

P1. 岡山災害における風化率と斜面崩壊形態の相関

Relationships between rate of weathering and types of slope failure caused by the West Japan Heavy Rainfalls in Okayama Prefecture

○木村隆行, 沼知之, 二木重博, 工藤健雄(エイト日本技術開発) 與那城稔, 井上真 (ウエスコ)

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。ただ、累積降雨量は広島と大きな差はなかったものの、時間雨量は差があり、土石流の多発被害は広島ほど顕著ではなかった。その差は風化帯の残留程度や地形開析の程度にも一因があるのではないかと考え、風化率という概念を定義し整理した。その結果、風化率が0.5未満で土石流が発生し、0.5以上では地すべりが発生している傾向を把握したので、主として岡山県の事例として報告するものである。

2. 降雨状況

2.1 降雨量分布

7月豪雨の最大時間雨量、最大連続雨量の分布図を図-1～2に示した。県北および県西部で時間雨量30mm以上を示し、連続雨量で350mm以上を示していた。一般に時間雨量20mm以上で小崩壊が発生し、30mmを超えると中崩壊が発生し、連続雨量300mmを超えると地すべりや大規模崩壊が発生するといわれている¹⁾ことから、岡山県下の全域で崩壊や地すべりが発生するような降雨条件であったと考えられる。

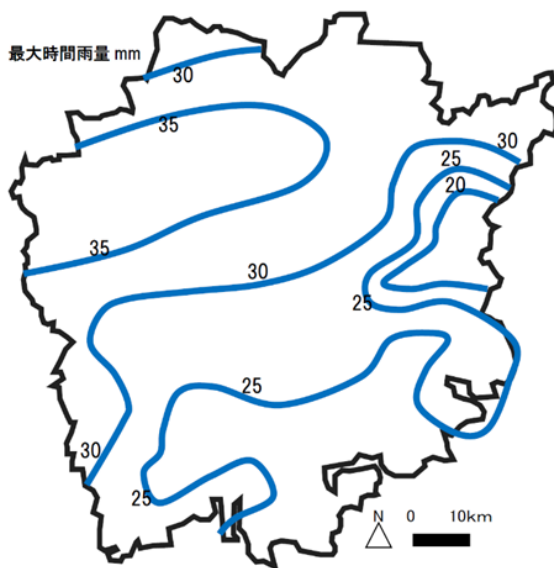


図-1 岡山県7月豪雨最大時間雨量分布図



図-2 岡山県7月豪雨最大連続雨量分布図

2.2 降雨の時間経過

7月豪雨の時間雨量、連続雨量の時間経過を、岡山県代表箇所と広島県呉を追加し、図-3～4に示した。岡山県北部と広島県呉では、連続雨量では大きな差はないが、時間雨量は大きく異なり、岡山県北部で時間雨量30mm以上に対し、広島県呉では50mm以上を示していた。広島で土石流が多発した要因は、この時間雨量の差もあると推定される。

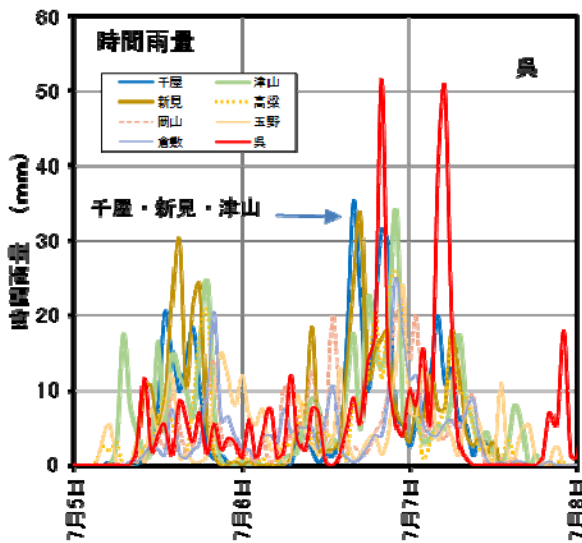


図-3 7月豪雨・時間雨量変動

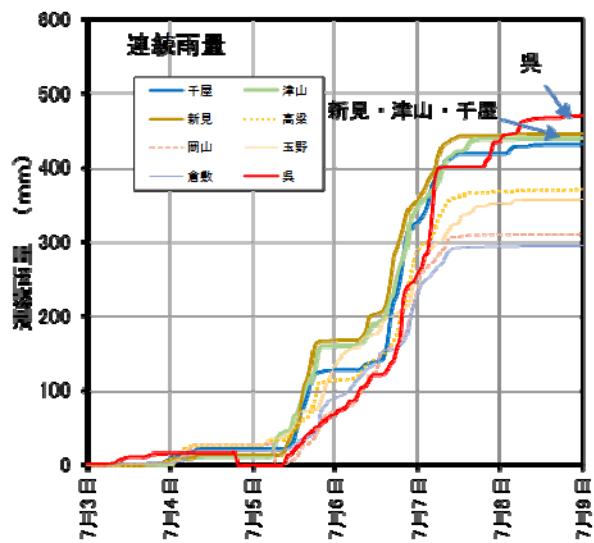


図-4 7月豪雨・連続雨量変動

3. 風化率と斜面崩壊形態の相関

3.1 微地形区分と風化率について

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つつある古い準平原からの隆起侵食過程であり、開析過程で様々な微地形が形成されている。

その過程を図-5 に示す。D 級風化帯の頂部の侵食・縮小過程と考えれば、頂部の比率で風化率を判定できることになる。

そこで、図-6 のように風化率を定義した。

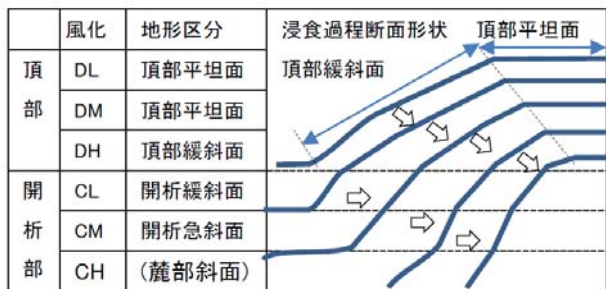


図-5 開析過程による D 級風化帯の減少

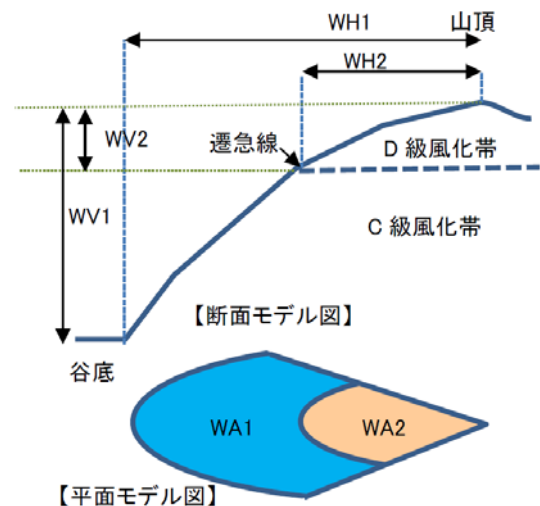


図-6 風化率の概念図

面積風化率 WA (流域頂部面積/流域山体面積)

$$WA = WA2 / WA1 \quad (1) \text{式}$$

鉛直風化率 WV (頂部垂直高/山体垂直高)

$$WV = WV2 / WV1 \quad (2) \text{式}$$

水平風化率 (頂部水平距離/山体水平距離)

$$WH = WH2 / WH1 \quad (3) \text{式}$$

断面風化率

$$WVH = (WV + WH) / 2 \quad (4) \text{式}$$

また、地すべりと土石流の移動体としての距離を図-7のように定義した。

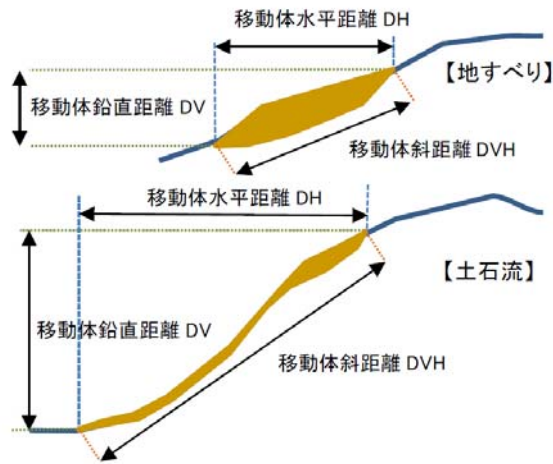


図-7 移動体距離の概念図

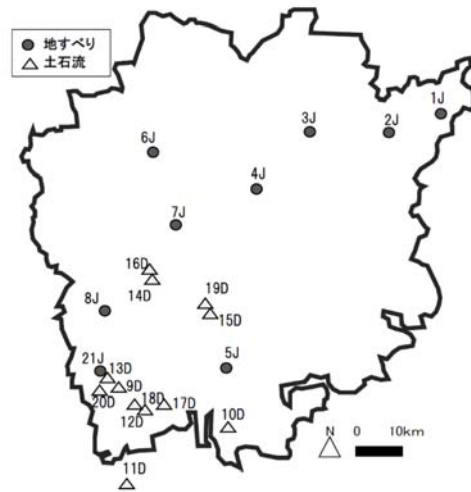


図-8 岡山県内で発生した地すべり・土石流

3.2 岡山県内の斜面被災箇所の分布

7月豪雨では、岡山県内では無数の小崩壊が生じ、多数の地すべりおよび土石流が発生した。その中で、地すべり9箇所、土石流12箇所の発生地の風化率を、国土地理院 Web 地形図を用いて解析した。解析にあたり、山頂部の定義を斜面に近接した尾根頂部の山頂とし、それぞれの風化率を断面図と平面図から算出した。

解析した箇所の位置図を図-8に示し、風化率の整理結果を表-1に示した。特徴的なのは、土石流は県南西部の花崗岩地帯に多数分布し、地すべりは県北部および西部の片岩・古生層・花崗岩など様々な地質で発生している点である。また、地すべりは土石流より多少山頂部が緩やかな地形が多い。地すべりは連続雨量300mm以上の領域に分布し、土石流は時間雨量25mm程度以上である。両者の差は、この地質および雨量のみでなく、風化率も影響していると考えられる。

表-1 岡山県内の風化率一覧表

No	区分	地質	山頂標高	面積風化率	鉛直風化率	水平風化率	断面風化率	移動体鉛直距離	移動体水平距離	移動体斜距離
			m	WA	WV	WH	WVH	DV(m)	DH(m)	DVH(m)
1J	地すべり	変ハンレイ岩	360.28	0.749	0.756	0.843	0.800	29	44	53
2J		変ハンレイ岩	230.56	0.748	0.893	0.933	0.913	26	70	75
3J		泥岩	208.98	1.000	1.000	1.000	1.000	17	48	51
4J		花崗岩	257.63	0.798	0.715	0.894	0.805	46	51	69
5J		古生層ホルンフェルス	63.61	1.000	1.000	1.000	1.000	25	54	60
6J		泥質片岩	413.21	0.605	0.653	0.727	0.690	57	66	87
7J		泥質片岩	339.24	1.000	1.000	1.000	1.000	17	47	50
8J		古生層泥岩	223.54	0.639	0.775	0.782	0.778	42	69	81
21J		古生層	245.62	0.701	0.574	0.887	0.731	46	58	74
9D	土石流	花崗岩	153.65	0.222	0.138	0.241	0.189	94	216	236
10D		流紋岩	219.18	0.195	0.329	0.188	0.258	139	544	561
11D		花崗岩	177.16	0.198	0.270	0.338	0.304	94	238	256
12D		花崗岩	157.78	0.360	0.350	0.315	0.332	72	194	207
13D		花崗岩	110.25	0.480	0.381	0.387	0.384	56	124	136
14D		花崗岩	393.86	0.095	0.087	0.125	0.106	146	765	779
15D		花崗岩	446.51	0.204	0.226	0.304	0.265	96	372	384
16D		花崗岩	368.68	0.107	0.206	0.153	0.179	210	800	827
17D		花崗岩	197.86	0.276	0.337	0.201	0.269	59	243	250
18D		流紋岩	262.62	0.218	0.300	0.308	0.304	100	388	401
19D		花崗岩	324.87	0.253	0.146	0.188	0.167	118	330	350
20D	花崗岩	147.66	0.309	0.261	0.456	0.359	69	130	147	

3.3 風化率と斜面崩壊形態の相関

図-9に、現場の山頂標高と鉛直風化率 WV の相関図を示した。山頂標高と風化率に相関はなく、地すべりと土石流では、鉛直風化率0.5で区分できることが判明した。

図-10は、水平風化率 WH と鉛直風化率 WV の相関図で、水平と鉛直で土石流は同程度にバラついているが、地すべりは水平風化率が大きい傾向が認められた。これは地すべりの発生場が頂部に近く平坦部が大きいためと考えられる。また水平風化率も0.5で地すべりと土石流の発生場が区分できることが判明した。

図-11~12に、断面風化率 WVH ・鉛直風化率 WV と面積風化率 WA の相関を示した。同様に風化率0.5で地すべりと土石流が区分され、いずれもバラつきはあるものの相関はあると考えられる。

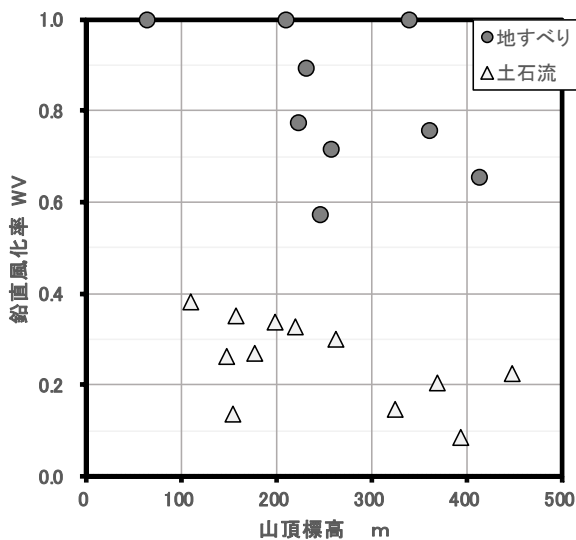


図-9 山頂標高と鉛直風化率の相関

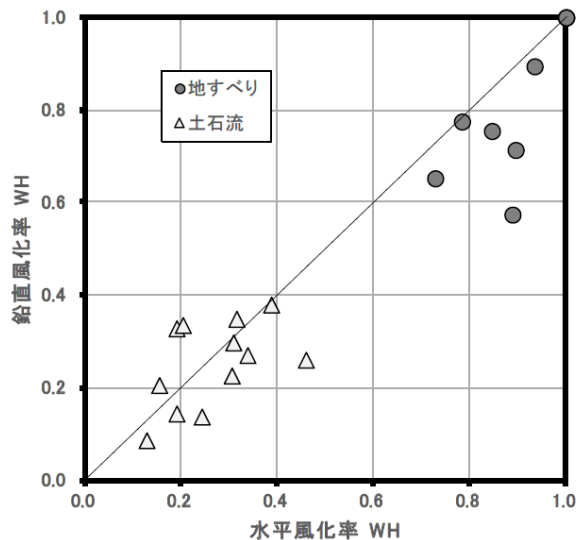


図-10 水平風化率と鉛直風化率の相関

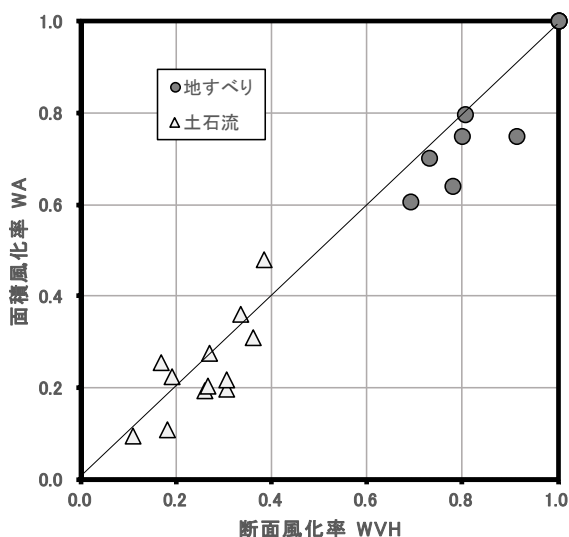


図-11 断面風化率と面積風化率

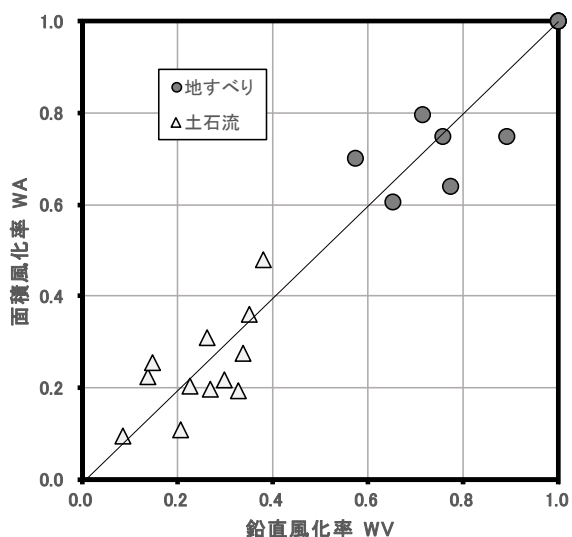


図-12 鉛直風化率と面積風化率

ここで、移動体の水平距離 DH と鉛直距離 DV を把握し、その移動体距離と風化率の相関を検討した。

図-13は、移動体の鉛直距離 DV と水平距離 DH の相関を示した。地すべりも土石流も水平方向が大きく、土石流が一定の相関を示した。地すべりは土石流の相関の延長上に分布するが、バラつきが大きく、別の相関が想定される。

今回、整理できた地すべりは比較的小規模で崩壊型地すべりが多いことから、水平距離があまり大きくない影響も考えられる。

なお、土石流の相関式は下式になる。

$$\text{土石流 } DV = 3.67 \times (DH^{0.573}) \quad (5) \text{式}$$

図-14~16に鉛直風化率 WV・水平風化率 WH・断面風化率 WVH と、移動体鉛直距離 DV・移動体水平距離 DH・移動体斜距離 DVH のそれぞれの相関を示した。いずれも地すべりの延長に土石流が分布している。地すべりと土石流は風化率0.5で区分できる。これは、古い平坦面が十分残り風化率が大きい箇所では、降雨の貯水能力が高く、土石流は発生せず、長時間降雨が浸透した段階で地すべりが発生するためと考えられる。

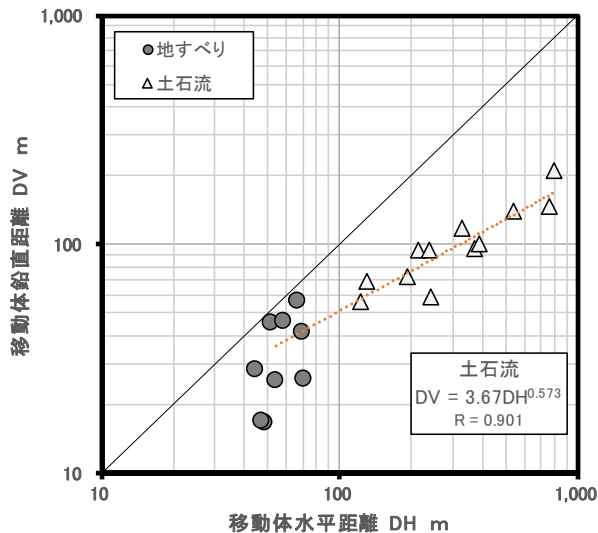


図-13 移動体の水平距離と鉛直距離

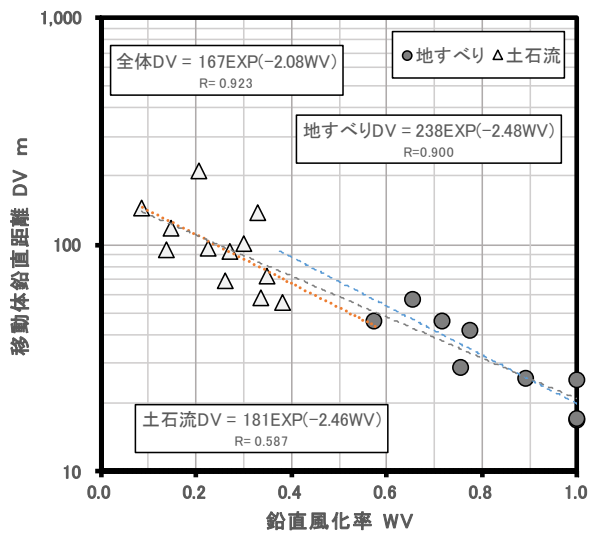


図-14 鉛直風化率と移動体鉛直距離

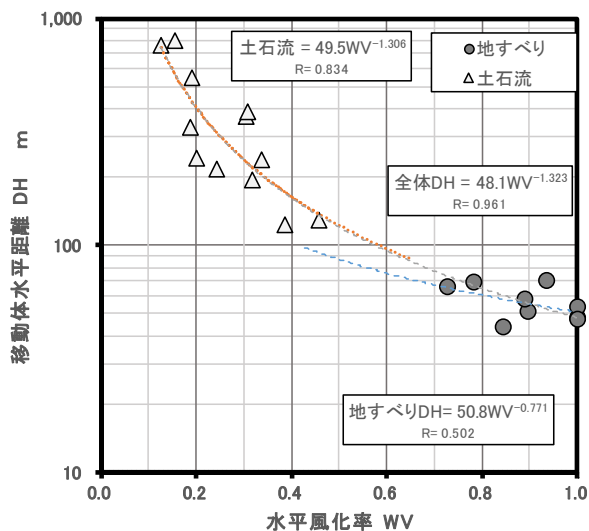


図-15 水平風化率と移動体水平距離

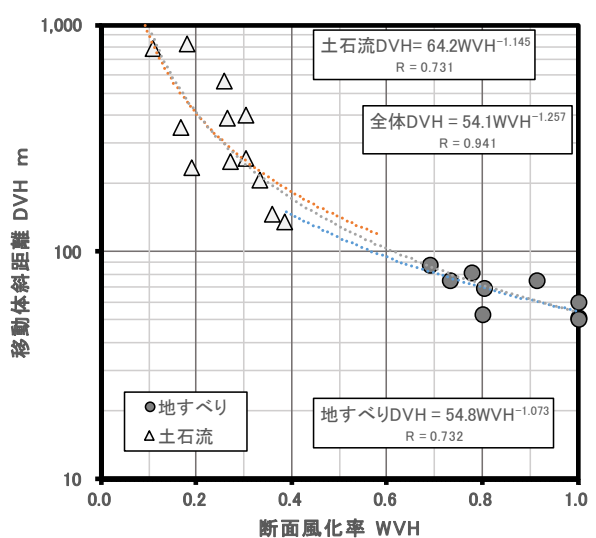


図-16 断面風化率と移動体斜距離

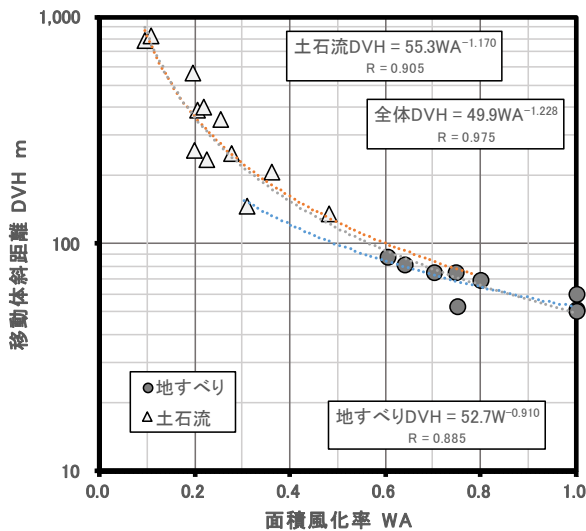


図-17 面積風化率と移動体水平距離

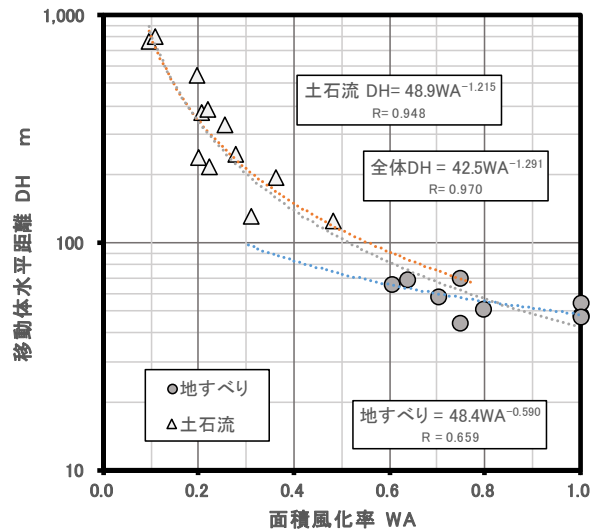


図-18 面積風化率と移動体斜距離

また、今回のデータでは地すべりも土石流も風化率が小さいほど規模は大きくなり、風化率と規模は相関があるように見える。これは開析過程で浸食が進むほど、貯水能力の低下や斜面勾配の傾斜増大、凹部への集水量が大きくなり、不安定化が進行しているためと考えられる。

今回のデータでは、地すべりでは鉛直風化率と移動体鉛直距離の相関が高く、下式を得ている。

$$\text{地すべり} : DV = 238 \text{EXP}(-2.48WV) \quad (6) \text{式}$$

図-17に面積風化率 WA と移動体水平距離 DH の相関を示し、図-18に面積風化率 WA と移動体斜距離 DVH の相関を示した。

いずれも面積風化率 WA と相関があり、地すべりと土石流で、ほぼ類似した相関式が得られている。移動体斜距離 DVH と面積風化率 WA の相関では下記の相関式となった。

$$\text{全体} \quad DVH = 49.9WA^{-1.228} \quad (7) \text{式}$$

$$\text{地すべり} \quad DVH = 52.7WA^{-0.910} \quad (8) \text{式}$$

$$\text{土石流} \quad DVH = 55.3WA^{-1.170} \quad (9) \text{式}$$

4. おわりに

7月豪雨により岡山県内で発生した地すべりと土石流を、風化率という観点から整理した。

その結果、地すべりと土石流の発生場は、風化率0.5という境界がある結果となった。また、風化率が小さいほど、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。今回、比較的小規模な崩壊型地すべりのデータであるので、移動規模と風化率の相関が、土石流と同じ傾向になった可能性もある。ただ、岡山県で広島ほど土石流が頻発しなかった理由のひとつとして、時間雨量だけでなく、古い風化帯が厚く残留し、風化率が大きいことも重要な要因であったと推定される。また、風化率と移動体距離に相関が認められるので、事前に風化率から斜面崩壊の発生規模を推定できる可能性が示唆された。

風化率という概念で斜面移動体を把握するという手法は、地すべりや土石流という斜面崩壊形態の差はあるものの有効な手法になる可能性があると考えられる。

今後とも、事例を重ね検証を進めていきたい。

参考文献

- 1) 防災地質の現状と展望，応用地質第28巻特別号，pp38，1987.
- 2) 木村隆行，東正昭，嶋将志：中国地方の地形面と風化特性－江の川流域を例として，日本応用地質学会平成8年度研究発表会，pp185-188，1996.