

2. 三波川帯の地すべり地形と地山透水性特性に関する考察

Characteristics of Landslides and Permeability in the Sanbagawa belt

○露口耕治、大矢基弘、菅原大介（㈱四電技術コンサルタント）、寺本光伸、栢木智明（（同）スイモン LLC）
小路和弥（㈱ナイバ）、野々村敦子、荒木裕行、山中稔、長谷川修一（香川大学）

はじめに

筆者らは令和2年度に「地質体と湧水比流量の関係性に関する一考察」で全国の地質体と平均的な湧水比流量について検討し、新しい地質で空隙の多い堆積物や火成岩類で多く、比較的亀裂が少ない第三紀の堆積岩が最も少なく、古い中・古生代の堆積物や花崗岩類など日本の場合、構造的な亀裂による空隙の増加があり、第三紀堆積物より多くなっているなど、地質的な解釈と一致した結果となること、四国に主に分布する中・古生代の花崗岩・堆積岩・変成岩帯では7.5~9.5L/sec/km²で平均値よりもやや低いことを論じた。本論では、湧水比流量の違いは流域の間隙量に密接な関係にあることに着目して、間隙が多い地すべり地形と湧水比流量の関係を述べる。

1. 調査地の概要と変状地形

調査地は地すべり地形が発達する三波川帯で、1級河川肱川の下流左岸で合流する大和川流域と瀬戸内海に面した北西-南東幅4.5km、北東-南西幅9kmの流域を対象とし、三波川帯の塩基性片岩が多く分布する流域である。伊予灘の海岸線に平行して佐田岬一金山一石鎚山を結ぶ北辺に当たり、出石傾動山脈を構成する山地（金山山地）に位置する（図1.1）。

図1.2は、青線で示した流域区分と空中写真判読による変状地形区分図、表1.1は流域毎の変状地形を集計した一覧表である。

図1.1 調査位置図（赤色立体地図）（右）



表1.1 変状地形集計一覧表

流域名	大和川下流	大和川下流2	大和川下流3	大和川中流	大和川上流	大和川最上流	A	B	C
流域面積 (m ²)	1,716,202	1,894,696	1,773,583	2,210,528	1,595,943	1,078,661	1,079,538	739,966	3,381,443
崖壁・谷底堆積物 (m ²)	221,276	136,197	130,185	356,387	303,472	209,976	173,518	73,116	479,508
移動土塊 (m ²)	476,360	248,749	244,506	300,300	439,125	52,569	242,509	25,565	435,294
移動岩塊 (m ²)	0%	43,323	2,4%	0%	0%	20,257	1,9%	9,22%	0%
クレーブ割面 (m ²)	204,225	168,235	86,805	136,325	159,515	200,480	65,341	66,849	157,194
土石流堆積物 (m ²)	0%	0%	3,678	6,682	70,469	0%	0%	2,995	8,824
海岸・河岸段丘面 (m ²)	4,644	31,270	7,995	19,374	0%	0%	0%	0%	2,760
古期河岸段丘面 (m ²)	0%	0%	7,361	21,116	0%	0%	0%	408	44,760
斜面崩壊地形 計 (m ²)	905,505	647,775	480,130	841,387	972,571	483,272	491,194	169,003	1,128,740

流域名	D	E	F	G	H	I-1	I-2	H' (Hの北側)	計
流域面積 (m ²)	1,527,575	612,522	837,345	1,714,509	1,124,397	1,574,427	1,371,774	511,312	23,957,420
崖壁・谷底堆積物 (m ²)	248,334	107,860	46,731	232,916	169,922	213,953	235,442	57,536	2,415,279
移動土塊 (m ²)	214,500	7,957	35,244	367,177	371,865	190,709	99,954	171,200	4,232,245
移動岩塊 (m ²)	0%	0%	205,285	87,524	0%	0%	0%	50,134	418,367
クレーブ割面 (m ²)	302,442	168,642	42,957	292,604	289,970	340,781	110,318	119,161	2,922,650
土石流堆積物 (m ²)	55,334	0%	0%	19,741	0%	7,128	5,045	0%	179,586
海岸・河岸段丘面 (m ²)	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	708	66,831
古期河岸段丘面 (m ²)	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	74,325
斜面崩壊地形 計 (m ²)	820,610	284,459	648,019	999,262	831,757	761,171	441,759	399,619	11,307,233

なお、流域は図 1.2 の青線で区分するように大和川流域について本川で 6 流域、支川で 4 流域の計 10 流域、瀬戸内海側流域で 7 流域に区分した。空中写真による地形区分は、「崖錐・谷底堆積物」、「移動土塊」、「移動岩塊」、「クリープ斜面」、「土石流堆積物」、「海岸・河岸段丘面」等に分類し、ここでいう地すべり地形は、「移動土塊」及び「移動岩塊」を合わせたものとする。

流域中の地すべり地形の流域に占める割合は、大和川流域 17%、瀬戸内海側流域 25%で、瀬戸内海側流域の方が 8%程度大きくなる傾向がみられる（図 1.3）。

2. 流域の地すべり地形と湧水区間比流量との関係

流域の流量は、令和 2 年 1 月下旬データで、概ね基底流量と考えられる区間比流量分布図を作成した（図 2.1）。比流量スペクトルは大きいほど寒色系、小さいほど暖色系となっている。

瀬戸内海側の平均比流量は 3.1L/sec/km^2 、大和川流域は 5.7L/sec/km^2 となっており、全体で比較すると、必ずしも地すべり地形の割合が比流量と合致しているとはいえない。また、流域毎の区間比流量については、バラツキが多いが、流域の下流側で大きく、尾根に近い高標高では小さくなる傾向がみられる。

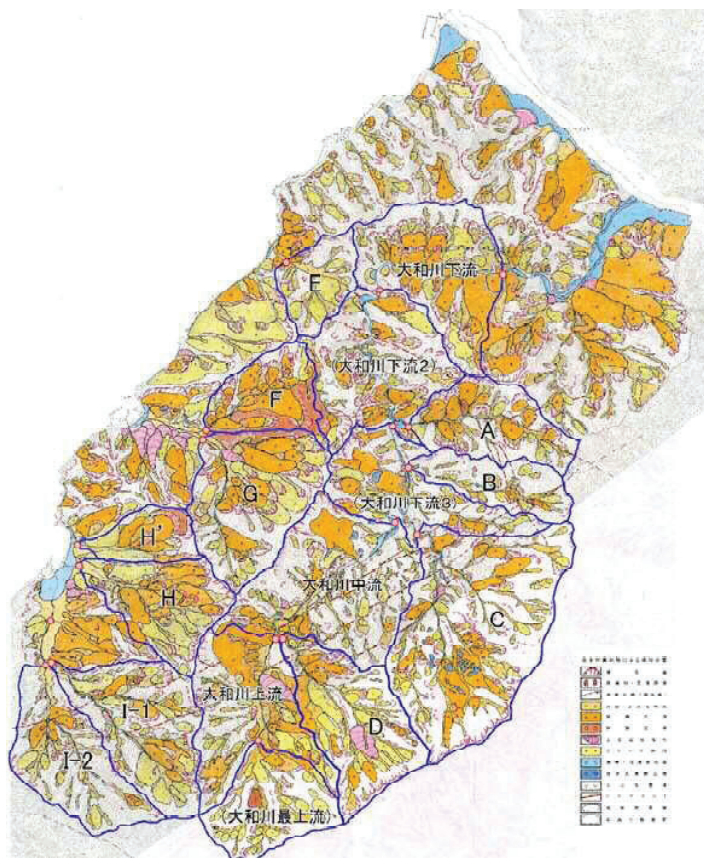


図 1.2 空中写真による崩壊地形区分図

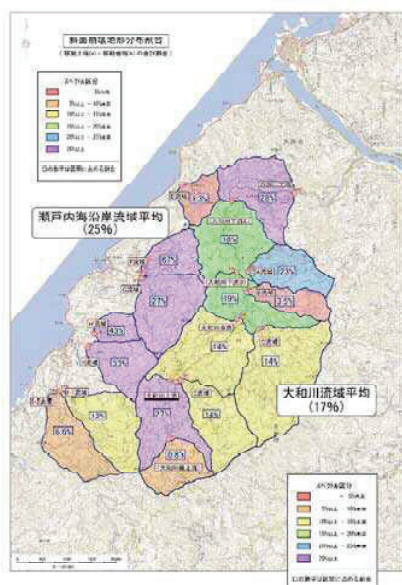


図 1.3 地すべり地形の割合

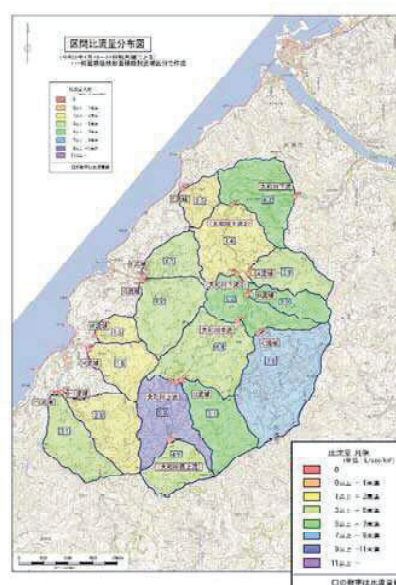


図 2.1 区間比流量分布図

各流域の地すべり地形割合と区間比流量についてプロットしたものを図 2.2 に示す。瀬戸内海側流域での地すべり地形割合の増加に伴う区間比流量の増加は小さいものの、いずれも増加傾向となっていることが分かる。

また、地下水の滞留時間の指標となる SiO_2 、Na、K と地すべり地形の割合についてプロットしたものを図 2.3 に示す。これによると、地すべり地形の割合に伴ってそれらの濃度が上昇する傾向がみられ、地下水流動時間が長くなることが伺える。

図 2.2 地すべり地形の割合と区間比流量(右)

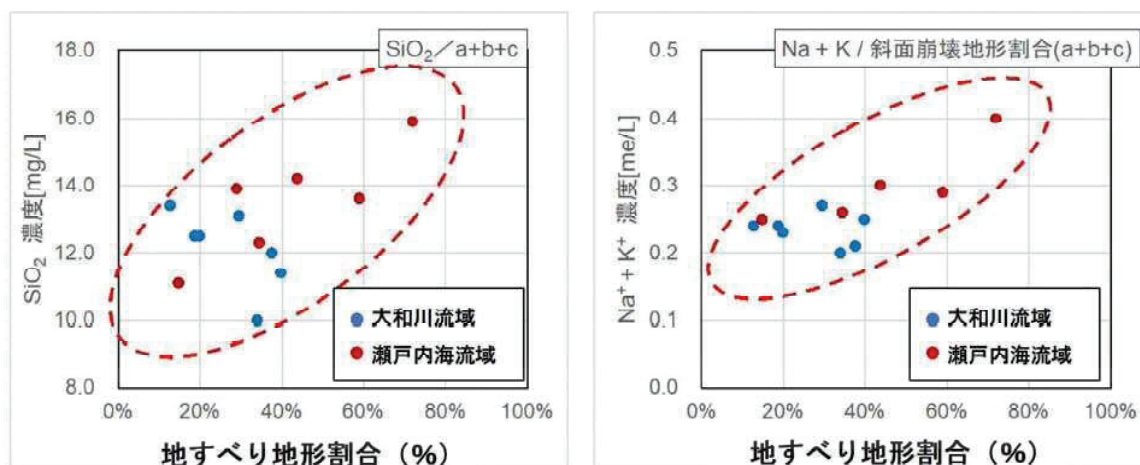
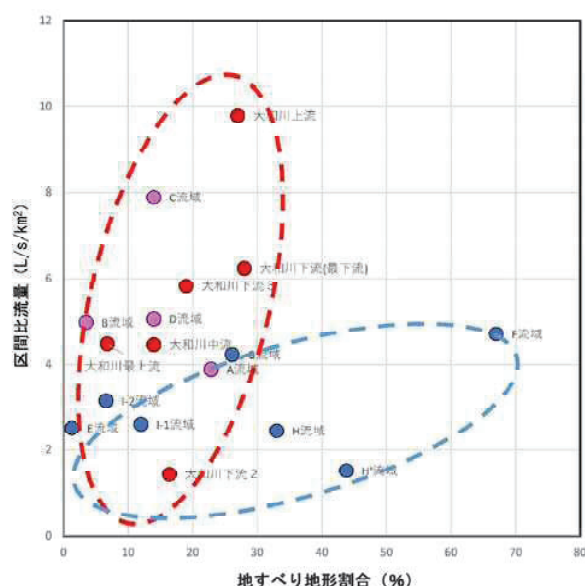


図 2.3 地すべり地形の割合と SiO_2 ・Na+K 濃度

3. 流域の谷密度と 流量との関係

湧水 区間比

各流域の谷密度を以下のように計算した。

- ①基盤地図情報 10mDEM から平均曲率を算定
- ②閾値 0.1 として谷を抽出
- ③細線化処理を実施（谷の形状で谷密度が変わらないよう）
- ④流域内の谷密度の算定：
 - ・谷の総延長： 谷のピクセル×10m
 - ・流域内の面積：ポリゴン内のピクセル数×100m²
 - ・谷密度 (km⁻¹)：谷のピクセル数/ポリゴン内のピクセル数×100

全流域の平均谷密度は 5.2 (1/km)、大和川流域では 5.8 (1/km)、瀬戸内海側流域では 4.3 (1/km) となっており、地すべり地形の割合が大きい瀬戸内海側で谷密度が小さくなっていることが分かる(図 3.1)。

図 3.2 は谷密度と区間比流量の関係について示したものであるが、プロットされる領域は異なるものの、谷密度が小さくなると区間比流量が大きくなる傾向がみられる。なお、一般的に低透水性の

地山の場合、開析が進むため谷密度が大きくなり、間隙が多く透水性が高い地山については開析が進みにくいため谷密度は小さくなる傾向といわれており、やや瀬戸内海側流域の方が透水性が大きくなることが推察される。

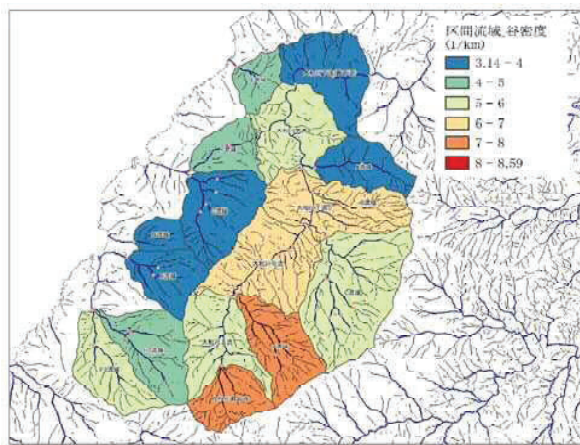


図 3.1 谷密度分布図

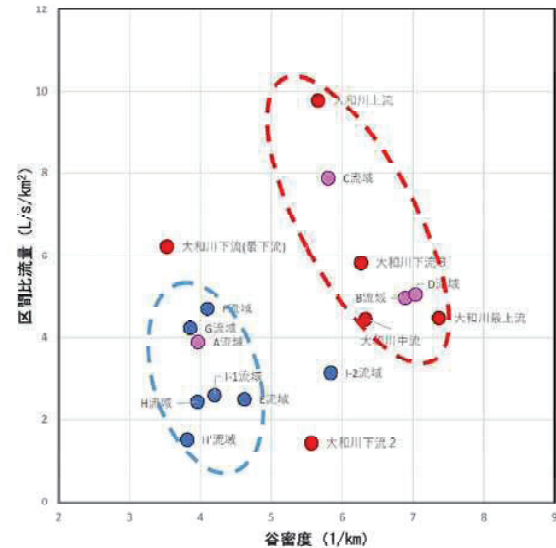


図 3.2 谷密度と区間比流量の関係

4. まとめ

これまでの検討結果を以下に総括する。

- ① 内陸側の大和川流域と瀬戸内海側流域では、流域中の地すべり地形の割合は瀬戸内海側流域でやや大きい。
- ② 流域中の地すべり地形が占める割合が大きくなると、湧水比流量も大きくなる。
- ③ 流域中の地すべり地形が占める割合が大きくなると、地下水の流動時間も長くなる。
- ④ 谷密度が小さくなると湧水比流量が大きくなる。
- ⑤ ただし、それぞれの傾向は近似しているが、プロットされる領域はそれぞれ異なっている。

図 4.1 は地すべり地形の割合と谷密度の関係についてプロットしたものである。これによると、プロットされている領域は異なるが、いずれの流域も地すべり地形の割合が大きくなると、谷密度は減少する傾向となっている。以上から、地すべり地形・谷密度と湧水比流量については相関があるといえ、流域の湧水比流量について地すべり地形の影響を検討上で、谷密度を指標とすることは有効と考えられる。

ただし、三波川帯の塩基性片岩が多く出現するこれらの流域について、プロットされる領域が異なるのは、極地的な地山自体の透水性のバラツキや流量測定箇所での伏流状況等が考えられ、今後これらの課題について整理・解決することが望まれる。

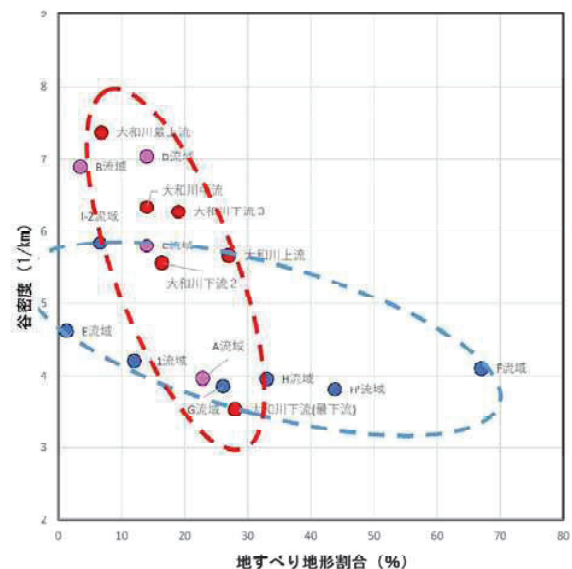


図 4.1 斜面崩壊割合と谷密度の関係