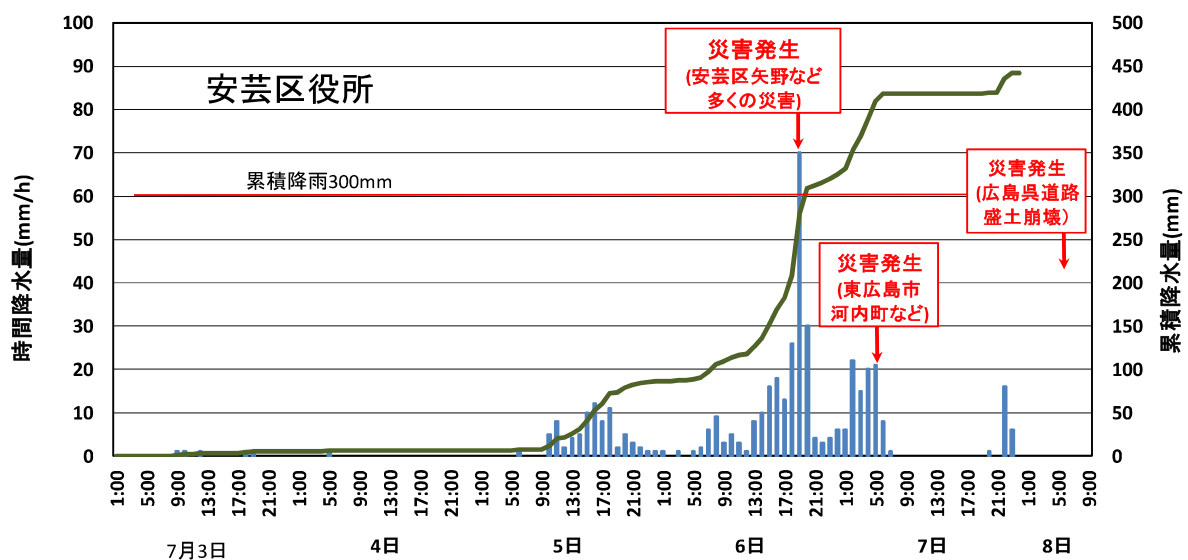


広島における土石流による 住宅および社会基盤施設の災害

地盤工学会(広島大学) 土田 孝

広島県における降雨の状況と発災タイミング



広島県の雨量計**382か所**(欠測26)の雨量

3日～5日: 平均 **296mm**

標準偏差 **41mm**

変動係数 **0.138**

3日～6日: 平均 **388mm**

標準偏差 **58mm**

変動係数 **0.149**

県全域に比較的均一に多量の雨が降ったことでこれまで認知されていなかったリスクが顕在化した。

地盤災害の観点からの本災害の特徴

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。



3

調査箇所 | 広島市安芸区・昭和入口交差点



Googleマップより



4

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。



5



土石流に襲われた車両の状況（新聞記事より）

7月9日毎日新聞 「あきらめない」水没車中で息継ぎし脱出 広島

中島さんは6日午後7時ごろ、広島市内の勤務先から車で帰宅中、上り坂にさしかかったところで長蛇の渋滞の列につかまった。（中略）**突然、坂の上からの大量の濁流が車ごとのみ込んだ。数百メートル下に流され、流木にひっかかった**後、車体は回転して坂を転がり始めた。（中略）しばらくして下流の土手に乗り上げ、ドアを力いっぱい蹴って自力で脱出したという。

7月10日中国新聞 「無事で」連日息子を探す

呉市内で働く国安さんは帰宅途中の6日午後7時40分ごろ**「目の前で木が倒れ、車が動けない」と矢野町の浅田病院付近から妻に電話したのを最後に行方がわからなくなった**。（中略）ツイッターの情報を基に病院近くで国安さんの車を発見した。（中略）9日には警察犬を投入したが発見には至らなかった。

7月15日中国新聞 不明の呉署員捜索 父懸命 同僚と避難誘導中土砂が直撃

呉市交通課の晋川尚人さん(28)を父が探し続けている。尚人さんは6日夜、同僚の山崎賢弘さん(29)と車で帰宅途中に被災した。目撃者によると、土砂崩れで車数台が立ち往生した現場で山崎さんと周囲の計8名を助けようと誘導を試みた。**2度の土砂崩れは避けたが、ガードレール脇に避難した際に3度目の直撃を受けた。ガードレールは破断し、山崎さんら他の2人と一緒に姿を消した**という。**3メートルほど横にいた7人は誘導のおかげもありなんとか救助された**。（中略）父は「現場でも警察官の使命を忘れなかったんだろう」、「なんとしても捜し出す」と語っている。



6

道路上の車両の被災状況①

坂の上方（左奥）からの土砂，流木に押し流された車両



7

道路上の車両の被災状況②

押し流された後，倒れた電信柱に引っかかっている車両



8

道路上の車両の被災状況③

カーブのガードレールを突き破り広島熊野道路の高架に挟まっている車両



9

道路から河道に転落した車両



10

道路の川側での陥没

少し上方には川の水位が高い状態に長時間保たれたことで生じたと思われる陥没があった。



昭和入口上流からの土砂流出の全体像



土砂の流出状況

被災前



Googleマップより



7月11日時点の航空写真（国土地理院）



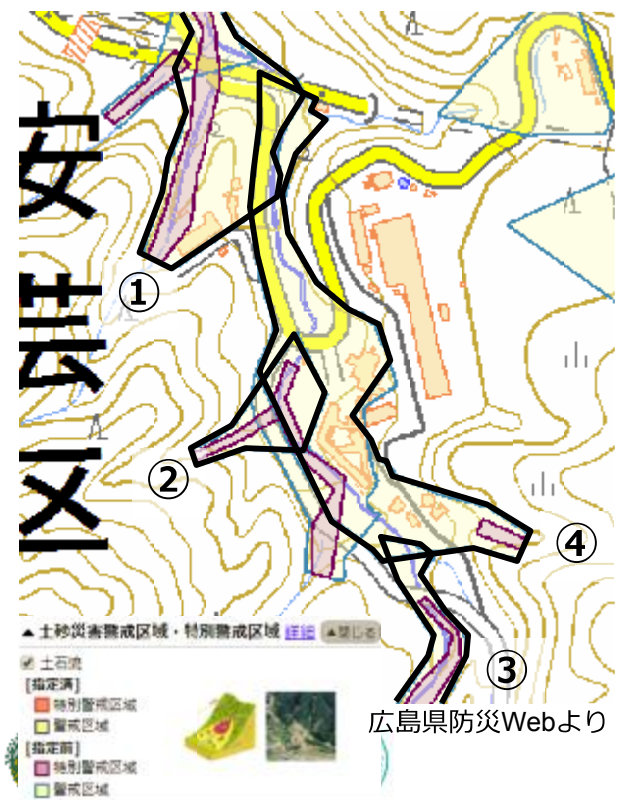
13

土砂災害警戒区域・特別警戒区域との関係

7月11日時点の航空写真（国土地理院）



14



昭和入口交差点周辺の土砂の流れ

交差点には大きく分けて**二つの流れ**があったと推察される。

A. 溪流②の土砂が焼山方面の道を流下



B. 溪流③④の土砂が矢部川沿いに流下



15

A. 焼山方面の道路上の土砂の流れ



土石流が防音壁を破壊しているの
と同時に土砂が道路沿いを下った
跡が見られた。

16

A. 焼山方面の道路上の土砂の流れ



- 流下した先には土砂で埋まった車両も見られた.
- そのまま交差点を通過し北へ下ったと考えられる.



17

B. 矢野川沿いの土砂の流れ

交差点から上流を見ると付近の病院の駐車場一面に上流から土砂が堆積していた.



18

B. 矢野川沿いの土砂の流れ

- 実際には、元々存在していた深さ5m程度の河道が完全に土砂で閉塞していた。
- 結果的に数千m³程度補足されていたと推察される。



19

B. 矢野川沿いの土砂の流れ

- 川は交差点で道路の下のカルバートを通して流れていた。
- 災害当時は閉塞して、流入する水や後続の土砂は道路上へ溢れ出たと推測される。



20

推定される被災メカニズム



車を押し流しながら
県道に沿って流下



参考 | 下流（矢野東方面）の水路



ほぼ直角に曲げて道路の下を
通している。



参考 | 下流（矢野東方面）の水路



既に土砂は一部撤去されていたが、
ここでも水路が埋まっていた跡が
見られた。

23

参考 | 下流（矢野東方面）の水路



ここでも道路の下を通る
管路の入口で土砂の閉塞
が生じたと推察される。

カルバートなど地下に設置した水路は、土石流の発生により閉塞しやすい

河道が閉塞すると、土砂を含む水は**道路上を流下**する。



24

まとめ

- 本サイトは土石流によって（直接的か間接的かは別として）道路上の車両が被災するという、これまでに例のない事例である。
- 道路上を土砂・濁流が流れた要因として土石流の道路への流出に加え、河道が道路と交差する際のカルバート部の閉塞による土砂の溢流および洪水氾濫があったと推察される。
- 山あいでも中小河川と道路が並行して位置する地区では同様のリスクを抱えていると考えられる。



土砂流出と洪水の相乗作用による被害の拡大（**相乗型豪雨災害**）について他の事例と合わせて分析し、今後の防災計画にて考慮するための方法論を議論する必要がある。



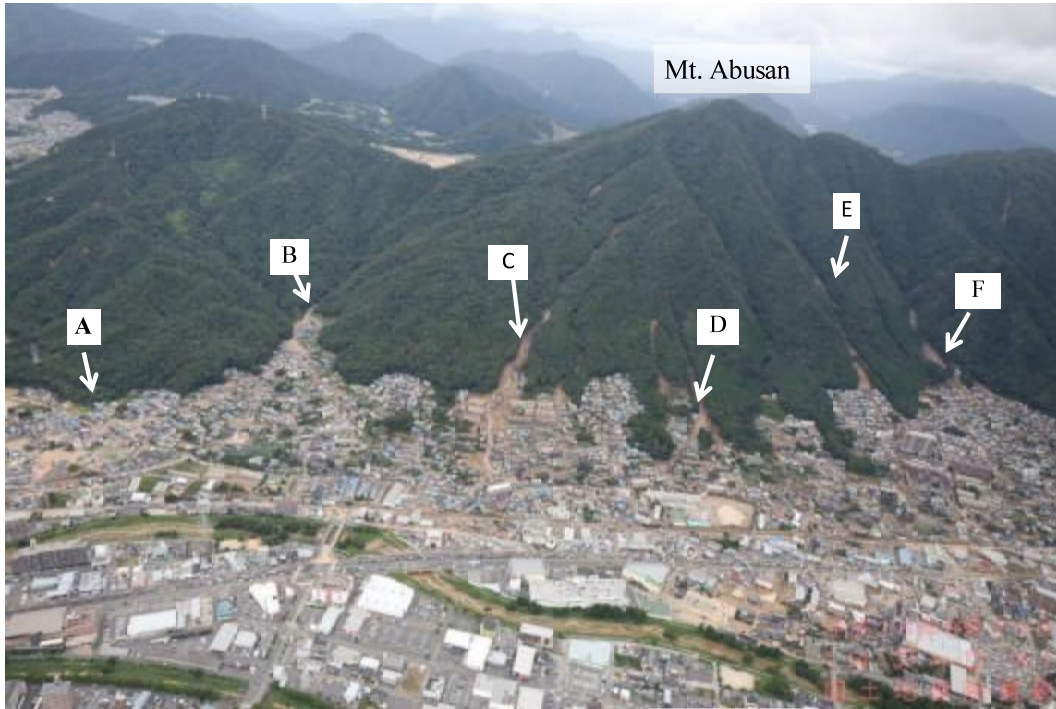
25

広島における土石流による住宅被害


基礎調査で想定した流出土砂量と実際に発生した土砂量の関係

土砂災害の発生件数	624件
土砂災害による死者	87名

2014年広島市の土砂災害における住宅被害（安佐南区緑井・八木地区）

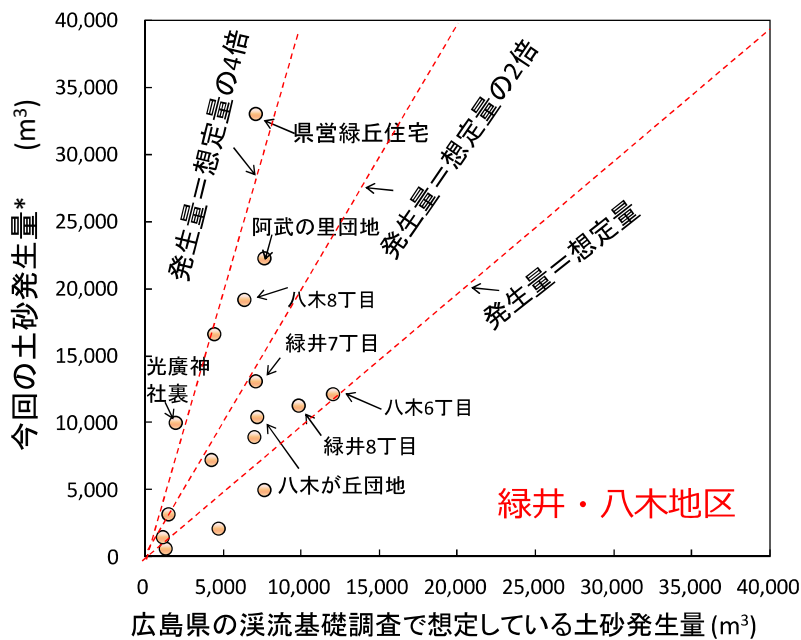


- A: Stream over Midori-i 7-Chome
- B: Stream over Midori-i 8-Chome
- C: Stream over Midorigaoka prefectural apartments (Yagi 3-Chome)
- D: Stream over Mitsuhiro Shrine (Yagi 3-Chome)
- E: Stream over Abu-no-Sato Housing Complex (Yagi 3-Chome)
- F: Stream over Yagigaoka Housing Complex (Yagi 4-Chome)

 **Hiroshima Univ. Geotechnical Engineering lab.**

27

2014年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（安佐南区 緑井・八木地区）



*注意: 中国地方整備局の調査による概算値であり、今後修正される可能性もある。

- ・ 緑井・八木地区の16の溪流のうち12の溪流で調査時の予測を上まわる量の土砂が流下した。
- ・ 特に被害が大きかった八木3丁目の溪流は、予測量の3~5倍発生した。

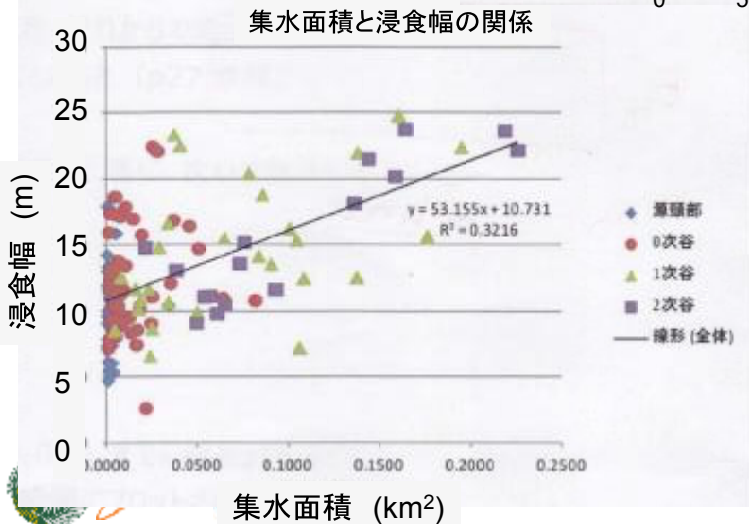


28

浸食幅と浸食深さの検証（被災前後のGISデータ）と見直し 広島県土砂災害警戒区域等法指定検討委員(2014)

災害前の調査結果と、
標高データから求めた
浸食断面の比較

*広島県土砂災害警戒区域等法指定検討委員会資料より



2014年以前の方法では、**浸食幅を平均4.5m程度**に設定していた。
しかし、災害前後の標高データから浸食幅を求めると、**概ね10m以上の**漂流が多かった。(浸食深さは大きな差はなかった)。

新たな推奨算定式

$$\text{浸食幅(m)} = 10.7 + 53.2 \times (\text{集水面積, km}^2)$$

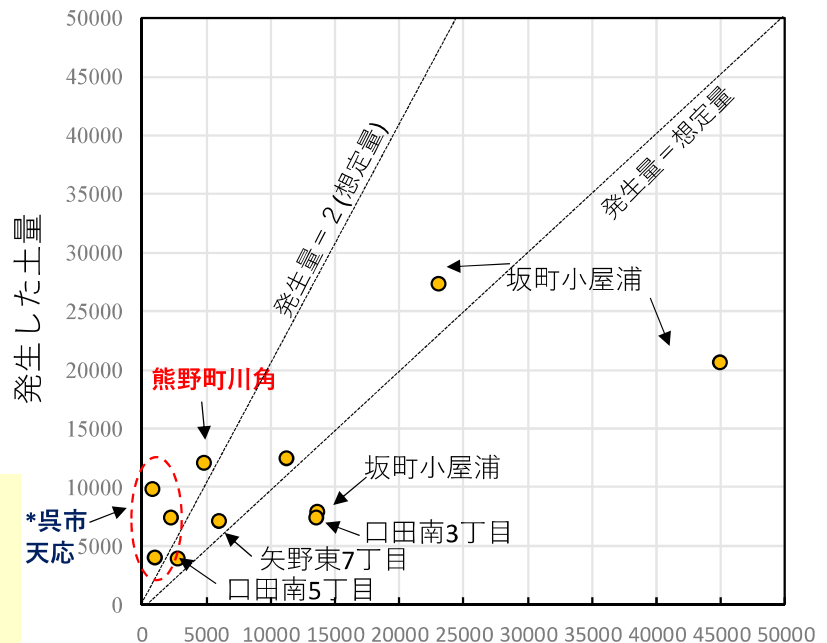
2014年以降の基礎調査に適用。

今回の土石流で発生した土量と危険渓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）

- ・呉市天応だけは、計算方法改定前の2012年の基礎調査による数字である。発生量は4~10倍となっている。
- ・呉市天応を除くと、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)

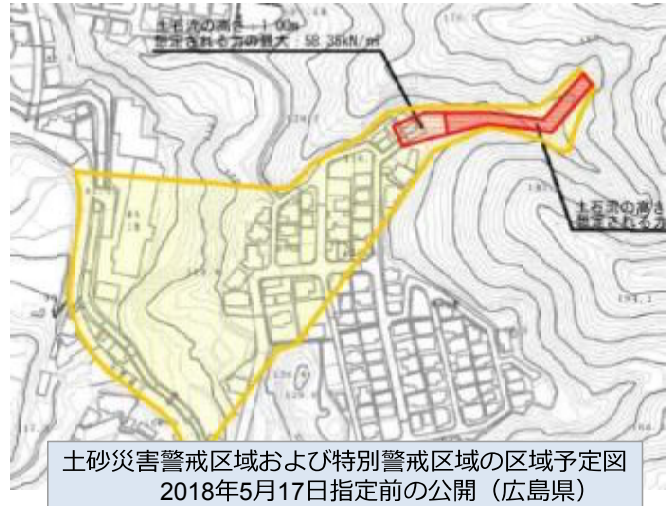
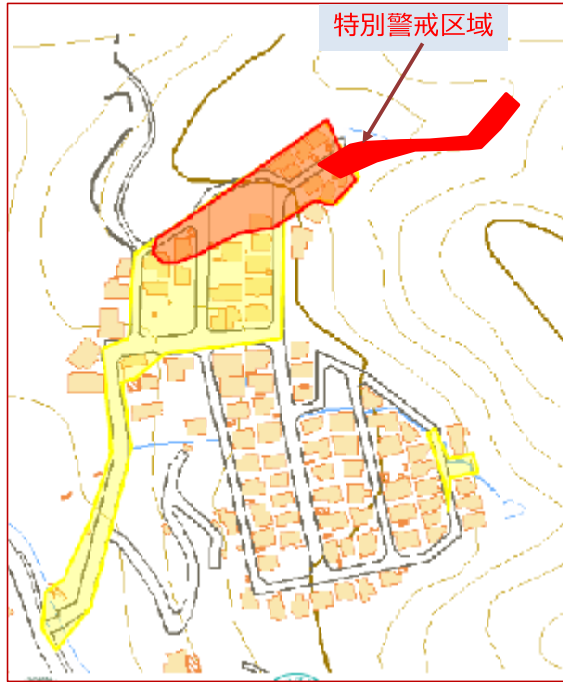


基礎調査による発生土量

ただし、土量がほぼ一致しても被害状況は一致しない！



矢野東7丁目梅河ハイツにおける土石流と区域図（予定）の関係



土砂災害警戒区域および特別警戒区域の区域予定図
2018年5月17日指定前の公開（広島県）

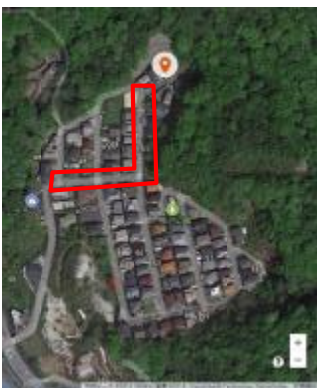
広島県が指定前に公開した基礎調査の結果による特別警戒区域（予定）を大きく超える範囲で甚大な被害が発生している。
予測発生土砂は**6,030m³**（治山ダム建設前）
（算定時の浸食幅は**10.8~12.6m**）

- 深刻な住宅の損傷
- 上砂の流出範囲

この溪流の発生土砂は**7100m³**だが被害は特別警戒区域を大幅に超える



家屋の被災状況



団地北東の治山ダム(1)

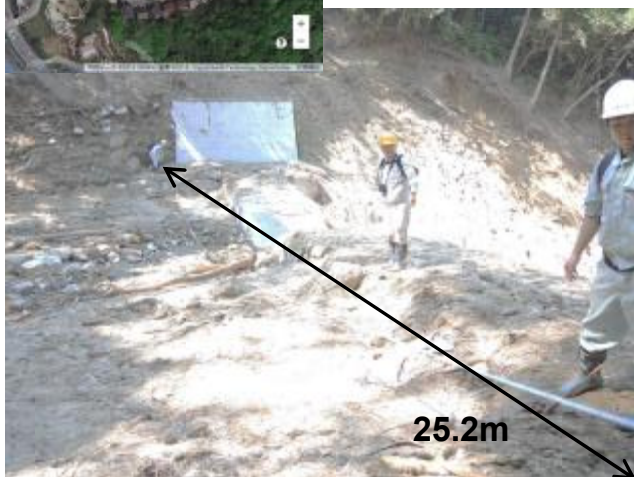


今年2月に完成した治山ダム。
発災前はほとんど土砂は堆積してい
なかったと予想されるが、満砂状態
となっており、堤体を越えて土砂が
流出しているのがわかる。



33

団地北東の治山ダム(2)



ダムの幅は約25.2m、堆砂部の奥行きは
約20.3m、堤体高さ8m。平均的な堆砂
深さを4mと仮定すると2,000m³程度の土
砂が捕捉されたと見積もられるが、今回
はそれを超える量の土砂が発生したと推
察される。



34

治山ダム背後の溪流



国土地理院の航空写真

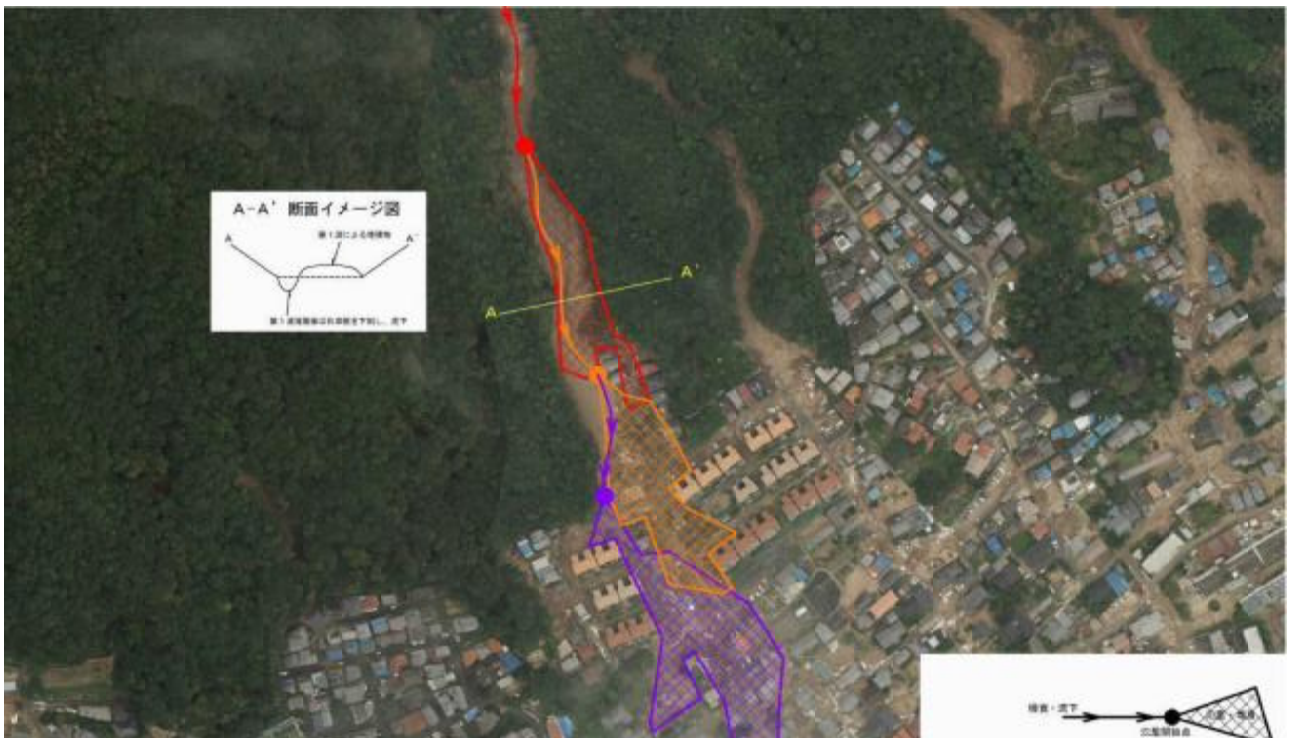
治山ダム背後からは**二つの溪流で土石流が発生**していた。警戒区域の設定時に考慮されていたのは左の溪流のみである。

先に右側の土石流によって治山ダムがほど満たされた後に左側の溪流の土砂がその上を流下した形跡があった。

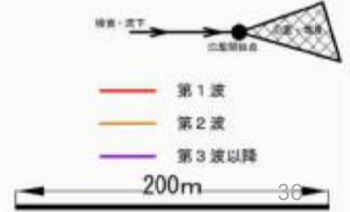
谷出口から100m程度進むと急な崖。上方から大量の水が流出。不安定な巨石もあった。



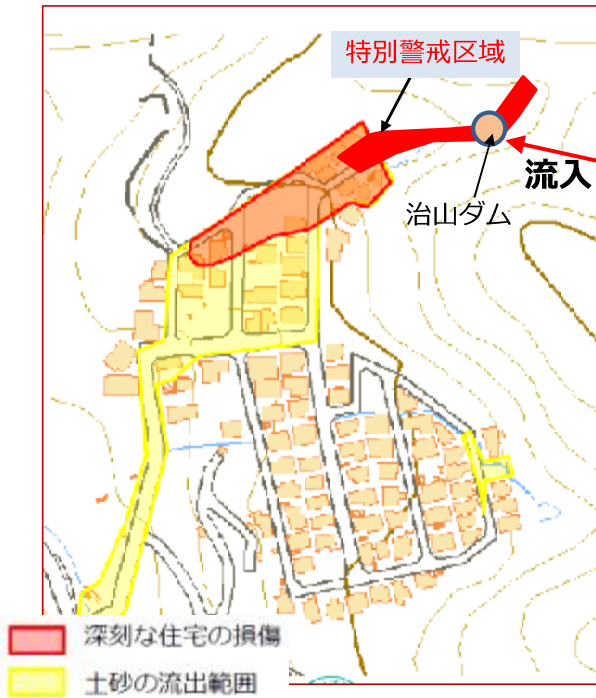
2014年広島土砂災害における県営緑が丘住宅の上の溪流における土砂の流出



- ・土石流が3回発生した。
- ・1回目の土石流はレッドゾーンに近い
- ・後続の土石流が下流の住宅に近い地点で氾濫を開始し、被害を拡大。



矢野東7丁目梅河ハイツにおける土石流と区域図（予定）の関係



土砂災害警戒区域および特別警戒区域の区域予定図
2018年5月17日指定前の公開（広島県）

予測発生土砂は6,030m³（治山ダム建設前）
（算定時の浸食幅は10.8~12.6m）

（別の溪流からの流入）+（氾濫開始
点が砂防ダムの下の可能性）

「土石流危険溪流カルテ作成要領（案）1999年6月 建設省河川局砂防部砂防課」
氾濫開始点は、土石流危険区域の地形が谷底平野の場合、「支溪の合流点、狭窄部の
出口、溪床勾配8°以下」を目安とし、扇状地の場合、「谷の出口、扇状地頂部、地
形勾配10°以下（土砂流の場合は8°）」を目安に設定する。

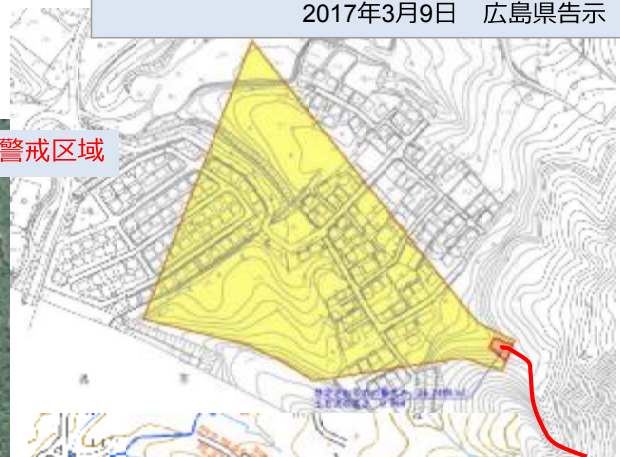


熊野町川角5丁目大原ハイツにおける土石流と区域図の関係

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>



予測は4,868m³
実際は12,100m³

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



多数のコアストーンによる被害の拡大



39

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. 改定前の予測土砂流出量が過小であることが確認できた。2014年以前の基礎調査の数字については、見直しが必要ではないか。
3. 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、横の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。
4. 土石流の氾濫開始点のずれ、さらに熊野町川角団地のように、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するなど、基礎調査の問題と限界にどう対処するかを今後検討する。



40

河川周辺における大規模な地盤陥没による交通途絶が多発

- ・ 瀬野川沿いの国道2号線の崩壊
- ・ 県道34号線における道路の大規模な陥没
- ・ 都市内河川と平行する道路における陥没の多発

都市内河川の河岸・道路の大規模な陥没の多発



国道2号線 瀬野川河岸の陥没により15日間の通行止め (写真：中国地方整備局)



県道34号線の陥没



沼田川沿いの県道33号線、山陽本線の崩壊

河岸の大規模な崩壊により主要な道路・鉄道の途絶



孤立する地域の発生
被害の長期化

地盤工学の観点からの課題

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

土砂流出と洪水の相乗作用による被害の拡大（**相乗型豪雨災害**）について他の事例と合わせて分析し，今後の防災計画にて考慮するための方法論を議論する必要がある。

