 雨量強度が過去の経験を超える水準にあり，地域の地盤特性にも関連して発生した土石流が想定を超える量と速度で猛威を振るったこと，
- ② 豪雨発生が深夜から未明にかけた時間帯であり在宅の住民が多く，かつ降水量の増加と降水域の空間移動の速度が速く，公共等からの警戒情報の提供や住民相互が連携をとって避難行動などを起こすことが難しい状況にあったこと，
- ③ 古くから住宅が立地し，良好な生活環境にある地区であるため人口が集積する都市市街地で発生したこと。

こうした状況を踏まえると，安全・安心なまちづくりに向けて，早急に解決すべき課題がある。第1に，地球温暖化に起因して頻発する局所豪雨に対する適応策と緩和策の検討と実施である。適応策としては，ゲリラ的に発生する局所豪雨の予測精度をさらに高度化し，停電等の条件でも確実に迅速に伝達できる緊急情報体制を構築する必要がある。緩和策としては，危険性の高い地区への砂防堰堤などの施設整備に加えて，住民が自ら異常を察知し，自主的に早期避難（水平避難と垂直避難）するための日常的な訓練の実施が求められる。こうした土砂災害(特別)警戒区域内での先行的な取り組み事例とその効果を検証・公表するとともに，これらの取り組みを支える制度や関連法の都市計画上の位置づけや規制強化等について見直しが不可欠である。

広島市は，2013年(平成25年)8月に「広島市都市計画マスタープラン」⁵⁾を策定した。めざすべき都市像として，“市街地の無秩序な拡散を抑制し，公共交通にアクセスしやすい場所に居住機能、生活サービス機能などを集積する”集約型都市構造への転換を宣言した(図3-7-6)。一般に，特定地区への機能集積を基本概念とするこの都市構造が実現すれば，将来的に限られた人口規模のもとで昼間および夜間人口分布を集約することを意味する。広島市では1つの都心と12の拠点地区からなる集約型都市構造を構想している。この度の

豪雨災害を受けた緑井地区は、広域的な都市機能を担う拠点地区（宇品・出島、西風新都、緑井など4地区）の一つに位置づけられていることから、将来は中核となる機能の集積・強化などにより、活力と魅力ある拠点となる計画である。

このたびの人口が集積する市街地で発生した豪雨災害の経験を活かし、「公共交通にアクセスしやすい」という経済的機能に加えて、災害に強い安全性を指標にも考慮したうえで拠点地区のあり方について再検討する必要がある。

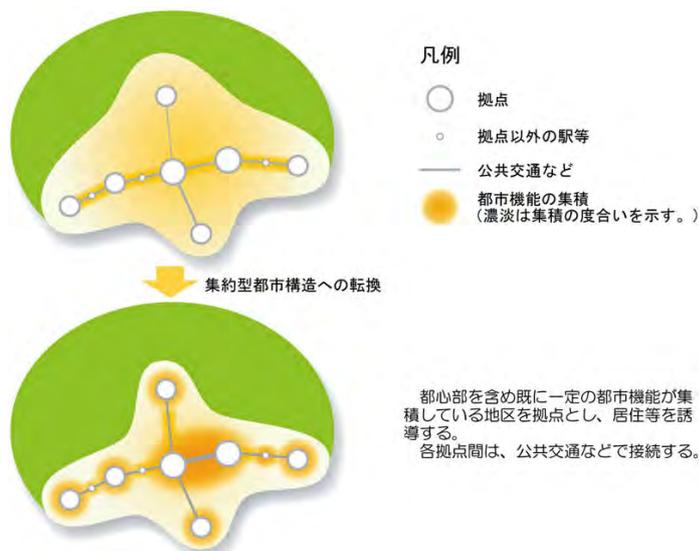


図 3-7-6 広島市が目指す集約型都市構造（出典：広島市都市計画マスタープラン）

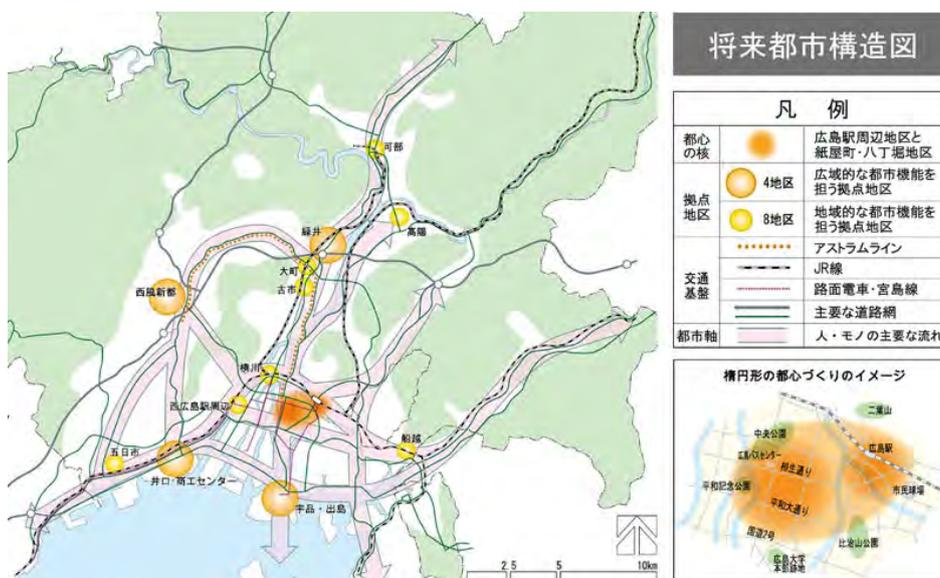


図 3-7-7 広島市がめざす集約型都市構造における拠点地区分布

(出典：広島市都市計画マスタープラン)

参考文献

- 1) 広島市：広島市の統計 <http://www.city.hiroshima.lg.jp/www/genre/000000000000/1001000001493/index.html> (Accessed: August 27, 2014)
- 2) 広島市：佐東町史, 1980 年
- 3) 国土地理院：空中写真による土砂災害の写真判読図,
<http://www.gsi.go.jp/common/000095318.lzh> (Accessed: August 14, 2014)
- 4) 国土交通省：土砂災害危険箇所（国土数値情報ダウンロードサービス）,
<http://nlftp.mlit.go.jp/ksj/index.html> (Accessed: August 6, 2014)
- 5) 広島市：広島市都市計画マスタープラン, 2013 年 8 月

4. 過去の災害との比較

4. 1 6.29 災害との比較

4. 1. 1 広島県内で起こった過去の豪雨災害

表 4-1-1 は、広島県内で戦後発生した降雨による斜面災害の代表的事例を示したものである。この表より、連続雨量が約 180mm 以上、あるいは時間雨量が約 25mm 以上で大災害が起こっていることがわかる。また、降雨条件と被害規模の関係を見ると、これまでは近年になるほど斜面崩壊対策が進み降雨条件が同じでも、あるいは逆に厳しくても被害規模は小さくなっていた。

表 4-1-1 広島県内での戦後の豪雨による主な斜面災害

災害	被害	降雨条件
昭和 20 年 9 月災害 (枕崎台風)	呉市、江田島町、大野町、宮島町を中心に、死者・行方不明者 2,012 名、損壊家屋 6,832 戸	連続雨量 218.7mm (広島), 250.7mm (呉), 時間最大雨量 57.1mm (広島) 4 時間雨量 113.3mm (呉)
昭和 26 年 10 月災害 (ルス台風)	大竹市、佐伯郡を中心に、死者・行方不明者 166 名、損壊家屋 2,333 戸	連続雨量 189.8mm (広島), 283.4mm (加計) 時間最大雨量 26.2mm (広島)
昭和 42 年 7 月災害 (豪雨)	呉市を中心に、死者・行方不明者 159 名、損壊家屋 1,119 戸	連続雨量 317mm (呉) 時間最大雨量 74.7mm (呉)
昭和 47 年 7 月災害 (豪雨)	三次市、庄原市、加計町を中心に、死者・行方不明者名 39 名、損壊家屋 3,008 戸	連続雨量 622mm (三次) 時間最大雨量 40mm (呉市)
昭和 60 年 6 月災害 (豪雨)	福山市、呉市、広島市を中心に、死者・行方不明者 2 名、損壊家屋	連続雨量 471mm (呉) 時間最大雨量 35mm (呉)
昭和 63 年 7 月災害 (豪雨)	加計町を中心に、死者・行方不明者名 14 名、損壊家屋 73 戸	連続雨量 264mm (加計) 時間最大雨量 57mm (加計)
平成 5 年 7 月災害 (台風 5 号)	県北西部 (戸河内町、筒賀村) を中心に、死者・行方不明者名 3 名、損壊家屋 819 戸	連続雨量 228mm (加計) 時間最大雨量 33mm (加計)
平成 11 年 6.29 災害(豪雨)	広島市、呉市を中心に、死者・行方不明者名 32 名、損壊家屋 582 戸	連続雨量 232.5mm (広島), 184mm (呉), 時間最大雨量 81mm (広島), 73mm (呉)
平成 22 年 庄原災害 (豪雨)	庄原市、東広島市、世羅町で死者 4 名、負傷者 5 名、損壊家屋 91 戸	連続雨量 174mm (大戸), 3 時間雨量 173mm (大戸), 1 週間先行雨量 267mm (大戸) 時間最大雨量 72mm (大戸)

4. 1. 2 6.29 災害の概要¹⁾

平成 11 年 6 月 29 日未明から降り始めた梅雨前線豪雨によって広島県内ではまさ土斜面を中心に、多数のがけ崩れと土石流（土砂流）等が発生し（写真 4-1-1～4-1-3）、死者 31 名、行方不明者 1 名、合計 32 名の人的被害を出した。その内訳は、4 箇所のがけ崩れで死者 11 名、5 溪流の土石流等で死者 13 名、氾濫等で死者 7 名、行方不明 1 名であった。また、家屋被害は、全壊 154 棟、半壊 101 棟、一部損壊 327 棟、床上浸水 1,363 棟、床下浸水 2,840 棟、合計 4,785 棟であり、広島県下の被害総額は約 670 億円余に上った。被害の発生箇所は廿日市市、広島県佐伯区、安佐南区、安佐北区を中心とする広島市西部地域と呉市周辺に集中していた。特に、都市近郊の新興住宅地での被害が多く、都市型の土砂災害と位置付けられ、「土砂災害防止法」が制定される契機になった。

今回の災害は、平成 26 年 8 月 19 日の夕方から 20 日の明け方にかけて降った猛烈な降雨によって広島市安佐北区と安佐南区において土石流とがけ崩れが比較的狭い地域に集中して起こり、発生した土石流があまり勢いを失うことなく溪流出口直下にあった住宅密集地に流入し、多くの人的被害を出した（写真 4-1-4）。また、土砂災害が発生した時間帯が、6.29 災害のときは午後 2 時～5 時であったが、今回は深夜の 2～4 時で多くの人が住宅で就寝中であり、なおかつ避難が困難な時間帯であったことが人的被害を大きくした要因のひとつと考えられる。



写真 4-1-1 6.29 災害における広島市安佐北区亀山九丁目の土石流（左右の土石流ともにさらに上流の 2 つの支流から土石流が発生、死者 4 名、全壊家屋 3 戸、半壊家屋 1 戸）

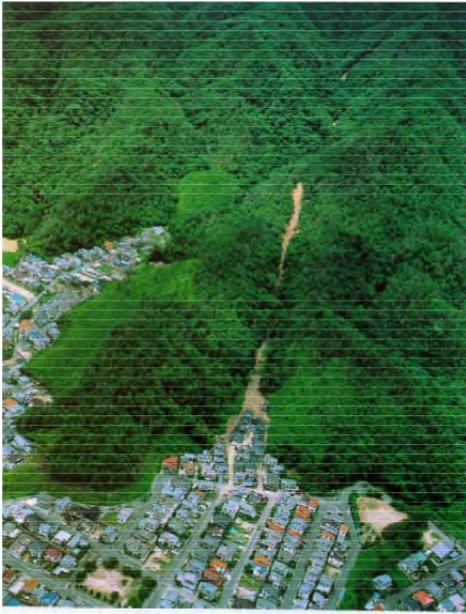


写真 4-1-2 6.29 災害における広島市安佐南区伴東一丁目の土石流（土石流が新しく開発された住宅地の谷出口の住宅を襲う，死者1名，全壊家屋2戸，半壊家屋1戸）



写真 4-1-3 6.29 災害における呉市吉浦東町の土石流（土石流の長さ約280m，最大幅17m，勾配40~45°，死者4名，全壊家屋4戸，一部損壊家屋2戸）



写真 4-1-4 今回の災害における安佐南区八木地区の被災状況(国土地理院, 斜め写真)

4. 1. 3 降雨特性の比較

6.29 災害で人的被害の大きかった広島市と呉市の降雨状況を図 4-1-1 に示す。広島市佐伯区日本道路公団八幡川橋観測所では、6 月 23 日午前 9 時から 29 日午前 0 時までの累積雨量 157.5mm, 6 月 29 日の日雨量 231.5mm, 総雨量 389mm で、6 月 29 日午後 2 時から 3 時までに 81mm/h の雨が観測された。この地域では 6 月 29 日午後 1 時から 2 時に時間雨量 40mm/h を越える雨域が宮島を含む直径約 4~5km の円形の地域と広島市の西端をほぼ北にのびる地域に現れ、その後、午後 2 時から 3 時に広島市佐伯区、安佐南区、安佐北区の西側を覆う東西約 10km, 南北約 30km の北北東にのびる長円形の雨域に広がり、その中に時間雨量 50mm/h を越える雨域が現れた。死者 8 名の被害を出した呉市の広島県呉観測所では、6 月 23 日から 29 日午前 0 時までの累積雨量 205mm, 6 月 29 日の日雨量 183mm, 総雨量 388mm で、6 月 29 日午後 3 時から 4 時までに 68mm/h, 午後 4 時から 5 時までに 69mm/h の雨が観測された。この地域では、6 月 29 日午後 3 時から 4 時に時間雨量 60mm/h を越える雨域が能美島、江田島から呉市にかけて北北東にのびる東西約 6km, 南北約 15km の長円形の地域に現れ、その後、この雨域は午後 4 時から 5 時に呉市から北北東（東広島市）にかけての地域に移動した。

今回の災害は、平成 26 年 8 月 19 日の夜から 20 日の明け方にかけて猛烈な雨が降り、安佐北区三入東では 1 時間雨量 121mm, 3 時間雨量 235mm, 24 時間雨量 283mm と観測史上 1 位の値を記録した。図 4-1-2 と図 4-1-3 に、6.29 災害で多くの土石流が発生した広島市佐伯区八幡川と今回の災害で大きな土石流が起こった安佐北区三入東の降雨記録を示す。災害当日までの先行雨量は 6.29 災害が 157.5mm で今回が 36mm と今回の方がかなり少ないが、当日雨量は 6.29 災害が 231.5mm で今回が 283mm と今回の方が多くなっている。特に、時間最大雨量は 6.29 災害が 81mm で今回は 121mm, 3 時間雨量は 6.29 災害が 148mm で今回が 235mm であり、今回の災害では極めて短時間に多量の降雨があったことがわかる。

また、図 4-1-4 と図 4-1-5 に両災害の起こる 2 か月前からの降雨状況を示す。なお、6.29 災害においては、八幡川の 2 か月前からの時間雨量のデータがないため、広島市西部と同様に大きな土砂災害が起こった呉市のデータを用いた。前述したように災害前 1 週間の先行雨量は今回の災害の方がかなり少ないが、2 か月前から 1 週間前までの累積雨量は 6.29 災害で 282.5mm, 今回の災害で 493mm であり、長期的に見た累積雨量は今回の災害の方が 1.7 倍ほど大きなものであった。災害発生から 10 日以上経過した 8 月 31 日に土石流が発生した溪流調査を行った際に、土石流流下跡およびその側方から依然として多量の地下水が流出していたことを考慮すると、土石流の発生した山体には長期的な降雨によって多量の地下水が存在していたと考えられ、それが今回の大規模な土石流の発生につながった可能性がある。

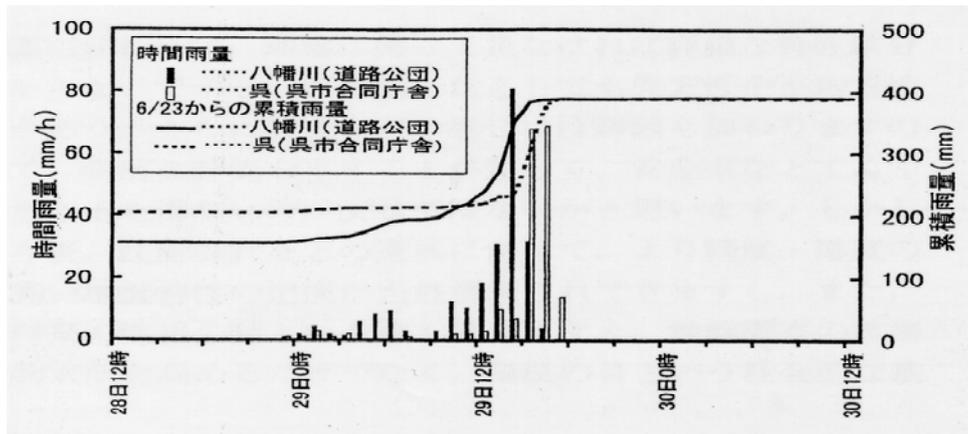


図 4-1-1 6.29 災害における広島市と呉市の降雨記録



図 4-1-2 6.29 災害における広島市佐伯区八幡川での降雨状態

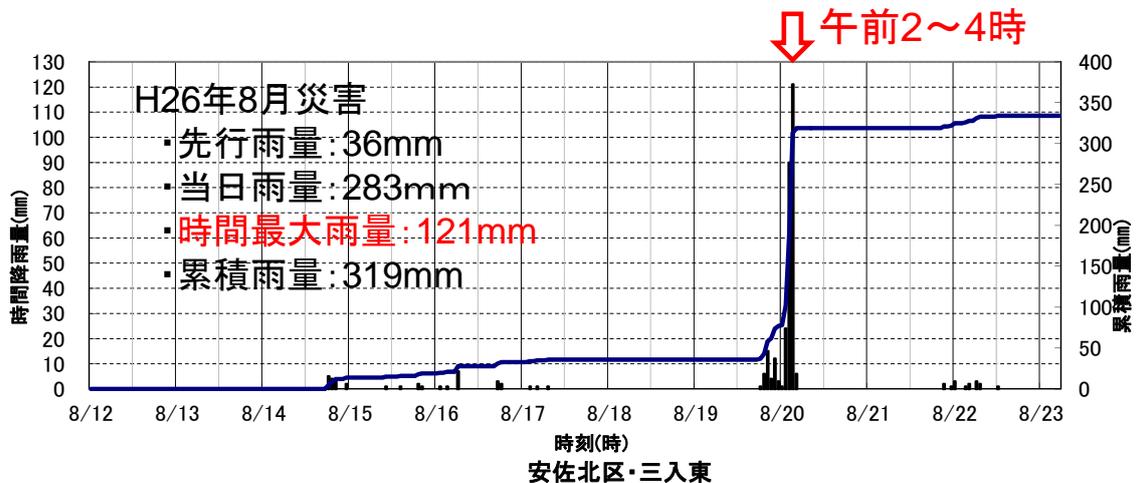


図 4-1-3 今回の災害における広島市安佐北区三入東での降雨状態

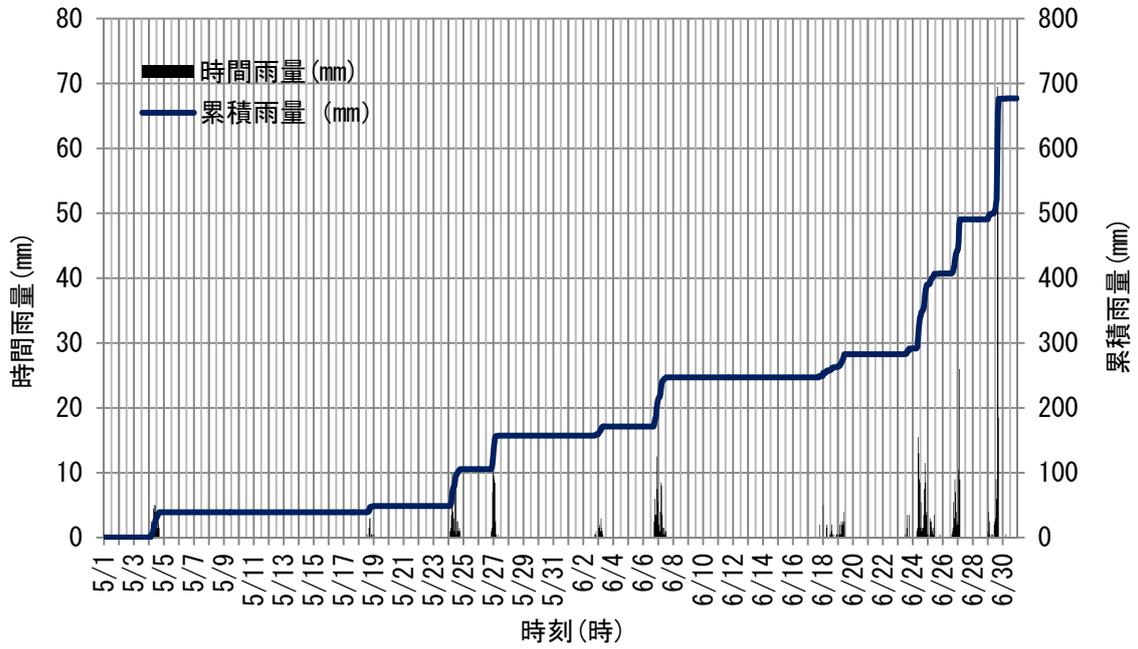


図 4-1-4 6.29 災害における呉市での 2 カ月間の降雨状況

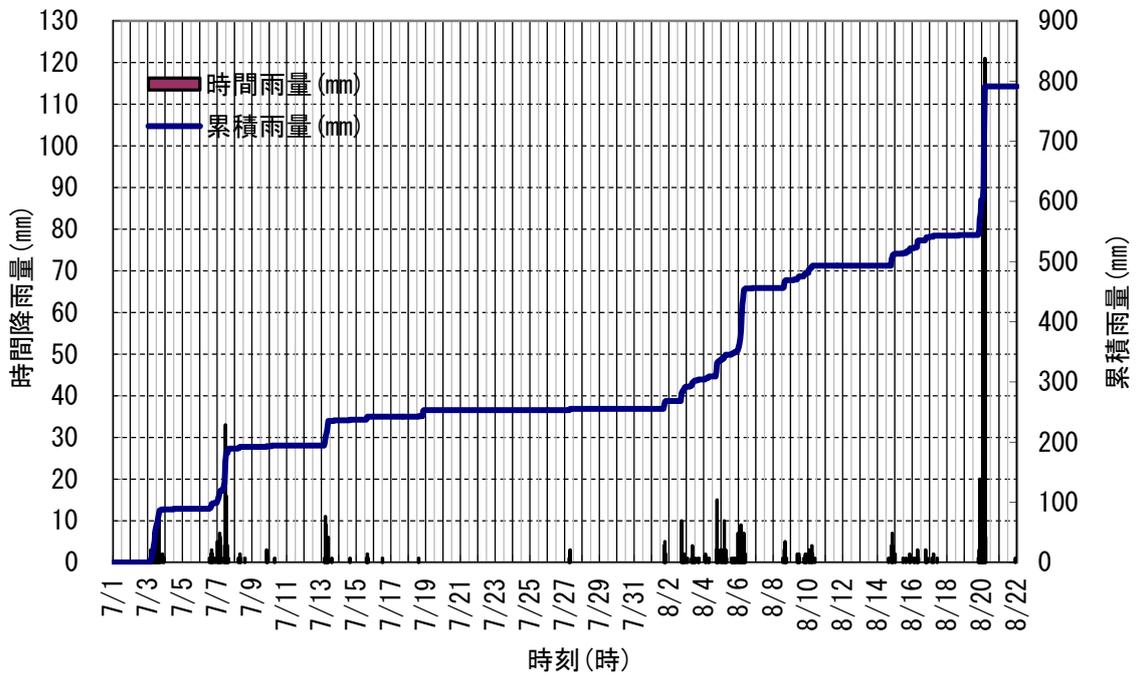


図 4-1-5 今回の災害における広島市安佐北区三入東での 2 か月間の降雨状態

4. 1. 4 土砂災害の特徴

6.29 災害における崩壊箇所を航空写真などから判読すると、1,616 地点にのぼり、その大部分は図 4-1-6 に示すように概ね広島市西境から広島市安佐南区祇園までの東西約 7km、廿日市市から広島市安佐北区可部までの南北約 30km の細長い長円形の地域、呉市を中心とする直径約 10km の円形の地域、および東広島市の直径約 15km の地域に集中していた。また、斜面崩壊の発生時刻は、住民からの聞き込み調査によれば、廿日市市周辺および佐伯区屋代川で 6 月 29 日午後 2 時頃、佐伯区下小深川周辺で午後 3 時頃、安佐北区亀山周辺で午後 4 時頃、呉市吉浦および安芸郡音戸町周辺で午後 5 時頃であった。この崩壊発生地点とその発生時刻は、前述した強い雨域が現れる空間的な位置およびその時間的な移動とよく一致していた。今回の土砂災害の発生地域は、図 4-1-6 に示すように 6.29 災害において広島市西部周辺で起こった地域の東側に隣接し、東西約 2.5km、南北約 15km の非常に狭い地域に集中している（図 4-1-7）。

6.29 災害では、がけ崩れが 186 箇所、土石流（土砂流）等が 139 箇所、合計 325 箇所が発生した。一方、今回の災害では図 4-1-8 に示すように、がけ崩れが 59 箇所、土石流が 107 箇所、合計 166 箇所が発生した。今回の災害での発生箇所は 6.29 災害の約半分であるが、土砂災害の発生した地域の広さを考慮して比較すると、非常に狭い地域に集中して多数の土砂災害が発生したことが分かる。また、6.29 災害では土石流よりがけ崩れの発生箇所が大きく上回っていたが、今回の災害ではがけ崩れの方が土石流の約半数と少なかったことも特徴のひとつである。

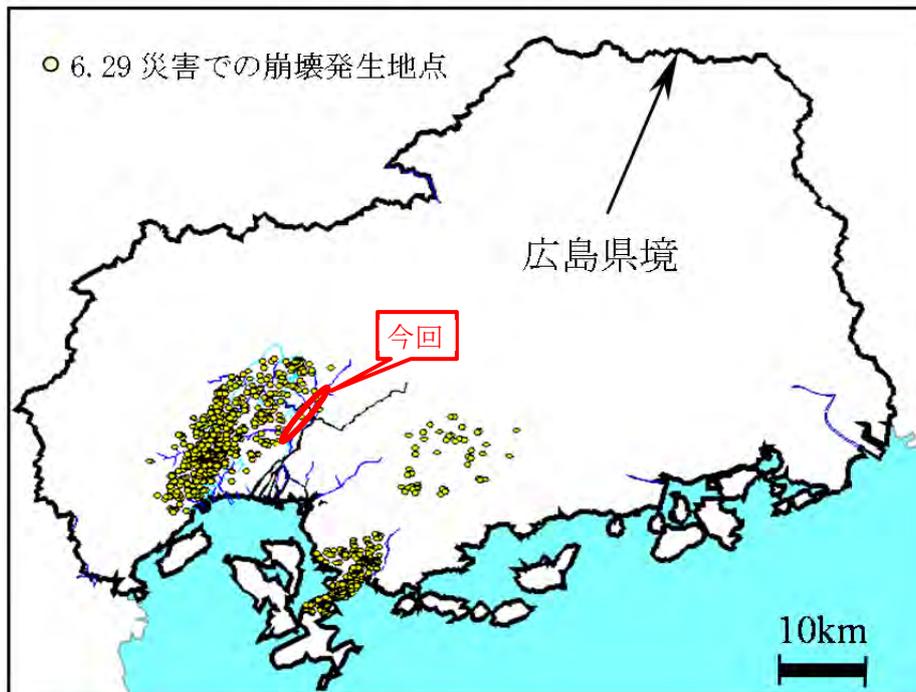


図 4-1-6 6.29 災害の斜面崩壊地点



図 4-1-7 今回の土砂災害の発生日点
(国土地理院, 写真判読図より)

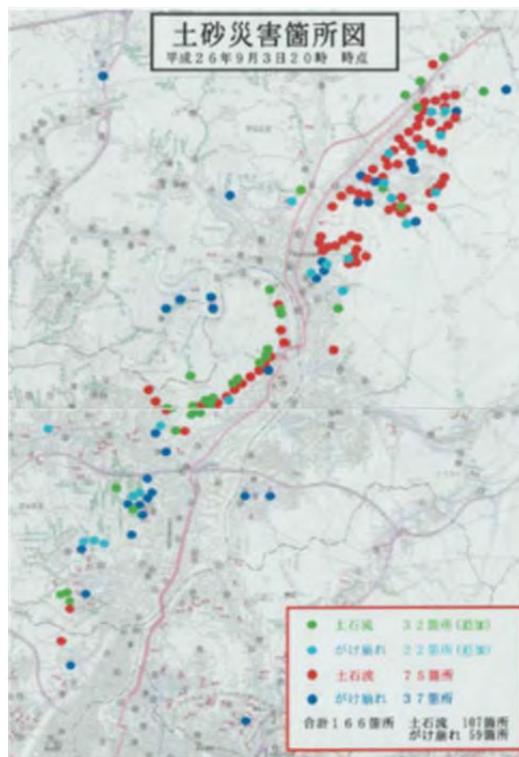


図 4-1-8 がけ崩れと土石流による災害発生箇所図(広島県資料)

6.29 災害での 186 箇所のがけ崩れのうち、広島県が行った 51 箇所の詳細な調査結果²⁾ から、崩壊斜面の勾配は $30\sim 55^\circ$ のものが約 80% を占め、崩壊斜面下方の平坦地における崩壊土砂到達距離は、がけの高さ (H) の 2 倍 ($2H$) を上回る箇所は 2 箇所、50m を上回る箇所は 4 箇所、残り 45 箇所は $2H$ もしくは 50m 以下の範囲にあった。また、崩壊源頭部から尾根までの水平距離は 90% 以上が $70\sim 80\text{m}$ 以下で比較的短かった。また、土石流(土砂流)が発生した流域内の崩壊斜面の勾配は $35\sim 40^\circ$ を中心に $30\sim 45^\circ$ が約 70%、崩壊面積は 300m^2 以下のものが約 80%、崩壊深は 1.0m 以下が約 70% を占めていた。土石流の発生源の大部分は溪流源頭部付近で発生した表層崩壊であり、溪床・溪岸の不安定土石や立木を巻き込んで流下した。土石流に多量の流木が含まれていたことも 6.29 災害の特徴の一つである。

一方、今回の災害の諸元は現時点では未整理で、正確な比較を行うことはできないが、今回の土石流の源頭部の破壊形式は薄い平面的な表層崩壊だけでなく、被圧地下水によって谷部が V 字形や U 字形に押し出されたような形状となり、崩壊深が数 m 以上の箇所も多数見られたこと、および流木の量が 6.29 災害に比べてやや少なく、溪流によって大小の違いはあるものの岩石が主体の土石流であったことが特徴として挙げられる。

また、6.29 災害と今回の災害で発生した土石流の流出土砂量を比較したものが表 4-1-2 と表 4-1-3 である。6.29 災害のデータは 6.29 広島県土砂災害対策検討委員会が代表的な 9

つの溪流に対して調査を行った結果²⁾を用い、今回のデータは国土交通省中国地方整備局が行なった調査データのうち、緑井・八木地区のデータを使用した。なお、このデータは速報レベルでの暫定値である。6.29災害での流出土砂量は表4-1-2に示すように3つの溪流で10,000m³を超えるものもあるが、いずれも流域面積が0.5km²以上の比較的大きな流域面積の溪流で発生している。一方、今回のこの地区の土石流が発生した溪流の流域面積は表4-1-3に示すように、全て0.4km²以下であるにも関わらず、8つの溪流で10,000m³以上の流出土砂量がある。また、流域面積の違いを考慮するため、単位流域面積当たりの流出土砂量で比較すると、6.29災害では平均値が45,111m³/km²、今回の災害では90,042m³/km²と今回の方が約2.0倍ほど大きいことが分かる。さらに流域面積が極端に小さいものと大きいものを除いたもので比較すると、6.29災害では平均値が27,320m³/km²、今回の災害で72,447m³/km²と今回の方が約2.7倍ほど大きく、単位面積当たりで多量の土砂が生産・流下したことが分かる。特に、大きな被害が出た県営緑ヶ丘住宅の流出土砂量は33,000m³で単位面積当たりの流出土砂量は143,478m³/km²、阿武の里団地の流出土砂量は22,200m³で単位面積当たりの流出土砂量は123,333m³/km²で極めて大きな値となっている。一般に、標準的な土石流の単位面積当たりの流出土砂量は12,000～157,000m³/km²の範囲にあるとされているが、県営緑ヶ丘住宅と阿武の里団地の値はこの最大値に近い値となっている。

表 4-1-2 6.29 災害での流出土砂量

番号	溪流名	流域面積 A(km ²)	流出土砂量 V(m ³)	単位面積当たりの 流出土砂量 V/A(m ³ /km ²)
①	中倉川	0.561	15,100	27,100
②	大毛寺川左支川	0.069	3,200	45,600
③	安川左支川	0.046	2,200	46,700
④	猿滝川	0.503	6,100	12,200
⑤	古野川	0.873	21,100	24,300
⑥	堂ヶ原川支川	0.021	2,700	158,600
⑦	荒谷川	3.705	30,400	18,500
⑧	下ヶ迫川支川	0.195	5,400	41,700
⑨	屋代川	0.806	20,800	31,300
平均		0.75	11,889	45,111
A=0.1~1.0km ² での平均		0.59	13,700	27,320

表 4-1-3 今回の災害での流出土砂量(緑井・八木地区, 暫定値)

番号	溪流名		流域面積 A(km ²)	流出土砂量 V(m ³)	単位面積当たりの 流出土砂量 V/A(m ³ /km ²)
I-1-9-294	緑井	緑井七丁目	0.17	13,000	76,471
I-1-9-295	緑井		0.07	7,200	102,857
I-1-9-295-2	緑井				
I-1-9-1004	八木		0.02	500	25,000
I-1-9-299	緑井・八木	緑井八丁目	0.31	11,200	36,129
I-1-9-303	八木	県営緑ヶ丘	0.23	33,000	143,478
I-1-9-1005	八木		0.02	3,100	155,000
I-1-9-1006	八木	光廣神社裏	0.03	9,900	330,000
I-1-9-1006-2	八木				
I-1-9-305	八木		0.14	4,900	35,000
I-1-9-306	八木	阿武の里団地	0.18	22,200	123,333
I-1-9-1007	八木		0.02	1,400	70,000
I-1-9-307	八木	八木ヶ丘団地	0.25	10,400	41,600
I-1-9-27	八木		0.21	8,900	42,381
I-1-9-1009	八木	八木六丁目	0.06	2,000	33,333
I-1-9-28	八木	八木六丁目	0.28	12,100	43,214
I-1-9-29	八木	八木八丁目	0.20	19,100	95,500
I-1-9-30	八木	中国電力	0.19	16,600	87,368
平均			0.15	10,969	90,042
A=0.1~1.0km ² での平均			0.22	15,140	72,447

4. 1. 5 崩壊斜面の土層構造と土質工学的特性

図 4-1-9 に既往土砂災害被災地と花崗岩分布域との関係を示す。6.29 災害において被害の大きかった広島市西部および呉市には、広島型花崗岩と呼ばれる粗粒黒雲母花崗岩が分布しており、崩壊箇所的大部分はこれが強風化したまさ土によって覆われていた。崩壊地点周辺の風化土層厚を、動的コーン試験の $N_d=50$ 以下の地層として判定すると、集水地形を呈する箇所においては、広島地区で崩壊下部と中部から上部にかけて 1.0~2.2m と上方になるほど深くなる傾向にあり、呉地区ではほぼ 1.6~1.7m の範囲にあった。一方、集水地形を呈さない箇所においては、広島地区で崩壊下部と上部で 2.8~2.9m、崩壊中央部で約 1.9m と崩壊中央部で浅い傾向にあったが、呉地区では崩壊下部と上部で 1.7~2.1m、崩壊中央部で 2.6m と逆の傾向があった。そして、集水地形を呈さない箇所の風化土層厚が集水地形を呈する箇所に比べて大きい傾向にあった。

6.29 災害における崩壊地点周辺の風化土の土質工学的特性として、三軸 \overline{CU} 試験において正規圧密状態と考えられる範囲の粘着力は $c'=0\sim 8.8\text{kN/m}^2$ の範囲にあるが、 $c'=0$ の場合が最も多く全体の約 75% を占めていた。一方、同様な範囲の内部摩擦角は $\phi'=28.8\sim 38.2^\circ$ の範囲にあり、平均値は 32.9° であった。また、乾燥密度は $\rho_d=1.37\sim 1.73\text{g/cm}^3$ 、間隙比は $e=0.53\sim 0.92$ の範囲にあった。透水係数は、広島地区で $k=9.4\times 10^{-4}\sim 7.2\times 10^{-2}\text{cm/s}$ 、呉地区で $k=7.6\times 10^{-5}\sim 5.7\times 10^{-3}\text{cm/s}$ の範囲にあり、広島地区の透水係数が少し大きい傾向にあった。

今回の災害で被害の大きかった広島市安佐南区八木地区と安佐北区可部地区の地質は、図 4-1-10 に示すように広島花崗岩、高田流紋岩、玄武岩、接触変成を受けたジュラ紀付加体が入り組む複雑な構造となっている。そのため、同じ八木三丁目でも数百メートルしか離れていない県営緑丘住宅と阿武の里団地での土石流流下物は全く異なり、県営緑丘住宅では広島でよく見られる花崗岩が主体となっていたが、阿武の里団地では泥質や珪質の片岩などの変成岩が主体となっていた。土質力学特性については、まだ土質試験結果がまとめられておらず、6.29 災害との比較はできないが、阿武の里団地背後の土石流源頭部での土質試験結果から、暫定値ではあるが源頭部の表層風化土は細粒分が多く、粘着力が高いという結果が報告されている (3.3.5.1 の(13)参照)。また、八木三丁目県営緑ヶ丘住宅上の溪流源頭部の表層土の透水係数は $2.7\times 10^{-4}\text{cm/s}$ (暫定値) と小さく、地表面から雨水が鉛直に浸透して地下水面を形成し、すべり面の間隙水圧が上昇して斜面が不安定化するという通常の半無限斜面の崩壊メカニズムで説明することが困難である。八木地区と緑井地区の土石流の発生地である阿武山には断層・破碎帯・節理などの透水性の高い部分が散見されており、この部分に常時存在していた地下水が上方に降った多量の降雨によって被圧水となって斜面の表層土を押し出すように作用して斜面を急激かつ大規模に不安定化させた可能性が考えられる (図 4-1-11 参照)。

既往土砂災害被災地と花崗岩分布地域

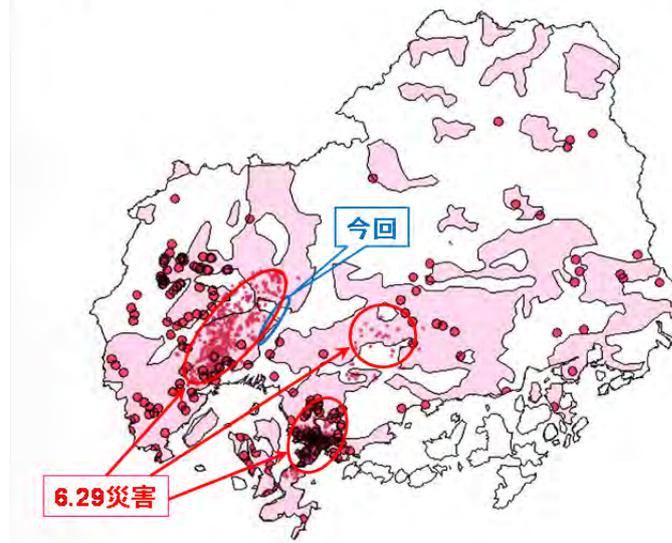


図 4-1-9 既往土砂災害被災地と花崗岩分布域



図 4-1-10 被災地の地質図（産総研地質調査総合センターHP「平成 26 年 8 月 20 日に広島市で発生した土石流及び斜面崩壊の発生地に関する地質情報」より）

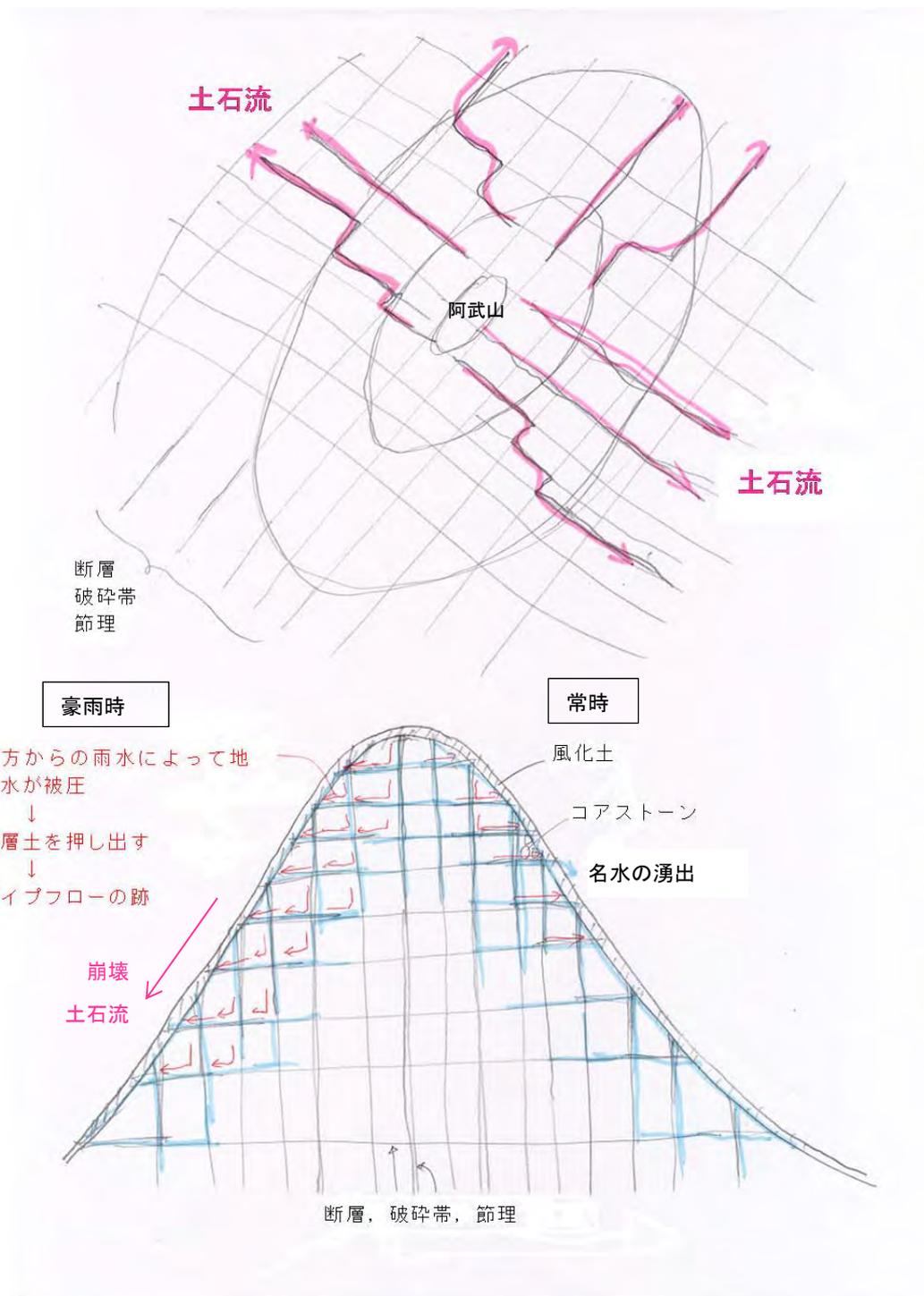


図 4-1-11 阿武山における斜面不安定化のイメージ図（北川³⁾の花崗岩の風化メカニズムと斜面崩壊の関係概念図をもとに作成）

4. 1. 6 雨量指標 R' による斜面災害危険度の比較

降雨による斜面災害の危険度を評価する雨量指標 R' を用いて、6.29 災害と今回の災害における危険度を比較する。雨量指標 R' は、長期実効雨量と短期実効雨量から次式によって斜面災害の危険度を総合的に評価できる数値で、この値の空間的分布と時間的推移を把握することによって斜面災害に対する警戒・避難に利用できる⁴⁾。

$$R' = R_{fw0} - R_{fw} \quad (1)$$

$$R_{fw} = \sqrt{(R_1 - R_w)^2 + a^2(r_1 - r_w)^2} \quad (2)$$

ここに、 R_w は半減期を 72 時間とする長期実効雨量(mm)、 r_w は半減期を 1.5 時間とする短期実効雨量(mm)、 R_1 は座標上の横軸基準点 ($R_1=600\text{mm}$)、 r_1 は座標上の縦軸基準点 ($r_1=200\text{mm}$)、 a は重み係数 ($a=3$)、 R_{fw0} は $R_w=0$ 、 $r_w=0$ のときの R_{fw} の値 ($R_{fw0}=848.5\text{mm}$) である。 R' はこれまでの降雨における災害発生降雨と非発生降雨の値を 25mm 毎に階級分けし、その発生度数と累積頻度の関係から、がけ崩れは $R'=125\text{mm}$ 程度で起こり、土石流の発生源とも考えられる山地崩壊は $R'=175\text{mm}$ 程度で発生し始め、 $R'=250\text{mm}$ 程度以上になるとこれが流動化して土石流に発展することが明らかにされている。また、表 4-1-4 に示すように $R'=400\text{mm}$ 以上になると大規模災害になることが分かっている。

図 4-1-12 は、6.29 災害における R' 分布図の経時変化であり、 $R'=250\text{mm}$ 以上のエリアと土石流災害発生領域とがよく対応しており、 $R'=250\text{mm}$ を土石流発生の指標とすることができる。また、図 4-1-13 は今回の災害における R' 分布図の経時変化を示したものである。この図から、8 月 20 日の 1 時 00 分と 2 時 00 分の時点では北広島町と大竹市の一部に $R' > 250\text{mm}$ となる地域が現れ、3 時 00 分には安佐北区と安佐南区で $R' > 250\text{mm}$ となる地域が現れるが、4 時 00 分から 5 時 00 分に $R' > 400\text{mm}$ となる地域が一举に現れており、3 時 00 分から 5 時 00 分の間に大規模災害になる降雨状態になり、この地域と図 4-1-7 で示した土石流が起こった場所がよく一致している。また、図 4-1-14 は、八木地区と可部地区の R' の経時変化を示したものである。八木地区に近い高瀬(国)の観測所は、太田川河岸の平地にあり、土石流が発生した斜面部の降雨状態とは違う可能性もあるが、2 時 00 分までは $R' < 125\text{mm}$ であったものが、3 時 00 分には一举に $R'=323\text{mm}$ に上昇して土石流が発生する危険度となり、更に 4 時 00 分には $R'=451\text{mm}$ となり大規模災害が発生する危険度となって 6 時 00 分まで続いている。可部地区にある三入東の観測所では、2 時 00 分に $R'=128\text{mm}$ でがけ崩れの起こる危険度と判定され、その後 2 時 00 分には $R'=346\text{mm}$ に上昇して土石流発生危険度となり、更に 4 時 00 分には $R'=543\text{mm}$ と大規模災害が発生する危険度に達し、6 時 00 分まで続いている。八木地区と可部地区で土石流が発生した時刻は 3 時～5 時頃であり、 R' による斜面災害の危険度の推移とよく対応している。また、 R' が 400mm を超えた雨量観測地点は 4 か所で、最大値は安佐北区上原の $R'=551\text{mm}$ であり、表 4-1-4 で示し

た既往大規模土砂災害と比べても突出した値となっており、今回の豪雨が過去に類を見ないほど激しいものであったことが分かる。

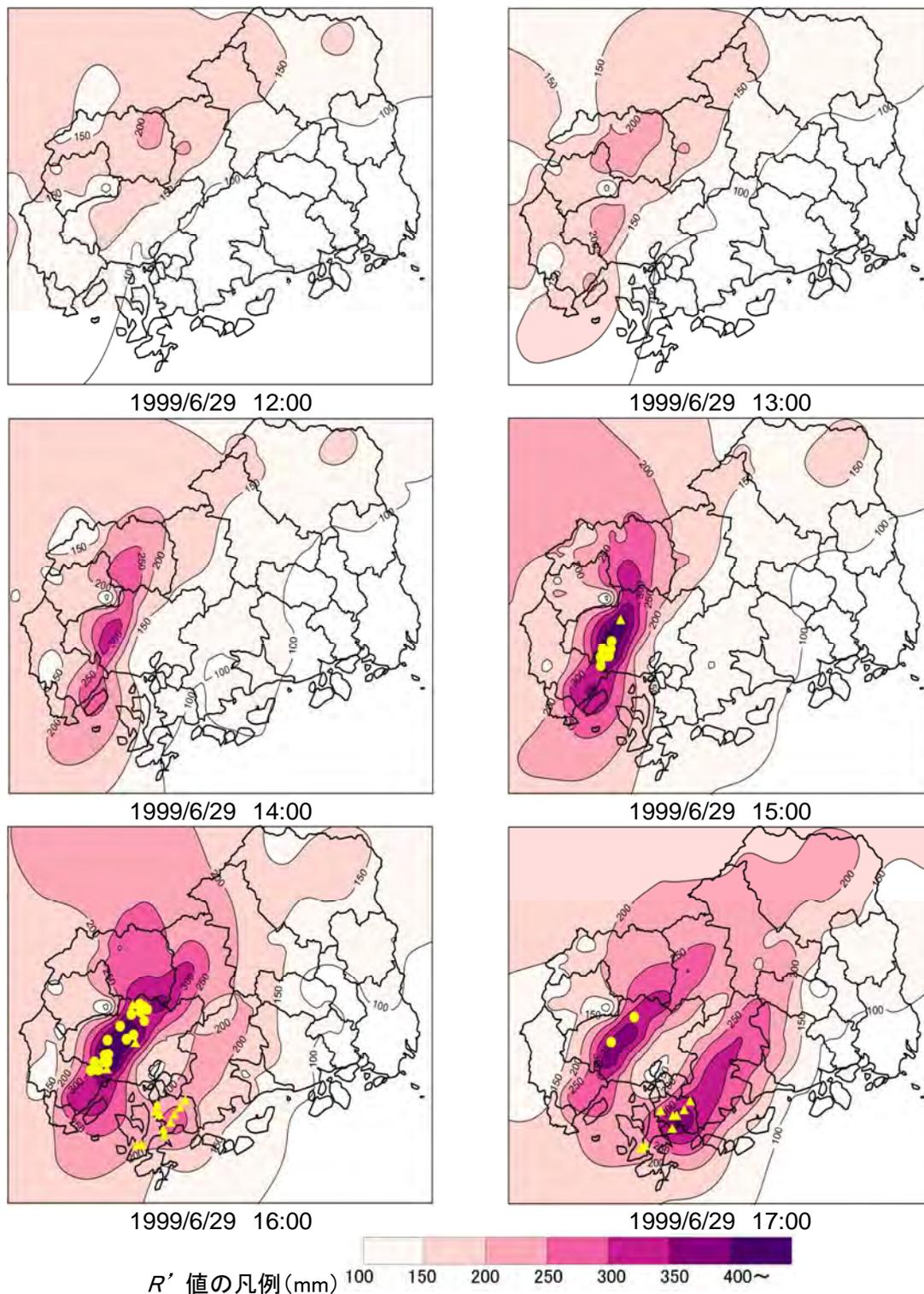


図 4-1-12 6.29 災害における R' 分布図

(●: その時間帯に発生した土石流, ▲: その時間帯に発生したがけ崩れ)

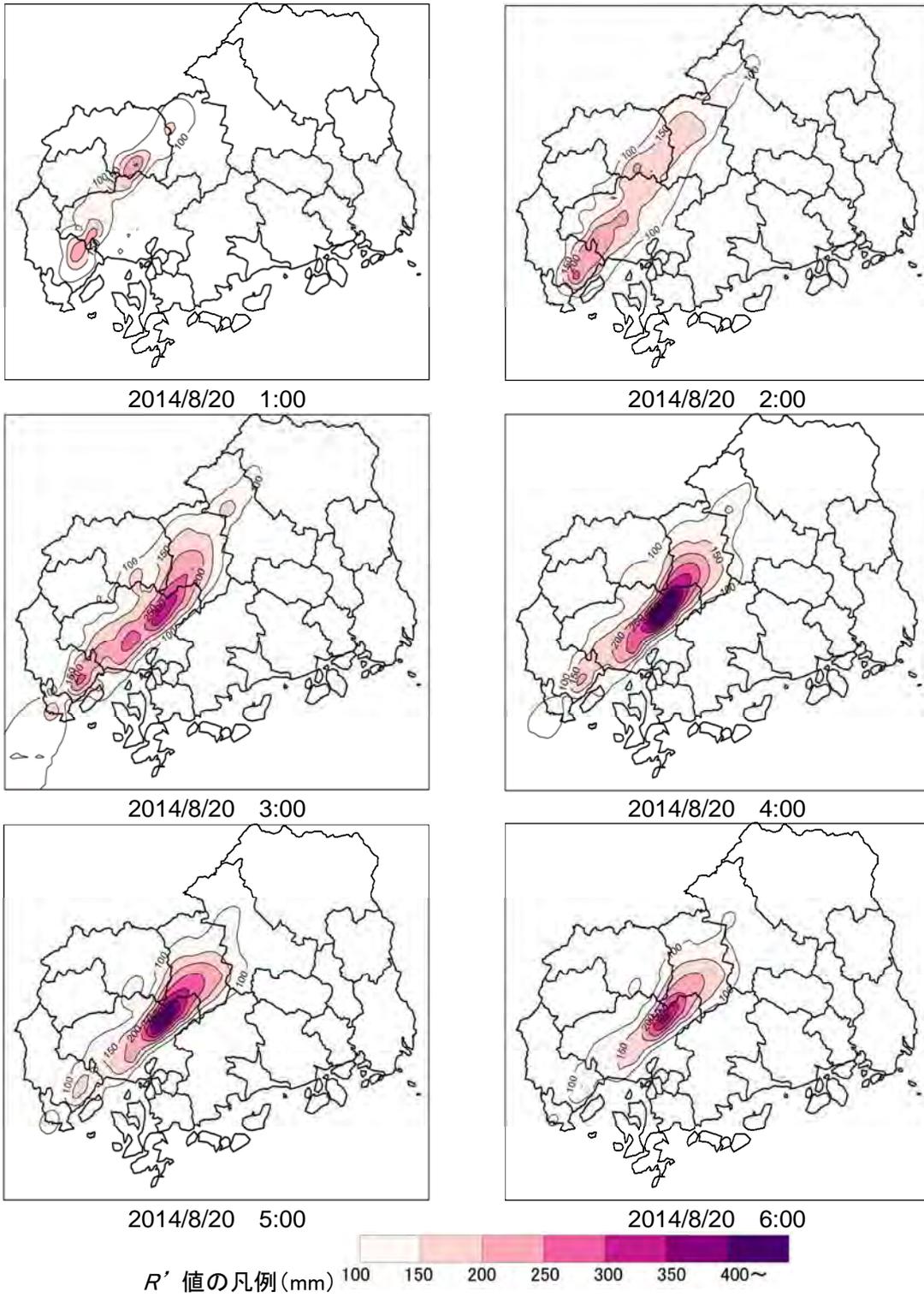
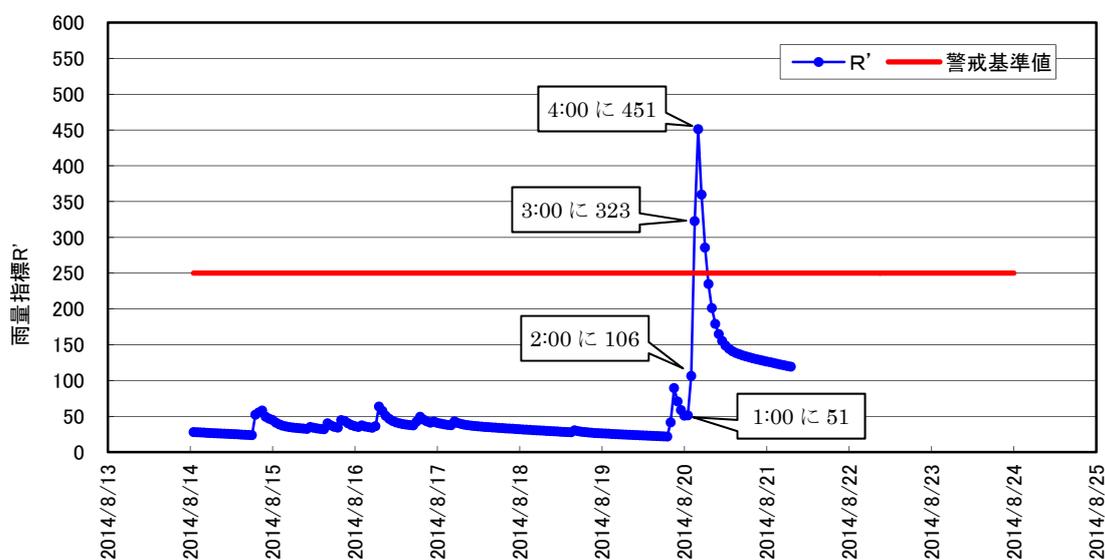


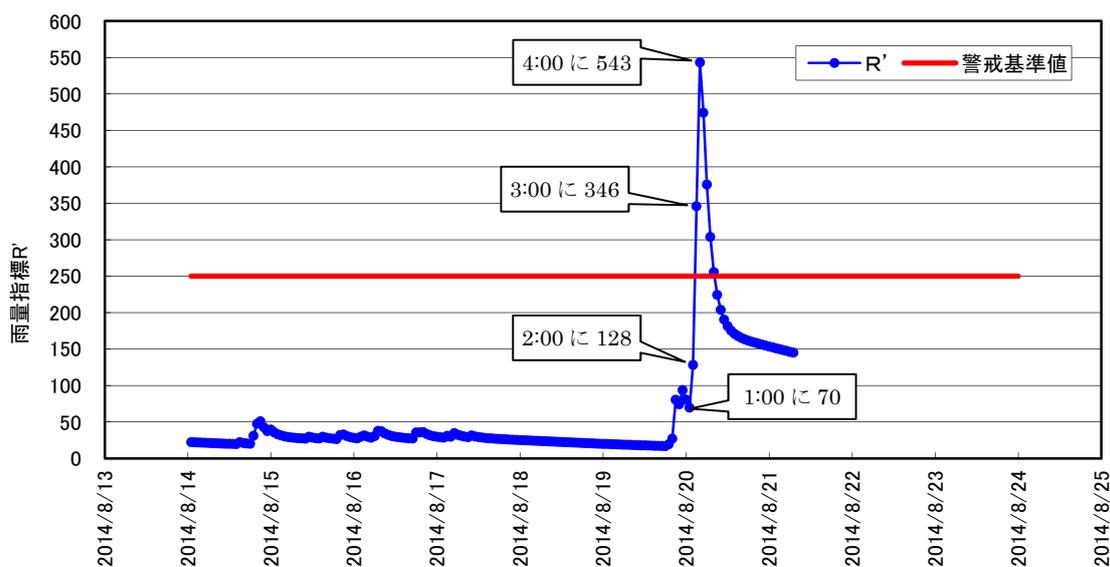
図 4-1-13 今回の災害における R' 分布図

表 4-1-4 中国地方の既往大規模災害時の R' の値

	雨量指標 R'	長期実効雨量 $R_w (T=72h)$	短期実効雨量 $r_w (T=1.5h)$
S42 呉豪雨災害 [呉観測所(気象庁)]	421.1 mm	295.5 mm	100.0 mm
S63 広島北西部災害 [アメダス加計]	430.1 mm	262.4 mm	117.6 mm
H11 広島県西部災害[アメダス呉]	415.7 mm	248.9 mm	115.6 mm
H11 広島県西部災害[魚切ダム(広島県)]	437.2 mm	303.4 mm	105.0 mm
H21.7 防府豪雨災害 [アメダス防府]	408.5 mm	291.1 mm	95.6 mm
H21.7 防府豪雨災害 [アメダス山口]	440.1 mm	288.5 mm	112.0 mm
H22.7 庄原豪雨災害 [大戸(広島県)]	470.9 mm	300.3mm	123.4 mm



安佐南区 高瀬(国)



安佐北区 三入東

図 4-1-14 八木地区と可部地区の R' の経時変化

4. 1. 7 復旧と対策

6.29 災害で大きな被害が出た広島市佐伯区においては、本格的な復旧工事が行われるまでの応急的な二次災害防止対策として、監視カメラ、雨量計、水位計、断線センサー等から成る防災監視システムが構築され、区役所から遠隔モニタリングが行われた。また、二次災害防止対策のひとつとして、土石流によって満杯状態となり、その後の降雨による二次災害の恐れのある27の砂防ダムの堆積土砂と流木の撤去が緊急に行われた。

6.29 災害の本格的な復旧工事の代表的な事例として、広島市安佐南区伴東1丁目で行われた災害関連緊急砂防事業があげられる。この事業では、**図 4-1-15**に示すように土石流の発生した溪流の出口直下が住宅であることを考慮して、下流に流木止めの副ダムを有する不透過型コンクリートダムが砂防ダムとして採用され、さらにその下流に緩衝帯として沈砂地が設けられた。これらの工事に伴って6戸の住宅の移転が行われた。

また、このようなハード面の対策だけでなく、広島県では広島県防災情報システムが構築され、ソフト面からの対策も進められた。このシステムでは、県下410箇所（当初は281箇所）の雨量観測所から収集される10分間雨量を用いて土砂災害の発生を予測し、雨量情報と警戒避難情報はインターネットを通じて住民に公開され、迅速かつ的確な防災体制の確立に利用できるように整備された。また、この防災情報システムには土砂災害危険箇所図、土砂災害警戒区域・特別警戒区域図も掲載され、警戒避難体制のより一層の強化が図られることとなった。

今回の災害による道路などに堆積した土砂などの処理など、現地における課題解決を迅速かつ包括的に進めるため、8月26日に国・県・市による応急復旧連絡会議が設置され、9月5日に応急復旧の進捗状況及び今後の計画が**図 4-1-16**のように発表されている。

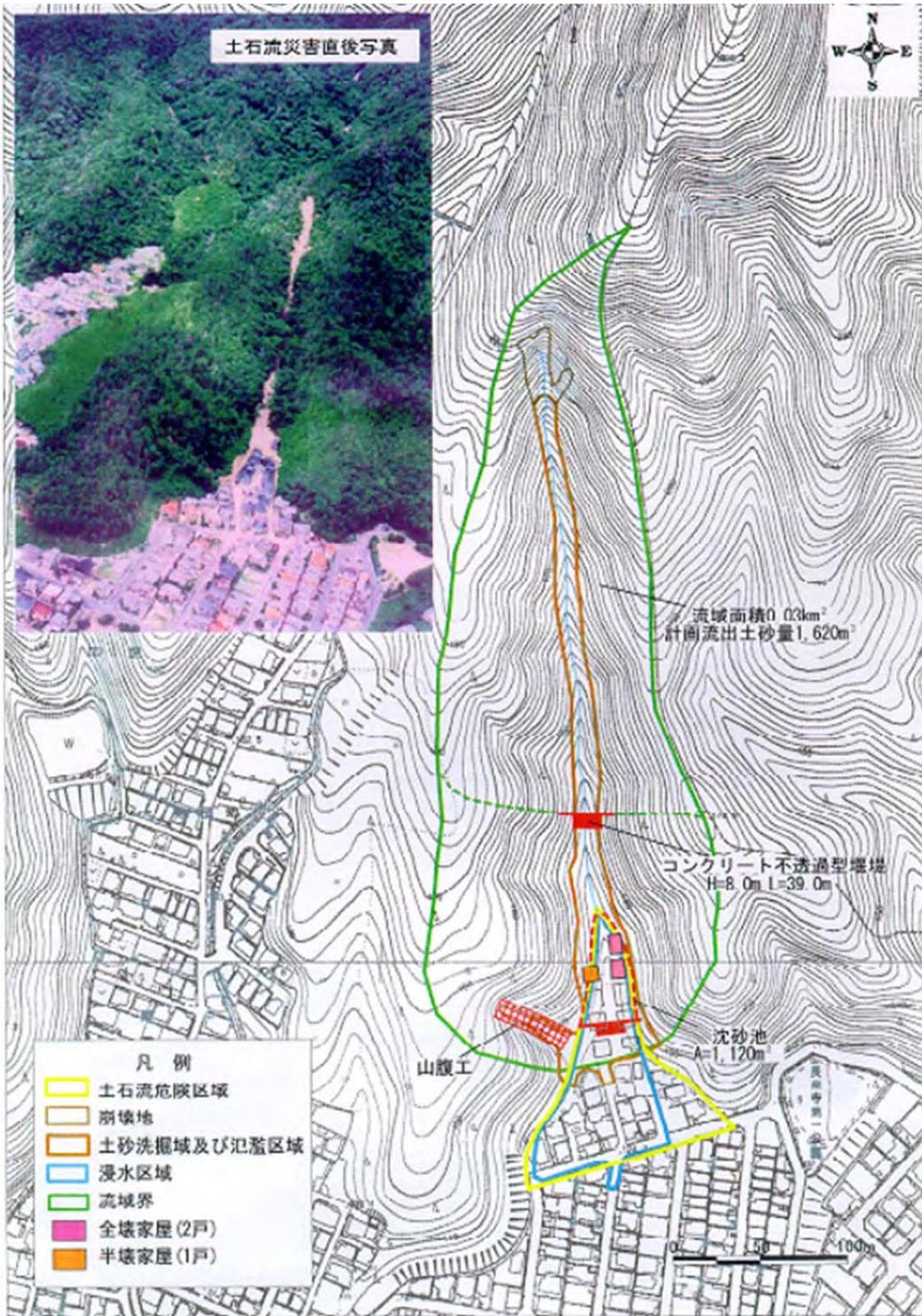
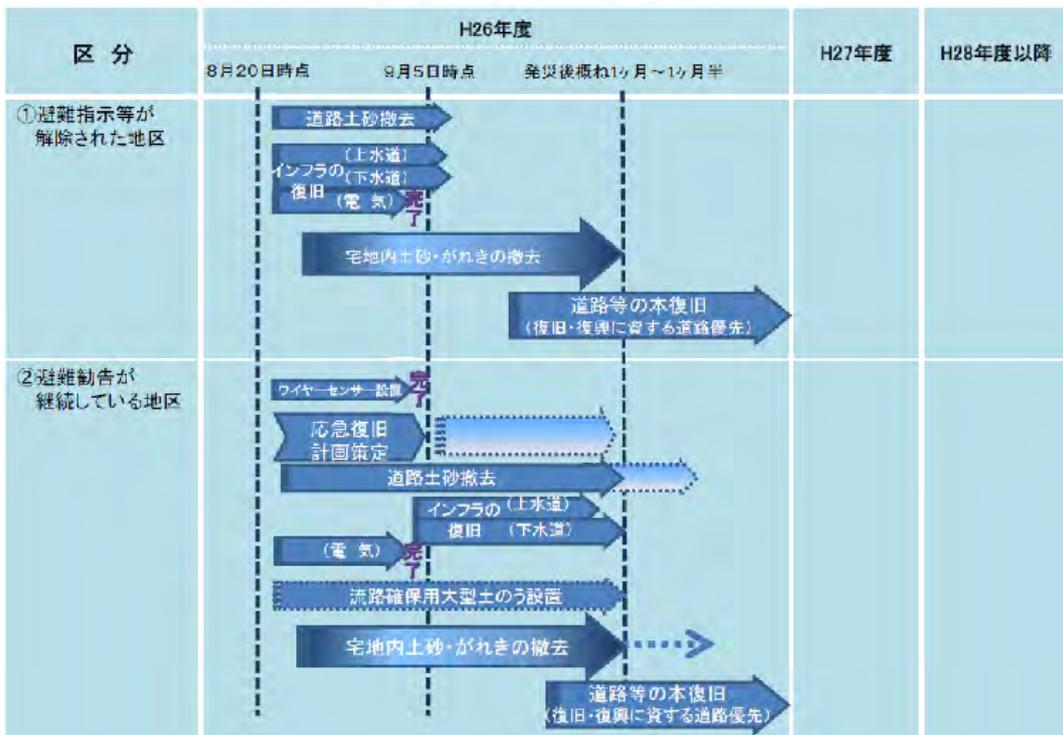


図 4-1-15 6.29 災害の復旧工事の事例（広島市安佐南区伴東1丁目）

8.20土砂災害に係る復旧工程（概略）



8.20土砂災害に係る復旧工程（概略）

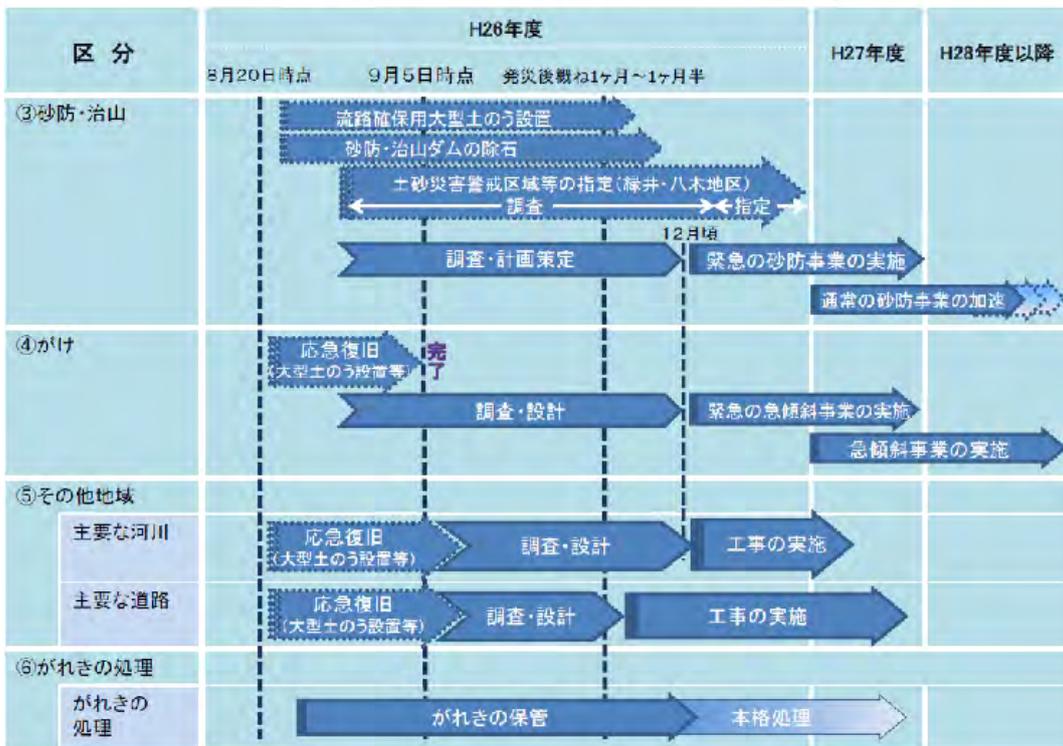


図 4-1-16 8.20 土砂災害に係る復旧工程の概略（広島県 HP）

4. 1. 8 まとめ

平成 11 年の 6. 29 災害を比較すると今回の災害の特徴は以下のようである。

①降雨状況

- ・ 1 週間程度の先行降雨は少なかったが，時間雨量が 100mm 以上，3 時間雨量が 200mm 以上の観測史上 1 位となる非常に強い雨が極めて短時間かつ局所的に集中して降った。
- ・ 2 か月程度の先行雨量は 6. 29 災害の 1. 7 倍程度あり，土石流が多発した原因のひとつと考えられる。
- ・ 夜間であったために多くの住民が自宅にいて，さらに深夜 2 時頃から雨が急激に強くなったため，避難の準備や行動が困難であった。
- ・ 雨量指標 R' を用いて斜面災害の危険度を評価すると，8 月 20 日 3 時に土石流が発生する危険度となり，その後これまでに類を見ない大規模災害が発生する危険度となって，実情とよく対応していた。

②災害発生場所

- ・ 広島市安佐北区と安佐南区の東西約 2. 5km，南北約 15km の非常に狭いエリアで土石流を中心とする土砂災害が多発した。
- ・ 住宅密集地の直上で土石流が繰り返し発生し，土石流は流路を変えて住宅密集地を直撃した。
- ・ 花崗岩やまさ土斜面以外に，堆積岩や変成岩の斜面でも多くの土石流が発生した。

③災害の種類

- ・ 斜面崩壊（がけ崩れ）が少なく，土石流が多く，これが人的被害を拡大させた。
- ・ 流木による被害が少なく，巨岩を含む岩石と土砂による被害が顕著であった。
- ・ 土石流の源頭部の破壊形式は薄い平面的な表層崩壊だけでなく，被圧地下水によって谷部が V 字形や U 字形に押し出されたような形状となり，崩壊深が数 m 以上の箇所も多数見られた。
- ・ 緑井・八木地区で発生した土石流の単位流域面積当たりの流出土砂量は，6. 29 災害と比較すると約 2. 7 倍程度大きい。
- ・ 土石流の規模が大きくなった要因として，猛烈な豪雨と断層・破碎帯・節理の存在が関係していた可能性がある。

④防災体制（6. 29 災害の教訓から）

- ・ 土砂災害防止法が制定され，ハザードマップ等が作成・公開されていた。
- ・ 410 箇所の雨量観測網から気象情報が収集・整理され，ウェブ上で公開されていた。
- ・ 気象庁と広島県が連携し，ウェブ上で土砂災害危険情報が公開されるとともに，防災情報メール配信サービスが整備されていた。
- ・ 防災体制のシステムはある程度整備されていたが，それを有効に活用することが困難であった。

参考文献

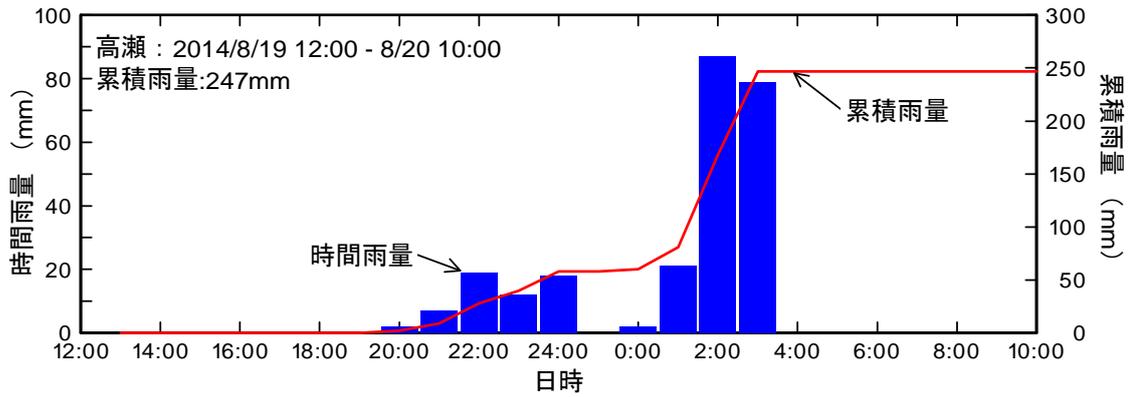
- 1) 地盤工学会：平成 11 年の広島県豪雨災害調査報告書，pp. 1-98，2000.
- 2) 広島県：6.29 広島県土砂災害対策検討委員会討議資料，第 1 回～第 4 回，1999.
- 3) 北川隆司・地下まゆみ・森田敏史・久野高明・藤田大：呉市吉浦東の斜面崩壊と花崗岩斜面の風化メカニズム，平成 11 年度の広島県豪雨災害調査報告書，地盤工学会，pp. 101-105，2000.
- 4) 森脇武夫・中井真司：降雨による斜面災害の危険度評価のための雨量指標，地盤工学会中国支部論文報告集「地盤と建設」，Vol. 23，No. 1，pp. 19-30，2005.

4. 2 2009年山口防府土石流災害との比較

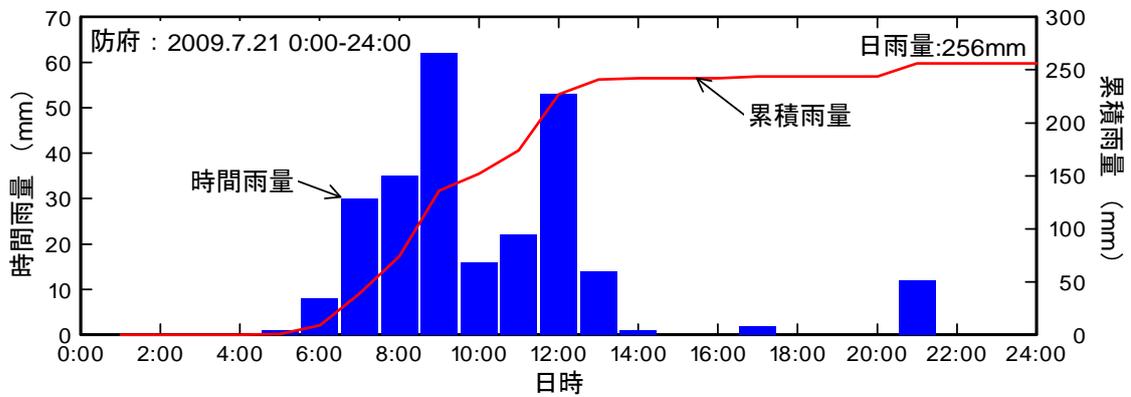
(1) 2009年山口防府土石流災害の概要

2009年7月21日に山口県防府市を中心に発生した土石流災害における人的被害は死者17名、土砂災害は土石流65箇所、崖崩れ125箇所等であり、国の激甚災害に指定された。国道262号線沿いの勝坂、下右田、佐波川沿いの真尾、石原、奈美の各地区で土石流が発生した。また、山口地区では小鯖などで土石流が発生した。いずれも下流域に大量の水、土砂、巨礫、流木が排出され、それらによる家屋や乗用車の被害、道路・橋梁の損壊など甚大な被害が生じた。2次的被害として、停電・断水・道路通行止めなど公共インフラに大きな影響があった。

雨量は災害発生当日の真尾（観測点）の日雨量266mmは1979年以降で最大であった。また、防府（観測点）も1976年以降で最大であった。この日雨量の確率年を求めると、真尾および防府は150～200年程度と算出された。図4-2-1に今回の広島の高瀬と2009年の山口防府土石流災害時の防府で観測された時間雨量と累積雨量の継時変化を示す。24時間の累積雨量は、防府の方が若干多いが、高瀬では時間雨量87mmを記録した時間があり、その前後3時間で187mmを記録しており、より短時間で急激な降雨が観測されたことがうかがえる。図4-2-2に有効雨量と有効雨量強度の関係を示す。図中には、瀬尾・船崎によって示された領域Ⅰ～Ⅲも合わせて示す。なお、降雨データとしては、先に示した高瀬の結果と2009年の防府と真尾の結果を示す。2009年の防府や真尾の結果は、降り始めから有効雨量強度が30mm以上で継続的な降雨が続き、領域Ⅰ、Ⅱと推移してかなり大きな土砂災害が生じる領域Ⅲへと達していることがうかがえる。一方で、今回の高瀬の降雨データを見ると、8/19の夜の降雨は、有効雨量強度としては、それほど大きくなく、深夜0時頃に降雨が観測されていない時間もあり、深夜1時頃までは領域Ⅰにも入らない状況にある。しかし、その後の降雨により、約2時間の降雨で領域Ⅲに達し、大規模な土砂災害が発生している。今回の降雨が2009年の防府のものとは比べ、より短時間に強いものであったことがうかがえる。



(a) 高瀬



(b) 防府 (2009年)

図 4-2-1 高瀬と 2009 年の防府で観測された時間雨量及び累積雨量

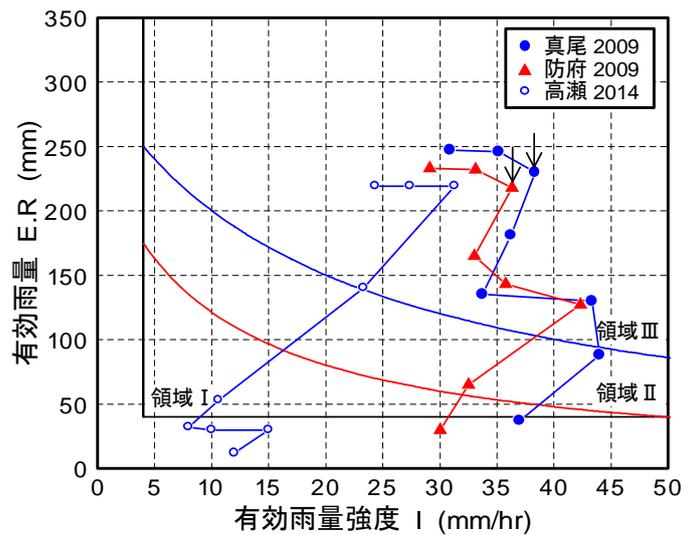


図 4-2-2 有効雨量と有効雨量強度の関係

ここで発生した土石流は、佐波川とその支流の両岸における標高 300m~400m 程度の山地で発生した。当地域の地質は、主に花崗岩であり、一部に三郡変成岩がみられた。その多くが深層までマサ状に風化し、斜面や尾根部に玉ねぎ状風化した花崗岩やシーティング・ジョイントを有す花崗岩がみられた。また、真尾上流の上田南川の溪流沿いのように、ひん岩やアプライトが貫入した花崗岩が認められ、接触変成して硬質な基岩となっているケースがあった。いずれの源頭も尾根のすぐ下から発生しており、崩壊面の傾斜は総じて緩い傾向にあった。また、崩壊面周辺の植生は根の浅い低灌木類が主体であった。源頭部直下の斜面には花崗岩の残存基盤と岩片が所々破断された状況で散在していた。源頭部周辺の法面傾斜が比較的緩く（15~20度）、崩壊土砂の厚みも薄いことも確認できた。なお、表層に近い至るところで開口した低角度節理（シーティング・ジョイント）が見られ、源頭部で節理のある花崗岩が露頭し、新鮮な破断面をもつ岩片が多く散在していたことから、まさ土とその下位の花崗岩の境界部において地下水流の変化または低角度節理の拡大・切断によって岩すべりが助長された可能性がある。

山口防府豪雨災害の特徴を要約すると以下のようであった。

- 1) 土石流発生源頭部において、表層の地質が広島型花崗岩に覆われた地域への観測史上記録的な豪雨によって崩壊が引き起こされた。
- 2) 源頭部の崩壊はおおむね花崗岩とまさ土の境界で発生した。このまさ土のせん断抵抗角は比較的高く、崩壊角よりも高い地点もあった。これは、降雨により地山内で浸透圧が発生することで崩壊が起きたことを示唆している。
- 3) 源頭部から流下域において、まさ土が削剥されながら、また、過去の土石流堆積物と流木を巻き込みながら流下したことがわかった。削剥長は 900~2,000m で、溪床の勾配は 5~20° が大半であった。巨石は斜面勾配 5~10° 付近に堆積していた。多量の雨水とともに、砂や礫に分類され、細粒分を 10~20%含むまさ土が流下したことで、氾濫域が広域となった。

（２）リニアメントとの関連性

土砂災害は、主に降雨による多量の水の供給を原因（誘因）とし、斜面や溪流が不安定になる条件（素因：地質、地形、不安定土砂性状、地下水位等）と相まって発生する。このうち、地形条件の一つであるリニアメント（断層）の存在は、崩壊性の重要な要素であると言われている。これは、リニアメントが断層面周辺の岩盤が割れてズレ動き破碎された層（断層破碎帯）に、大量の水が供給され間隙水圧が上昇することが原因である。

「リニアメント」は、線条模様を表す地形を指している。現地調査を同時に実施し、断層と判断することが一般的である。逆に、断層の存在箇所は、その生成過程に於いて、岩石が破碎されて周囲より軟質で崩れやすく地形的に線状の模様をつくることが多い。よって、防災上の観点からは、リニアメントが「断層破碎帯の状態を保有することが高い線条模様」となる。したがって、このリニアメントが直接的または間接的に地下の地質や構造

等を反映しているため、断層などの存在による地形とされることになり、土砂災害の可能性を評価する場合の指標になりうることから、その存在の検討の意義もある。

地質別の土石流の発生率は、砂防便覧による土石流発生件数を用いた片岡らの手法¹⁾を準用し、「1998, 2003, 2008」版の砂防便覧²⁾から全国的な集計整理を行うと、花崗岩類の地質は、全国的にも土石流発生率は高い傾向にあり、中国地方では、地質の分布面積に比例し、圧倒的に「花崗岩」地域が危険であることが言える。

a) 2009 年山口防府土石流災害での関連性

平成 21 年 7 月 21 日の豪雨による山口県西部の防府市北側を中心とした被災地の地質は、深層まで風化した花崗岩であり、一般的にも豪雨に弱い地質である。図 4.2-3 は、平成 21 年 7 月 21 日の豪雨による被災地を中心とした地域のリニアメントと扇状地及び土石流痕を記載したものである。リニアメントは、一般に地質的な弱線を示すことが多く、当該地区においても図 4-2-3 に示すように、佐波川沿いの断層などを示すものと考えられ、これら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、より多くの土砂を溪流沿いに流出しているものと考えられる。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。防府で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、防府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、防府で発生した土石流は、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、防府地域で通常起こり得る範囲での規模といえる³⁾。

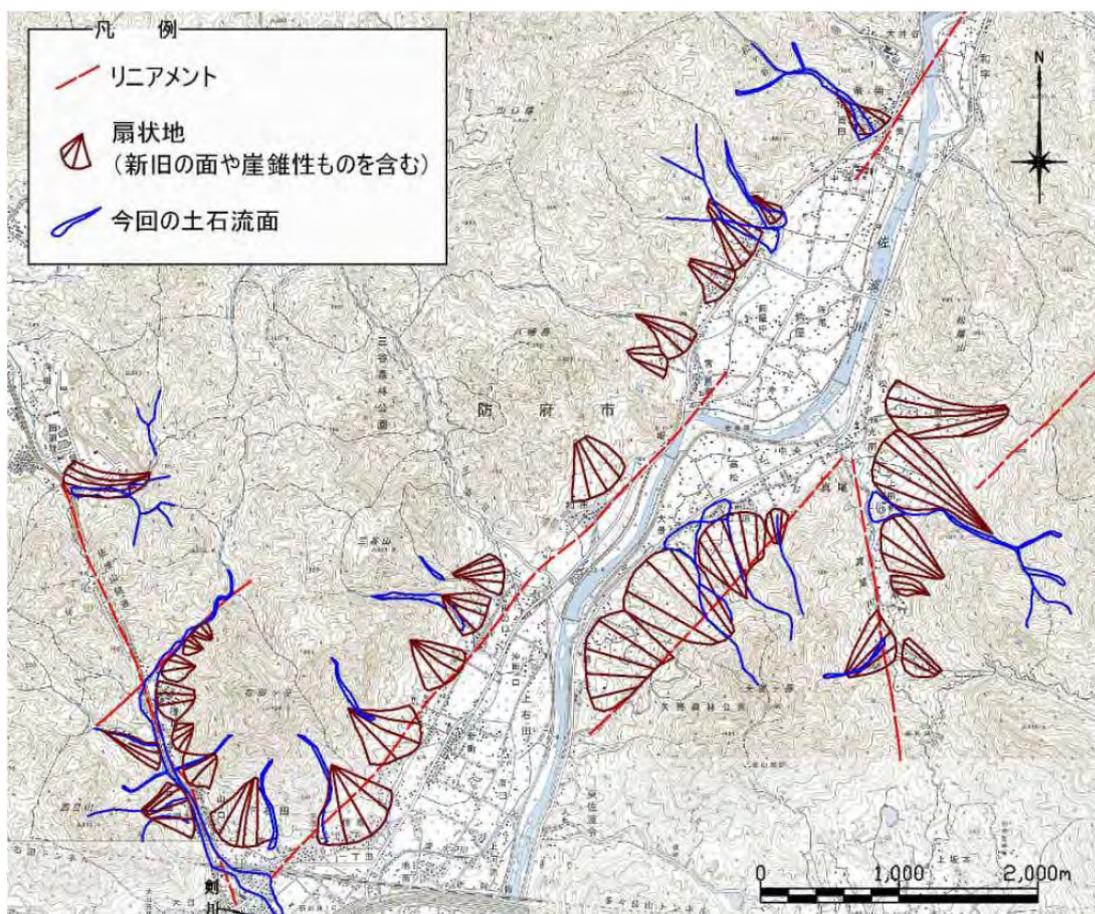


図 4-2-3 リニアメントと扇状地そして今回の土石流痕³⁾

リニアメントと土石流発生との関係を把握するために、間隙水圧を測定する現場計測を実施している。当該地域は、防府市北側の標高 300~400m 程度の山地であり、一級河川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、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。佐波川の左岸丘陵部には、広域に三郡変成岩の分布があるが、対象区域での分布はわずかである。(図 4-2-2 参照) 花崗岩には、山陽地方(特に山口県西部)に特徴的な NW-SE 系、NE-SW 系のリニアメントに近似した割れ目(節理)が卓越する。また、佐波川河道は NE-SW 系の断層が推定されており、右岸側丘陵地に発達するリニアメントに近似している。(図 4-2-1 参照)



図 4-2-4 対象箇所の広域地質図における代表的な岩種

当該箇所一体は、空中写真を立体視した詳細な地形判読の結果、リニアメントが多数輻射していることが判明した。従って、既往資料及び、詳細な空中写真判読に基づき、地形判読を行い、国道 262 沿いのリニアメントが存在する溪流を 6 箇所抽出して、現地踏査を実施した。現地踏査では、リニアメントの存在箇所を確認することに加え、地下水位変動を捉えるだけの層厚の確保が必要なため、マサ土の堆積状況（地質特性）や地下水（湧水）状況、水質（E c, p H, F e, 水温等）確認も併せて行い、機器設置箇所を選定した。その結果、評価検証実施（モニタリング）箇所は、前記の選定条件より、2 箇所（①-1, ②-1）を機器設置候補地として選定した。（注：②-2 はマサ土の堆積厚が薄いため不採用）内、1 箇所は、リニアメント上に N40W-70E の断層が明確に確認でき、水質測定結果からも花崗岩断層部からの湧水と想定される箇所である（図 4-2-5～6 参照）

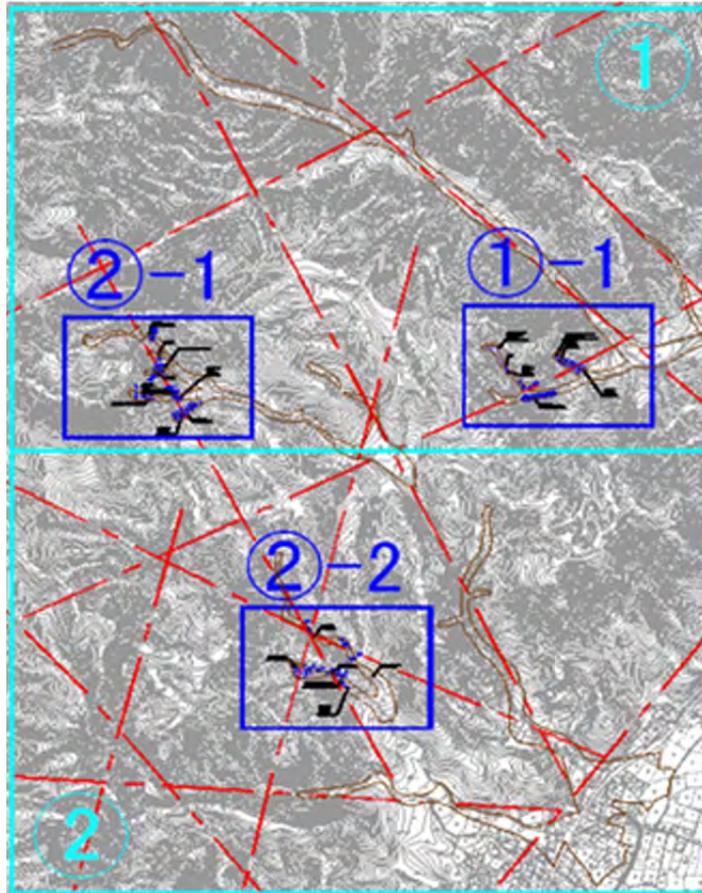


図 4-2-5 現場計測箇所でのリニアメントの状況



図 4-2-6 現場計測箇所付近での断層痕

観測機器は、地下水位変動を捉えるための間隙水圧計 6 基、降雨状況を確認するための雨量計 1 基、また本観測においては、観測データをリアルタイムでインターネット配信を行うことから、観測システム（通信集約機）1 式である。間隙水圧計の設置については、リニアメントを挟み込む形で上流・下流に 3 基ずつ設置し、設置に当たっては、簡易貫入試験を行い周辺の土砂厚を確認し、併せて水位観測孔の深度を検討したのちに、オーガーボーリング等を用いて観測孔を掘削し、設置するものとした。観測孔の仕様は、地表面から深さ 1m までを無孔管とし、その下にストレーナーを設置することとした。

図 4-2-7 に、松ヶ谷①ではリニアメントの下流側 No2,3 と上流側の No5 で降雨による水頭の変化が見られた結果を示す。19,20,21 日に連続して 20mm を超える日雨量が発生しており No2,3 において水頭の増加が見られる。また、22 日以降、4 日間は 5mm を超える日雨量が発生しておらず降雨により増加した水頭の減少が見られる。この水頭の減少は 26 日に新たに降雨が発生するまで続いていることがわかる。その後、26 日にはおよそ 100mm の日雨量が発生し、No2,3 において前回の降雨による影響が残ったまま再度水頭の増加が見られた。26 日においてはリニアメント上流側の No5 でも水頭の増加が見られた。その後、6 月 31 日まで降雨がない日が続き水頭が No2,3,5 において水頭の減少が見られるが、No2,3 においては 31 日まで水頭の減少が続き、No5 においては増加した水頭が 27 日には降雨が始まる前の水頭まで減少していることがわかる。

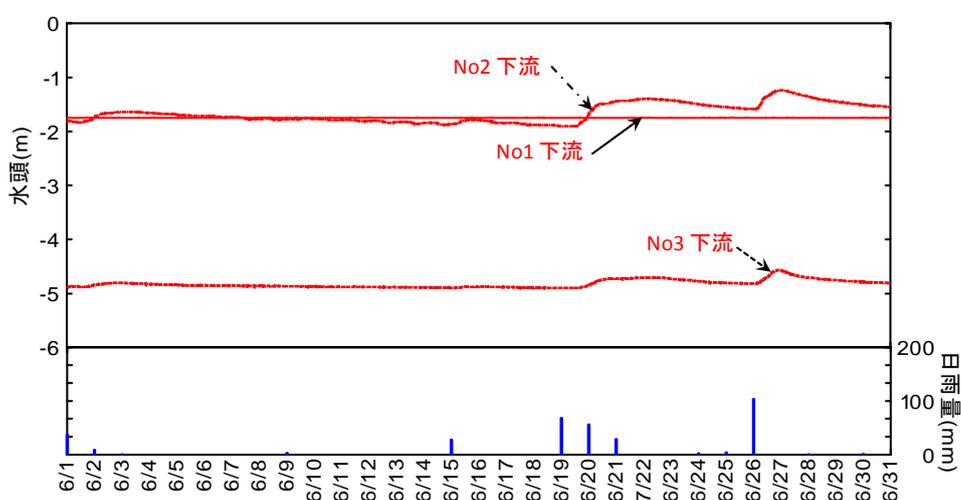


図 4-2-7 松ヶ谷①の下流側における水頭と日雨量の関係

図 4-2-8 に 2011 年 5 月の日雨量と水頭の測定結果を示す。松ヶ谷②ではリニアメントの上流側 No4,5,6 で降雨による水頭の変化が見られた。5 月 11 日、12 日にそれぞれ 189mm,90mm の日雨量が発生しており水頭の増加が見られたが、11 日から 12 日にかけて

水頭の減少がみられ、2日間に2度の水頭のピークが見られる。14日以降は10日間降雨が発生しておらず水頭の減少が見られるが、No4では14日までに水頭が11日の降雨が発生する前の水頭まで減少している。また、No5,6においても降雨が観測されなくなった4日後には降雨により増加した水頭の大部分が減少しており、水頭の減少が見られず水頭が一定の値を示していることがわかる。

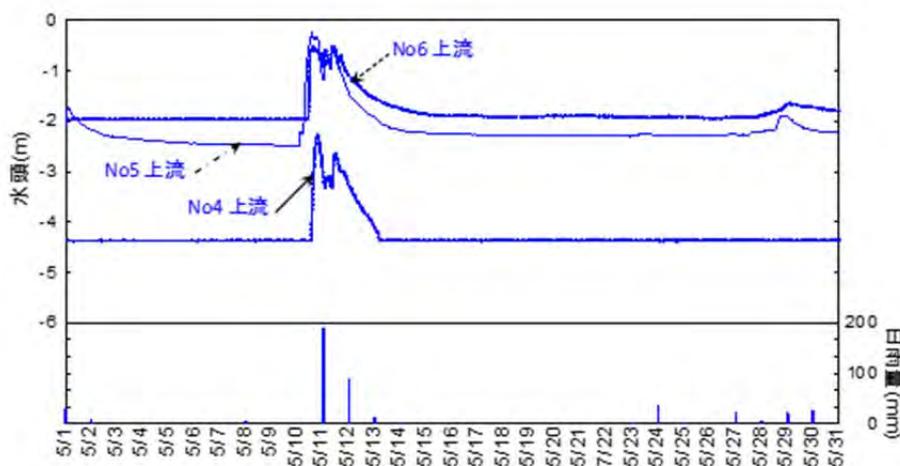


図 4-2-8 松ヶ谷②の上流側における水頭と日雨量の関係

b) 2014 年広島土石流災害とリニアメントと関連性

広島市は、市の中心部を流れる太田川の河口に開けた三角州上（広島平野）に市街地があり、それを取り囲む西部・北部・東部は、住宅化が進んだ丘陵地帯である。平野部が非常に少なく、急峻な山岳地域でないため、比較的山裾まで開発されている。（図 4-2-9）昭和 30 年代に始まる高度経済成長に伴い、地方中核都市でも都市化現象が顕著になったため、昭和 43 年 5 月 17 日に「現行の都市計画法」が公布された。安佐南区、安佐北区は、昭和 40 年代後半から昭和 50 年代にかけて山地部を切り開いた大規模な宅地開発が進み、JR 可部線沿いは、交通の利便性が高いこともあり人口が増大している。

地形は、阿武山及び白木山山麓緩斜面を形成した「沖積錐」地形や土石流堆地形が分布している。山麓直下は最近の宅地造成による民家が立ち並び、古くから住む農家の家屋は沖積錐の末端から中部付近までに分布するなど土地利用に差異がみられる。地質は、安佐北区、安佐南区ともに、中生代後期の花崗岩が広く分布している。安佐南区では、花崗岩の上層部にホルンフェルス化した粘板岩、泥質岩を主体とする玖珂層群が、安佐北区では、砂質凝灰岩、流紋岩質凝灰岩、石英安山岩で構成される高田流紋岩類が存在する。（図 4-2-10）特に、安佐南区で発生した土石流は、玖珂層群を源頭部に下層の花崗岩（まさ土）に向けて発生している。



図 4-2-9 広島市土砂災害被災箇所

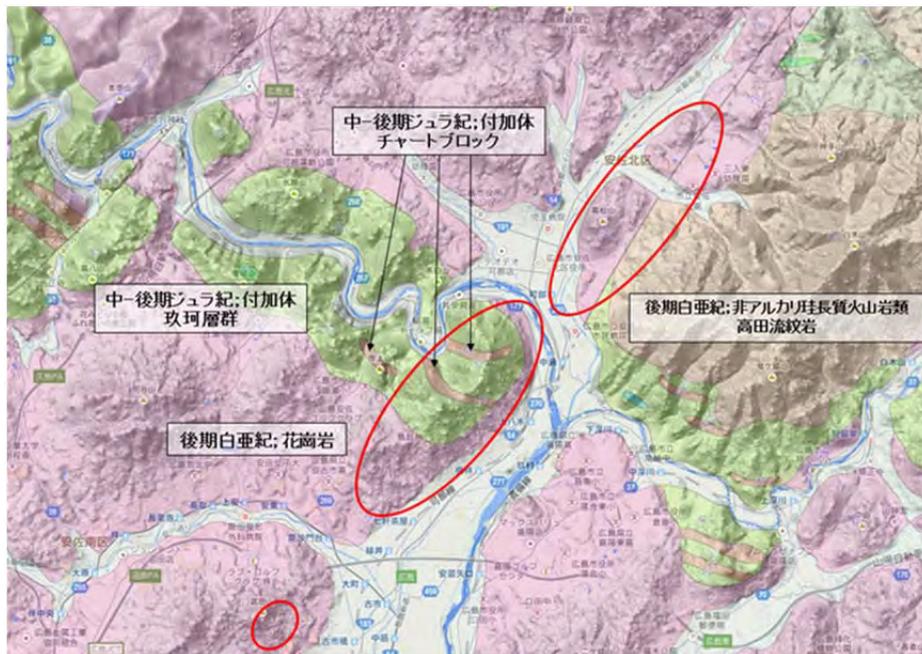


図 4-2-10 広島市土砂災害箇所の地質分布（シームレス地質図に加筆）

図 4-2-11 に示すとおり，中国地方は，四国,近畿,九州地方が幾筋もの深いしわ模様で刻まれているのに比べ，概して単調で他の地貌と極めて対照的特色である．特に，広島県西側から山口県にかけては，北東-南西方向を主とする活断層や明瞭なりニアメントが卓越して発達していることが特徴的である．山間地に数多く発達する直線的な谷地形は，節理

や断層などの弱線構造の存在を示唆している⁴⁾。空中写真の判読結果から検出されている活断層は、ほとんどすべてがリニアメントの一部を構成しており、确实度Ⅲまでの活断層を含めると、リニアメントの約半数が活断層と一致している。従って、金折⁵⁾は、広島県西側から山口県にかけて卓越して発達している北東-南西方向を主とする活断層や明瞭なリニアメントを連続性があるものとしてグルーピングし、それぞれ「大原湖-弥岐山西断層系」と「岩国-上根断層系」と定義している。

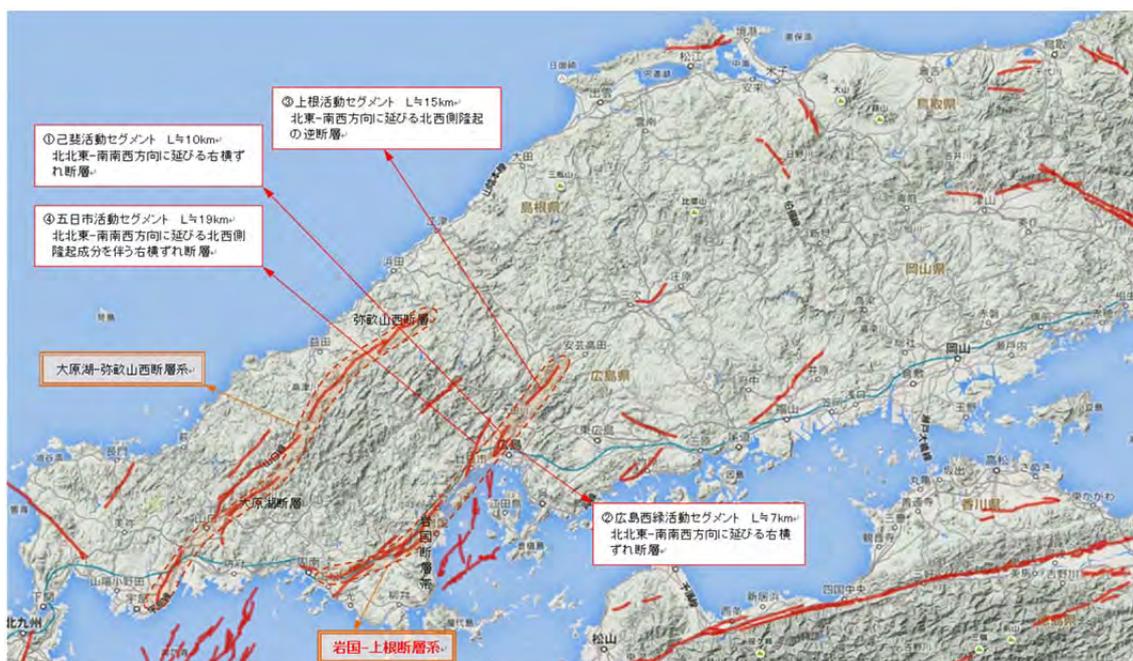


図 4-2-11 中国地方の活断層とリニアメントのグルーピング

今回発生した土石流災害のうち、安佐南区では、「玖珂層群を源頭部に下層の花崗岩（まさ土）に向けて発生していること」、「岩国-上根断層系にあたる上根活動セグメント南側から上根活動セグメントと己斐活動セグメントまでの空白区間で発生していること」が特徴の一部として考えられる。つまり、地質の層境界とリニアメントがキーワードとなることが推定される。リニアメントに粘土質なものが存在すれば滞水層となる可能性があり、破碎されて空隙が大きいものであれば透水層となる可能性が出てくることも考えられる。また、地質の層境界が透水層になっている可能性も考えられる。付近の地下水痕跡等確認する必要がある。

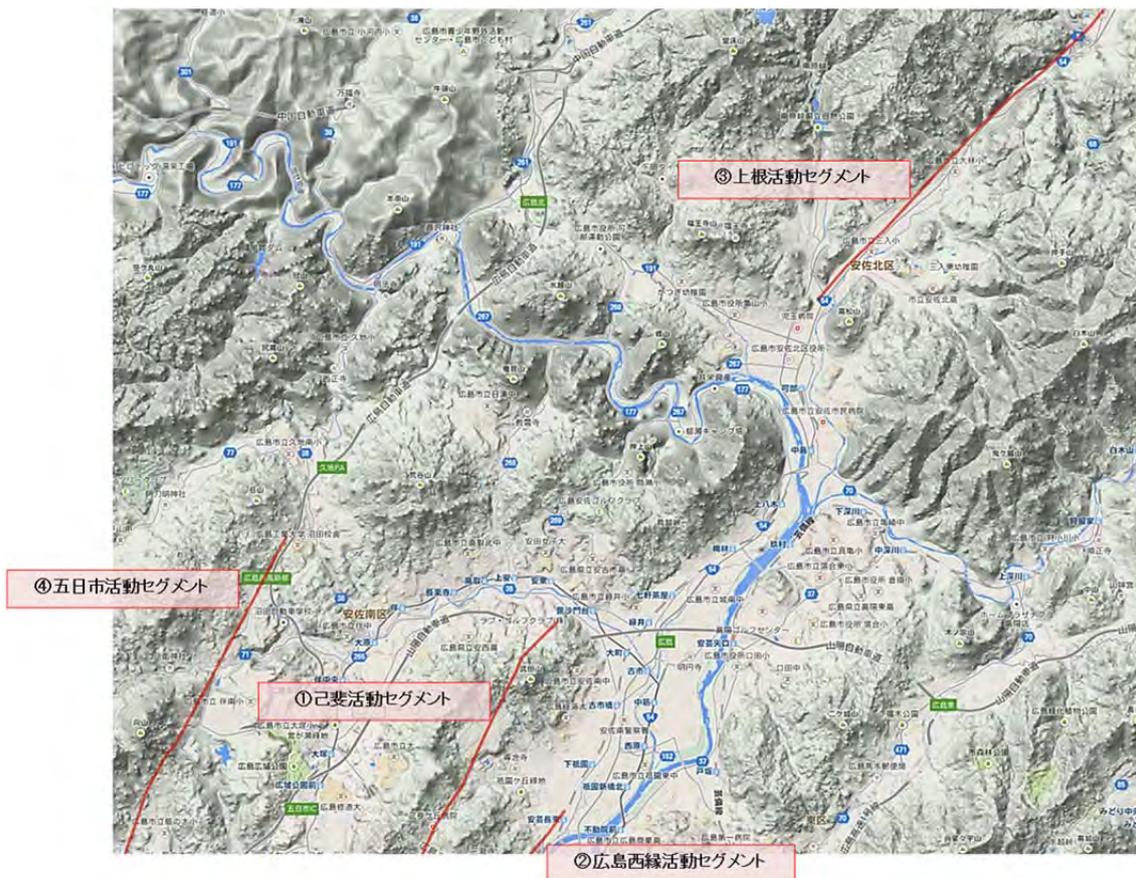


図 4-2-12 土石流発災箇所拡大図（産総研；活断層データベースに加筆）

(3) 過去の土石流の発生状況と長期リスク評価

花崗岩・まさ土分布地帯では豪雨時に崩壊・土石流が発生することが多い^{6) 7)}。防府地域においても、1993(平成 5 年)8 月 2 日の集中豪雨により複数箇所では崩壊が発生しており、過去に土砂災害が繰り返し発生しているとみられるべきである。土石流の発生頻度に関しては、阪口ら⁸⁾が 2009 (平成 21 年)7 月の豪雨による土砂災害の特徴と発生素因を航空測量データの解析と現地調査の 2 つの面からまとめるとともに、頻発する土砂災害の長期リスク評価の観点から土石流・崩壊発生サイクルを明らかにするために、土石流堆積物の形成年代を放射性炭素年代測定法(¹⁴C 法)により求めている。その結果を図 4-2-13 に示す⁹⁾。それによると、①防府市石原地区では 2009 年に発生した水平低地まで土砂流が到達した大規模な土石流が過去にも何度と発生していた、②当地区の過去の大規模土石流は西暦 1050 年、1220 年、1350 年に発生し、1350 年の土石流から 2009 年の土石流までの発生間隔は約 660 年であった。今回の広島市の被災地域でも、土石流発生溪流の削剥された側岸において古い土石流堆積物がみられた。その一例となる写真を図 4-2-14 に示す。現時点で形成年代は不明であるが、過去の土石流堆積物とみられる層があったことから、この溪流では過去に何回か土石流が発生していたとみられる。また、可部東 6 丁目の土石流発生溪流でも過去

の土石流堆積物を発見し、土中より炭化物試料を採取した。広島の被災地域に対しても、今後の調査によって土石流の発生年代や発生間隔を明らかにしていくことが重要である。

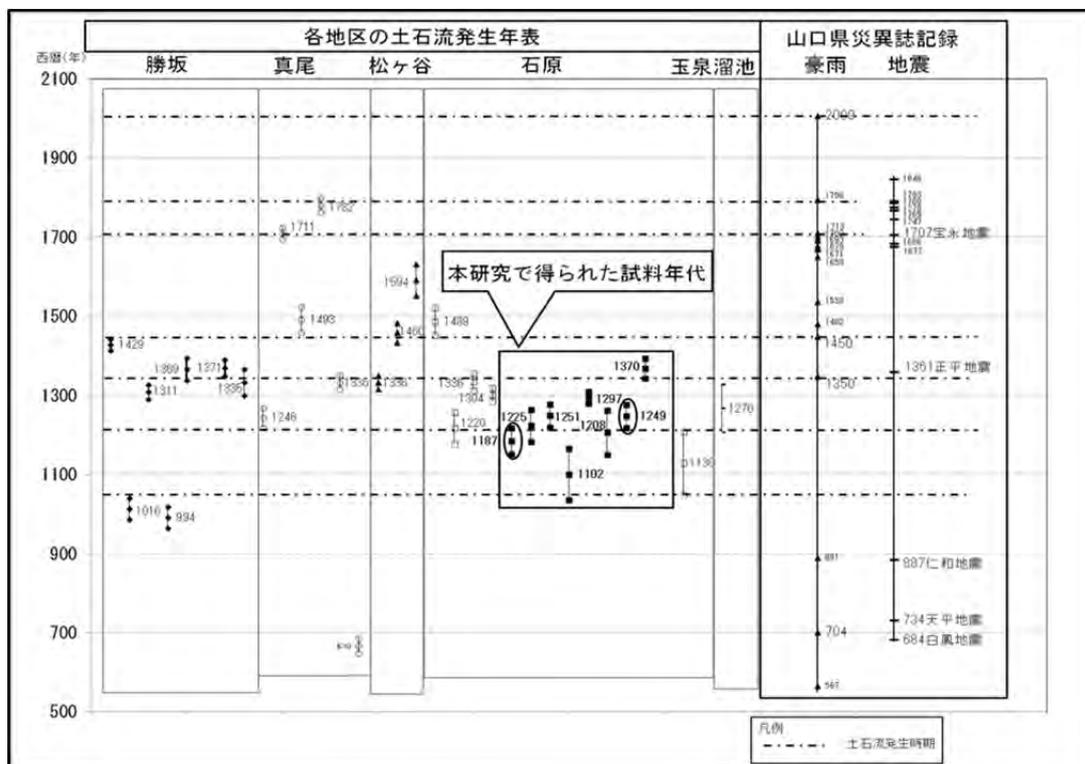


図 4-2-13 防府地域の土石流発生年表⁹⁾



図 4-2-14 県営緑ヶ丘住宅裏の溪流における土石流堆積物の状況

引用文献

- 1) 片岡順：土石流の発生及び規模の予測に関する研究，文部省科学研究費重点領域研究，平成2年3月
- 2) (社)全国治水砂防協会：砂防便覧，H10版 H115版 H20版
- 3) (社)土木学会 地盤工学委員会 斜面工学研究小委員会：2009年7月 山口豪雨災害調査報告書，平成21年9月
- 4) 村田秀一，森脇武夫：中国地方の地盤災害，土と基礎，Vol.38(3)，pp.47-53，1990.
- 5) 金折裕司：地震モーメントの平均解放速度に基づく内陸地震の危険度評価，応用地質，Vol.39(3)，pp.287-297，1998.
- 6) 日本応用地質学会中国四国支部災害調査チーム：1999.6.29 広島・呉土砂災害速報一花崗岩地域における土砂災害一，応用地質，40-5，pp.316-321，1999.
- 7) 地盤工学会中国支部まさ土地帯の風化及び降雨浸透特性と斜面災害に関する研究委員会：まさ土地帯の風化及び降雨浸透特性と斜面災害に関する研究報告書，地盤工学会中国支部，2003.
- 8) 阪口和之，鈴木素之，松原輝明，兵動正幸：山口県防府市における土石流発生域の地形・地質的特性と過去の土石流・崩壊発生サイクル，地盤工学会誌，61-9，pp.26-29，2013.
- 9) 阪口和之，楮原京子，松木宏彰，鈴木素之：山口県防府地域における大規模土石流の発生周期，第7回土砂災害に関するシンポジウム発表論文集，pp.19-24，2014.

4. 3 2010年庄原災害との比較

(1) 災害の概要

2010年7月16日15時から18時にかけて、広島県庄原市において、最大時間雨量72mm、3時間累積雨量173mm（広島県の大戸雨量計）の集中豪雨が発生した。この集中豪雨により、約4km×4kmの狭い範囲において200箇所以上の同時多発的な斜面崩壊と崩壊土砂による土石流が発生し、それらが木々を巻き込みながら溪流から流出して山間地の集落を押しつぶし、道路や農地にあふれ出すという被害が生じた。

図4-3-1は被害の概要である。図のように県道445号中迫川北線に平行して西側に大津恵川、篠堂川、東側に大戸川が流れているが、445号線の両側の山地で山腹崩壊と崩壊土砂の土石流化が集中的に発生し、洪水被害と複合して沿道の住宅、道路、農地に壊滅的な被害を与えた。土石流災害の発生箇所は37箇所、崖崩れ災害の発生箇所は5箇所とされているが、特に篠堂川、大戸川の両側ではほとんどの溪流において土石流が発生している。広島県のまとめによると被害は以下のようである。

人的被害死者1名、負傷者1名

住宅被害全壊家屋13棟、半壊9棟ほか

農地・農業用施設502箇所、林業（山地・溪流崩壊、林道）65箇所

河川51箇所、砂防2箇所、道路21箇所

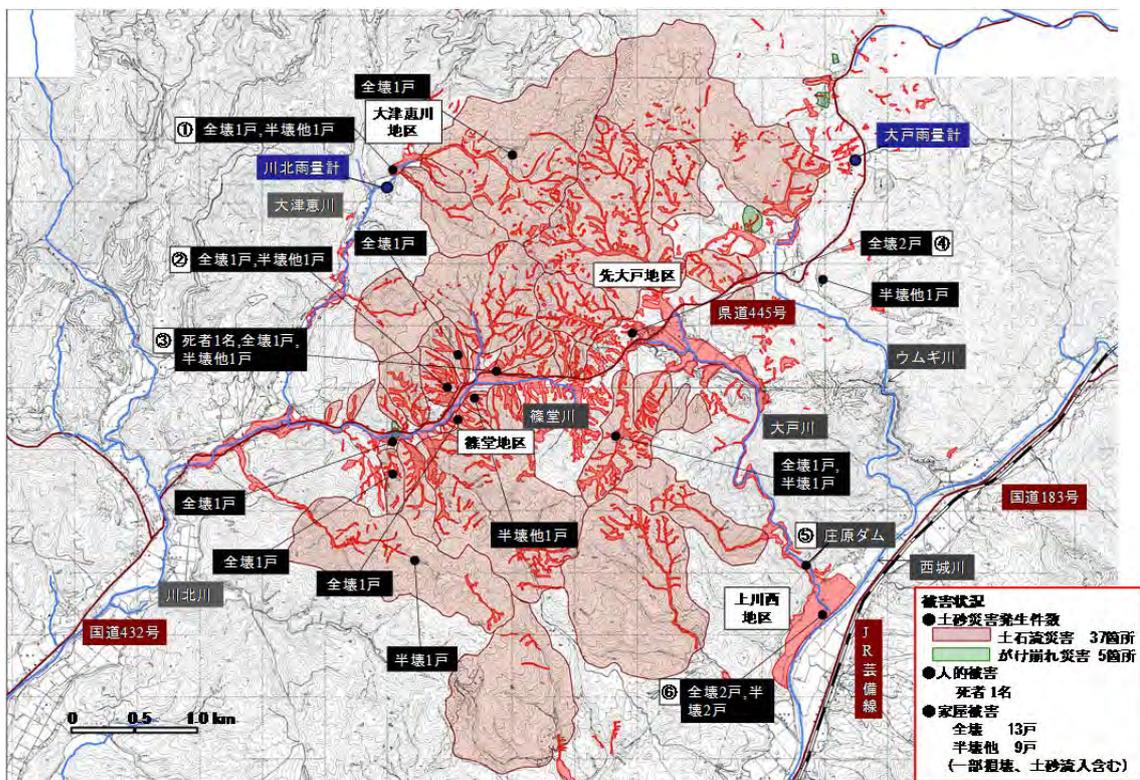


図4-3-1 2010年7月16日に発生した広島県庄原市土砂災害の概要（広島県砂防課提供）

(2) 降雨の状況

図 4-3-2 は被災地周辺に設置されている雨量計の位置である。図のように広島県と気象庁によって周辺の 8 ヶ所に雨量計が設置されており、被災地域では大戸と川北の雨量計が災害をもたらした雨量を観測している。表 4-3-1 は 8 箇所の雨量計の 7 月 16 日までの 7 月の累積雨量、7 月 16 日 15 時～18 時の 3 時間の雨量、7 月 16 日 15 時～18 時間の最大時間雨量である。全ての雨量計が 7 月 16 日までの 7 月の累積雨量が 250mm 以上であるが、7 月 16 日 15 時～18 時の 3 時間雨量と最大時間雨量には大きな差が見られ、3 時間雨量で 100mm を超えたのは川北と大戸の 2 ヶ所のみである。このことは、極端に狭い範囲に限定的に集中豪雨が発生したことを示している。

図 4-3-3 は大戸雨量計における 7 月 1 日からの 7 月 17 日までの累積雨量と時間雨量(正時から正時の雨量)の推移である。図に示すように、7 月に入ってからの断続的な降雨によって累積雨量は 7 月 16 日の段階で 363mm に達し、隣接した川北では累積雨量が 358mm であった。



図 4-3-2 被災地周辺の雨量計の位置

表4-3-1 2010年庄原災害における観測雨量

雨量計	7月16日までの7月の累積雨量(mm)	7月16日15時～18時の3時間の雨量(mm)	7月16日15時～18時の最大時間雨量(mm)
永田	265	3	3
比和	299	8	7
庄原	262	3	3
川北	265	125	54
大屋	300	72	30
大戸	267	173	72
西城中野	257	51	33
本村	262	3	3

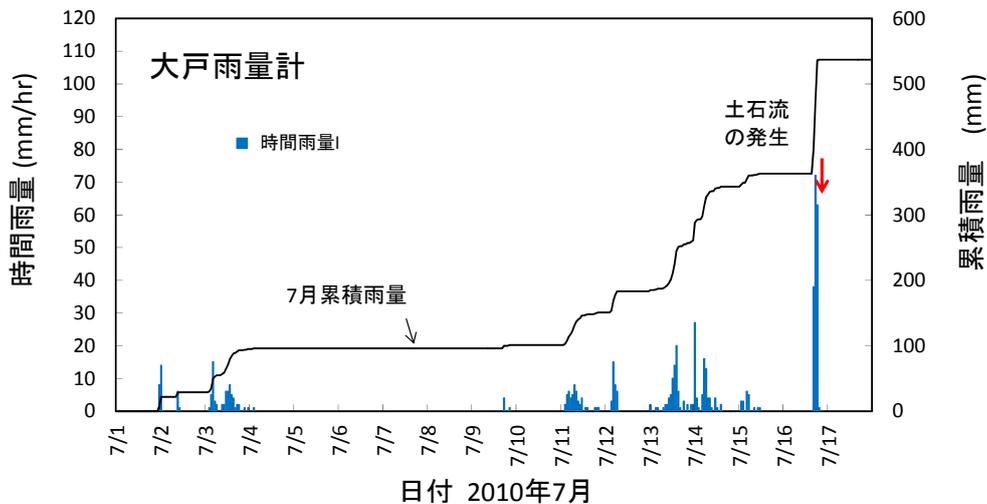


図 4-3-3 2010 年庄原災害における 7 月 1 日からの累積雨量と 1 時間雨量の推移（大戸）

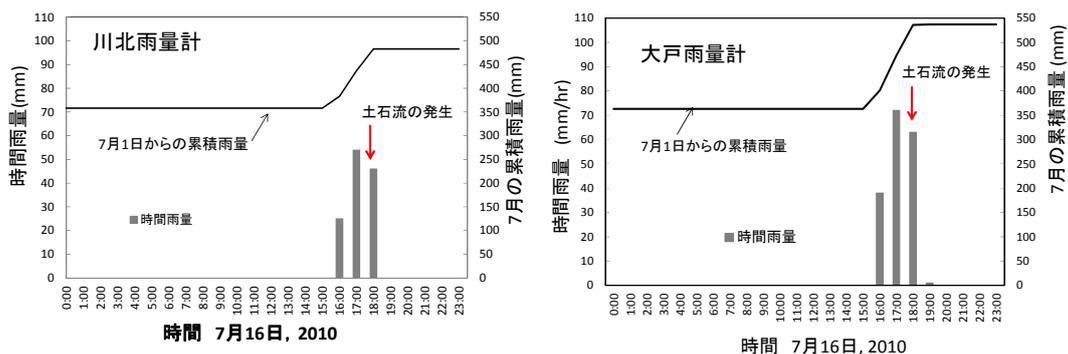


図 4-3-4 2010 年庄原災害における 7 月 16 日における時間雨量の推移（大戸と川北）

図 4-3-4 は大戸と川北における 7 月 16 日の時間雨量の推移である。図に示す通り 16 日の 15 時～18 時の 3 時間に大戸で 173mm、川北では 125mm の集中豪雨が発生した。大戸雨量計はこの間に最大 60 分間雨量として 91mm/h（15 時 40 分～16 時 40 分）を記録している。広島地方気象台のアメダス雨量計は大戸雨量計から約 9km 離れた庄原市中心部に設定されているが、15 時～18 時の 3 時間累積雨量は 65mm であり、そのほとんどが 17 時から 17 時 40 分の間に集中した。庄原で観測された最大時間雨量 64mm は観測史上最大であったが、大戸の県の雨量計ではその値の約 1.5 倍の最大 60 分間雨量 91 mm を観測しており、今回の雨がこの地域にとってこれまでの経験をはるかに上回る豪雨であったことを示している。また、図 4-3-1、4-3-2 に示した雨量計の位置をみると、大戸および川北の雨量計はもっとも被害が大きかった篠堂川と大戸川の流域からやや離れているため、これらの流域の雨量は雨量計で観測された雨量よりも大きかった可能性が高い。以上のように、先

行降雨がない状態で3時間に125～173mmの豪雨が集中し、降り始めから約2時間後に土石流が発生したため、本災害では災害発生前に土砂災害警戒情報、避難勧告など防災情報はすべて間に合わなかった。

降雨の状況を今回の災害と比較してみる。今回の豪雨は時間50mm以上の強い豪雨が約3時間続き、地域的に限定した範囲に集中した点で2010年の庄原災害に類似しているといえる。発災前24時間には先行する降雨がなく突然の豪雨であったため避難勧告など行政的な対応が間に合わなかったことも共通している。異なっている点は、今回の災害における1時間雨量の最大(正時)が庄原災害の観測雨量の72mmをはるかに上まわっていること、発災前1週間の先行降雨をみると今回の災害ではほとんど降っていないが、庄原災害では断続的に時間10mm～30mmの雨が先行してた点があげられる。

ただし、今回の豪雨災害において災害発生の1週間前に降雨がなかったとって先行降雨の影響が無いとは断定できない。本年は梅雨時期の6月～7月の梅雨による降雨から間を置かず、8月に入ってから度も重なる降雨があった。図4-3-5は今回の被災地である八木地区に近い高瀬雨量計(国土交通省)の8月日降雨であるが、図のように8月初めから8月18日までの累積雨量は289mmに達している。被災地周辺の雨量計でも、8月の累積雨量は毘沙門台274mm、上原240mm、安佐北区役所236mm、三入東223mmであり、さらに7月以前も含めると相当な雨量になるいえる。この点を考慮すると、庄原災害と比べて先行降雨の影響が少ないとはいきれない。

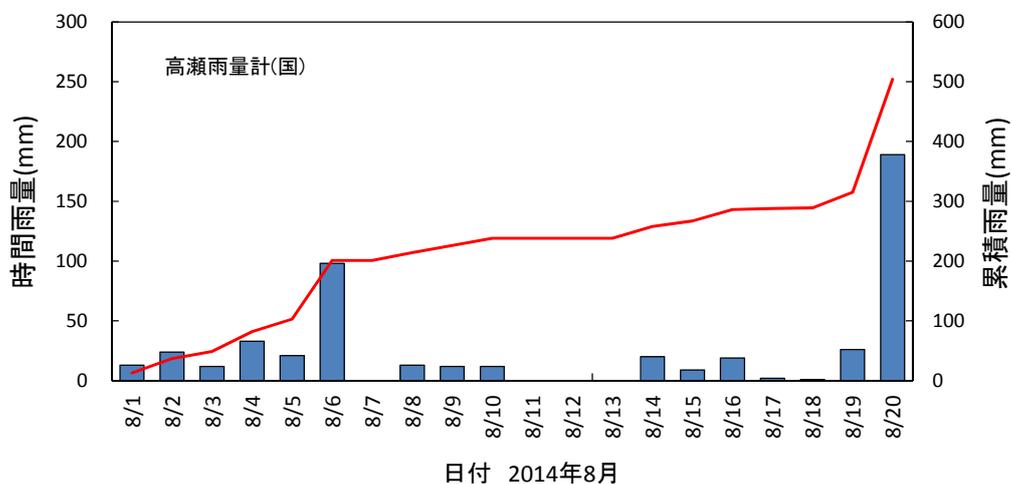


図 4-3-5 高瀬で観測された2014年8月の日雨量

(3) 被災個所の地質特性

被災地の基盤地質は流紋岩類(高田流紋岩類, 中生代後期白亜紀)であり一部は吉舎安山岩類(中生代後期白亜紀)となっている。さらに、これらの層の上に備北層群(第三期中新世中期)が覆っている箇所や、火山灰質土である黒ぼくが覆っている箇所もあった。広島県で大きな土砂災害が発生してきたのは県西部や呉市などを中心とした風化花崗岩

(まさ土)層が分布している地域であったが、庄原災害は風化流紋岩や黒ぼく層によって表土が覆われている地域においても、集中豪雨によって斜面崩壊と土石流災害が同時多発的に発生することを示した。

(4)被害の状況

図 4-3-6 は山腹崩壊が集中的に発生した篠堂川流域の航空写真である。篠堂川および平行する県道 445 号線の両側の斜面において多数の山腹崩壊が発生し、崩壊土砂が土石流となって道路、河川、道路沿いの家屋、農地の上に流下した。図からわかるように、山腹の斜面が同時多発的に崩壊し、それらが土石流となって隣あった溪流から一斉に流出すること、しかもこれが降り始めから約 2 時間半でほぼ同時に発生したことは、都市部と中山間地域の違いはあるが、よく類似しているといえる。



図 4-3-6 篠堂地域の斜面崩壊の状況（北東方向を撮影, アジア航測(株)提供）

図 4-3-7, 4-3-8 は、篠堂川右岸における山腹の崩壊と土石流の発生および家屋の被害の状況である。35°以上の急勾配の斜面が同時に崩壊し、崩壊土砂は土石流となって県道 445 号線、篠堂川に流入した。土石流は、県道 445 号線に流出し、2 軒の家を押しつぶした後、篠堂川に流入した。全壊した一戸に住んでいた女性が家屋とともに川に流され死亡した。図 4-3-8 には家屋の被害の状況を示しているが、今回の土石流災害と比較すると、土石流に含まれる巨礫は少なかったといえる。



写真 4-3-7 篠堂川右岸における山腹の崩壊（広島県提供）



図 4-3-8 篠堂川右岸で発生した土石流による家屋の被害（広島県提供）

図 4-3-9 はヘリコプターからのレーザー測量によって作成した最も被害が大きかった先大戸地区と篠堂地区の赤色立体地図である（アジア航測（株）提供）。赤色立体地図は、傾斜量を赤の彩度に比例させ、急斜面ほどより赤くなるように、尾根谷度を明度に比例させ尾根や独立峰ほど明るく、谷や窪地ほど暗くなるように調製した疑似カラー画像である。

図 4-3-9 から、斜面の崩壊形態は 2 つに大別される。1 つは、谷地形において斜面が崩壊しているケースである。そのほとんどは、尾根より 20～40m 下部が源頭部となって崩壊し、土石流が発生した。源頭部の崩壊の規模は幅が 5～15m であり、溪流まで崩壊が連続している場合と、長さ 20m 程度の規模で崩壊し、その下部は崩壊していない場合もあった。表層部の厚さは 50～150cm であり、源頭部では地盤内の孔を通じて水が流入した崩壊部の底部に流入していた痕跡が見られた。以上の述べた源頭部の位置と状況については、今回

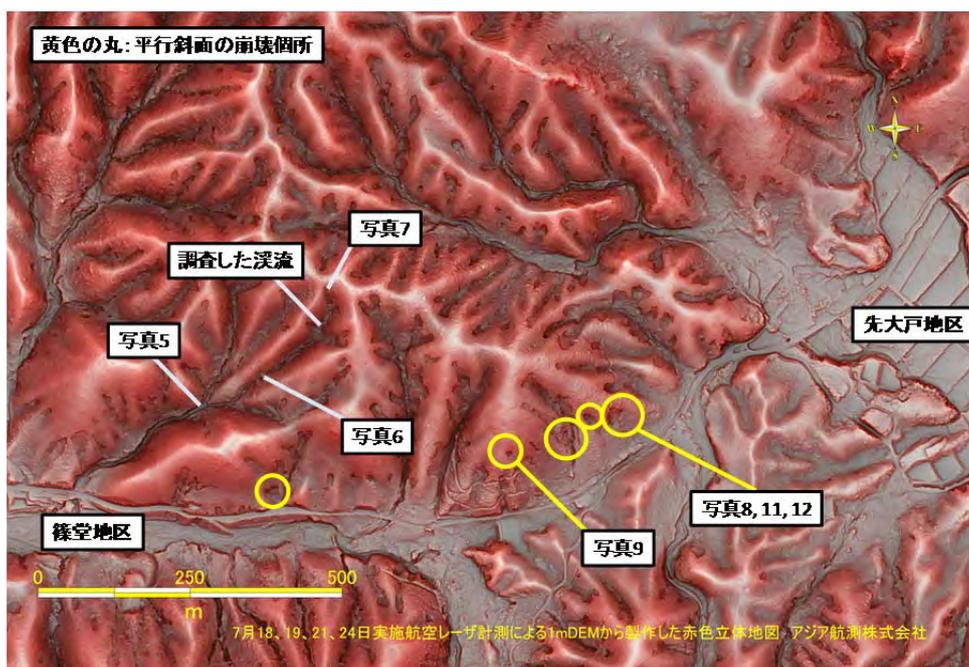


図 4-3-9 ヘリコプターからのレーザー測量による先大戸地区と篠堂地区の赤色立体地図
(提供: アジア航測 (株))

の災害との類似がみられる。もう 1 つの崩壊形態として、図 4-9 や図 4-10 に示すような、谷地形ではない平行斜面の中腹のみが崩壊するといったケースが多くみられた。

図 4-8 に中に示す黄色の丸は、現地調査によって確認することのできた平行斜面の崩壊地であるが、図からはそれ以外にも同様の崩壊形態と思われるものが複数確認できる。このような平行斜面中腹のみが崩壊するといったケースは、風化花崗岩地帯ではあまり見られない崩壊形態であり、今回の土砂災害でもみられなかった。土田らはこのような崩壊のメカニズムとして、斜面上部の風化流紋岩層と斜面下部の黒ボク層の境界付近において 2 つの土層の透水係数の違いによって地下水が滞留し、浅い円弧すべりが発生したと推定している。



図 4-9 平行斜面中腹の崩壊 1



図 4-10 平行斜面の崩壊 2

(5)まとめ

2010年7月16日に広島県庄原市北部の川北町、西城町を結ぶ県道445号線を中心とする地域に3時間にわたる集中豪雨があり、洪水と土石流(37箇所)、崖崩れ(5箇所)などの土砂災害によって死者1名、全壊家屋13棟、半壊家屋10棟という大きな被害が発生した。本災害と今回発生した災害を比較すると以下ようになる。

- 1) 庄原災害では降雨は午後3時から6時までの間に集中的に発生し、大戸、川北の雨量計では3時間でそれぞれ173mm、125mmを記録した。周辺の降雨計で観測した雨量はこれらの雨量よりもはるかに小さく、降雨は約4km×4kmの狭い範囲に集中的に降った。このように、地域的に限定された範囲において3時間にわたりきわめて強い雨が継続して災害に至ったことは、今回の災害とよく類似している。
- 2) 庄原災害では土砂災害が発生したのは午後5時頃であり、降雨が降り始めてから約2時間後であった。このころに、同じ山の隣り合った斜面ではほぼ同時に斜面崩壊と土石流(37箇所)、がけ崩れ(5箇所)が発生したと考えられる。今回の災害では午前1:00に降り始めてから約2時間半後の3時30分にやはり隣り合った斜面で一斉に土石流が発生している。この点も今回の災害が庄原災害と類似している点である。
- 3) 庄原災害で被災した地域の基盤的地質は高田流紋岩類であり、一部が吉舎安山岩類であった。今回の災害では花崗岩とまさ土(風化花崗岩)の地域のほか、堆積岩や火成岩がみられる地域でも土石流が発生していた。表層がまさ土層以外の場合でも、強い集中豪雨により土石流が発生した点でも共通性がある。
- 4) 多くの斜面において、尾根より20~40m下部が源頭部となって多数の崩壊が発生していた。源頭部の崩壊規模は幅が5~15mであり、溪流まで崩壊が連続している場合と、長さ20m程度の規模で崩壊し、その下部は崩壊していない場合もあった。源頭部の位置および規模は今回の災害とほぼ同等であった。
- 5) 庄原災害では、谷地形ではない平行斜面の中腹のみが崩壊するといったケースが多くみられた。平行斜面中腹のみが崩壊するといったケースは、風化花崗岩地帯ではあまり見られない崩壊形態であり、今回の土砂災害でもみられなかった。

5. まとめ

今回の災害は、平成 26 年 8 月 19 日の夕方から 20 日の明け方にかけての猛烈な雨によって、広島市安佐北区と安佐南区の比較的狭い区域において、土石流とがけ崩れが午前 3 時半前後に同時多発的に発生し、死者 74 名という甚大な被害をもたらした。土砂災害防止法制定のきっかけになった 6.29 災害を経験した広島県で、15 年後に 6.29 災害をはるかに上まわる人的被害をもたらした今回の土砂災害を調査した結果から、今後このような災害を防止するための課題として以下のことが指摘できる。

1. 行政による土砂災害に関する警戒避難のシステムについて

- 1) 降り始めから短時間で時間 100mm 近い強さに達し 2 時間継続するような猛烈な雨に対する土砂災害の警戒・避難の判断の方法を全面的に見直す必要がある。

今回の直接の災害をもたらした降雨は、20 日午前 1 時から約 30mm、2 時から 4 時までに時間 100mm 近い猛烈な雨であった。今回のように、降り始めから短時間で急激に降雨強度が上昇し、時間雨量 100mm 前後の猛烈な雨に至るパターンの降雨に対して、現在用いられている土砂災害の警戒避難のための危険度予測のシステムを検証すると、ほとんど機能していなかったことが判明した。広島県・気象庁による土砂災害警戒情報に用いられている判定法で被災地域を危険と判定できたのは、早くても午前 2 時 30 分頃であった（5km 単位メッシュで、被災箇所を含む 1km メッシュ単位ではもっと遅かった可能性がある）。広島市が用いているシステムで被災地域の危険性が判明したのは午前 3 時 10 分頃であり災害が発生する直前であった。

- 2) 防災行政において雨量データの収集方法、雨量データの処理、避難基準雨量やそれによる危険度判定結果の表示方法などを改善し、少しでも早くデータを収集し、状況を早期に把握できるように、システムを整備する必要がある。

今回の災害を含め、豪雨災害の進展速度が非常に早くなっている。これに対して、たとえば広島市消防局における雨量データの収集と避難基準雨量の計算が毎正時ごと（1 時間ごと）に実施されていること、計算に時間を要していることなど、システムに改善すべき点があった。これらをすべてオンライン化して直ちに現在の各地域ごとの現状と今後の危険度を判断できるようにすること、気象庁による短時間降水量予測を危険度評価に取り入れるなど、より早く危険を察知するための基盤整備が必要である。

- 3) 「避難所への避難」を前提とした避難勧告、避難指示は現実的でない。「避難所への避難」とは別に危険がせまっていることを当該地域の住民に直ちに周知する「勧告・指示」等の発令をシステムの中に位置づけることを検討する必要がある。 2) の改善を行っても今回のような急激に進展する集中豪雨に対しては、危険を察知できるのは災害発生前の 1

時間程度であると考えられるので、まずは危険が迫っている情報を当該の住民に少しでも早く発信することを考える必要がある。

- 4) 今回のような急激に進展する豪雨に対しては、住民が自ら危険を判断し、自助、共助によって早期に適切な防災行動をとることができるよう、自主防災組織の活動や訓練によって備える必要がある。

今回のような急激に進展する集中豪雨に対しては、避難勧告、避難所への避難といった行政対応が間に合わない。さらに、遠方の避難所に行くために外に出ることが危険であることも十分考えられる。猛烈な雨が一定時間継続した場合、住民が自ら危険を判断し、早期に適切な防災行動をとることができるようにする必要がある。今回の災害では、住民が危険を察知し、斜面から遠い 2 階の部屋に垂直避難することや、近所のコンクリート構造物の中に避難することにより、難を逃れたという事例があった。

2. 土砂災害警戒区域、特別警戒区域の指定について

- 1) 区域指定のための溪流の調査で想定された発生土砂量を大幅に上まわる土砂が土石流として流出し、大きな被害が発生した。この事実を今後の防災に活用する必要がある。

緑井・八木地区の 16 の溪流のうち、12 の溪流では調査時の想定土砂量を上まわる土砂が土石流として流下していた。このうち 5 つの溪流は想定量の 2 倍以上、さらにその内の 2 つである県営緑ヶ丘住宅の上の溪流、光廣神社の裏の溪流では想定量の 4 倍を超えた巨礫を含む土砂が流出した。この大量の流出土砂が甚大な被害をもたらした主たる原因であるといえる。

- 2) 想定を大幅に上まわる大量の土砂が発生した原因、メカニズムを今後解明し、予測と対策につなげる必要がある。

想定を大幅に上まわる土砂が発生した県営緑ヶ丘住宅の上の溪流では土石流は 3 箇所の源頭部から少なくとも 3 回発生し、それぞれで多くの土砂が流出したと推定される。阿武の里団地の上の溪流でも 3 箇所の源頭部から大きな土石流が少なくとも 2 回発生したと考えられる。さらに、この 2 つの溪流では、風化した土砂の下にある軟岩や亀裂に囲まれた硬質岩の一部が浸食されていることが判明した。これはこれまでの広島県における土石流災害ではあまりみられなかった特徴であり、流出土砂が想定土砂量を上まわった理由と考えられる。今回の災害発生原因は、時間 80~100mm の猛烈な雨が 2 時間以上継続するという降雨であるが、軟岩や硬質岩の一部を浸食して想定を上回る土砂が発生した原因については、7 月以降の雨の影響や、地形・地質特性も含めた検討により、どのような地盤地質条件でどのような降雨があったときに起こるのかというメカニズムを明らかにし、予測と対策につなげる必要がある。

3) 想定を大幅に上まわる大量の土砂が発生した場合の危険を危険区域の指定にどのように示し備えるか、を検討する必要がある。

土砂災害の危険がある地域において特別警戒区域（レッドゾーン）、警戒区域（イエローゾーン）を指定し、特別警戒区域で開発行為や建築物の構造を規制するとともに、ハザードマップによる危険の周知と十分な警戒避難態勢をとることは、土砂災害防止法における主要な施策となっている。今回の災害において、被害はほぼ警戒区域の中で発生しているが、溪流の基礎調査で想定している土砂発生量よりもはるかに大きな土砂が土石流として流下した結果、「著しい危害のおそれがある土地」として指定されている特別警戒地域を大幅に超えた地域で人的被害を含む甚大な被害が発生した。今後、今回のように未曾有の豪雨により、これまでの想定を大きく上まわる土砂が発生することも考慮し、起こりうる最大規模の土石流に対し、その影響範囲と影響の程度も示すなど、警戒区域の指定方法についても検討する必要があると考えられる。

3. 砂防堰堤の効果について

砂防堰堤が土砂災害を防止する効果の有効性が確認された。危険溪流の数に対して予算上の制約を考慮すると、ソフト対策と関連付けながら、適切に優先順位を設けて計画的に整備を進め、防災効果を高める必要がある。また、早期の整備を進める観点からコスト削減につながる砂防施設の技術開発が必要である。

被害の大きかった地域に設置されている砂防・治山堰堤の状況を調査した結果、砂防堰堤が被害軽減に大きく貢献していることを確認した。一方、治山堰堤は比較的小規模なものが多く、発生した土石流を直接停止させる構造物ではないが、30年～50年前に築造されたものが多かったこともあり、多くの溪流の下流域まで土石流が到達して甚大な被害が生じていた。砂防堰堤の設置は予算の制約を受けるため、今後は区域指定とそれによるソフト対策と整合させ、適切に優先順位を設けて計画的に整備を進める必要がある。また、整備を進捗させる観点からは整備のコスト削減が重要であり、この観点からの技術開発が強く求められる。

4. 今後の都市政策について

広島市が2013年に策定した「広島市都市計画マスタープラン」で掲げる集約型都市構造の実現にあたっては、今回発生した土砂災害の経験を教訓として、アクセシビリティのような経済的指標に加えて安全性の指標を考慮し、安全・安心なまちづくりに向けた法制度の見直しや各種都市政策について検討する必要がある。

謝辞

本調査団の活動に関しては，報告書の各セクションで個別に謝辞を記させて頂いた方々に加えて，住民の皆様，国土交通省中国地方整備局，広島県，広島市，都市計画学会中国四国支部をはじめとする関係各位の甚大なるご協力を頂きました。ここに記して謝意を表します。

改訂履歴

平成 26 年 10 月 7 日	初版を土木学会中国支部HPにて公開
平成 26 年 10 月 23 日	修正を加えた第 2 版を公開
平成 26 年 11 月 10 日	修正を加えた第 3 版を公開

(公益社団法人) 土木学会・(公益社団法人) 地盤工学会
平成26年広島豪雨災害合同緊急調査団・調査報告書

平成26年10月8日(第2版:同年10月23日)

編集者 (公益社団法人) 土木学会・(公益社団法人) 地盤工学会
平成26年広島豪雨災害調査団合同緊急調査団
調査団長 土田 孝

発行所 公益社団法人 土木学会中国支部
〒730-0011
広島市中区基町10番3号 広島県自治会館
TEL(082)222-2376 FAX(082)222-2496

ご注意 当該資料内容を複写もしくは、他の出版物に
転載する場合は、必ず土木学会中国支部
あるいは著者の許可を得てください。