

土砂災害の観点からの総括 被害と今後の研究課題



広島大学防災・減災研究センター長
土田 孝



地盤災害の観点からの広島県の土砂災害の特徴

1. 土石流による道路・水道・ため池など**様々なインフラにおける被害**
2. 土石流が河道を閉塞し洪水氾濫を助長するといった**土砂災害と洪水の相乗効果による被害の拡大**
3. 溪流の基礎調査の予測（特別警戒区域）を上回る流出土砂量、コアストーンによる被害拡大など**外力としての土石流の巨大化**
4. 河川周辺における大規模な**地盤陥没**による交通途絶の多発

1と2に当てはまる典型的な事例として、広島市安芸区矢野町県道34号線沿いにある昭和入口交差点周辺の調査結果を紹介する。

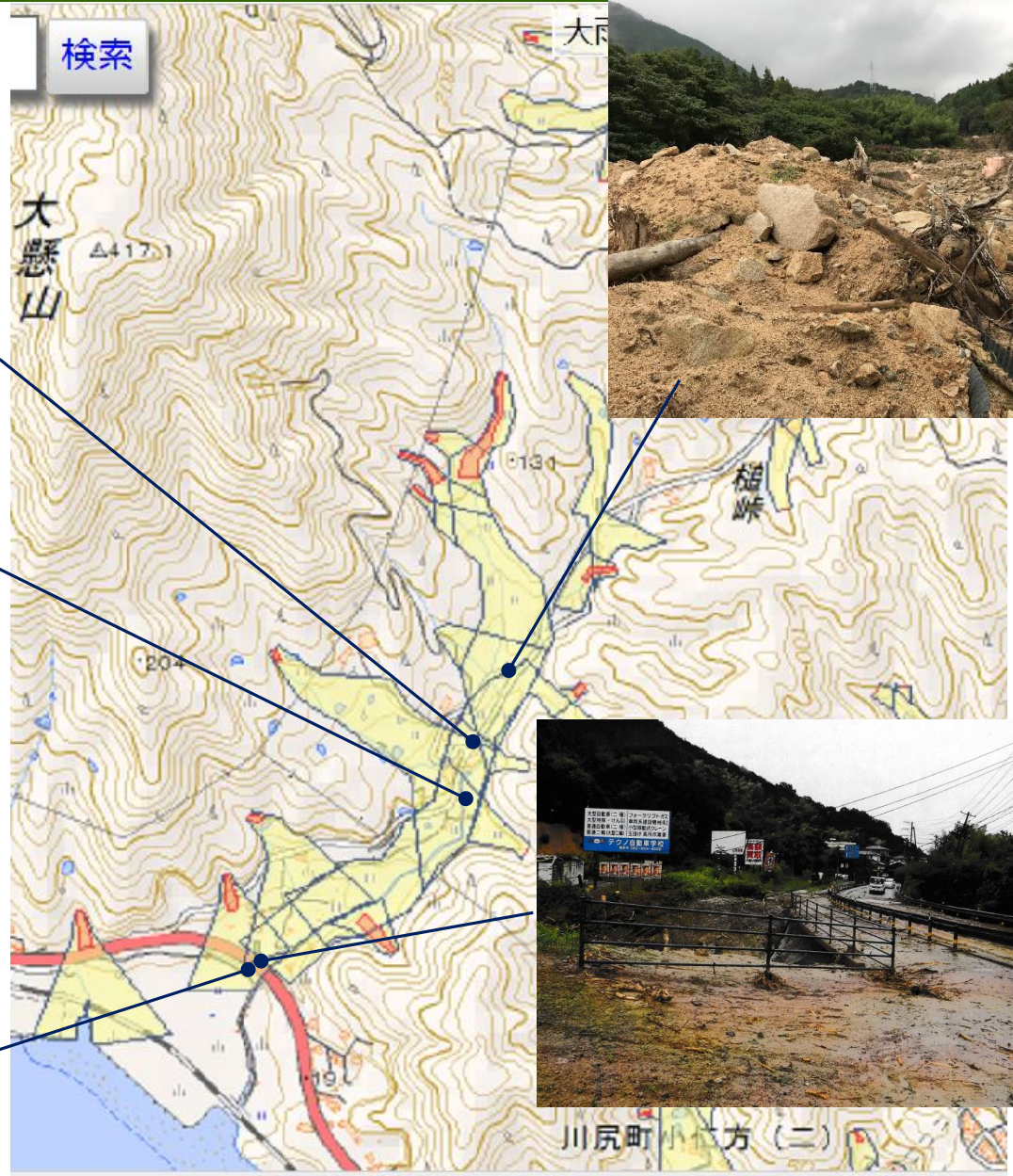
呉市川尻町・仁方町の土石流災害

土石流が、道路や河川に流入し、住宅、水道施設、道路、鉄道に被害を与えて海に流出した例である。

土石流は住宅を破壊した後、約1500m移動している。



この地域の土砂災害警戒区域・特別警戒区域



**広島市安芸区矢野町 昭和入口交差点付近に
おける土砂洪水災害による道路利用者の被災**

調査箇所 | 広島市安芸区・昭和入口交差点

実施日：7月14日，8月3日

参加者：土田，橋本，他学生4名（広大）

- 矢野，熊野町，焼山の結節点.
- 県道34号が矢部川と**昭和入口交差点**にて交差した後，広島熊野道路の高架をくぐり，並行して北へと下る複雑な場所.
- ✓ 7月6日夜に交差点で**信号待ちをしていた複数台の車**に大量の土砂（濁流？）が流れ込んだ.
- ✓ 被災箇所は交差点から広島熊野道路の高架下カーブまでの約300mの下り坂区間.



広島市安芸区昭和入口交差点の災害メカニズム



車を押し流しながら
県道に沿って流下



浅田病院付近の土砂収支 → 矢野川に約25,000m³の流出

流出 (流入) : 25,540m³



崩壊・侵食 : 2,000m³
堆積 : 2,600 m³
流出 (流入) : 600m³

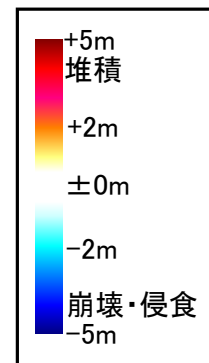
崩壊・侵食 : 2,100m³
堆積 : 4,300 m³
流出 (流入) : 2,200m³

崩壊・侵食 : 6,940m³
堆積 : 300m³
流出 (流入) : 6,640m³

崩壊・侵食 : 1,600m³
堆積 : 900m³
流出 (流入) : 700m³

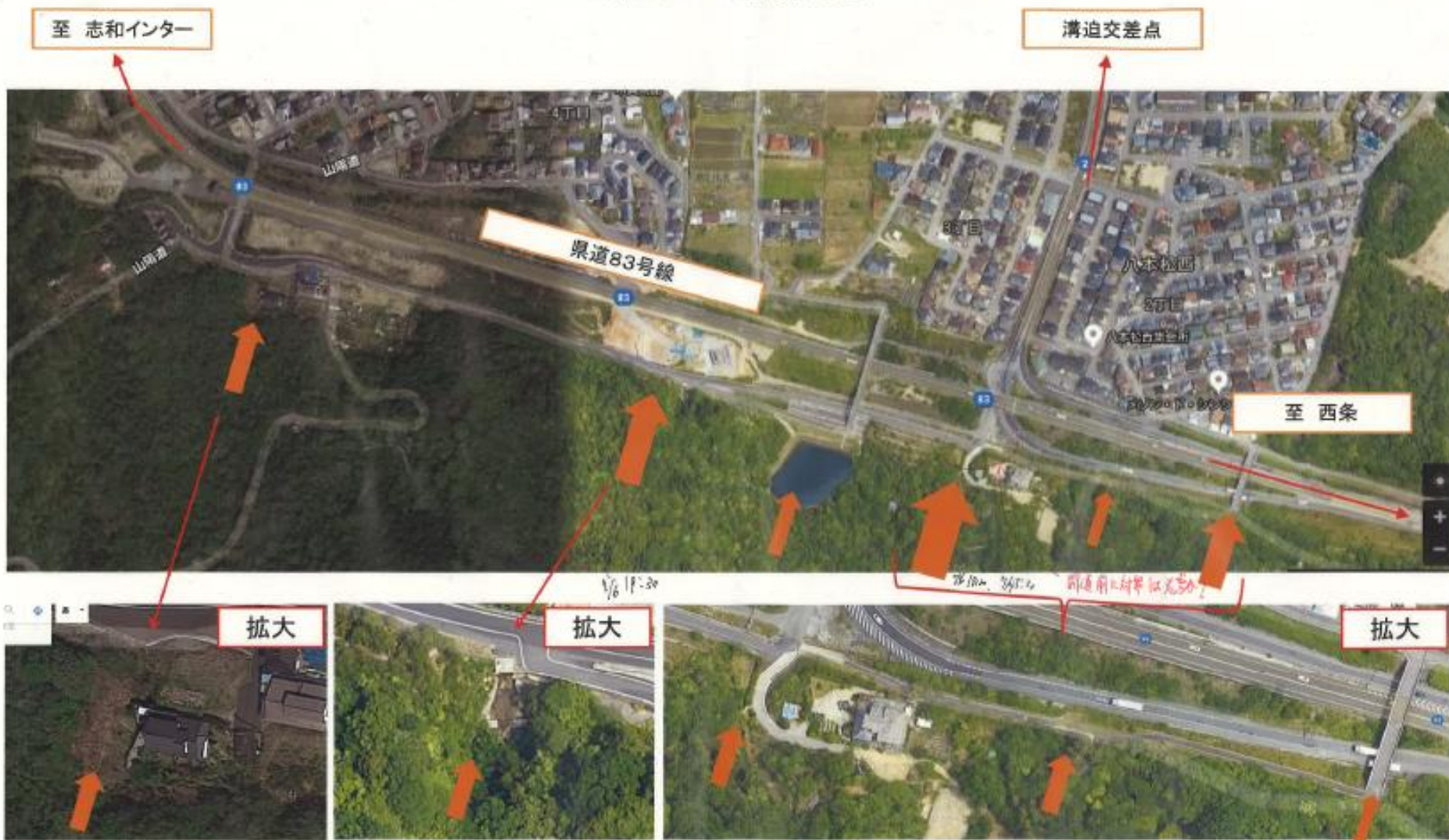
崩壊・侵食 : 4,000m³
堆積 : 10m³
流出 (流入) : 3,990m³

崩壊・侵食 : 25,000m³
堆積 : 8,030m³
流出 (流入) : 17,070m³



国道2号線西条バイパスにおける土石流の道路への流出

八本松周辺 土石流位置図



提供：中国地方整備局広島国道事務所

国道2号線西条バイパスにおける土石流の道路への流出

土石流が発生した溪流のひとつ



溪流の出口から流出した流木と土砂と水。流出量は土砂約8,000m³、流木約3,000m³であった。(9日,森脇武夫広島工業大学教授提供)



大量の土砂が堆積した2号線溝迫交差点付近
(9日,森脇武夫広島工業大学教授提供)



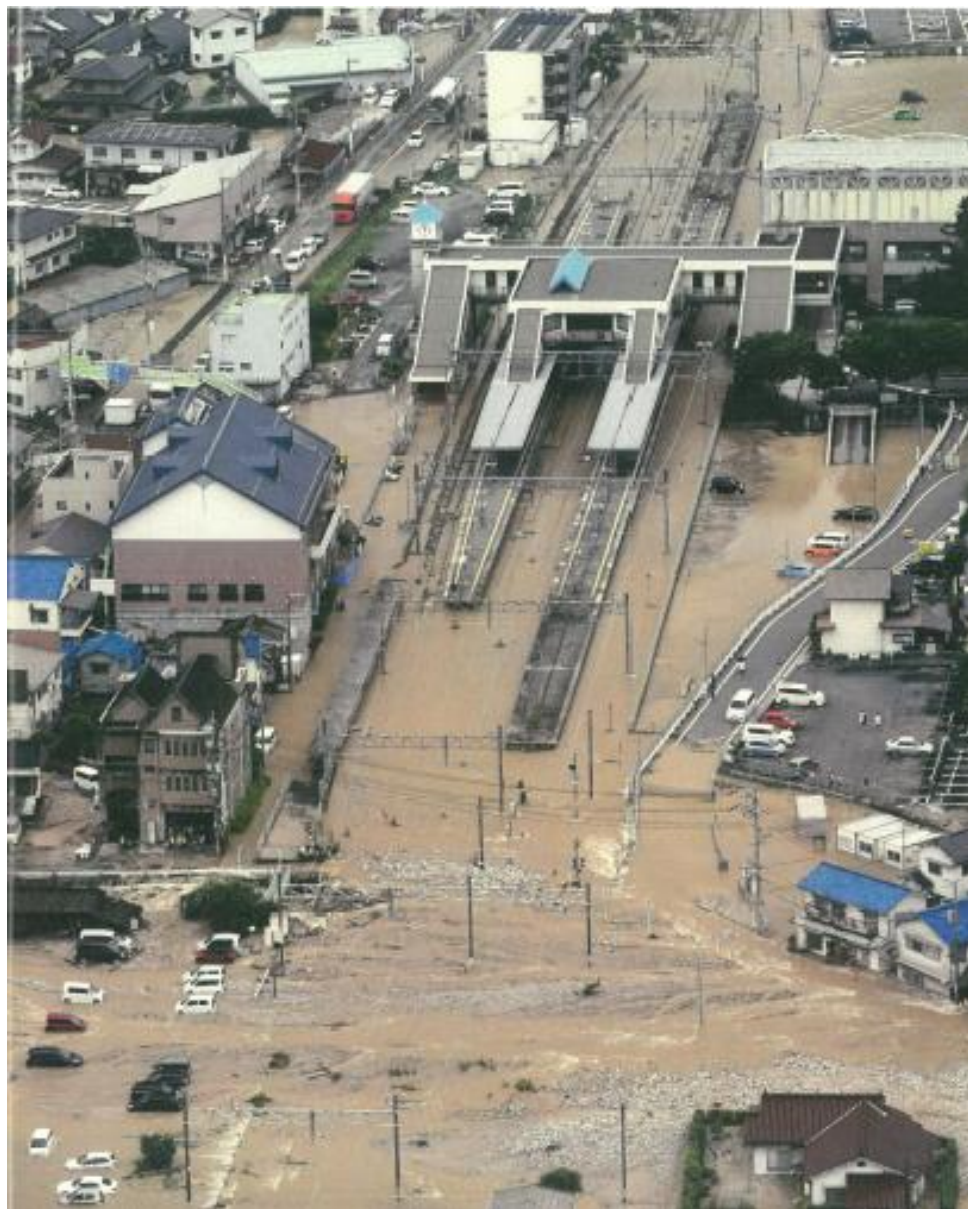
土石流の出口の前の橋梁工事現場。掘削箇所に3000m³程度の土砂が堆積したと推定される。



土砂洪水氾濫の多発

土砂洪水氾濫：土石流等が発生した後にさらに大量の水が溪流内から流下し、流出した直後の不安定な土砂を巻き込んで河道を埋没・閉塞させながら無秩序に流下していく現象

土砂洪水氾濫による鉄道施設の被害



広島県内では大量の土砂を含む水による土砂洪水氾濫が各地で発生した。山陽本線瀬野駅は、瀬野川の支川榎ノ山と瀬野川との合流点から100mの距離に位置している。榎ノ山川は瀬野川との合流点の300m上流で河道が閉塞し、6日21時頃から氾濫が始まり、浸水深さは1.0～1.3mであった。

瀬野駅では線路上に堆積した土砂の厚さは最大で約1.0mであった。

土砂洪水氾濫による駅施設の広範囲における埋没は、呉線水尻駅でも発生し、鉄道施設内に約4,200m³の土砂が堆積した。

呉市天応西条（大屋大川天応中学入口より下流）



河川に土砂が堆積し道路を流下している（7/8撮影）



天応中学校入口の橋が土砂で埋まっている（7/8撮影）



広島呉道路高架付近では1階がほぼ水没している（7/8撮影）



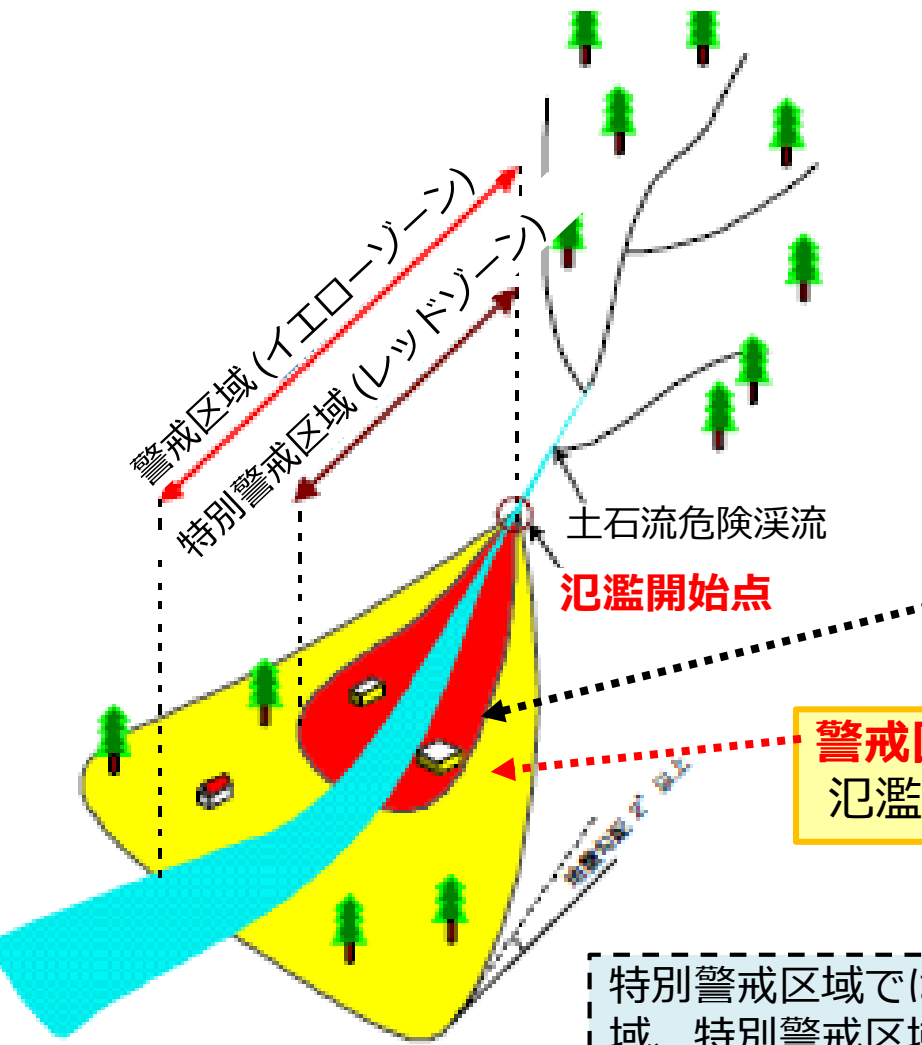
広島呉道路高架付近から上流を撮影（7/8撮影）

広島における土石流による住宅被害の 特徴

基礎調査で想定した流出土砂量・被害の規模と
実際に発生した土砂量の関係について

土石流に対する警戒区域・特別警戒区域の指定

土砂災害防止法 (2000)



特別警戒区域 (red):
土砂災害危険渓流の下流で住宅が土石流により構造的な損傷を受ける危険がある範囲。

特別警戒区域の決定方法
基礎調査によって発生土砂量の推定
↓
氾濫開始点の決定
↓
土石流の動きの解析と建築物への影響評価
↓
特別警戒区域の決定

警戒区域 (yellow):
氾濫開始点から地盤傾斜2度以上の範囲。

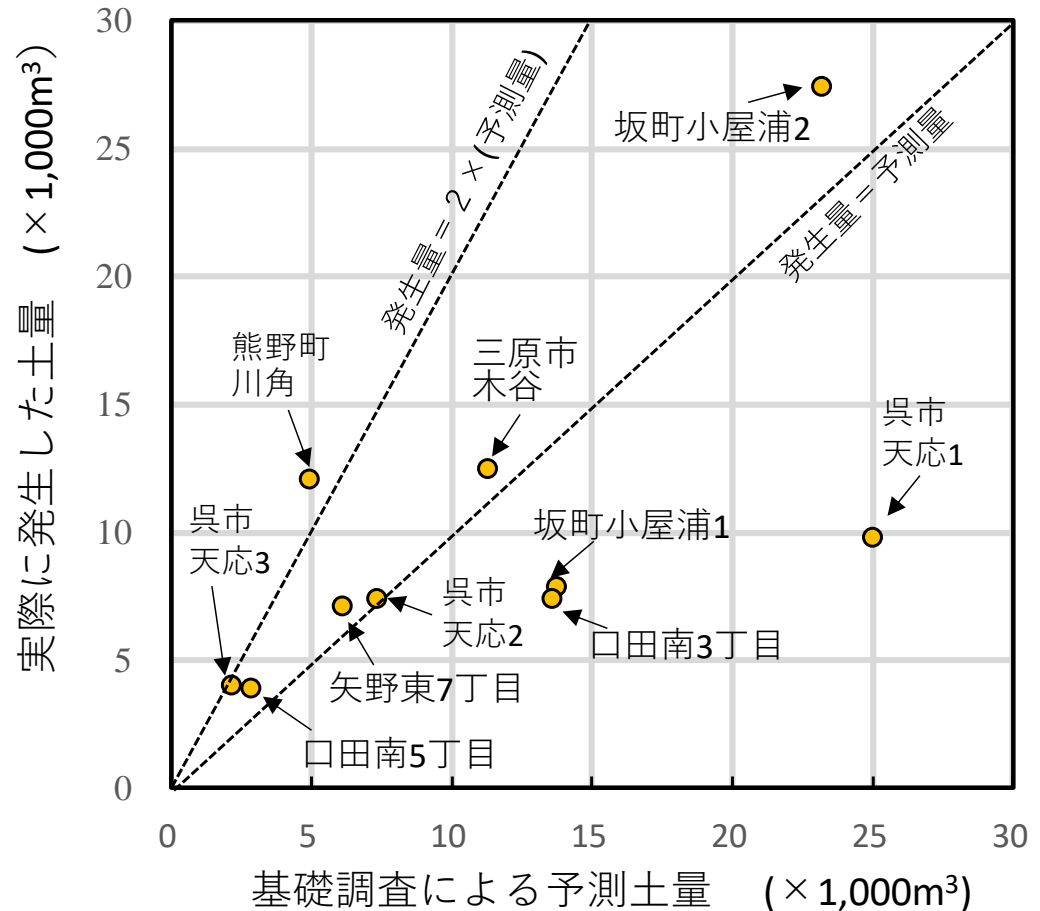
特別警戒区域では家屋の新築は制限される。自治体には、警戒区域、特別警戒区域において、土砂災害に対する警戒と早期避難システムを構築することが求められている。

今回の土石流で発生した土量と危険溪流の基礎調査で想定されていた土量の関係（広島市・呉市・東広島市・三原市区）

- 発生量と想定量の相違は小さい。ただし、熊野町川角だけは発生量は想定量の2倍以上となっている。



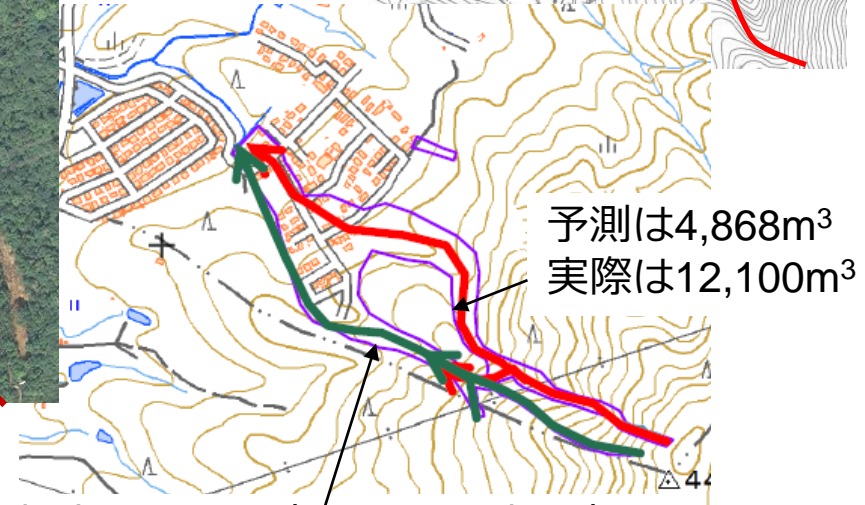
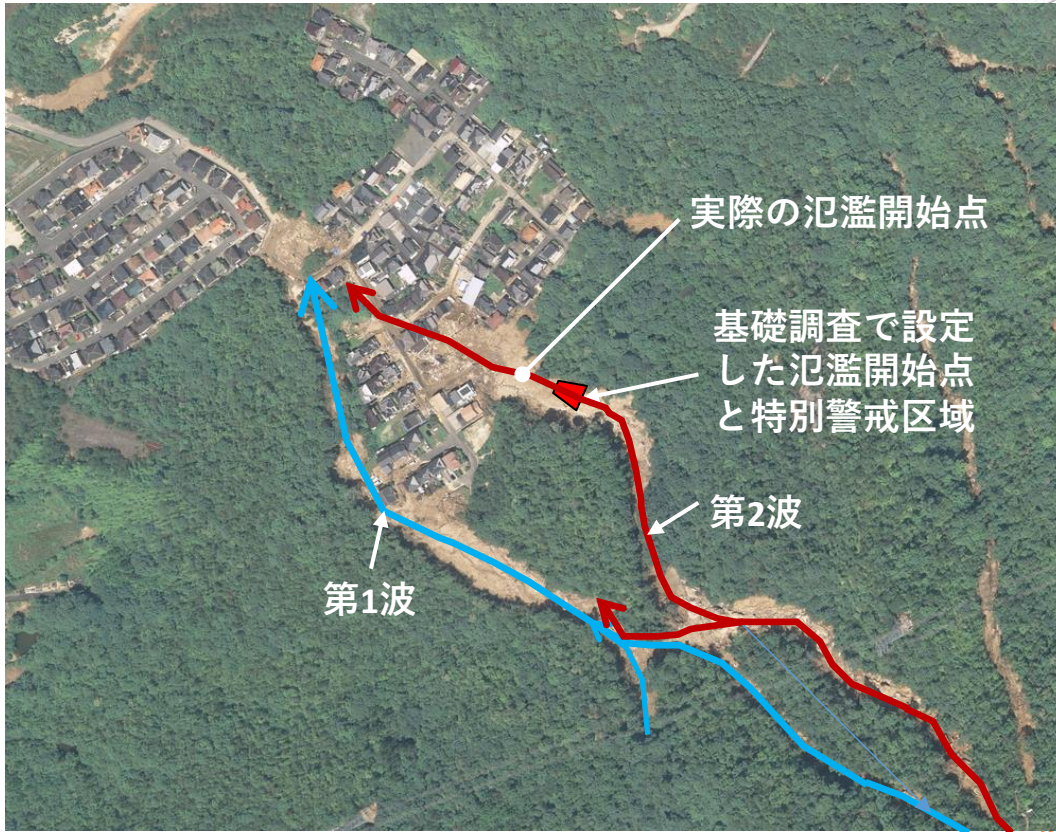
- 2015年以前の基礎調査による想定量は過小の可能性が高い。
- 2015年以降は土砂量の差は縮小している。（熊野町川角を除く）



ただし、土量がほぼ一致しても被害状況は一致しない！

熊野町川角5丁目大原ハイツにおける土石流と区域図の関係

土砂災害警戒区域および特別警戒区域の区域図
2017年3月9日 広島県告示



国土地理院<http://www.gsi.go.jp/common/000000044.gif>

想定しない溪流からの土砂の流入
があったことが差の原因

危険渓流の基礎調査の問題と限界

1. 2014年の広島災害後に危険渓流から流出する土砂の計算法を改定した。この改定により、基礎調査で予測した土砂流出量と発生量の差は縮小したと考えられる。
2. 矢野東7丁目の梅河団地の渓流では、土量の差は小さいが、甚大な被害を与える範囲は拡大した。この原因は、**想定していなかった渓流からの土砂流入、氾濫開始点の予測と実際の差**が考えられる。先行する土石流が治山ダムを埋め、後続の土石流がダムを通過して落下後に氾濫を開始した可能性がある。
3. 熊野町川角地区大原ハイツの土石流においても**氾濫開始点のずれ、想定しない渓流**を含め複数の渓流の土砂の合流で、予測を大きく超える土砂が発生した。基礎調査の問題と限界にどう対処するか、が問題といえる。

土砂災害危険度の変化(悪化)速度 の把握の重要性

単一雨量指標 R' による危険度変化速度とその分布の表示に
よる防災行政支援に関する研究

危険度の変化(悪化)速度の重要性 - 単一雨量指標 R' の適用

急激な災害リスクの増大 → 行政の対応の遅れの原因

現在の危険度 + 危険度の変化速度 (悪化速度) の把握が重要ではないか
レベル5になった場合でもさらに悪化しているのかどうかは重要

広島大学では、先行雨量を長期実効雨量で、雨量強度を短期実効雨量で表し、土砂災害の危険度を一つの数値で総合的に評価できる単一雨量指標 R' を提案している。

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

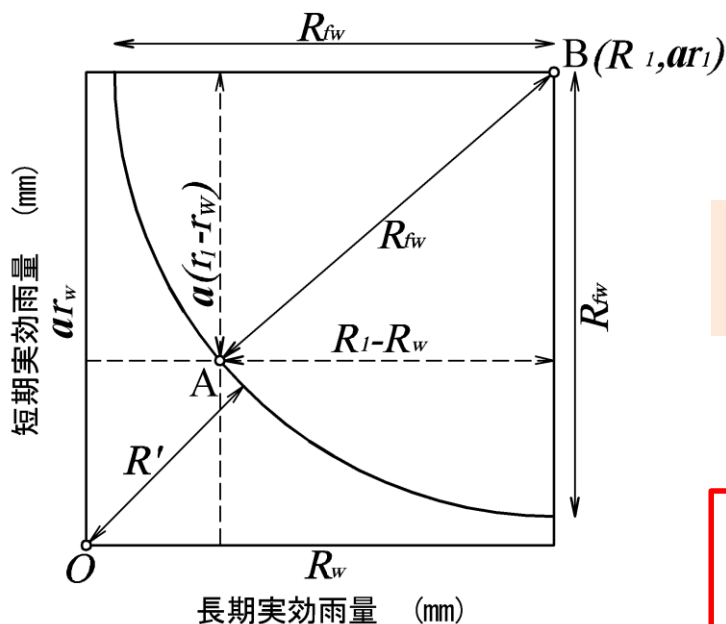
$$R_{fw} = \sqrt{(R_1 - R_w)^2 + a^2(r_1 - r_w)^2} \quad (2)$$

R_w : 半減期を72時間とする長期実効雨量(mm)
 r_w : 半減期を1.5時間とする短期実効雨量(mm)

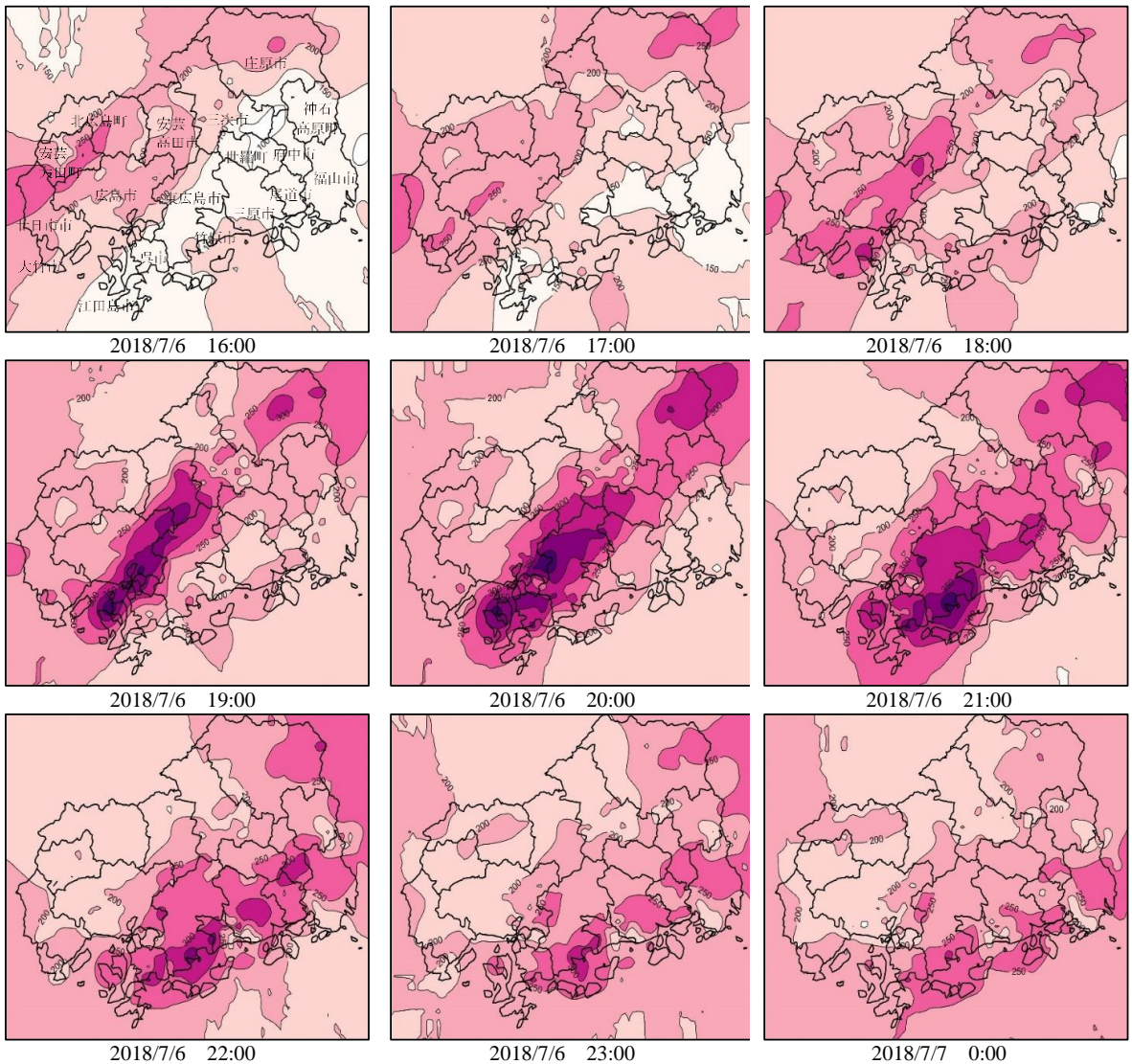
これまでの災害の分析から

$$R_1 = 600\text{mm}, \quad r_1 = 200\text{mm}, \quad a = 3$$

$$R' = 848 - \sqrt{(600 - R_w)^2 + 3^2(200 - r_w)^2}$$

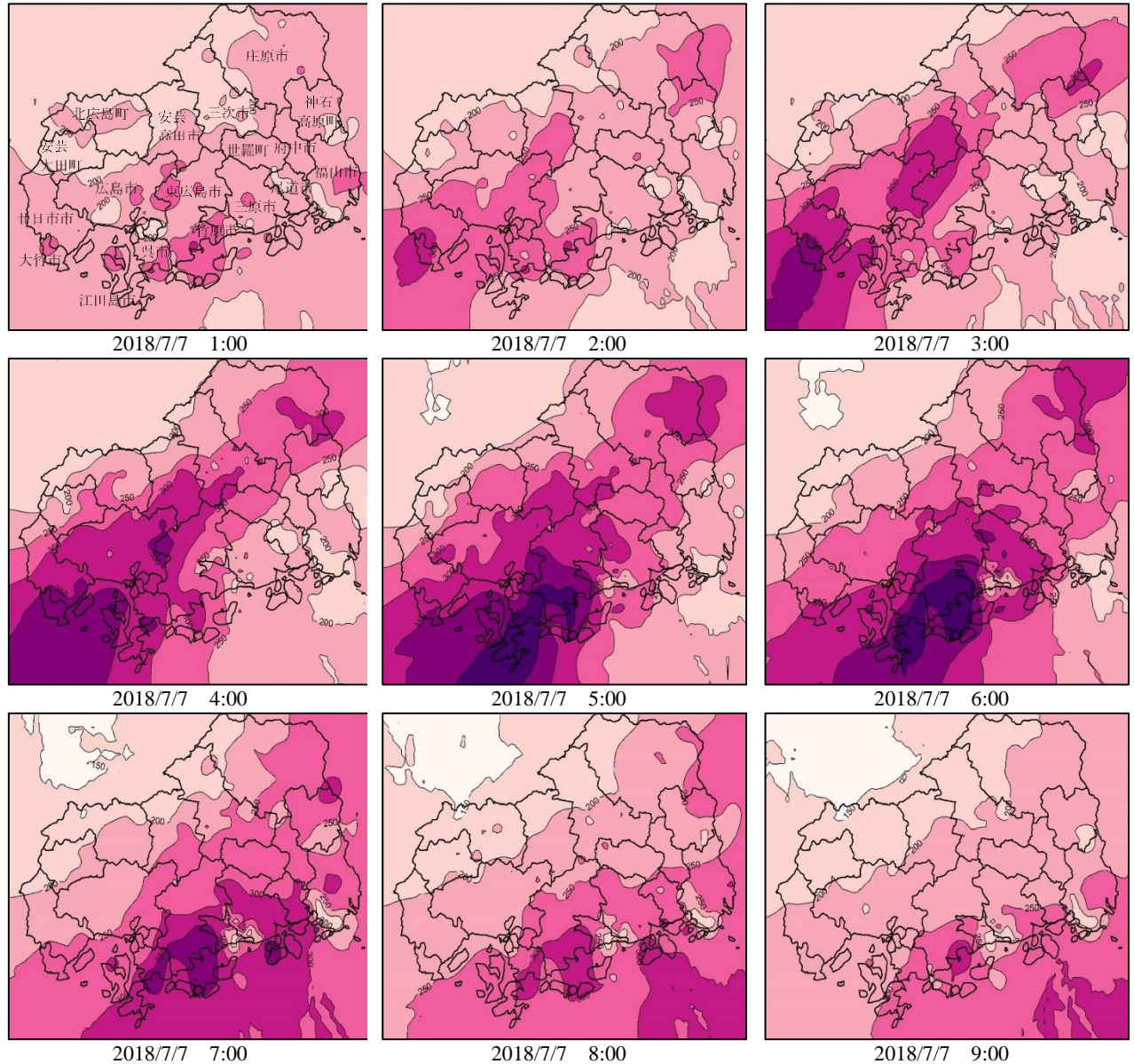


単一雨量指標 R' の適用に関する研究 2018年西日本豪雨災害における R' 分布図 1

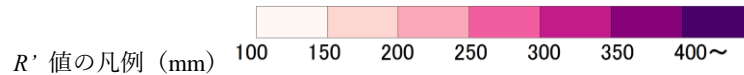


7月6日16時に広島県西部と広島県北部で $R' = 250\text{mm}$ 以上となる領域が現れ始め、18時には東へ移動し、広島市と安芸高田市に拡大。
 7月6日19時から広島市南部の一部に $R' = 400\text{mm}$ 以上となる領域が出現し、20時には大きな被害の出た広島市安佐北区口田地区周辺が $R' = 400\text{mm}$ 以上となった。

単一雨量指標 R' の適用に関する研究 2018年西日本豪雨災害における R' 分布図 2



7月7日5時から再び $R'=400\text{mm}$ 以上となる領域が呉市南東部と東広島市南部で現れ、7時まで続いた。



単一雨量指標 R' の適用性

$R' = 250\text{mm}$ 以上となる地域および時間帯で**土石流が発生する**。

$R' = 400\text{mm}$ 以上で**大規模災害**となる。

R' が 400mm を超えた雨量観測地点は、2014年の8.20災害で4か所であったが、今回の災害では29か所であり、広島県の広いエリアで大規模災害が起こる危険度の降雨があった。

大規模な土砂洪水氾濫が起こった地域 = R' がピークを迎えてから $R' = 250\text{mm}$ 以上で停滞する状態が12時間以上継続していた。

R' と土砂洪水氾濫の発生が関連付けられる可能性

単一雨量指標のメリット

- ・ 単一の数字であり、地域の分布図を描いたり、時間に対する推移を容易にグラフ化できる。
- ・ **危険度が最悪の段階まで達した後にさらに悪化しているか、改善しているかの推移を場所ごとに把握できる。**
- ・ 近年、民間会社が任意の場所に雨量観測所を設置しクラウドを活用してユーザーに低価格で雨量観測データを提供するサービスが普及しつつある。 R' と本サービスを組み合わせることで、任意の箇所の土砂災害危険度を簡単に評価できる。

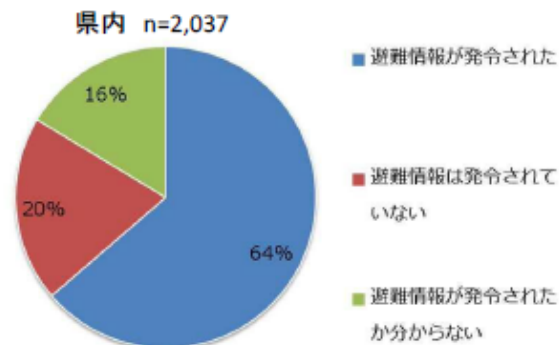
災害後に実施された広島県による住民アンケートの結果 1

避難情報発令の認知度は土砂災害警戒区域内の住民は**95%**であった。

検証② 土砂災害に関する住民アンケート(12/14)



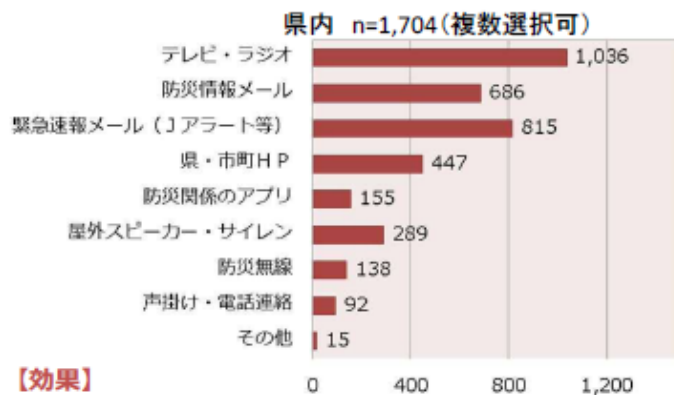
18) 平成30年7月豪雨(7/5~8)の避難情報発令の認知度



■ 避難情報発令の認知度は84%
土砂災害警戒区域等内の住民では95%

避難情報の認知度	県内全域 (n=2,037)		土砂災害警戒区域等内	
	回答数	割合	回答数	割合
避難情報が発令された	1297	64%	229	83%
避難情報は発令されていない	407	20%	32	12%
発令されたか分からない	333	16%	14	5%
合計	2037	100%	275	100%

19) 避難情報(7/5~8)の情報入手先



■ 情報入手先として、「テレビ・ラジオ」が61%と最も多い次いで、「緊急速報メール」が48%とインターネット環境からの情報入手が多い

避難情報の情報入手先 (複数選択)	県内 (n=1,704)	
	回答数	割合
テレビ・ラジオ	1,036	61%
防災情報メール	686	40%
緊急速報メール (Jアラート等)	815	48%
県・市町HP	447	26%
防災関係のアプリ	155	9%
屋外スピーカー・サイレン	289	17%
防災無線	138	8%
声掛け・電話連絡	92	5%
その他	15	1%
合計	3,673	1,704

【効果】

県内と比べ土砂災害警戒区域等内の住民の認知度が高い (84%→95%) ことを確認

施策3 避難につながる取組の推進

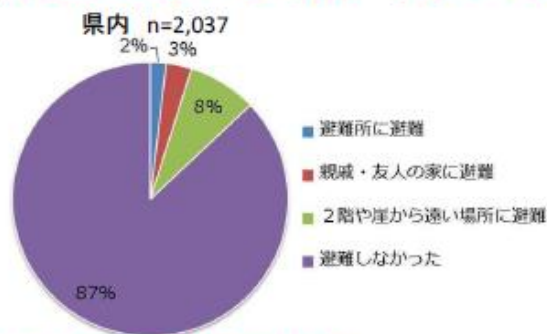
災害後に実施された広島県による住民アンケートの結果 2

- ・土砂災害警戒区域内の住民で、何らかの避難行動をとった人は**30%**。
- ・避難所・親戚友人宅への避難は**13%**で自宅内避難が**17%**。
土砂災害警戒区域の住民の70%は避難しなかった。
- ・避難した人のうち発災前に避難したのは21%、65%は発災後に避難。

検証② 土砂災害に関する住民アンケート(13/14)



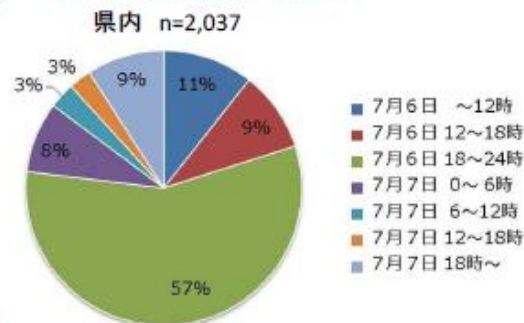
20) 平成30年7月豪雨 (7/5~8) の避難状況



■ 何らかの避難行動を行った住民は13%
土砂災害警戒区域等内の住民では30%が避難

H30.7月豪雨の避難状況	県内 (n=2,037)		土砂災害警戒区域等内		
	回答数	割合	回答数	割合	
避難所に避難	38	2%	20	7%	30%
親戚・友人の家に避難	61	3%	16	6%	
2階や崖から遠い場所に避難	165	8%	46	17%	
避難しなかった	1,773	87%	193	70%	
合計	2,037	100%	275	100%	

21) 時間帯別避難状況



■ 発災前に事前避難した割合は20%
土砂災害警戒区域等内の住民では事前避難の割合は21%

時間帯別避難状況	県内 (n=2,037)		土砂災害警戒区域等内		
	回答数	割合	回答数	割合	
7月6日 ~12時	28	11%	9	11%	20%
7月6日 12~18時	25	9%	8	10%	
7月6日 18~24時	150	57%	53	65%	21% ↓ 発災
7月7日 0~6時	22	8%	5	6%	
7月7日 6~12時	8	3%	1	1%	
7月7日 12~18時	7	3%	2	2%	
7月7日 18時~	24	9%	4	5%	
合計	264	100%	82	100%	

【効果】

県内と比べ土砂災害警戒区域等内は2.3倍の住民が避難

【課題】

事前避難の割合は土砂災害警戒区域内も違いはないことを確認

施策3 避難につながる取組の推進

- ・避難勧告、避難指示などの防災情報を受け取っても、実際に避難行動に結びつかない。
- ・避難した人の中で、発生前に避難したのは21%に過ぎない。



- ・避難しない。
- ・早期避難が少ない。避難行動が遅すぎる。

避難行動に移らない原因は：

正常性バイアス：自分にとって何らかの被害が予想される状況下にあっても、それを正常な日常生活の延長上の出来事として捉えてしまい、「自分は大丈夫」「今回は大丈夫」「まだ大丈夫」などと過小評価すること。→ **心理学の専門家による取り組み**

過去の経験がマイナスに：過去に避難したが「何事も起こらなかった」。避難しなくとも「何事も起こらなかった。」という体験により、「今回もたぶん避難しなくても大丈夫」と考えてしまう。
→ 渓流で起こっていることの情報がないため、「何事も起こらなかった」→ 渓流内では実際には土砂の移動が起こっている。渓流内の土砂の移動の情報を伝えることが避難に直結する。
→ **渓流内の情報不足が避難しない大きな原因ではないか**

土石流対応ワイヤレスセンサーを用いた住民参加型警戒・避難システムが早期避難に及ぼす効果

現在の「避難勧告」、「避難指示」の判断は、広域の雨量と地盤災害発生確率をもとに、雨量によって判断。
住民は、地域の溪流の情報が無い。

避難しても目にみえる被害が発生しないと「空振り」と称され、早期避難の効果が理解しにくい。

豪雨時には被害が無くも溪流では土砂の動きがある。
溪流の動きに関する情報がわかることで、「土砂が流出したが、溪流内に留まったり砂防堰堤に捕捉されて被害が無かった」などの結果がわかる。

目に見える被害の有無だけでなく、**溪流での土砂の動きを把握することで、早期避難の必要性を納得**できる。