

3. 西日本豪雨における風化残積率と崩壊形態の相関

Relationships between Weather Residual Rate and Slope failures type
caused by West Japan Heavy Rainfalls

○木村隆行, 沼知之, 二木重博, 工藤健雄(エイト日本技術開発)

1. はじめに

平成30年7月6日～7日の豪雨で、岡山県下では多数の地すべり、土石流が発生した。また、広島（呉～東広島）と宇和島（宇和～宇和島）でも膨大な数の土石流が発生した。風化帯の残留程度が、地形開析や崩壊形態に相関があるのではないかと考え、風化残積率という概念を定義し整理した。その結果、風化残積率が0.6以上では地すべりは発生するが、土石流は発生していないことが判明した。また、崩壊規模と風化残積率に相関があることを把握した。また、豪雨では長期と短期の時間雨量の強度が高い広島と宇和島で、風化残積率が小さいにも拘わらず頂部緩斜面（小起伏面）で崩壊が発生していることが判明した。この風化残積率との関係で岡山・広島・宇和島の3地区の地すべりと土石流の事例を報告するものである。

2. 降雨状況

3地区における代表的雨量観測箇所で、7月豪雨の1～672時間最大雨量を表-1に示した。

図-1に時間と最大雨量の相関を示した。宇和と呉は短時間も長時間も時間雨量が大きい状況にあったことが判る。図-2は1時間雨量の時間経過を示した。東広島・呉と宇和・宇和島は40～50mm程度の多量な時間雨量があった。図-3と図-4に6時間と24時間雨量の時間経過を示した。24時間雨量ではいずれも7月7日にピークがあり傾向を示した。図-5は96時間（4日間）雨量の時間経過で宇和や呉とともに、津山や福山もかなりの雨量を示している。図-6は504時間（21日）雨量の時間経過で、宇和と宇和島は7月5日以前から200mm以上の降雨が先行し、更に7月6～7日に追加されたことがわかる。いずれも土石流が多発した宇和・宇和島や呉・東広島と同じように降雨量が多かった津山で、土石流があまり発生していないことは、降雨以外の要因が大きいと推定された。

表-1 代表観測地点の1～672時間最大雨量(mm)

観測所	広島			岡山			愛媛		
	呉	東広島	福山	倉敷	津山	高梁	宇和島	宇和	松山
1時間最大雨量(mm)	51.5	52.5	28.0	25.0	34.0	26.0	49.0	39.0	26.0
2時間最大雨量(mm)	90.0	77.0	41.5	42.5	52.0	48.5	77.5	65.0	37.5
3時間最大雨量(mm)	110.5	89.5	53.0	54.0	65.0	69.0	103.5	101.0	46.5
6時間最大雨量(mm)	140.0	123.0	94.5	81.5	110.0	112.5	140.0	180.5	89.5
12時間最大雨量(mm)	241.5	213.0	155.0	113.0	162.5	152.5	179.0	245.0	132.5
24時間最大雨量(mm)	309.0	299.0	236.0	161.0	242.5	224.0	197.0	346.5	245.0
48時間(2日)最大雨量(mm)	402.0	379.5	364.0	270.0	373.0	323.0	284.5	441.0	329.0
72時間(3日)最大雨量(mm)	464.5	415.0	392.5	276.5	428.5	342.0	366.0	523.5	360.5
96時間(4日)最大雨量(mm)	470.5	420.0	394.0	292.0	439.5	365.5	381.5	540.0	361.5
168時間(7日)最大雨量(mm)	486.5	437.5	410.5	294.5	440.5	374.0	433.0	568.0	377.5
240時間(10日)最大雨量(mm)	518.5	474.0	424.0	309.5	508.5	399.5	500.0	610.0	411.5
336時間(14日)最大雨量(mm)	519.5	474.0	424.0	309.5	509.5	402.5	501.5	615.5	412.0
504時間(21日)最大雨量(mm)	584.0	529.5	477.5	360.0	572.5	450.0	704.5	788.5	507.0
672時間(28日)最大雨量(mm)	594.0	541.0	492.5	363.5	590.0	457.0	722.5	821.5	544.5

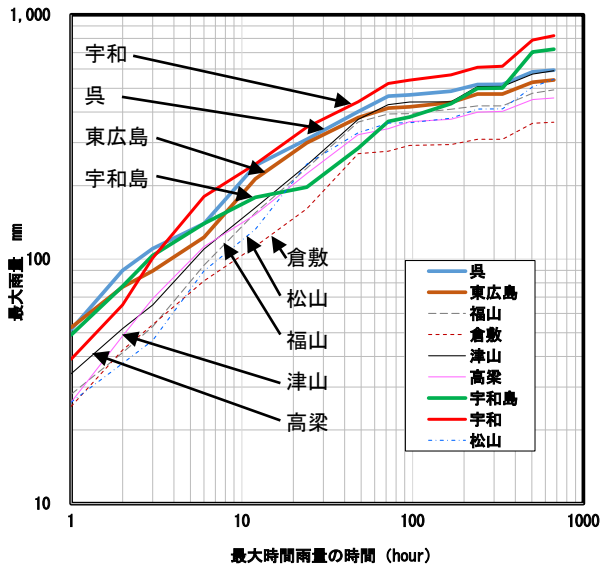


図-1 最大時間雨量の時間と最大雨量

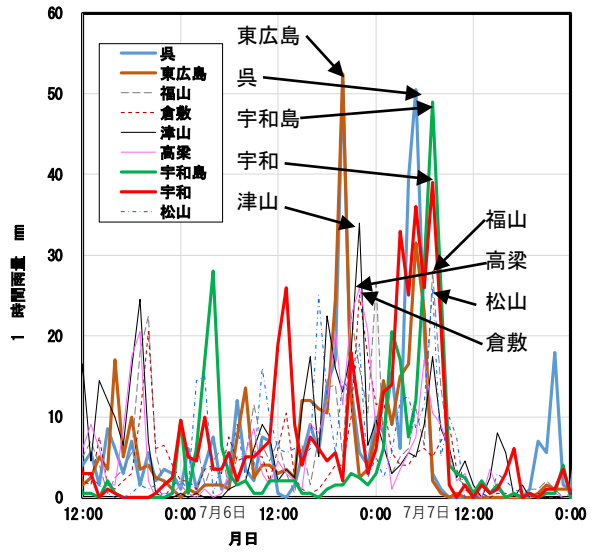


図-2 1時間雨量の時間経過

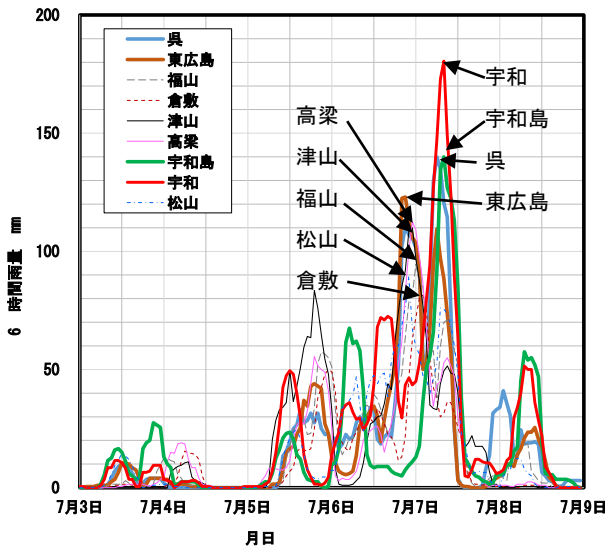


図-3 6時間雨量の時間経過

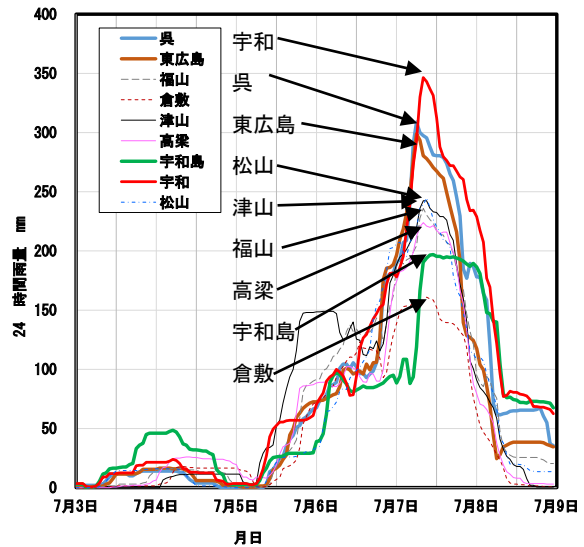


図-4 24時間雨量の時間経過

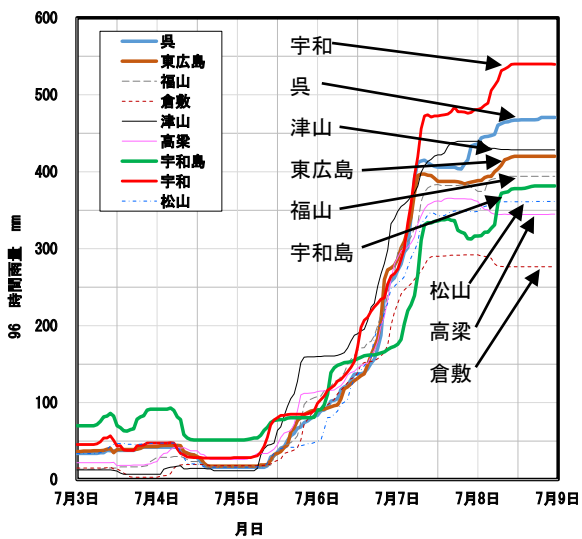


図-5 96時間(4日)雨量の時間経過

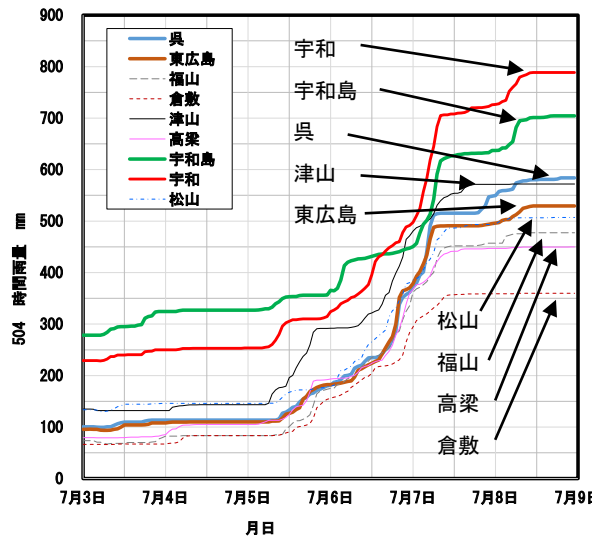


図-6 504時間(21日)雨量の時間経過

3. 風化残積率と斜面崩壊形態の相関

3.1 微地形区分と風化残積率について

中国地方には古い地形面が広く残留しており、標高レベルでは、標高 1000m の道後山面、標高 400~600m の吉備高原面、標高 400m 以下の瀬戸内面といわれている。いずれも風化が進行した古い準平原からの隆起侵食過程であり、その開析過程で様々な微地形が形成されている。いわゆるやせ尾根状で頂部（小起伏面）が小さい山体は C 級岩体が主体になり、D 級も多くは鉱物学的 DH 級になる。また、小起伏面が広い領域は、赤色土のような鉱物学的 DL 級岩盤が残り保水能力も高い。物理的 DL と鉱物学的 DL は異なり、ここでは鉱物学的 DL を地形解析の地形区分と対比している。鉱物学的 DL とは花崗岩などで斜長石が検出できないようなレベルになる。

その過程を図-7 に示すが、地形を D 級風化帯の頂部の侵食・縮小過程と考えれば、頂部の風化残積率で地形形成段階を判定することができ、斜面災害との相関が検討可能となる。なお、風化残積率と崩壊起点の遷急線比率等は、図-8 および式(1)~(8)のように示される。また、地すべりと土石流の移動体としての距離は、図-9 に示すとおり定義した。

箇所	風化	地形区分	侵食過程断面形状	頂部平坦面
頂部	DL	頂部平坦面	浸食過程断面形状	頂部平坦面
	DM	頂部平坦面		
	DH	頂部緩斜面		
開析部	CL	開析緩斜面	断面形状	頂部平坦面
	CM	開析急斜面		
	CH	(麓部斜面)		

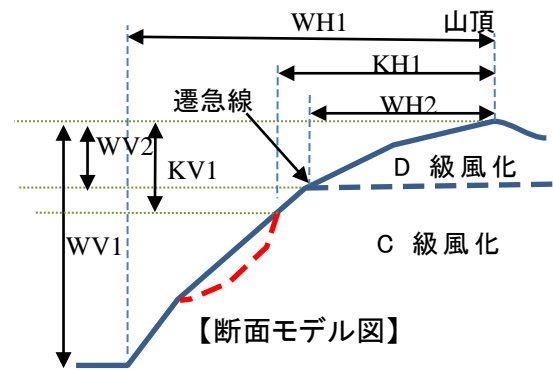


図-7 開析過程による D 級風化帯の減少

図-8 風化残積率の概念図(一部加筆)¹⁾

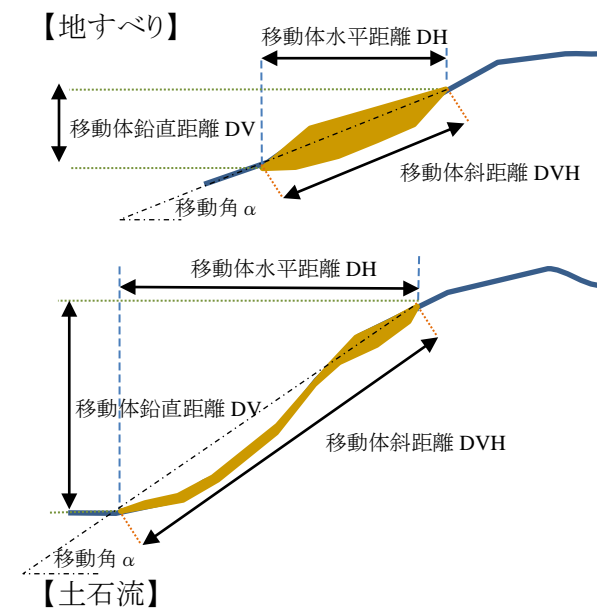


図-9 移動体距離の概念図¹⁾

鉛直風化残積率 WV (頂部垂直高/山体垂直高)	$WV = WV2 / WV1$	(1)
水平風化残積率 WH (頂部水平距離/山体水平距離)	$WH = WH2 / WH1$	(2)
断面風化残積率 WVH	$WVH = (WV + WH) / 2$	(3)
崩壊起点遷急線鉛直比率	$RKV = KV1 / WV2$	(4)
崩壊起点遷急線水平比率	$RKH = KH1 / WH2$	(5)
崩壊起点遷急線断面比率	$RKV = KV1 / WV2$	(6)
山体高	$MV = WV1$	(7)
山体幅	$MH = WH1$	(8)

3.2 風化残積率と斜面崩壊形態の相関

図-10に、水平風化残積率と鉛直風化残積率を示す。岡山地すべりについては鉛直風化残積率より水平風化残積率が大きく、小起伏面内に多くが分布している影響と考えられる。ただ土石流については、風化残積率は鉛直も水平もほぼ同じ傾向を示す。

図-11に移動体の水平距離と鉛直距離の相関を示す。土石流は、岡山・広島・宇和島ともに同様の相関性を示す。また、地すべりも基本的に同じ延長上に分布しているが、相関性については多少異なる。

図-12に山体鉛直高と移動体鉛直距離の相関を示し、図-13に山体水平幅と移動体水平距離の相関を示した。岡山地すべりについては、良好な相関は認められなかったが、土石流については山体の高さや幅と相関があり、いずれも0.64~0.66程度の関係で移動距離が発生している傾向が認められた。

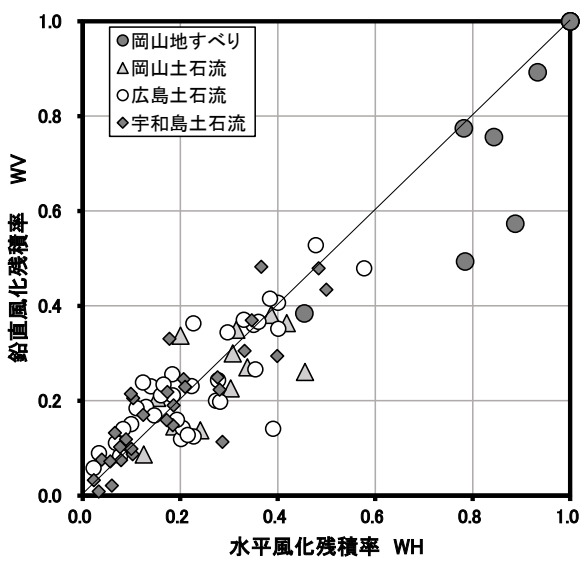


図-10 水平風化残積率と鉛直風化残積率の相関

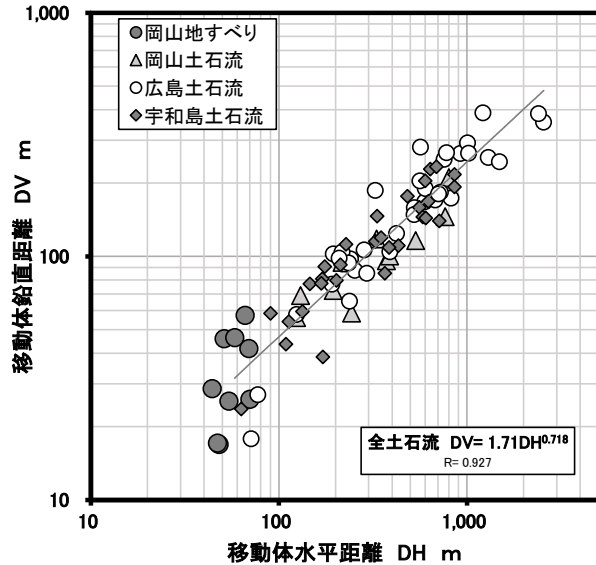


図-11 移動体水平距離と鉛直距離の相関

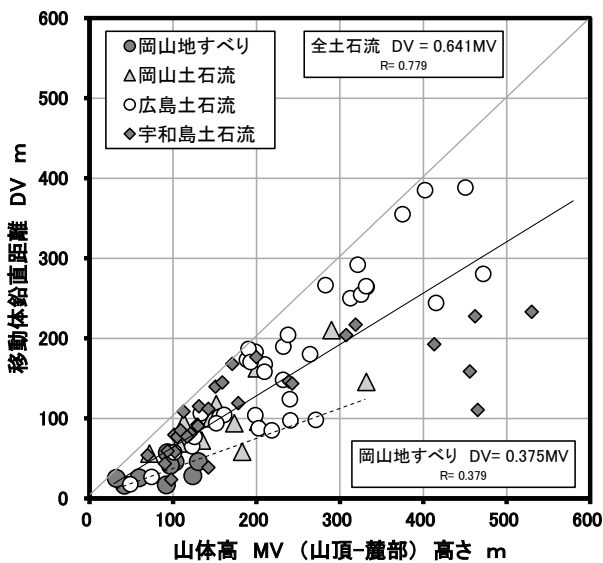


図-12 山体高さや移動体鉛直距離

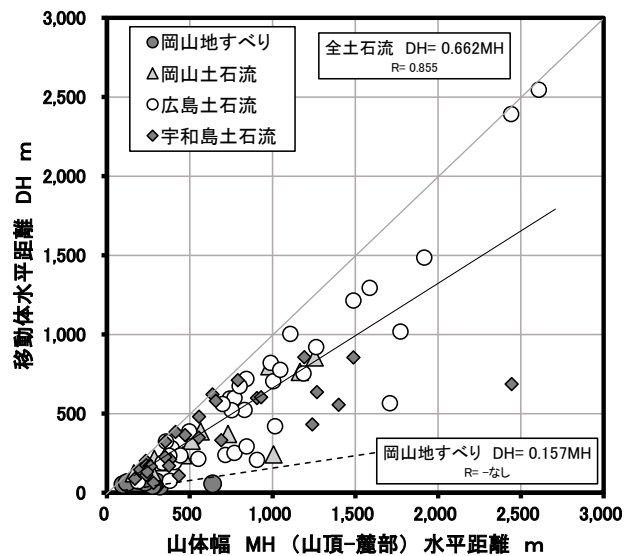


図-13 山体幅と移動体水平距離

図-14に、鉛直風化残積率と移動体鉛直距離の相関を示した。風化層が厚い風化残積率約0.6 (0.55) 以上では土石流は発生せず、地すべりが発生している。つまり、風化帯が厚い箇所では、土石流は発生しにくいと考えられた。土石流のバラツキは大きい、地すべりの延長上に分布し、地すべりも土石流も風化層が薄いほど移動規模も大きくなる傾向を示した。図-15に、断面風化残積率と移動体斜距離の相関を示したが、いずれも、鉛直の相関と同様であった。

図-16に崩壊起点遷急線鉛直比率と鉛直風化残積率の相関図を示した。崩壊起点遷急線比率が1.0周辺の0次谷の周辺で土石流が多く発生しているが、崩壊起点遷急線比率が0.6未満にも広島と宇和島の土石流が分布する。これは遷急線より山頂側の緩斜面で崩壊が発生していることを意味し、0次谷ではなくマイナス1次谷ともいえるべき緩斜面で崩壊が認められる点にある。広島の土石流には、凸または平坦斜面での土石流の流下現象が認められ²⁾、発生概念の見直しが必要となっている。その頂部崩壊の一因と想定されるのが時間雨量の差で、広島・宇和島が短期も長期も多量の降雨供給があった。また宇和島は先行降雨量も多くあり、ローモンタイトの関与³⁾も一因している。図-17に崩壊起点遷急線断面比率と断面風化残積率の相関を示したが、同様である。

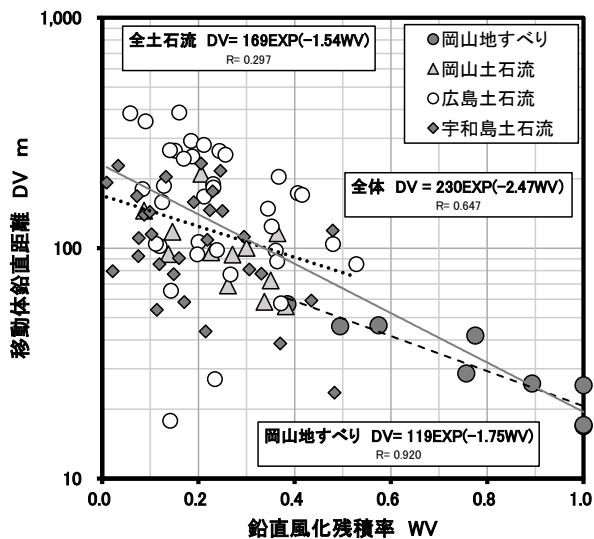


図-14 鉛直風化残積率と移動体鉛直距離

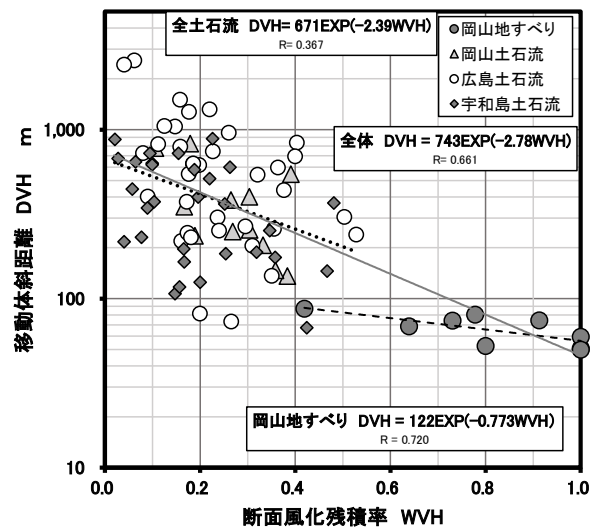


図-15 断面風化残積率と移動体斜距離

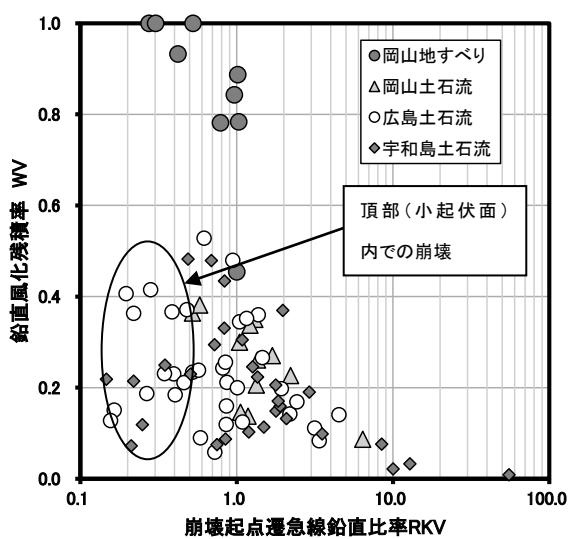


図-16 崩壊起点遷急線鉛直比率と鉛直風化残積率

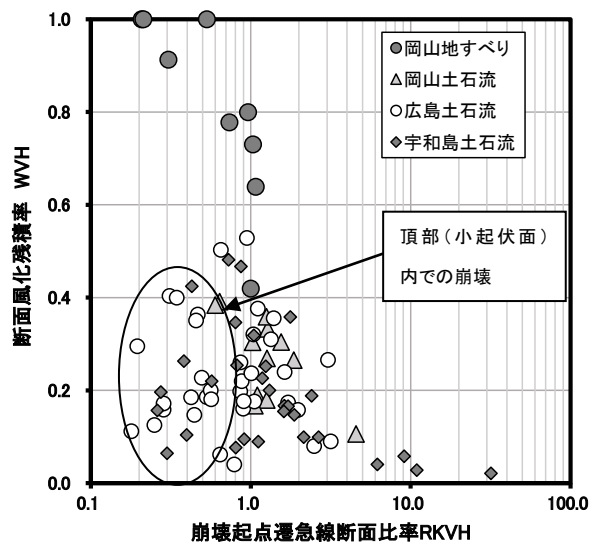


図-17 崩壊起点遷急線断面比率と断面風化残積率

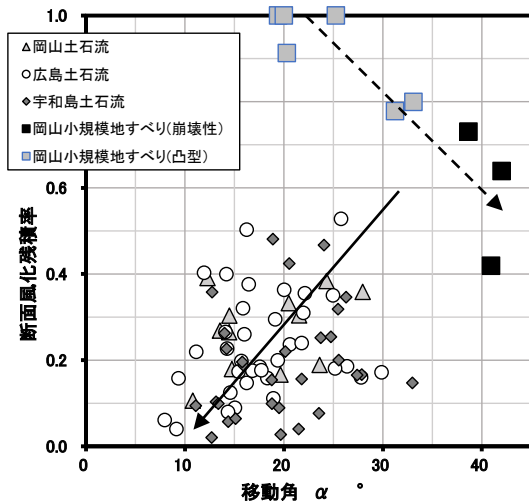


図-18 移動角と断面風化残積率

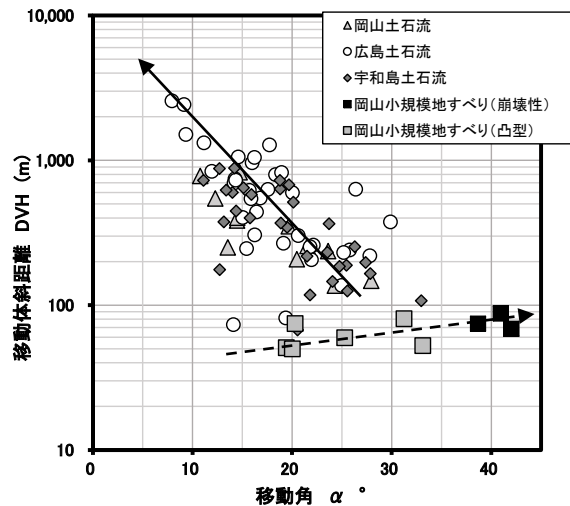


図-19 移動角と移動体斜距離

図-18に移動角と断面風化残積率の相関を示す。現データで地すべりは風化残積率が少ない方が、移動角が高く崩壊性地すべりに移行するが、土石流は風化残積率が低いほど遠距離まで移動し、移動角も小さくなる逆の傾向になる。

図-19に移動角と移動体斜距離の相関を示したが、これも地すべりでは移動角が大きいほど崩壊型で崩壊規模が大きくなり、土石流は逆の傾向を示す。土石流は遠くまで移動したものは傾斜角が小さくなるので、地すべりと土石流は逆の傾向になるためである。この豪雨での岡山地すべりは小規模(延長100m未満)で、崩壊との区分も現段階で明確ではない。今後、多数の事例を収集し検討を進める必要があると考える。

4. おわりに

平成30年度の西日本豪雨で発生した地すべりと土石流を、風化残積率という観点から整理した。その結果、土石流の発生場は、風化残積率約0.6未満という境界がある結果となった。つまり、風化帯が厚く残存する箇所では貯水能力が高く、土石流が発生する可能性が低いと考えられる。また、風化残積率が小さいほど、移動体の規模が大きくなる傾向が、地すべりにも土石流にも確認された。風化残積率が小さいにもかかわらず頂部(小起伏面内)の崩壊起点をもつ土石流が発生している宇和島と広島では、時間雨量や先行雨量の差の影響が想定された。今回の地すべりのデータは小規模地すべりであり、事例も少ない。そのため、崩壊との区分も含め、今後、他の事例を収集し検証を進めていきたい。

参考文献

- 1) 木村隆行他：岡山県での西日本豪雨における風化率と斜面崩壊形態の相関，日本応用地質学会，平成30年度7月豪雨災害（西日本豪雨災害）調査団報告書，pp.81-86，2019
- 2) 加藤弘徳他：地質・地形の違いから見た土石流の個性と被災状況，日本応用地質学会，平成30年度7月豪雨災害（西日本豪雨災害）調査団報告書，pp.47-62，2019.
- 3) 松澤真他：南予地方で発生した土砂災害と地質特徴との関係-ローモンタイトの崩壊への影響，日本応用地質学会，平成30年度7月豪雨災害（西日本豪雨災害）調査団報告書，pp.137-146，2019.