

山麓団地において，広島県が指定した土石流警戒区域の検証

横山俊治

深田地質研究所

Verification of debris flow warning zone designated by Hiroshima Prefecture at residential district developed in piedmont region

YOKOYAMA Shunji

Fukada Geological Institute

要旨：この研究の目的は，山麓団地を襲った山津波（土石流）の流下経路と比較して，広島県指定の土石流警戒区域の妥当性を検証することである．実際の山津波（土石流）は家屋に進路を妨げられ，アスファルト舗装道路上を勢いよく流れ下っている．ところが，広島県は，家屋の分布やアスファルト舗装道路の配置を考慮しない土石流モデルを解析に使っている．このモデルで設定された土石流警戒区域は下流に向かって広がり，それで山麓団地のほとんどの地域を被っている．その結果，土石流警戒区域の中にも安全地帯が残っているにもかかわらず，団地外の避難所に逃げようとした住民が路上で被災した．

キーワード：山麓団地，土石流，山津波，広島県指定の土石流警戒区域，検証

Abstract: The purpose of this study is to verify the validity in debris flow warning zone designated by Hiroshima Prefecture, compared with flow paths of mountain tsunamis (debris flows) which befall residential district. Natural mountain tsunamis (debris flows) are blocked the way by houses, and mightily flow down on asphalt paved roads. However Hiroshima Prefecture is using a debris flow model that excludes the distribution of houses and the placement of roads in consideration for analysis. The debris flow warning zone instituted under this model becomes wider downward, and then covers most ranges of residential district. As the result, even though safety areas still remain in the debris flow warning zone, people who tried to escape toward a shelter out of the residential district were affected on the roads.

Keywords: residential district developed in piedmont region, debris flow, mountain tsunami, debris flow warning zone designated by Hiroshima Prefecture, verification

1. はじめに

1999 年，2014 年，2018 年に広島県で発生した豪雨災害では，山麓を造成した団地（以下，山麓団地）を「土石流」が襲い，多くの人が犠牲になった．1999 年の災害を契機に，広島県では土砂災害による警戒区域図（土砂災害ポータルひろしま）を作成し，公表している．

2018 年 8 月 3 日付けの中国新聞によると，2018

（H30）年西日本豪雨災害では，死者 87 名中 41 名が土砂災害警戒区域に指定された地域で，24 名が指定に向けて調査中の地域で亡くなっている．犠牲者の多くは「土石流」によるものであった．広島県が作成した土石流警戒区域図を使って，安全な場所に避難することはできなかったのであろうか．避難ルートの選択に活用できなかったのであろうか．

本論文では，広島県指定の土石流警戒区域の妥

当性について、山麓団地の中を実際に流れた「土石流」の流下経路及び被害実態と比較して検証する。事例として、2014年の広島市豪雨災害で被災した広島市安佐南区緑井8丁目の団地と2018年の西日本豪雨災害で被災した広島市安芸区矢野東7丁目の梅河（うめごう）ハイツを取り上げる。

2. 山麓団地を襲った「土石流」の正体

山麓団地を襲った「土石流」は、土石だけでなく、多くの水に流木を含む水の災害であった。それは、学術用語である土石流（「土と石」の「流れ」）から思い描くことができるイメージとは大きくかけ離れた災害で、名称としては大衆用語である山津波がふさわしく、「山から来る津波」と理解した方が住民にも分かりやすく、防災にも役立つ（横山，2015a，2015b）。山津波は、下流に向かって、土石流、土砂流、洪水流と性格を変え、同時に被災の程度も変わっていく（図1）。したがって、本論文では、広義には山津波を使い、狭義の土石流と区別する。

山麓団地を襲った山津波は規模が小さかったことも流下時の挙動を考える上で重要である。規模が小さいことは、流下時に微地形の影響を受けやすく、家屋や宅盤の構造、道路の配置によっても、流下経路が変えられたり、停止したりする可能性があることを暗示している。

3. 山麓団地内を流れる山津波の流下経路の特徴

山津波は、山麓団地のどのような場所を流れやすいか、どこが被災しやすいかについては、次のようなことが分かってきた（横山，2018）。

3.1 谷の中及び谷の出口付近は危ない

山麓団地には、谷の中まで造成した住宅地がしばしば認められる。山津波が発生すれば、谷の中に建てられた住宅地が被災する確率が高く、緑井8丁目の団地（図2）や梅河ハイツ（図3）でも、土石流の直撃を受けて多くの家屋が全壊し、死者も出ている。

山地内の谷は狭義の土石流の通り道になるので、家屋の被災は当然と言えば当然であるが、造成によって元の地形が改変されていることで分かりにくくなっている場合もある。しかし、造成した業者、造成を認可した役所、家を購入した住民の内の誰かに地形を見る目があれば、谷の中の家屋の被災は防ぐことができたであろう。

谷の出口付近も狭義の土石流の通り道になる（図2，図3）。谷の出口付近まで、住宅地として開発されている山麓団地が多く、そこに家屋が建設されていれば、狭義の土石流の直撃を受ける確率が高くなる。

3.2 平坦な空き地に山津波は流れ込んでくる

平坦な空き地は団地内の様々な場所にあり、しばしば山津波が流れ込んでいる。家屋が大きな被害を受ける恐れが高いのは、空き地が谷の出口付近に存在する場合である。

緑井8丁目の団地や梅河ハイツにも、未開発のまま放置されていたり、造成後も住宅が建築されずに放置されていたりする空き地が谷の出口付近にあり、そこに狭義の土石流が流れ込んで、空き地のすぐ下流側に建てられた家屋は土石流の直撃を受けて全壊し、死者も出た。

空き地では斜面の傾斜が急激に緩くなるために、そこに流れ込んだ土石流は、多量の流木や土石流堆積物を堆積することで、破壊力がそがれる。

3.3 家屋をなぎ倒して土石流が前進することは

ない

山津波は全壊した家屋を押し流してまで先に進むことはない(図4)。土石流の直撃を受けて全壊した家屋の下流側の家屋は半壊になることがあっても、さらにその下流側の家屋まで被災することはない。土石流は、道路や空き地を使って流下していかない限り、全壊した民家のところでほぼ完全に停止する。

3.4 谷型斜面や造成によって生じた人工の谷に沿って流れる

緑井8丁目の団地で山津波が流れたのは、元々谷型斜面であったところである(図1)。

しかし、そこだけではなく、造成で生じた人工の谷に沿っても流れる。山麓を造成した団地は、大局的には下流に向かって緩やかに傾斜しているので、平らな宅盤を造成するために、ひな壇の宅盤が造られ、斜面下方に向かって配列するひな壇列とひな壇列の間に道路が造られる。このような人工的に造られた谷の道路は山津波の通路になる。

3.5 アスファルト道路を流れやすい

梅河ハイツに堆積した山津波堆積物の分布(図5)を見れば、山津波がアスファルト舗装道路上を流れやすいことは一目瞭然である。そして上流域では、アスファルト舗装道路上を流れるのは土石流である。土石流は、ひな壇の上流から宅盤上に流れ込み、家屋は道路側の一階部分を中心に被災することがあるが、二階に居れば、命の危険は低下する(図4)。

土砂流や洪水流もアスファルト舗装道路上を流れやすい。土砂流や洪水流で、家屋は破壊されないが、人や車は流される恐れがある。

4. 広島県の土石流警戒区域図の作成方法

広島県は、土石流モデルを作成して、それを実際の現場に適用して、土石流警戒区域図を作成している。モデル化において、3つの仮定を置いている(図6)。1番目の仮定は、「土石流」は直進性があり、谷を出た「土石流」は出てきた谷の地形に規制されて、まっすぐ進むものとする。2番目の仮定は、「土石流」が流れるのは斜面の傾斜が3度までとする。3番目の仮定は、直進する「土石流」を中心において、その両側30度の範囲も「土石流」が流れる危険性があるとして、警戒区域の範囲を設定する。

1番目の仮定である直進性は、家屋や道路の配置によっても流下経路が大きく影響されるので、必ずしも保証されるものではない。

2番目の仮定は多くの事例から判断しておおむね妥当であると考ええる。

3番目の仮定は、同じ谷から流出した「土石流」の流下経路群から導き出されたものではない。それぞれ別の谷で発生した「土石流」の流下経路を寄せ集めたものである。同じ谷から流出した「土石流」の流下経路が変わるのは、先の「土石流」で堆積した流木や土石流堆積物によって、次に発生する「土石流」の流路が妨げられるからである。流木や土石流堆積物を除去してしまえば、次に発生する「土石流」の流下経路は先のものと変わらない。しかし、3番目の仮定によって、下流ほど広くなる扇形の土石流警戒区域が設定されることになる。

このモデルを機械的に現場に当てはめて作成したのが、広島県の土石流警戒区域図である。

5. 山麓団地における広島県指定の土石流警戒区域と現実の山津波の流下経路との比較

5.1 緑井8丁目の団地の場合（図7）

2014年広島市豪雨災害時に緑井8丁目の団地を襲った山津波が発生した谷について、広島県が指定した土石流警戒区域は、土石流モデルの1番目の仮定に従って、「土石流」は沖積錐の中心の標高が最も高いところを一直線に進むと予測して作成されている。そして、3番目の仮定に従って、その両側30度の範囲を警戒区域に指定したために、土石流警戒区域は沖積錐のほぼ全域（団地のほぼ全域）を被った。さらに、沖積錐のほぼ中心線に当たるところは標高が最も高いにも関わらず、そこが最も危険と判断し、土石流特別警戒区域に指定している。

これに対して、実際の山津波は、上流から見て沖積錐の右端にあたる谷型斜面の低いところに設置されたアスファルト舗装道路上を流れていて、上記の土石流警戒区域とは大きくかけ離れている。広島県が指定した土石流警戒区域の大部分の地域は、沖積錐の微地形から判断して、自宅待機で十分に安全が確保できる。その中でも、土石流特別警戒区域に指定された地域はその両側の地域よりも標高が高く、この団地内では最も安全である。

5.2 梅河ハイツの場合（図8）

広島県が作成した梅河ハイツの土石流警戒区域図によると、北ブロックと南ブロックのそれぞれに流れ込む谷で「土石流」の発生が予測され、それらの「土石流」に対して設定された土石流警戒区域に、団地のほぼ全域が入っている。

2018年西日本豪雨災害では、北ブロックと南ブロックのそれぞれの谷で予測されていた山津波に襲われた。山津波は、下流に向かって、土石流、土砂流、洪水流と状態を変化させながら、アスファルト舗装道路上を流下している。

北ブロックの住宅地の地形は南に傾斜してい

るために、山津波は、谷の出口の空き地を除いて、アスファルト舗装道路上を南に流れた。南ブロックの住宅地の地形は全体として北東方向に傾斜しているために、山津波は、北東端のアスファルト舗装道路を選択的に流れ、直角に曲がる道路の配置に流下経路を規制されて流下した。北ブロックと南ブロックに設置された道路を流れた山津波は、両ブロックの境界を東から西に走る道路に沿って合流し、団地外に繋がる道路を流れ下った。

その結果、土石流警戒地域に設定されていても、南ブロックの南半部の住宅地は山津波が流下していない。また、両ブロックの西側（下流側）に広く分布する森林地域においても、団地外に繋がる道路を除いて、山津波は流れていない。その一方で、団地外に繋がる道路一部は土石流警戒区域から抜け落ちている。

梅河ハイツの場合も、現実の山津波はアスファルト舗装道路に沿って流れていて、家屋をなぎ倒しながら突き進んでいるのではない。広島県が指定した土石流警戒区域のように、むやみに広い範囲を警戒区域に指定する必要はないのである。広島県が作成した土石流警戒区域図が現実と乖離したのは、モデル作成で設定した1番目と3番目の仮定が実際の現象とかけ離れているにも関わらず、機械的にそのモデルを現実の山麓団地に当てはめたところにある。

6. 梅河ハイツの住民の証言から見てきた避難行動の実態

2018年の西日本豪雨災害で山津波が発生したとき、梅河ハイツの住民はどのような避難行動を採ったのであろうか。

広島地方気象台の気象速報（広島地方気象台、2018）によると、梅河ハイツを含む広島市に、1

回目の大雨警報（土砂災害）が発令されたのは 7 月 3 日 10 時 29 分。それ以降継続的に大雨警報が発令され、7 月 6 日 19 時 40 分に大雨特別警報（土砂災害・浸水害）が発令された。これを受けて、広島市は 20 時 14 分に避難指示を出した。下記の証言者④によると、梅河ハイツの北ブロックを襲った山津波が発生した時間は 7 月 6 日の 20 時頃で、避難指示は山津波発生時刻にわずかに遅れて発令されたかほぼ同時刻であった。

図9は、2018年9月7日付け中国新聞のデータを基に作成した住民の避難行動の記録である。

【南ブロック在住の証言者①】18時30分頃、自宅前の道路を水が激しく流れ下っているのを目撃して、そのまま自宅待機。結果的に避難所に避難する機会を逃したと証言している。

【北ブロック在住の証言者②】19時頃、テレビを流れる災害情報で危険を感じ、団地外に抜ける道路を使って、夫と共に車で公認避難所の矢野南小に向かった。途中、県道矢野安浦線の道路は冠水していたが、矢野南小まで1.5kmの道のりを7分で移動できた。なお、自宅は全壊していた。

【南ブロック在住の証言者③】19時30分頃、家族2人と共に車で矢野南小に向かった。県道で歩行者が流されるのを見て引き返したが、途中で水の流れに行く手を阻まれ、車ごと押し流されたが、助かった。新聞に掲載された図から推察すると、森林内の脇道に逃れたらしい。

【北ブロック在住の証言者④】20時頃、二階の窓から民家や岩石が流れてくるのを確認し、とっさに反対側の寝室に逃げ込んだ。その直後、自宅の半分が土石流にえぐり取られた。

証言者①の証言からすると、山津波発生の1時間30分前には道路を濁流が流れている。北ブロックの住民の中にも、道路を流れる濁流で外に出ら

れなかった人がいる。山津波発生の2時間くらい前には避難所に入っていないと、安全に避難するのが難しくなる。

南矢野小（公認避難所）にたどり着いた証言者②の避難開始時間と、南矢野小にたどり着けなかった証言者③の避難開始時間との時間差は30分である。この時間差で、県道の冠水は進み、ハイツから道路に流れ出た水も、車が走れないくらいにまで増水した。証言者③の避難開始時間と山津波の発生時刻との時間差は30分である。

団地外に繋がる道路は、山津波発生前から激流の流路になり、山津波発生時には、狭義の土石流は流れて来なくても、土砂流さらにその先で洪水流の流路になっている。証言者②が団地外の県道矢野安浦線にたどり着いたときには、すでに道路は冠水していた。

7. なぜ、証言者②や③は危険な避難路を選択して、遠く離れた団地外の公認避難所に避難しようとしたのか

上述したように、広島県指定の土石流警戒区域は下流ほど広がっており、その結果、多くの山麓団地では、団地のほぼ全域が土石流警戒地域に入っている。警戒区域に避難所を設置してはいけないというルールがある（条例にはなっていないようだが、県はそうように指導している）がために、ほとんどの山麓団地で、団地内に公認避難所を設置することができない。そのため、避難しようとする人は、何が何でも団地外の公認避難所に向かうとする。その結果、避難途中に道路上で被災した。

団地外への避難に駆り立てたもうひとつの原因は、公認避難所に避難した人以外は避難したとは認めない、目に見えない圧力の存在である。証

言者③は、遠く離れた団地外の避難所に避難しようと思わずに、自宅待機の方が安全であった。どうしても自宅外に避難するなら、自宅の前の道路を山に向かって上って、団地内に避難すべきであった。証言者③が最終的に難を逃れたと思われる場所は南ブロックの西に位置する森林の中を通る道路である。皮肉にもそこは、広島県指定の土石流警戒区域に入っているが、山津波が流れ込む危険性がない場所であった。

8. なぜ、証言者④や自宅で亡くなった人など、ほんとうに自宅外避難が必要な人が逃げなかったのか

広島県指定の土石流警戒区域には、山津波の危険性がきわめて低い領域がかなり含まれている。その一方で、谷の中や谷の出口付近の住宅地のように早めの避難（大雨警報が出たらすぐにでも避難）が必要な場所も含まれている。ところが、広島県作成の土石流警戒区域図では、ほんとうに危険な場所と危険性がきわめて低い領域とが明確に地図化されていない。その結果、ほんとうに自宅外避難が必要な人にとっても、土石流警戒区域内なら、どこにいても危険性は同じと考えてしまう、変な心理的安心感を抱かせたのではなかろうか。

2019年4月18日付けの中国新聞によると、全国インターネット調査で、逃げやすい距離は300～550mと答えている。そして、遠すぎて避難できないと感じる距離は1500m以上と答えた人が42.2%いた。団地内に避難所がないと、早めの避難を実現するのは心理的にも難しい。

避難所の劣悪な環境も、早期避難の妨げになっている。「避難所はこりこり、災害が起きてももう避難しない」「避難所に行きたくなくて、自宅から逃げなかった」（2019年2月9日付け中国新聞）

という住民の声に耳を貸そうとせず、災害大国でありながら避難所の質は世界基準に達していないという事実を目を向けるべきである。直接の災害では生き延びた人がその後亡くなる災害関連死と呼ばれる人が多すぎる。その原因のひとつが避難所の質、避難してからのケアの質にあることは間違いない。

9. おわりに

「避難が命を守る行動である」とするならば、広島県が作成した土石流警戒区域図は、実際の避難行動にあまり役立たない。それを感じ取った多くの住民は、土石流警戒区域図を活用して避難しようとは考えなかったのではないか。避難に役立つ被害予測地図（ハザードマップ）を作成するには、現実の被災現象から、流下時の山津波の姿をできるだけリアルに描き出し、山津波の挙動を分析し、その情報を元に、個々の山麓団地で山津波の流下経路を予測して、それを地図化することが第一に必要である。その上で、自宅外避難を必要とする場所を抽出し、避難に使ってはいけぬ道路を選定する。と同時に、山津波の危険性の低いところ（いざという時の避難に適しているところ）を抽出する。そしてこれらも地図化する。このような作業は応用地質技術者が得意とするところであり、そこに応用地質技術者が身近な防災で活躍できる場所がある。

文献

広島地方気象台（2018）：平成30年7月3日から7月8日にかけての台風7号と梅雨前線による大雨について（広島県の気象速報），平成30年7月8日12時現在気象速報，20180709_sokuhou.pdf, 35p.

横山俊治 (2015a) : 山津波（土石流）の実像に迫る－発生から停止までの挙動を知る－, 平成26年広島大規模土砂災害調査報告書「土地の成り立ちを知り土砂災害から身を守る」, pp.5-12.

横山俊治 (2015b) : 2014年広島土砂災害を教訓とするために, 全国地質調査協会連合会機関誌「地質と調査」, pp.16-21.

横山俊治 (2018) : 山麓を造成した団地の防災－山津波（土石流）からどう逃げるか－, 日本応用地質学会 : 「平成30年7月豪雨災害（西日本豪雨災害）調査団報告書～広域・激甚化する災害に学び, 次の災害に備える～」, pp.257-274.



図1 緑井8丁目の団地を流れた山津波堆積物の分布。山津波は沖積錐の西端の谷型斜面に沿って流れている。地理院地図（電子地図 Web）：2004 年～（被災以前の簡易空中写真）に加筆。茶色破線：土石流堆積物，黄色着色：土砂流堆積物，水色着色：洪水流堆積物

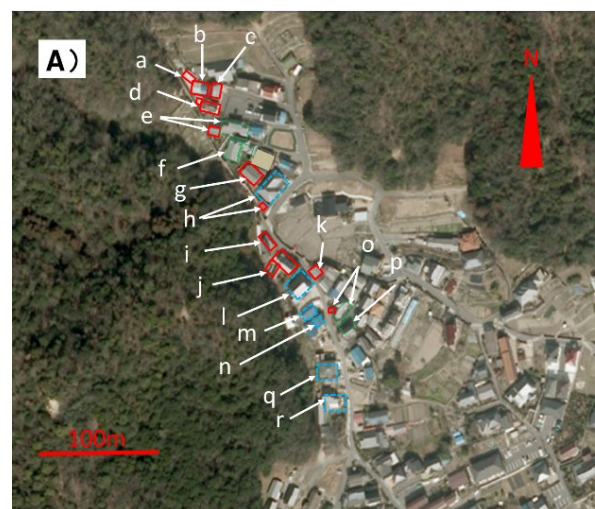


図2 緑井8丁目の団地の被災家屋分布図（この図（A）より南部（B, ここでは省略）では家屋は被災していない）地理院地図（電子地図 Web）：2004 年～（被災以前の簡易空中写真）に加筆。赤色実線（太）：全壊家屋，水色破線：半壊家屋，緑色実線（細）：非被災家屋，a～r：一軒ごとに付けた記号



図3 梅河ハイツ（北ブロック）の被災家屋分布図。地理院地図（電子地図 Web）：2004 年～（被災以前の簡易空中写真）に加筆。赤色実線：全壊家屋、青色破線：半壊家屋



図4 空き地に流れ込んだ流木・土石流堆積物と家屋の被災状況（緑井8丁目の団地）。k 邸は土石流の直撃を受けて全壊しているが、その背後の家屋は被災していない。空き地に流れ込んだ流木や土石流堆積物は k 邸の手前で停止している。i 邸は前の道路を通過した土石流によって一階が被災した。



図5 梅河ハイツに堆積した山津波堆積物の分布。山津波は、空き地とアスファルト舗装道路上を流れている。土石流堆積物・流木・全壊した家屋は撤去されている。地理院地図（電子地図 Web）：2018 年空中写真（被災直後）に加筆。茶色破線：土石流堆積物、黄色実線：土砂流堆積物、水色実線：洪水流堆積物

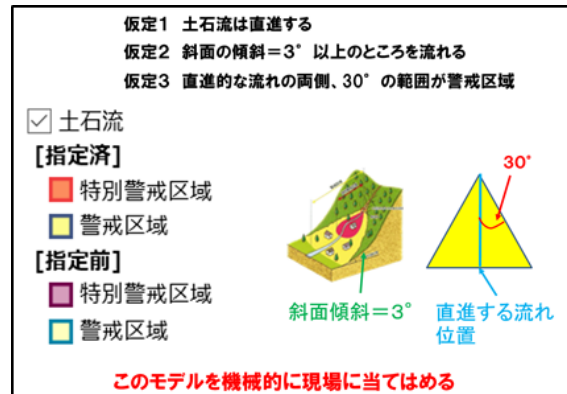


図6 広島県作成の土石流警戒区域の解説（土砂災害ポータルひろしまに加筆）。広島県は3つの仮定に基づく土石流モデルを現場に当てはめて解析している。

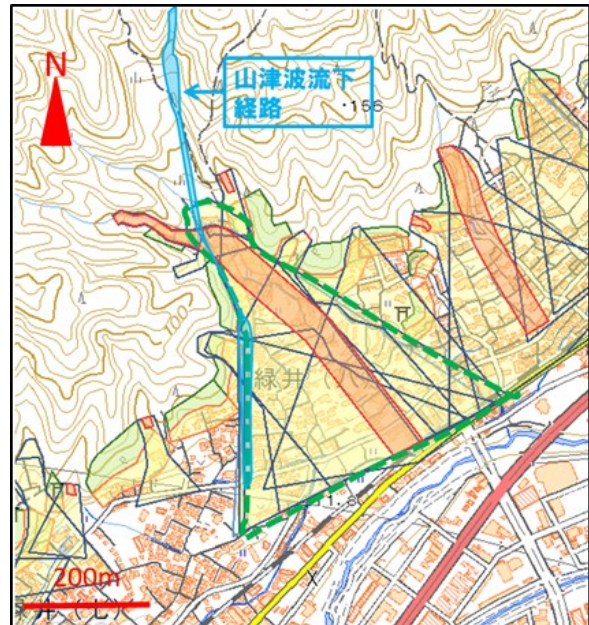


図7 緑井8丁目団地の土石流警戒区域と山津波の流下経路との比較。土砂災害ポータルひろしまに加筆。緑色破線に囲まれた範囲：山津波に対応する土石流警戒区域。

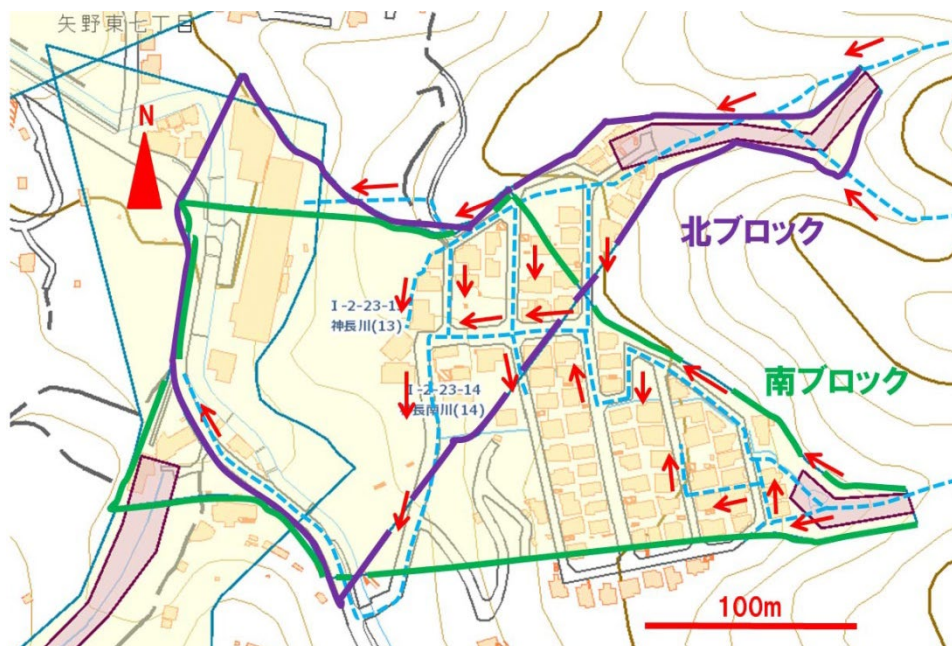


図8 梅河ハイツの土石流警戒区域と山津波の流下経路との比較. 土砂災害ポータル広島に加筆.
青色実線(細)で囲まれた範囲: 土石流警戒区域, 赤紫色実線で囲まれた範囲: 特別警戒区域,
水色破線: 山津波の流下経路, 赤色矢印: 山津波の流下方向



図9 証言による梅河ハイツ住民の避難行動.. 2018年9月7日付けの中国新聞のデータを地理院地図(電子地図Web): 2007年~撮影の空中写真)に加筆.