

公益社団法人 砂防学会
2014 年広島土砂災害に関する緊急調査報告会
講演概要集

日 時 : 2014 年 12 月 18 日 (木) 14 時～16 時 30 分

会 場 : 広島国際会議場 ダリヤ①

主 催
(公益社団法人) 砂防学会

後 援
国土交通省中国地方整備局
広島県
広島市

※ この調査報告会は、公益財団法人 河川財団の河川整備基金の助成を受けています。

— 目 次 —

基調講演

- 「近年の土砂災害の特徴」・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・1
松村和樹（京都府立大学大学院 教授）

話題提供

- （１）「74 人の犠牲者を出した 2014 年広島災害の特徴」・・・・・・・・・・・・・17
海堀正博（広島大学大学院 教授）
- （２）「被災地周辺の特徴」・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・23
福塚康三郎（八千代エンジニアリング株式会社）
- （３）「広島災害の誘因の特徴と土砂移動の状況」・・・・・・・・・・・・・31
吉野弘祐（アジア航測株式会社）
- （４）「溪流調査結果の報告」
五反田川（八木四丁目）（堆積岩の分布域）・・・・・・・・・・・・・37
根谷川支川 85・86（可部町桐原）（高田流紋岩～花崗岩の分布域）
長野英次（朝日航洋株式会社）
- （５）「溪流調査結果（花崗岩地帯）の報告」「砂防堰堤の効果」・・・・・・・・・・・・・51
西川友章（国際航業株式会社）
- （６）「2014 年広島土石流災害の数値シミュレーション」・・・・・・・・・・・・・65
中谷加奈（京都大学大学院 助教）

基調講演

「近年の土砂災害の特徴」

松村和樹（京都府立大学大学院 教授）

基調講演 近年の土砂災害の特徴

京都府立大学大学院教授 松村和樹

発表内容

● 近年の土砂災害とその特徴

- 平成23年 紀伊半島大水害
- 平成24年 阿蘇地域土砂災害
- 平成25年 山口・島根豪雨災害
- 平成25年 伊豆大島土砂災害
- 平成26年 南木曽町土砂災害

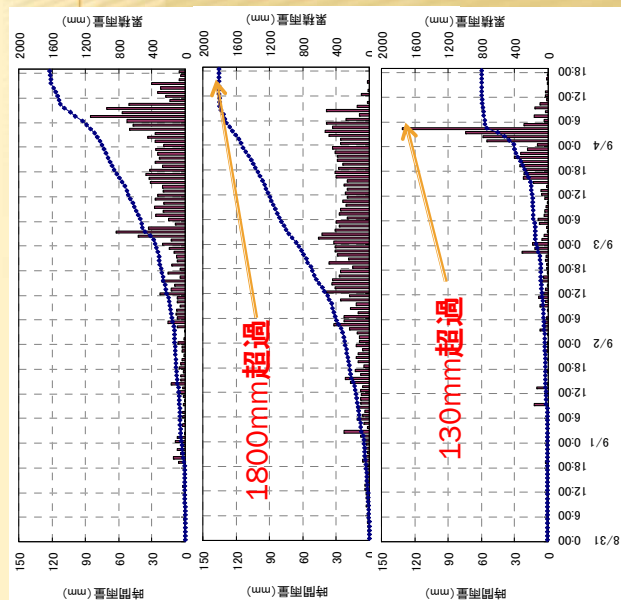
● 土砂災害対策における課題

降雨の状況

- ✕ 台風12号を取り巻く雨雲や湿った空気が流れ込んだため、紀伊半島や四国地方の東部、中国地方の東部を中心に各地で大雨となった。
- ✕ この豪雨がどの程度の頻度で発生するかは宮川村は24時間、上北山は48時間雨量で平均再現年100年を超過し、新宮は全ての時間帯で平均再現年100年を超過していることがわかる。
- ✕ つまり、今回の降雨に対して、上北山・宮川村は長期雨量として稀な降雨現象であり、新宮では短期雨量・長期雨量ともに稀な降雨現象であったことがわかる。

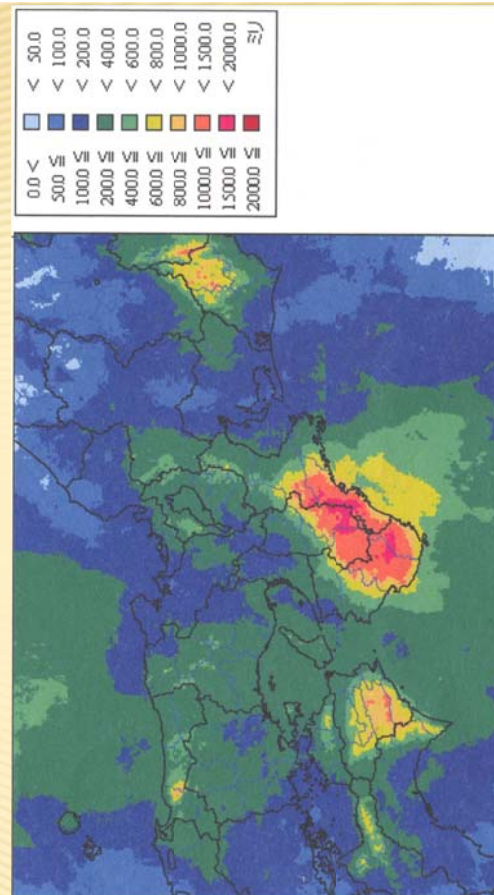
平成23年 紀伊半島大水害

各観測地点における雨量
 (上・宮川村、中・上北山、
 下・新宮)



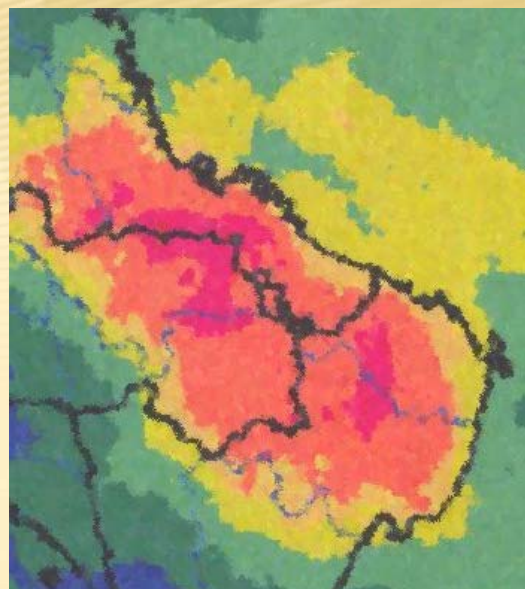
解析雨量による総降雨量分布図（推定）

2011年8月30日17時～9月6日24時
 (平成23年9月7日気象庁発表資料)

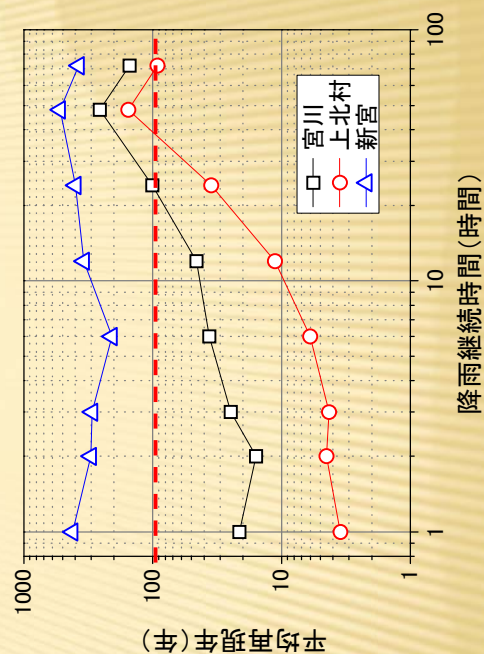


崩壊発生箇所は総降雨分布図に対応して、紀伊半島南東部から北東方向に多発している。

崩壊発生箇所

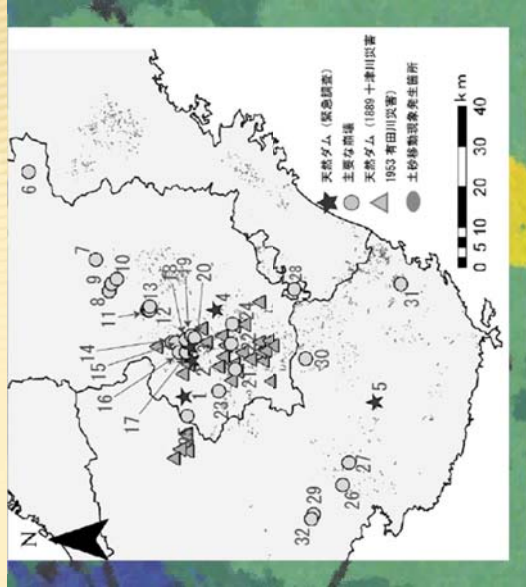


降雨継続時間に対する平均再現年

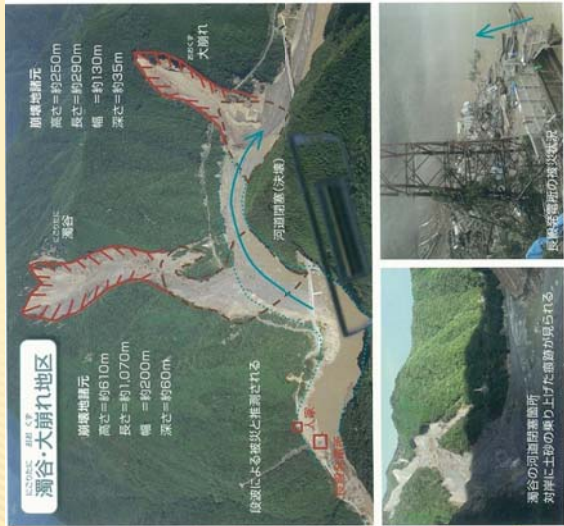


崩壊発生箇所

崩壊発生箇所は総降雨分布図に対応して、紀伊半島南東部から北東方向に多発している。



濁谷・大崩れ地区



野尻地区



栗平地区

栗平地区の深層崩壊は幅600m、長さ960m、高さ450m、崩壊土砂量25,133,000m³であり、崩壊地からの流域面積は9.02km²である（紀伊山地砂防事務所）



天然ダム（栗平）

赤谷地区

深層崩壊は標高1,050mの尾根部から生じ、崩壊の規模は幅460m、長さ1,100m、比高600m、崩壊土砂量9,354,000m³（紀伊山地砂防事務所）である。



（中日本航空(株)撮影）

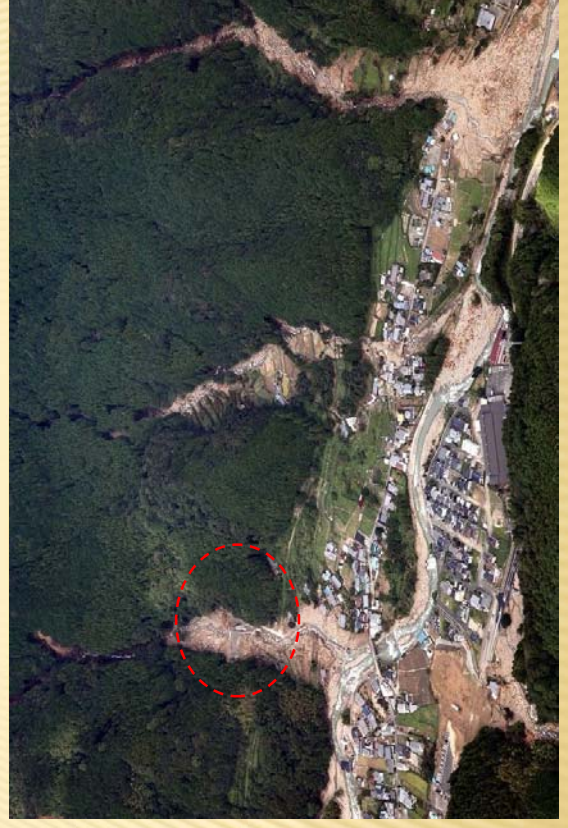
長殿地区

崩壊の規模は、幅340m、長さ730m、高さ400m、崩壊土砂量6,344,000m³（紀伊山地砂防事務所）である。



中日本航空(株)撮影

那智勝浦地区



樹木が乱されずに
立っている

人家被災

流向

宇井・清水地区

那智勝浦地区

■ 源道橋は桁下ぎりぎりまで土砂堆積している。これは金山谷川からの流出土砂の影響も想定されるが、それ以前に本川からの流水で源道橋が閉塞し、那智川本川の土砂が上流に堆積遊上した可能性もある。



16

平成24年 阿蘇地域土砂災害

土砂災害の概要

- ✖ 発生件数
- ✖ 平成 24 年 7 月 11 日から 14 日かけて降り続いた降雨により、福岡県、熊本県、大分県、佐賀県で記録的な大雨となり、気象庁は「平成24 年 7 月九州北部豪雨（以下、「本豪雨」と称する。）」と命名した。
- ✖ 本豪雨により、阿蘇市、高森町、南阿蘇村においては、380 件の山地災害と 85 件の土砂災害が発生した。

土砂災害の概要

表 1.2 平成 24 年 7 月九州北部豪雨による土砂災害発生件数(砂防部局)

市町村名	危険箇所区分	災害種別		総計
		土石流	がけ崩れ	
阿蘇市	土石流危険渓流	62		62
	急傾斜地崩壊危険箇所		8	8
	土砂災害危険箇所以外	7		7
	小計	69	8	77
高森町	土石流危険渓流	2		2
	急傾斜地崩壊危険箇所			
	小計	2		2
南阿蘇村	土石流危険渓流	5		5
	急傾斜地崩壊危険箇所		1	1
	小計	5	1	6
総計		76	9	85

表 1.3 本豪雨による被害概要

被害種別	分類	被害数	被災地域
人的被害	死者	23人	阿蘇市(21)、南阿蘇村(2)
	行方不明者	2人	阿蘇市(1)、高森町(1)
	重傷者	4人	大津町(1)、阿蘇市(1)、南阿蘇村(2)
	軽傷者	7人	熊本市(3)、菊池市(2)、産山村(1)、南阿蘇村(1)
住家被害	計	36人	
	全壊	169棟	熊本市(88)、菊池市(1)、大津町(2)、阿蘇市(60)、産山村(1)、南阿蘇村(9)、相良村(3)、五木村(4)、球磨村(1)
	半壊	1,293棟	熊本市(146)、菊池市(1)、大津町(21)、阿蘇市(1121)、高森町(3)、南阿蘇村(1)
	床上浸水	547棟	熊本市(314)、玉名市(2)、玉東町(5)、山鹿市(5)、菊池市(84)、大津町(16)、菊陽町(29)、阿蘇市(38)、産山村(2)、高森町(5)、南阿蘇村(5)、八代市(5)、芦北町(29)、相良村(2)、五木村(2)、山江村(1)、球磨村(3)
	床下浸水	1,367棟	熊本市(458)、玉名市(9)、玉東町(13)、和泉町(4)、山鹿市(14)、菊池市(142)、合志市(3)、大津町(35)、菊陽町(52)、阿蘇市(389)、南小国町(2)、小国町(2)、産山村(17)、高森町(32)、南阿蘇村(11)、八代市(46)、芦北町(101)、湯前町(1)、相良村(5)、五木村(7)、山江村(3)、球磨村(21)
	一部破損	35棟	熊本市(20)、山鹿市(1)、菊池市(1)、阿蘇市(4)、産山村(1)、南阿蘇村(2)、益城町(1)、芦北町(1)、球磨村(1)
	計	3,411棟	

(出典:H24.7.12熊本広域大水害に係る被害状況(平成25年1月31日時点))



写真 1.1 阿蘇市一の宮町手野地区付近

一の宮町では多くの土砂災害が発生し、土井川ではカルデラ壁の急斜面を源頭部とする土石流により死者1名、手野地区では崖錐斜面の崩壊により死者1名の人的被害が生じた。

防災気象情報の発表状況

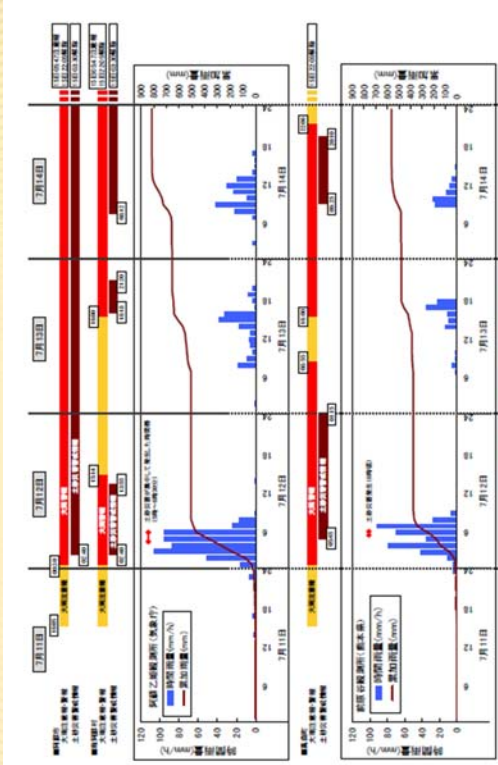


図 1.1 降雨状況と防災気象情報「発表」の関係図
防災気象情報は降雨データを基に自動的に発表される。ここでは簡略化のために代表的な降雨データを示した。

防災気象情報の発表状況

阿蘇乙姫観測所・高森観測所（気象庁）の降雨データ及び防災気象情報の発表状況を図 1.1 に示す。阿蘇市、高森町、南阿蘇村においては、土砂災害警戒情報発表後に多くの災害が発生した。

平成25年 山口島根豪雨災害

平成25年 山口島根豪雨災害



平成25年 山口島根豪雨災害

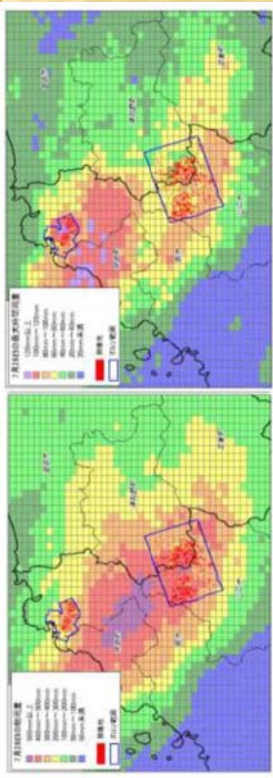


図-2 7月28日の総雨量(左)および最大1時間雨量(右)の分布と土砂移動発生地点との関係

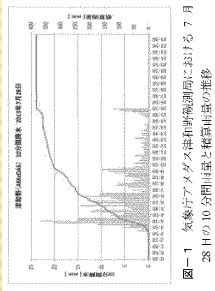


図-1 気象庁アメダス法和野測測局における7月28日の10分間雨量と積算雨量の推移

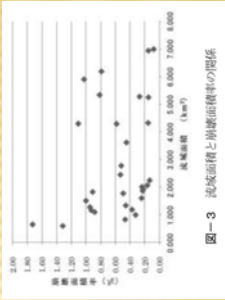


図-3 浸食面積と崩壊面積率の関係

平成25年 伊豆太島土砂災害

平成25年 伊豆太島土砂災害

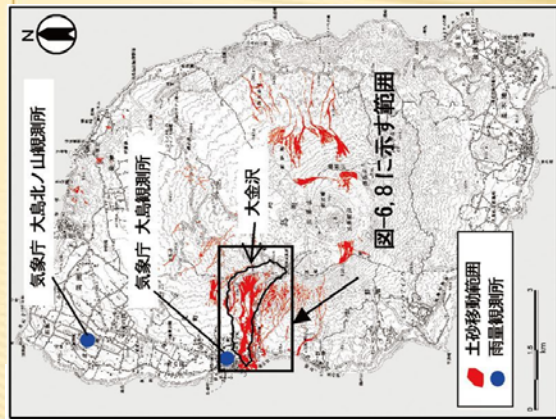
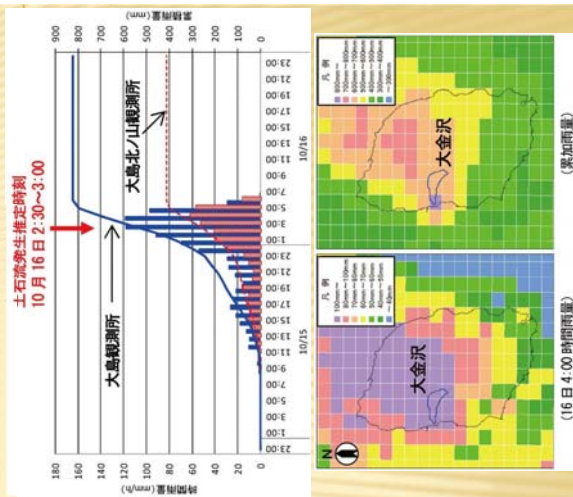
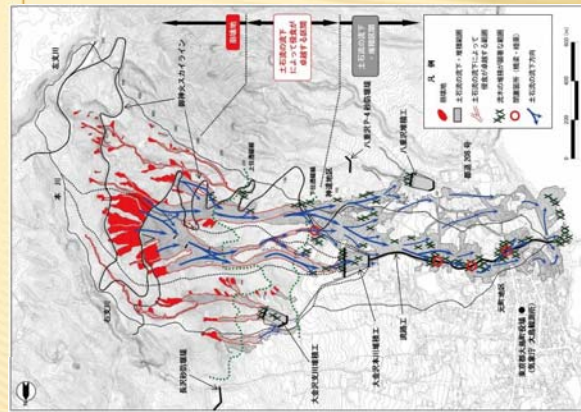


図-6.8 に示す範囲



平成25年 伊豆太島土砂災害



平成25年 伊豆太島土砂災害



口絵写真-14 神達地区の被害状況 (○印が閉塞した暗渠)
(撮影：株式会社パスコ/セコム株式会社, 撮影日：2013年10月16日)



口絵写真-10 本川と左支川の交錯 (乗り越え) 部
口絵写真-11 本川主流路でのオーバーフローの状況

平成25年 伊豆太島土砂災害



口絵写真一15 つばき小学校南側の橋梁の流木閉塞状況
(国際航業㈱・㈱パスコ撮影：2013年10月17日)

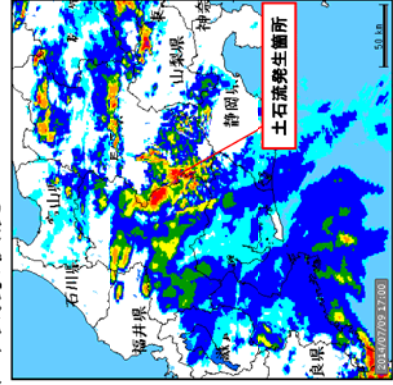
平成26年 南木曽町土砂災害

平成26年 南木曽町土砂災害

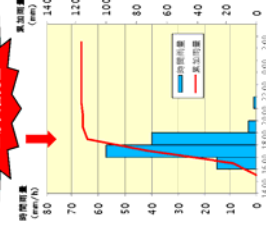


平成26年 南木曽町土砂災害

(2) 気象状況



9日17時40分頃
土石災害発生



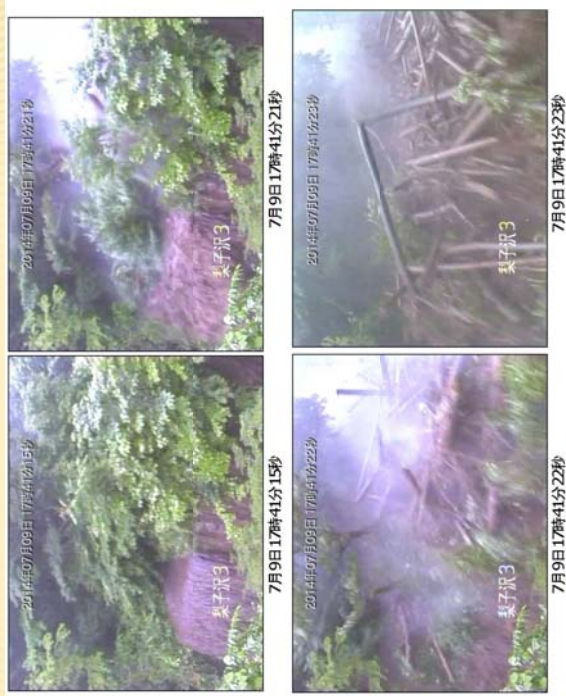
長野県木曽郡南木曽町では、9日の豪雨に伴い、**土石流の発生**により甚大な被害が発生

9日の
15:00~18:00
112mm/3h

観測所名：三留野(木曽郡南木曽町読書地先)

1

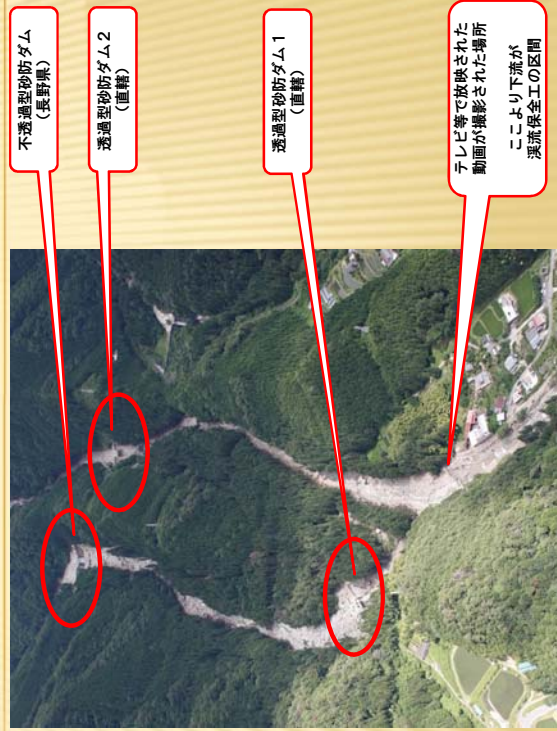
平成26年 南木曽町土砂災害



平成26年 南木曽町土砂災害



平成26年 南木曽町土砂災害



平成26年 南木曽町土砂災害



平成26年 南木曽町土砂災害

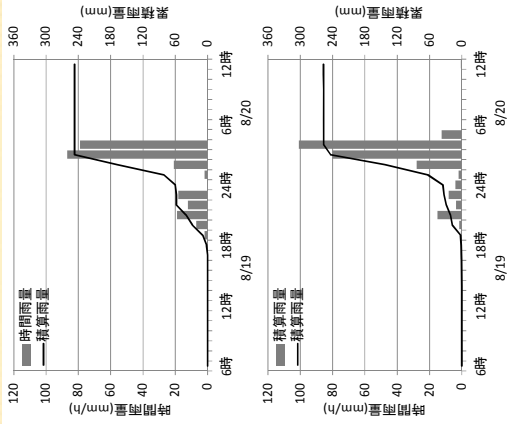


下流側渓流保全工の破損状況

ビデオ撮影箇所から、下流の氾濫域までの間の流下区間は、渓流保全工が設置されていた。施設の破損は著しいものの、土石流は導流され当該区間の周辺では、被害は発生していない。渓流保全工の末端付近より土石流が氾濫し、人家等に著しい被害を与えた。

平成26年 広島市土砂災害

平成26年 広島市土砂災害のハイトグラフ

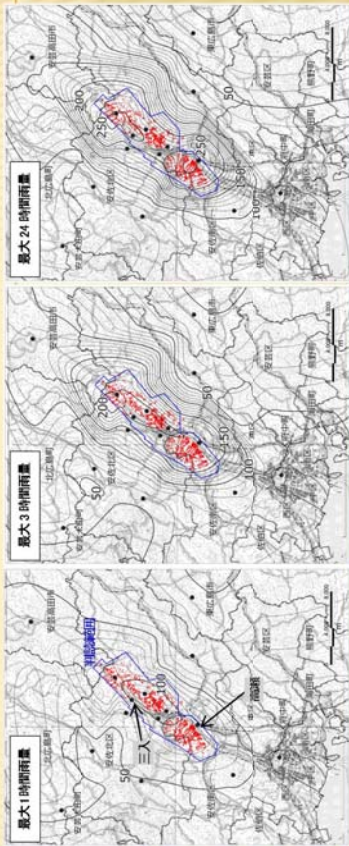


(上図：高瀬(国土交通省)，下図：三入(気象庁))

観測開始以来の高瀬・三入の極値（上位5位）

時間雨量				
高瀬(1975年～)		三入(1976年～)		
順位	降水量(mm)	起日	降水量(mm)	起日
1	87	2014/8/20	101	2014/8/20
2	70	2000/7/4	60	1997/8/5
3	49	1988/7/21	58.5	2008/8/14
4	47	1984/7/19, 2008/8/14	56	1998/7/22
5	44	1997/8/5	48	1986/7/10, 1997/9/7
30時間雨量				
高瀬(1975年～)		三入(1976年～)		
順位	降水量(mm)	起日	降水量(mm)	起日
1	187	2014/8/20	209	2014/8/20
2	101	1988/7/21	101	1997/8/5
3	98	2010/7/13	88	1997/9/7
4	80	1997/8/5	85	2006/9/16
5	72	2000/7/4	83	1988/7/21
24時間雨量				
高瀬(1975年～)		三入(1976年～)		
順位	降水量(mm)	起日	降水量(mm)	起日
1	247	2014/8/20	257	2014/8/20
2	221	1995/7/2	234	1995/7/2
3	199	1983/9/27	219	1983/9/27
4	196	2010/7/13	211	1985/6/23
5	192	1985/6/23	195	2006/9/16

降雨の分布



降雨の年超過確率規模

観測所	所管	評価 期間	雨量	年超過確率	年超過確率規模										備考
					2	5	10	50	100	200	300	400	500		
高瀬	国土 交通省	1975年 ～ 2013年	年間雨量: 87mm	30.4	38.3	45.8	62.3	70.3	78.9	84.2	88.1	91.2	91.2	SIISC-0.088 ^{a)}	
			3時間雨量: 187mm	52.6	64.0	72.6	94.9	106.0	118.1	125.7	131.4	135.9	135.9	SIISC-0.069 ^{a)}	
			24時間雨量: 247mm	124.4	159.4	179.8	217.9	231.7	244.2	250.9	255.5	258.9			
			5000年以上	33.0	42.1	48.0	60.6	65.9	71.1	74.2	76.4	78.1	78.1	SIISC-0.045 ^{a)}	
三入	気象庁	1976年 ～ 2013年	年間雨量: 101mm	57.8	69.5	77.2	94.3	101.6	108.8	113.0	116.0	118.3			
			3時間雨量: 209mm	131.5	170.5	192.5	232.3	246.1	258.3	264.8	269.2	272.4			
			24時間雨量: 257mm	131.5	170.5	192.5	232.3	246.1	258.3	264.8	269.2	272.4			
			5000年以上	33.0	42.1	48.0	60.6	65.9	71.1	74.2	76.4	78.1	78.1	SIISC-0.045 ^{a)}	

※1: SIISC量が100を100とする場合、SIISC量が小さくなる半法を適用した。

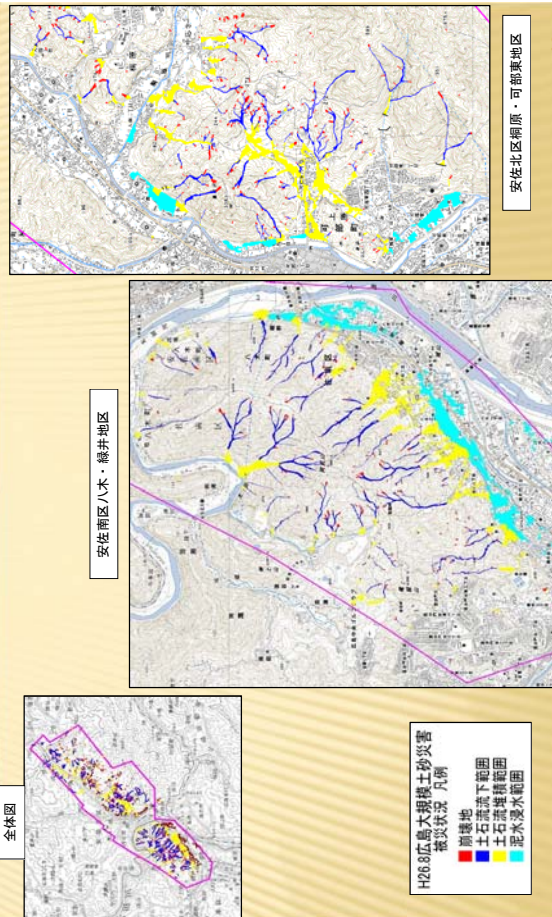
八木地区における土石流の氾濫および家屋被害の状況

(国際航業株式会社/株式会社バスコ)

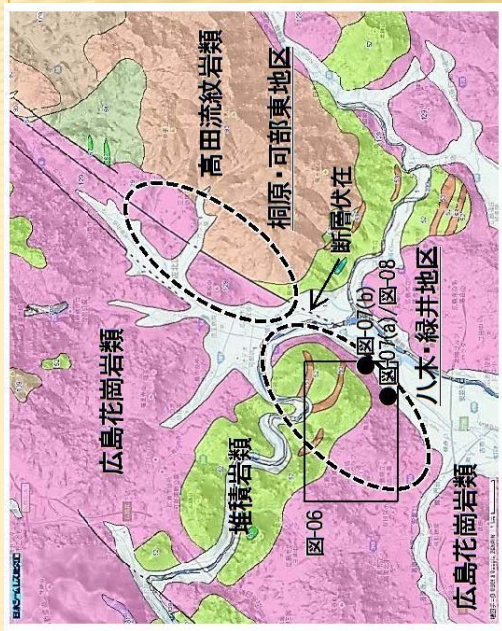


災害前の状況
平成26年5月7日から17日撮影
(国際航業株式会社・撮影)

土砂災害の発生分布



地質図



被災地周辺のシェームレス地質図
(<https://gban.kgs.jp/seamless/>)

土砂災害現地写真



安佐北区八木三丁目東郷緑が丘住宅上の土石流流路の状況(住宅地の上山の谷出口付近) ここまでは勾配が8・10°だが、これより上流は急勾配の急峻した溪床が確認できる。



安佐北区可部東6丁目地区の谷すじの家屋の被災状況(この場所を上流の3〜4本の小流による被災状況(勾配は8°程度、花崗岩の巨石と全壊した家屋が確認できる)。

花崗岩が分布する溪流の土石流と被害の特徴



安佐南区八木三丁目阿武の里団地の土石流流路の状況(流路勾配24°前後のところ)。



安佐南区八木三丁目阿武の里団地を流した土石流の堆積物
堆積岩類が分布する溪流の土石流と被害の特徴

まとめと課題

近年の土砂災害の特徴（まとめ）

	死者 行方不明	総雨量	最大 時間雨量	降雨の継続 時間
平成23年 紀伊半島大水害(台風)	79名	1800mm	60mm	72時間
平成24年 阿蘇地域土砂災害(豪雨)	25名	816.5mm	108mm	60時間
平成25年 山口・島根土砂災害(豪雨)	4名	400mm	25mm	15時間
平成25年 伊豆大島土砂災害(台風)	43名	800mm	120mm	18時間
平成26年 南木曾町土砂災害(台風)	1名	100mm	60mm	3時間
平成26年 広島市土砂災害(豪雨)	74名	200mm	100mm	3時間

近年の土砂災害からの課題

- i. 記録的豪雨の多発(温暖化?)
- ii. 警戒・避難のタイミング(災害発生後の避難勧告, 降雨予測)
- iii. 地形・地質, 過去の災害記録を考慮した住宅等の土地利用
- iv. 避難場所への誘導と安全性の確保
- v. 深層崩壊, 天然ダム・河川対岸の被害への対応(避難解除, 付加体, 安山岩・花崗岩の深層風化)
- vi. 砂防ダム等の防災施設の適材・適所

話題提供（１）

「74 人の犠牲者を出した 2014 年広島災害の特徴」

海堀正博（広島大学大学院 教授）

74人の犠牲者を出した2014年広島災害の特徴 話題提供

広島大学大学院教授 海堀正博

15年前の

99年6.29災害当時の問題点

- 多くの人が土砂災害危険箇所に居住、数も増加
- ハザードマップの公開が消極的
- アメダス以外の降雨観測値が住民には非公開
- 避難勧告や避難指示などの遅れ
- ハード対策不十分 等

にもかかわらず、人々の中にある

「安全(?)意識」(他人事の心理・正常化の偏見)

「他者への依存意識」(誰かが指示してくれる?)



必ずしも、危険箇所に住んでいるという意識もなく、異常な豪雨時にも、なお、危険の切迫を意識できない環境が形成されてしまっていたこと

6.29広島土砂災害以降、ソフト面で 県内の砂防に関して進められてきたこと

- ハザードマップの公表
- インターネットを使った防災情報の公表
- 土砂災害防止法の制定と施行(全国的)
- 雨情報の充実
 - ・ 降雨観測点数の増加と観測データの公開(県独自)
 - (管轄を超えて観測データを一斉公開)
 - ・ 土砂災害警戒情報の発表(全国的)
 - (地方気象台と砂防部局との連携により)
 - ・ レーダー画像情報利用等の充実(全国的)
- 自主防災組織の設立数やその活動の活発化
(6.29災害以前からある地域の方々の努力により)

しかし今回は15年前の時以上の 3つの悪条件が重なった！

- 誘因となった降雨が、広島にとっては未曾有の強雨であったこと
 - その強雨のもたらされたのが真夜中で、最も対応の難しい時間帯であったこと
 - その強雨のもたらされた場所が、人家の密集した地域を含む小高い山体部であったこと
- ↓
- その結果、崩壊・土石流・濁流の発生は必然的なものとなり、それらが居住エリアを襲って、甚大な被害を引き起こしてしまったのである

安佐南区阿武山の南東側の被災前後の様子



2012.4.26 Google earth画像 (被災前)

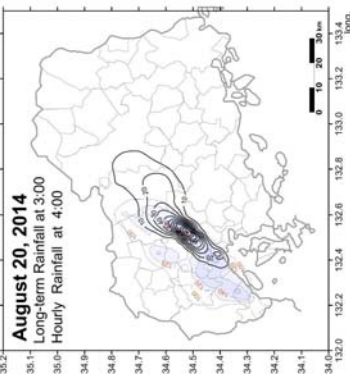
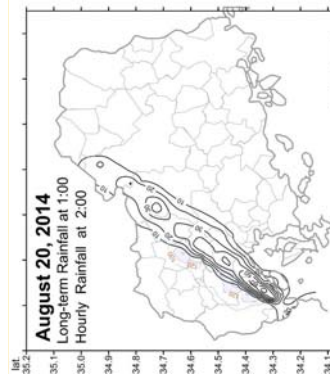


2014.9.13 Google earth画像 (被災後)

68人もの犠牲者が出た安佐南区。被災前に土砂災害防止法に基づく警戒区域の指定や公表は行われていなかったが、右図に示すハザードマップは15年前の6.29広島災害後、いつでも誰でも見ることもできる形で公表されていた。しかし、この図は十分に認知されておらず、活かされなかったといえる。



広島県防災Webの土砂災害危険区域図



2:40頃自宅からバイクで新聞舗に向かった新聞配達員が途中で行方不明になった。土石流ではなく、水流に足を取られたと思われる。

**土石流発生前からすでに
外出には命の危険が？**

安佐北区高松山の南～東側の被災前後の様子



2012.4.26 Google earth画像 (被災前)



2014.9.13 Google earth画像 (被災後)



土砂災害危険区域図(広島県防災Webより)

土砂災害防止法による土砂災害警戒区域図(広島県防災Webより)

この地域では土砂災害防止法に基づく警戒区域指定と公表が行われていた。住民への説明会により危険性が周知され、自主的な防災活動が今回の災害でも活かされた。

今回発災前日8/19の気象等の状況

- 19～23時にかけて、県西部から広島市中区以西の地域で、激しい雷光と雷鳴を伴う10mm/h以上の強い雨(そのうち1時間だけが、30～40mm/h台の数値も記録)

<以降は「8.20豪雨災害における避難対策等検証部会」配付資料より抜粋引用>

- 21:26 気象台から大雨・洪水警報(雷注意報継続)
- 21:50 消防局から防災情報メール(避難準備情報)
- 22:00 消防局から防災無線(避難準備情報)
- 22:28 県・気象台から広島県気象情報第1号(19日夜遅くにかけ、大雨となるおそれ。南部北部とも40mm/h、100mm/24h)
- 23:33 気象台から洪水警報解除(大雨警報・雷注意報継続)

当日8/20の気象等の状況(～2:00)

- <「8.20豪雨災害における避難対策等検証部会」配付資料より抜粋引用>
- 0:57 気象台から洪水注意報(大雨警報・雷注意報継続)
 - 1:15 県・気象台から土砂災害警戒情報(市全域)
 - 1:21 気象台から洪水警報(大雨警報・雷注意報継続)
 - 1:32 消防局から防災情報メール(避難準備情報)
 - 1:35 県・気象台から土砂災害警戒情報第2号(対象の市町追加)
 - 1:41 消防局から防災情報メール・防災無線(避難準備情報)
 - 1:49 気象台から広島県気象情報第2号(20日明け方まで土砂災害に注意。南部北部とも70mm/h、120mm/24h)

当日8/20の気象等の状況(2:00～3:30頃)

- <「8.20豪雨災害における避難対策等検証部会」配付資料より抜粋引用>
- 2:40頃までは、はん濫警戒や水防関連の情報多数
 - 2:41 消防局から防災情報メール(避難準備情報)
 - 2:50 消防局から防災無線(避難準備情報)
 - 3:21 土砂災害関連最初の119通報(山本8丁目がけ崩れにより男児2人が生き埋め)
 - 3:30 土砂災害関連119(緑井8丁目土石流で女性不明)
 - 3:30 広島市災害対策本部設置
 - 3:30～ 119や避難準備情報の問合せ先だった危機管理部の加入電話に市民からの通報多数(人が流されている、避難できない、家屋倒壊、家屋に土砂流入、屋根で孤立、床上浸水、家に閉じ込め、生き埋め、等)

当日8/20の気象等の状況(3:30頃～6:00)

- <「8.20豪雨災害における避難対策等検証部会」配付資料より抜粋引用>
- 3:37 消防局から防災情報メール(災対本部設置)
 - 3:40 県・気象台から土砂災害警戒情報第3号(対象の市町追加)
 - 3:49 気象台から記録的短時間雨量情報(3:30までの1時間で安佐北区付近120mm、安佐北区上原114mm)
 - 4:15 安佐北区避難勧告発令(対象地区はどんどん拡大)
 - 4:30 安佐南区避難勧告発令(対象地区はどんどん拡大)
 - この間も以降も119通報多数(家屋倒壊、孤立、生き埋め、閉じ込め、避難困難、家屋流出・安否不明、川に流され、土砂流入、脱出不能、土石流に流され、等)

避難勧告の遅れで犠牲者が多くなった？

- 1:15 土砂災害警戒情報の発表(県・気象台)
- 2時前以降 道が川のようになっていた可能性あり
- 3:21 安佐南区山本のがけ崩れ(生き埋め死亡)
- 3:30以降 土石流の集中発生
- 4:15 避難勧告発令(広島市安佐北区)
- 4:30 同(安佐南区)
- 避難勧告等の対象者は十数万～数十万人
- 避難行動は瞬時には終わらない
 - 15年前の6.29災害の時には屋間の災害でも2.5～3時間かかった(4時間以上かかった人も)
- 避難所への避難行動がより危険だった可能性も

明らかになったこと

- 真夜中の未曾有の降り方の集中豪雨であったこと
 - ・・・最新技術を使っても適切予測が困難な場合がある！
 - ・・・避難勧告の遅れ等を生む最大の原因となった！
- 山麓斜面や谷すじに沿って人家の密集する場で被災していたこと。水の集まりやすい谷すじに入り込むように、また、より危険度の高い勾配のきついところに、無防備にミニ開発が進んでいたこと。
 - ・・・99年6.29広島土砂災害の教訓は何だったか？
- 土砂災害警戒区域指定箇所では自主的な防災行動が多くの命を守ることにつながっていたこと。一方、土砂災害危険区域図の公開だけの地域は、警戒避難の行動がほとんどとれていなかったこと。
 - ・・・住民への説明・理解を促す大切さが示唆された！

行政側からの一方的な防災対応だけでは全く不十分であること

話題提供（２）

「被災地周辺の特徴」

福塚康三郎（八千代エンジニアリング株式会社）

話題提供 被災地周辺の特徴

八千代エンジニアリング株式会社 福塚 康三郎

被災地周辺の特徴① 地形

- **被害**は安佐北区大林町～安佐南区緑井町周辺の北東-南西方向の**狭い帯状の範囲(約3×20km)**に集中する。
- 被害集中域以外では、阿佐南区山本地区における崖崩れ等を除き、顕著な被害はほとんど確認されない。

被害集中域の南部は主に安佐南区の太田川右岸側流域であり、阿武山周辺において被害が集中。

被害集中域の北部は主に安佐北区の根谷川(ねのたに)がわの左岸流域であり、高松山や三入地区東方の低山地周辺において被害が顕著。



写真:国土交通省太田川河川事務所提供

被災地周辺の特徴② 地質

- 被災地周辺には主に広島花崗岩類が広く分布する。
- 一部に高田流紋岩類やホルンフェルス化した堆積岩類が分布。
- 今回発生した土石流の大半は、山麓部へ流下する過程において、渓床及び溪岸に堆積したこれらの堆積物を侵食したと考えられる。



◆ホルンフェルス化した堆積岩類は、主に弱風化の硬質な泥岩や砂岩から構成され、亀裂発達。堆積岩類が分布するエリアの溪床には主にφ1m以下の硬質な角礫の崖堆積物が分布。

◆高田流紋岩類は、主に硬質・緻密な流紋岩質の凝灰岩(一部は溶結)から構成。

◆広島花崗岩類は、主に細粒～中粒の花崗岩。上位にホルンフェルス化した堆積岩類や高田流紋岩類が分布するエリアでは、花崗岩類主体のエリアに比べ風化の程度が相対的に弱い(赤色立体図の谷密度の違いにも表れている)。

◆崖堆積物(旧土石流堆積物を含む)は、主にφ1m以下の角礫を多く含む。マトリックスは、花崗岩類主体のエリアではマサ、ホルンフェルス化した堆積岩類が分布するエリアではシルトから主に構成される。

土石流が山麓部へ流下する際、溪床や溪岸の堆積物を侵食した例 (安佐南区八木町、太田川(古川)支川77)

赤色立体図



国土交通省太田川河川事務所提供



土石流発生状況

上記写真解説図



国土交通省太田川河川事務所提供

被害集中域北部の特徴

(安佐北区可部東の例)

- 土石流の大半は溪流の最上流付近で発生し、流下。渓岸浸食等を伴いながら山麓部に達している。



被害集中域南部の特徴

(安佐南区八木町～緑井の例)

土石流の大半は最上流部に小規模な表層崩壊を伴い、これらの崩壊土砂の流下に伴う渓床・溪岸沿いの堆積土砂・地山風化部の侵食により土砂量を更に増加させ、流下し、山麓部に達した。

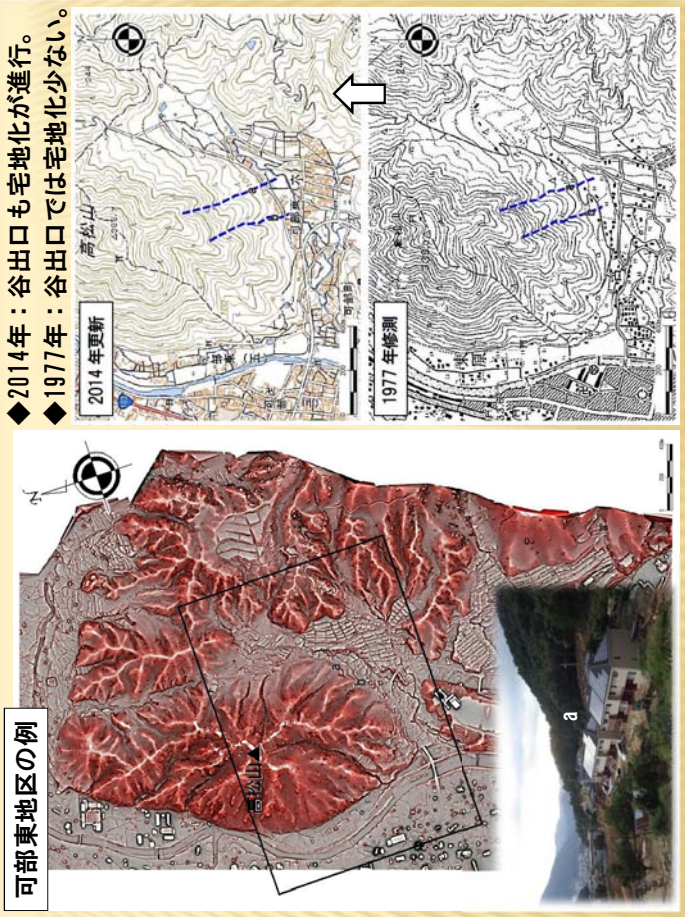


被災地周辺の特徴③ 土地利用

- 新旧の地形図や空中写真等を対比した結果、近年、土石流の到達域の山麓部まで都市のスプロール化に伴う宅地開発が進行している状況が認められる。



可部東地区の例



八木地区の例

◆八木地区の災害地名
現在：上築地 芦谷
過去：蛇落地 悪谷
(じゃらくじ あしだに)



◆1925年の地形図では土石流堆末端付近の一部に地下水(伏流水)の浸み出しを示唆する竹林記号や災害地名が認められる。



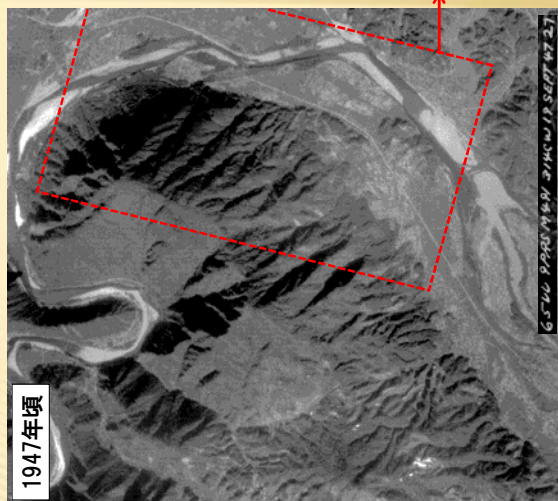
昭和45年頃
(1970年頃)
の八木地区



◆近年、土石流の到達域の山麓部まで都市のスプロール化に伴う宅地開発が進行している状況が認められる。

都市のスプロール化に伴う宅地開発状況 (空中写真比較) (安佐南区八木地区)

(都市のスプロール化…都市が周辺に無秩序に広がる現象)



拡大(次頁)

都市のスプロール化に伴う宅地開発状況 (空中写真比較) (安佐南区八木地区)

1974年頃



1981年頃



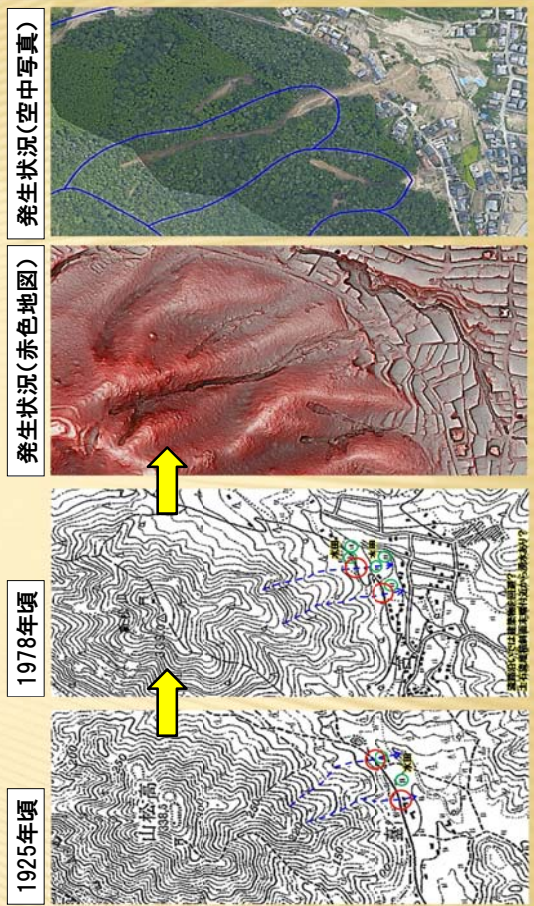
1988年頃



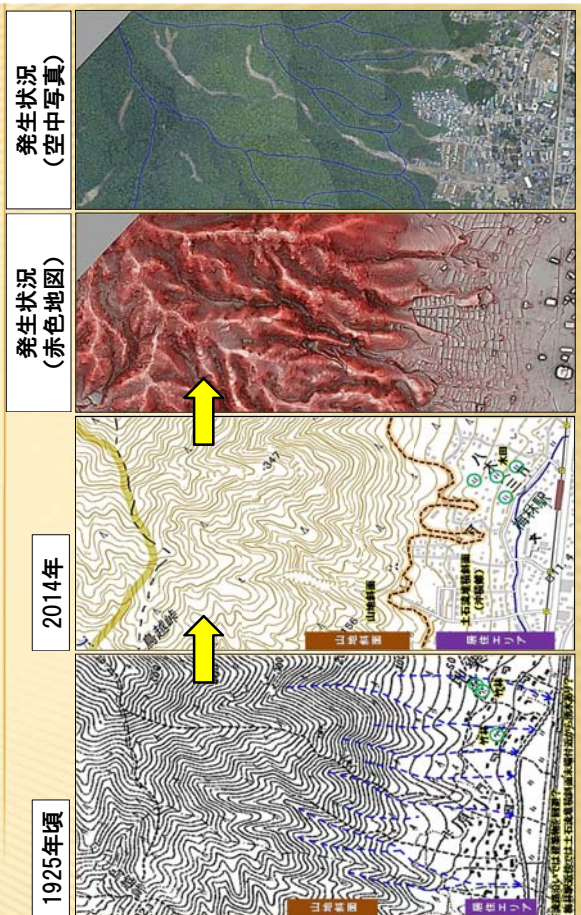
2009年頃



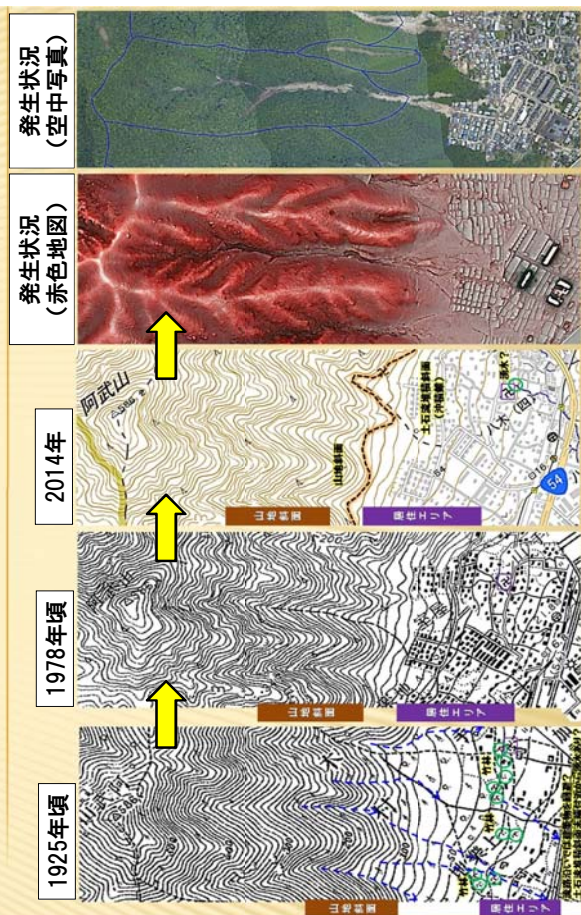
都市のスプロール化に伴う宅地開発状況と被害箇所の関係
(阿佐北区可部東地区、根谷川支線97)



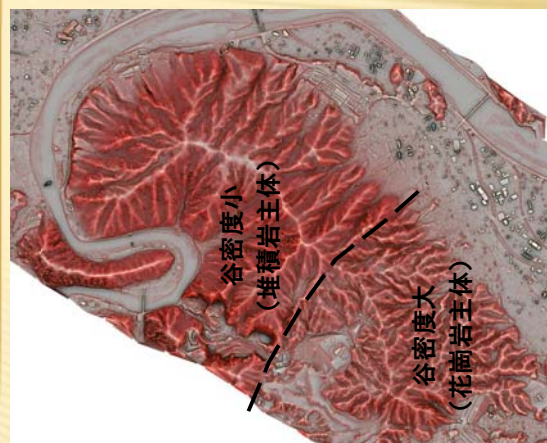
都市のスプロール化に伴う宅地開発状況と被害箇所の関係
(阿佐南区八木地区、太田川(古川)支川77周辺)



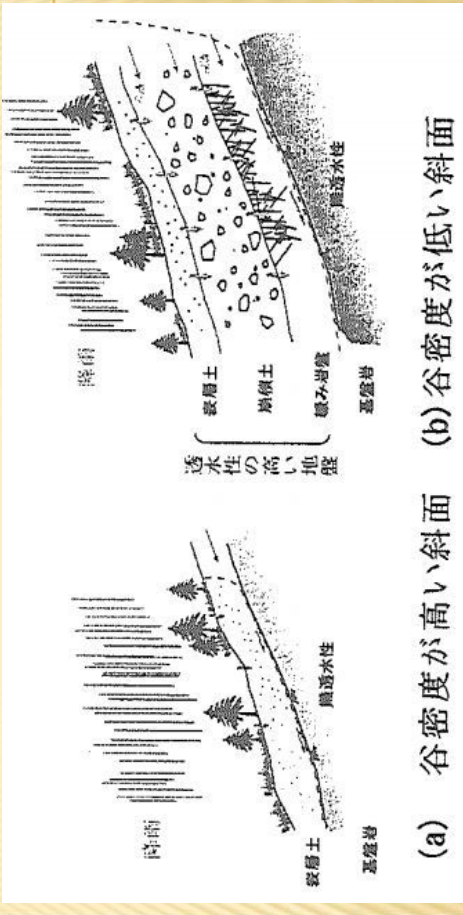
都市のスプロール化に伴う宅地開発状況と被害箇所の関係
(阿佐南区八木地区、太田川支川75周辺)



- 赤色立体地図からは、地質の違いが谷密度の違いとして現れている。⇒堆積岩類地域よりも花崗岩類地域の方が谷密度大



谷密度が高い斜面と低い斜面の違いのイメージ（既往研究例）



(a) 谷密度が高い斜面 (b) 谷密度が低い斜面

谷密度が高い斜面は、透水性の高い崩壊土（風化土、崩壊土）が斜面に多く堆積し、その下には不透水性の基盤岩が分布している場合で、降雨が岩盤まで浸透しにくいため、崩壊土中の間隙水圧の上昇が早く、表面崩壊が多発しやすい。また、表面崩壊の多くは谷底部で発生するので、0次元に沿ってガリー現象が形成され、谷が形成されやすいと推測できる。またこの場合、崩壊は少ない雨量かつ短い時間で発生し、崩壊規模も比較的小さいと考えられる（図-3(a)）。

これに対して、谷密度が低い斜面は、透水性の高い厚い斜面構成物質（崩壊土、緩み岩盤）から構成され、降雨が地下深部に浸透しやすく、表面流出による浸食および表層崩壊は発生しにくい。その結果、谷がでにくく谷密度は低くなると考えられる。

長谷川ほか(2009)：谷密度から斜面崩壊規模を予測する

【参考】

- ・かつて、阿佐南区八木～緑井地区周辺の低地は、太田川の氾濫常襲地帯であった。
- ・河川の水害に見舞われたことにより、低地を選んで山側に宅地開発が進行した。
- ・土石流災害についてはあまり認識されず、河川の水害の方が怖いと考えられてきた。
- ・発生頻度の少ない土石流災害よりも、頻発する水害の方が認識されてきたのでは？

碑文

人生の哀歓を秘めた太田川。清澄な流れは、わが町の政治・経済・文化に大きく寄与し又われわれの生活に、父祖の生活に潤いと安らぎを与えてくれた。しかし潮流は、多年に亘って水と戦った人々の苦難の歴史を創った。

元和・寛永・承応・嘉永・明治7年・17年・大正8年・12年・15年・昭和18年・20年の水禍は大きく、特に承応2年の洪水は、死者5000人余に達したという。近く昭和18年の大出水は、八木村・川内村・緑井村の堤防を決壊し、潮流は全村に流れ込み、尊い人命と多くの財宝を奪い、惨状被害は重舌に尽くしえないものがあつた。水禍に対する住民の苦悩は深刻であつたが、当時の三村の財政力では根本的な治水工事はできなかった。

幸い地元住民の協力により、昭和7年より国費による改修工事が進められ、40年の星霜と30数億円の巨費が投じられ、太田川中流部の改修がなり、願望の古川締め切り工事も昭和44年3月完成し、近く高瀬堰の完工を見るにいたつた。長年にいたる父祖の努力とわれわれの要望が実を結び、健康を成し遂げられたことを町を挙げて喜ぶ。

黄河の水を治めた、夏の禹王の偉大な、はかりごとにあやかり大勇議を建立して、太田川の歴史を偲び治水の大業を称える。

昭和47年5月20日

佐東町長 池田早人 撰

出典：国土交通省太田川河川事務所

被災地周辺の特徴④ 災害履歴

- 広島市周辺では、過去に土石流や斜面崩壊等による土砂災害が多発し、人的被害や家屋被害等の様々な被害を受けた地域であることが分かる。

発生年月日	西暦	発生場所		人的被害(人)		被害家屋(戸)	
		発生河川	発生位置	死者	負傷者	流出	全半壊
明治19.8.3	1886	丸石川他	大野町他	20	—	18	—
明治40.7.15	1907	矢野川他	広島市他	177	118	389	741
大正12.7.12	1923	矢野川他	広島市他	15	11	37	35
大正15.9.11	1926	山本川他	広島市他	103	58	110	150
昭和3.6.24	1928	大塚川他	広島市他	35	—	—	—
昭和20.9.17	1945	丸石川他	大野町、呉市他	1,775	1,054	1,330	5,502
昭和26.10.14	1951	中津國川他	大竹市、大野町、海来町他	132	361	350	1,983
昭和57.7.13	1982	丸石川他	廿日市市、広島市	6	1	1768	—
平成3.9.27	1991	太田川他	広島市他	6	49	—	492
平成5.7.27	1993	田吹川他	大野町他	3	—	—	81
平成11.6.29	1999	大毛寺川他	広島市、呉市他	24	14	—	148

出典：国土交通省太田川河川事務所

話題提供（３）

「広島災害の誘因の特徴と土砂移動の状況」

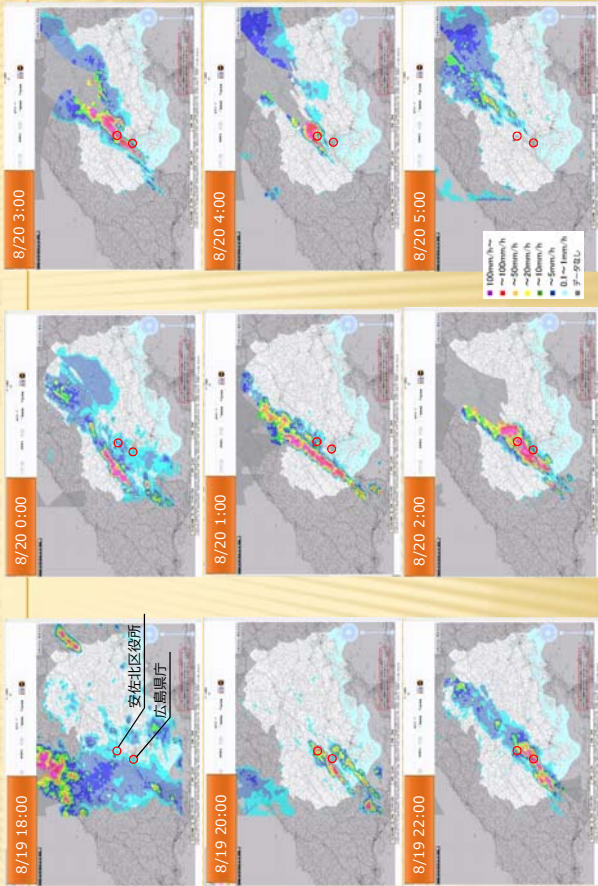
吉野弘祐（アジア航測株式会社）

話題提供 広島災害の誘因の特徴と土砂移動の状況

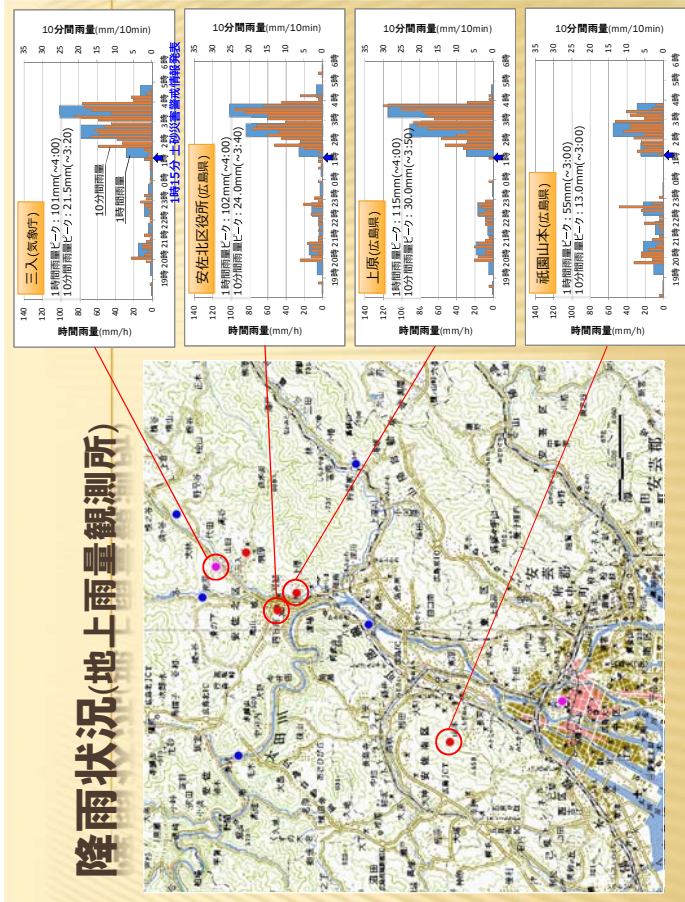
アジア航測株式会社 吉野弘祐

降雨状況(XバンドMPレーダー雨量)

出典：広島県防災Web

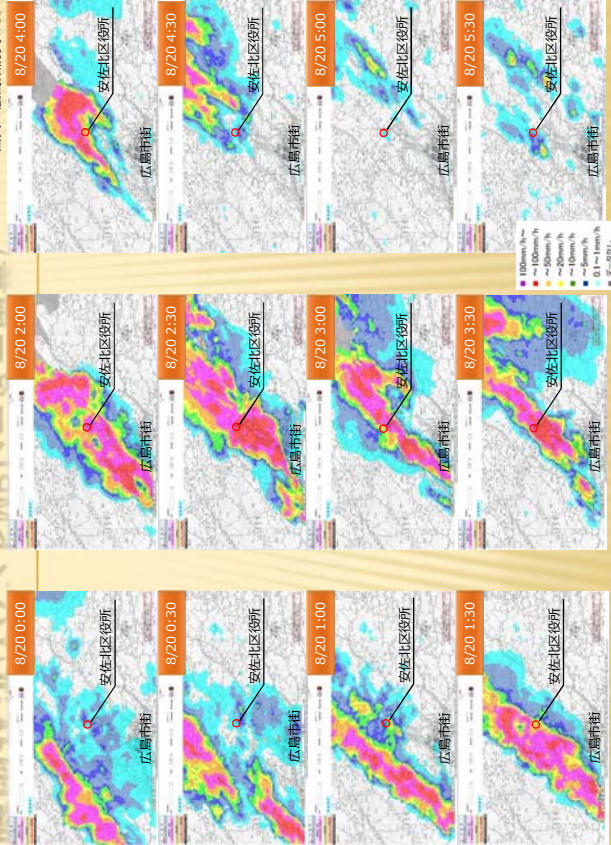


降雨状況(地上雨量観測所)



降雨状況(XバンドMPレーダー雨量)

出典：広島県防災Web

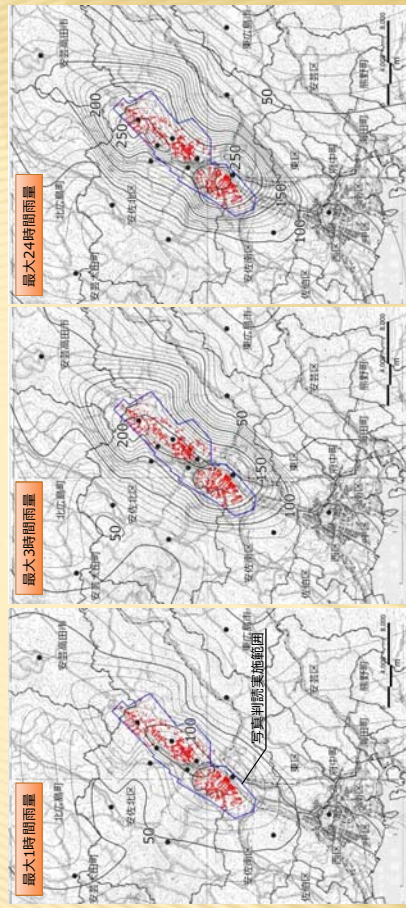


降雨状況(確率規模)



観測所	所管	観測期間	雨量	年超過確率	達定手法	2	5	10	50	100	200	300	400	500
高瀬	国土交通省	1975年～2013年	時間雨量: 87mm	300～400年	CEV分布	30.4	39.3	45.8	62.3	70.3	78.9	84.2	88.1	91.2
			3時間雨量: 187mm	500年以上	CEV分布	52.6	64.0	72.6	94.9	106.0	118.1	125.7	131.4	135.9
			24時間雨量: 247mm	200～300年	CEV分布	124.4	159.4	179.8	217.9	231.7	244.2	250.9	255.5	258.9
			時間雨量: 101mm	500年以上	岩井法	33.0	42.1	48.0	60.6	65.9	71.1	74.2	76.4	78.1
三入	気象庁	1976年～2013年	3時間雨量: 209mm	500年以上	Gumbel分布	57.8	69.5	77.2	94.3	101.6	108.8	113.0	116.0	118.3
			24時間雨量: 257mm	100～200年	CEV分布	131.5	170.5	192.5	232.3	246.1	258.3	264.8	269.2	272.4

降雨と土砂移動(雨域分布)



※図中赤色は崩壊地、土石流下範囲、土石流堆積範囲を表している

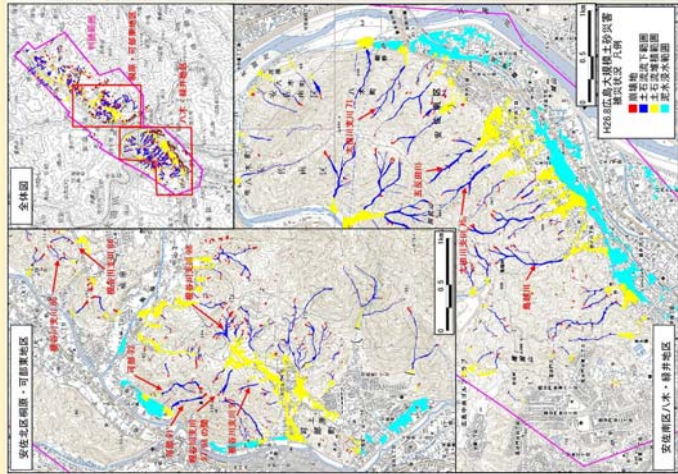
★ 今回の降雨は、短時間に非常に強いものであったこともあり、最大3時間雨量と最大24時間雨量の雨域分布は比較的同様の傾向を示している

降雨と土砂移動(空中写真判読)

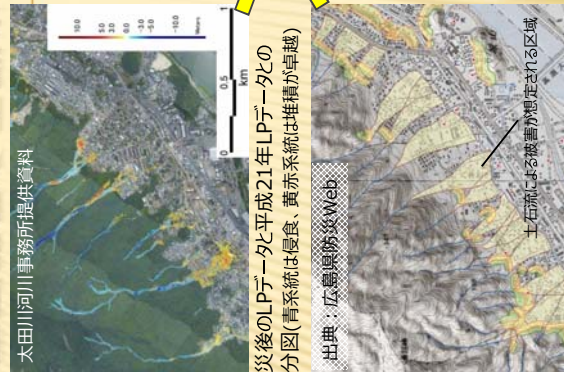
判読項目

- ・崩壊地
- ・土石流下範囲
- ・土石流堆積範囲※1
- ・泥水浸水範囲※2

※1：砂礫の土石流が堆積した範囲、花崗岩地域では道路沿いなど土砂がほとんどない区間もあるが、下流側に砂礫の堆積が確認できた場合には中間区間も抽出
 ※2：土石流の直接的な浸水範囲ではなく、土石流により水路等が閉塞され、排水不良となった地域に浸水が考えられる範囲、浸水がほとんど見られず、濡れた跡や砂泥が分布



差分結果と土砂災害危険区域図の比較



被災後のLPデータと平成21年LPデータとの差分図(青系統は侵食、黄赤系統は堆積が卓越)

JR可部線や国道54号線付近まで泥水が到達しているものの、土石流による主要な土砂堆積範囲は、広島県防災Webで公開されているハザードマップ(土砂災害危険箇所図)の「土石流による被害が想定される区域※」内に集中している。

※地形と土砂の堆積状況及び過去の土石流の浸襲実績を基に、想定される最大規模の土石流が浸襲するおそれがある区域

災害の誘因の特徴と土砂移動のまとめ

- ✕ 降雨は8月19日の18時頃から降り始め、夜中に一旦小康状態となったものの、8月20日午前1時～午前4時にかけて急激に強まった。
- ✕ 被害の大きかった地区近傍の雨量観測所(三入、高瀬)では、最大1時間雨量、最大3時間雨量、最大24時間雨量とも観測史上最大を記録した。
- ✕ 特に最大3時間雨量は過去の降雨と比較しても突出して大きく、500年に一回という規模をはるかに上回る降り方であった。
- ✕ 今回の降雨は、短時間に非常に強いものであったこともあり、最大3時間雨量と最大24時間雨量の雨域分布は比較的同様の傾向を示しており、広島市安佐南区八木・緑井地区から安佐北区可部東・桐原地区へと南西から北東方向に多雨域が確認できる。これは、崩壊や土石流発生域等の顕著な土砂移動の分布範囲と同様である。
- ✕ JR可部線や国道54号線付近まで泥水が到達しているものの、土石流による主要な土砂堆積範囲は、広島県防災Webで公開されているハザードマップ（土砂災害危険箇所図）の「土石流による被害が想定される区域」内に集中している。

話題提供（４）

「溪流調査結果の報告」

五反田川（八木四丁目）（堆積岩の分布域）

根谷川支川 85・86（可部町桐原）（高田流紋岩～花崗岩の分布域）

長野英次（朝日航洋株式会社）

話題提供

「溪流調査結果の報告」

五反田川（八木四丁目）

（堆積岩の分布域）

根谷川支川85・86（可部町桐原）

（高田流紋岩～花崗岩の分布域）

朝日航洋株式会社 長野英次

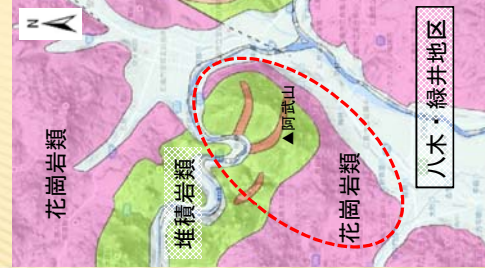
報告内容

- 溪流調査結果の報告
 - ① 安佐南区八木四丁目『五反田川』の調査結果
 - ② 安佐北区可部町桐原『根谷川支川85・86』の調査結果
 - ③ 報告の内容
 - ・ 調査溪流の概況
 - ・ 土石流発生域の特徴
 - ・ 土石流の流下・堆積区間の特徴
 - ・ 被災状況
 - ・ まとめ

溪流調査結果（安佐南区八木四丁目）

五反田川

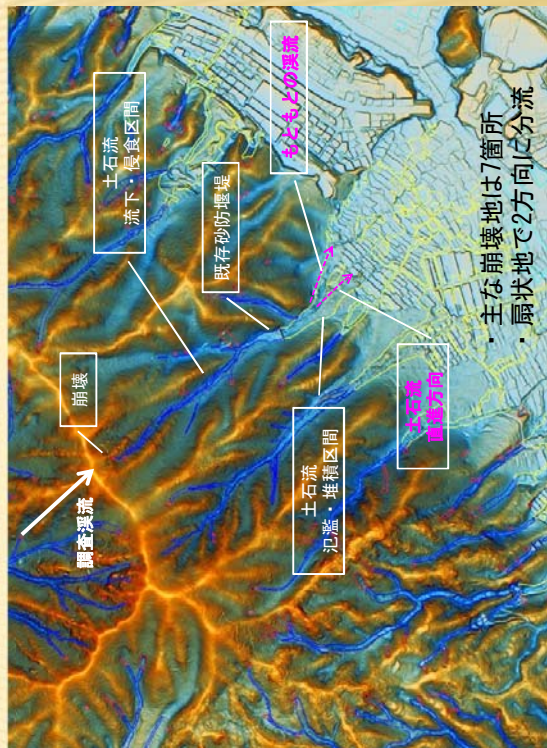
1. 調査溪流の概況（安佐南区八木四丁目地区）



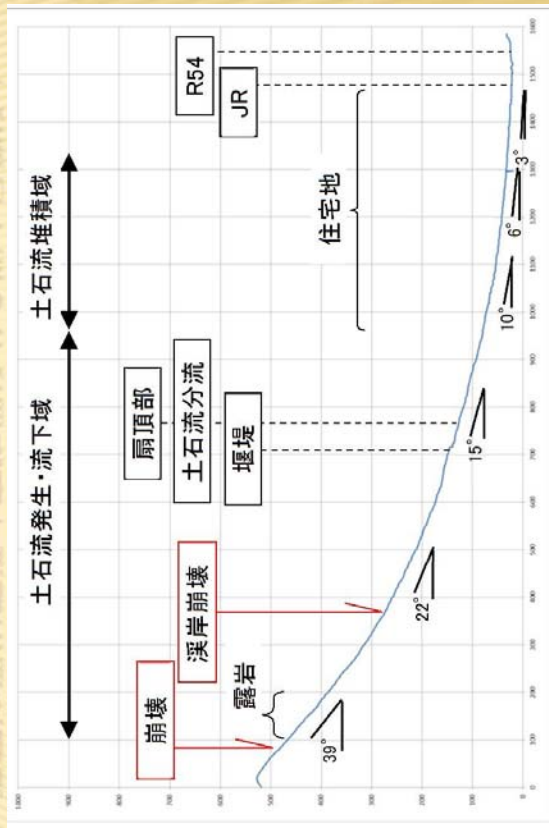
被災地周辺のシームレス地質図
(<https://gbank.gsj.jp/seamless/>)

平成26年8月20日 国土地理院撮影斜め写真

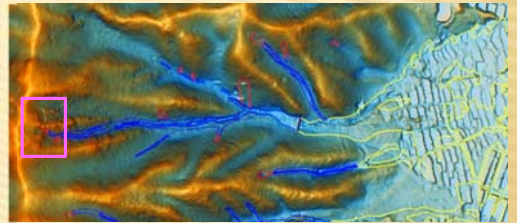
1. 調査溪流の概況（安佐南区八木四丁目地区）



1. 調査溪流の概況（安佐南区八木四丁目地区）

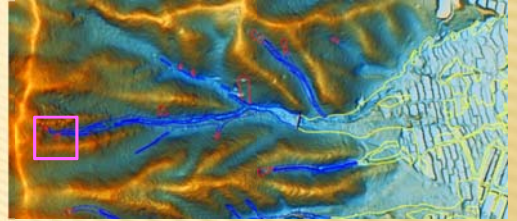


2. 土石流発生域の特徴（安佐南区八木四丁目地区）



源頭部の崩壊状況（幅7m・長さ25m・深さ1.0m）。

2. 土石流発生域の特徴（安佐南区八木四丁目地区）



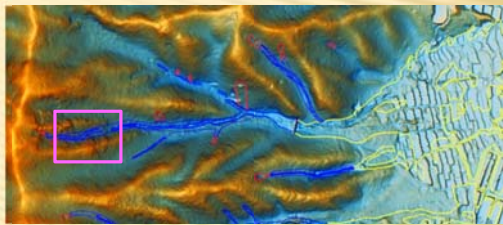
崩壊発生跡

- ・多数のパイプからの水の噴き出し。
- ・表層は1.0m程度の厚さで土砂層が被覆。

崩壊部の直下流

- ・侵食幅は狭く深さも1.0m程度。
- ・多量の礫が表層に含まれている。

2. 土石流発生域の特徴（安佐南区八木四丁目地区）

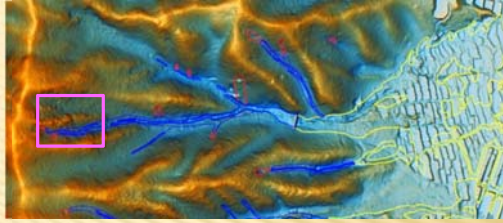


発生域に見られる溪床岩塊の崩落による擦痕跡。



流下域上流部の溪床のホルンフェルス・チャート中に見られる交差する2方向の小断層（ $N8^{\circ}W - 80^{\circ}E$ 、 $N10^{\circ}E - 90^{\circ}$ ）。

2. 土石流発生域の特徴（安佐南区八木四丁目地区）



頂上直下山腹の立木に見られる流水による小枝の巻き付き。

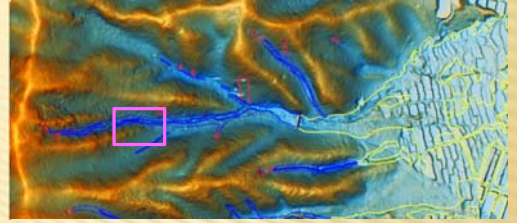


頂上直下山腹斜面に見られる流水による表土層（A層）の流出。

2. 土石流発生域の特徴（安佐南区八木四丁目地区）

- 源頭部の崩壊発生場所は、「規模は比較的小さい」が「勾配が著しく急勾配」である。
- 源頭部の崩壊部の地質は、風化の進んだ堆積岩類を基盤岩としての上位を層厚1.0m程度の土砂層が薄く被覆する形態である。
- 崩壊面付近には**大小多数のパイプピンング孔**が確認できた。
- 滑落崖の上部に亀裂は発生しておらず、周辺の斜面土壌の浸透能を大きく超えるような短時間の集中豪雨がパイプフロアの噴出しとなり、崩壊発生の一因になったと考えられる。
- **渓岸の山腹斜面には、豪雨による表面流の痕跡が確認**され、渓流への多量の表面水の流入もがあったと判断できる。

3. 土石流流下・堆積域の特徴（安佐南区八木四丁目地区）



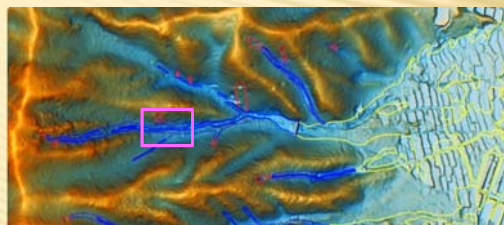
流下域中流部での侵食状況（侵食幅18m）

溪床に大量の巨礫

流下域中流部での侵食状況（侵食幅16m 侵食深1.4m）

溪床に大量の巨礫

3. 土石流流下・堆積域の特徴（安佐南区八木四丁目地区）

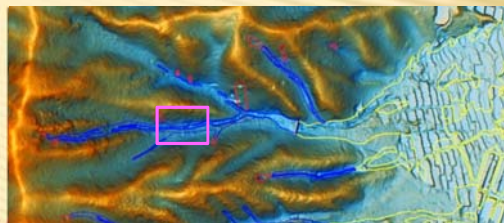


流下域中流部に
見られる侵食状況
(侵食幅12m
侵食深1.4m)
渓床にもととの
堆積土砂が残って
いる



渓床にもととの
堆積土砂が残って
いる（ポール位置
で4m程度）
その下流は、渓床
に基盤岩が露頭

3. 土石流流下・堆積域の特徴（安佐南区八木四丁目地区）

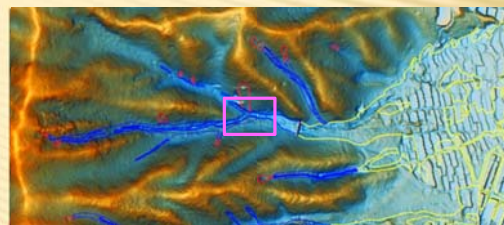


流下域中下流部に
見られる湧水状況
(200/min)



流下域中下流部に
見られる湧水状況

3. 土石流流下・堆積域の特徴（安佐南区八木四丁目地区）

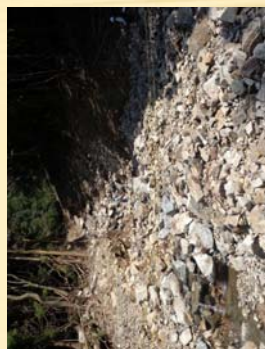
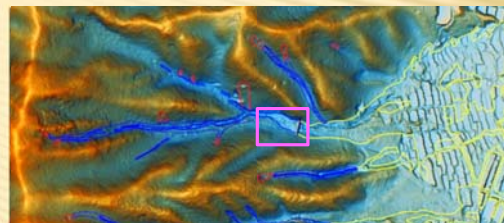


支沢との合流直下の
渓床・渓岸の侵食状
況。渓床部には岩盤
（ホルンフェルス・
砂岩・チャート）の
露岩が見られる
(侵食幅9m
侵食深さ2.0m)



渓床部に見られるホ
ルンフェルス・砂岩
の露頭
断層の影響か、せん
断を受けて脆い

3. 土石流流下・堆積域の特徴（安佐南区八木四丁目地区）

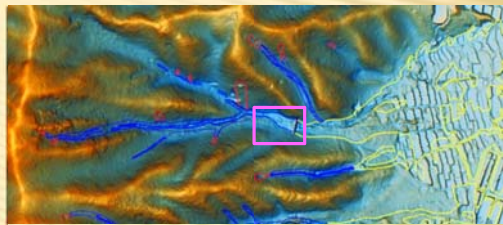


砂防堰堤の堆砂域
上流端付近の渓床
の状況



砂防堰堤の堆砂域
の状況
礫が堆積しており
細粒の土砂は表面
には認められない
花崗岩域との
違いか

3. 土石流流下・堆積域の特徴（安佐南区八木四丁目地区）

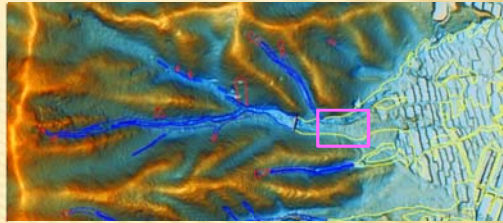


流下域下流部に見られる砂防堰堤（有効高約7m）の一部が破壊されているが、施設効果があり、土石流を一部捕捉



捕捉した土石流の堆砂の状況

3. 土石流流下・堆積域の特徴（安佐南区八木四丁目地区）

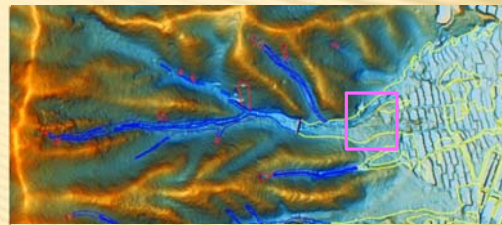


堰堤下流の溪床の状況。旧流路沿いの土石流は、現河床を2m程度侵食している



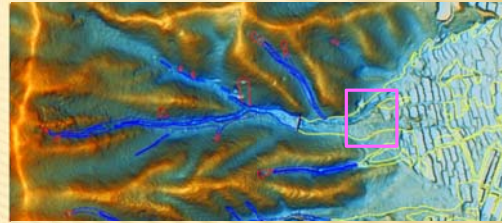
堰堤下流の溪床の状況。旧流床の植物が残存しており、溪床の侵食・堆積は小さく、表層を流下したものと推測できる

3. 土石流流下・堆積域の特徴（安佐南区八木四丁目地区）



土石流が旧流路方向と直進方向の両者に流下。

3. 土石流流下・堆積域の特徴（安佐南区八木四丁目地区）



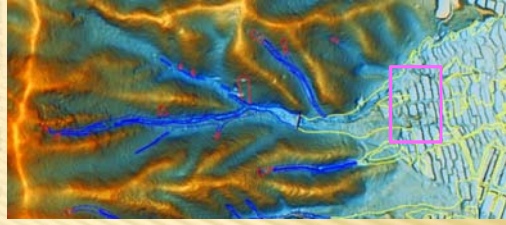
堆積域には、大量の流木と土砂及び巨礫が認められた。



3. 土石流流下・堆積域の特徴（安佐南区八木四丁目地区）

- 流域源頭部で発生した崩壊は土石流となり、溪床や溪岸を侵食し、さらに侵食した土砂や溪床に堆積していた岩塊を巻き込み規模を拡大しながら流下した。
- 溪床や溪岸に存在していた巨礫を巻き込んだ土石流であったことが推定できる。
- 既存の砂防堰堤は、効果はあった。
- 最下流では、旧流路方向と直進方向の両者に土石流が流下し、両方向に被害が出た。

4. 被災状況（安佐南区八木四丁目地区）

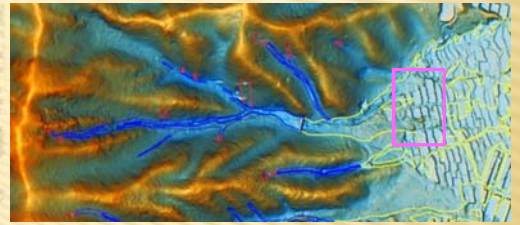


旧流路沿いに流下した土石流・流木により倒壊した家屋。



旧流路沿いに流下・堆積した土石流のフロント部。民家の壁等で停止。径1m大の花崗岩礫及び大量の流木からなる。

4. 被災状況（安佐南区八木四丁目地区）



直進した土石流の先端部の状況。流木による被害が目立っている。巨礫も多い。



直進した土石流の先端部。マトリックスは細粒分が多く、道路沿いに土砂流となって流下している。

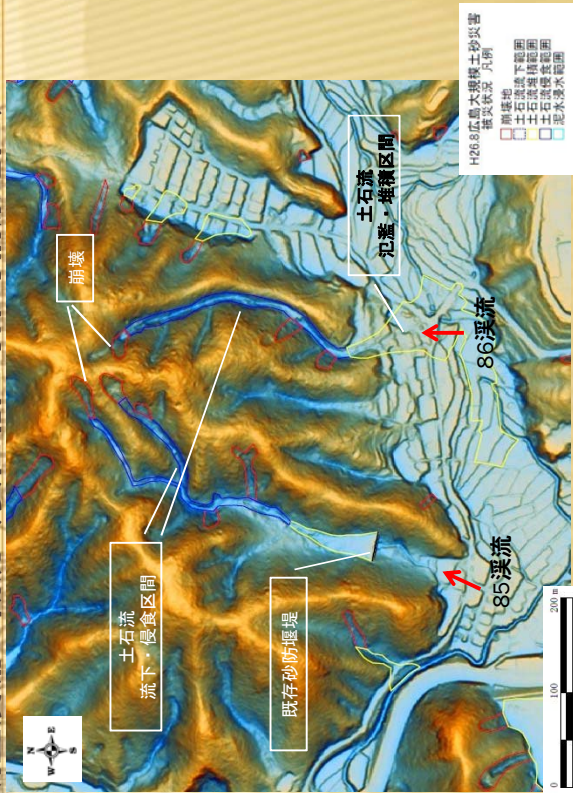
4. 被災状況（安佐南区八木四丁目地区）

- 土石流の被害は、大量の土砂、巨礫、流木によって生じている。
- 土石流は、旧流路方向に流下したものと直進方向に流下したものがあり、両者において被害が発生している。
- 谷出口から下流側は扇状地が発達し、この扇状地において古くから宅地造成が行われている。
- 谷出口付近の勾配は10°と急であり、土石流は勢いを保持した状態で扇状地内の宅地内に向けて流下し、甚大な被害を及ぼした。
- 八木四丁目では、民家の倒壊等の被害は勾配10°付近で発生しているが、この10°付近の民家等によって流木や巨礫が停止している様子が確認できた。

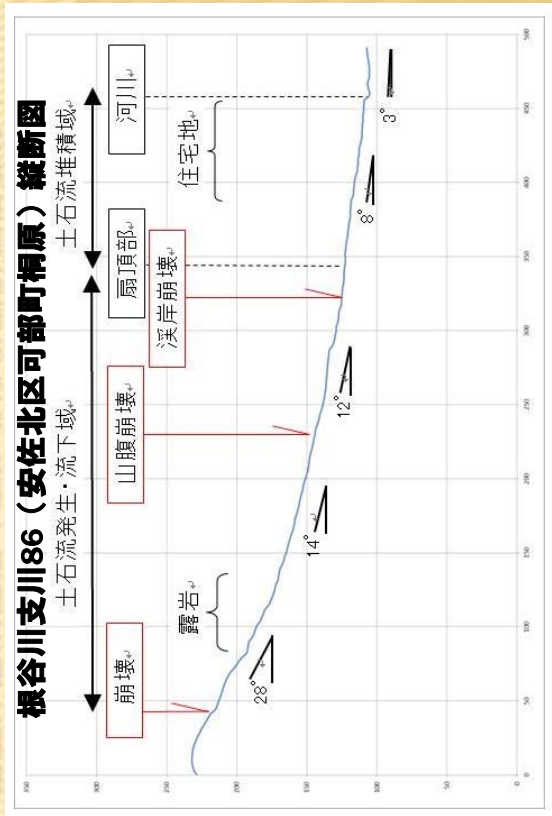
溪流調査結果（安佐北区可部町桐原地区）

『根谷川支川85・86』

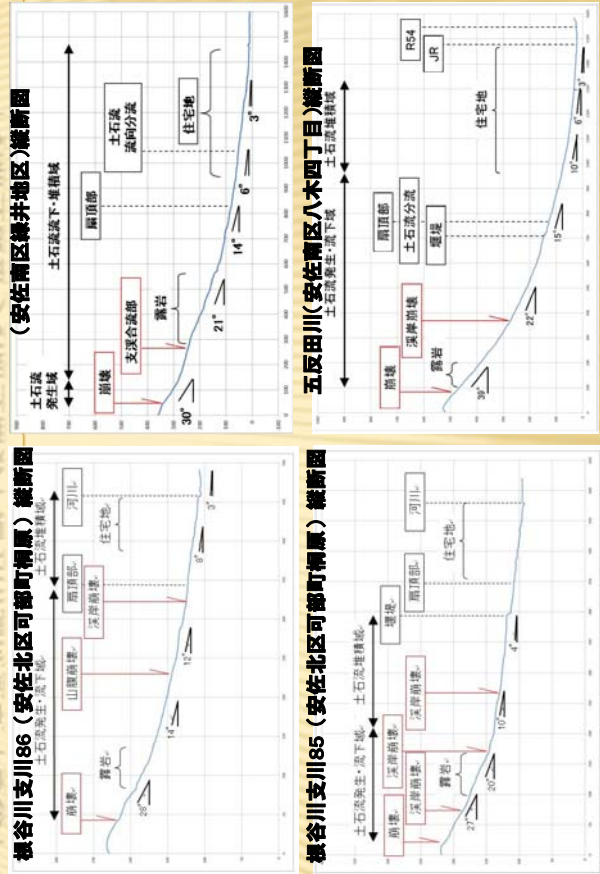
1. 調査溪流の概況（安佐北区可部町桐原地区）



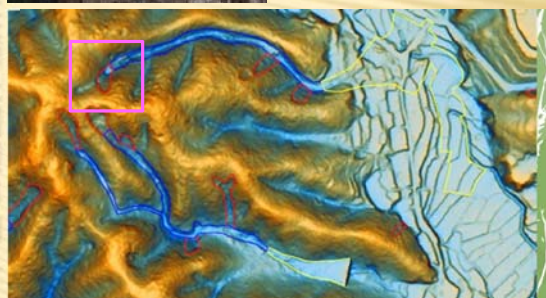
1. 調査溪流の概況（安佐北区可部町桐原地区）



【参考】溪流勾配の比較（花崗岩地区と堆積岩地区）



2. 土石流発生域の特徴（安佐北区可部町桐原地区）



源頭部の真砂土の崩壊（幅12m・長さ20m・深さ1.5m・傾斜34°）。崩壊下部の両側部には、花崗岩中の斜交する節理に規制されてボトルネック状。



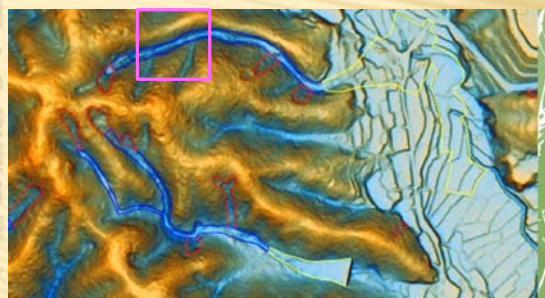
源頭部の真砂土の崩壊面に見られるパイピングホール（径2～3cm）。

2. 土石流発生域の特徴（安佐北区可部町桐原地区）

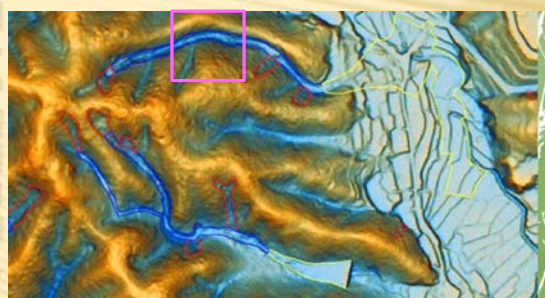


源頭部崩壊直下の侵食状況（やや深い）（幅8m・深さ3m）

3. 土石流流下・堆積域の特徴（安佐北区可部町桐原地区）



流下域上流部の侵食状況。途中から流水が見られる。



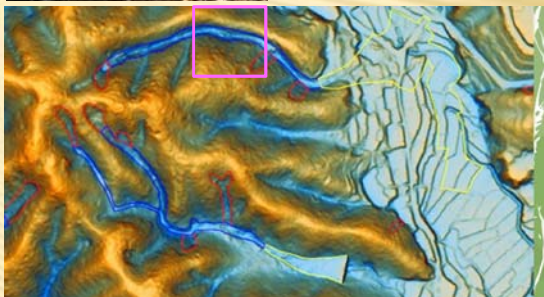
流下域中流部の侵食状況。左岸部に比べ右岸部の方が侵食著しい。溪床及び右岸は岩盤露出、左岸は土砂が残存。



流下域中流部の侵食状況（幅12m・深さ2m）。溪床部の侵食著しく岩盤が露出している。

3. 土石流流下・堆積域の特徴（安佐北区可部町桐原地区）

流下域中・下流部に見られる侵食・堆積状況。

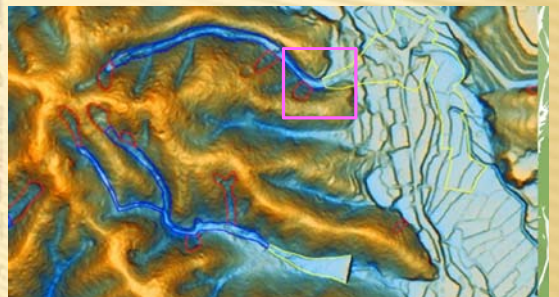


流下域下流部に見られる侵食状況。緩やかに曲流しており、侵食深さは2.2mを呈する。



3. 土石流流下・堆積域の特徴（安佐北区可部町桐原地区）

崩壊地直下の堆積開始点。これより沢は、根谷川の合流点まで、ほぼ直進している。



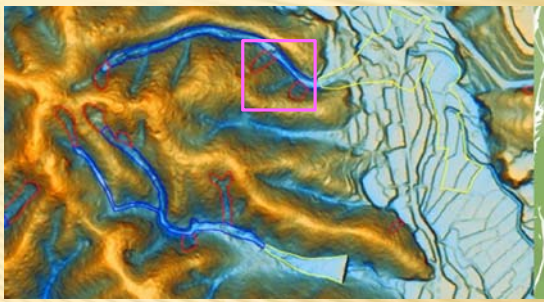
堆積域に見られる花崗岩主体の角礫（径5～30cm大）。



3. 土石流流下・堆積域の特徴（安佐北区可部町桐原地区）

流下域下流部の右岸側に見られる崩壊

高さ 20m
幅 10m
深さ 0.7m



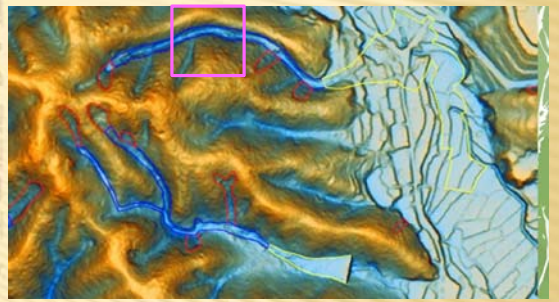
右岸側水衝部の崩壊

幅 15m
高さ 15m
深さ 0.7m



3. 土石流流下・堆積域の特徴（安佐北区可部町桐原地区）

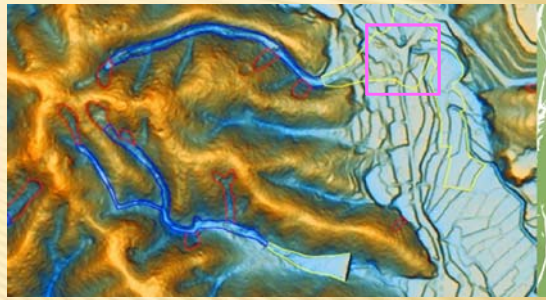
堆積域の先端部。砂礫と流木が堆積している（溪床勾配3°）



堆積域先端部に見られる礫混じり砂（径2～10mm）。

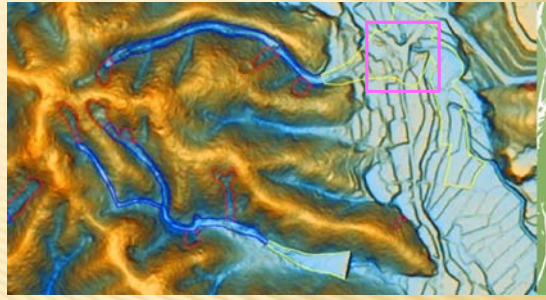


4.被災状況（安佐北区可部町桐原地区）



土石流の氾濫状況。土石流は根谷川と合流後は、これに沿って曲流している。道路より上流にあった家屋2戸と集会所が被災している。

4.被災状況（安佐北区可部町桐原地区）



流木や土砂で埋没した道路下のボックスカルバート



土石流によって、完全に民家が流出

5. 溪流調査結果のまとめ

- 地質は、花崗岩を主体とするが、**八木地区では高所にジュラ紀の硬質な堆積岩（ホルンフェルス・砂岩・チャート等）、可部地区では流紋岩類～花崗岩類**が分布している。（平成11年に土砂災害が発生した地域は、花崗岩が主に分布）。特に、堆積岩からなる付加体が分布する区域では岩質的に風化・侵食に対する抵抗力が花崗岩に比べてやや強い。ため地形勾配は急で、礫径は大きく礫量も多い。
- **源頭部の表層崩壊発生場所**は、いずれも**勾配30°以上**であった。風化の進んだ堆積岩や花崗岩の上位を層厚0.5～1.5m程度の土砂層が薄く被覆し、この境界で崩壊が発生していた。
- 崩壊跡の滑落崖には**多数のパイプピング孔**が確認できた。**斜面土壌の浸透能を大きく超越した短時間の集中豪雨がパイプフローの噴出しとなり、崩壊発生の直接的な要因**になったと考えられる。

溪流調査結果のまとめ

（八木四丁目地区と可部町桐原地区）

5. 溪流調査結果のまとめ

- 谷出口から下流側は扇状地が発達し、この扇状地において古くから宅地造成が行われている。
- 八木地区では、谷出口付近の勾配は 10° と急勾配であり、土石流は勢いを保持した状態で扇状地内の宅地内に向けて流下し、甚大な被害を及ぼした。
- 八木四丁目では、民家の倒壊等の被害は勾配 10° 付近で発生しているが、この 10° 付近の民家等によって流木や巨礫が停止している様子が確認できた。
- 土石流は、旧流路方向に流下したものと直進方向に流下したものが存在し、両者において被害が発生している。
- 既往施設の効果は確認できる。

話題提供（５）

「溪流調査結果（花崗岩地帯）の報告」

「砂防堰堤の効果」

西川友章（国際航業株式会社）

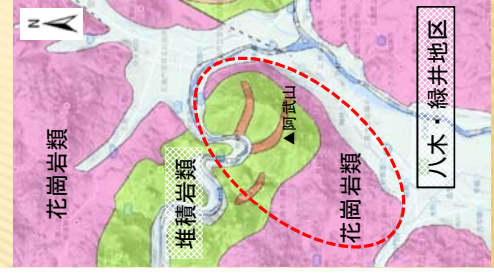
話題提供
「溪流調査結果（花崗岩地帯）の報告」
「砂防堰堤の効果」

国際航業株式会社 西川友章

発表内容

- 溪流調査結果（花崗岩地帯）の報告
 - ① 安佐南区緑井地区の調査結果
 - ② 安佐北区可部東地区の調査結果
 - ・ 調査溪流の概況
 - ・ 土石流発生域の特徴
 - ・ 土石流の流下・堆積区間の特徴
 - ・ 被災状況
 - ・ まとめ
- 砂防堰堤の効果
 - ① 調査の概要
 - ② 調査を実施した砂防堰堤の状況報告

1. 調査溪流の概況（安佐南区緑井地区）



被災地周辺のシェーマス地質図
(<https://gbank.gsj.jp/seamless/>)

平成26年8月20日 国土地理院撮影斜め写真

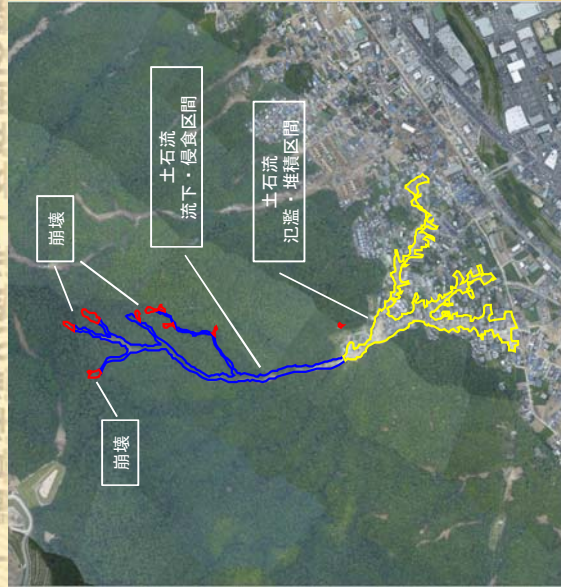
溪流調査結果（安佐南区緑井地区）

1. 調査溪流の概況（安佐南区緑井地区）



国際航業株式会社／株式会社バスコ撮影

1. 調査溪流の概況（安佐南区緑井地区）



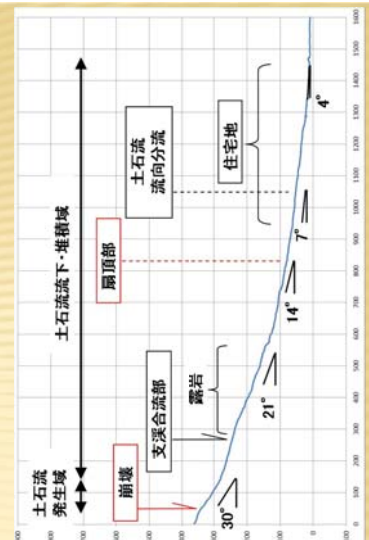
- ・ 主な崩壊地は5箇所
- ・ 扇状地で3方向に分流

背景画像は災害後のオルソ画像：
太田川河川事務所提供

1. 調査溪流の概況（安佐南区緑井地区）



- ・ 流域面積：0.33km²
- ・ 延長：830m
- ・ 標高差：270m
- ・ 地質：花崗岩が主体



（背景画像は災害後のオルソ画像：太田川河川事務所提供）

2. 土石流発生域の特徴（安佐南区緑井地区）



- 源頭部の崩壊地
- ・ 崩壊面にガリー
- ・ $\phi 0.5\text{m}$ の礫が残存

- パイピング孔
- ・ 滑落崖に大小多数の
パイピング孔

2. 土石流発生域の特徴（安佐南区緑井地区）



崩壊発生跡

- ・パイプからの水の噴き出しと同じ幅で流水痕。
- ・表層は0.5～1.0mの厚さでマサ土が被覆。

- 源頭部直下の渓床状況
- ・ $\phi 0.5 \sim 1.0\text{m}$ の礫が多数堆積する。

2. 土石流発生域の特徴（安佐南区緑井地区）



- 上流部の渓岸斜面
- ・剥離型表層崩壊跡
 - ・多数のガリー。地表水が発生している。

- 風化の進んだ花崗岩
- ・亀裂が多数発生。
 - ・風化が進み、マサ化した土砂も堆積。

2. 土石流発生域の特徴（安佐南区緑井地区）

- 源頭部の崩壊発生場所は、風化の進んだ花崗岩の上に層厚0.5～1.0m程度のマサ土が薄く被覆する。
- 表層のマサ土が基盤の花崗岩との境界を滑り面とし、基盤の花崗岩を一部侵食し崩落した。風化が進み亀裂の入っていた基盤の花崗岩は割れて岩塊となり、土石流の一部として流下した。
- 滑り面付近には大小多数のパイプピンング孔が確認できた。
- 滑落崖の上部に亀裂は発生しておらず、周辺の斜面土壌の浸透能を大きく超えるような短時間の集中豪雨がパイプフロアの噴出しとなり、崩壊発生の直接的な要因になったと考えられる。
- 渓岸斜面に多数のガリーが形成され、溪流に多量の水の流れ込みも確認できた。

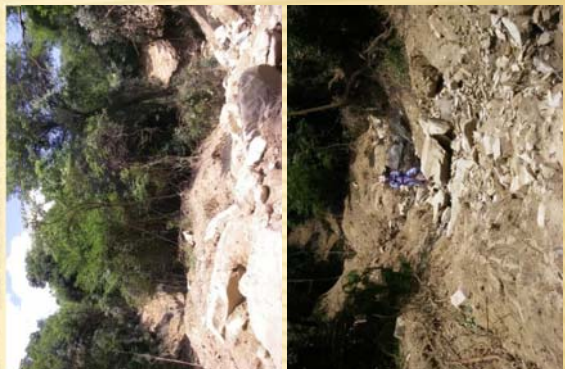
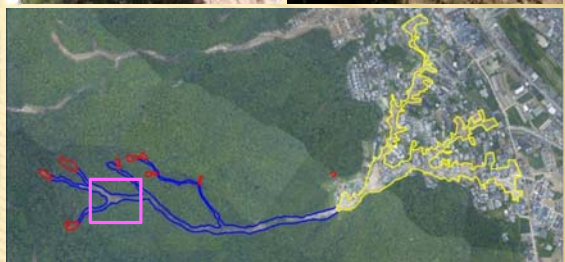
3. 土石流流下・堆積域の特徴（安佐南区緑井地区）



- 上流域の渓床状況
- ・崩壊地から流下した土砂及び岩塊の堆積と、後続流による侵食が確認できる。

- 上流域の渓床状況
- ・勾配が緩くなる区間には $\phi 0.5 \sim 1.0\text{m}$ の礫が堆積する。

3. 土石流流下・堆積域の特徴（安佐南区緑井地区）



支溪合流部より上流側
 ・左支溪には土砂及び巨礫の堆積。
 ・右支溪は土砂の堆積が見られない。

支溪合流部の状況
 ・高さ1～2mのマウンドが形成。
 ・流下痕跡より、左が先、右からが後。
 ・φ1～2mの礫も堆積。

3. 土石流流下・堆積域の特徴（安佐南区緑井地区）



流下区間の露頭
 ・流下痕跡の深さは3.0m程度。
 ・土砂及び礫の堆積はほぼ確認できない。
 ・常時流水あり。

溪床で露頭する花崗岩
 ・風化が進行している。
 ・流水による侵食が確認できる。

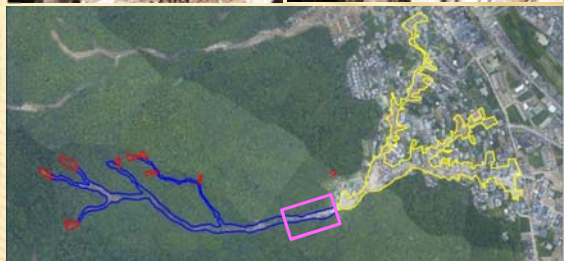
3. 土石流流下・堆積域の特徴（安佐南区緑井地区）



治山谷止工
 ・副堤の前庭部が著しく洗掘されている。
 ・基礎部分が約1m浮き上がった状態。

谷止工の上流側
 ・土砂及び巨礫が約1.0mの厚さで堆積する。
 ・流下痕跡の深さは3m程度。

3. 土石流流下・堆積域の特徴（安佐南区緑井地区）



扇頂部の直上流部
 ・φ1～2mの礫が多数堆積する。
 ・溪岸は過去の土石流堆積物により形成される。

扇頂部の直上流部
 ・今回の土石流堆積物が後続流により侵食された痕跡あり。
 ・侵食深は1.0m程度。

3. 土石流流下・堆積域の特徴（安佐南区緑井地区）



扇頂部から下流側
 ・巨礫を含む多量の土砂が氾濫堆積する。
 ・既設水路は損傷を受けけるものの、機能は発揮している。
 ・溪床勾配の変化点。
 14°→8°

扇頂部付近の状況
 ・φ2m程度の巨礫が多数堆積する。
 ・流路沿いの家屋が著しい被害を受けた。

4. 被災状況（安佐南区緑井地区）



谷出口から100m下流
 最上流部の家屋
 (勾配8.5°)

谷出口から180m下流
 土石流の直撃を受けた家屋
 (勾配6.8°)
 ・玉突き状態による全壊。
 ・この地点で土石流は分流した。

3. 土石流流下・堆積域の特徴（安佐南区緑井地区）

- 流域源頭部で発生した崩壊は土石流となり、風化が進む溪床及び溪岸を侵食し、さらに侵食した土砂や溪床に堆積していた岩塊を巻き込み規模を拡大しながら流下した。
- 溪流内の土砂堆積状況から、大規模な土砂流出が少なくとも2回以上発生していることが確認できた。
- 右支溪からの後続の土石流が多量の流水を伴って勢いよく流下し、先行の流出で溪床に堆積した巨礫を含む土砂も一気に下流まで押し流したと考えられる。
- 流域全体で、溪床から約3mの高さに土石流の流下痕跡が確認できる。溪岸には過去の土石流堆積物も見られ、何度も土石流が発生している溪流であることが伺える。

4. 被災状況（安佐南区緑井地区）



谷出口から250m下流
 (勾配6.8°)
 ・道路が土石流の流下経路となり、損壊著しい。
 ・最大φ4mの巨礫も点在する。

谷出口から350m下流
 (勾配6.4°)
 ・土砂、礫及び流木が堆積する。
 比高4m、幅12m

4. 被災状況（安佐南区緑井地区）



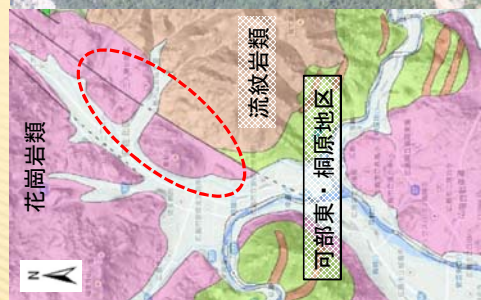
谷出口から370m下流
(勾配5.9°)
・道路アスファルトが
浮き上がる。
・φ1m以上の花崗岩
岩塊が点在する。

谷出口から380m下流
(勾配5.7°)
・マサ土に埋没してい
た風化残留岩塊の転
石（約φ1.0m）。

4. 被災状況（安佐南区緑井地区）

- 谷出口から下流側は扇状地が発達し、そこは大規模な宅地造成が行われている。谷出口付近の勾配は14°と急であり、土石流は勢いを保持した状態で流下し、扇状地に広がる住宅地へ甚大な被害を及ぼした。
- 扇頂部付近で土石流の直撃を受けた家屋は玉突き状に破壊されたが、そこで土石流流下の障害物となったことで土石流は左右に分流し、土石流は障害の無い道路に沿って流下した。
- 谷出口から約400m下流までφ1m程度の巨礫（花崗岩）が到達している。土石流が通過した道路はアスファルトが著しく洗掘される等の損壊を受け、また道路に沿った1列目の家屋が軒並み被害を受けている。

1. 調査溪流の概況（安佐北区可部東地区）



被災地周辺のシェーマレス地質図
(<https://gbank.gsj.jp/seamless/>)

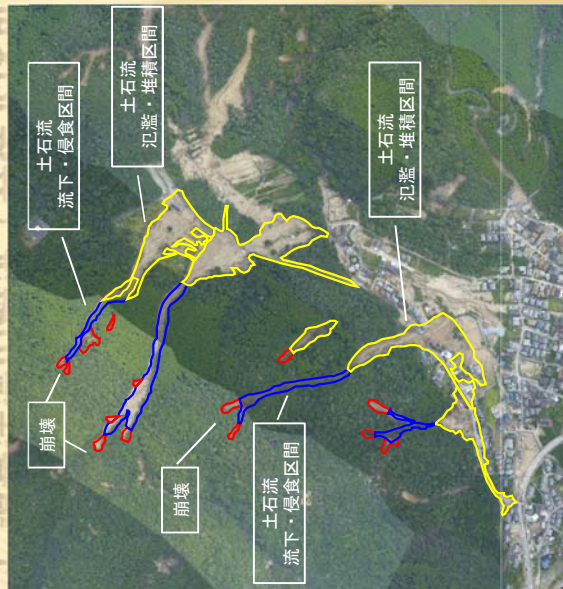
平成26年8月21日 国土地理院撮影斜め写真

溪流調査結果（安佐北区可部東地区）

1. 調査溪流の概況（安佐北区可部東地区）



1. 調査溪流の概況（安佐北区可部東地区）



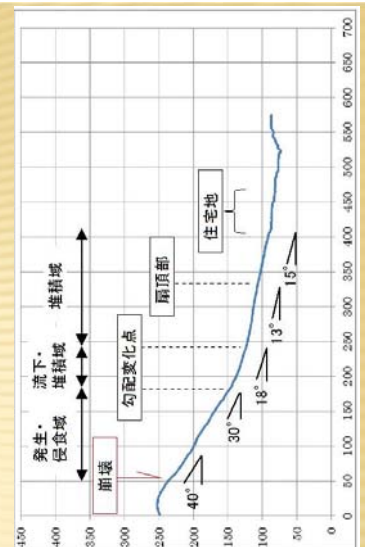
- ・複数箇所での崩壊発生
- ・道路を通過する土石流の流下経路も確認できる。

背景画像は災害後のオルソ画像：
太田川河川事務所提供

1. 調査溪流の概況（安佐北区可部東地区）



- ・流域面積：0.03km²
- ・延長：300m
- ・標高差：150m
- ・地質：花崗岩が主体



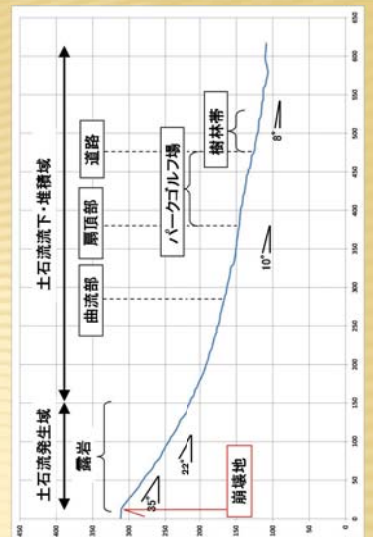
（背景画像は災害後のオルソ画像：太田川河川事務所提供）

1. 調査溪流の概況（安佐北区可部東地区）



- ・流域面積：0.04km²
- ・延長：350m
- ・標高差：190m
- ・地質：花崗岩が主体

※土石流危険渓流として把握されていなかった。



（背景画像は災害後のオルソ画像：太田川河川事務所提供）

2. 土石流発生域の特徴（安佐北区可部東地区）

源頭部の全景
 ・滑落崖は高さ約2.0m
 ・φ0.5mの花崗岩の岩塊が残存
 ・勾配は40°前後



パイピング穴
 ・滑落崖に大小多数のパイピング穴



2. 土石流発生域の特徴（安佐北区可部東地区）

源頭部の崩壊地
 ・滑落崖は高さ約2.0m
 ・表層は0.5～1.0m
 ・φ0.5mの花崗岩の岩塊が残存



滑落崖の状況
 ・表層は0.5～1.0mの厚さでマサ土が被覆。
 ・φ0.5m程度の礫が多数堆積する。



3. 土石流流下・堆積域の特徴（安佐北区可部東地区）

上流域の渓床状況
 ・渓床には花崗岩の岩塊が多数残る。
 ・渓床の侵食により、渓岸の表層崩壊が発生している。



上流域から下流を望む
 ・渓床から4～5mの高さを維持して流下した。



3. 土石流流下・堆積域の特徴（安佐北区可部東地区）

流下区間の溪岸斜面
 ・右岸側は過去の土石流堆積物により形成。
 ・左岸側は風化の進んだ花崗岩。



流下区間の溪床状況
 ・上流域に比べ、マサ土主体の堆積となる。
 ・後続流による幅3m、深さ1m程度の侵食が確認できる。



3. 土石流流下・堆積域の特徴（安佐北区可部東地区）



扇頂部の直上流部
 ・高さ2m程度の土石流フロント部の堆積が確認できる。
 ・マサ土主体の土砂とφ0.5~1.0mの礫が多量に堆積する。

土石流氾濫堆積区間
 ・φ2m以上の巨礫や流木も多量に到達している。

4. 被災状況（安佐北区可部東地区）



被災家屋
 ・土石流の直撃を受けた家屋は玉突き状に下流側の家屋に衝突。

被災家屋付近の状況
 ・φ2m程度の巨礫も到達している。

4. 被災状況（安佐北区可部東地区）



被災前



被災後



被災前の状況：Googleストリートビュー（2013年10月撮影）

4. 被災状況（安佐北区可部東地区）



道路の被災状況
 ・東側の谷で発生した土石流が道路沿いに流下している。
 ・道路上には土砂及び礫が多数堆積する。

土石流通過後の道路
 ・舗装面の陥没等、波状変形が確認できる。

5. 溪流調査結果のまとめ

- 流域全体が花崗岩を主体とした地質で構成されているため、**地盤の風化が強く進行し、脆弱な状態**である。
- **源頭部の表層崩壊発生場所**は、いずれも**勾配30°以上**であった。風化の進んだ花崗岩の上に層厚0.5～1.0m程度のマサ土が薄く被覆し、この境界が滑り面となった。
- 崩壊跡の滑落崖には**多数のパイプピング孔**が確認できた。斜面**土壌の浸透能を大きく超越した短時間の集中豪雨**がパイプフローの噴出しとなり、**崩壊発生の直接的な要因**になったと考えられる。
- 土石流の流下痕跡及び溪床の土砂堆積状況より、**大規模な土砂流出は複数回発生**していることが確認できた。
- 溪岸斜面には土石流堆積物で形成されている区間があり、**過去にも土石流の発生**したことが確認できた。

5. 溪流調査結果のまとめ

- 谷出口直下に発達した**扇状地**に、**大規模な宅地造成**による**住宅地**が広がっている。谷出口付近の勾配は10°以上と急であるため、**土石流は勢いを保持した状態で流下し**、住宅地へ**甚大な被害**を及ぼした。
- 巨石混じりの**土石流の直撃を受けた家屋は玉突き状に破壊**されたが、土石流流下の障害物となったことで土石流は左右に分流し、**土石流は障害の無い道路に沿って流下した**。
- 土石流が通過した道路はアスファルトが著しく洗掘される等の損壊を受け、また**道路に沿った1列目の家屋が軒並み被害**を受けている。

1. 調査の概要

- 今回の災害が発生した被害集中域には、**土石流危険渓流が約190箇所**ある。(広島県ホームページより)
- 聴き取り調査によると、被害集中地区における**砂防堰堤と治山堰堤が設置されている渓流は34渓流**とされる。
⇒ **対策施設が整備されていた割合は、約20%と想定される。**
- 調査を実施した対策施設は次の2基である。
 - ・ 安佐北区大林三丁目 下の谷川 砂防堰堤
 - ・ 安佐北区可部町桐原 根谷川支川85 治山堰堤

砂防堰堤の効果

2. 調査を実施した砂防堰堤の状況報告



下の谷川 砂防堰堤

- ・ 今回の土石流により満砂した。
- ・ 流木も堆積している。
- ・ 一度堆積した土砂が後続流により侵食を受け、下流へ流出している。
- ・ 下流へは細粒分の土砂がわずかに流出した痕跡がある程度。
- ・ 支溪からの土砂の流入も確認できる。



2. 調査を実施した砂防堰堤の状況報告



根谷川85 治山堰堤

- ・ 有効高6.0m程度の治山堰堤に、土砂及び流木が多量に捕捉されていることを確認した。

3. 砂防堰堤の効果に関する調査結果のまとめ

- ・ 聴き取り調査、空中写真判読、現地確認により、**砂防堰堤の設置されている渓流では、下流側の保全人家に対してほとんど被害を及ぼしていないことが確認できた。**
- ・ 現地確認した砂防堰堤及び治山堰堤には、**多量の土砂及び流木が捕捉**されていた。
- ・ 聴き取り調査によると、**既設堰堤の中には流出土砂の一部が堰堤を越えて下流に流出したものもある**とのことである。
- ・ 本災害における砂防・治山施設の効果評価には、さらに詳細な調査が必要と考えられる。

話題提供（6）

「2014 年広島土石流災害の数値シミュレーション」

中谷加奈（京都大学大学院 助教）

2014年広島土石流災害の数値シミュレーション

話題提供

京都大学大学院農学研究科 助教 中谷加奈

土石流数値シミュレーション

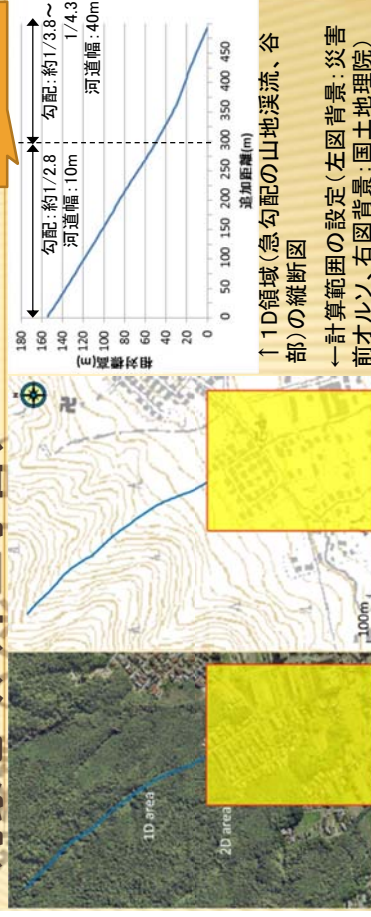
- GISと連携した土石流シミュレーションシステムHyper KANAKOを利用
- 広島県八木3丁目、阿武の里団地で発生した土石流の数値シミュレーションを実施
- 地形条件は太田川河川事務所より提供された平成21年に撮影されたLPデータを使用



家屋等の構造物の扱い

- 今回の災害では、谷出口付近に存在した家屋被害や、谷出口から住宅間を通る道路上を水・土砂が流動したことが確認
- これまで土石流の氾濫・堆積過程を検討する際、扇状地における家屋等の構造物を考慮することはほとんど無かった
- 最近の研究では、土石流の氾濫解析でも家屋の影響を考慮した検討が実施 (e.g. 中谷ら, 2012など)
 - 家屋などの構造物の地盤高を補正する方法で解析を実施
 - 構造物が存在する場合に流れ方向が横断的に広がることや、構造物の直上流で顕著に堆積すること、家や塀の間を流路の様に土石流が流下する場合があることが報告
 - 水理実験や災害事例との検証を実施して妥当性を確認
- 本検討では、土石流の谷出口に家屋を考慮しない場合と、家屋を考慮する場合について、構造物の地盤高を補正する方法で、数値シミュレーションを実施

対象地（八木三丁目）



- 青線の土石流の発生・流動区間 (約0.5km) を1D計算領域、赤長方形で囲まれた領域を2D計算領域
- 1D領域で、上流端からの追加距離0-300m間の勾配は約1/2.8 (19.7度)、その下流は1/3.8 ~ 1/4.3 (14.7 ~ 13.1度)
- 1D領域での河道幅は、災害後の現地調査より、上流300m間では10m、それより下流は40mと設定

対象地（八木三丁目）

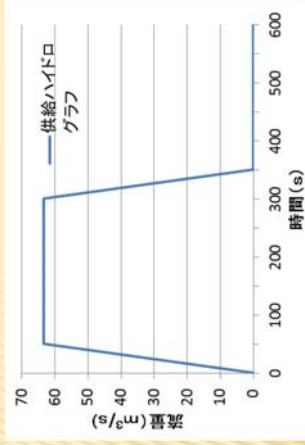
- 区画化された住宅地
- 谷出口からは外れる
 - 元地形では左岸側・北側がメインの谷（警戒区域もそのように設定）
 - 堆積が発生したところにより、土石流の方向が変化した
- 分岐・流下した土石流により人的・家屋被害（死者4名、全半壊20戸）が発生
- 本検討では主流路を対象とする



計算条件

ハイドログラフ

- 土石流が発生した8月20日(8月19日から)の高瀬雨量観測所(国土交通省所管)の雨量を元に算出
- 土石流が発生する際、水の貯留や解放機能は明確でないが、災害発生後に流域に降った雨が短時間で一気に流出することが推測
- 最大24時間雨量(247mm)の雨量が流出率0.7(山地)で対象流域に流出したと仮定した際の総流量は19,019m³
- 過去の土石流発生事例を参考に、土石流の継続時間350秒(ピーク継続時間250秒)と仮定すると、ピーク流量63.4m³/s
- 上流から供給したハイドログラフ(水)で、移動可能土砂が侵食されて、土石流が発生・発達するシナリオを想定



土砂量

- 対象溪流から土石流により流出した土砂は、現地調査や測量資料などから約22,200m³と推定
- 本検討では、同量(空隙込)の土砂を、上流の1D領域に移動可能な土砂として設定

計算に用いたパラメータ

パラメータ	数値
計算時間(秒)	600
計算の時間間隔(秒)	0.01
粒径(m)	0.2
砂礫の密度(kg/m³) σ	2650
流体相の密度(kg/m³) ρ	1000
河床の容積濃度	0.6
重力加速度(m/s²)	9.8
侵食速度係数	0.0007
堆積速度係数	0.05
マニングの粗度係数(s/m ^{1/3})	0.03
一次元領域の計算点個数	98
一次元領域の計算点間隔(m)	5
二次元領域の計算点個数(流下方向×横断方向)	182 × 152
二次元領域の計算点間隔(m × m)	2 × 2

- 粒径は数mmから数mまで広い分布を持って存在したが、Hyper KANAKOは一樣粒径を対象とするので、比較的下流まで移動した0.2mを代表粒径として採用
- 現地状況から推定したパラメータ以外は(Ex:侵食・堆積速度係数)土石流計算で一般的に用いられる値を設定(高橋・中川, 1991)
- 本検討で採用した供給ハイドログラフ、河床材料特性は、災害後の調査や既往研究を参照して仮定したシナリオの一つであり、この検討結果が今回の災害の全てを説明するものではないと考える

計算ケース

- Case1:災害前LPをそのまま利用LPデータは建物等を取り除いたグラウンドデータを示すが、宅地の盛土は残っている
- Case2:上流側1列の家屋を考慮
- Case3:道路に面した家屋を考慮
- Case4:全ての家屋を考慮
- Case5:上流側1列の家屋を12mで設定壊れない高い建物が谷出口にある場合を想定

家屋箇所のメッシュは地盤高から6m(2階建てを想定)上げた

赤色■が考慮した家屋



計算ケース

家屋箇所のメッシュは地盤高から6m(2階建てを想定)上げた

赤色■が考慮した家屋



計算終了時の流動深

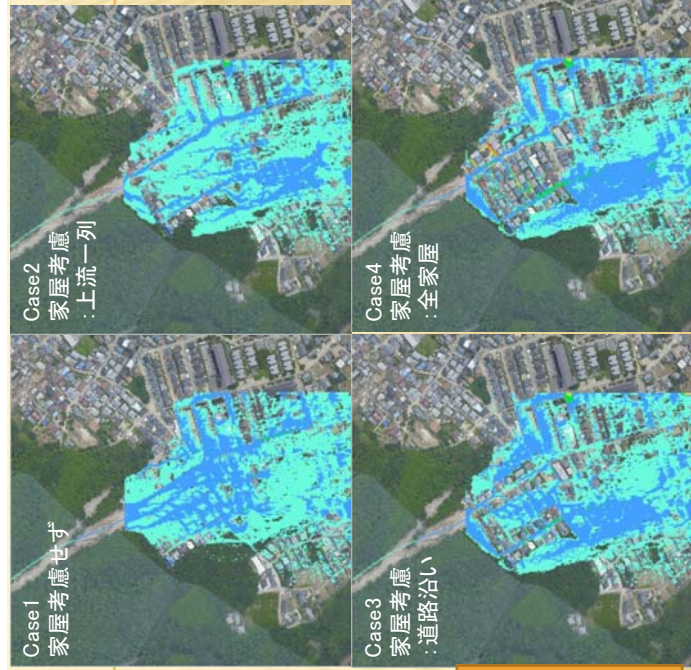
CASE1-4

背景: 災害後オルソ



Case2-4(家屋を考慮)は、家屋を考慮しないCase1と比較して

- ・ 道路沿いに大きな流動深
- ・ 範囲が右岸側・南側に広がる



計算終了時の堆積厚

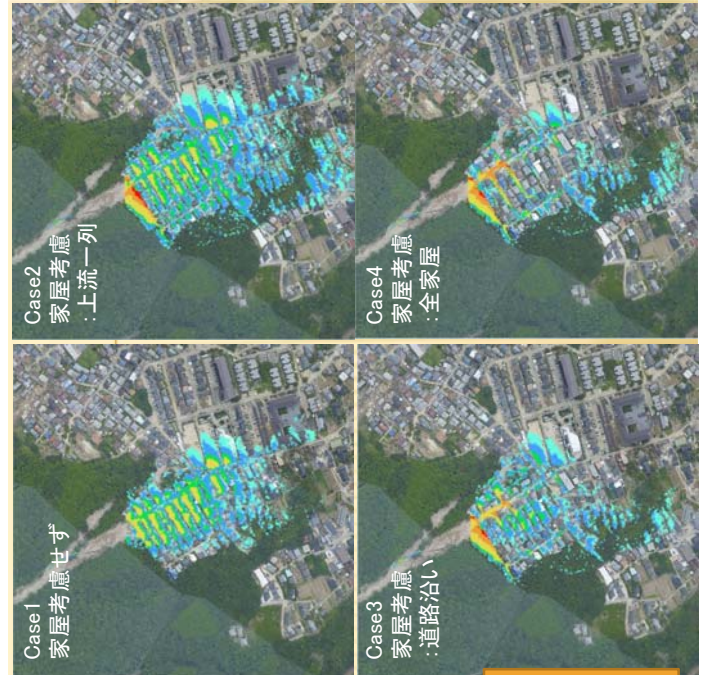
CASE1-4

背景: 災害後オルソ

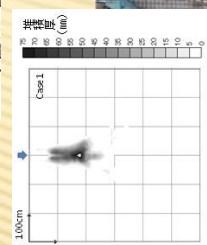


Case2-4(家屋を考慮)は、家屋を考慮しないCase1と比較して

- ・ 谷出口で顕著な堆積
- ・ 道路上に堆積



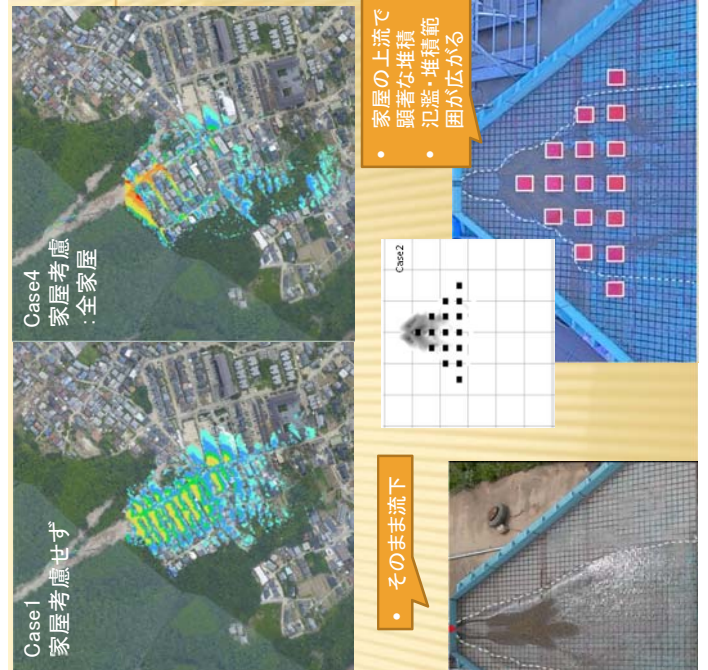
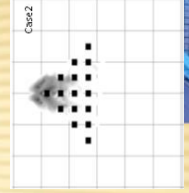
実験との対応(堆積厚)



そのまま流下



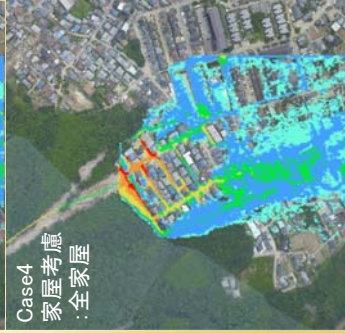
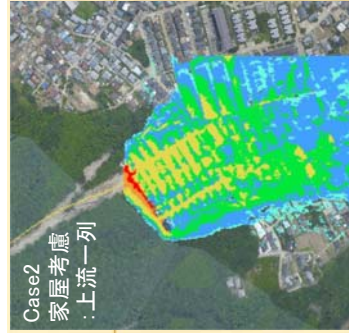
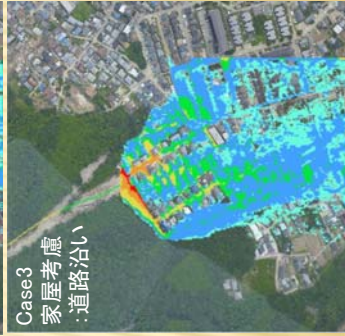
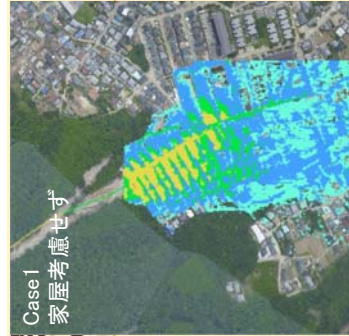
家屋の上流で顕著な堆積
氾濫・堆積範囲が広がる



痕跡（流動深 + 堆積厚）の 最大値

CASE1-4

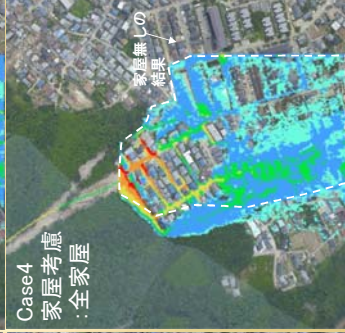
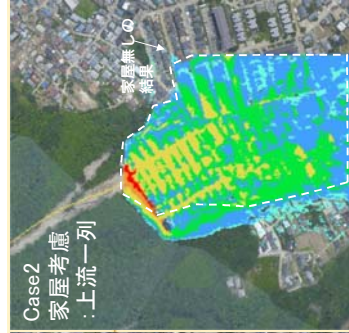
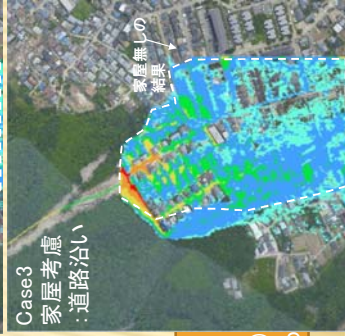
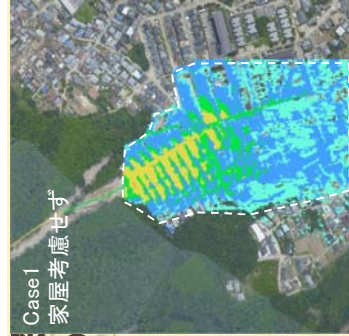
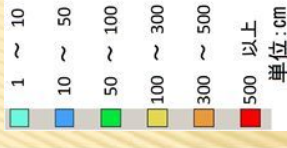
背景：災害後オルソ



痕跡（流動深 + 堆積厚）の 最大値

CASE1-4

背景：災害後オルソ



Case2-4（家屋を考慮）
では、
Case1（家屋考慮せず）
と比べて範囲が広がる

災害状況との比較 （痕跡）



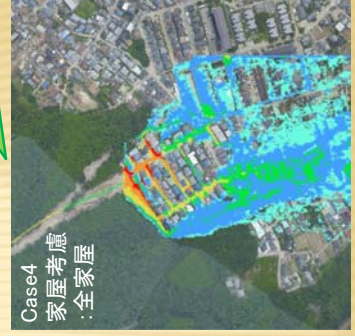
- 主流路（谷出口）からの道路沿いの家屋で被害
- 家屋の内部にも土砂が堆積

一方、家屋が道路から離れていた所は、直接の被害（堆積・破壊等）が少ない

災害状況との比較 （痕跡）



- 谷出口の家屋の上流で顕著な痕跡
- 実際の状況とも対応



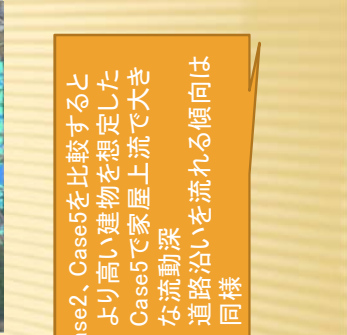
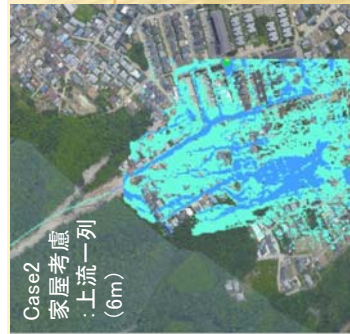
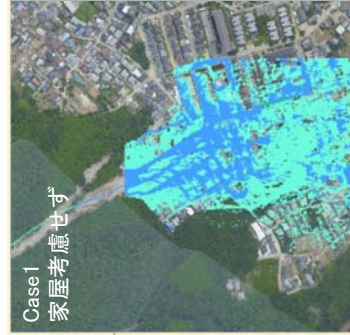
- 谷出口の土砂の堆積状況から、透過型砂防堰堤（家屋が不透過部、道路が透過部）のような機能を発揮したと推測

➤ 谷出口に壊れない、更に高い建物があったとしたら？⇒Case5

計算終了時の流動深の最大値

CASE1,2,5

背景: 災害後オルソ

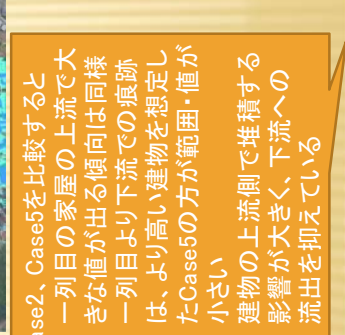
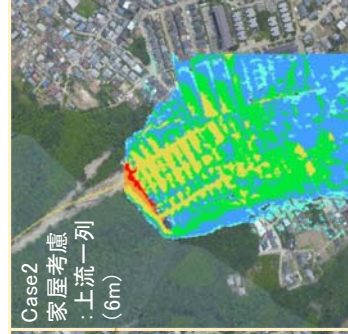
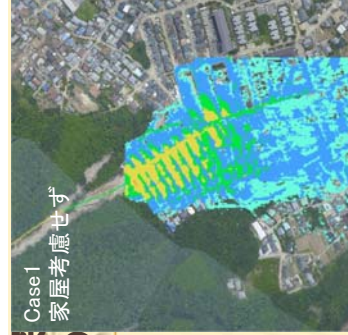


- Case2、Case5を比較すると
- より高い建物を想定したCase5で家屋上流で大きな流動深
 - 道路沿いを流れる傾向は同様

痕跡（流動深+堆積厚）の最大値

CASE1,2,5

背景: 災害後オルソ

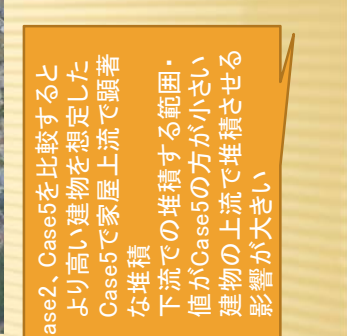
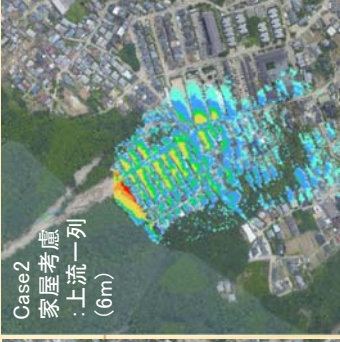
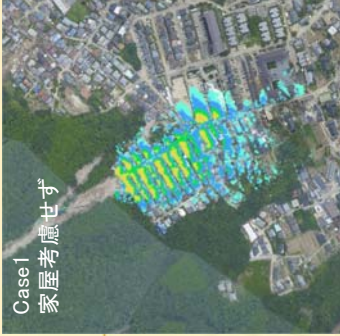


- Case2、Case5を比較すると
- 一列目の家屋の上流で大きな値が出る傾向は同様
 - 一列目より下流での痕跡は、より高い建物を想定したCase5の方が範囲・値が小さい
 - 建物の上流側で堆積する影響が大きく、下流への流出を抑えている

計算終了時の堆積厚

CASE1,2,5

背景: 災害後オルソ



- Case2、Case5を比較すると
- より高い建物を想定したCase5で家屋上流で顕著な堆積
 - 下流での堆積する範囲・値がCase5の方が小さい
 - 建物の上流で堆積させる影響が大きい

他の地区での解析事例（県営住宅）

背景: 災害後オルソ

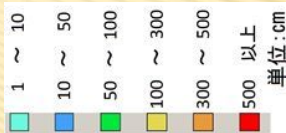


上段 (家屋考慮せず)

下段 (家屋を考慮)

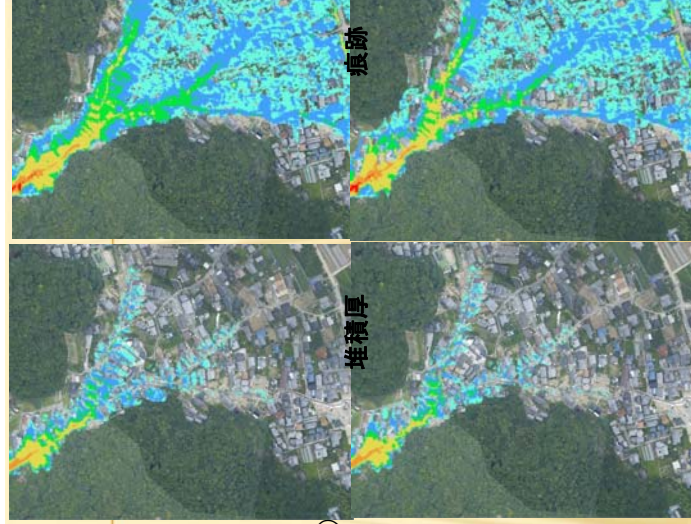
他の地区での解析事例（緑井）

背景：災害後オルソ



上段（家屋考慮せず）

下段（家屋を考慮）



まとめ

- 家屋を考慮する方が現象をよく再現
- 氾濫範囲：横断方向に拡大
- 土砂の堆積範囲：家屋の直上流に顕著に堆積して、堆積が生じる範囲は減少
 - 実験結果と対応
 - 水は家屋の周辺を回り込んで流下するが、土砂は家屋の上流に顕著に堆積する
- 家屋を考慮することで、相対的に地盤高の低い道路が表現されて、土石流が道路上を移動する現象が確認
- 主流路の道路沿いに顕著な堆積・痕跡、実災害と対応
- 局所的な家屋の位置、道路や主流路との位置関係により、被害状況（堆積・痕跡・破壊など）が変わる
- 家屋の影響を考慮すると、対策を検討する際に、特にソフト対策（危険エリアの把握、避難ルートなどの検討など）で効果的と考えられる