

平成26年広島豪雨土砂災害の速報

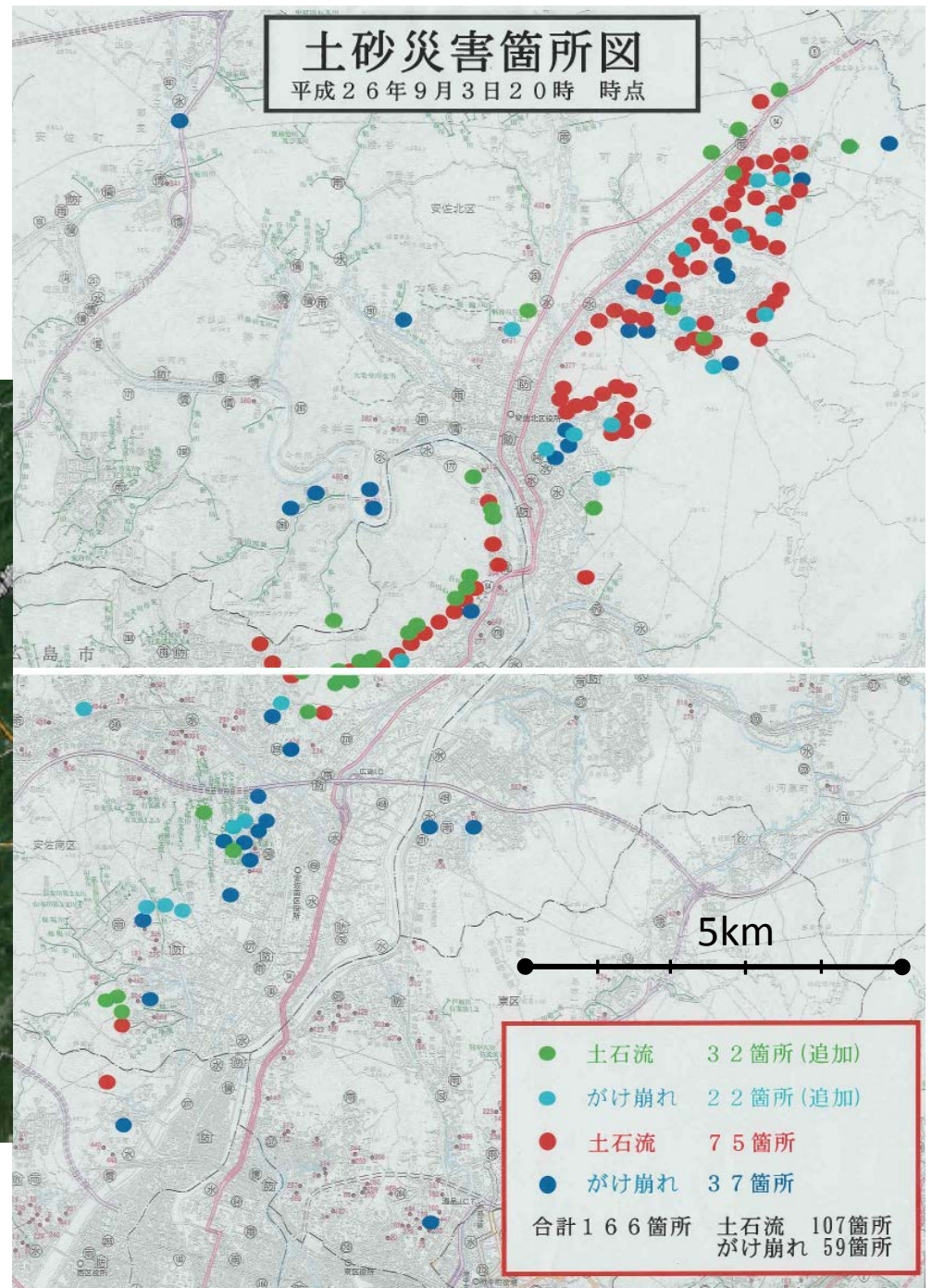


写真撮影: 中井真司(復建調査設計(株))

平成26年 土木学会・地盤工学会 広島豪雨災害合同緊急調査団

災害の概要

土砂災害166箇所
(土石流107箇所、崖崩れ59箇所)



災害の概要

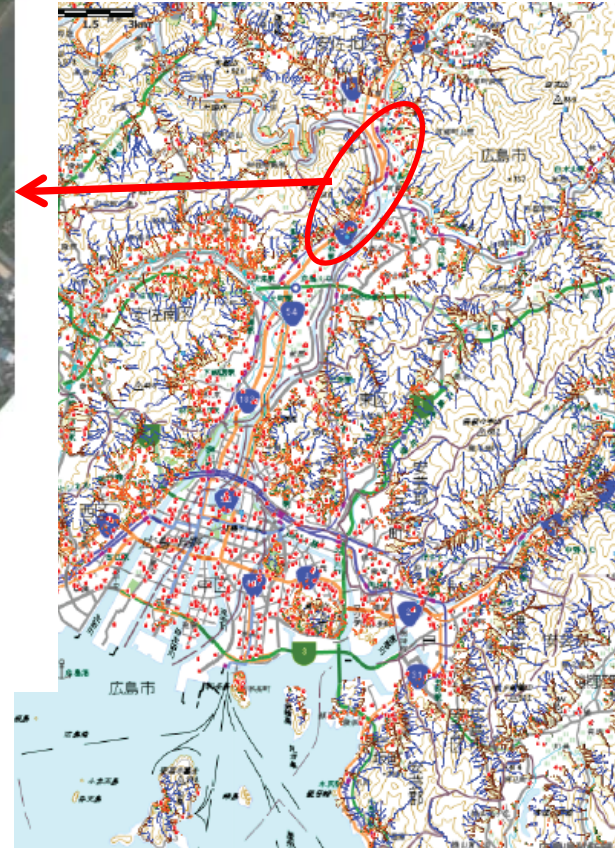
発災: 8月20日午前3時～4時

人的被害: 死者72名、行方不明者2名、負傷者44名(重傷8名、軽傷36名)

家屋被害: 全壊24、半壊41、一部損壊66

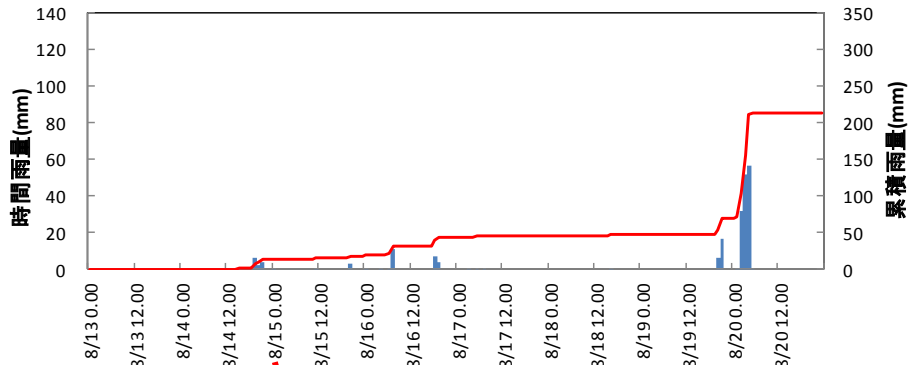
安佐南区 山本2丁目2名
八木8丁目2名

安佐北区 可部東2丁目2名
可部東6丁目3名
可部町大字桐原1名
三入南2丁目1名

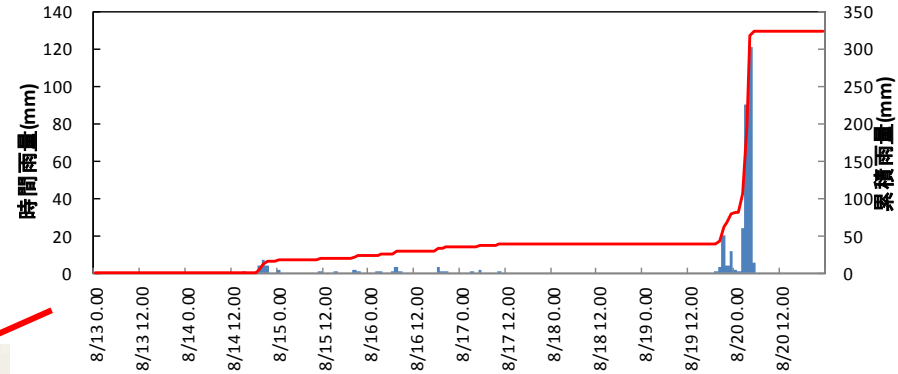


安佐南区緑井・八木地区 写真は国土地理院

昆沙門台(国)



三入東

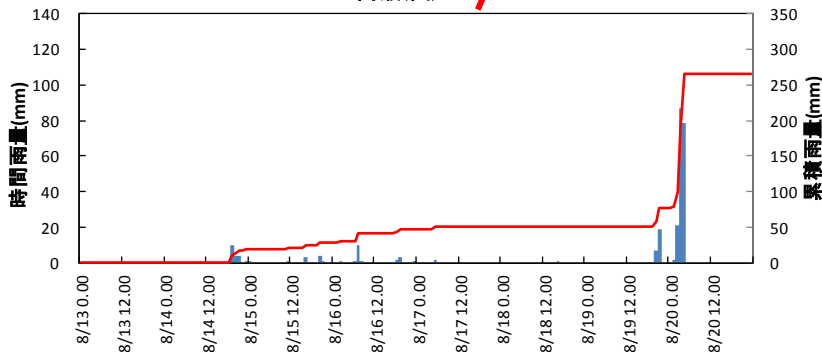


観測雨量と警報など

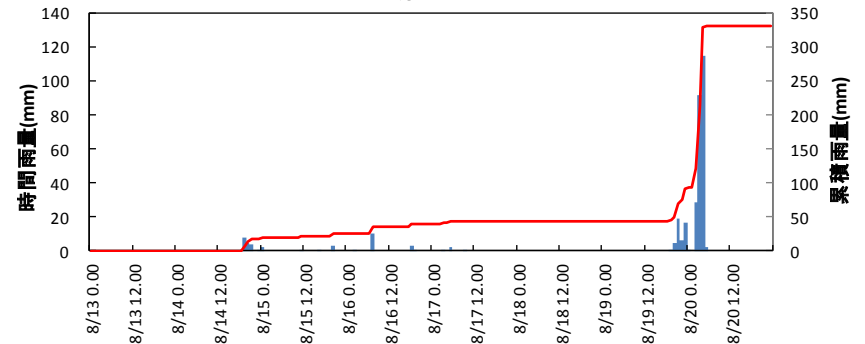
19日 21時26分 大雨洪水警報
 23時33分 洪水警報解除
 20日 0時57分 洪水注意報

1時15分 土砂災害警戒情報
 4時15分 避難勧告(広島市可部,
 三入, 三入東, 可部南, 大林)
 4時30分 避難勧告(梅林, 八木,
 緑井, 山本)

高瀬(国)



上原



平成26年 土木学会・地盤工学会 広島豪雨災害合同緊急調査団

氏名	所属	学会
土田 孝	広島大学大学院工学研究院・教授	土木学会・地盤工学会
前野 詩朗	岡山大学大学院環境生命科学研究科・教授	土木学会中国支部 支部長
河原 能久	広島大学大学院工学研究院・教授	土木学会
藤原 章正	広島大学大学院国際協力研究科・教授	土木学会
一井 康二	広島大学大学院工学研究院・准教授	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	土木学会
塚井 誠人	広島大学大学院工学研究院・准教授	土木学会
布施 正暁	広島大学大学院工学研究院・准教授	土木学会
力石 真	広島大学大学院国際協力研究科・特任准教授	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	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	地盤工学会
瀬谷 創	広島大学大学院国際協力研究科・助教	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	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	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	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	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	地盤工学会
松田 博	山口大学大学院理工学研究科・教授	地盤工学会
中田 幸男	山口大学大学院理工学研究科・教授	地盤工学会
鈴木 素之	山口大学大学院理工学研究科・准教授	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	地盤工学会
吉本 憲正	山口大学大学院理工学研究科・助教	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	地盤工学会

平成26年 土木学会・地盤工学会 広島豪雨災害合同緊急調査団

氏名	所属	学会
西山 哲	岡山大学大学院環境生命科学研究科・教授	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	地盤工学会
中井真司	復建調査設計(株)	地盤工学会
竹林 洋史	京都大学防災研究所・准教授	土木学会水工学委員会
黒川 岳司	呉工業高等専門学校環境都市工学分野・准教授	土木学会水工学委員会
吉田 圭介	岡山大学大学院環境生命科学研究科・准教授	土木学会水工学委員会
永野 博之	八千代エンジニアリング(株)・主任	土木学会水工学委員会
椿 涼太	広島大学大学院工学研究院・助教	土木学会水工学委員会
西川 直志	(株)イシンコンサルタント・技術部長	土木学会斜面工学研究小委員会
伊藤 和也	(独)労働安全衛生総合研究所・主任研究員	土木学会斜面工学研究小委員会
稲垣 秀輝	(株)環境地質・代表取締役	土木学会斜面工学研究小委員会
大野博之	(株)環境地質・技術部部长	土木学会斜面工学研究小委員会
ハスバートル	アジア航測(株)・社会基盤システム開発センター・技術部長	土木学会斜面工学研究小委員会
櫻井 正明	(株)山地防災研究所・代表	土木学会斜面工学研究小委員会
竹内 裕希子	熊本大学大学院自然科学研究科・准教授	土木学会斜面工学研究小委員会
後藤 聡	山梨大学大学院医学工学総合研究部・准教授	土木学会斜面工学研究小委員会
片山 直樹	(株)日本海技術コンサルタンツ・調査部次長	土木学会斜面工学研究小委員会
事務局		
増村 浩子	土木学会中国支部	
中島 敬介	土木学会技術推進機構企画部	
窪川原 加苗	地盤工学会中国支部	

調査の状況

○8月20日に災害が発生し、その後被害の状況が判明するとともに、その重大性から、土木学会および地盤工学会が合同で調査団を設けることとした。

○調査は8月21日から、グループあるいは単独で実施し、それぞれ知見をインターネット上で報告し共有してきた。なお、調査速報の一部を土木学会中国支部、地盤工学会のHPに掲載されている。

○8月27日に磯部土木学会会長と現地調査。その後に記者会見を開催。

○8月31日に八木地区の3溪流の調査を実施。

○9月1日 田中先生が安佐北区、可部北-三入、安佐南区を調査

○9月2日～5日 土砂災害警戒警報の発令にいたる過程の検討

8月27日の現地調査



写真撮影: 土木学会事務局中島敬

現地調査後の記者会見



広島土砂災害発生時における降雨 特性について

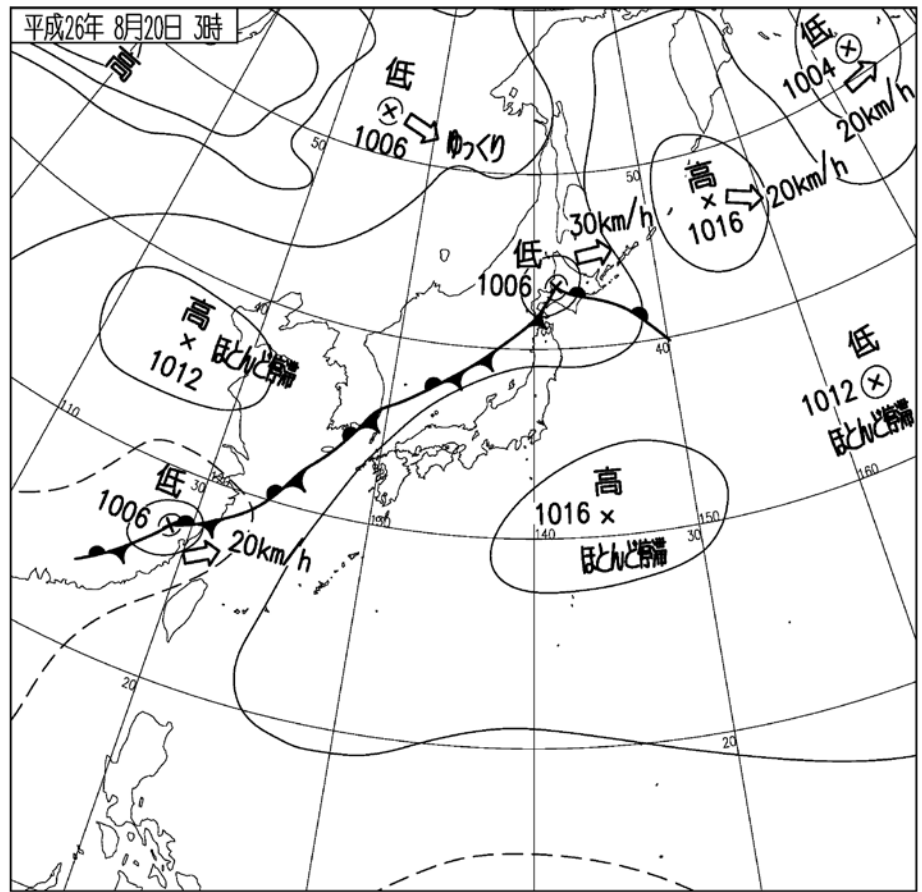
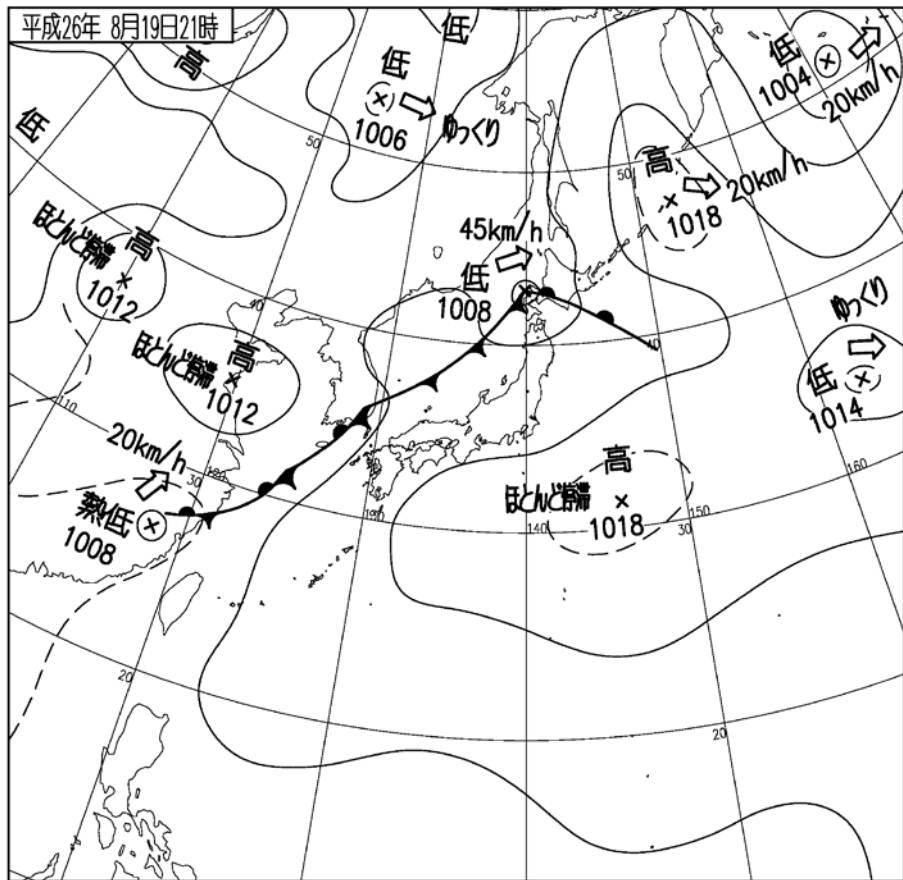
広島工業大学 環境学部地球環境学科

田中健路

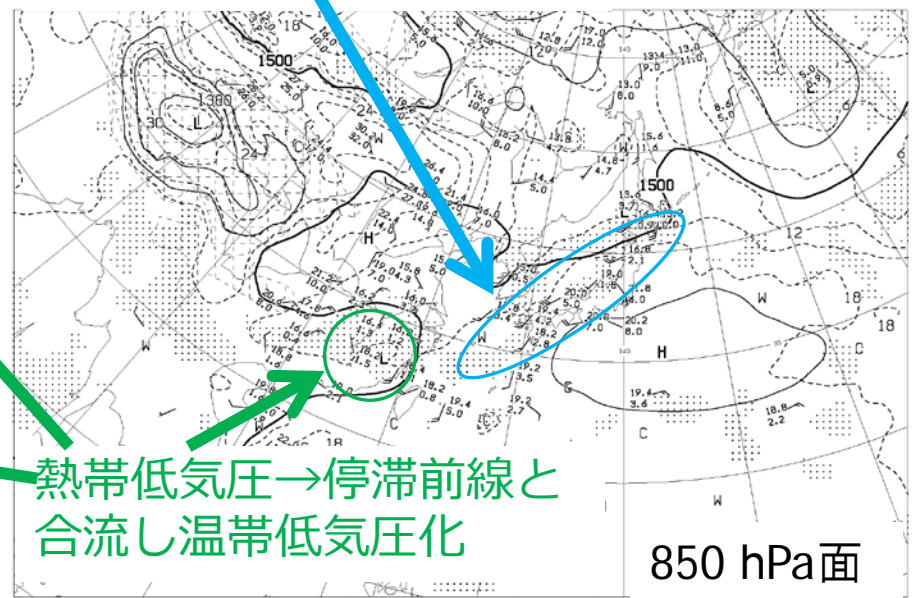
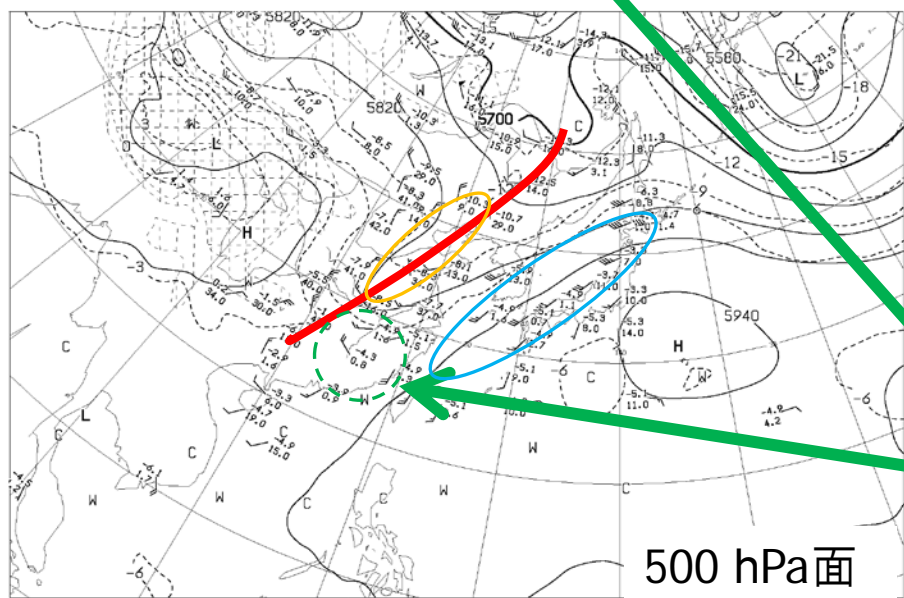
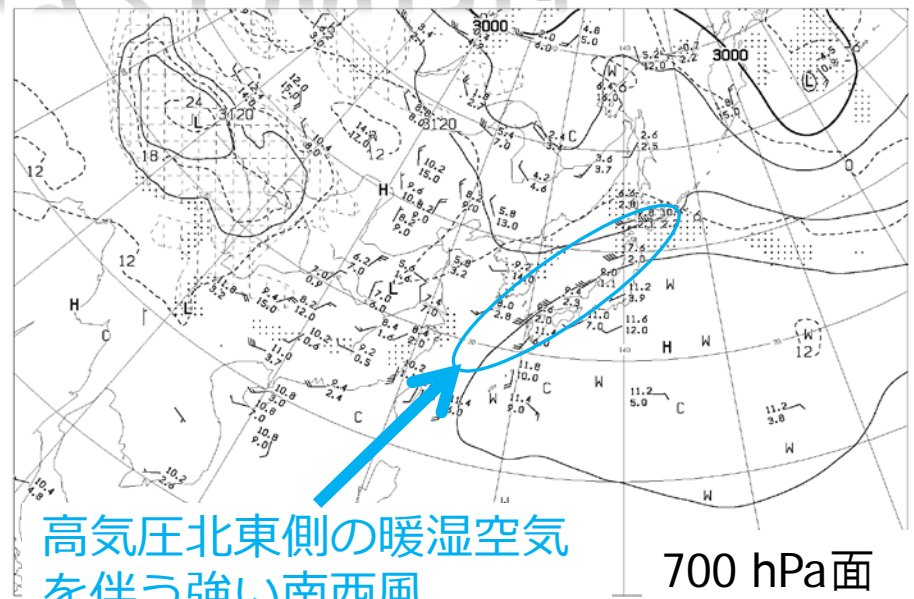
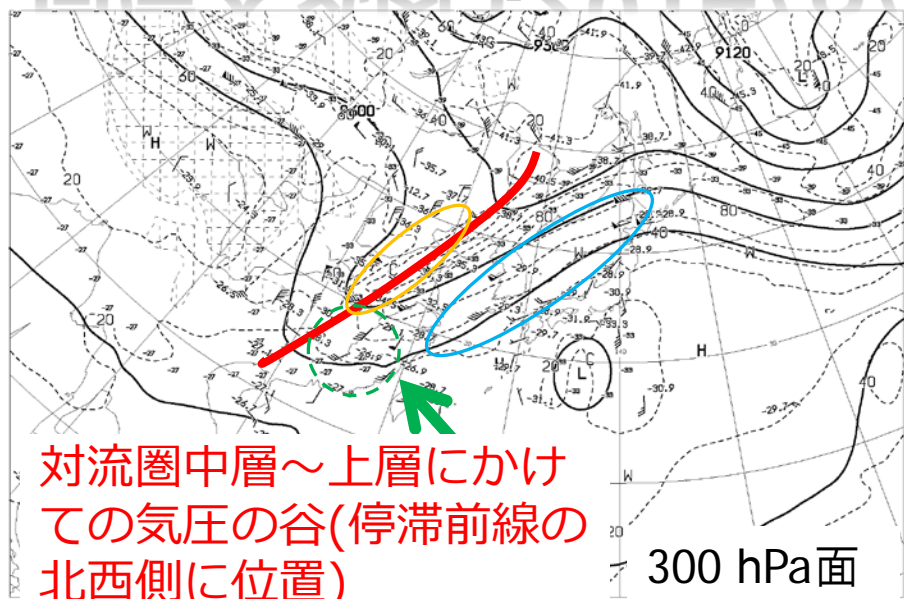
概要

1. 日本海側から南西に延びる停滞前線の南側に、太平洋高気圧の縁を周って日本の南海上から暖かく湿った空気が流れ込む。大雨は、停滞前線に伴う湿った空気の南側で発生。
2. 大気の下層では、豊後水道を通過して広島に向かって暖かい湿った空気が流れ込む。
3. 広島市付近の大気の状態の不安定（太平洋上の上空の乾燥空気（上空寒冷渦）の影響も）で、風の鉛直シアが大きく、線状降水帯が形成されやすかった。
4. バックビルディング形成により、南西から北東に延びる線状降水帯が形成。
5. 広島市安佐北区三入（ミイリ）をはじめ、3時間雨量が200mmを超える地点が県内の雨量観測局で4地点、3時間雨量100mmを超える範囲が細長い帯状に分布

天気図



高層天気図 (2014/8/19 21:00JST)



ANALYSIS 500hPa: HEIGHT(M), TEMP(°C)

AUPQ35 191200UTC AUG 2014

Japan Meteorological Agency

ANALYSIS 850hPa: HEIGHT(M), TEMP(°C), WET AREA::(T-TD<3°C)

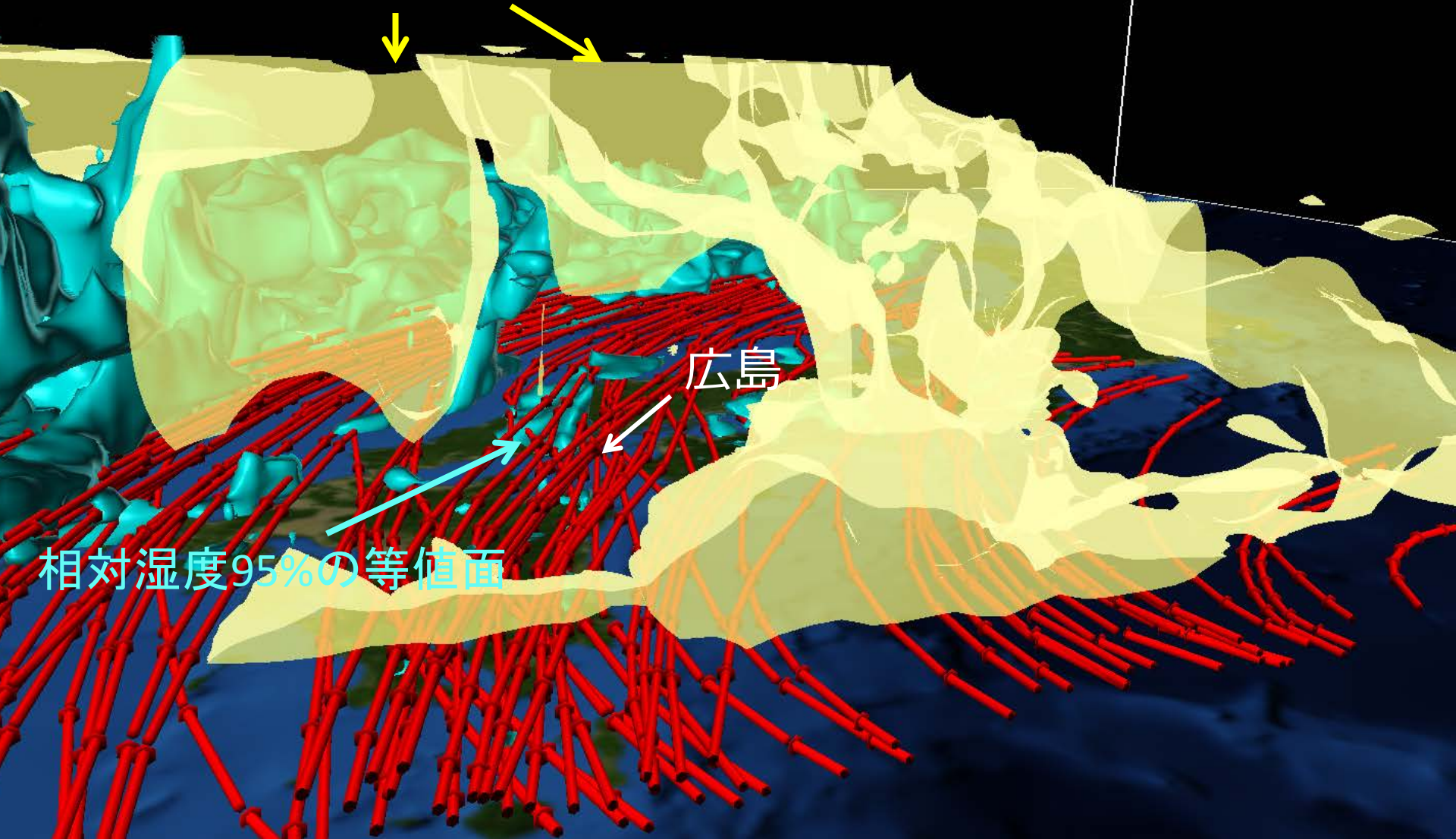
AUPQ78 191200UTC AUG 2014

Japan Meteorological Agency

気象庁数値予報GPV(MSM)を用いた水蒸気場の立体構造

2014/8/19 21:00 JST

相対湿度50%の等値面



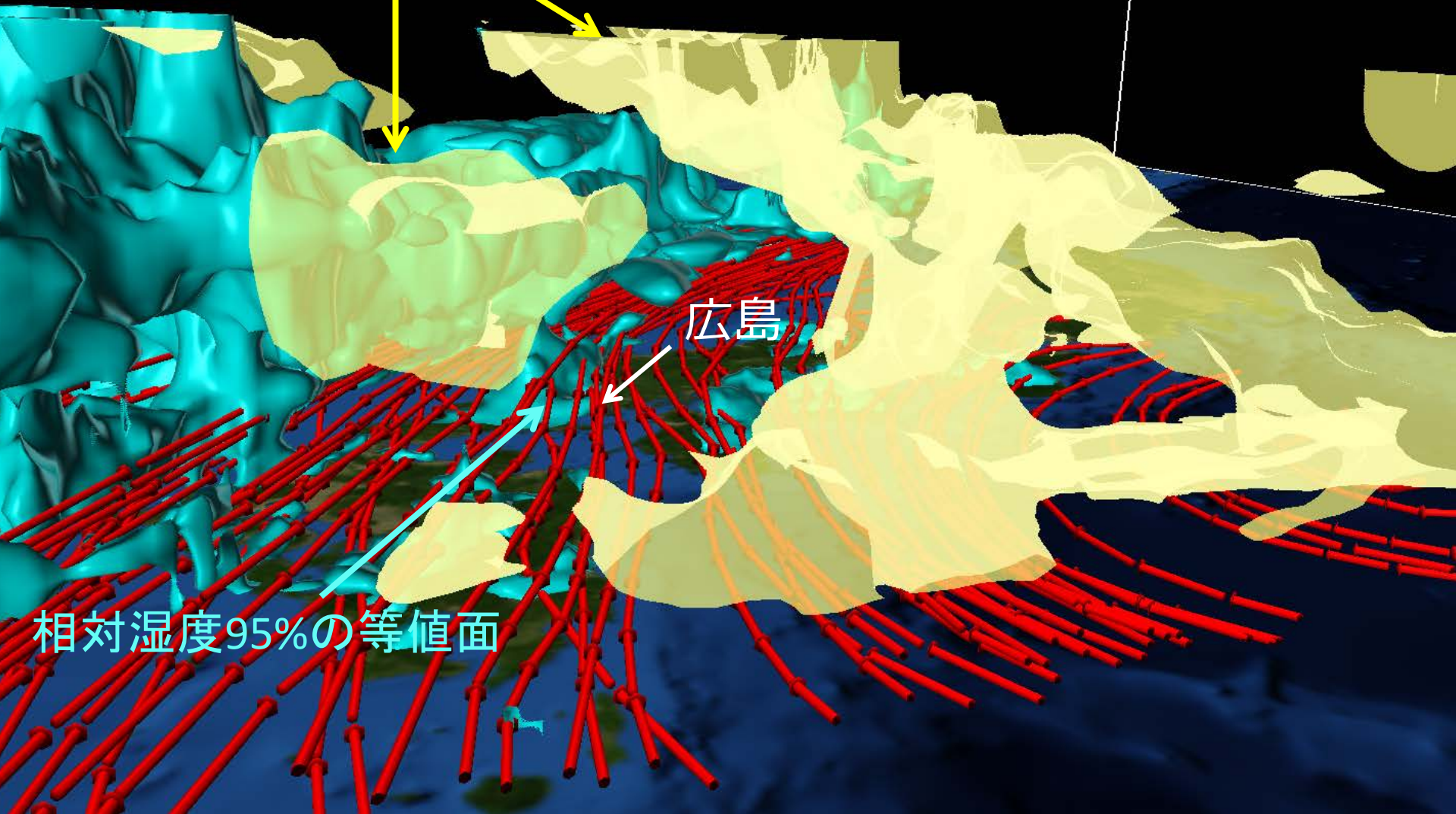
広島

相対湿度95%の等値面

気象庁数値予報GPV(MSM)を用いた水蒸気場の立体構造

2014/8/20 00:00 JST

相対湿度50%の等値面



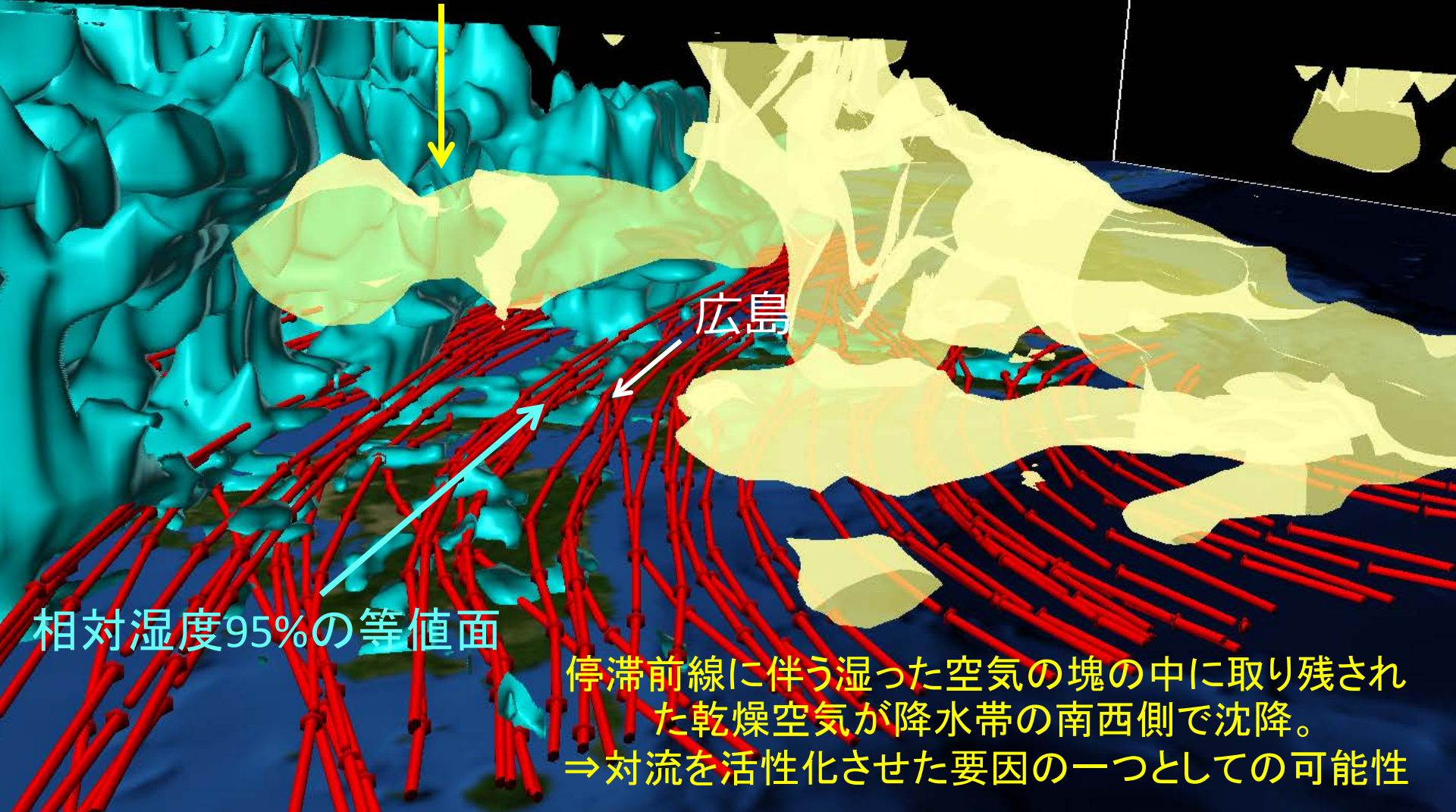
広島

相対湿度95%の等値面

気象庁数値予報GPV(MSM)を用いた水蒸気場の立体構造

2014/8/20 03:00 JST

相対湿度50%の等値面



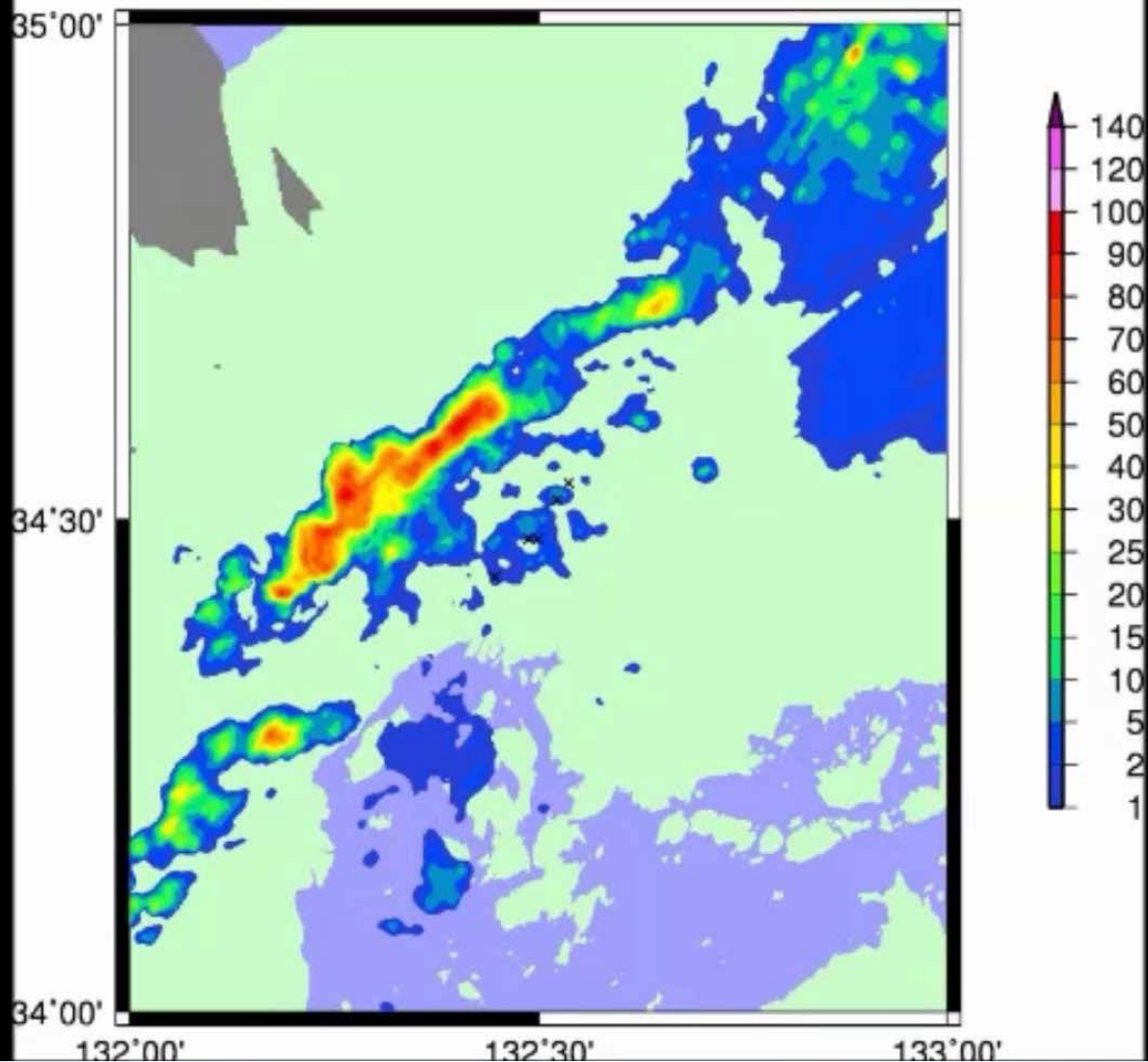
広島

相対湿度95%の等値面

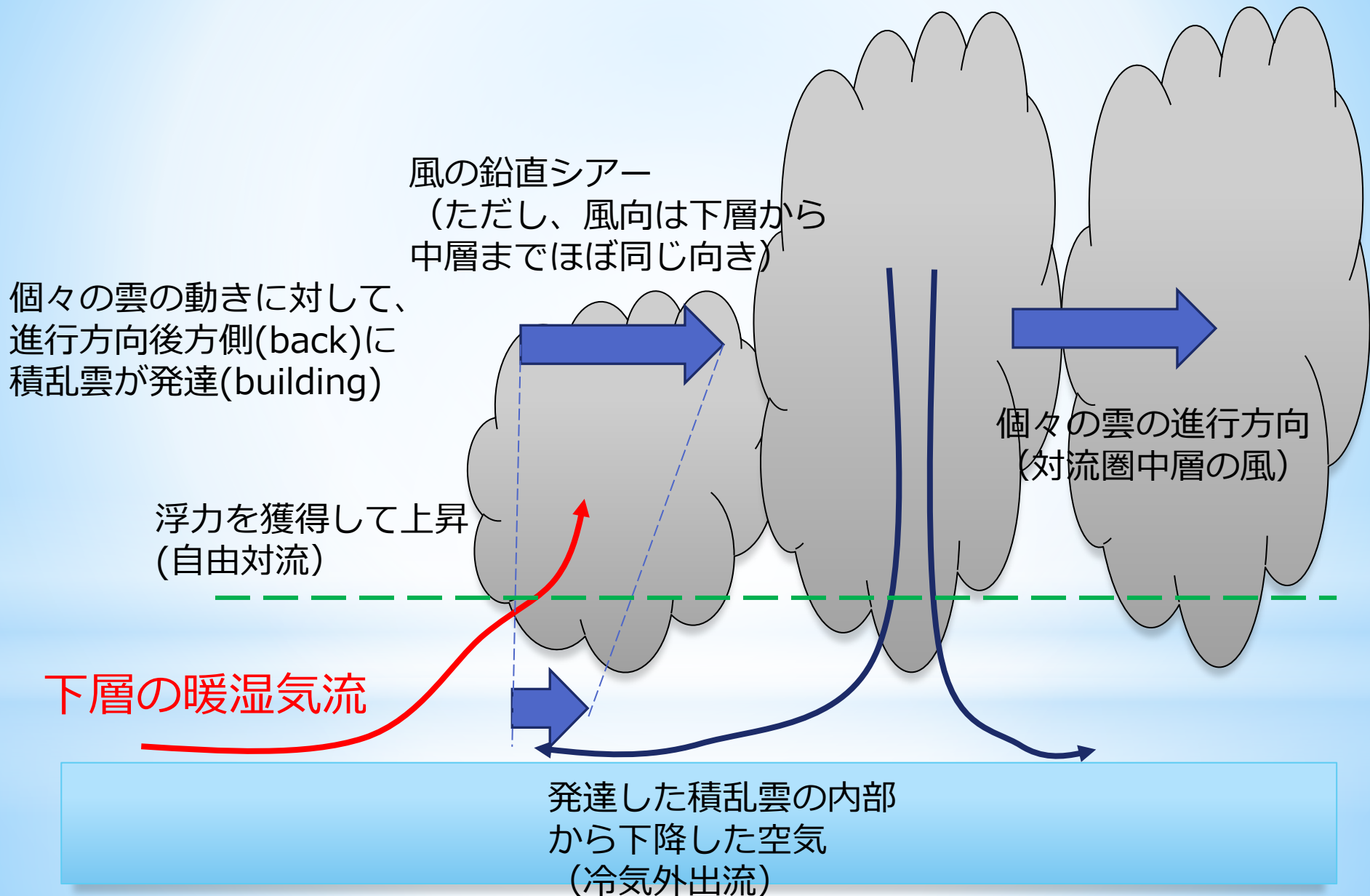
停滞前線に伴う湿った空気の塊の中に取り残された乾燥空気が降水帯の南西側で沈降。
⇒対流を活性化させた要因の一つとしての可能性

X-BAND Radar 每分觀測

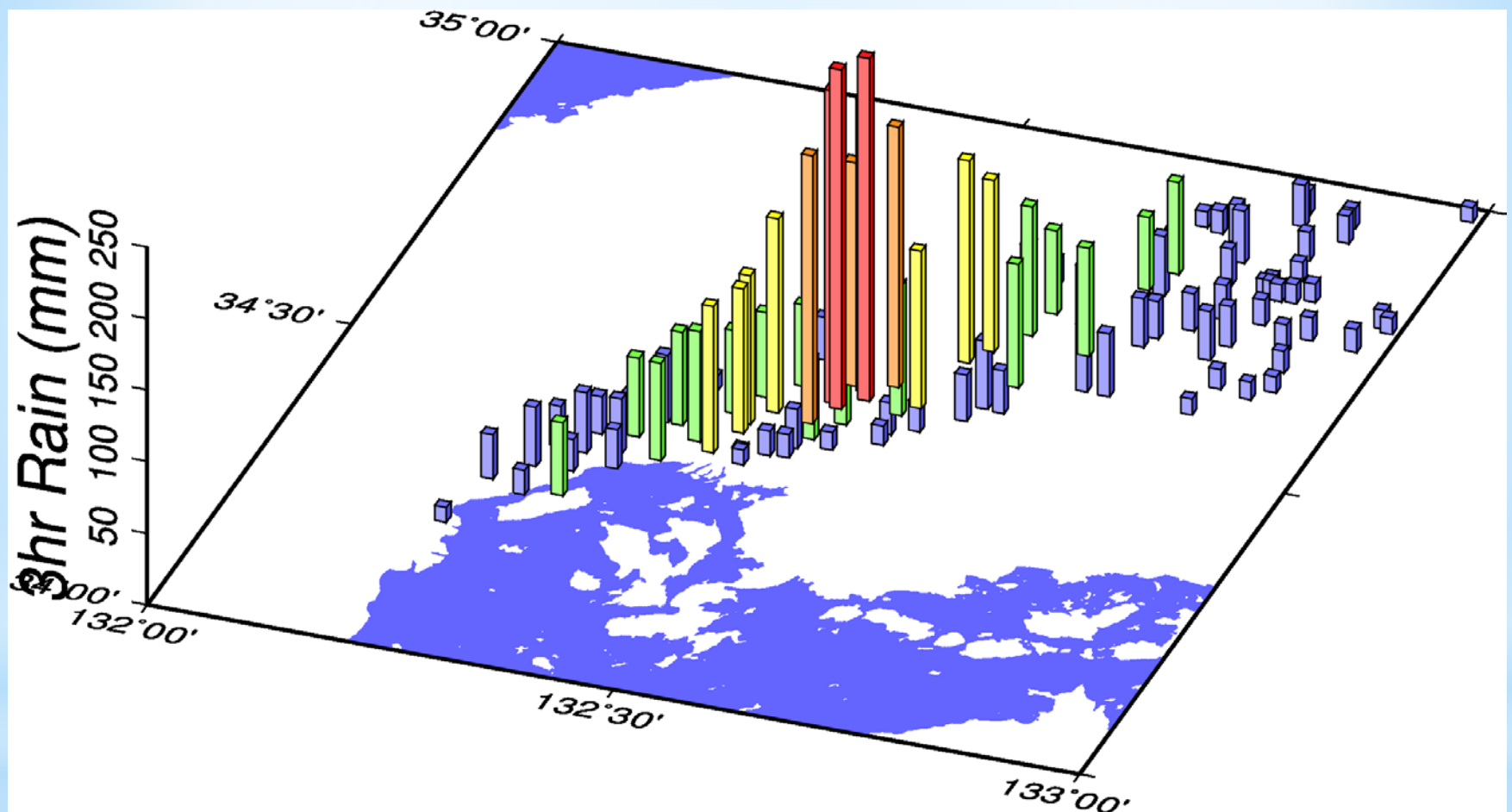
X-RAIN (20140820-0000)



バックビルディング形成

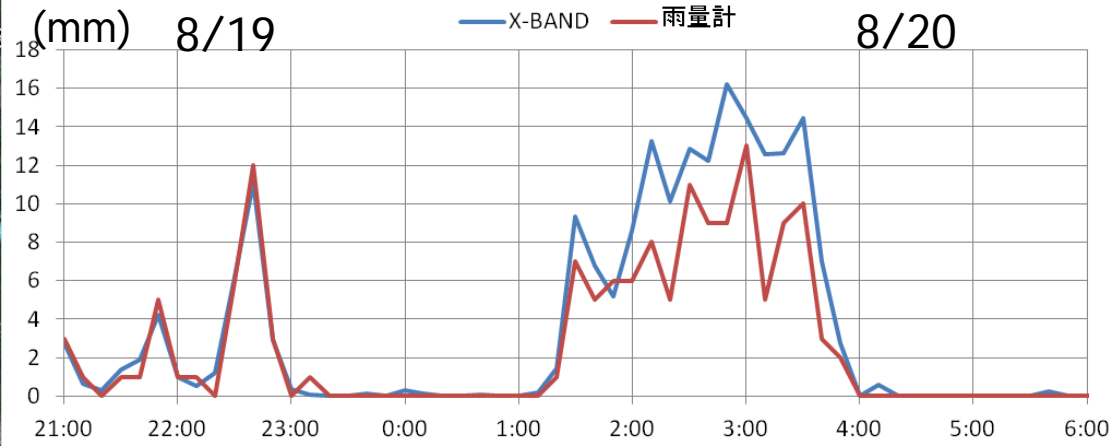


8/20 1:30~4:30までの3時間雨量

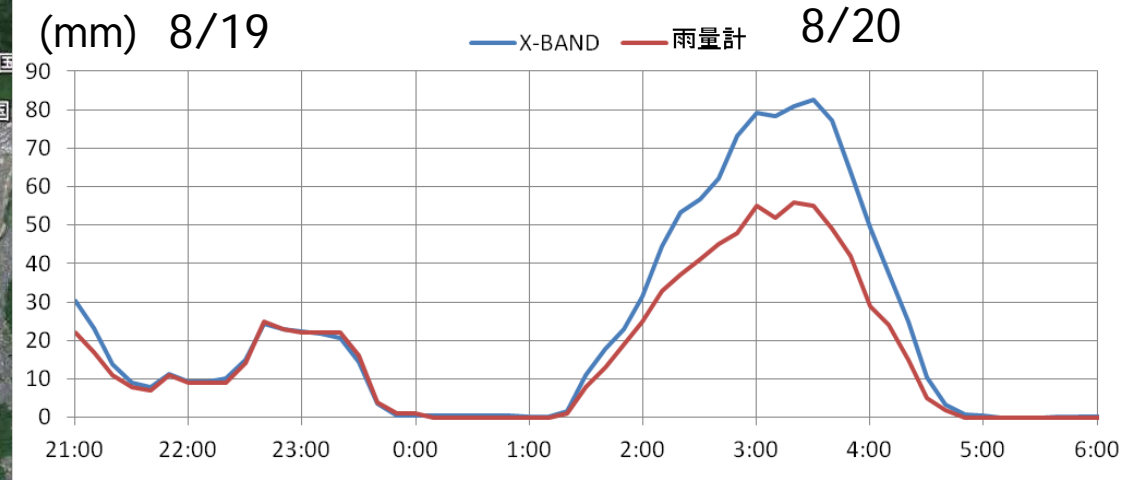


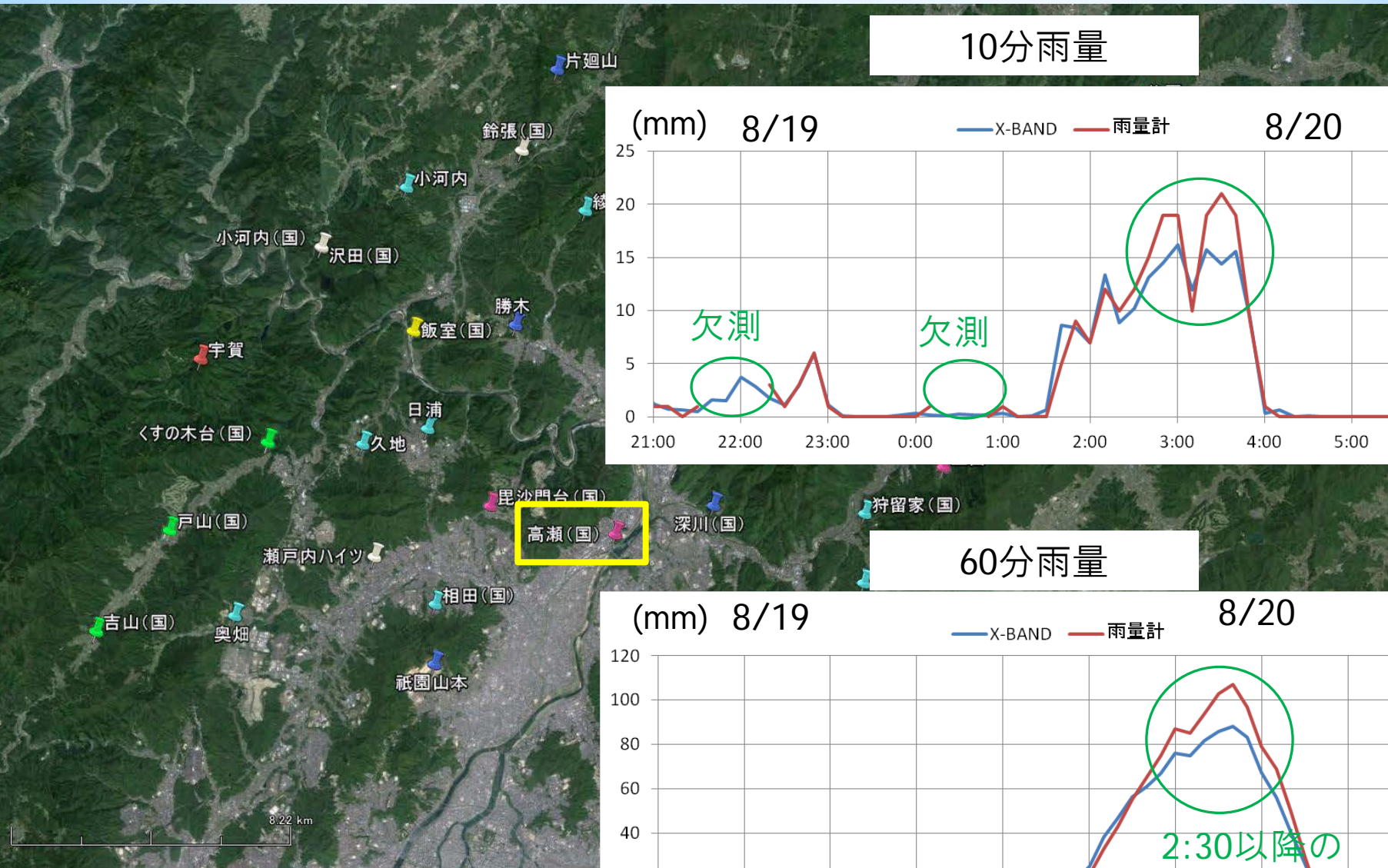
200mm以上：4地点 (三入, 三入東, 安佐北区役所, 上原)
⇒ いずれも安佐北区の雨量計
安佐南区では 高瀬 (国) が最高(187.0 mm)

10分雨量

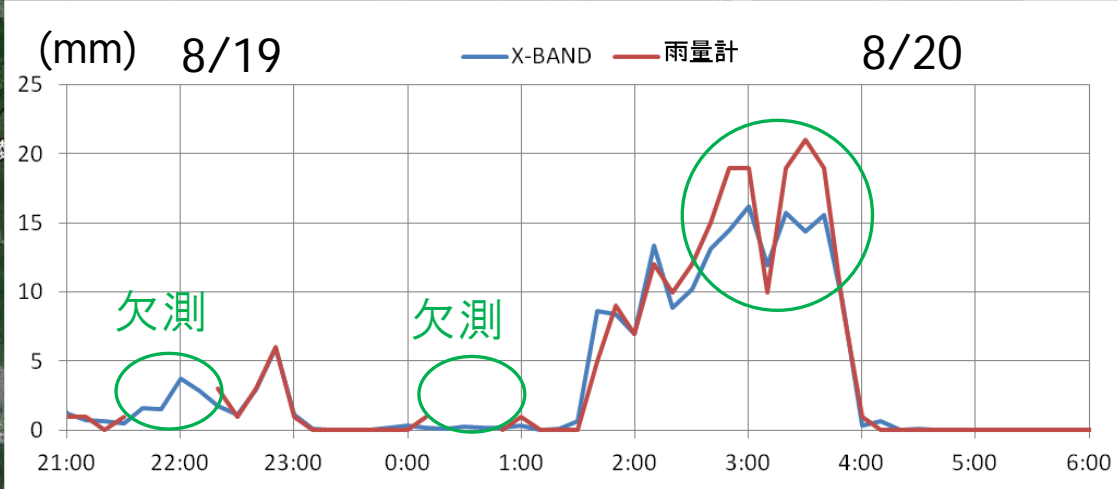


60分雨量

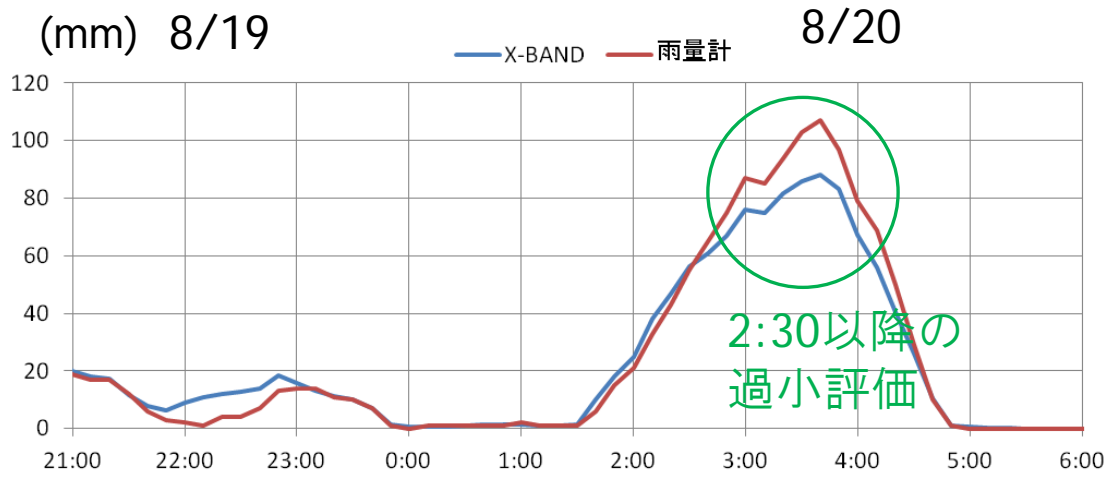




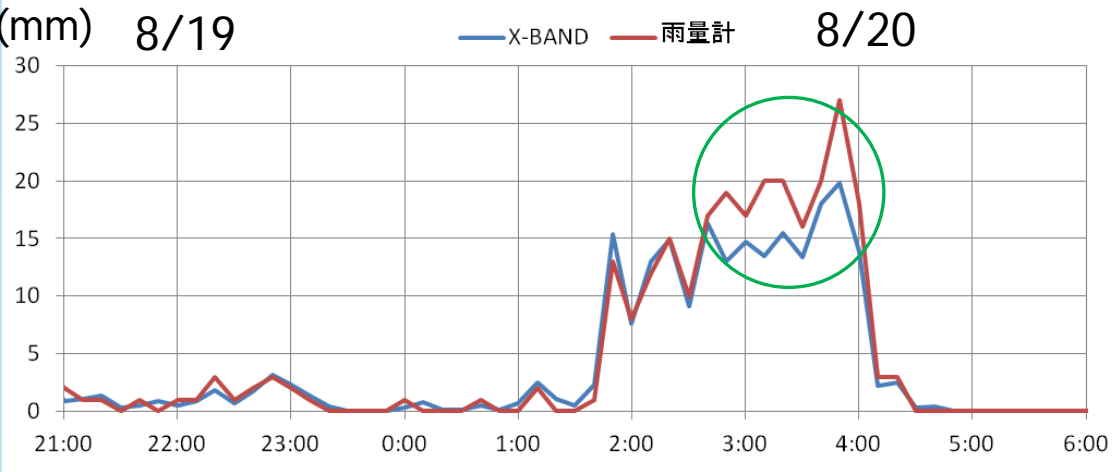
10分雨量



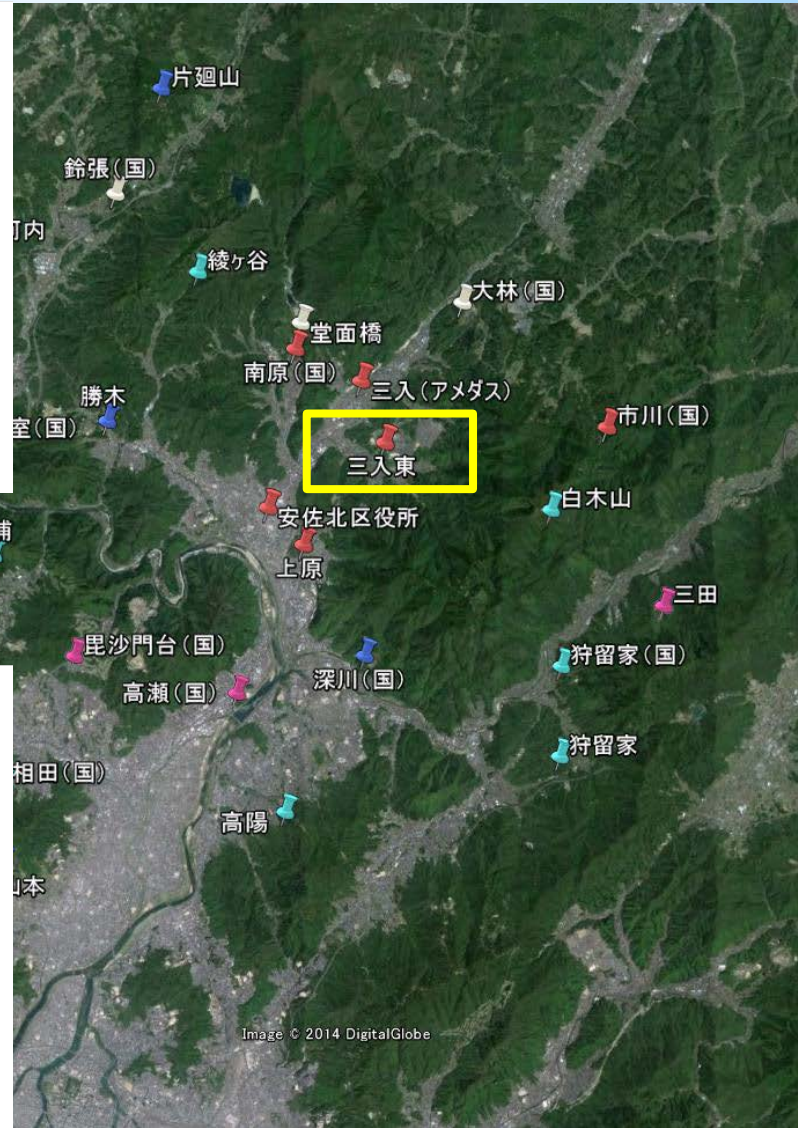
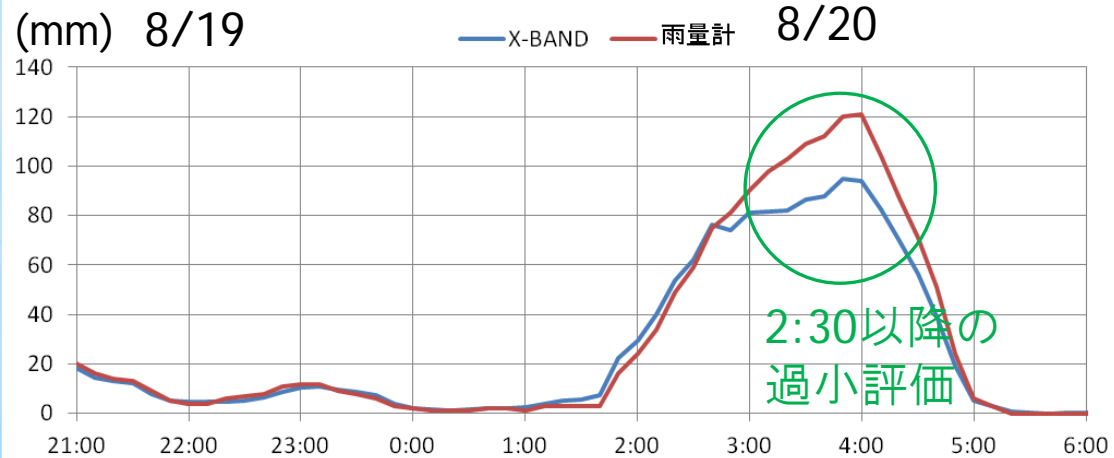
60分雨量



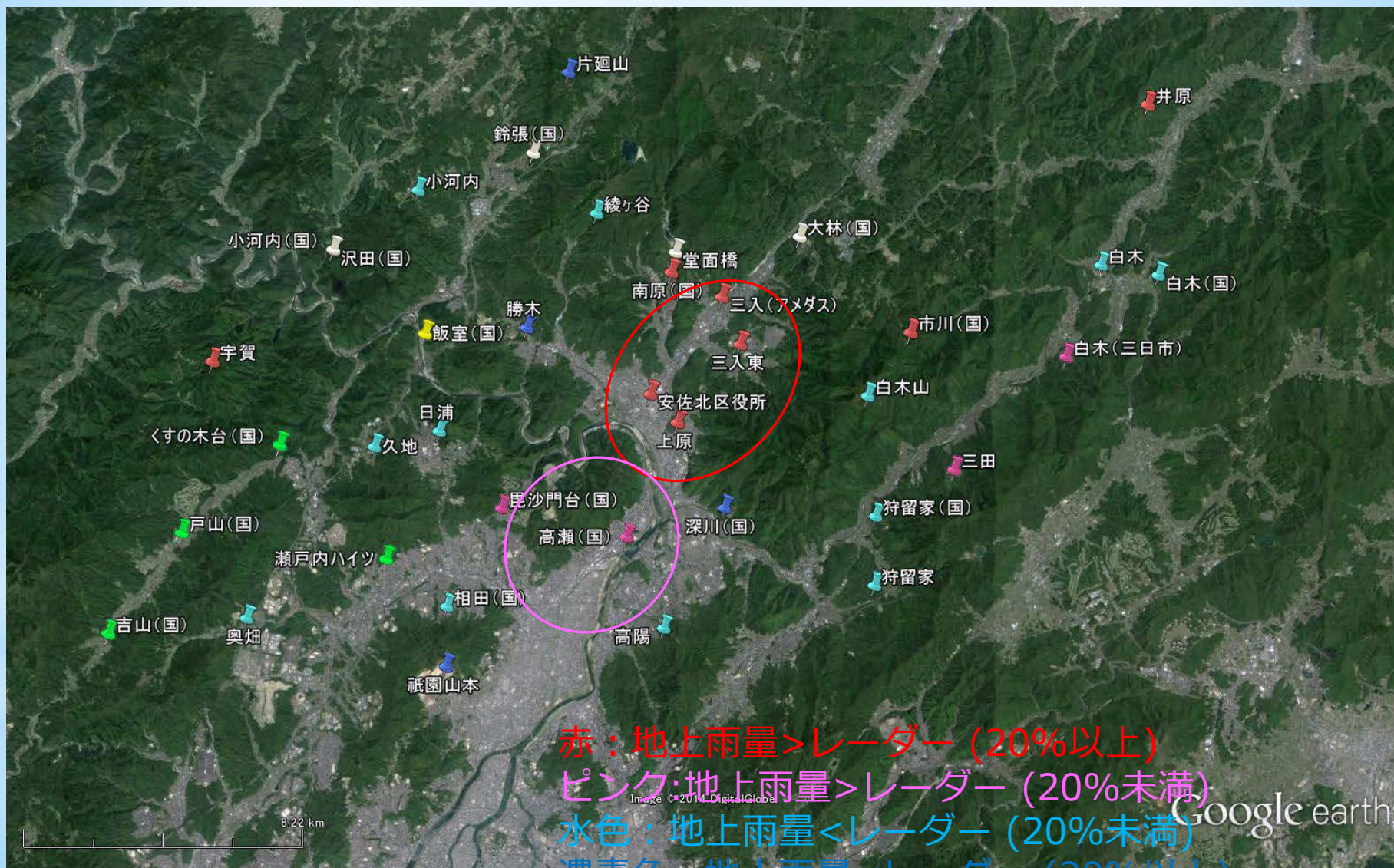
10分雨量



60分雨量



地上雨量とX-RAIN1時間積算値との対応関係



赤：地上雨量>レーダー (20%以上)

ピンク：地上雨量>レーダー (20%未満)

水色：地上雨量<レーダー (20%未満)

濃青色：地上雨量<レーダー (20%以上)

その他の色：ピーク雨量時間帯に欠測により判別困難

<X-BAND レーダーと地上雨量との対応>

- ・ 災害発生個所付近の観測点ではレーダー観測値が地上観測値に対して過小評価傾向。特に午前2:30以降のピーク雨量検出が必ずしも十分とは言い切れない。
- ・ 一方、地上雨量観測よりもレーダー観測値の方が全般的に高くなる（過大評価となる）地点も過小評価となる地点数と同程度数存在する。

⇒ 上空の降水因子の水平移動を考慮に入れた評価の必要性
(Lagrange Footprint解析)
地上雨量観測の設置条件の再確認の必要性。
(植生などによる影響の有無など)

平成26年広島豪雨災害

今後の河川災害調査・検討の方向性

平成26年9月10日

広島大学 河原能久



根谷川護岸破損箇所



根谷川への土石流流入

河川災害の調査地点



栄堂川(えいどうがわ)

根谷川
(ねのたにがわ)

桐原川(とげがわ)

三篠川

太田川

根谷川

三篠川

三篠川

山本川
(やまもとがわ)

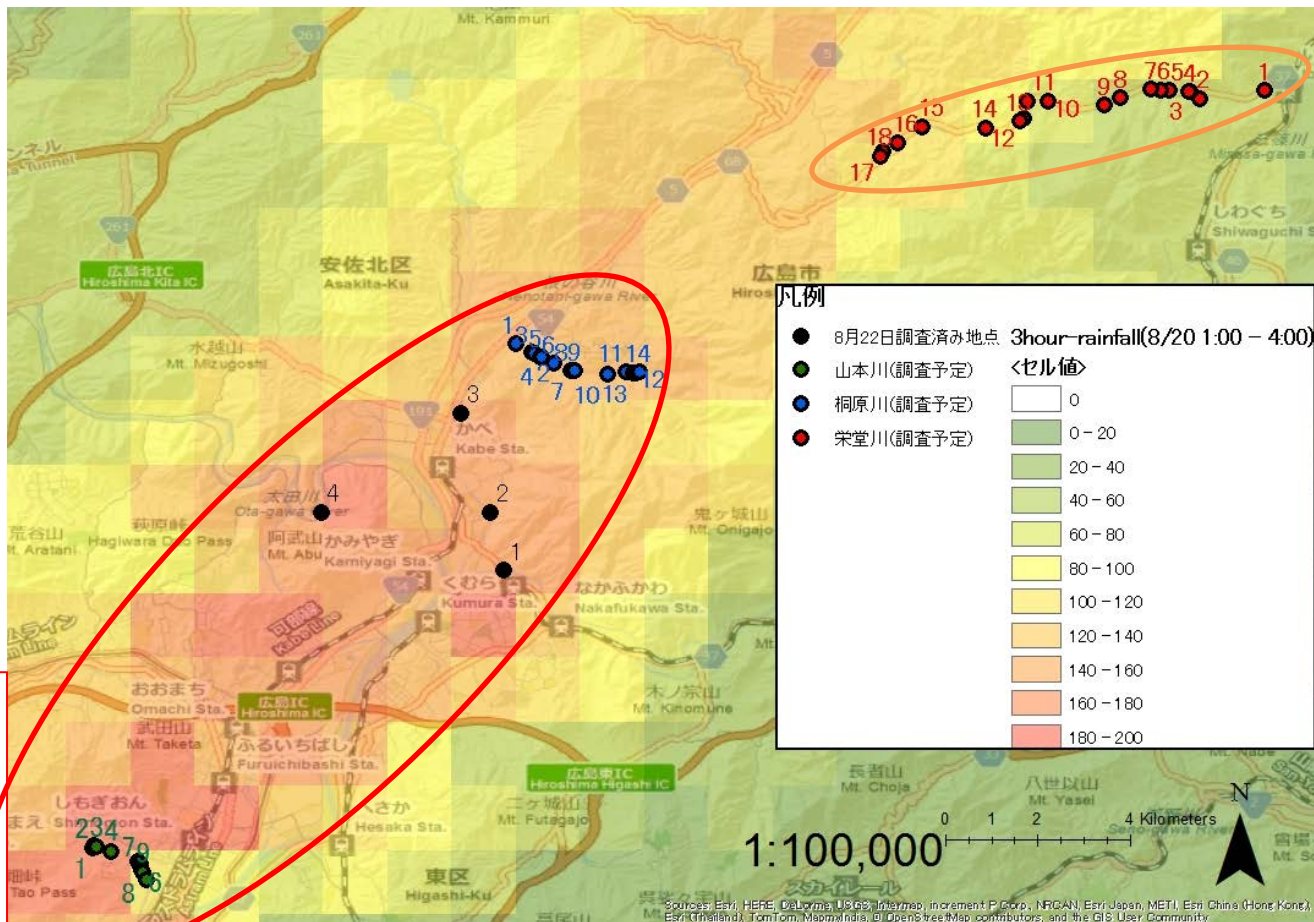
太田川

- 凡例
- 8月22日調査済み地点
 - 山本川(調査予定)
 - 桐原川(調査予定)
 - 栄堂川(調査予定)

国交省管理区間では、根谷川にて護岸破壊、溢水氾濫が発生した。その他の被害としては、土石流が堤防を破り、河道に流入したものが多かった。

豪雨は狭い範囲に集中。→ 実施太田川水系でも県管理区間(栄堂川, 桐原川, 山本川などの流域面積の小さい支川)の被災状況等を調査予定。

3時間降水量と河川の被災箇所



3時間で
100mm程度
の降雨

3時間で
140mm
以上の
降雨

XRAIN雨量データや地上観測雨量, 水位観測データを収集し,
出水や被災状況に関する特徴を整理する。

土石流(流れ・土砂移動)解析



出典：http://www.pasco.co.jp/disaster_info/140820/

被災地では排水路や下水道の破壊/土砂等による閉塞が多発した。八木用水が土砂受けの機能を果たすが、泥流はさらに広がった。災害前後のレーザープロファイラーのデータを用いて市街地内における土砂を含む流れの解析を行う予定である。

2014.08.27
土木学会中国支部会見
@広島YMCA

都市・交通・情報

被災地区の人口統計

安佐南区緑井・八木地区

(2014年6月末現在の統計)

- 人口: 29,857人
- 世帯数: 12,383世帯
- 人口増加率: 6.2%増
(2005~14年)
- 高齢化率: 18.7%

被災地区の人口統計

安佐北区可部東・三入・可部町 桐原地区

(2014年6月末現在の統計)

- 人口: 9,970人
- 世帯数: 4,466世帯
- 人口増加率: 4.0%減
(2005~14年)
- 高齢化率: 30.9%

団地開発 (広島市全域、平成25年3月現在)

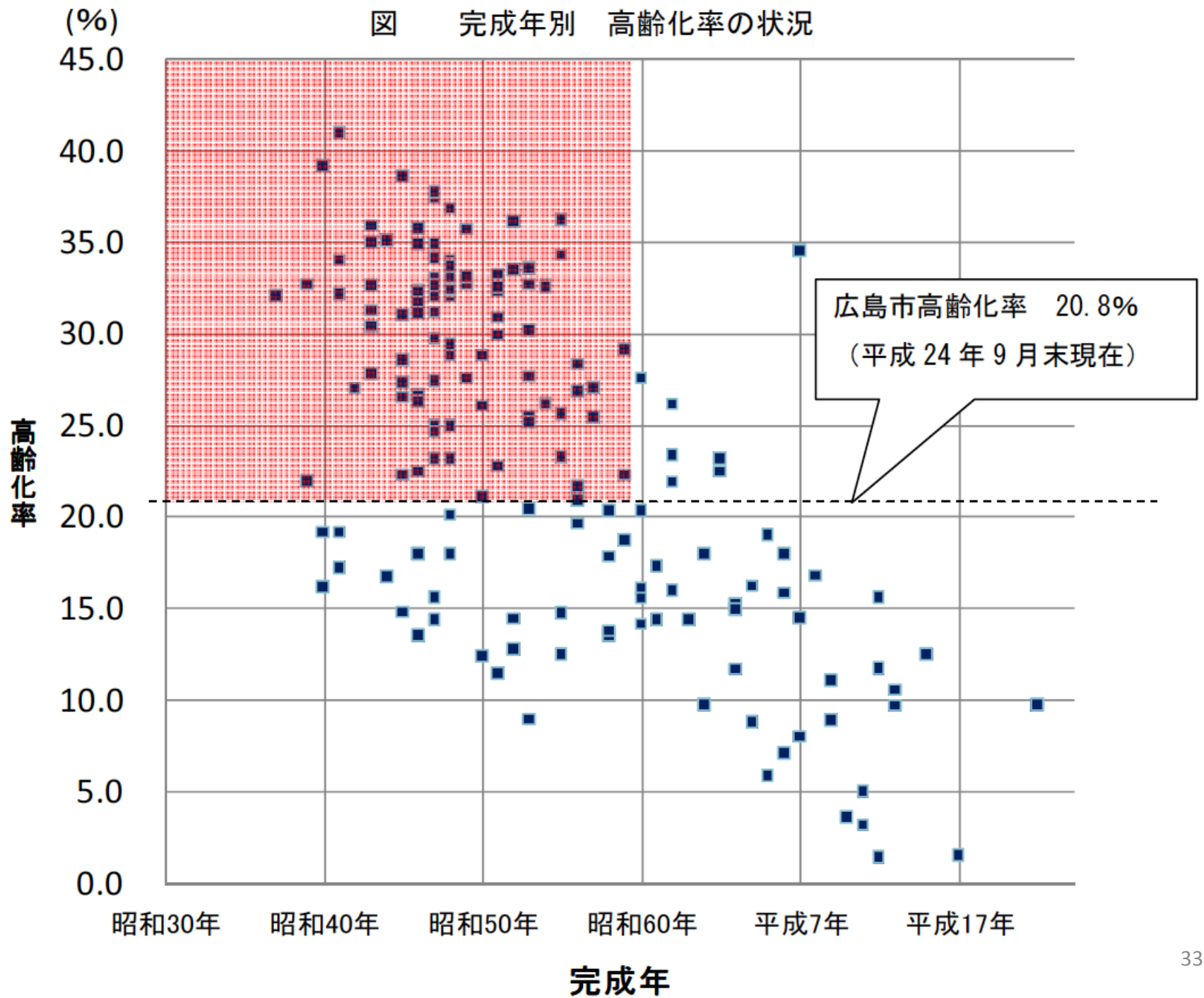
● 規模別住宅団地数

規模	中規模 (5~20ha未満)	大規模 (20ha以上)	計
昭和40年代以前	68	8	76
昭和50年代	24	24	48
昭和60年代以降	23	20	43
不明	2	0	2
計	117	52	169

● 区別住宅団地数 ※()数は大規模団地の数で内数

規模	東区	南区	西区	安佐南区	安佐北区	安芸区	佐伯区
昭和40年代以前	13(2)	3(0)	11(1)	19(2)	15(3)	2(0)	13(0)
昭和50年代	2(0)	1(0)	13(5)	11(7)	10(7)	2(0)	9(5)
昭和60年代以降	8(0)	3(2)	6(2)	7(3)	10(6)	2(2)	7(5)
不明	-	-	-	-	-	2(0)	-
計	23(2)	7(2)	30(8)	37(12)	35(16)	8(2)	29(10)

図 完成年別 高齢化率の状況



考 察

課題1 緊急対応

- 土砂災害警戒区域の手続き見直し＋緊急情報体制の再整備
→ 早期自主避難システムの見直し

課題2 まちづくり

- 都市計画マスタープラン(集約型都市構造)に基づく安全・安心なまちづくりの検討
→ 住宅地開発のあり方、集約型都市づくりへの道筋

課題3 経験の共有

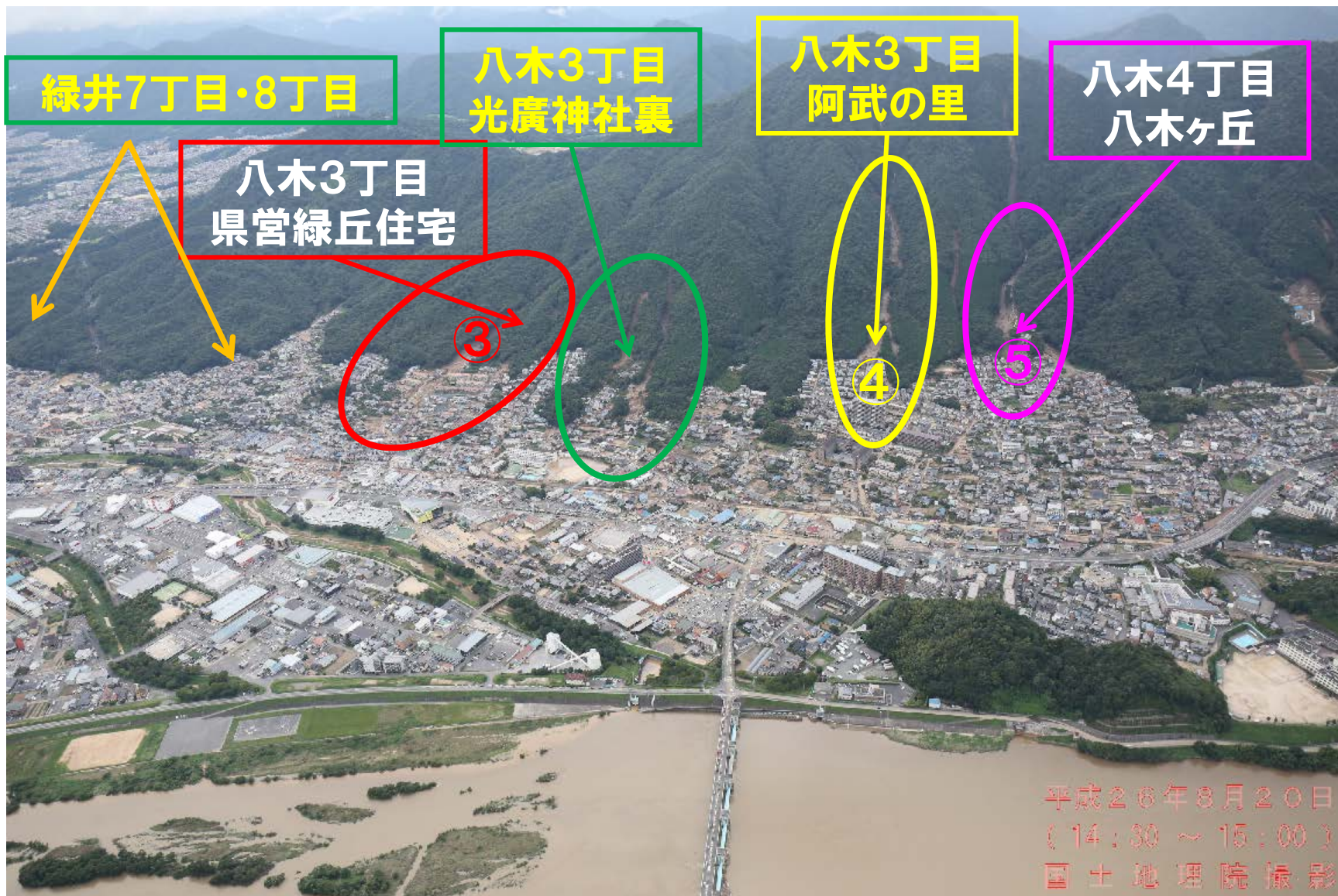
- 分野を超えた合同調査チームの構成
→ 度重なるアンケート・インタビューによる「調査の暴力」の回避
- 次に備えた準備
→ 防災・減災の考え方の再整理と具体的な行動計画

**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**

土石流が発生した溪流の調査

2014年9月8日

**緊急調査団
地盤工学チーム**



最も被害が大きかった八木地区の被災状況

県営緑丘住宅



可部線

③八木3丁目 県営緑丘住宅。阿武山の標高約350m付近から流下した土石流が下流の住宅地を直撃した。4mを超す巨岩も流下している。

流下距離が長く、可部線の線路まで土砂が到達していた。県営住宅から上の住宅は土石流に流されて消滅しており、被害甚大。(花崗岩, 真砂。粘土化した真砂もみられる。)

阿武の里団地上流

約 1.5m~2m

- ④八木3丁目阿武の里団地。 団地の最上段にあった住宅は完全に押しつぶされ、2名の方がなくなった。流下した土砂は風化した花崗岩だけでなく、粘板岩などの堆積岩などからなる。扇状地の地形を呈しており、過去も土石流が発生箇所であると推測される。土には粘りけがある。

八木ヶ丘団地上流



流下した溪流

一部損壊した治山堰堤



多くの住宅が消滅



⑤八木4丁目八木ヶ丘団地。阿武山の標高約430m付近から流下した土石流が下流の住宅地を直撃し、多くの住宅が消滅した。流下した溪流は幅約50m。上流には治山堰堤があり、袖部が一部損壊していた。阿武の里団地と同様に、まさ土のみならず、チャートなどの堆積岩と思われる岩石が多かった。

緑井7丁目



治山堰堤



⑥緑井7丁目。土石流が住宅を直撃し、住宅を全壊している。住宅地から約100 m上流に治山堰堤があり、土石流はこの堰堤を乗り越えて流下している。土石流下流の住宅地には典型的な真砂が厚く堆積していた。



源頭部を
確認

①

②

山からの土石流と道路
沿いに流下した土石流
が来襲

平成26年8月21日
11:00 ~ 11:30
国土地理院撮影

可部東6丁目

可部東6丁目



②山からの土石流が流れ込んできた箇所。新築中の家が飛ばされている。道路沿いからの流れ込みもあり、被害甚大。
(花崗岩, 真砂)

可部東6丁目



②パットゴルフ場方面から道路沿いに土石流が流下
(花崗岩, 真砂)

土石流溪流調査

八木3丁目 県営緑が丘住宅

中井真司（復建調査設計）

土田 孝（広島大学）

吉富 健一（広島大学）

緑井7丁目、八木3丁目、4丁目における土石流

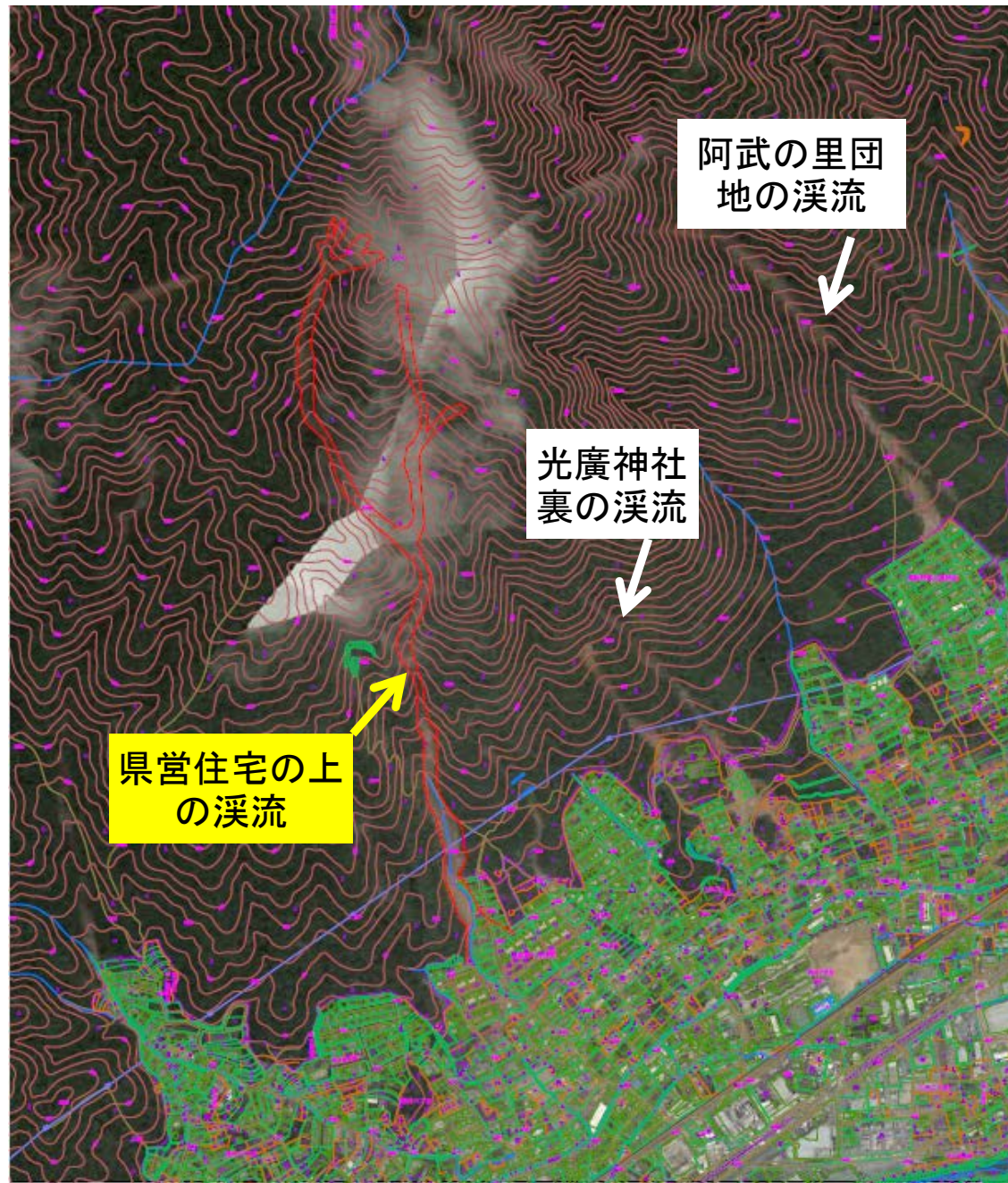


八木3丁目県営緑丘 住宅の上の溪流

八木3丁目は死者39名行方不明者2名と、最も被害が大きかった地域である。八木3丁目に被害をもたらした土石流は以下の3つの溪流から発生した。

- 1) 県営住宅の上の溪流
- 2) 神社の上の溪流
- 3) 阿武の里団地の上の溪流

この中で特に大きな被害をもたらした県営住宅の上の溪流を調査した。



最上流にある氾濫開始点①の状況



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。氾濫開始点①は、最上流の氾濫開始点で、最初に発生した土石流が氾濫し始めたところと考えられる。

氾濫開始点①下流の堆積状況



土石流第2波の痕跡



この付近に堆積した土砂の右岸側が大きく侵食されており、土石流の第2波は、右岸側を通過して流下したと考えられる。

氾濫開始点②付近の状況



氾濫開始点②土石流の第2波は、住宅の上流側で氾濫を開始したと考えられる。

氾濫開始点②の下流側の堆積状況





土石流の第2波の堆積物も右岸側が大きく侵食され、土石流の第3波は、右岸側を
通って流下したと考えられる。



左の写真の近景。もともとの流路工から2m以上侵食されている。



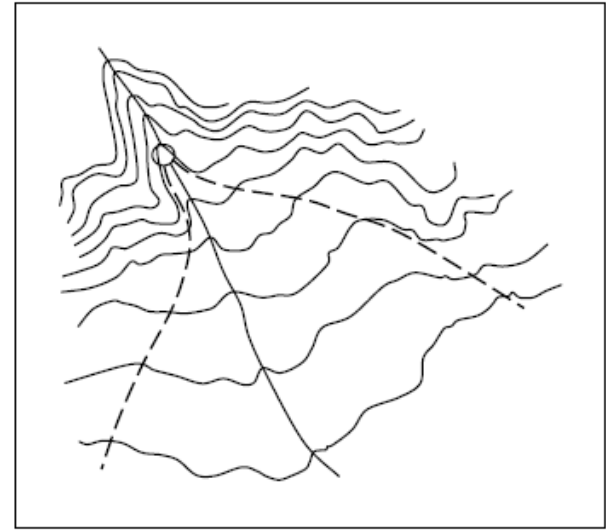
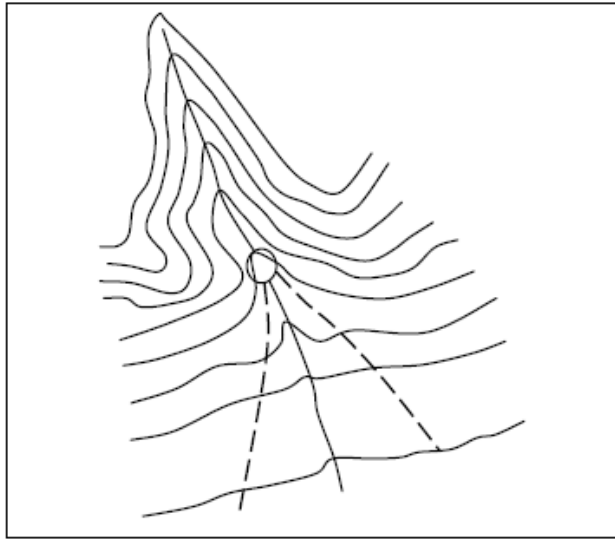
上流側から撮影。第3波の土石流が流下したときの浸食がみられる。

氾濫開始点③県営緑ヶ丘団地の直上付近

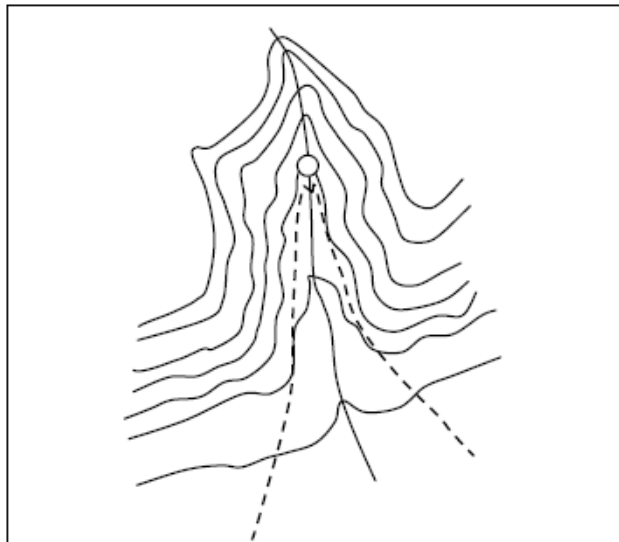


最終的には、県営緑ヶ丘団地の直上から氾濫したと考えられる。第一波、第二波、第三波と繰り返すことにより、土石流の氾濫開始点が住宅に接近した。このことが被害を拡大した可能性が考えられる。

氾濫開始基準地点の決め方 (広島県基礎調査マニュアル、土石流編による)

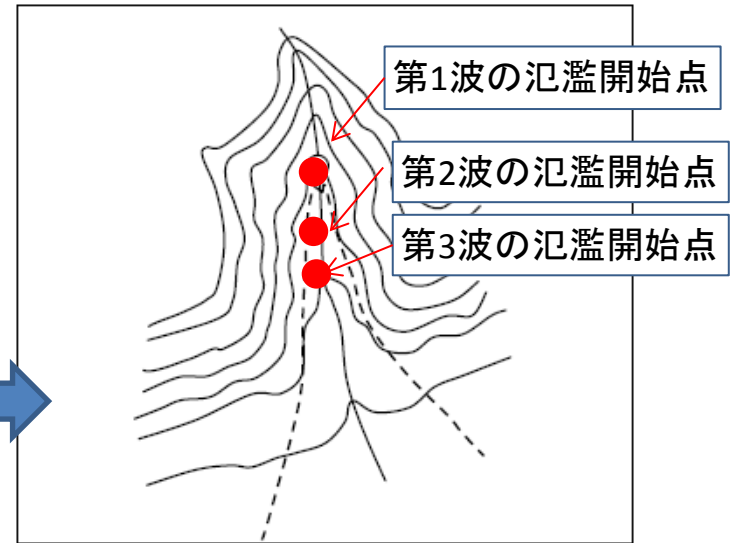


谷出口(谷地形が開けて谷幅が広がる地点) 扇状地の頂部で谷幅が広く、勾配が緩やかになる

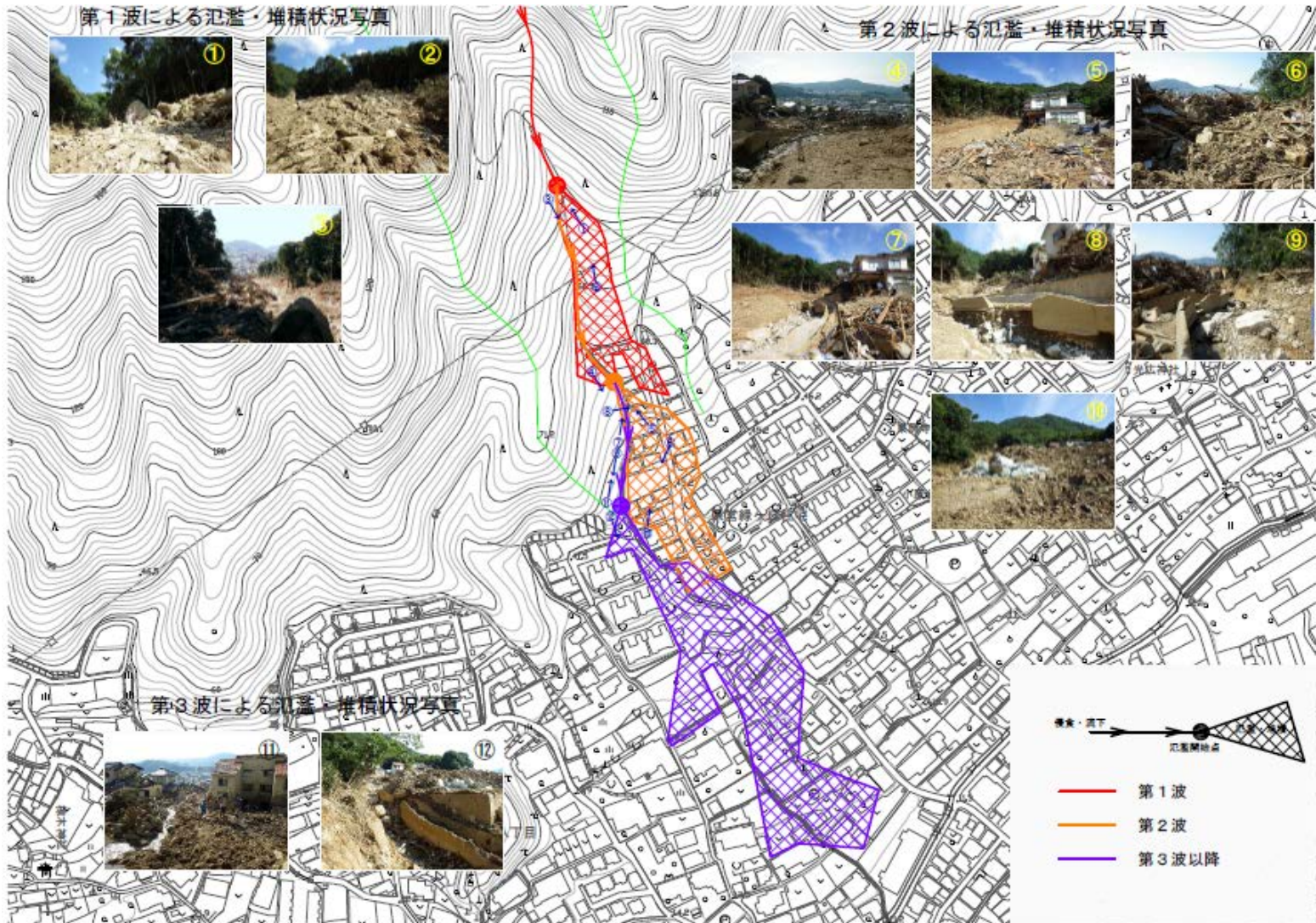


勾配変化点(急勾配から急激に緩やかになる地点)

今回の災害では、波状的に繰り返す土石流によって、氾濫開始点が下流の住宅に近い方へ移動し被害が増加した可能性がある。



県営緑丘住宅における3波による土石流のイメージ



作成: 中井真司、復建調査設計(株)



合流点上流側の土石流の流下状況（上流側より撮影）。

付近は、硬質な花崗岩が分布し、滝状の地形をなしている。左岸側には採石跡地が見られる。



土石流の流下状況（上流側より撮影）。

幅10～20m程度の溪床は大きく侵食され、完全に露頭している。



左岸側の露頭の浮石が、
土石流の衝撃により抜け
落ちている。



土石流の流下状況。

この先、標高200m付近で土石流が
合流する。

最も流出量が多いのは、右岸側の
溪流(ここでは本流と呼ぶ)で、左岸
側の支流は標高230m付近でさらに2
つに分岐する。



標高200m付近の合流点。
右岸側が本流、左岸側が支流。

支流はこの上流でさらに分かれ、
2つの溪流から土石流が発生して
いる。

したがって、ここより下流は、**少な
くとも3回の土石流が流れていると
考えられる。**



合流点上流、本線右岸側の崩
壊。幅20m程度、斜長40m規模
のものである。



土石流の流下状況。

この付近は、土砂～軟岩Ⅰクラスの花崗岩の溪床を削りながら、土石流が流下したものと考えられる。



土石流の流下状況。

写真の奥(標高380m付近)に本流源頭部の崩壊が見られる。



本流源頭部の崩壊。
大小合わせ、**5つの崩壊**が見られる。



左岸側の小規模崩壊。
まさ土が崩壊したもので、崩壊後10日経過した8月31日時点でもぬかるんでいる。



左岸側から2つ目の崩壊の小規模崩壊。

幅5～6mに対し、深さが2m程度と深く、水と一緒に土砂が噴出したような形状をなしている。

崩壊地からは、崩壊後10日経過した8月31日時点でも、湧水が見られる。



左岸側から3つ目の崩壊。

崩壊面には、亀裂の多い軟岩が分布する。

写真中央付近は、湧水痕と考えられる。



左岸側から4つ目の崩壊。
源頭部崩壊では、最大規模のもので幅
20m程度、斜長50m程度の規模である。



左岸側から4つ目の崩壊を上部から
見た写真。
崩壊後10日経過した8月31日時点
でもぬかるんでいる。



最も右岸側の崩壊。
隣接する左岸側から4つ目の崩壊となら
び、最大規模の源頭部崩壊である。
コアストーンと考えられる巨石が多くみら
れる。



標高200m付近で分かれた、左岸側支
流(支流-1と呼ぶ)の土石流の流下状
況。
写真位置付近(標高230m付近)で、左
岸側からもう一つの土石流(支流-2と
呼ぶ)と合流する。



支流-1の源頭部崩壊。
幅20m、斜長40m規模のものである。
る。



崩壊の上部。
崩壊深さは1.5～2m程度である。

もっとも深いところでは4～5m程度えぐられている。

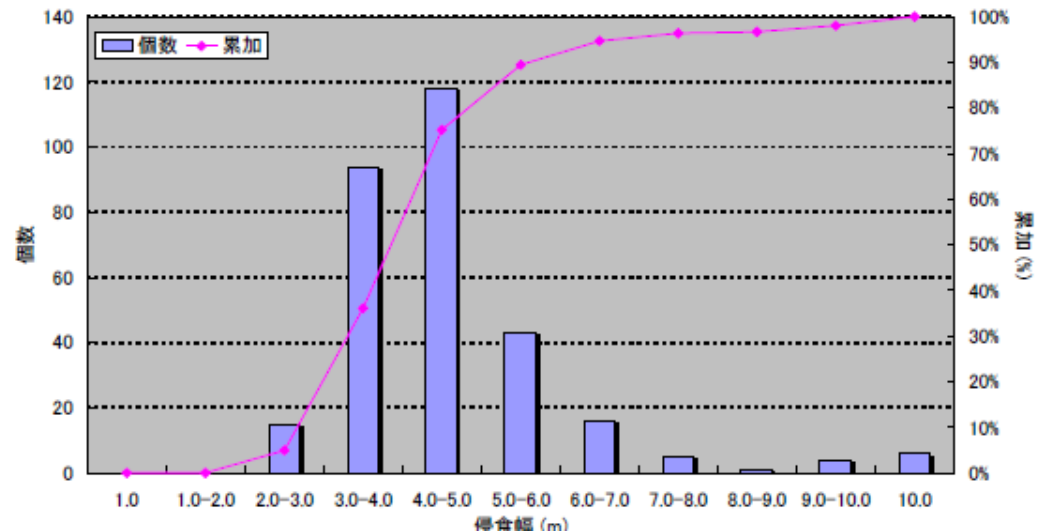
浸食可能土砂量の算定方法(広島県)と実測した 浸食の規模

計算上の参考値(区域の指定に用いられている)

	浸食深(m)	浸食幅(m)
0次谷(源頭部の新たな崩壊)	1.10	3.50
1次谷(支流)	1.30	4.50
2次谷(合流後の本流)	1.50	4.50
3次谷	1.90	4.50

本溪流の浸食幅は一貫して10～20mであり、浸食深さも4～5mであった。上記の参考値に比べ、はるかに大きい。

1999年の災害時の土石流でも幅10mを越えるものは4%程度。本溪流は、これまでの土石流と比較しても格段に流出土砂の規模が大きかったと考えられる。



1999年6.29災害における土石流の浸食幅ヒストグラム

土石流溪流調査2

八木3丁目 阿武の里団地

森脇武夫(呉高専)

鈴木素之(山口大学)

片山直樹((株)日本海技術コンサルタンツ)

八木3丁目と4丁目における土石流



八木3丁目 阿武の里団地 土石流の流下状況



- ・阿武山(586.4m)の南東、標高530m付近から土石流が発生
- ・途中で東側と西側から土石流が合流(他に小さなものは幾つかあり)
- ・途中で分岐・合流あり
- ・団地の上部で2つに分岐し、西側の土石流によって死者4名の人的被害が発生

八木3丁目 阿武の里団地 土石流源頭部(全景)



- ・上部の幅3.6m、頂上から30m下方での幅5.5mの馬蹄形
- ・崩壊斜面の勾配は約40°
- ・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
- ・表層土は粘土化が進んでいる

八木3丁目 阿武の里団地 土石流源頭部(詳細)



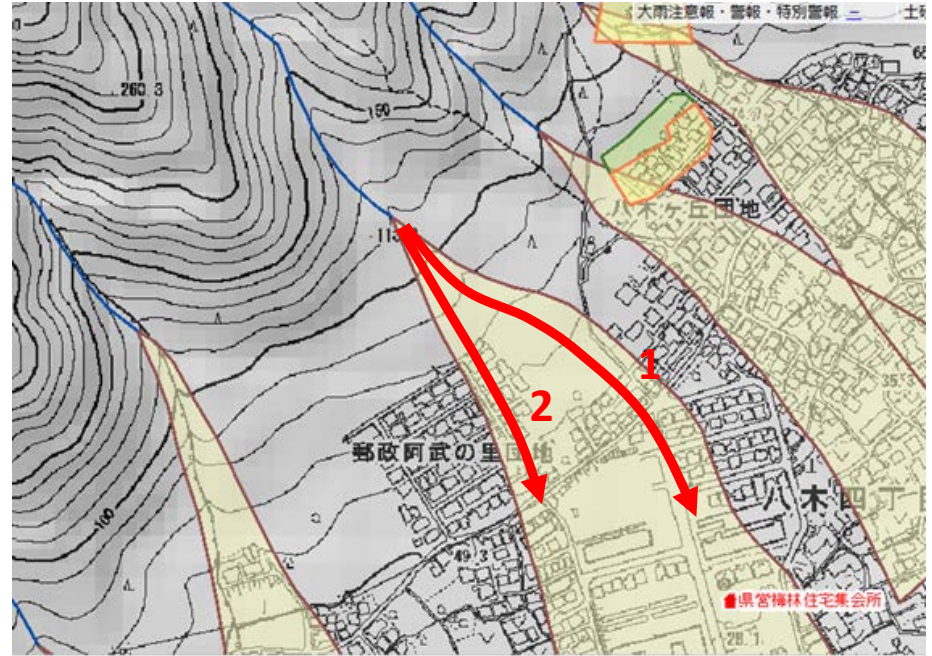
- ・基岩がV字形になっているところの底部には10～50cm程度の礫が多数あり、上部から水が供給され易い構造となっている(左写真)
- ・崩壊部の底面や側面には水が流出したと思える孔がいくつか見られる(右写真)

八木3丁目 阿武の里団地 土石流跡での湧水



- ・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

八木3丁目 阿武の里団地 団地上流での分岐



- ・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つに分岐
- ・団地を直撃した西側(向かって右)の土石流が東側より後で流れたと推定
- ・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、先に東側に土石流が流れ、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あり

土石流溪流調査3

八木4丁目 八木が丘団地

加納 誠二(呉高専), 熊本 直樹(広島工業大学)
西山 哲(岡山大学), 西村 伸一(岡山大学)

八木4丁目 八木が丘団地 土石流の流下状況



上図: 国土地理院が作成した土石流図
右写真: 国土地理院撮影(2014年8月20日)



- ・阿武山(586.4m)の東、標高約430m付近から土石流が発生
- ・途中で東側と西側から土石流が合流
- ・途中に治山ダム②あり
- ・治山ダムを越流した土石流が団地①内に流れ込み、人的被害発生(4丁目の死者9名)

八木4丁目 八木が丘団地 団地上流部①



団地最上段付近から下流を望む



団地付近から上流を望む

- ・土石流が団地を直撃し、多くの家屋が消失した。
- ・溪流は団地付近で幅約50m。扇状に広がっており、過去にも土石流が流れたものと考えられる。

八木4丁目 八木が丘団地 治山ダム②



治山ダム



治山ダム付近から上流を望む

- ・団地から約150m～200m上流に治山ダムがあり、袖部が壊れて流されていた。土石流はこの治山ダムを乗り越えて団地に流れ込んだ。
- ・治山ダムから上流を眺めると60cm～1m程度の岩石がたくさん堆積していた。

八木4丁目 八木が丘団地 溪流の深さ③



溪流の深さ計測例(その1)



溪流の深さ計測例(その2)

- ・溪流の深さは2m程度のところが多かった(左の写真)。しかし右の写真のように深くえぐられて4m規模の箇所もあった。
- ・(右の写真)溪流の左岸は堆積物が深くえぐられている。右岸側底部は地山の岩盤が露出している。

八木4丁目 八木が丘団地 岩質④



火成岩が入り込んだ堆積岩(その1)



火成岩が入り込んだ堆積岩(その2)

- ・全体的には花崗岩及び真砂土を主体とするが、一部には火成岩が入り込んだ堆積岩があった。
- ・堆積岩があったところにマグマが入り込んだものと考えられる。またずれたチャートなど、岩のずれが目立ち、過去に大きな応力が作用したものと考えられる。

八木4丁目 八木が丘団地 溪流の断面⑤



溪流の断面計測(計測断面No.1)

溪流の断面計測(計測断面No.2)

・4箇所て溪流の幅と深さを計測した。結果は下表のとおり。

	断面No.1	断面No.2	断面No.3	断面No.4
幅	18m00cm	15m00cm	17m30cm	14m30cm
深さ	3m80cm	2m00cm	3m20cm	1m80cm

八木4丁目 八木が丘団地 源頭部⑥



源頭部



源頭部

- ・源頭部の幅は、頂部で約4m、人物の足下位置で約7m。深さは人物の位置で1.7m。
- ・穴が多い。穴の直径はあまり大きくは無く、3cm程度。

八木地区の溪流調査のまとめ

1. 土石流が浸食した幅は10m以上が連続しており、特に県営緑丘団地上の溪流では、浸食深さも4~5mときわめて大きかった。1999年の災害時の土石流に関するデータと比較しても、今回の**八木地区の土石流は格段に流出土砂の規模が大きかった**といえる。
2. 源頭部では、**地盤内からの湧水や水が吹き出たと推定される痕跡**が多くみられた。また、大量の地表水による洗掘の効果も考えられる。
3. 県営住宅上の土石流では、波状的に繰り返す土石流によって、後続の土石流が**氾濫開始点が下流の住宅に近い方へ移動し、被害が増加した**可能性がある。

阿倍の里団地上の溪流でも、後続の土石流が前の土石流の堆積により流路を変更して住宅団地に向かったことが伺える。

今回のように、**土石流が繰り返し起こる場合に関する被害予測**は、今後と課題と考えられる。

1999年6.29災害、2010年庄 原災害との比較

呉工業高等専門学校 森脇 武夫
広島大学 土田孝

広島・呉地域における戦後の主な土砂災害

災害	被害状況	降雨条件
1945年 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 大災害. 死者・行方不明者 2,558名 , 負傷者1,054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)
1967年(22年後) 昭和42年7月災害 (豪雨)	呉市を中心に大災害 死者・行方不明者 159名 , 負傷者231名, 損 壊家屋1,119戸	連続雨量317mm(呉) 時間最大雨量74.7mm(呉)
1999年(32年後) 平成11年6.29災害 (豪雨)	廿日市市、広島市西部、呉市を中心に大災 害 死者・行方不明者 32名 、負傷者54名、損壊 家屋4,785戸	連続雨量 389mm 時間最大雨量81mm (広島・八幡川)
2014年(15年後) 平成26年8月災害 (豪雨)	広島市安佐北区、安佐南区で大災害 死者・行方不明者 86名 、負傷者43名、損壊 家屋378戸(広島県災害対策本部、8/26現 在)	連続雨量319mm 時間最大雨量 121mm (広島・三入東)

15～30年ごとに繰り返される

1999年6.29災害との違い

- 降雨状況

- 先行降雨が少なく、非常に強い雨が極めて短時間かつ局所的に集中
- 深夜2時頃から急激に強くなる

- 災害発生場所

- 非常に狭いエリアで発生
- 住宅密集地の直上で土石流が発生
- 花崗岩・まさ土斜面以外に、粘板岩などの堆積岩の斜面でも発生

- 災害の種類

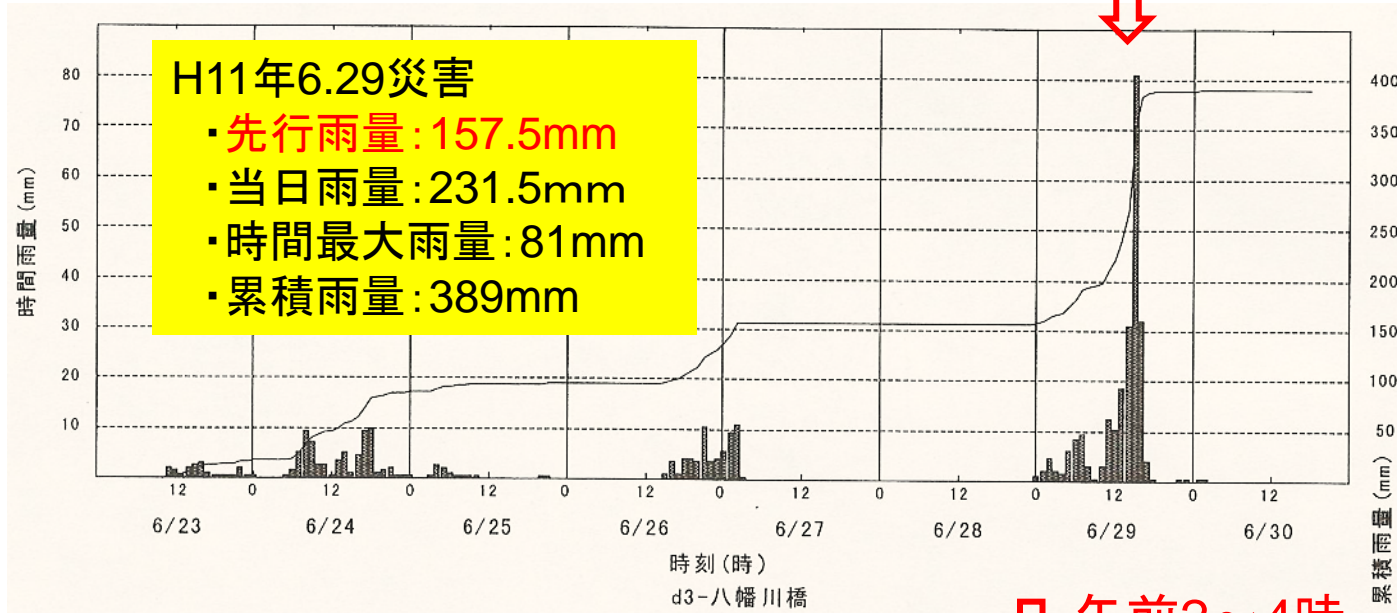
- 斜面崩壊が少なく、圧倒的に土石流災害が多い
- 流木による被害が少なく、岩石と土砂による被害が顕著

- 防災体制(6.29災害の教訓から)

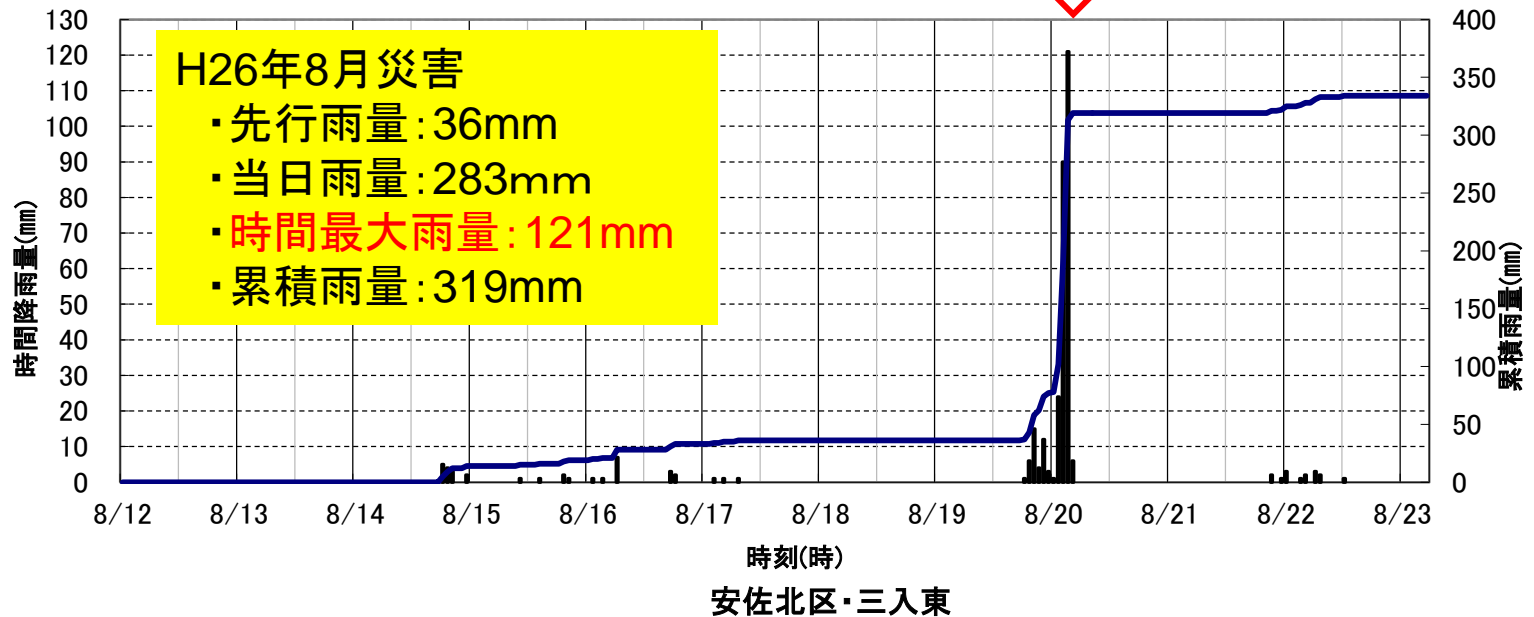
- 土砂災害防止法が制定(ハザードマップ等が作成・公開)
- 雨量観測網が整備:201箇所(機関ごと)⇒410箇所(一元化)
- 広島県防災Web、防災情報メール配信サービスが整備

降雨状況

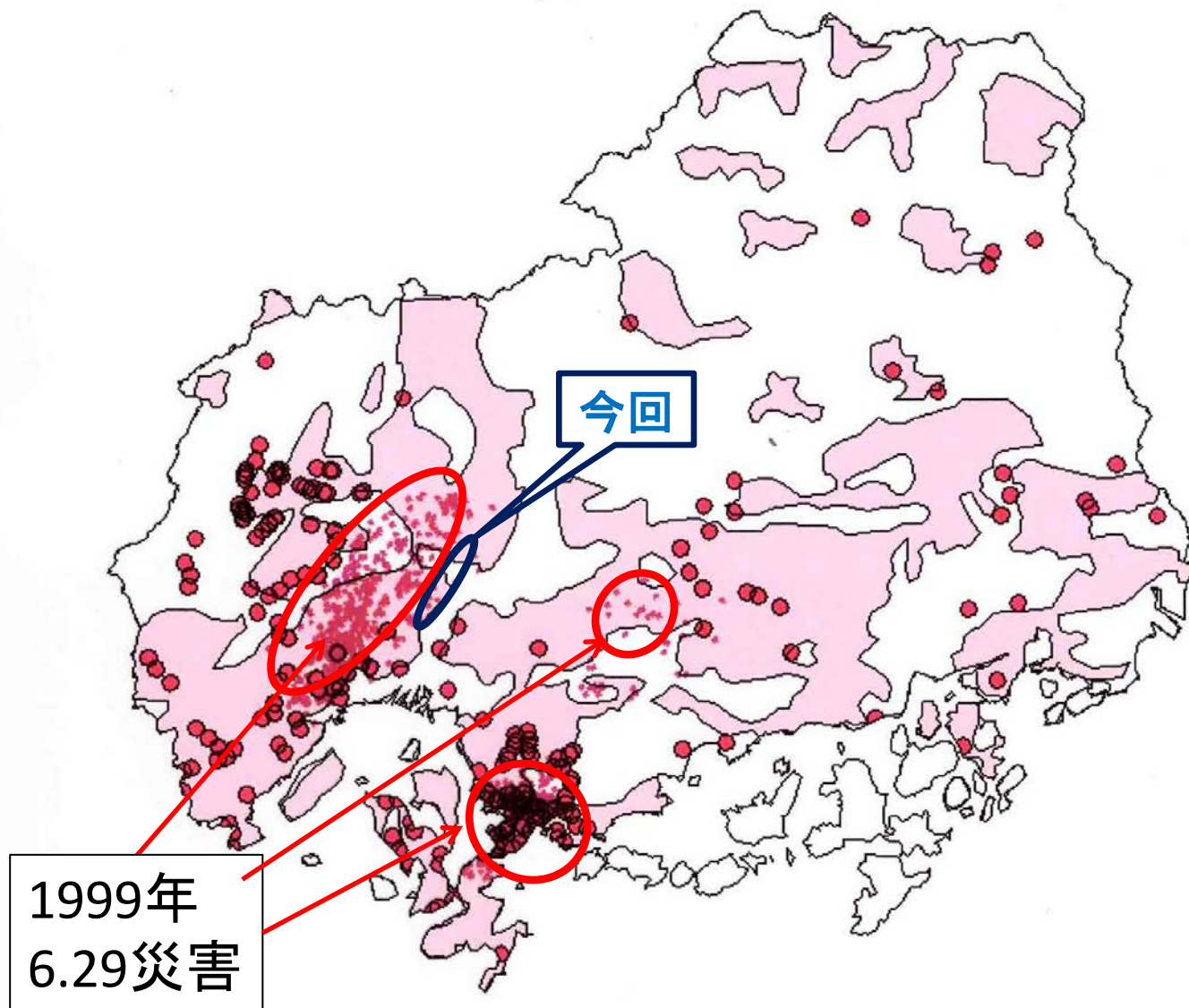
午後2～5時



午前2～4時



既往土砂災害被災地と花崗岩分布地域



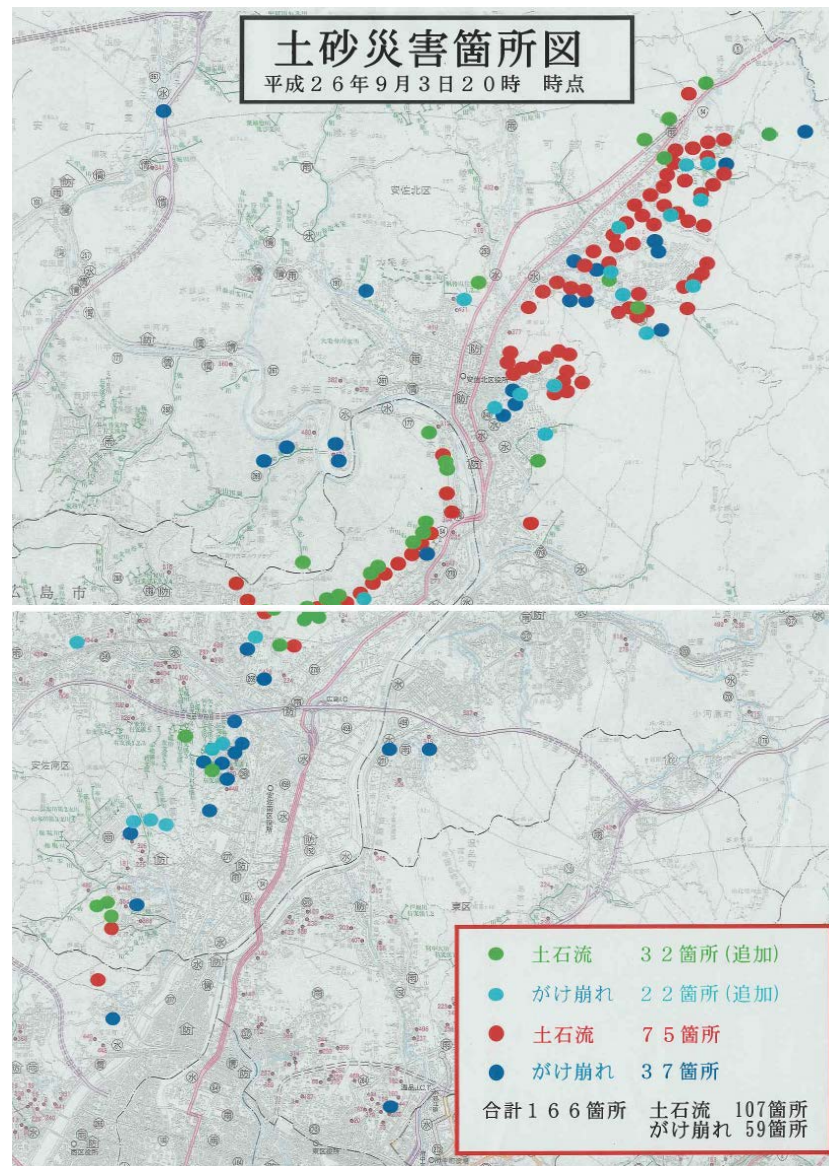
災害の種類

H11年6.29災害

- がけ崩れ: 186箇所
- 土石流 : 139箇所

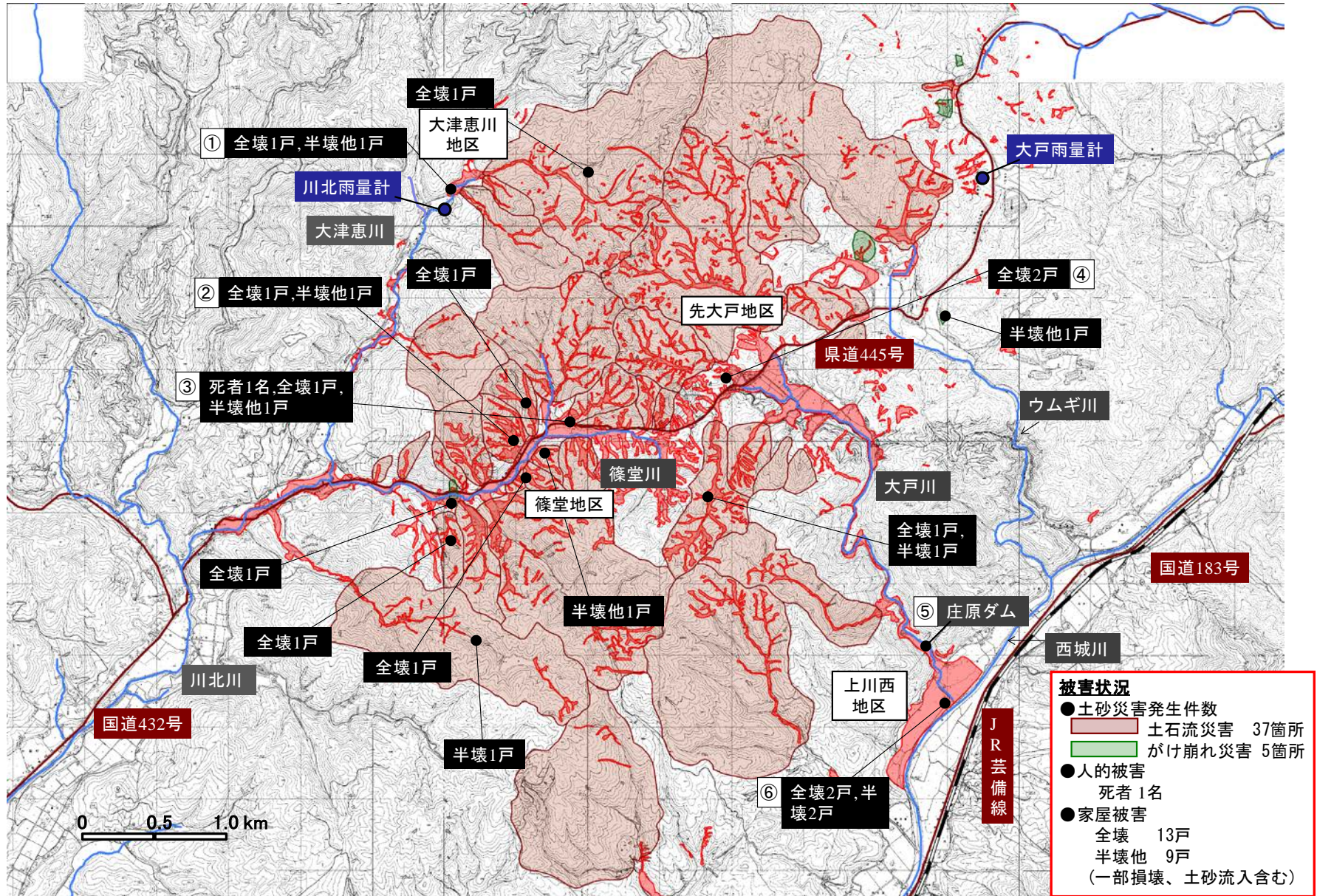
今回

- がけ崩れ: 59箇所
 - 土石流 : 107箇所
- (平成26年9月8日現在)



(広島県資料)

2010年7月16日 広島県庄原土砂災害との比較

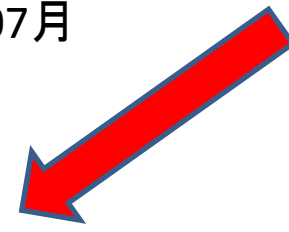
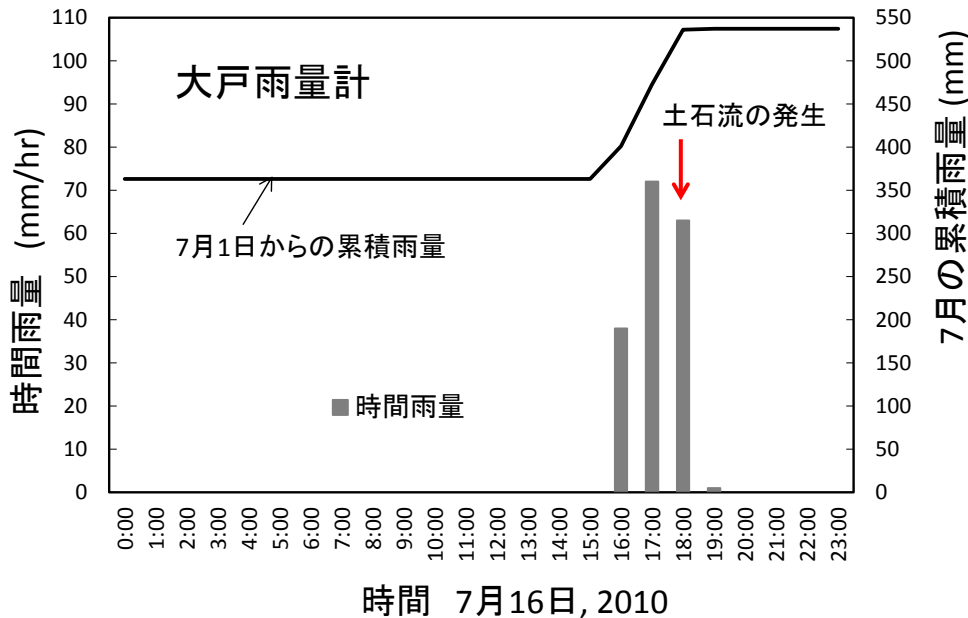
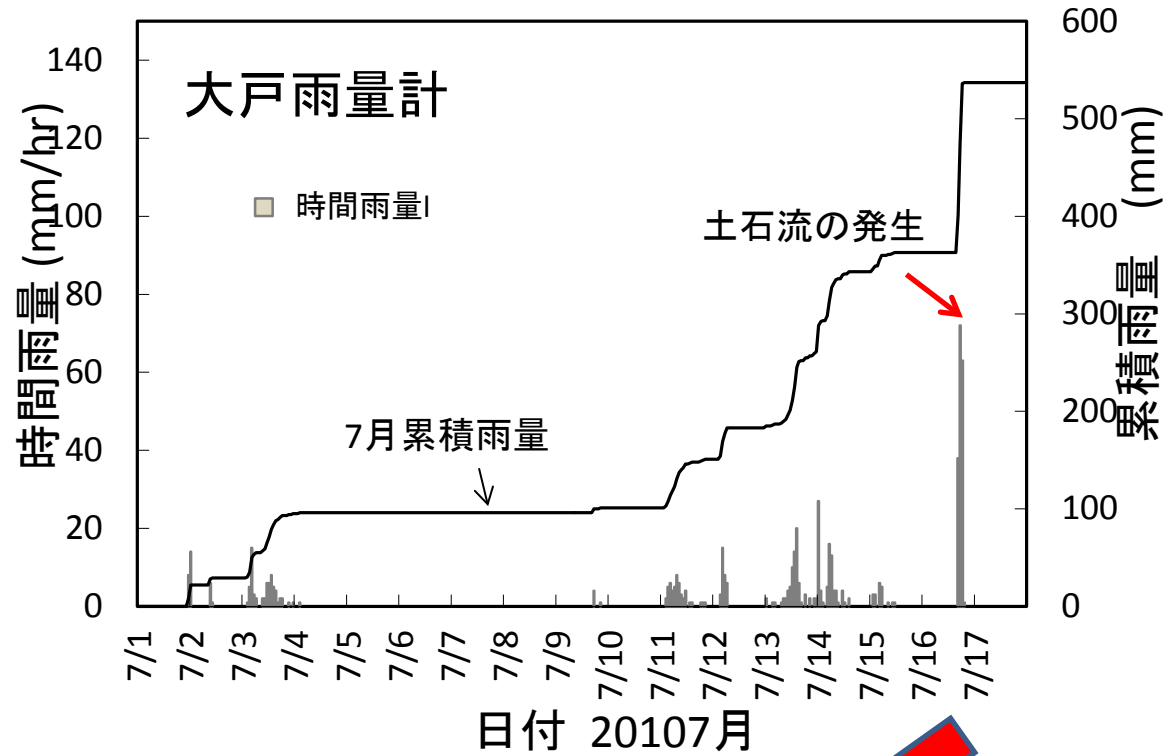


最も被害が激しい篠堂地域の表層崩壊と土石流



大戸雨量計における の7月からの日雨量と 7月16日の時間雨量

7月から断続的に雨が降っていたが、災害直前の24時間は全く雨がなかった。
午後3時から約3時間続いた強雨で一斉に表層崩壊と土石流が発生した。



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

9月7日

広島大学地盤工学研究室

土田 孝

広島県土砂災害危険度情報 監視画面

0時00分の雨(雨量解析値と予測値による危険度判定) **0時20分に出力***

***解析に20分を要する**

土砂災害危険度情報判定用5km×5kmメッシュを示している。

解析雨量、予測雨量の計算は1km×1kmの細かいメッシュ単位で行われる。

5kmメッシュではその最大値を採用するので、1kmメッシュの一部が基準に達するとそこが5kmメッシュを代表する。

0時の段階では、広島県内のいずれの箇所でも実況及び1時間後、2時間後に基準を超える箇所はない。

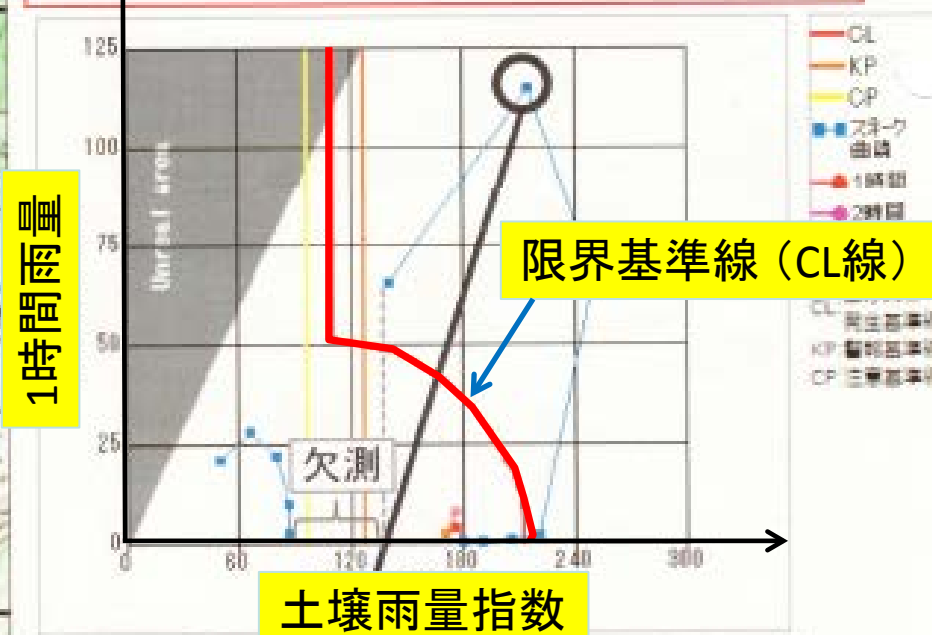


土砂災害警戒情報の判定方法



1時間後、2時間後の予測雨量が土壌雨量指数と1時間雨量が限界基準線を越えるかどうかで判定

5kmメッシュコード: 34321008



2014/08/20 04:00

60分雨量 115.0mm/h

土壌雨量指数 215.0mm

広島県土砂災害危険度情報 監視画面

0時30分の雨(雨量解析値と予測値による危険度判定) **0時50分に出力**

1時間後(1時30分)
には基準値超過と
予測



1時15分、**広島市**、
廿日市市に土砂災
害警戒情報

この段階で広島市内で危
険なのは佐伯区。結果的
に、佐伯区と廿日市市で
は被害が発生していない。



広島県土砂災害危険度情報 監視画面

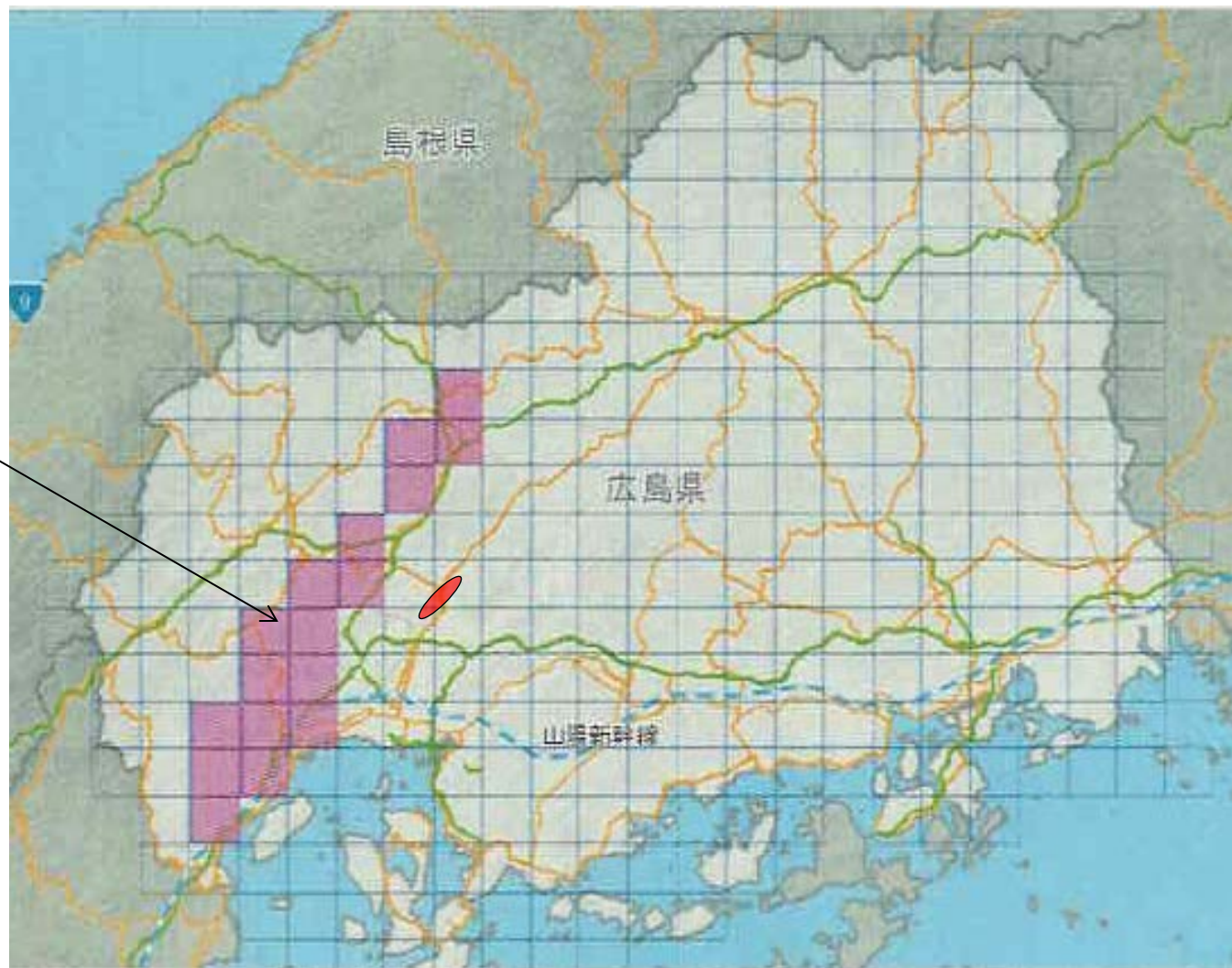
1時00分(雨量解析値と予測値による危険度判定) **1時20分**に出力

1時間後(2時)に基準値超過と予測



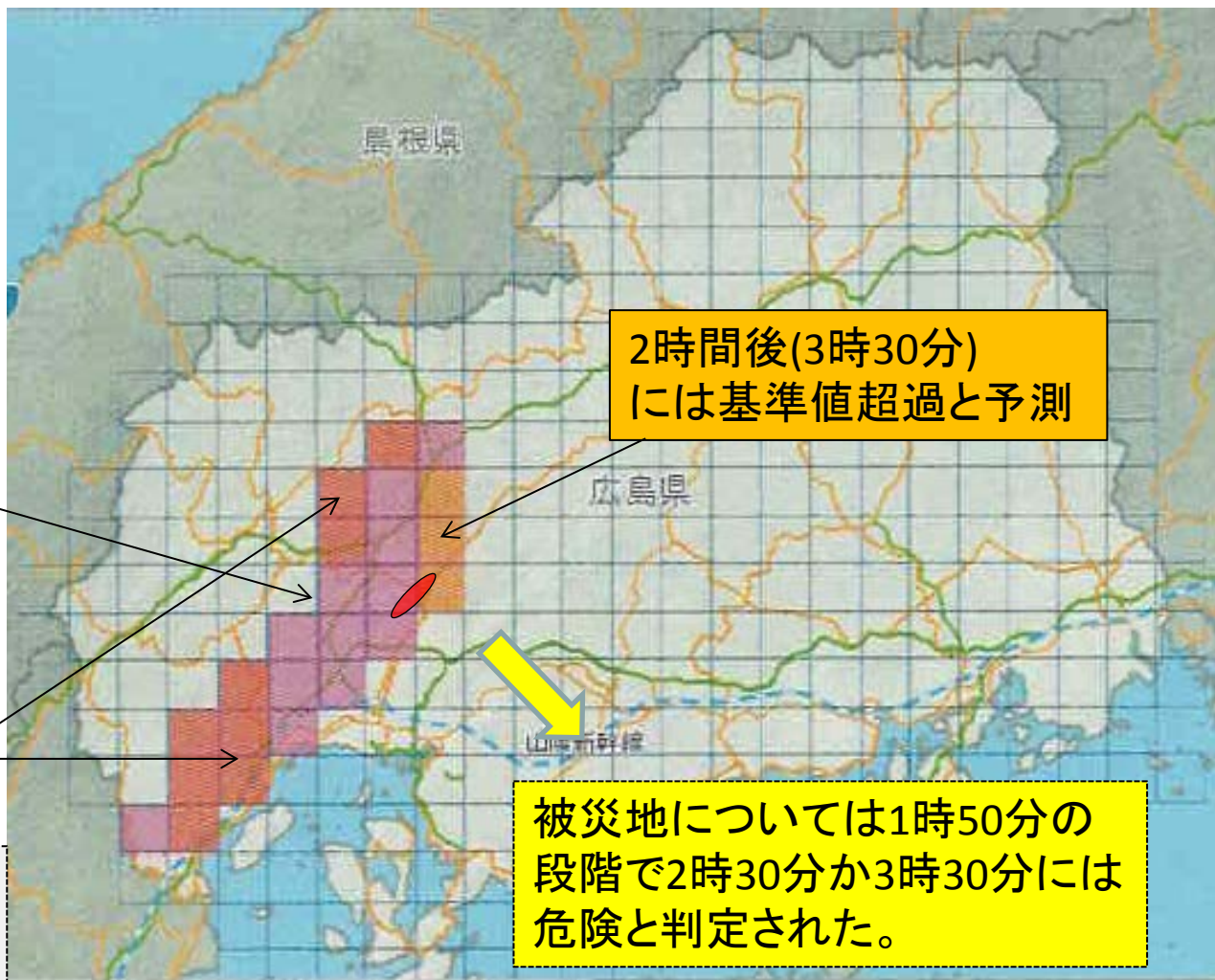
1時35分広島市, 廿日市市に加えて、**大竹市、北広島町**に土砂災害警戒情報

大竹市、北広島町では結果的には被害が発生していない。



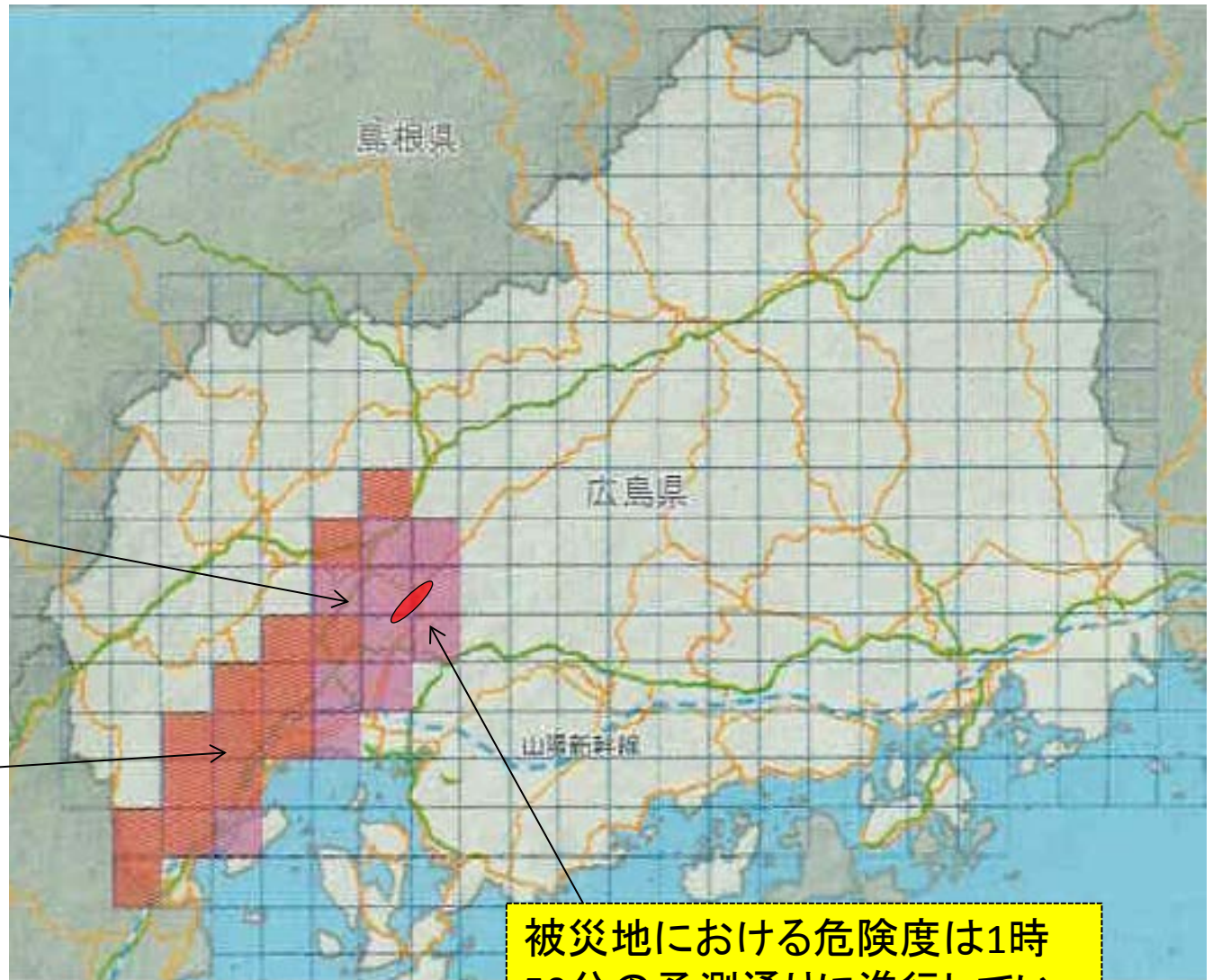
広島県土砂災害危険度情報 監視画面

1時30分(雨量解析値と予測値による危険度判定) **1時50分**に出力



予測通り佐伯区では警戒基準雨量に近い雨量になった箇所がある(被害はなかった)。

2時00分(雨量解析値と予測値による危険度判定) **2時20分に出力**



1時間後(3時)には基準値超過と予測

実況(2時)で基準値超過

被災地における危険度は1時50分の予測通りに進行している。

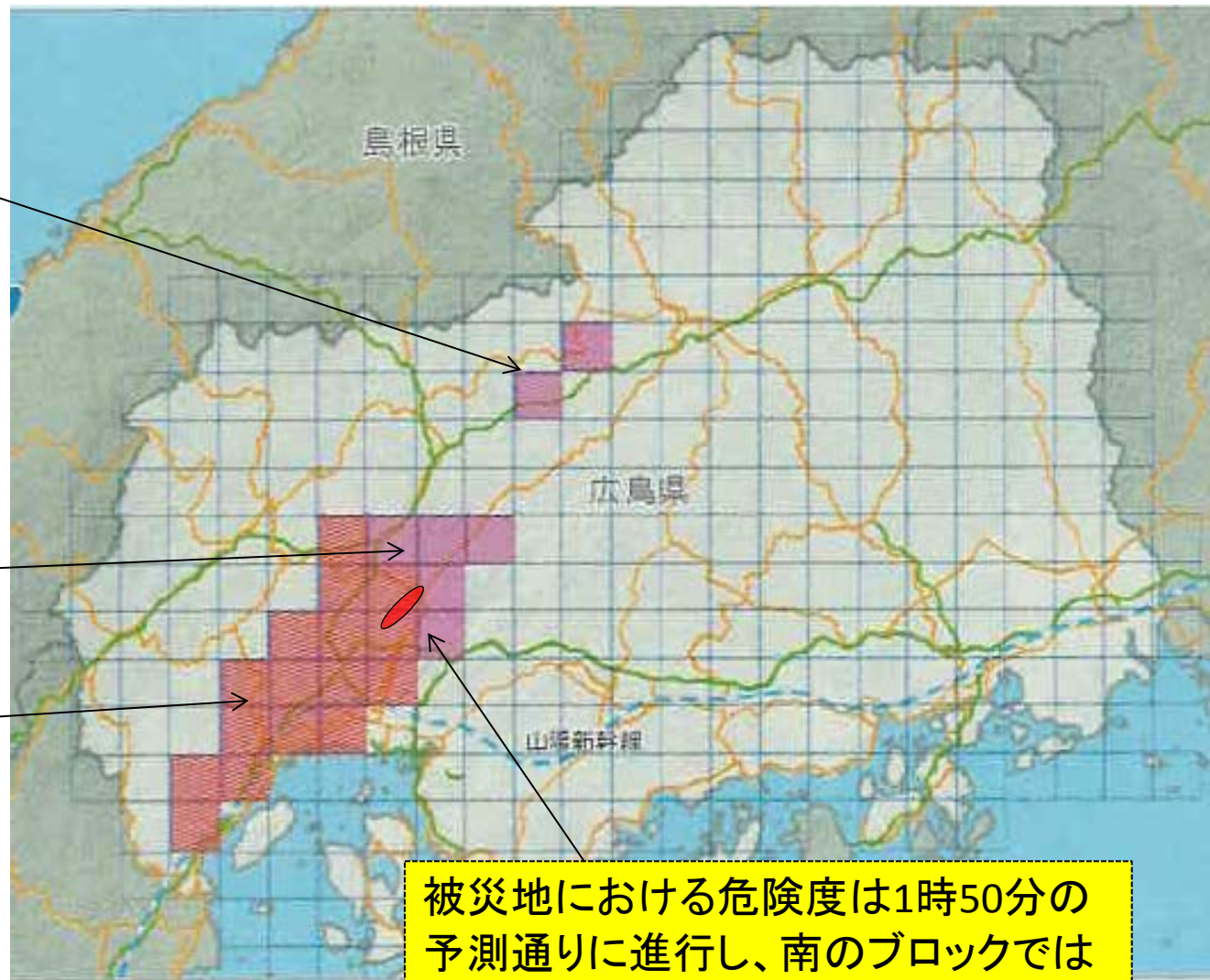
2時30分(雨量解析値と予測値による危険度判定) **2時50分**に出力

3時40分広島市、廿日市市、大竹市、北広島町に加え、**安芸高田市**に土砂災害警戒情報

安芸高田市では結果的には被害が発生しなかった。

1時間後(3時30分)に基準値超過と予測

実況(2時30分)で基準値超過



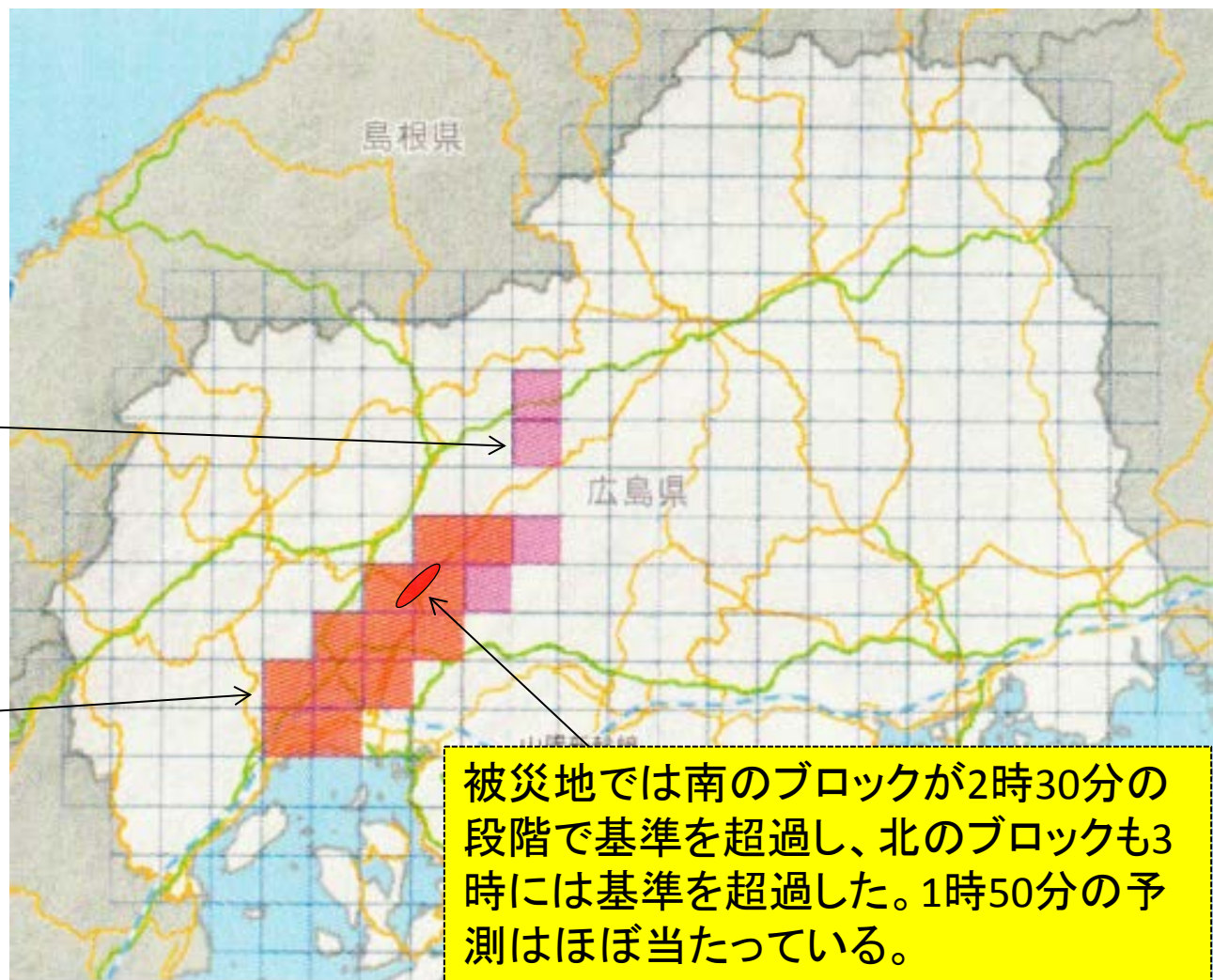
被災地における危険度は1時50分の予測通りに進行し、南のブロックでは2時30分に実況で基準を超過した。

広島県土砂災害危険度情報 監視画面

3時00分(雨量解析値と予測値による危険度判定) **3時20分**に出力

1時間後(4時)には基準値超過と予測

実況(3時)で基準値超過

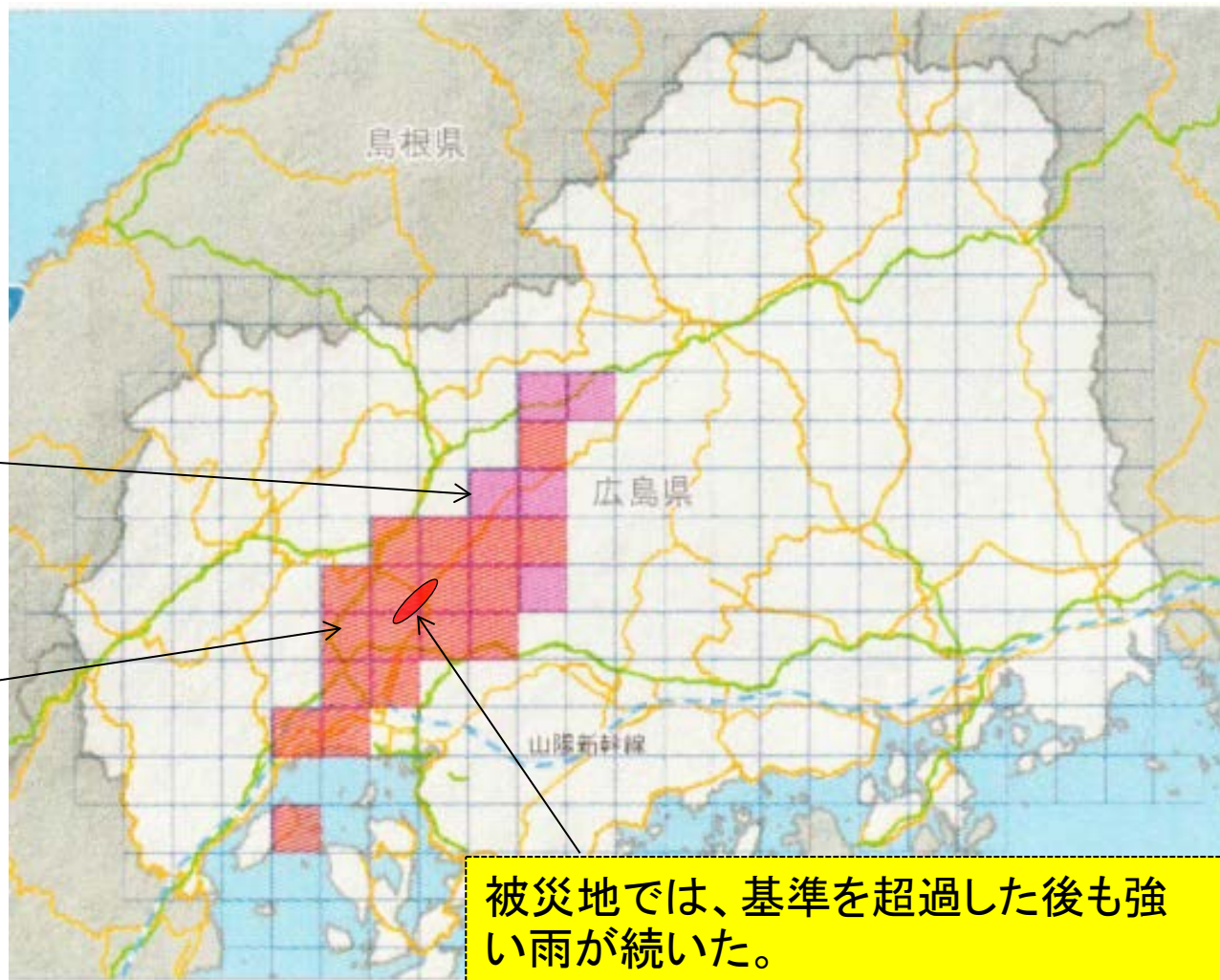


広島県土砂災害危険度情報 監視画面

3時30分(雨量解析値と予測値による危険度判定) **3時50分**に出力

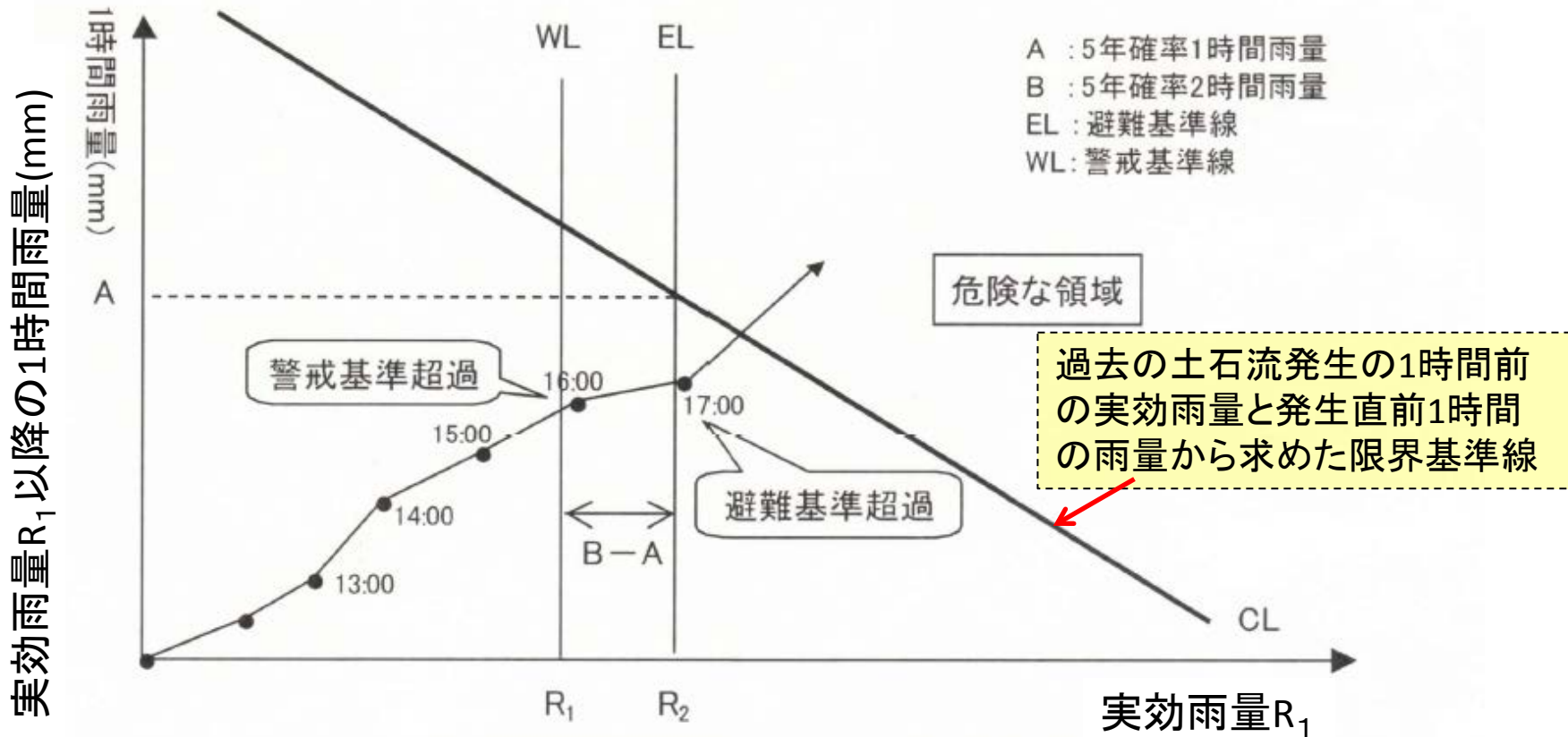
1時間後(4時30分)
には基準値超過と
予測

実況(3時30分)
で基準値超過



土砂災害警戒避難基準雨量の求め方(広島市消防局)

予測ではなく消防署単位の実測雨量で判定

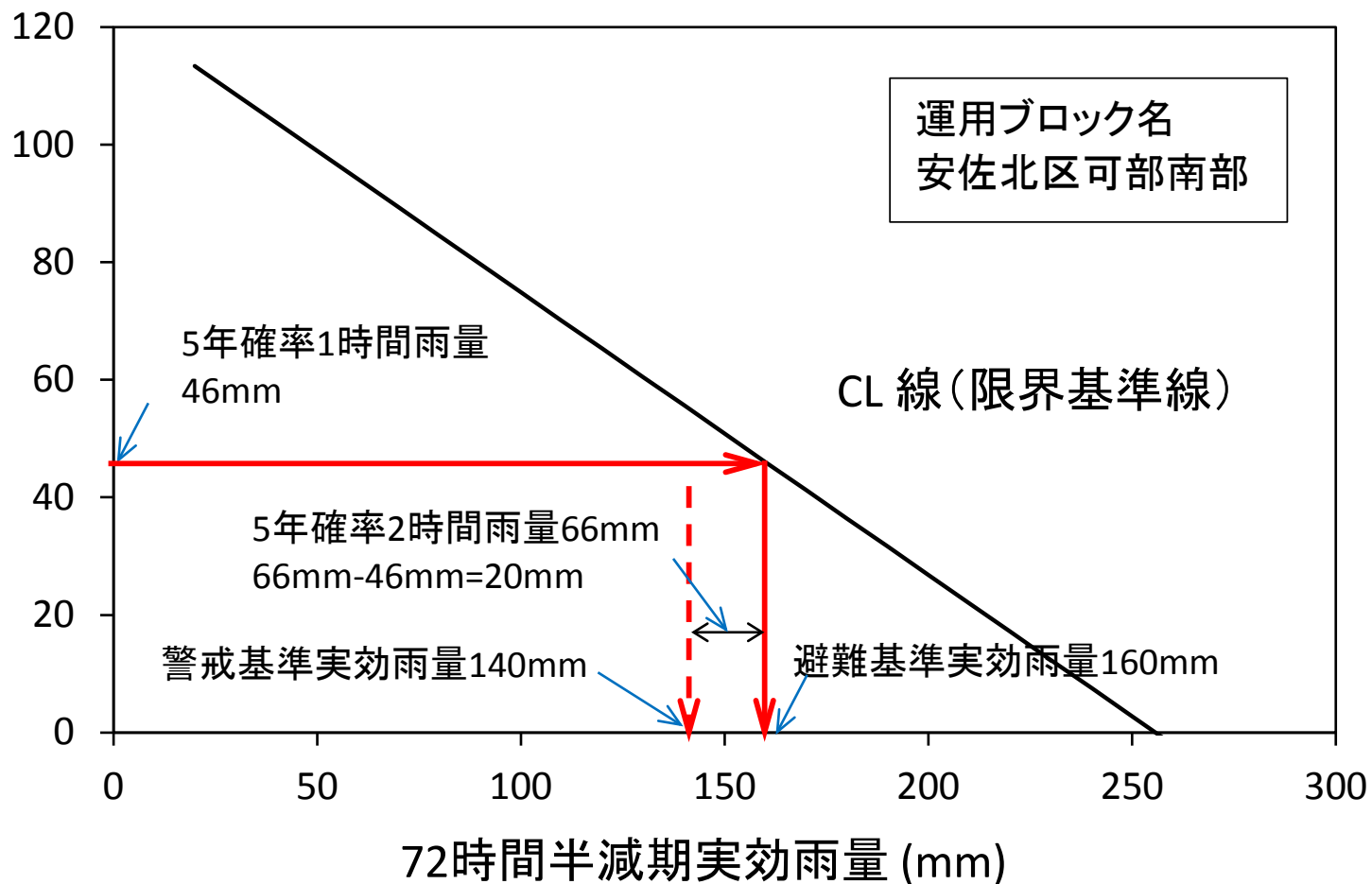


$$R_1 = R_0 \times 0.5^{1/T} + r_1$$

R_0 : 1時間前の実効雨量、 r_1 : 直近の1時雨量

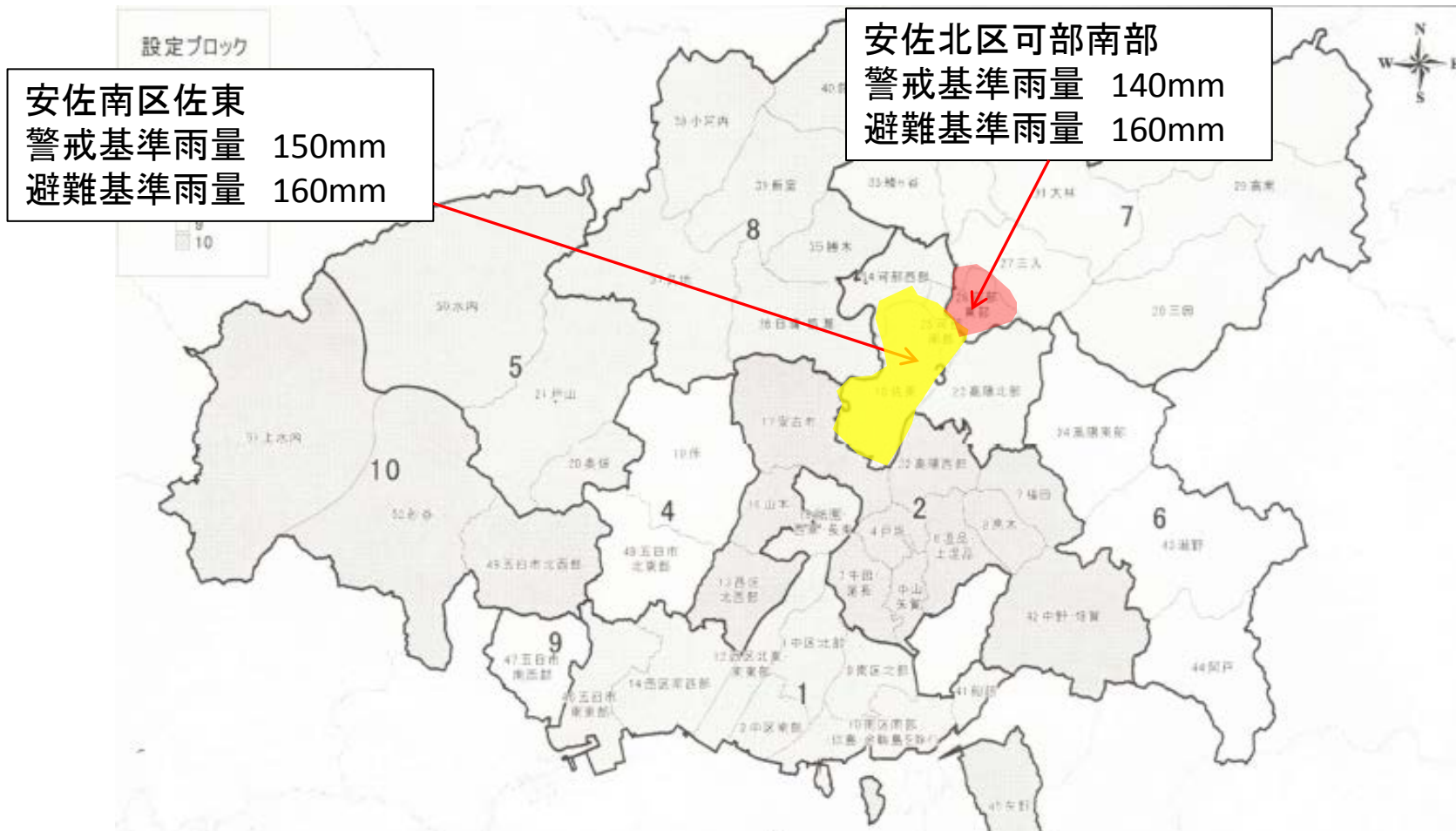
この方法は「土石流災害に関する警報の発令と避難の指示のための降雨量設定指針(案)によるA案を改善した矢野による手法である。(土砂災害警戒避難基準雨量の設定方法、国土交通省 国土技術政策総合研究所資料、No.5, 2001.)

広島市における警戒避難基準雨量の求め方 (例: 安佐北区可部南部)



避難基準雨量は災害の前に1時間46mm、2時間66mmが降るとしたときの実効雨量

避難基準雨量設定ブロック(広島市消防局)

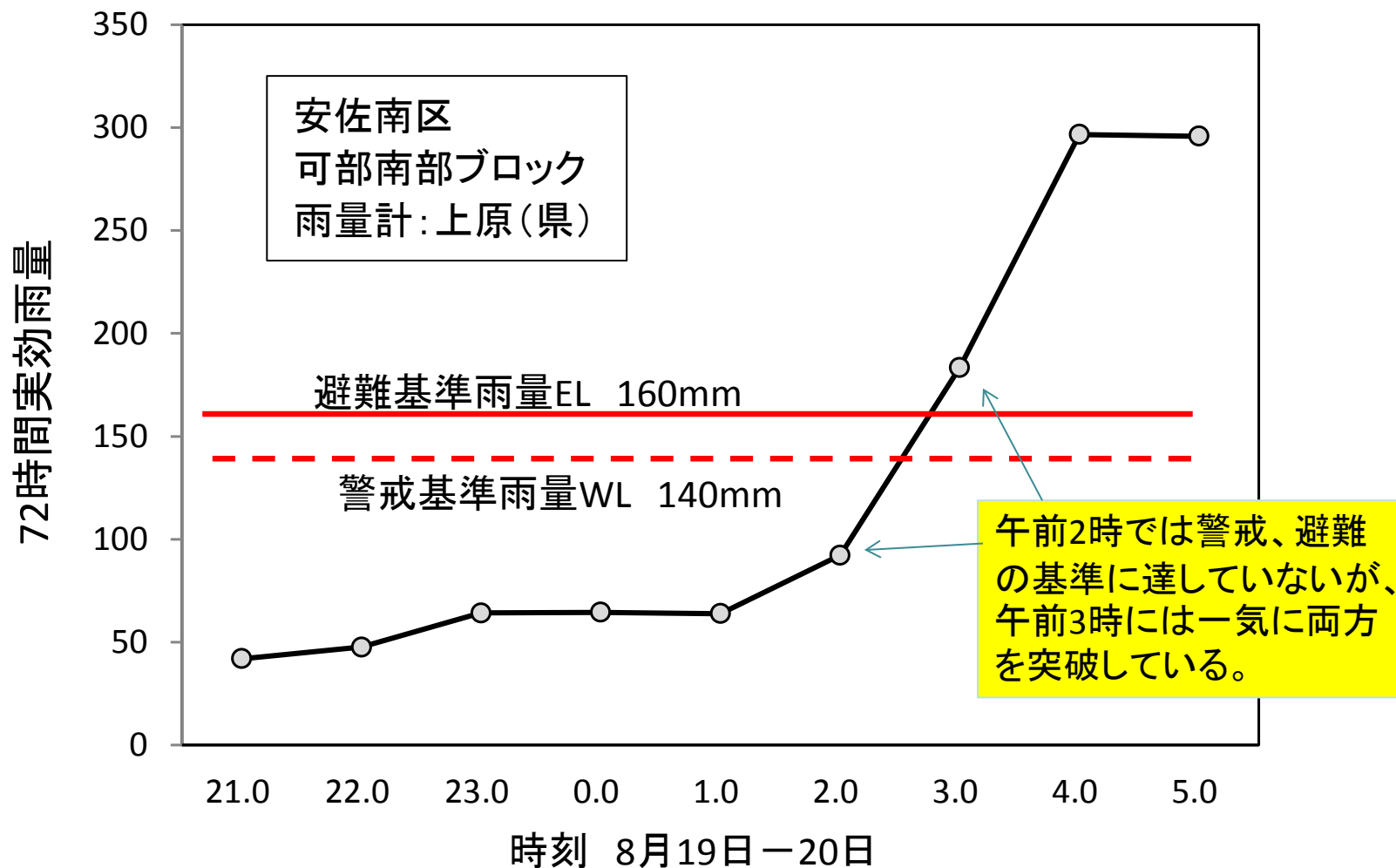


各ブロックごとにCL線が設定される。さらに細分化した運用ブロックごとに5年確率雨量から警戒基準雨量と避難基準雨量を決定。

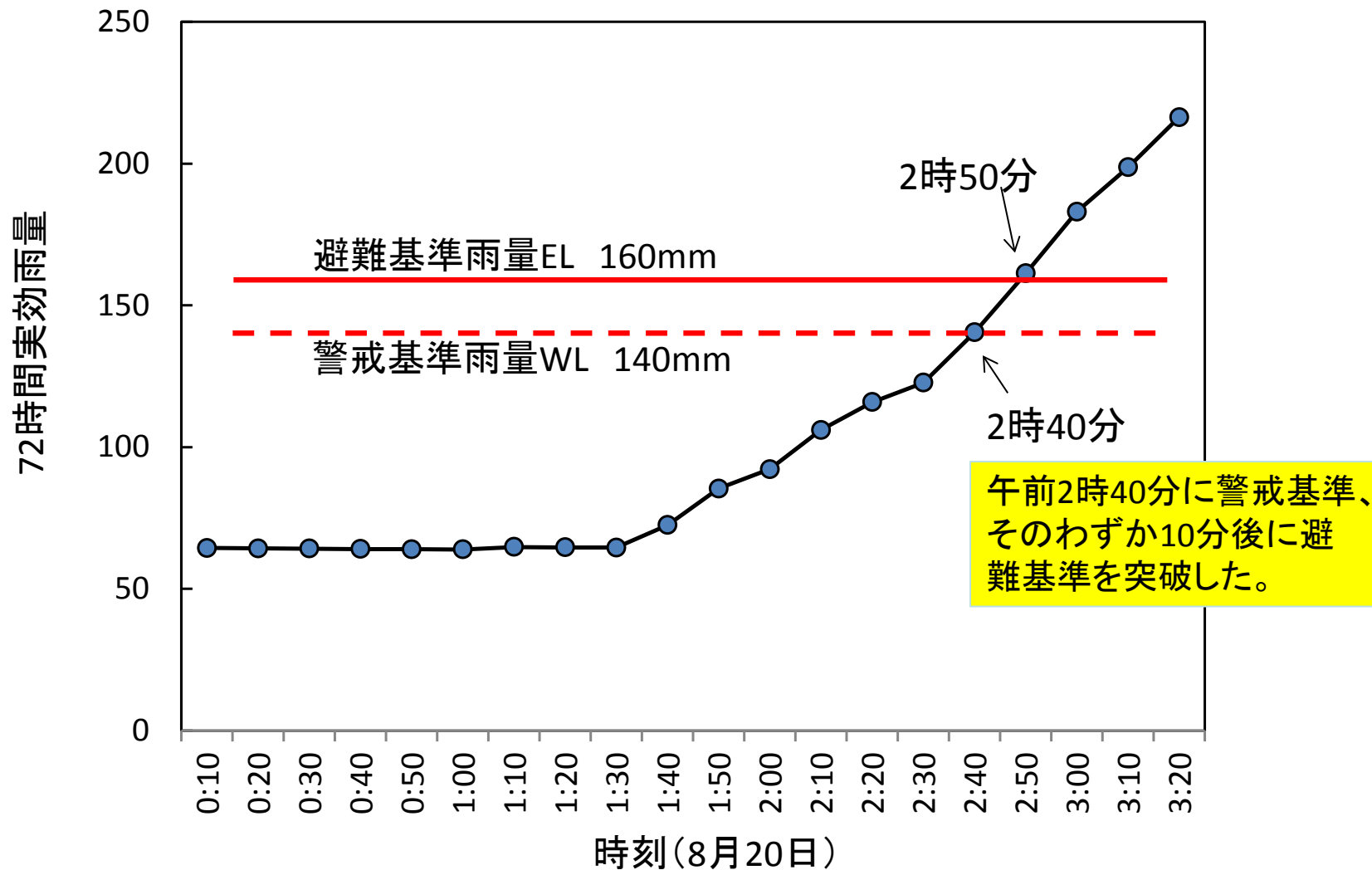


実効雨量の計算に用いる雨量は各消防署等に設置した雨量計の雨量を用いる。

実測雨量から求めた半減期72時間実効雨量による判定 (正時ごと)



実測雨量から求めた半減期72時間実効雨量による判定 (10分ごと)



土砂災害警戒情報と土砂災害警戒避難基準雨量の検証のまとめ

雨量情報に基づいた警報、避難の判定がどの程度可能であったかについて検討した結果、現段階で以下のように考えられる。

広島県土砂災害危険度情報 監視画面を用いて検討すると、今回の雨は、観測雨量での判断は困難で、仮に観測雨量のかわりに気象庁の短期降水量予測を用いたとしても1時50分くらいに危険がわかり、その後に避難勧告、避難指示の手続きを進めるといのがぎりぎり、という状況であった、と考えられる。

現在の広島市の方法は、「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(建設省)によるA案を改善した矢野による手法」であるが、この方法は、5年確率1時間降雨(50mm程度と考えられる)と5年確率2時間降雨を用いることで、各地域ブロックごとに警戒、避難基準雨量がそれぞれ1つに定まっておわかりやすい。しかし、今回のように想定している5年確率雨量をはるかに上まわる時間80~100mmが予測された場合、基準雨量は危険側の数字になるので、このことを加味して判断する必要があった。しかし、マニュアルの中に予測値(短時間降水量予測)の使い方が記述されていないため、緊急時の判断において予測値を判断に利用しにくかったと考えられる。

一方、今回の雨に対して雨量観測値を用いマニュアルの警戒避難基準雨量によって判定すれば、危険と判断されるのは早くても午前3時頃であり、災害の発生に間に合う避難勧告は難しかったといえる。

今回のような災害の警戒避難をどうするか？

県と気象台が行う土砂災害警戒情報の判断には、短時間の降水量予測が用いられている。

しかし、広島市が行う避難勧告、避難指示の判断は、それぞれの地域ブロックごとの観測降雨量による方法となっており、降水量の予測値を活用できるシステムになっていない(と思われる)。

今回のような豪雨による災害は、観測雨量から避難勧告・避難指示を災害発生前に出すことは非常に困難であった。一方、雨量の予測値を用いれば判断が1時間半くらい早くなると推定できる。

今回のような豪雨に対処するには、警戒避難の判断において、少なくとも予測降雨量を活用することが必要である。このためには気象台が提供する1kmメッシュの予想降雨量を市町が速やかに判断に利用できるシステムを構築する必要があると考えられる。

この場合、実況雨量の取り込みから予測雨量が出るまでの20分、予測雨量の更新間隔(30分)も、今後短縮されることが期待される。

一方、予測降雨量を用いた場合でも、判断から災害発生までの短い時間で、警戒、避難の情報をどのように伝達し、行動してもらうかは大きな問題である。

今後の調査の予定

地盤工学グループ

- 土石流が発生した溪流の現地調査
- 雨量と土砂災害発生に関する精査
- 土石流の規模と土石流による流動土砂量に関する検証
- 短時間集中豪雨による同時多発災害のメカニズムに関する調査と課題の整理
- 建築物の被害の状況と分析

水工学グループ

- 流域面積の小さい支川の被災状況の調査
- 水・土砂の氾濫解析

情報・計画

- 避難勧告, 避難指示の判断過程の検証
- 災害・避難情報の発信と住民の避難行動
- 都市計画マスタープランに基づく安全・安心なまちづくりの検討

今後の調査の予定

- 1999年6.29災害、そして2010年庄原災害の教訓から活かしたこと、そして活かせなかったこと。
なぜ活かせなかったのか？
- 今後、同様の被害をどうやって防ぐか？（今回被災した箇所と同様の立地条件となっている住宅地が多い広島において。全国の土砂災害危険箇所において。）
- 調査団としての提言
- 10月上旬を目途に報告書を作成，公表する。